Informationsmanagement
und digitale Transformation

RESEARCH

Manuel Wiesche · Petra Sauer
Jürgen Krimmling · Helmut Krcmar *Hrsg.*

Management digitaler Plattformen

Datengetriebene Geschäftsmodelle für Mobilität in der Smart City

Springer Gabler

Informationsmanagement und digitale Transformation

Reihe herausgegeben von
H. Krcmar, Garching, Deutschland

Die Schriftenreihe präsentiert Ergebnisse der betriebswirtschaftlichen Forschung im Themenfeld der Wirtschaftsinformatik. Das Zusammenwirken von Informations- und Kommunikationstechnologien mit Wettbewerb, Organisation und Menschen wird von umfassenden Änderungen gekennzeichnet. Die Schriftenreihe greift diese Fragen auf und stellt neue Erkenntnisse aus Theorie und Praxis sowie anwendungsorientierte Konzepte und Modelle zur Diskussion.

Die Reihe ist die Fortsetzung der Schriftenreihe „Informationsmanagement und Computer Aided Team“.

Weitere Bände in der Reihe http://www.springer.com/series/15980

Manuel Wiesche · Petra Sauer
Jürgen Krimmling · Helmut Krcmar
(Hrsg.)

Management digitaler Plattformen

Konzeption und Realisierung eines offenen Ökosystems für intelligente Mobilitätsdienste in der Smart City

Mit einem Geleitwort von Prof. Dr. Stefan Jähnichen

Springer Gabler

Herausgeber
Manuel Wiesche
Garching, Deutschland

Jürgen Krimmling
Dresden, Deutschland

Petra Sauer
Berlin, Deutschland

Helmut Krcmar
Garching, Deutschland

Das Projekt „ExCELL – Echtzeitanalyse und Crowdsourcing für intelligente City-Logistik“ wurde im Rahmen des Smart Data Programmes vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert (Förderkennzeichen 01MD15001A-G).

ISSN 2523-7845 ISSN 2523-7853 (electronic)
Informationsmanagement und digitale Transformation
ISBN 978-3-658-21213-1 ISBN 978-3-658-21214-8 (eBook)
https://doi.org/10.1007/978-3-658-21214-8

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

Springer Gabler
© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018
Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.
Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.
Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Gabler ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature
Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Geleitwort

Daten sind zu einem wichtigen Rohstoff der wirtschaftlichen Wertschöpfung geworden und bilden die Basis für viele Innovationen im digitalen Zeitalter. Digitale Geräte vom privaten Smartphone bis hin zur komplexen Produktionsanlage sind heute mit dem Internet verbunden und erzeugen große Datenmengen, die oft als Big Data bezeichnet werden. Um aus Big Data nachhaltig Nutzen zu ziehen, müssen die Rohdaten verarbeitet, veredelt und abgesichert werden. Damit wird Big Data zu Smart Data:

Smart Data = Big Data + Nutzen + Semantik + Datenqualität + Sicherheit + Datenschutz = nutzbringende, hochwertige und abgesicherte Information

Mit den Informationen, die Smart Data Technologien generieren, kann der Rohstoff Daten sein volles wirtschaftliches Potenzial entfalten. Smart Data bietet damit beispielsweise die Möglichkeit, neue Geschäftsmodelle durch eine zielgerichtete Analyse bereits vorhandener Datenmengen zu entwickeln. Aber auch bestehende Geschäftsmodelle können durch Smart-Data-Technologien ihre Effizienz deutlich steigern. Smart Data ist vor allem kein Selbstzweck, sondern Voraussetzung zur Lösung vieler gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Herausforderungen, wie zukunftsfähige Mobilität, modernes Energiemanagement, Industrie 4.0 oder ein zukunftsfähiges Gesundheitswesen. Im Rahmen des Technologieprogrammes „Smart Data – Innovationen aus Daten“[1] fördert das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 13 Leuchtturmprojekte, die sich diesen Herausforderungen stellen und mit der Nutzung von Smart Data zu ihrer Lösung beitragen.

Das Projekt „ExCELL – Echtzeitanalyse und Crowdsourcing für selbstorganisierte City-Logistik“ ist eines der Leuchtturmprojekte. Ziel des Projekts ist die Entwicklung und Pilotierung einer Mobilitätsplattform, die integrierte Mobilitätsdienstleistungen für kleine und mittlere Unternehmen durch Big-Data-Technologien ermöglicht. Basierend auf existierenden Geo-, Verkehrslage- und Betriebsdaten sowie deren Analyse in Echtzeit werden Dezentralität, Flexibilität und Aktualität gewährleistet. Das Projekt ExCELL zeigt, wie Smart Data Technologien für digitale Plattformen nutzbar werden und damit auch neue innovative Geschäftsmodelle ermöglichen. Diese Geschäftsmodelle entstehen dabei nicht nur für den Betreiber der Plattform, sondern auch für dritte Parteien, die eigene Dienste auf der Plattform anbieten können.

Im vorliegenden Abschlussband beschreiben die Autoren, wie eine offene Mobilitätsplattform mit einem datengetriebenen Smart Data Ansatz Innovation fördern kann. Sie zeigen wie, ausgehend von Mobilitätsdaten, intelligente Mobilitätsdienste als modulare Services auf der Plattform entstehen und diese modularen Services wiederum Grundlage von „smarten“ Applikationen sind. Am Beispiel der Nutzergruppe kleiner und mittlerer Unternehmen illustriert das Projektkonsortium, wie beispielswiese Handwerker und Pflegebetriebe durch intelligente Termin- und Routenplanung von den intelligenten Mobilitätsdiensten auf der Plattform profitieren.

---

[1] http://www.digitale-technologien.de/DT/Navigation/DE/Foerderprogramme/Smart_Data/smart_data.html

Durch die Öffnung der Plattform und das Einrichten eines Entwicklerportals ist es auch dritten Parteien (bspw. Softwareunternehmen) möglich, die über die Plattform bereitgestellten softwaretechnischen Services für Applikationen zu nutzen.

Besonderes Augenmerk galt im Projekt dem Thema Datenschutz, da die Mobilitätsdaten der Nutzer sensible personenbezogene Daten sind. Mit Anonymisierungsverfahren und Privacy-by-Design-Konzepten wurde die Nutzung der Daten abgesichert. Die Fragestellungen von Sicherheit und „Privacy“ wurden im Rahmen der Begleitforschung in den Fachgruppen Rechtsrahmen und Sicherheit projektübergreifend bearbeitet und in der Veröffentlichung „Die Zukunft des Datenschutzes im Kontext von Forschung und Smart Data“ diskutiert. Das Konsortium ExCELL steuerte hierzu einen Beitrag zu maschinenlesbarer Zertifizierung bei.

Mit der ExCELL Plattform als Beispiel einer offenen Mobilitätsplattform zeigt das Projekt außerdem, wie das Konzept von „Open Data“ nachhaltige Mobilität in Städten voranbringen könnte, um von proprietären und geschlossenen Plattformen wie bspw. Google Maps und Google Waze unabhängiger zu werden. Im projektübergreifenden Austausch zeigte sich jedoch auch, dass Open Data in Deutschland noch am Anfang steht und hier einerseits Standards geschaffen werden müssen und andererseits von der Politik auch entsprechende Rahmenbedingungen vorgegeben werden müssen. Diese und weitere Forderungen werden in der Veröffentlichung „Open Data in Deutschland“ der Begleitforschungsfachgruppe Wissenschaftliche Potenziale und gesellschaftliche Akzeptanz dargelegt.

Die in den Fachgruppen und zahlreichen weiteren Veranstaltungen der Begleitforschung diskutierten Aspekte flossen wiederum in die Projektergebnisse von ExCELL ein. Damit liefert der Abschlussband des Projekts ExCELL wichtige Impulse für die Nutzung von Smart Data Technologien im Kontext Mobilität und darüber hinaus. Ich bedanke mich für die erfolgreiche und ebenso ertragreiche Zusammenarbeit und wünsche dem Abschlussband eine zahlreiche Leserschaft und weite Verbreitung.

Prof. Dr. Stefan Jähnichen
FZI Forschungszentrum Informatik und Leiter der Smart-Data-Begleitforschung

Vorwort

Die Verkehrsbelastung in deutschen Städten nimmt kontinuierlich zu. Dies führt nicht nur zu Staus und volkswirtschaftlichen Kosten, sondern auch zu Schadstoff- und Feinstaubbelastung. Ein Teil des Verkehrs in Städten ist dabei gewerblicher Natur: Handwerksbetriebe, Pflegedienste und diverse Logistikdienstleister sind mit Fahrzeugen in der Stadt unterwegs. Zeit, die diese Gruppen im Stau verbringen, kostet die Betriebe Geld und führt zu Unzufriedenheit der Kunden aufgrund von Verspätungen und Terminverschiebungen. Intelligente Mobilitätsdienste können basierend auf Verkehrsdaten Abhilfe schaffen.

Jedoch bestehen hohe Hürden für die Nutzung von intelligenten Mobilitätsdiensten durch kleine und mittlere Unternehmen (KMU). Mobilitätsdienstleistungen wie Carsharing, Routing und intermodales Reisen haben sich für den Privatsektor und bei großen Unternehmen etabliert. Von mobilen Applikationen für intermodale Reisen bis hin zu Corporate Carsharing Konzepten existieren eine Vielzahl von Angeboten am Markt. Kleine und mittlere Unternehmen stehen vor der Herausforderung, dass Angebote für den Privatsektor aufgrund ihrer unterschiedlichen Anforderungen an die Integration in Geschäftsprozesse, Verlässlichkeit und Umfang unpassend erscheinen. Zudem können professionelle Angebote für große Unternehmen aufgrund der fehlenden Skaleneffekte häufig nicht genutzt werden.

Demgegenüber steht eine immer besser werdende Datenlage bezüglich Mobilität und Verkehr in den Städten. So wird beispielsweise in Dresden mit dem Verkehrsmanagementsystem VAMOS die aktuelle Verkehrslage detailliert erfasst, auch eine Prognose der Verkehrslage in verschiedenen Zeithorizonten ist möglich. Die Nutzer von mobilen Applikationen, die „Crowd“, erzeugen weitere Daten, wenn sie bei der Nutzung von Mobilitätsdiensten Bewegungsdaten generieren und zur Verfügung stellen.

Zielsetzung des Projekts ExCELL ist die Entwicklung und Pilotierung einer Plattform, die integrierte Mobilitätsdienstleistungen für KMU ermöglicht. Basierend auf existierenden Geo-, Verkehrslage- und Betriebsdaten wird ein Crowdsourcing-Ansatz verfolgt, um Dezentralität, Flexibilität und Aktualität zu gewährleisten. Als Crowd wurden im Projekt alle in Deutschland ansässigen KMU und deren Kunden definiert, die kollektiv mobile Geräte und das Internet zur Kommunikation mit Mobilitätsdienstleistern benutzen. Die ExCELL Plattform integriert existierende Mobilitätsdienste von einer Reihe von Praxispartnern und reichert deren Daten mit heterogenen Massendaten aus der Crowd an. Dafür werden im Projekt Techniken des Data Mining genutzt und weiterentwickelt, die die skalierbare Verarbeitung von Geodaten in den Mittelpunkt stellen. Die Plattform ermöglicht den Praxispartnern die Bündelung ihrer bereits vorhandenen Mobilitätsdienste mittels Service Engineering und bietet Anreize für die Bereitstellung weiterer Daten durch deren Kunden, z. B. Feedback zur Auslastung und Qualität der Mobilitätsdienstleistungen.

Die ExCELL Plattform wurde im Laufe des Projekts kontinuierlich weiterentwickelt und bietet Drittentwicklern über die Projektlaufzeit hinaus die Möglichkeit, eigene Mobilitätsdienste und Applikationen zu entwickeln. Dazu wurde ein Entwicklerportal bereitgestellt, auf dem die im Projekt entstandenen Mobilitätsdienste von Entwicklern genutzt und in eigene Dienste integriert werden können[2]. Das Entwicklerportal bietet eine umfangreiche Dokumentation zu allen Services und ihren Schnittstellen sowie die Möglichkeit, die Schnittstellen direkt zu testen.

Im Laufe des Projekts entstanden mehrere Applikationen, die die Mobilitätsdienste der ExCELL Plattform nutzen, um Mehrwert für ihre Nutzer zu schaffen. Zum Beispiel unterstützt die Anwendung „Terminmeister“ Handwerksbetriebe in der Planung ihrer Termine, indem die aktuelle und prognostizierte Verkehrslage bei der Planung berücksichtigt wird[3]. Auch für Pflegedienste, für die ebenfalls insbesondere die städtische Verkehrslage betriebsrelevant ist, wurde eine prototypische Anwendung entwickelt, die die Planung und Disposition vereinfacht. Diese Anwendungen zeigen, dass die ExCELL Plattform Mehrwert für KMU bietet, für die die Mobilität in Städten im Tagesgeschäft eine Rolle spielt.

Darüber hinaus stehen auf der Webseite des Projekts ausgewählte Ergebnisse zum Download bereit[4]. Die Ergebnisse wurden in Fachverbänden weitergegeben und im Rahmen von Workshops diskutiert. Im wissenschaftlichen Bereich wurden die Ergebnisse in hochrangigen wissenschaftlichen Fachzeitschriften veröffentlicht und auf Konferenzen vorgestellt und diskutiert.

Unser Dank gilt dem BMWi und seinem Projektträger DLR für die Betreuung des Vorhabens. Unser persönlicher Dank gebührt Herrn Dr. Alexander Tettenborn (BMWi), Herrn Volker Genetzky (BMWi) und Herrn Dr. Patrick Lay (DLR) für die Unterstützung und Begleitung des Projekts sowie allen beteiligen Projektpartnern und Mitarbeitern für den unermüdlichen und engagierten Einsatz, ohne den dieses Vorhaben nicht möglich gewesen wäre. Dies sind insbesondere Dr. Felix Köbler, Alexander Eiting, Hias Wrba, Johanna Hillenbrand, Christoph Pflügler, Maximilian Schreieck, Prof. Dr. Michael Schermann, Sven Fröhlich, Henning Jeske, Sebastian Pape, Gunter Thiele, Stephan Pieper, Felix Kunde, Prof. Dr. Alexander Löser, Torsten Kilias, Dr. Stefan Hörmann, Dina Tagabergenova, Martin Balfanz und Michael Seibt, André Rademacher, Maik Stamm und Daniel Hübner.

Danken möchten wir auch unseren Unterstützern außerhalb des geförderten Projektkonsortiums, die mit ihrem Engagement und Expertenrat maßgeblich zum Erfolg des Vorhabens beigetragen haben. Dies sind insbesondere Georg Räß (Handwerkskammer für München und Oberbayern), Katrin Mathis (Digitale Konzepte mit mehr Wert), Rob Tranquillo (OK Lab Dresden), Jakob Buchetmann (Hauptstadtretter), Ingo Voigt (Aufbau-Profis Montageservice) sowie

[2] https://www.excell-mobility.de/developer/
[3] https://www.terminmeister-app.de/
[4] https://www.excell-mobility.de

dem VAMOS-Team an der TU Dresden, dem Straßen- und Tiefbauamt Dresden und der Stadt Dresden.

Wir hoffen, dem Leser eine spannende und nutzenstiftende Lektüre an die Hand geben zu können und wünschen dem Abschlussbericht die ihm gebührende weite Verbreitung.

Manuel Wiesche
Petra Sauer
Jürgen Krimmling
Helmut Krcmar

Inhaltsüberblick

Abkürzungsverzeichnis ..... **XIII**

Teil A: Einleitung **1**

1 Motivation und Bausteine 1

Teil B: Gestaltung einer offenen Mobilitätsplattform **13**

2 Überblick zu existierenden Plattformen für Mobilität und Verkehr 13

3 Referenzmodell einer Mobilitätsplattform 25

4 Technisches Konzept einer Mobilitätsplattform 39

5 Governance der Akteure einer digitalen Plattform 53

6 Monetarisierungsstrategien für Mobilitätsplattformen 67

Teil C: Mobilitätsdaten für intelligente City-Logistik **93**

7 Nutzung von Verkehrsdaten zur Verkehrsflussoptimierung 93

8 Datenmanagement von Echtzeit-Verkehrsdaten 109

9 Data Mining auf Verkehrsdaten 125

10 Crowdsourcing von Verkehrsdaten 147

11 Qualität von Mobilitätsdaten 157

12 Datenschutz bei Mobilitätsplattformen durch Privacy-by-Design 169

Teil D: Modulare Services auf der Mobilitätsplattform **193**

13 Prognose von Parkplatzdaten 193

14 Verkehrsprognosen 207

15 Tourenplanung 235

16 Dynamische Planung von Fahrgemeinschaften 249

17 Crowdsourced Delivery 269

18 Anonymisierung von Floating Car Data 285

Teil E: Entwicklung von smarten Applikationen für Mobilität von KMU in der Smart City **297**

19 Innovationshemmnisse für kleine und mittlere Unternehmen 297

20 Data Canvas und Data-Need Fit – Daten für neue Geschäftsmodelle nutzen 313

21 Design Thinking als Vorgehensmodell für die Konzeption, Gestaltung und Evaluierung digitaler Produkte und Dienstleistungen 323

22 Human Centered Design – Personas, Customer Journeys und Informationsarchitektur 331

23 Wireframes und Click-Prototypen als Gestaltungsmethode 347

Teil F: Applikationsökosystem auf der Mobilitätsplattform 359

24 Ideengenerierung durch Accelerator und Entwicklerportale 359

25 Bike Now: Eine mobile App für das Crowdsourcing von Floating Bike Data 387

26 Eine mobilen App zur crowdbasierten Erfassung von freien Parkplätzen durch Gamification 401

Teil G: Handlungsempfehlungen 419

27 Handlungsempfehlungen zur Etablierung einer Mobilitätsplattform 419

Teil H: Anhang 427

28 Veröffentlichungen 427

29 Die Autoren 431

Abkürzungsverzeichnis

AIC	Akaike Informationskriterium
ACF	Autokorrelationsfunktion
API	Application Programming Interfaces
App	Applikation
AVV	Verkehrsverbünde Aachen
BASt	Bundesanstalt für Straßenwesen
BI	Business Intelligence
BIC	Bayessche Informationskriterium
BIP	Bruttoinlandsprodukts
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BMWi	Bundeswirtschaftsministeriums für Wirtschaft und Energie
B2C	Business-to-Consumer
CAD	Computer-Aided-Design
CISS	Central Information System Schiphol
CNN	Convolutional Neural Networks
COM	Change of Mean Square Error
CS	Crowdsourcing
CSV	Komma separierte Listen (Character seperated values)
CVRP	Capacitated Vehicle Routing Problem
DCVRP	Distance-Constrained Capacitated Vehicle Routing Problem
DDoS	Distributed Denial of Service
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DTV	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke
EBIS	Elbebrückeninformationssystem
EE	Aufwandserwartung (engl. effort expectancy)
ETL	Extract, Transform, Load
EU-DSGVO	EU-Datenschutz-Grundverordnung
FBD	Floating Bike Data
FC	Vereinfachung von Bedingungen (engl. facilitating conditions)
FCD	Floating Car Data
FFNN	Feed Forward Neural Network
GB	Giga-Byte
GIS	Geoinformationssektor
GTFS	General Transit Feed Specification
HBS	Handbuch zur Bemessung von Straßenverkehrsanlagen
HM	Hedonische Motivation
HPI	Hasso-Plattner-Institut
HT	Gewohnheit (engl. habit)
HVRP	Heterogeneous Vehicle Routing Problem

HVV	Verkehrsverbünde Hamburg
IA	Informationsarchitektur
ISV	Independent Software Vendor
ITS	Intelligent transportation systems
JSON	JavaScript Object Notation
JWT	JSON Web Token
KI	Künstliche Intelligenz
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
KKM	Knoten-Kanten-Modell
KVV	Verkehrsverbünde Karlsruhe
LIMBO	Linked Data Services for Mobility
LOS	Level of Service
LSA	Lichtsignalanlagen
LSTM	Long Short-Term Memory Neural Networks
MA	Moving Average
MDM	Mobilitäts Daten Marktplatz
MIV	Motorisierten Individualverkehrs
MSP	Mehrseitige Plattformen
MVG	Münchner Verkehrsgesellschaft
MVP	Minimum Viable Product
MVV	Münchner Verkehrsverbund
NRMSE	Normalized Root Mean Squared Error
OGC	Open Geospatial Consortium
OPAL	Open Data Portal Germany
OSM	OpenStreetMap
OVRP	Open Vehicle Routing Problem
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PACF	Partielle Autokorrelationsfunktion
PE	Leistungserwartung (engl. performance expectancy)
PV	Preisbewusstsein (engl. price value)
P+R	Park-and-Ride
QLSA	Qualitätsgerechte ÖPNV-Behandlung an Lichtsignalanlagen
RDBMS	Relationales Datenbank Management System
RDS	Radio Data Systems
REST	Representational State Transfer
RMSE	Root Mean Square Error
RNV	Verkehrsverbünde Rhein-Neckar
SDK	Software Development Kits
SI	sozialer Einfluss (engl. social influence)
SME	small and middle-sized enterprises
SVM	Support Vector Machines

TEU	Traffic Eye Universal
TLS	Transport Layer Security
TMC	Traffic Message Channel
TUM	Technische Universität München
UCC	University Competence Centers
UML	Unified Modeling Language
URL	Uniform Resource Locator
VAMOS	Verkehrs-Analyse-, -Management- und -Optimierungs-System (Dresden)
VBB	Verkehrsverbünde Berlin-Brandenburg
VGN	Verkehrsverbünde Nürnberg
VIS	Verkehrsinformationssystem
VRS	Verkehrsverbünde Rhein-Sieg
VRP	Vehicle Routing Problem
VRPTW	Vehicle Routing Problem with Time Windows
VRPB	Vehicle Routing Problem with Backhauls
VRPPD	Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery
VRPBTW	Vehicle Routing Problem with Backhauls and Time Windows
VRPPDTW	Vehicle Routing Problem with Pickup, Delivery and Time Windows
WMS	Web Map Services
XML	Extensible Markup Language

Teil A: Einleitung

1 Motivation und Bausteine[5]

F. Köbler, M. Wiesche, H. Krcmar

Dieses Kapitel beschreibt die Motivation hinter dem Forschungsprojekt „ExCELL – Echtzeitanalyse und Crowdsourcing für eine selbstorganisierte City-Logistik“ des Technologieprogramms „Smart Data – Innovationen aus Daten“ des Bundeswirtschaftsministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi). Die zentralen Ergebnisse dieses Forschungsprojekts werden in diesem Buch erläutert. Des Weiteren werden in diesem Kapitel die am Projekt beteiligten Partner und der Aufbau des Buchs vorgestellt.

This chapter describes the motivation of the research project "ExCELL - Real-Time Analysis and Crowdsourcing for Self-Organized City Logistics" of the technology program "Smart Data - Innovations from Data" of the German Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi). The key findings of this research project are outlined in this book. Furthermore, this chapter presents the partners involved in the project and the structure of the book.

5 Das Forschungsprojekt ExCELL wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert (Förderkennzeichen: 01MD15001A-G).

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018
M. Wiesche et al. (Hrsg.), *Management digitaler Plattformen*,
Informationsmanagement und digitale Transformation,
https://doi.org/10.1007/978-3-658-21214-8_1

1.1 Motivation

1.1.1 Von Verkehrsdaten zur Innovation

Aufgrund der wachsenden Urbanisierung hat der Verkehr in Städten in den letzten Jahren stark zugenommen und wird auch in den nächsten Jahren noch weiter steigen (Schrank und Lomax 2007; Zhang und Batterman 2013). Dies führt zu Problemen wie beispielsweise erhöhtem Verkehrsaufkommen, zunehmenden Staus und einer schwierigen Parkplatzsuche (Giuffrè et al. 2012). Die bestehende Verkehrsinfrastruktur kann aber aufgrund von baulichen Einschränkungen nicht ohne weiteres erweitert werden. Aus diesen Gründen muss die bestehende Infrastruktur effizienter genutzt werden. Dies hat zu Trends wie Car Sharing und dem vermehrten Einsatz von Fahrrädern in der Stadt geführt (Cohen und Kietzmann 2014).

Die fortschreitende Digitalisierung führt zu einer immer stärker zunehmenden Menge an generierten Mobilitätsdaten. Die steigende Verbreitung von Internet-of-Things Geräten und die hohe Anzahl an Smartphones führt zur Erzeugung einer Datenmenge, die noch vor ein paar Jahren unvorstellbar war. So werden weltweit täglich 2,5 Exabyte an Daten produziert (Borkhataria 2017). Die Datenproduktionsrate wächst hierbei exponentiell an (Borkhataria 2017). Daten werden auch oft als das „neue Öl“ bezeichnet (The Economist 2017; Forbes 2017). In Daten steckt ein hoher finanzieller Wert, der aber oft schwer zu bestimmen ist (Schreieck et al. 2016a).

In Smart Cities werden viele Daten erzeugt, die einen hohen Wert darstellen, aber bisher noch nicht für andere Akteure zur Verfügung gestellt werden, um diesen Wert zu heben. So gibt es viele Daten aus der Verkehrssteuerung, die von externen Akteuren verwendet werden könnten. Bisher ist aber weitgehend unklar, wie diese Nutzbarmachung realisiert werden kann und soll. Eine einfache Bereitstellung von Rohdaten hat verschiedene Nachteile. So setzt die Analyse der Daten hohe statistische und methodische Kenntnisse voraus. Des Weiteren entsteht durch die Veröffentlichung von Rohdaten die Gefahr, dass der Datenschutz verletzt wird. Die Bereitstellung von softwaretechnischen Services hat hingegen den Vorteil, dass die Informationen, die von externen Akteuren benötigt werden, direkt zur Verfügung stehen (Pflügler et al. 2016b). Außerdem kann ein softwaretechnischer Service datenschutzrechtliche Anforderungen konzeptionell und technisch adressieren.

Die Bereitstellung von softwaretechnischen Services mittels einer Service- und Datenplattform schafft ein innovatives Ökosystem (Pflügler et al. 2016b; Schreieck et al. 2018). Entwickler haben die Möglichkeit völlig neuartige Applikation zu entwickeln, die ohne die bereitgestellten Services nicht realisierbar wären. Die Services können aber auch in bestehende Lösungen integriert werden, was deren Nutzen und Qualität sowie das Datenvolumen innerhalb der Plattform erhöht.

1.1.2 Verkehrsinnovationen bei kleinen und mittleren Unternehmen

Laut der Europäische Kommission (2017) lassen sich KMU anhand der Beschäftigten- und Umsatzzahlen pro Jahr kategorisieren, wobei immer beide Kriterien erfüllt sein müssen. Das Segment der KMU lässt sich in kleinst-, kleine-, und mittlere Unternehmen untergliedern. Tabelle 1-1 gibt einen Überblick über die Einteilung.

Tabelle 1-1. Einordnung von KMU (in Anlehnung an Europäische Kommission (2017)).

Unternehmensgröße	**Zahl der Beschäftigten**	**Umsatz €/Jahr**
Kleinstunternehmen	bis 9	bis 2 Millionen
Kleine Unternehmen	zwischen 10 und 49	bis 10 Millionen
Mittlere Unternehmen	zwischen 50 und 249	bis 50 Millionen

Mit 99,7 % aller umsatzsteuerpflichtigen Unternehmen bilden sie den Großteil der deutschen Volkswirtschaft (Europäische Kommission 2017). Handwerksunternehmen und Pflegedienste, auf die innerhalb des Projekts fokussiert wurde, stellen einen wichtigen Teil des Wirtschaftssegments KMU dar. In Deutschland gibt es über 570.000 Handwerksbetriebe und es werden knapp 700.000 Menschen von ambulanten Pflegediensten in ihrem Zuhause betreut (Statistisches Bundesamt 2017b, 2017a). Diese Zahlen untermauern die Bedeutung dieser beiden Wirtschaftszweige.

Mobilität spielt bei KMU eine große Rolle. Oft müssen diese für die Erbringung der Leistung beim Kunden vor Ort sein. Ein Sanitärbetrieb kann keinen Abfluss reparieren, ohne beim Kunden vor Ort zu sein. Ein Pflegedienst muss beim Patienten vor Ort sein, um diesen zu versorgen. Das hohe Verkehrsaufkommen in Städten stellt KMU vor große Probleme. Staus verhindern das Vorankommen und auch die Suche nach Parkplätzen führt zu einem Zeitverlust. Dies führt zu hohen Kosten, so liegt beispielsweise der gesamtwirtschaftliche Schaden von Staus in Deutschland bei über 30 Mrd. Euro (Wirtschafts Woche 2014).

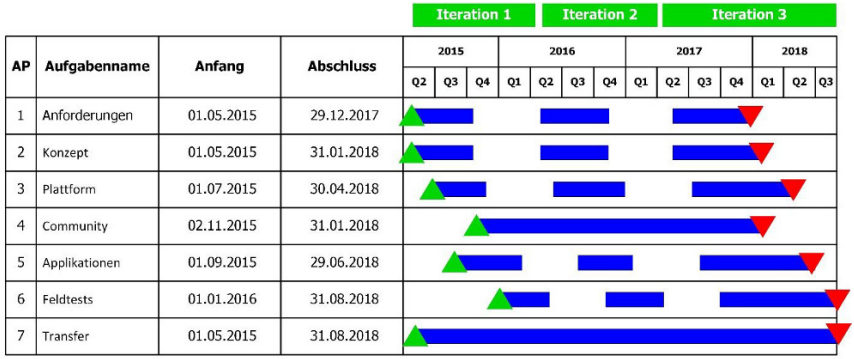
Nicht nur aus Sicht der Mobilität sind KMU für Forschungsvorhaben interessant, sondern auch aus Sicht der Adaption von Innovationen. Obwohl Innovationen die Produktivität und den Erfolg erhöhen (z.B. Dodgson et al. 2008; Sorescu et al. 2003; Xiao et al. 2013; Riedl et al. 2009), wurde gezeigt, dass KMU oft weniger innovativ als Großkonzerne sind (Tan 2010; Kimberly und Evanisko 1981; Fries et al. 2016). KMU befinden sich hier in einem Spannungsfeld. Einerseits ist aufgrund ihrer geringeren Größe und der dadurch entstehenden Flexibilität die Adaption von Innovationen für KMU leichter, andererseits scheitert dies oft an den geringeren finanziellen Ressourcen und dem Fehlen des entsprechenden Wissens (Ritchie und Brindley 2005; Rothwell 1989; Cohen und Kleppler 1996; Acs und Audretsch 1991).

1.1.3 Das Projekt ExCELL

Trotz dieser schwierigen Ausgangssituation ist es eine interessante Fragestellung, wie eine modulare und offene Mobilitätsplattform gestaltet werden sollte und wie diese innovative Lösungen für KMU bereitstellen kann. Dieser Fragestellung hat sich das Projekt ExCELL gewidmet. Kern des Projektes ist die Entwicklung und Pilotierung einer Mobilitätsplattform für intelligente Mobilitätsdienste, die insbesondere KMU adressieren. Durch die Umsetzung der Mobilitätsplattform als offene Plattform wird die Grundlage für ein Ökosystem geschaffen, in dem weitere Mobilitätsdienste von Dritten entwickelt werden können (Schreieck et al. 2016c). Im Entwicklerportal der ExCELL Plattform sind softwaretechnische Services dokumentiert und können über einen Integration Layer über Schnittstellen angesprochen und in Applikationen eingebunden werden.

Im Rahmen des Projekts wurden sowohl eigene Applikationen auf der Plattform pilotiert als auch erste Applikationen von Drittanbietern umgesetzt. Die potenzielle Wertschöpfung der Mobilitätsplattform wird durch die Öffnung gegenüber Drittanbietern signifikant erhöht (Schreieck und Wiesche 2017; Schreieck et al. 2017a). Durch Plattform-Governance können Drittanbieter inzentiviert werden, sich auf der Plattform einzubringen, während gleichzeitig die Einhaltung von Standards der auf der Plattform angebotenen Applikationen gewährleistet ist (Hein et al. 2016; Schreieck und Wiesche 2017; Schreieck et al. 2016b). Hierzu werden einerseits Ressourcen für Drittentwickler angeboten und andererseits Kontrollmechanismen implementiert, die die Qualität der Applikationen sicherstellen (Schermann et al. 2012; Wiesche et al. 2011a; Wiesche et al. 2011b). Auf der ExCELL Plattform wurden Applikationen entwickelt, die Termin- und Schichtplanung in Handwerk und Pflege optimieren und dabei die Verkehrslage berücksichtigen. Darüber hinaus wurden zahlreiche weitere prototypische Applikationen pilotiert (z.B. Schreieck et al. 2017b; Pflügler et al. 2016a).

Das Projekt ExCELL ist Teil des Technologieprogramms „Smart Data – Innovationen aus Daten“ des Bundeswirtschaftsministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) (Förderkennzeichen: 01MD15001A-G). Die Laufzeit des Projekts betrug 40 Monate und war von Mai 2015 bis August 2018. Das Projekt gliederte sich in drei Iterationen zu je ca. einem Jahr. Abbildung 1-1 zeigt den Zeitplan des Projekts mit den drei Iterationen.



AP	Aufgabenname	Anfang	Abschluss
1	Anforderungen	01.05.2015	29.12.2017
2	Konzept	01.05.2015	31.01.2018
3	Plattform	01.07.2015	30.04.2018
4	Community	02.11.2015	31.01.2018
5	Applikationen	01.09.2015	29.06.2018
6	Feldtests	01.01.2016	31.08.2018
7	Transfer	01.05.2015	31.08.2018

Abbildung 1-1. Zeitplan.

Dieses Buch fasst die zentralen Ergebnisse des Projekts zusammen. Das Konsortium bestand aus den folgenden Beteiligten.

1.1.3.1 FELD M

Die FELD M GmbH ist ein Dienstleistungsunternehmen für digitales Marketing mit Sitz in München. Das Unternehmen entwickelt Strategien und Analysen zur Erreichung marktorientierter Ziele in den digitalen Medien. Gemeinsam mit seinen Kunden erarbeitet FELD M nachhaltige Kommunikations-, Vertriebs- sowie Produktlösungen. Zu den Stärken des Unternehmens zählen dabei unter anderem die Beratung bei der Positionierung von Produkten und Marken sowie der Ausarbeitung und Etablierung von innovativen Geschäftsmodellen. FELD M versteht sich als forschungsbegleitendes Unternehmen und bezieht den jeweils aktuellen Stand der Forschung aktiv in die Erarbeitung von innovativen Lösungen für die Praxis mit ein. Als ausführende Beratung begleitet FELD M Kunden und Projekte aktiv in der Umsetzungsphase und setzt dabei konsequent agile Projektmanagementmethoden wie SCRUM und Kanban ein, um die Realisierung der Nutzenpotenziale entwickelter Konzepte nachhaltig sicherzustellen. Im Rahmen zahlreicher Projekte konnte so eine Wertschöpfung über den gesamten Projektlebenszyklus hinweg – von der strategischen Herleitung über die Konzeption und Kreation bis hin zu Implementierung und Betrieb von beispielsweise Plattformen und mobilen Applikationen – sichergestellt werden. Die Branchenschwerpunkte von FELD M liegen in den Bereichen Automotive, Financial Services, Konsumgüter und Medienunternehmen.

1.1.3.2 MING Labs

Das erfolgreiche Zusammenspiel von Design, Software-Entwicklung und fundierten Branchenkenntnissen ist die Grundlage des Dienstleistungsangebots der MING Labs GmbH. Das Unternehmen mit Niederlassungen in München, Berlin, Shanghai, Singapur und New York umfasst ein interdisziplinäres und internationales Team, bestehend aus Wirtschaftswissenschaftlern, Designern, Software-Entwicklern, aber auch Quereinsteigern und -denkern wie Linguisten oder Physiker. Gegründet im Jahr 2011, betreut die MING Labs GmbH heute sowohl

Großkonzerne als auch Start-up-Unternehmen bei der Konzeption und Umsetzung digitaler Produkte - von der Ideenfindung, über das UX-Design bis hin zur Entwicklung. Daneben gehören auch Dienstleistungen in den Bereichen Datenvisualisierung und Strategieberatung zum Thema Digitale Transformation zum Leistungsportfolio der MING Labs GmbH. Zudem investiert das Unternehmen in Start-ups im Bereich unterschiedlichster Business- und Consumer-Anwendungen und Produkte. Das Unternehmen versteht sich als Innovationspartner und nicht als bloßes Dienstleistungsunternehmen. Ein besonderes Augenmerk legt die MING Labs GmbH bei der Umsetzung aller Projekte auf innovatives, ästhetisch ansprechendes Design und intuitive Benutzerführung. Grundlage dieser Philosophie ist die Überzeugung, dass Web- und Smartphone-Applikationen sowie generell Services dem Nutzer Freude bereiten und zugleich ein Problem lösen sollen und nicht in erster Linie dazu dienen, eine vordefinierte Funktion zu erfüllen.

1.1.3.3 Technische Universität Dresden

Der Lehrstuhl für Verkehrsleitsysteme und -prozessautomatisierung an der Fakultät Verkehrswissenschaften "Friedrich List" der TU Dresden von Prof. Dr.-Ing. Krimmling beschäftigt sich in Lehre und Forschung mit allen Fragen der Verkehrsleitsysteme und des Verkehrsmanagements des schienen- und straßengebundenen Verkehrs. Im Mittelpunkt der Lehre stehen sowohl theoretische Grundlagen, wie die Verkehrsprozessautomatisierung mit ihren modernen Instrumenten der Optimierung und Entscheidungsfindung, die Verkehrs- und Betriebsleitsysteme sowie die moderne Verkehrssteuerungstechnik. Wissenschaftlich anspruchsvolle Lehrveranstaltungen werden ergänzt durch anwendungsorientierte Vorlesungen, Praktika und Fachexkursionen, die sich mit ihrer praktischen Wirksamkeit beispielsweise mit Fahrerassistenzsystemen zur energieoptimalen Steuerung schienengebundener Fahrzeuge oder mit Verkehrsmanagementsystemen beschäftigen. Die Gewährleistung einer solchen anspruchsvollen Ausbildung setzt entsprechende Schwerpunkte in den Forschungs- und Entwicklungsleistungen des Lehrstuhls voraus. Die Mitarbeiter des Lehrstuhls verfügen über ein hohes Maß an Qualifikationen und Erfahrungen auf den Gebieten der Verkehrsdatenerfassung, Verkehrsdatenauswertung und -aufbereitung, der Datenintegration sowie der Daten- und Informationsübertragung. Weiterhin verfügen die Mitarbeiter über große Kompetenzen auf den Gebieten des verkehrsträger- und baulastträgerübergreifenden Verkehrsmanagements. Diese Kompetenzen wurden in den vielen gemeinsamen Projekten mit der Stadt Dresden, der Dresdner Verkehrsbetriebe AG und dem Autobahnamt Sachsen erworben, in denen seit dem Jahr 2000 u.a. das Dresdner Verkehrsmanagementsystem VAMOS entwickelt und konzipiert und anschließend schrittweise aufgebaut und in den dauerhaften automatischen Praxisbetrieb überführt wurde. Seitdem wird das Verkehrsmanagementsystem im Auftrag der Stadt Dresden am Lehrstuhl betrieben und gepflegt, kontinuierlich weiterentwickelt und verbessert sowie mit neuen Funktionalitäten ergänzt. Für die Bearbeitung dieser Projekte greift der Lehrstuhl für Verkehrsleitsysteme und -prozessautomatisierung auf ein umfassendes Netzwerk mit namhaften Partnern aus Wissenschaft und Wirtschaft zurück.

1.1.3.4 Technische Universität München

Der Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik an der Fakultät für Informatik der TU München von Prof. Dr. Helmut Krcmar besteht seit mehr als 30 Jahren. Gegründet wurde er ursprünglich 1987 an der Universität Hohenheim. Im Jahr 2002 folgte Prof. Krcmar dem Ruf an die Technische Universität München, wo der Lehrstuhl an der Fakultät für Informatik angesiedelt ist. Der Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik erforscht die Gestaltung IT-basierter Nutzungsinnovationen, die sozial akzeptabel, technisch stabil und ökonomisch nachhaltig sein sollen. Als angewandter Innovationsentwickler weist der Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik der TU München durch zahlreiche Projekte und Publikationen im Themenfeld umfassende Kompetenz im Bereich des Service Engineerings und in der Domäne IT Innovationen auf. Darüber hinaus verfügt der Lehrstuhl durch den Betrieb des SAP University Competence Centers (UCC) umfangreiche Erfahrungen in der Entwicklung und dem Betrieb von Big Data Lösungen. So wirkte der Lehrstuhl unter anderem an der Entwicklung des SAP HANA Curriculums mit, welche die Grundlage für Schulungen mit der Big Data Lösung der SAP ist. Darüber hinaus forschen Mitarbeiter des Lehrstuhls intensiv an mobilen Anwendungen für innovative Einsatzszenarios rund um Individualmobilität im Rahmen des Mobility Services Labs.

1.1.3.5 Beuth Hochschule für Technik Berlin

Die 1971 gegründete Beuth Hochschule für Technik Berlin gehört zu den zehn größten technischen Hochschulen Deutschlands (13.000 Studierende, 300 Professoren). Aus dem im Jahr 2014 unter Beteiligung von Prof. Dr. habil. Alexander Löser und Prof. Dr. Petra Sauer gegründeten Arbeitskreis Data Science hat sich 2017 das Forschungszentrum Data Science mit praxisrelevanter Grundlagenforschung und angewandter Forschung entwickelt. Das Forschungszentrum arbeitet eng mit anderen Universitäten, Forschungseinrichtungen und Unternehmen zusammen, um die Herausforderungen des modernen Informationsmanagements zu lösen. Dem Forschungszentrum gehört die Gruppe MAGDa (Management and Analytics on Geotemporal Data) an, die Prof. Dr. Petra Sauer leitet. Die Kernthemen der Gruppe MAGDa sind die skalierbare Integration von Geodaten mit strukturierten Daten, Verfahren für die explorative und interaktive Datenanalyse, und Modelle für die Verwertung von Daten-basierten Diensten. Die Forschung der Gruppe MAGDa betrifft insbesondere Systeme, welche komplexe Informationsfragestellungen mit räumlichem Bezug beantworten. Schwerpunkte bilden dabei das Spatial Data Mining, neuartige Visualisierungskonzepte für geotemporale Datenanalysen sowie die Entwicklung von Vorhersageverfahren auf räumlich-zeitlichen Massendaten. Auf diese Weise arbeitet MAGDa an Lösungen zu den Herausforderungen des Data Science.

1.2 Bausteine dieses Buchs

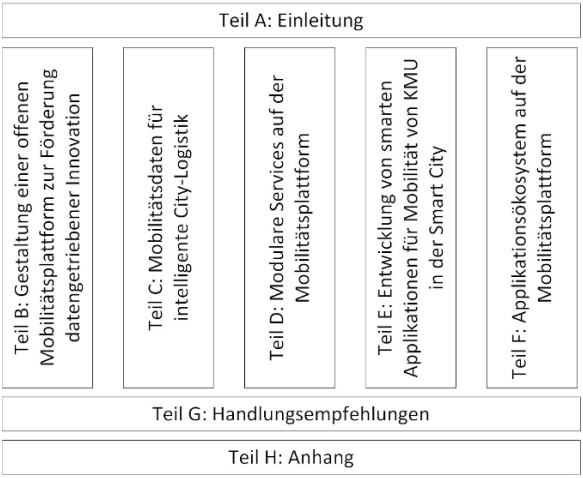


Abbildung 1-2. Aufbau des Buchs.

Abbildung 1-2 beschreibt den Aufbau des Buchs. Teil A motiviert das Thema und gibt einen Überblick über die beteiligten Institutionen und das Forschungsprojekt. Weiterhin wird die Struktur dieses Buchs erläutert.

Teil B des Buchs beschreibt die Gestaltung einer offenen Mobilitätsplattform zur Förderung datengetriebener Innovationen. Hierbei wird auf existierende Plattformen für Mobilität und Verkehr eingegangen und ein Referenzmodell einer Mobilitätsplattform entwickelt. Des Weiteren wird das technische Konzept, die Governance und die Monetarisierungsstrategie einer Mobilitätsplattform beschrieben.

Teil C behandelt Fragestellungen um Mobilitätsdaten für eine intelligente City-Logistik. In diesem Teil wird auf die Nutzung von Verkehrsdaten zur Verkehrsoptimierung und auf das Management von Echtzeit-Verkehrsdaten eingegangen. Dieser Teil endet mit der Vorstellung eins Konzepts zum Crowdsourcing von Verkehrsdaten und einer Abhandlung über die Qualität von Mobilitätsdaten.

Teil D dieses Buchs beschreibt ausgewählte modulare Services auf der entwickelten Mobilitätsplattform. Hierbei wird unter anderem auf den Verkehrslage Service, einen Matching-Algorithmus für Dynamic Ridesharing und auf den Anonymisierungsservice eingegangen.

Der Teil E beschreibt die Entwicklung von smarten Applikationen für Mobilität von KMU in der Smart City. Hierbei wird insbesondere auf die Schwierigkeiten der Zielgruppe KMU eingegangen und der Entwicklungsprozess genauer erläutert.

Im Teil F wird das Applikationsökosystem auf der pilotierten Mobilitätsplattform beschrieben. Hier wird insbesondere auf die Generierung von innovativen Applikationen, die auf den

durch die Plattform bereitgestellten softwaretechnischen Services basieren, eingegangen und weitere Apps beschrieben, die auf der Plattform entstanden sind.

Das Buch endet mit Teil G, der Handlungsempfehlungen aufzeigt. Insbesondere liegt hier der Fokus auf der Entwicklung von Konzepten zur Übertragbarkeit der entwickelten Mobilitätsplattform für andere Kommunen.

1.3 Literaturverzeichnis

Acs Z, Audretsch D (1991) Innovation and Technological Change: An International Comparison. University of Michigan Press: Ann Arbor Michigan. University of Michigan Press, Ann Arbor, Michigan.

Borkhataria C (2017) 15.2 million texts and 69,444 hours of Netflix: How much data the internet generates every MINUTE. http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-4730210/What-internet-does-minute.html. Abgerufen am 23.11.2017.

Cohen B, Kietzmann J (2014) Ride on! Mobility business models for the sharing economy. Organization & Environment 27 (3): S. 279-296.

Cohen WM, Kleppler S (1996) A Reprise Of Size And R&D. Economic Journal 106 (437): S. 925-951.

Dodgson M, Mathews J, Kastelle T, Hu M-C (2008) The evolving nature of Taiwan's national innovation system: The case of biotechnology innovation networks. Research Policy 37 (3): S. 430-445.

Europäische Kommission (2017) What is an SME? http://ec.europa.eu/growth/smes/business-friendly-environment/sme-definition/. Abgerufen am 03.01.2017.

Forbes (2017) Is Data The New Oil? How One Startup Is Rescuing The World's Most Valuable Asset. https://www.forbes.com/sites/jaycoengilbert/2017/08/23/rescuing-the-worlds-most-valuable-stranded-asset-the-company-democratizing-data-the-new-oil/#283bfddd2b22. Abgerufen am 01.11.2017.

Fries V, Pfluegler C, Wiesche M, Krcmar H (2016) The Hateful Six-Factors Hindering Adoption of Innovation at Small and Medium-Sized Enterprises, 22nd Americas Conference on Information Systems, San Diego, CA.

Giuffrè T, Siniscalchi SM, Tesoriere G (2012) A novel architecture of parking management for smart cities, Procedia-Social and Behavioral Sciences.

Hein A, Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2016) Multiple-case analysis on governance mechanisms of multi-sided platforms, Multikonferenz Wirtschaftsinformatik, Ilmenau.

Kimberly JR, Evanisko MJ (1981) Organizational Innovation: The Influence of Individual, Organizational, and Contextual Factors on Hospital Adoption of Technological and Administrative Innovations. Academy of Management Journal 24 (4): S. 689-713.

Pflügler C, Köhn T, Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2016a) Predicting the Availability of Parking Spaces with Publicly Available Data, INFORMATIK 2016, Klagenfurt.

Pflügler C, Schreieck M, Hernandez G, Wiesche M, Krcmar H (2016b) A concept for the architecture of an open platform for modular mobility services in the smart city. Transportation Research Procedia 19: S. 199-206.

Riedl C, Boehmann T, Leimeister M, Krcmar H (2009) A framework for analysing service ecosystem capabilities to innovate, 17th European Conference on Information Systems, Verona.

Ritchie Bruau, Brindley Ccuau (2005) ICT adoption by SMEs: implications for relationships and management. New Technology, Work & Employment 20 (3): S. 205-217.

Rothwell R (1989) Small Firms, Innovation and Industrial Change. Small Business Economics 1 (1): S. 51-64.

Schermann M, Wiesche M, Krcmar H (2012) The role of information systems in supporting exploitative and exploratory management control activities. Journal of Management Accounting Research 24 (1): S. 31-59.

Schrank DL, Lomax TJ (2007) The 2007 urban mobility report. Texas Transportation Institute, Texas A & M University.

Schreieck M, Pflügler C, Setzke DS, Wiesche M, Krcmar H (2018) Improving Urban Transportation: an Open Platform for Digital Mobility Services. In: Linnhoff-Popien

C, Schneider R, Zaddach M (Hrsg.) Digital Marketplaces Unleashed. Springer, S. 479-489.
Schreieck M, Pflügler C, Wiesche M, Krcmar H (2016a) Forderung 2: Verfahren zur Wertermittlung von Datensätzen schaffen. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.
Schreieck M, Wiesche M (2017) How established companies leverage IT platforms for value co-creation – Insights from banking, Twenty-fifth European Conference on Information Systems, Guimarães, Portugal.
Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2016b) Design and Governance of Platform Ecosystems – Key Concepts and Issues for Future Research, Twenty-Fourth European Conference on Information Systems, Istanbul, Turkey.
Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2016c) Modularization of digital services for urban transportation, Americas Conference on Information System, San Diego, USA.
Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2017a) The Platform Owner's Challenge to Capture Value – Insights from a Business-to-Business IT Platform, International Conference on Information Systems, Seoul, Südkorea.
Schreieck M, Zitzelsberger J, Siepe S, Wiesche M, Krcmar H (2017b) Supporting Refugees in Everyday Life – Intercultural Design Evaluation of an Application for Local Information, Twenty First Pacific Asia Conference on Information Systems, Langkawi, Malaysia.
Sorescu AB, Chandy RK, Prabhu JC (2003) Sources and Financial Consequences of Radical Innovation: Insights from Pharmaceuticals. Journal of Marketing 67 (4): S. 82-102.
Statistisches Bundesamt (2017a) Handwerk. https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/UnternehmenHandwerk/Handwerk/Tabellen/HandwerksunternehmenInsgesamt.html. Abgerufen am 17.11.2017.
Statistisches Bundesamt (2017b) Pflegestatistik 2015. https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Gesundheit/Pflege/PflegeDeutschlandergebnisse5224001159004.pdf?__blob=publicationFile. Abgerufen am 17.11.2017.
Tan TCF (2010) A perception-based model for technological innovation in small and medium enterprises, 18th European Conference on Information Systems (ECIS).
The Economist (2017) The world's most valuable resource is no longer oil, but data. https://www.economist.com/news/leaders/21721656-data-economy-demands-new-approach-antitrust-rules-worlds-most-valuable-resource. Abgerufen am 23.11.2017.
Wiesche M, Berwing C, Schermann M, Krcmar H (2011a) Patterns for Understanding Control Requirements for Information Systems for Governance, Risk Management, and Compliance (GRC IS), CAiSE Workshops.
Wiesche M, Schermann M, Krcmar H (2011b) Understanding the Role of Information Technology for Organizational Control Design: Risk Control as New Control Mechanism. In: Blinn N, Schirmer I, Kautz K (Hrsg.) Governance and sustainability in information systems. Managing the transfer and diffusion of IT. Springer, S. 135-152.
Wirtschafts Woche (2014) Bis 2030 kosten Staus 520 Milliarden Euro. http://www.wiwo.de/technologie/green/tech/verkehr-bis-2030-kosten-staus-520-milliarden-euro/13550396.html. Abgerufen am 23.11.2017.
Xiao X, Califf CB, Sarker S, Sarker S (2013) ICT innovation in emerging economies: a review of the existing literature and a framework for future research. Journal of Information Technology (Palgrave Macmillan) 28 (4): S. 264-278.
Zhang K, Batterman S (2013) Air pollution and health risks due to vehicle traffic. Science of the Total Environment 450: S. 307-316.

Teil B: Gestaltung einer offenen Mobilitätsplattform

2 Überblick zu existierenden Plattformen für Mobilität und Verkehr[6]

F. Kunde, S. Pape, S. Fröhlich

Mobilität funktioniert immer stärker datengetrieben – von Apps für Sharing-Angebote bis hin zu selbstfahrenden Autos. Neben innovativen Lösungen ermöglichen die Datenströme genauere Einblicke in das Verkehrsgeschehen. Ein neuer Wirtschaftszweig ist am Entstehen, der dieses digitale Wissen in intelligente Anwendungen für Endnutzer umwandelt, die helfen sich besser auf die tägliche Rush Hour oder plötzlich auftretende Staus einzustellen. Bisher wird dieses Feld ausnahmslos Firmen wie Google, HERE oder Uber überlassen. Verkehrsdaten werden zwar zunehmend einer breiten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt, allerdings handelt es sich oft um Live-Schnittstellen für Parkhäuser oder Fahrplandaten des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV). Um die Dynamik des Verkehrs besser zu verstehen und eigene Modelle zu entwickeln, bedarf es einer genauen Datenerfassung, die zumindest die Hauptverkehrsachsen der Stadt über einen mehrjährigen Zeitraum abdeckt. Ansätze für die Bereitstellung entsprechender Rohdaten gibt es bereits. In diesem Kapitel werden bestehende Plattformen für offene Verkehrsdaten vorgestellt und miteinander verglichen.

From shared mobility apps to self-driving cars – the field of transportation becomes more and more data-driven. Aside from innovative applications, these data streams let us gain more insights about traffic. A new economy is about to emerge – mostly driven by information technology (IT) companies like Google, HERE or Uber – taking this digital knowledge and transferring it into smart applications that help their users to better anticipate daily rush hours or spontaneous congestion. Although traffic-related data is constantly made available to the public, it is often limited to application programming interfaces (APIs) providing live data about parking slots or public transport schedules. To capture traffic's dynamic nature and gain new insights, detailed data of at least the arterial road network of a city is mandatory. First approaches exist to provide raw data from sensors. This chapter will introduce various data formats and the platforms where they can be found.

[6] Das Forschungsprojekt ExCELL wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert (Förderkennzeichen: 01MD15001B und 01MD15001E).

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018
M. Wiesche et al. (Hrsg.), *Management digitaler Plattformen*,
Informationsmanagement und digitale Transformation,
https://doi.org/10.1007/978-3-658-21214-8_2

2.1 Einleitung

Im Zuge groß aufgehängter Themen wie Digitalisierung und Smart City wird intelligente Mobilität seit Jahren als ein Paradebeispiel genutzt. Das liegt nicht nur an der Bedeutung der Automobilindustrie in Deutschland, sondern an den vielen innovativen Diensten, die vor allem von Startups in diesem Bereich geschaffen worden sind (Jonuschat et al. 2016). Dabei verfügen Startups selten über den Zugang zu mobilitätsbezogenen Daten und müssen diese erst durch ihre Anwendungen selbst erheben. Da dieser Weg meist zu klassischen geschlossenen (und nicht zwangsläufig erfolgreichen) Insellösungen führt, liegt es nahe, Daten in offenen Plattformen miteinander zu vernetzen und langfristig verfügbar zu machen. Die Verkehrsmanagementsysteme der Städte können hier das „Startkapital" für solche Plattformen liefern, die wiederum offenen Diensten – wie jenen der ExCELL-Plattform – dienen können.

Dieses Kapitel gibt zunächst einen Überblick, um welche Art von Daten es sich dabei handeln kann und in welchen Formaten diese in der Regel zur Verfügung gestellt werden. Darauf aufbauend wird abschließend das Datenangebot verschiedener offener Mobilitätsplattformen vorgestellt.

2.2 Mobilitätsbezogene Daten und standardisierte Austauschformate

Mobilität heißt, sich fortzubewegen und in der Lage zu sein von einem Ort zu einem bestimmten Ziel zu gelangen. Der Grad an Mobilität bemisst sich oft an Schnelligkeit und Einfachheit beim Zurücklegen einer Strecke. Dies hängt von verschiedenen infrastrukturellen Faktoren ab:

- Gut ausgebaute Verkehrsinfrastruktur mit klarer Wegführung
- Auswahl von Transportmitteln (Größe, Taktung, Umsteigemöglichkeiten)
- Keine Störungen (z.B. Baustellen), keine Barrieren (z.B. Hindernisse für Rollstuhlfahrer)

Als reiner Nutzer der Infrastruktur hat man auf diese Aspekte in der Regel wenig bis keinen Einfluss. Durch Nutzung von Karten, Routenplaner und Verkehrsmeldungen wird die eigene Mobilität planbar. Die Bereitstellung von Echtzeitinformationen hilft, rechtzeitig auf Ausnahmefälle zu reagieren. Für solche Fälle sollten Handlungsspielräumen existieren bzw. aufgezeigt werden, um größere Störungen zu vermeiden.

2.2.1 Informationen zur Infrastruktur

Infrastrukturdaten liegen heutzutage größtenteils in digitaler Form vor. Für die Entwicklung von Mobilitätsdiensten wäre es z.B. hilfreich, die Lage und Eigenschaften von Verkehrswegen zu kennen. Für Straßen wären dies z.B. die Anzahl der Fahrspuren, der Belag sowie ggf. dokumentierte Schäden, die zugelassene Maximalgeschwindigkeit, Einbahnstraßen sowie Hindernisse wie Brücken mit Last- bzw. Höhenbeschränkung. Im Planungs- und Konstruktionsbe-

reich werden hauptsächlich Computer Aided Design (CAD) Anwendungen eingesetzt. Klassische CAD-Formate wie DWG, DXF oder DGN haben jedoch den Nachteil, nicht objektspezifisch modelliert zu sein, was den Datenaustausch in andere Systeme (z.B. GIS) schwierig macht (Widmann et al. 2015). In den letzten 20 Jahren sind deshalb auf nationaler wie internationaler Ebene neue Austauschformate entwickelt worden, um die Interoperabilität zu steigern. Dazu zählen u.a. folgende Standards:

- OKSTRA[7], der Objektkatalog für das Straßen- und Verkehrswesen (Schultze und Buhmann 2008)
- ATKIS, das Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem und ALKIS, das Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem[8] (Schauer 2010)
- INSPIRE[9], Infrastructure for Spatial Information in the European Community (Gunay et al. 2014)
- LandXML[10] (Rebolj et al. 2008), RoadXML[11] (Chaplier et al. 2010) und TransXML[12] (Scarponcini 2006)

Einen guten Überblick und Vergleich zu diesen Formaten liefern Frei et al. (2014) in einem Forschungsbericht zum OKSTRA-Standard im Auftrag des Bundesverkehrsministeriums. Allen Standards gemein ist die Modellierung des objektorientierten Datenmodells in UML (Unified Modeling Language) sowie dessen Beschreibung in XML (Extensible Markup Language). Abgesehen von dem bisher dürftigen Angebot an standardisierten Datensätzen unter einer Open Data Lizenz werden solche Formate oft als zu komplex kritisiert. Zudem mangelt es meist an freier Software, welche die Dokumente verarbeiten kann. Daher setzen die Informationsmodelle tiefergehende Fachkenntnisse voraus, die erst mit dem Lesen der ggf. umfangreichen wie trockenen Spezifikation erworben werden müssen.

Immerhin ist bei der Veröffentlichung von amtlichen Geodaten in den letzten Jahren ein klarer Trend zu Offenheit und Transparenz zu spüren. Alleine 2017 haben mit Nordrhein-Westphalen, Thüringen und Baden-Württemberg drei weitere Bundesländer ihre Geodatenportale für die Weiterverwendung der Daten geöffnet (siehe Abschnitt 2.4). Zur Verteilung der Daten haben sich standardisierte Schnittstellen des Open Geospatial Consortium (OGC) längst etabliert: Kartenmaterial und Rasterdaten werden über Web Map Services (WMS) (Open Geospatial Consortium 2000), vektorisierte Objektdaten über Web Feature Services angeboten (Open Geospatial Consortium 2002). Die XML-basierten Protokolle der Dienste können von den meisten freien GIS-Anwendungen gelesen werden. Wer ganz ohne XML auskommen

[7] http://www.okstra.de/
[8] http://www.adv-online.de/AAA-Modell/
[9] http://inspire.ec.europa.eu/theme/tn
[10] http://www.landxml.org/
[11] http://www.road-xml.org/
[12] http://www.trb.org/Main/Blurbs/158531.aspx

möchte, nutzt Downloads nach GeoJSON[13] (Butler et al. 2008), in das GIS-Format Shapefile (ESRI 1998) oder in das auf SQLite basierende GeoPackage[14] (ebenfalls ein OGC-Standard) (Open Geospatial Consortium 2014).

Aus Mangel an Datensätzen der öffentlichen Verwaltung hat sich in der Vergangenheit auch ein Software-Ökosystem um die Wiki-Weltkarte OpenStreetMap (OSM) entwickelt. Zwar können die Inhalte von OSM potenziell von jedem Nutzer verändert und dadurch evtl. verfälscht werden, doch aufgrund des hohen Detailgrades an räumlichen Informationen (zumindest in vielen Industrieländern) hat sich der Einsatz gerade in Forschungsprojekten und bei Startups bewährt (Neis et al. 2010; Ludwig et al. 2011; Lomas 2014). Für die Straßen existieren z.B. wichtige Informationen wie Straßenart, Höchstgeschwindigkeit oder Fahrtrichtung.

2.2.2 Routing

Ein digital verfügbares Straßennetz ist die Grundlage für Routing. Das Netz muss dafür in ein topologisch korrektes Knoten-Kanten-Modell überführt werden. Eine in beide Richtungen befahrbare Straße muss dabei durch zwei Kanten repräsentiert sein. Die Transformation kann in gängigen GIS-Anwendungen vorgenommen werden. Wenn alle Kanten gewichtet sind (z.B. nach der zulässigen Geschwindigkeit) kann ein Routingalgorithmus wie Dijkstra (Dijkstra 1959) oder A-Star (Hart et al. 1968) die schnellste und kürzeste Strecke zwischen zwei Punkten berechnen. Frei verfügbare Routingdatensätze findet man hauptsächlich bei OSM. Hier sind in den letzten Jahren zahlreiche leistungsfähige Routing-Engines entwickelt worden, die mittlerweile eine echte Alternative zu kommerziellen Anwendungen z.B. von TomTom, HERE oder Garmin darstellen. Dazu zählen u.a. GraphHopper[15], OSRM[16], und Valhalla[17]. In der Automobilindustrie ist das GDF-Format verbreitet – Geographic Data Files (International Organization for Standardization 2011). Es dient in erster Linie zum Austausch von Straßendaten. Für den Bereich Simulation wurde der Standard OpenDrive[18] (Dupuis et al. 2010) entwickelt.

2.2.3 Verkehrstelematik

Die Messungen von stationären Detektoren und Lichtsignalanlagen werden i.d.R. tabellarisch in Datenbanken verwaltet. Zum Austausch von Daten eignen sich daher Komma-separierte Listen (CSV). CSV-Dateien sind zwar einfach herzustellen und in Systeme zu integrieren, können allerdings inhaltlich sehr heterogen strukturiert sein, wodurch die Integration erschwert wird. Mit DATEX II gibt es seit über 10 Jahren einen europäischen Standard für den maschi-

[13] http://geojson.org/
[14] http://www.geopackage.org/
[15] https://www.graphhopper.com/
[16] http://project-osrm.org/
[17] https://github.com/valhalla
[18] http://www.opendrive.org/

nenlesbaren Austausch von dynamischen Straßenverkehrs- und Reisedaten zwischen Verkehrszentralen und mit Dritten. Mit DATEX II lassen sich nahezu alle Datenquellen beschreiben, welche die öffentliche Hand generiert. Dazu zählen folgende Verkehrskenngrößen:

- Messwerte aus Verkehrs- und Umfelddetektoren und daraus abgeleitete Daten, z.B. Verkehrslage, Reisezeiten etc.
- Parkrauminformation
- Baustellendaten
- Gefahr- und Ereignismeldungen (Stau, Unfall, Sperrung, etc.)
- Verkehrsmanagementmaßnahmen, z.B. Alternativrouten-Empfehlungen, Strategien, Schaltzustände, Wechselverkehrszeichen, etc.)
- Kraftstoffpreise, Öffnungszeiten von Tankstellen
- Wetterdaten
- Prognosen

DATEX II verfügt über ein umfangreiches Datenmodell (UML), welches nach einem Schema für bisher noch nicht integrierte Datenarten erweitert werden kann. Dabei bildet das Kernmodell (Level A) die Basis in das eine Vielzahl an Verkehrsdaten bereits integriert sind. Im Level B-Modell werden die selbst erstellten Erweiterungen integriert und dienen als Ergänzung zu Level A. Das dritte Level (Level C) ist ein komplett eigenes, nicht mehr zu Level A kompatibles Schema, welches aber noch der DATEX Methodik entspricht. DATEX II verfügt über eine Reihe von Ortsreferenzierungsmethoden (siehe Abschnitt 2.2.4). Aufgrund dieser Komplexität ist es auf kommunaler Ebene nicht weit verbreitet. Zur Anwendung kommt das DATEX II-Format vor allem auf dem Mobilitäts Daten Marktplatz (MDM) der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) (siehe Abschnitt 2.3.2). Hier werden vorrangig dynamische Verkehrsdaten zwischen einem Datengeber und -nehmer im DATEX II-Format ausgetauscht. Alle Dokumente und Schema-Dateien sind gegen eine Anmeldung kostenfrei zugänglich. Für die Erstellung eigener Erweiterungen und Profile benötigt man eine kostenpflichtige Enterprise Architect[19] Lizenz (Dölger und Geißler 2011).

2.2.4 Dynamische Verortung von Verkehrsereignissen

Staus oder Baustellen verändern die Reisezeiten auf Straßenabschnitten. Die Kantengewichte eines Routing-Graphen müssen also entsprechend angepasst werden. Zur granularen Verortung von dynamischen Verkehrsereignissen auf einem statischen Netz ist es sinnvoll, lineare Referenzierung einzusetzen (International Organization for Standardization 2012; Simacan 2016), d.h. relative Positionsangaben zu bestimmten Fixpunkten. Der viel genutzte Traffic Message Channel (TMC) verwendet Location Codes für einzelne Straßenabschnitte. Er wird im UKW-Bereich eines Radio Data Systems (RDS) mittels des ALERT-C Protokolls über-

[19] https://www.sparxsystems.de/uml/neweditions/

tragen (International Organization for Standardization 2013). Die Positionen müssen im verwendeten Straßendatensatz vorhanden sein, um eine Übertragung („Matching“) herzustellen (OpenStreetMap 2017). Eine dynamische Verortung ist nicht möglich. Da die Anzahl an TMC-Location Codes auf 64.000 begrenzt ist, und damit nicht jede Straße in Deutschland abgebildet werden kann, bleibt die Verortung vor allem von innerstädtischen Ereignissen relativ ungenau (Ebendt und Tcheumadjeu 2017). Aufgrund dieser Einschränkungen wurden neue Formate wie AGORA-C oder OpenLR entwickelt (Wevers und Hendriks 2005; TomTom 2009), wobei OpenLR trotz schwächerer Matchingquote als AGORA-C aufgrund seiner Offenheit in Forschung und Industrie weiter verbreitet ist (Hovland 2014; Ebendt und Tcheumadjeu 2017). Es dient z.B. dem Datex II Standard als Schnittstelle für das dynamische Matching auf Karteninhalte.

2.2.5 Trackingdaten (Floating Data)

Bei Trackingdaten handelt es sich in der Regel um Aufzeichnungen eines GPS-Sensors in einem mobilen Funkgerät. Deshalb ist das meist verwendete Format zum Datenaustausch auch das GPS Exchange Format – kurz GPX[20]. GPX kann von vielen Anwendungen gelesen werden. Es stellt u.a. eine Möglichkeit des Datenimports von OSM dar. Für die Anzeige von Trackingdaten wird häufig die Keyhole Markup Language (KML) (Open Geospatial Consortium 2008) verwendet, wobei auch GeoJSON immer beliebter wird.

In der Verkehrstelematik werden Tracking-Daten auch als Floating Car Data (FCD) bezeichnet. Für die Betreiber eines *Intelligent Transportation Systems* (ITS) sind sie von besonderem Interesse, da sie Daten von Straßenabschnitten liefern können, wo ein System von stationären Sensoren sonst „blind“ ist. In Deutschland gibt es keine frei verfügbaren FCD-Beispiele, da es sich aus datenschutzrechtlicher Sicht um sehr sensible Daten handelt (Jeske 2015).

2.2.6 Fahrplandaten

Digitale Fahrplandaten des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) sind ein wichtiger Baustein für multi-modales Routing. Am Markt werden oft proprietäre Formate wie HAFAS[21] von HaCon oder EFA[22] von Mentz genutzt. Doch in den letzten Jahren hat vor allem das offene General Transit Feed Specification Format (GTFS, früher Google Transit Feed Specification Format)[23] starke Verbreitung erfahren (Jonuschat et al. 2016). Einige Verkehrsverbünde in Deutschland bieten ihre Fahrpläne mittlerweile in GTFS zum Download an (siehe Abschnitt 2.4). Unter den freien Routing-Engines können OpenTripPlanner[24], Valhalla und Graphhopper auf ÖPNV-Plänen rechnen, wobei die ersten beiden auch multi-modal funktionieren.

---

[20] http://www.topografix.com/gpx.asp
[21] http://www.hacon.de/hafas
[22] https://www.mentz.net/verkehrsauskunft/efa/
[23] http://gtfs.org/
[24] http://www.opentripplanner.org/

2.3 Mobilitätsplattformen des Bundes

2.3.1 mCLOUD[25]

Die mCLOUD ist eine vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) bereitgestellte Rechercheplattform, die den zentralen Zugangspunkt zu allen offenen Daten des Geschäftsbereiches des BMVI bildet. Dabei stellt die mCLOUD einen direkten Zugang zu offenen Daten aus dem Bereich Mobilität und der angrenzenden Themen für Entwickler in Unternehmen, Forschung und Verwaltung zur Verfügung. So soll die Entwicklung von Innovationen gefördert werden. Daten aus den Bereichen Straßen-, Bahn- und Luftverkehr, Klima und Wetter sowie Gewässer und Wasserstraßen sind über Schlagworte recherchierbar und zur dynamischen Einbindung in eigene Anwendungen verlinkt. Die mCLOUD verweist dabei nur auf die Datenschnittstellen und Download-Links, die Daten selbst liegen nicht in der mCLOUD. Auf die Daten kann schließlich über verschiedene Schnittstellen zugegriffen werden, wie zum Beispiel über APIs (insbesondere Web-APIs), Atom Feed, Dateidownload, FTP oder Web-Portale. Die bereitgestellten Daten liegen dabei in verschiedenen Datenformaten vor, darunter finden sich Formate wie CSV, Excel, GML und XML (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur 2016).

2.3.2 Mobilitäts Daten Marktplatz (MDM)[26]

Der Mobilitäts Daten Marktplatz (MDM) wird durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) gefördert und ist nach einer Pilotphase seit 2014 im Einsatz. Er ist eine Austauschplattform verschiedener (Echtzeit-)Verkehrsdaten zwischen einem Datengeber und einem Datennehmer. Dies können Städte, Kommunen, Betreiber von Verkehrsmanagementzentralen sowie private Anbieter sein. Ziele des MDM sind die Vereinfachung der Geschäftsprozesse aller Nutzer, die Erleichterung der Abgabe und des Bezugs von Daten sowie die Förderung neuer Dienste durch private Anbieter. Ebenfalls sollen neue Möglichkeiten im Bereich des Verkehrsmanagements für die öffentlichen Straßenbauverwaltungen durch den vereinfachten Datenaustausch mit Dritten geschaffen werden (Bundesanstalt für Straßenwesen 2016).

Das Prinzip des MDM ist, dass ein Datenanbieter die von ihm angebotenen Daten im MDM-Portal thematisch sowie räumlich beschreibt. Ein Datenabnehmer recherchiert die Datenangebote im MDM-Portal und kann weitergehenden Datenbedarf benennen. Der Datenanbieter und der Datenabnehmer schließen einen Datenüberlassungsvertrag. Die Daten werden daraufhin über den MDM ausgetauscht. Dabei speichert der MDM immer nur den letzten Datensatz und verändert die Daten keinesfalls. Als natives Datenformat unterstützt der MDM DATEX II. Zusätzlich erlaubt das sog. Containermodell den generischen Transport beliebiger Nutzdaten über die Plattform (Bundesanstalt für Straßenwesen 2016).

---

[25] https://www.mcloud.de
[26] http://www.mdm-portal.de/

2.3.3 GovData[27]

Mit GovData wurde 2013 von Bundesinnenministerium ein zentrales Datenportal für Deutschland geschaffen, das vor allem Behörden dienen soll, ihre Sachdaten online verfügbar zu machen, um die Transparenz zum Bürger zu verbessern (Hörz 2016). Die Kategorie *Transport und Verkehr* umfasste im Dezember 2017 mit Abstand die meisten Datensätze. Die meisten entstammen der mCLOUD, die als Fachportal für dieses Themenfeld vorgesehen ist (siehe Abbildung 2-1).

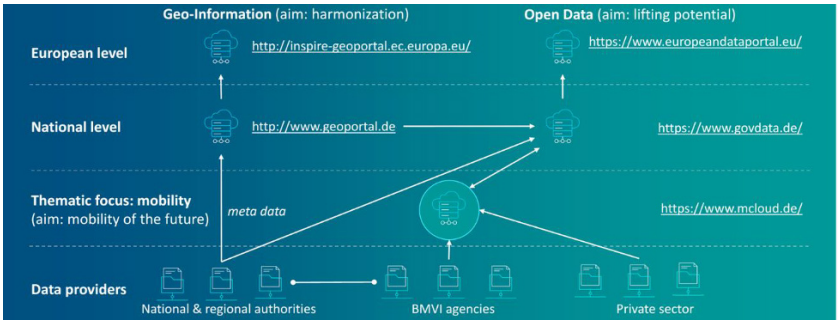


Abbildung 2-1. Datenportale auf verschiedenen Verwaltungsebenen (Goetzke 2017).

2.4 Mobilitätsplattformen von Ländern, Städten und Verkehrsunternehmen

Auf Länderebene sind freie Mobilitätsdaten bisher immer Teil von Open Data Portalen der jeweiligen Bundesländer. Die verfügbaren Dateien sind größtenteils redundant zu dem Angebot der bundesweiten Plattformen. Geodaten, z.B. Straßennetze oder thematische Karten, werden hingegen in den Geoportalen der Länder verwaltet. Die übergeordnete GeoPortal.de[28] Webseite fungiert nur als Wegweiser.

Für Verkehrszähldaten ist das Open.NRW[29] Portal aus Nordrhein-Westphalen ein sehr gutes Beispiel, dass sich wiederum aus den Stadtportalen u.a. von Köln[30], Moers[31] und Bonn[32] speist. Während Moers Messreihen von stationären Verkehrssensoren anbietet, kann in Bonn die errechnete Verkehrslage für ausgewählte Straßen als GeoJSON-Datei direkt in Karten eingebunden werden (siehe Abbildung 2-2). Eine Vorreiterrolle hat momentan noch die Stadt Darmstadt[33], die als einzige Messdaten von Verkehrssensoren in Echtzeit anbietet. Das

[27] https://www.govdata.de/
[28] https://www.geoportal.de/
[29] https://open.nrw/
[30] https://offenedaten-koeln.de/
[31] https://www.offenesdatenportal.de/organization/moers
[32] https://opendata.bonn.de/
[33] https://darmstadt.ui-traffic.de/

[ui!]TRAFFIC-Portal kann auch über eine App aufgerufen werden und informiert den Bürger über die aktuelle Verkehrslage und Baustellen ([ui!] – the urban institute 2016).

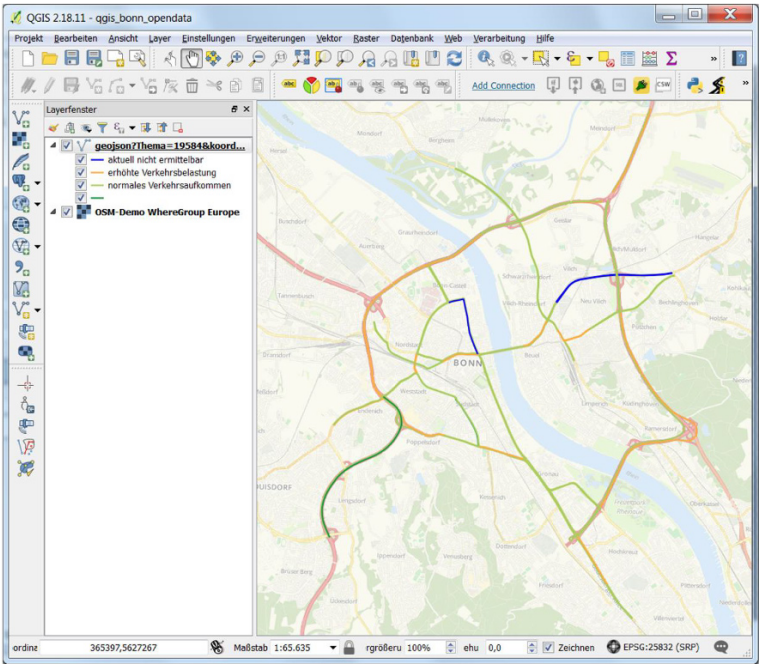


Abbildung 2-2. Verkehrslage in Bonn am 30.11.2017 um 15:30 Uhr in QGIS eingebunden via Web API

(Daten: http://stadtplan.bonn.de/geojson?Thema=19584&koordsys=25832; Karte: http://osm-demo.where-group.com/service?).

In anderen Regionen Deutschlands sind Verkehrsverbünde bzw. -unternehmen die treibenden Kräfte hinter der Open Data Bewegung. Fahrplandaten im GTFS-Format veröffentlichen (Stand 30.11.2017) u.a. die Verkehrsverbünde Rhein-Neckar (RNV)[34], Rhein-Sieg (VRS)[35], Berlin-Brandenburg (VBB)[36], Hamburg (HVV)[37], Nürnberg (VGN)[38], Aachen (AVV)[39] und Karlsruhe (KVV)[40]. Ob weitere Verbünde folgen, kann auch der Website *rettedeinennahverkehr.de* von der *Open Knowledge Foundation Deutschland* eingesehen werden. In den letzten Jahren hat auch die Deutsche Bahn begonnen, sich für das Thema Open Data zu öffnen. Im

34 https://opendata.rnv-online.de/
35 https://www.vrsinfo.de/fahrplan/oepnv-daten-fuer-webentwickler.html
36 https://www.vbb.de/labs
37 http://www.hvv.de/fahrplaene/abruf-fahrplaninfos/uebersicht/
38 https://www.vgn.de/web-entwickler/open-data/
39 https://avv.de/de/fahrplaene/angebote-fuer-webentwickler
40 https://www.kvv.de/fahrplanauskunft/fahrplanauskunft-efa/opendata.html

November 2015 wurde ein Datenportal[41] eingerichtet und seitdem etliche Hackathons veranstaltet bzw. gesponsert. Zu den Datensätzen zählen Fahrpläne, Netzinfrastruktur, Bahnhöfe etc.

2.5 Zusammenfassung

Dieses Kapitel sollte zeigen, wie vielfältig mobilitätsbezogene Daten sein können. Für die meisten Themen existieren schon freie Dateiformate und Open Source Softwarelösungen. Technologisch gesehen lässt sich also schon heute eine offene Alternative zu den Marktführern aufbauen. Leider fehlt es dafür aber an einer vergleichbaren Menge an zusammenhängenden offenen Datensätzen. Plattformen wie mCLOUD oder der MDM bieten bisher leider nur Stückwerk und damit zu wenig, um komplexere Verkehrsmodelle abzuleiten. Natürlich ist eine großräumige Abdeckung durch Trackingdaten, wie sie Google durch Millionen von Android-Smartphones generiert, auf kurze Sicht nicht zu erreichen. Aber zumindest stationäre Verkehrssensorik existiert in vielen deutschen Städten und könnte bereits genutzt werden. Rechtsbindende Beschlüsse der Länder könnten helfen, das Vorhaben voran zu treiben. Die INSPIRE-Initiative zur Harmonisierung von Geodateninfrastrukturen in Europa macht vor, wie es gehen kann. Mit DATEX II steht bereits das passende Austauschformat dafür bereit. Die Plattform ExCELL soll zusätzliche Anreize für eine Öffnung von Verkehrsdaten liefern, da die entwickelten Dienste mit den neuen Datenquellen sofort nutzbar wären und eine direkte Verwertung liefern würden.

[41] http://data.deutschebahn.com/

2.6 Literaturverzeichnis

[ui!] – the urban institute (2016) [ui!]TRAFFIC. Abgerufen am 17.06.2017.

Bundesanstalt für Straßenwesen (2016) MDM - Mobilitäts Daten Marktplatz. Abgerufen am 17.06.2017.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2016) mCLOUD. https://www.bmvi.de/DE/Themen/Digitales/mFund/mCloud/mcloud.html. Abgerufen am 17.06.2017.

Butler H, Daly M, Doyle A, Gillies S, Schaub T, Schmidt C (2008) The GeoJSON format specification. Rapport Technique 67.

Chaplier J, That TN, Hewatt M, Gallée G (2010) Toward a standard: RoadXML, the road network database format. Actes INRETS: S. 211-220.

Dijkstra EW (1959) A note on two problems in connexion with graphs. Numerische Mathematik 1 (1): S. 269-271.

Dölger R, Geißler T (2011) DATEX II - The standard for ITS on European Roads. EasyWay Project.

Dupuis M, Strobl M, Grezlikowski H (2010) OpenDRIVE 2010 and Beyond – Status and Future of the de facto Standard for the Description of Road Networks, Driving Simulation Conference (DSC).

Ebendt R, Tcheumadjeu LCT (2017) An approach to geometry-based dynamic location referencing. European Transport Research Review 9 (3): S. 38.

ESRI (1998) Shapefile technical description. An ESRI White Paper.

Frei M, Hettwer J, von der Ruhren S, Weidner BH (2014) OKSTRA und seine Nachbarn – Untersuchungen zur Kopplung und Wiederverwendung von Datenaustauschstandards. BMVi, okstra.de.

Goetzke R (2017) Ensuring a coherent implementation of INSPIRE in the context of Open Data, INSPIRE Conference Strasbourg, France.

Gunay A, Akcay O, Altan MO (2014) Building a semantic based public transportation geoportal compliant with the INSPIRE transport network data theme. Earth Science Informatics 7 (1): S. 25-37.

Hart PE, Nilsson NJ, Raphael B (1968) A formal basis for the heuristic determination of minimum cost paths. IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics 4 (2): S. 100-107.

Hörz M (2016) Für mehr Transparenz und Demokratie.

Hovland T (2014) Transport Network ITS Spatial Data Deployment Platform.

International Organization for Standardization (2011) ISO 14825:2011 - Intelligent transport systems - Geographic Data Files - GDF5.0.

International Organization for Standardization (2012) ISO 19148:2012 - Geographic information - Linear referencing.

International Organization for Standardization (2013) ISO 14819-1:2013 - Intelligent transport systems - Traffic and travel information messages via traffic message coding - Part 1: Coding protocol for Radio Data System - Traffic Message Channel (RDS-TMC) using ALERT-C.

Jeske T (2015) Sicherheit und Datenschutz in nicht-interaktiven Crowdsourcing Szenarien. Technische Universität Hamburg.

Jonuschat H, Knie A, Ruhrort L (2016) Zukunftsfenster in eine disruptive Mobilität. Teil 1: Mobilität in einer vernetzten Welt. InnoZ.

Lomas N (2014) Telenav Buys Skobbler For $24M To Power An OpenStreetMap Challenge To Google Maps.

Ludwig I, Voss A, Krause-Traudes M (2011) A Comparison of the Street Networks of Navteq and OSM in Germany. In: Advancing Geoinformation Science for a Changing World. Springer, S. 65-84.

Neis P, Zielstra D, Zipf A, Struck A (2010) Empirische Untersuchungen zur Datenqualität von OpenStreetMap-Erfahrungen aus zwei Jahren Betrieb mehrerer OSM-Online-Dienste. Angewandte Geoinformatik 2010.

Open Geospatial Consortium (2000) OpenGIS Web Map Server Interface Implementation Specification.

Open Geospatial Consortium (2002) Web Feature Service Implementation Specification.

Open Geospatial Consortium (2008) OGC KML.

Open Geospatial Consortium (2014) OGC GeoPackage Encoding Standard.

OpenStreetMap (2017) TMC. Abgerufen am 01.11.2017.

Rebolj D, Tibaut A, Čuš-Babič N, Magdič A, Podbreznik P (2008) Development and application of a road product model. Automation in Construction 17 (6): S. 719-728.

Scarponcini P (2006) TransXML: establishing standards for transportation data exchange, Conference on Computing and Decision Making in Civil and Building Engineering.

Schauer J (2010) Neue Grundlage der amtlichen Flächennutzungsstatistik: ALKIS®–Chancen und Probleme. Flächennutzungsmonitoring II - Konzepte – Indikatoren – Statistik.

Schultze C, Buhmann E (2008) Developing the OKSTRA® standard for the needs of landscape planning in context of implementation for mitigation and landscape envelope planning of road projects, International Conference on Information Technologies in Landscape Architecture.

Simacan (2016) Location referencing and maps. https://www.simacan.com/2016/04/26/location-referencing-and-maps/.

TomTom (2009) OpenLR. An open standard for encoding, transmitting and decoding location references in digital maps.

Wevers K, Hendriks T (2005) AGORA-C on-the-fly location referencing, 12th World Congress on Intelligent Transport Systems.

Widmann N, Kollarits S, Hilti F (2015) Wie man es richtig macht–Neustadts Weg zur Telematik-Kommune. In: Intelligente Verkehrssysteme und Telematikanwendungen in Kommunen. Springer, S. 1-44.

3 Referenzmodell einer Mobilitätsplattform [42,43]

C. Pflügler, M. Schreieck, G. Hernandez, M. Wiesche, H. Krcmar

Für Entwickler von Mobilitätslösungen ist es schwierig, an exakte Mobilitätsdaten wie den Verkehrsfluss oder verfügbare Parkplätze zu kommen. Diese Daten sind in einer Smart City verfügbar, werden jedoch nicht Drittentwicklern für die Implementierung innovativer Mobilitätslösungen zugänglich gemacht. Da bisher unklar ist, wie dies ablaufen könnte, schlägt das Buchkapitel ein Referenzmodell einer offenen Plattform für modulare Mobilitätsdienste vor. Die Herleitung des Referenzmodells folgt einem Design Science Research Ansatz. Das entwickelte Referenzmodell besteht aus den folgenden Elementen: Datenquellen, Schicht der modularen Dienste, Integrationsschicht und Lösungen. Zusätzlich werden mögliche modulare Dienste beschrieben. Dies ist jedoch für die zukünftige Forschung geplant. Dieses Kapitel leistet einen Beitrag zur Theorie, indem er Orientierungshilfen für zukünftige Forschungen zu Serviceplattformen gibt und der praktische Beitrag besteht darin, dass er zeigt, wie verfügbare Mobilitätsdaten für Mobilitätslösungsentwickler verfügbar gemacht werden können.

It is difficult for developers of mobility solutions to gather accurate mobility data, such as the traffic flow or available parking spaces. This data is available in a smart city, but it is not made accessible to external developers for creating innovative mobility solutions. As it remains unclear how this could be done, this chapter proposes a concept for the architecture of an open platform for modular mobility services. The design of the architecture follows a design science research approach. The developed concept for the architecture of the platform consists of the following elements: data sources, layers of modular services, integration layer and solutions. Additionally, possible modular services are described. However, this is planned for future research. This paper contributes to theory by giving guidance for future research on service platforms and to practice as it shows how available mobility data could be made accessible for mobility solution developers.

[42] Aufbauend auf den bereits von Pflügler et al. (2016b) und Schreieck et al. (2018b) durchgeführten Studie zum Thema Referenzmodell einer Mobilitätsplattform.

[43] Das Forschungsprojekt ExCELL wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert (Förderkennzeichen: 01MD15001D).

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018
M. Wiesche et al. (Hrsg.), *Management digitaler Plattformen*,
Informationsmanagement und digitale Transformation,
https://doi.org/10.1007/978-3-658-21214-8_3

3.1 Einleitung

Heute ist die Verkehrssituation in vielen Städten eine Herausforderung. Aufgrund des zunehmenden Verkehrsaufkommens verlieren die Menschen immer mehr Zeit im Stau und auch die Parkplatzsuche, die bis zu 30 % des Stadtverkehrs ausmacht, beansprucht viel Zeit (Banister 2011; Priester et al. 2014; Van Ommeren et al. 2012). Es wird geschätzt, dass europäische Städte aufgrund von Verkehrsstaus zwischen 2,69 % und 4,63 % ihres Bruttoinlandsprodukts (BIP) verlieren (Willoughby 2000).

Viele verschiedene Anbieter bieten digitale Lösungen an, um die persönliche Mobilität eines Menschen zu verbessern und zu erleichtern. Intelligente Navigationslösungen versuchen, Staus zu vermeiden, indem alternative Routen vorgeschlagen werden. Fahrgemeinschaftsanwendungen ermutigen Einzelpersonen, ihre Autos zu teilen, und multimodale Verkehrsinformationen bieten Alternativen zum autobasierten Transport an. Viele dieser Lösungen hängen von genauen Daten ab, wie beispielsweise dem Standort der Nutzer, dem Zeitplan des öffentlichen Verkehrs oder Informationen zur aktuellen Verkehrs- oder Parksituation.

Es ist jedoch für Entwickler von Mobilitätslösungen schwierig, an diese Daten zu gelangen, da es nur wenige Plattformen mit hochwertigen Mobilitätsdaten, wie z.B. Google Maps (2016) oder Bing Maps (2016) gibt. Diese bieten die Mobilitätsdaten und Dienste nur über standardisierte Schnittstellen an. Der Zugang zu diesen Daten und Diensten ist oft eingeschränkt und fokussiert sich auf die Interessen der Anbieter. Gerade im Geschäftskundebereich ist außerdem das Vertrauen in cloudbasierte Angebote noch gering (Lang et al. 2018). Darüber hinaus bieten diese Anbieter nur isolierte Dienste mit einem spezifischen Fokus an. Daher ist es notwendig, auf viele verschiedene Plattformen zuzugreifen, um eine Mobilitätslösung zu entwickeln. Folglich schränkt die begrenzte Verfügbarkeit von Datensätzen und Diensten den Innovationsgrad von Entwicklern ein. Nach Überprüfung der aktuellen digitalen Dienste für den Nahverkehr, stellen Schreieck et al. (2016c) fest, dass die bestehenden Dienste noch nicht integriert sind sowie dass die Landschaft digitaler Lösungen umfangreich und unstrukturiert ist.

Auf der anderen Seite generieren Städte eine Vielzahl von Mobilitätsdaten, die aber nicht für externe Entwickler von Mobilitätsanwendungen angeboten werden und damit keinen Mehrwert für Städte über die eigenen Verwendung hinaus generiert (Schreieck et al. 2017d). So sammeln Städte insbesondere im Straßenverkehr Daten, um die Verkehrssituation innerhalb der Gemeinde zu überwachen. Diese Daten werden hauptsächlich im Verkehrsmanagement verwendet, um die Verkehrsführung und andere Aspekte, wie beispielsweise die Parkplatzsituation zu verbessern. Diese Daten könnten für die Entwicklung innovativer Mobilitätsanwendungen zugänglich gemacht werden. Die Bereitstellung von Daten reicht jedoch nicht aus, weil es für Entwickler von Mobilitätsanwendungen einen hohen Aufwand darstellen würde, die Daten auszuwerten und für ihre Applikationen aufzubereiten. Die Entwickler müssen die Struktur der Daten verstehen, die Daten aggregieren und analysieren. Aus diesem Grund minimieren stan-

dardisierte modulare Dienste, die die Aggregation und Analyse der verfügbaren Mobilitätsdaten übernehmen, den Aufwand für Entwickler von Mobilitätsanwendungen (Schermann et al. 2014). Ein Beispiel wäre, dass kontinuierliche Positionsdaten einzelner Fahrzeuge relativ kompliziert zu handhaben sind. Dienste, die diese Daten analysieren und Informationen über die Verkehrsintensität auf bestimmten Straßen durch eine standardisierte Schnittstelle bereitstellen, erleichtern die Entwicklung von Mobilitätsanwendungen.

Ziel dieses Beitrages ist es, ein Referenzmodell einer offenen Mobilitätsplattform zu entwerfen, die die Entwicklung von innovativen Mobilitätslösungen innerhalb einer Smart City ermöglicht. Anstatt sich auf monolithische Mobilitätsdienste zu konzentrieren, beschreibt dieses Kapitel ein Referenzmodell einer Plattform, die modulare Dienste anbietet, die über offene und standardisierte Schnittstellen, sogenannte Application Programming Interfaces (API), in Applikationen integriert werden können. Diese Architektur erlaubt die Nutzung vorhandener Daten in verschiedenen Diensten, die dann zur Entwicklung innovativer Mobilitätsanwendungen genutzt werden können.

Der Rest dieses Kapitels ist nach dem von Gregor und Hevner (2013) vorgeschlagenen Publikationsschema für Design Science Research Studien strukturiert. Zunächst wird der theoretische Hintergrund zu bestehenden digitalen Mobilitätsdiensten und Mobilitätsplattformen vorgestellt. Anschließend wird die Forschungsmethode detailliert beschrieben und das Referenzmodell einer offenen Mobilitätsplattform vorgestellt. Danach folgt eine Diskussion des vorgeschlagenen Konzepts. Das Kapitel endet mit einer Schlussfolgerung.

3.2 Theoretischer Hintergrund

Die aktuelle digitale Revolution löst Innovationen in vielen Branchen aus, darunter auch in Bezug auf die persönliche und gewerbliche Mobilität. Der Trend des Cloud Computing hat die Art und Weise, wie IT Ressourcen Bereitgestellt werden, verändert (Böhm et al. 2009). Auf dem Mobilitätsmarkt wird eine Vielzahl von Dienstleistungen angeboten. Dieser Trend wird durch die Popularität von Smartphones sogar noch verstärkt. Die digitalen Mobilitätsdienste werden von der Öffentlichkeit sehr gut angenommen und bilden nach Wetter, sozialer Vernetzung und Kommunikation die viertwichtigste Anwendungskategorie für Smartphones (Forrester 2013). Die angebotenen Dienstleistungen umfassen zum Beispiel Reiseplanung, Mitfahrgelegenheiten, Karten oder Navigation und verwenden eine Vielzahl von Datenquellen. Beispielsweise basieren die Lösungen, die die Suche nach Parkplätzen unterstützen, entweder auf Daten von Sensoren, auf statistischer Vorhersage oder auf Daten, die von der Crowd bereitgestellt werden (Inrix 2015; Greengard 2015; ParkNav 2015; Nawaz et al. 2013; McNeal 2013; Nandugudi et al. 2014). Es gibt auch Lösungen, die die Suche nach der optimalen Route erleichtern, wie z.B. AllyApp (2016) oder Google Maps (2016), und Lösungen, die Informationen zu Verkehrsmeldungen anzeigen, wie z.B. Waze (2017) oder die Verkehrsmeldungsfunktion von Google Maps (2016).

Viele öffentliche oder private Verkehrsbetriebe verfügen über eigene Mobilitätsdienste, die den Nutzer über ihre Leistungen, Kosten oder ihre Zeitpläne informieren. Der Nachteil dieser Dienste ist, dass sie meist keine offenen Schnittstellen bieten, da sie als Lösungen für Endanwender konzipiert wurden. Aus diesem Grund können diese Dienste nicht in andere Lösungen eingebettet werden. Dies führt zu einzelnen monolithischen Diensten, die den Nachteil haben, dass ein Benutzer mehrere verschiedene Anbieter kombinieren muss, um die erforderliche Information zu erhalten.

Die Bereitstellung von digitalen Mobilitätsdiensten über APIs auf einer offenen Plattform ermöglicht es, Nutzern integrierte Lösungen über die Plattform zur Verfügung zu stellen (Schreieck et al. 2017a; Schreieck et al. 2016b). Es gibt bereits erste Ansätze offener Plattformen für Mobilitätsdienste, die jedoch einige Mängel aufweisen, auf die im folgenden Abschnitt eingegangen wird. Ein wichtiger Aspekt ist, dass die Mobilitätsdienste entsprechend flexibel gestaltet werden, weil in Unternehmen oft kein Standardprozess besteht (Röder et al. 2015; Roeder et al. 2014).

3.3 Existierende Mobilitätsdaten und Plattform

Eine genauere Abhandlung existierender Mobilitätsdaten und Plattformen wurde in Kapitel 2 vorgestellt. Darauf aufbauend wird im Folgenden auf die wesentlichen Aspekte eines Referenzmodells für Mobilitätsplattformen eingegangen.

Es können zwei Formen von Mobilitätsplattformen unterschieden werden. Es gibt Plattformen, die sich auf die Bereitstellung von Rohdaten durch offene Schnittstellen konzentrieren, so genannte *Mobilitätsdatenplattformen*, und es gibt Plattformen, die digitale Mobilitätsdienste bereitstellen, so genannte Mobilitätsdienste-Plattformen, die meist vereinfacht als *Mobilitätsplattformen* bezeichnet werden.

Ein Beispiel für eine offene Mobilitätsdatenplattform ist das New York City Open Data-Portal (New York City 2016). Tausende Datensätze, die von öffentlichen Stellen und Organisationen generiert werden, können öffentlich genutzt werden. Jeder kann diese Datensätze verwenden, um Anwendungen zu erstellen, Recherchen durchzuführen und Analysen auszuführen. Die Datensätze sind in verschiedenen maschinenlesbaren Formaten verfügbar und nach Themen, Städten oder Organisationen kategorisiert.

Mobilitätsdatenplattformen haben einige Nachteile. Zum Beispiel kann die Bereitstellung von Rohdaten, wie z. B. von Positionsdaten von Fahrzeugen, zu Datenschutzproblemen führen (Lang et al. 2017). Darüber hinaus haben sie den Nachteil, dass Benutzer die Daten selbst verarbeiten müssen, während die meisten Benutzer einen standardisierten Dienst bevorzugen würden, der die Analyse der Daten übernimmt.

Zwei bekannte Mobilitätsdienste-Plattformen sind Bing Maps (2016) und Google Maps (2016). Es ist möglich, auf verschiedene Dienste wie Routing oder Verkehrsmeldungen über

standardisierte Schnittstellen zuzugreifen. Beide Plattformen bieten jedoch nur eine limitierte Anzahl an Diensten an und können nicht als offene Plattformen angesehen werden.

Ein Beispiel für eine Stadt, die bereits Mobilitätsdienste und -services anbietet, ist Barcelona. Barcelona bietet eine Vielzahl digitaler Diensten für Entwickler, Institutionen und Bürger. So stellt die Initiative "Sentilo" Daten von Sensoren in Echtzeit auf einer offenen Datenplattform zur Verfügung. Die Plattform "City OS" bietet Datenanalysen aus verschiedenen Quellen an (City of Barcelona 2016). Endnutzer können über den App Marktplatz "Apps4bcn“ beispielsweise Lösungen, die über öffentliche Verkehrsmittel und Parkplätze informieren, beziehen (City of Barcelona 2016).

Trotz dieser Versuche bleibt unklar, wie das Referenzmodell einer offenen und modularen Mobilitätsplattform aussehen soll und wie es auf andere Städte übertragbar ist.

3.4 Forschungsmethode

Unsere Entwicklung eines Referenzmodells einer offenen und modularen Mobilitätsplattform folgt einem Design Science Research Ansatz. Der Ansatz versucht, die Grenzen menschlicher und organisatorischer Fähigkeiten durch die Schaffung neuer und innovativer Artefakte zu erweitern (Hevner et al. 2004). Das Artefakt kann z.B. ein neuer Prozess, ein neues Modell oder ein neues Produkt sein. Peffers et al. (2007) schlagen einen sechsstufigen Prozess vor: Zuerst werden die Motivation und die Probleme beschrieben. Zweitens werden die Probleme, die gelöst werden sollen, und Ziele des Artefakts definiert. Drittens wird das Artefakt entworfen und entwickelt. Viertens wird die Fähigkeit des Artefakts zur Lösung des angesprochenen Problems gezeigt. Fünftens wird das entwickelte Artefakt bewertet. Zusätzlich ist es möglich, zum zweiten und dritten Schritt zurückzukehren, um das Artefakt zu verbessern. Sechstens wird das entwickelte Artefakt einem interessierten Publikum vorgestellt.

In diesem Kapitel konzentrieren wir uns auf die ersten drei und den letzten Schritt. Die verbleibenden Schritte werden in zukünftiger Forschung durchgeführt.

3.5 Referenzmodell einer offenen und modularen Mobilitätsplattform

Das Hauptziel ist es, ein Referenzmodell einer offenen und modularen Mobilitätsplattform zu entwerfen. Diese Plattform soll modulare Mobilitätsdienste unterschiedlicher Granularität bieten. Die Dienste sollen auf verschiedene Datenquellen zugreifen und die bereitgestellten Informationen verdichten. Darüber hinaus sollten diese Dienste in einer sicheren Umgebung gehostet werden (Lang et al. 2016). Da viele dieser Mobilitätsdienste rechenintensiv sind, muss die Plattform in der Lage sein, eine entsprechende Anzahl gleichzeitiger Serviceaufrufe zu bewältigen. Außerdem sollte sich jeder Nutzer aus Sicherheitsgründen an der Plattform registrieren und authentifizieren müssen (Schreieck et al. 2017b; Schreieck et al. 2016a).

Die Plattform unterstützt außerdem Entwickler dabei, Dienste für das Ökosystem der Plattform bereitzustellen. Um Dienste zu implementieren, benötigen die Entwickler Zugang zu rohen oder analysierten Daten sowie Analysewerkzeugen und Spezifikationen zur Entwicklung der Dienste (Schreieck et al. 2018a; Schreieck et al. 2016b). Während in bestehenden Mobilitätsplattformen verschiedene Formate, Eigentumsverhältnisse und Vorschriften die effiziente Entwicklung von Drittanbieteranwendungen behindern, wird die zu entwickelnde Lösung bei einer offenen und modularen Mobilitätsplattform nur durch die verfügbaren Ressourcen und die Fähigkeiten des Teams begrenzt.

Die Strukturen auf der Plattform sind standardisiert. Deshalb können ähnliche Datensätze aus verschiedenen Quellen analog dargestellt werden. Derzeit können die öffentlichen Transportdaten von Stadt zu Stadt in verschiedenen Formaten vorliegen. Die Plattform wird den Anbietern des öffentlichen Verkehrs vorschlagen, ein Standardformat, z.B. das GTFS (General Transit Feed Specification), zu verwenden oder sich mit den anderen Datenanbietern abstimmen, in welchem Format ihre Daten angezeigt werden.

An der Oberfläche sieht die Plattform wie eine Website aus. Wenn die Benutzer ihre Zugangsdaten eingeben, bekommen sie Zugriff auf die verschieden verfügbaren Ressourcen in Form von APIs. Auf diese Weise befinden sich die APIs und Daten in einer sicheren Umgebung. Ein bekanntes Beispiel für diese Art von Webseiten ist das Framework für APIs "Swagger" (Swagger 2016). Die vorgeschlagene Plattform wird die Zusammenarbeit zwischen dem öffentlichen und dem privaten Sektor unterstützen. Darüber hinaus erleichtert die Zusammenarbeit mit den Regierungen die Einhaltung der Datenschutzgesetze (European Comission 2016).

Abbildung 3-1 zeigt das Referenzmodell einer offenen Plattform für modulare Mobilitätsdienste. Es besteht aus den folgenden Elementen:

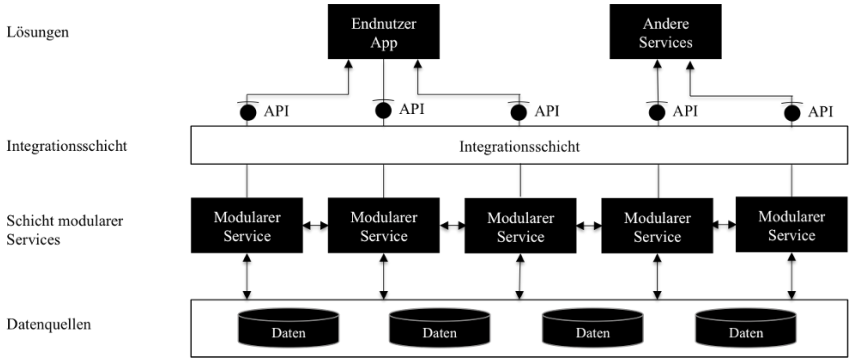


Abbildung 3-1. Referenzmodell einer offenen und modularen Mobilitäts-Service-Plattform.

3.5.1 Datenquellen

Die Plattform basiert auf mehreren unterschiedlichen Datensätzen. Ein Datensatz könnte aus Positionsdaten bestehen, die durch fest installierte Module innerhalb der Autos oder durch Smartphone-Applikationen erzeugt werden. Diese Daten können zur Abschätzung des Verkehrsflusses innerhalb der Stadt und zum Erkennen von Verkehrsstaus verwendet werden. Es wurde gezeigt, dass es ausreichend ist, Daten von nur 2-3 % aller Autos zu erhalten, um genaue Messungen der Geschwindigkeit des Verkehrsflusses zu liefern (Herrera et al. 2010).

Eine weitere relevante Datenquelle sind Parkplatzdaten (Pflügler et al. 2016a). Diese Daten können von Parkhäusern stammen, die bereits Informationen über verfügbare Parkplätze erfassen. Die Daten zu Parkplätzen an der Straßenseite sind schwerer zu erheben. Diese könnten entweder von Sensoren oder aus der Crowd kommen. So wurden beispielsweise in San Francisco 8.622 Parkplätze mit Sensoren ausgestattet (McNeal 2013). Es existieren mehrere Unternehmen, die Sensoren zur Überwachung von Parkplätzen anbieten (Siemens Mobility 2015; General Electric 2015; SmartParking 2015). Andere Lösungen basieren auf Daten aus der Crowd, die kostenlose Parkplätze zum Beispiel mit einer mobilen Applikation meldet (ParkMünchen 2015; Parkonaut 2015).

Darüber hinaus sind Daten von öffentlichen Verkehrsunternehmen und Taxiunternehmen relevant. Oft haben sie bereits eigene Lösungen, die die Routen oder Position des nächsten verfügbaren Autos zeigen. Diese Daten könnten auch eine Grundlage für die Plattform darstellen.

3.5.2 Schicht der modularen Services

Die modularen Services bilden den Kern der Plattform. Es gibt mehrere Schichten, bei denen die Granularität von oben nach unten zunimmt. Die Services im unteren Bereich konzentrieren sich auf die Analyse und Verfeinerung der Datenquellen, während Services auf höheren Ebenen auf Services von niedrigeren Ebenen basieren. Auf höchster Ebene bauen Applikationen auf, die für den Endanwender bestimmt sind.

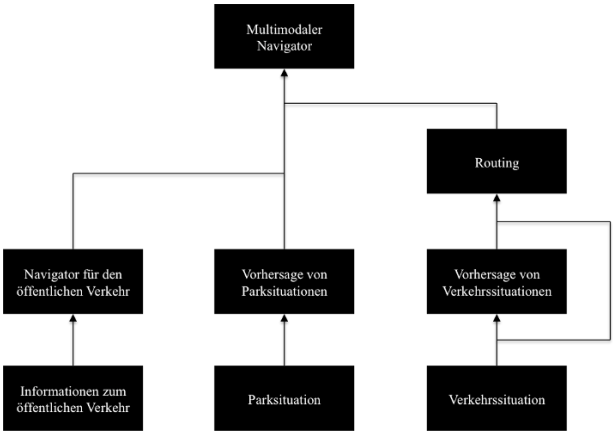


Abbildung 3-2. Schicht der modularen Services – Beispiel.

Abbildung 3-2 veranschaulicht diese verschiedenen Ebenen und zeigt einige Beispiele für Services. Einfache modulare Services könnten die aktuellen Verkehrs- und Parkplatzlage auf der Straße in einem bestimmten Bereich anzeigen. Ein weiterer modularer Service könnte diesen Service nutzen, um die bereitgestellten Informationen zu analysieren und die Parkplatzbedingungen für einen bestimmten Zeitpunkt in der Zukunft vorherzusagen. Folgende Dienste sind Beispiele für modulare Services:

- *Parkplatzsituation*: Dieser Service zeigt die aktuelle Verfügbarkeit von Parkplätzen an. Er basiert auf Daten, die von den Parkgaragen, Sensoren oder der Crowd zur Verfügung gestellt werden (Pflügler et al. 2017).
- *Vorhersage der Parkplatzsituation*: Dieser Service prognostiziert die Parkplatzsituation für einen bestimmten Zeitpunkt in der Zukunft. Es basiert auf dem Service zur aktuellen Parkplatzsituation und dem Verkehrsinformationsdienst. Dieser Service verarbeitet die bereitgestellten Daten mit Machine Learning Algorithmen. Darüber hinaus ist es möglich, dass dieser Dienst auf weitere Informationen wie Wetterdaten zugreift (Pflügler et al. 2016a).
- *Verkehrssituation*: Der Verkehrsinformationsservice sammelt Verkehrsdaten aus verschiedenen Quellen wie Positionsdaten von Fahrzeugen, Straßensensoren und Verkehrsmeldungen. Dann kombiniert er diese Daten und schätzt die aktuelle Verkehrssituation ein (vgl. Kapitel 7).
- *Prognose der Verkehrssituation*: Dieser Service prognostiziert die Verkehrssituation für einen bestimmten Zeitpunkt in der Zukunft. Es basiert auf dem Verkehrssituationsservice und auf anderen Datenquellen wie Wetterdaten. Dieser Service verarbeitet die Daten mit Machine Learning Algorithmen.

- *Routing*: Der Routingservice berechnet die beste Route zwischen zwei Punkten. Der Benutzer kann angeben, ob die aktuelle Verkehrssituation oder die prognostizierte Verkehrssituation für einen bestimmten Zeitpunkt in der Zukunft berücksichtigt werden soll.
- *Informationen zu öffentlichen Verkehrsmitteln*: Dieser Service zeigt aktuelle und zukünftige Fahrpläne für Züge, U-Bahnen und Busse an. Er enthält außerdem Informationen zu Verspätungen und Störungen.
- *Navigator für den öffentlichen Verkehr*: Der Navigator für den öffentlichen Verkehr schlägt die beste öffentliche Verkehrsverbindung zwischen zwei Punkten für einen bestimmten Zeitpunkt vor. Er basiert auf dem Service der Informationen zum öffentlichen Verkehr bereitstellt.
- *Multimodaler Navigator:* Dieser Service berechnet die optimale Route innerhalb der Stadt für Autofahrer. Er berücksichtigt die Verkehrssituation zur Auswahl der optimalen Route, prüft aber auch, wo es möglich ist, einen Parkplatz am Ziel zu finden. Außerdem prüft er, ob es besser ist, das Auto in der Nähe eines Busbahnhofs zu parken und öffentliche Verkehrsmittel zu nutzen. Dieser Service basiert auf den zuvor beschriebenen modularen Diensten.

3.5.3 Integrationsschicht

Die Integrationsschicht schafft eine sichere Umgebung. Auf die modularen Dienste kann nur über die Integrationsschicht zugegriffen werden. Die Integrationsschicht puffert Serviceaufrufe und bietet einen Lastausgleich zwischen den Diensten. Die Benutzerverwaltung und Zugriffskontrolle befinden sich ebenfalls in dieser Ebene. Da alle Serviceaufrufe diese Schicht durchlaufen, kann sie auch zur Analyse der Serviceaufrufe verwendet werden.

3.5.4 Lösungen

Dies sind die Lösungen, die Entwickler auf der Plattform erstellen. Es ist möglich, dass diese Lösungen für Endanwender entwickelt werden oder, dass die Lösungen in Services außerhalb der Plattform integriert werden. Ein Beispiel einer Lösung ist ein Scheduling- und Routing-Service für kleine und mittlere Unternehmen, die mehrere Termine in einer oder mehreren Städten haben. Durch die Berücksichtigung der Routen zwischen Terminen und der vorausgesagten Verkehrssituation zu diesem Zeitpunkt kann die Terminplanung optimiert werden. Zum Beispiel könnte ein Pflegedienst den Tagesablauf der Mitarbeiter optimieren und so Fahrzeit sparen, die der Patientenversorgung gewidmet werden könnte.

3.6 Fazit und Ausblick

Mit dem entwickelten Referenzmodell einer offenen Plattform für modulare Mobilitätsdienste können die bereits in vielen Städten vorhandenen Daten, wie z.B. Daten zu öffentlichen Verkehrsmitteln, Parkplätzen und Verkehr zur Verfügung gestellt werden. Eine solche Platt-

form schafft ein Mobilitätsökosystem und fördert die Entwicklung innovativer Mobilitätslösungen auf Basis der angebotenen modularen Services. Ohne eine solche Plattform muss jeder Entwickler eigene Daten sammeln, was in der Praxis nur schwer möglich ist.

Auf der Mobilitätsplattform kann jeder Service individuell angesprochen werden, aber es ist auch möglich, verschiedene modulare Services zu kombinieren, um einen neuen Service zu erstellen. Hierzu ist jedoch ein entsprechendes IT Servicemanagement notwendig (Böhmann und Krcmar 2004, 2006, 2005; Böhmann et al. 2003). Die Kombination von Services kann innerhalb der Plattform erfolgen, aber es ist auch möglich, dass ein externer Entwickler sie kombiniert und den neuen Service selbst anbietet. Dieses Kapitel leistet einen Beitrag zur Theorie, indem es Leitlinien für die zukünftige Erforschung von Serviceplattformen bereitstellt. Darüber hinaus wird gezeigt, wie verfügbare Mobilitätsdaten für Entwickler von Mobilitätslösungen zugänglich gemacht werden können. Die Ergebnisse sind über den Kontext von Mobilitätsplattformen hinaus für digitale Plattformen im Allgemeinen relevant (Schreieck et al. 2017c).

Mobilitätsdaten sind sehr sensible Daten bezüglich des Datenschutzes. Das Referenzmodell berücksichtig die wichtigsten Anliegen, Implikationen und Mechanismen für die Sicherstellung der Privatsphäre basierend auf der Forschung von Christin (2016). Methoden zur Wahrung der Privatsphäre beim Umgang mit mobilitätsbezogenen Daten werden als Alternative zu einer vertrauenswürdigen Autorität, die von Sucasas et al. (2016) gefordert wird, und als "Semantic Cloacking" von Barak et al. (2016) vorgestellt. Der Aspekt Datenschutz auf Mobilitätsplattformen wird in Kapitel 12 detaillierter betrachtet.

Wie bereits erwähnt werden die verbleibenden Schritte des Design Science Ansatzes von Peffers et al. (2007) durch zukünftige Forschung adressiert. Das Referenzmodell könnte mit qualitativen Ansätzen wie Experteninterviews und Fallstudien sowie mit quantitativen Ansätzen wie Umfragen bewertet werden. Darüber hinaus könnte die künftige Forschung eine umfassende Liste nützlicher modularer Mobilitätsdienste bieten, die entwickelt werden sollten. Weiterhin ist zu evaluieren, wie wirkungsvolle Kontrollmechanismen entwickelt werden können, die die Qualität von Mobilitätsdiensten sicherstellen und z.B. Missbrauch von Nutzerdaten durch Drittentwickler verhindern (Wiesche et al. 2011; Wiesche et al. 2013a; Wiesche et al. 2013b).

3.7 Literaturverzeichnis

AllyApp (2016) Ally App. http://www.allyapp.com/. Abgerufen am 10.02.2016.

Banister D (2011) Cities, mobility and climate change. Journal of Transport Geography 19 (6): S. 1538-1546.

Barak O, Cohen G, Toch E (2016) Anonymizing mobility data using semantic cloaking. Pervasive and Mobile Computing 28: S. 102-112.

Bing Maps (2016) The Bing Maps Plattform. https://www.microsoft.com/maps/. Abgerufen am 21.05.2016.

Böhm M, Leimeister S, Riedl C, Krcmar H (2009) Cloud Computing: Outsourcing 2.0 oder ein neues Geschäftsmodell zur Bereitstellung von IT-Ressourcen. Information Management & Consulting 24 (2): S. 6-14.

Böhmann T, Junginger M, Krcmar H (2003) Modular service architectures: a concept and method for engineering IT services, 36th Annual Hawaii International Conference on System Sciences.

Böhmann T, Krcmar H (2004) Grundlagen und Entwicklungstrends im IT-Servicemanagement. HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik 237: S. 7-21.

Böhmann T, Krcmar H (2005) Modularisierung: Grundlagen und Anwendung bei IT-Dienstleistungen. In: Herrmann T, Kleinbeck U, Krcmar H (Hrsg.) Konzepte für das Service Engineering. Springer, Berlin, Deutschland, S. 45-83.

Böhmann T, Krcmar H (2006) Modulare Servicearchitekturen. In: Bullinger H-J, Scheer A-W (Hrsg.) Service Engineering. Springer, Berlin, Deutschland, S. 377-401.

Christin D (2016) Privacy in mobile participatory sensing: Current trends and future challenges. Journal of Systems and Software 116: S. 57-68.

City of Barcelona (2016) BCN Smart City. http://smartcity.bcn.cat/en. Abgerufen am 21.05.2017.

European Comission (2016) Protection of personal data. http://ec.europa.eu/justice/data-protection/. Abgerufen am 30.05. 2016.

Forrester (2013) North American Techngraphics. Online Benchmark Survey (Part 1). http://techcrunch.com/2013/08/01/despite-googles-gains-iphone-still-edges-out-android-devices-in-app-and-overall-smartphone-usage-says-forrester/. Abgerufen am 21.05.2016.

General Electric (2015) Intelligent Environments for Cities. http://www.gelighting.com/LightingWeb/na/intelligent-environments/intelligent-cities/index.jsp. Abgerufen am 21.05.2016.

Google Maps (2016) Google Maps APIs. https://developers.google.com/maps/?hl=de. Abgerufen am 21.05.2017.

Greengard S (2015) Between the lines. Communactions of the ACM 58 (6): S. 15-17.

Gregor S, Hevner AR (2013) Positioning and presenting design science research for maximum impact. MIS Quarterly 37 (2): S. 337-355.

Herrera JC, Work DB, Herring R, Ban XJ, Jacobson Q, Bayen AM (2010) Evaluation of traffic data obtained via GPS-enabled mobile phones: The Mobile Century field experiment. Transportation Research Part C: Emerging Technologies 18 (4): S. 568-583.

Hevner AR, March ST, Park J, Ram S (2004) Design science in information systems research. MIS Quarterly 28 (1): S. 75-105.

Inrix (2015) BMW N.A. Becomes Latest Auto Maker to Select INRIX. http://inrix.com/bmw-n-a-becomes-latest-auto-maker-to-select-inrix/. Abgerufen am 21.05.2016.

Lang M, Wiesche M, Krcmar H (2016) What are the most Important criteria for Cloud Service Provider Selection? A Delphi Study, Twenty-Fourth European Conference on Information Systems (ECIS), İstanbul, Türkei.

Lang M, Wiesche M, Krcmar H (2017) Conceptualization of Relational Assurance Mechanisms - A Literature Review on Relational Assurance Mechanisms, Their Antecedents and Effects, Wirtschaftsinformatik, St. Gallen.

Lang M, Wiesche M, Krcmar H (2018) Perceived Control and Privacy in a Professional Cloud Environment Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS) Big Island, Hawaii, USA.

McNeal M (2013) If Parking Spots Could Talk. Marketing Insights 25 (3): S. 6-7.

Nandugudi A, Ki T, Nuessle C, Challen G (2014) PocketParker: pocketsourcing parking lot availability, ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing, Seattle, Washington.

Nawaz S, Efstratiou C, Mascolo C (2013) ParkSense: a smartphone based sensing system for on-street parking, 19th Annual International Conference on Mobile Computing & Networking, Miami, Florida, USA.

New York City (2016) New York Data Portal. https://nycopendata.socrata.com/. Abgerufen am 21.05.2016.

ParkMünchen (2015) Parkplatz-App von ParkMünchen. http://www.parkmuenchen.de/. Abgerufen am 21.05.2016.

ParkNav (2015) ParkNav: Street Parking Reinvented. http://www.parknav.com/. Abgerufen am 21.05.2016.

Parkonaut (2015) Parking Becomes Simple & Smart. http://www.parkonaut.de/. Abgerufen am 21.05.2016.

Peffers K, Tuunanen T, Rothenberger MA, Chatterjee S (2007) A design science research methodology for information systems research. Journal of Management Information Systems 24 (3): S. 45-77.

Pflügler C, Köhn T, Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2016a) Predicting the Availability of Parking Spaces with Publicly Available Data, INFORMATIK 2016, Klagenfurt.

Pflügler C, Schreieck M, Hernandez G, Wiesche M, Krcmar H (2016b) A concept for the architecture of an open platform for modular mobility services in the smart city. Transportation Research Procedia 19: S. 199-206.

Pflügler C, Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2017) Development and Evaluation of a Game Application for Parking Lot Identification, Intelligent Transport Systems in Theory and Practice mobil.TUM 2017, Munich, Germany.

Priester R, Miramontes M, Wulfhorst G (2014) A Generic Code of Urban Mobility: How can Cities Drive Future Sustainable Development? Transportation Research Procedia 4: S. 90-102.

Röder N, Wiesche M, Schermann M, Krcmar H (2015) Workaround Aware Business Process Modeling, Wirtschaftsinformatik.

Roeder N, Wiesche M, Schermann M, Krcmar H (2014) Why Managers Tolerate Workarounds – The Role of Information Systems, Americas Conference on Information Systems (AMCIS), Savannah.

Schermann M, Hemsen H, Buchmüller C, Bitter T, Krcmar H, Markl V, Hoeren T (2014) Big Data, An Interdisciplinary Opportunity for Information Systems Research. Business & Information Systems Engineering 6 (5): S. 261-266.

Schreieck M, Finke R, Wiesche M, Krcmar H (2017a) Sandbox vs. Toolbox–Analysis of Boundary Resources in B2B Software Platforms, European Workshop on Software Ecosystems (EWSECO), Darmstadt.

Schreieck M, Hakes C, Wiesche M, Krcmar H (2017b) Governing Platforms in the Internet of Things, International Conference on Software Business, Essen, Germany.

Schreieck M, Hein A, Wiesche M, Krcmar H (2018a) The Challenge of Governing Digital Platform Ecosystems. In: Linnhoff-Popien C, Schneider R, Zaddach M (Hrsg.) Digital Marketplaces Unleashed. Springer, S. 527-538.

Schreieck M, Pflügler C, Setzke DS, Wiesche M, Krcmar H (2018b) Improving Urban Transportation: an Open Platform for Digital Mobility Services. In: Linnhoff-Popien C, Schneider R, Zaddach M (Hrsg.) Digital Marketplaces Unleashed. Springer, S. 479-489.

Schreieck M, Wiesche M, Hein A, Krcmar H (2016a) Governance of nonprofit platforms – Onboarding mechanisms for a refugee information platform, SIG GlobDev Ninth Annual Workshop, Dublin.

Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2016b) Design and Governance of Platform Ecosystems – Key Concepts and Issues for Future Research, Twenty-Fourth European Conference on Information Systems, Istanbul, Turkey.

Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2016c) Modularization of digital services for urban transportation, Americas Conference on Information System, San Diego, USA.

Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2017c) Governing nonprofit platform ecosystems – an information platform for refugees. Information Technology for Development 23 (3): S. 618-643.

Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2017d) The Platform Owner's Challenge to Capture Value – Insights from a Business-to-Business IT Platform, International Conference on Information Systems, Seoul, Südkorea.

Siemens Mobility (2015) Vision der intelligenten Stadt – Bewegung durch Innovation. http://www.mobility.siemens.com/mobility/global/de/nahverkehr/strassenverkehr/integrated-smart-parking-solution/seiten/integrated-smart-parking-solution.aspx. Abgerufen am 21.05.2016.

SmartParking (2015) Smart Parking - A global parking business. www.smartparking.com. Abgerufen am 21.05.2016.

Sucasas V, Mantas G, Saghezchi FB, Radwan A, Rodriguez J (2016) An autonomous privacy-preserving authentication scheme for intelligent transportation systems. Computers & Security 60: S. 193-205.

Swagger (2016) The World's Most Popular Framework for APIs. http://swagger.io/. Abgerufen am 21.05.2016.

Van Ommeren JN, Wentink D, Rietveld P (2012) Empirical evidence on cruising for parking. Transportation Research Part A: Policy and Practice 46 (1): S. 123-130.

Waze (2017) Waze. https://www.waze.com/de/. Abgerufen am 02.12.2017.

Wiesche M, Berwing C, Schermann M, Krcmar H (2011) Patterns for Understanding Control Requirements for Information Systems for Governance, Risk Management, and Compliance (GRC IS), CAiSE Workshops.

Wiesche M, Bodner J, Schermann M (2013a) Antecedents of IT-enabled organizational control mechanisms, 20th European Conference on Information Systems (ECIS).

Wiesche M, Schermann M, Krcmar H (2013b) From Detecting Deviations to Preventing Shocks: The Value of IT for Management Controls, JMAR Research Conference.

Willoughby C (2000) Managing Motorization. http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=9721DB64BBD9A7635192B361A3DDC276?doi=10.1.1.201.3350&rep=rep1&type=pdf. Abgerufen am 21.05.2016.

4 Technisches Konzept einer Mobilitätsplattform[44]

S. Pieper, F. Kunde, P. Sauer

Von Datenplattformen zum Cloud Computing – Software-as-a-Service-Produkte bestimmen zunehmend den Markt. Was früher Funktionen einer Software waren, sind heute eigenständige autonome Dienste mit eignen Entwicklungs- und Veröffentlichungszyklen. Das spart administrativen Aufwand, Zeit und Kosten. Es gibt zudem kaum noch übergeordnete technische Vorgaben, welche Programmiersprache, Datenbank oder Server-Umgebung verwendet werden muss. Es werden die Lösungen gewählt, die am besten zu der jeweiligen Aufgabe passen. All diese Freiheiten haben jedoch auch einen Preis: Die Orchestrierung der einzelnen Bestandteile wird komplexer. Softwarefunktionen haben nun eine Adresse, die immer erreichbar sein sollte, aber nicht von jedem. Die Mobilitätsplattform ExCELL ist hier keine Ausnahme. In diesem Kapitel wird die technologische Grundlage der Plattform und ihrer Schnittstellen vorgestellt. Das Hauptaugenmerk liegt vor allem auf der Verschlüsselung von Nutzeranfragen und deren Weg über eine zentrale Integrationsschicht bis zu den softwaretechnischen Diensten.

From data platforms to cloud computing – software-as-a-service products are gaining more and more market share. Software features have turned into independent services with their own development and deployment cycles, which saves time and money. Each service can be written in another programming language or can use another database or server environment depending on what suits best to the user requirements. This freedom does not come with a cost: Orchestrating separated components is far more complex than with a monolithic system. Each feature has an address that should be reached at any time but not by everyone. The ExCELL mobility platform is no exception. This chapter introduces the technical background of the different layers of the platforms and their interfaces in between. The focus lies on the encryption of user requests on their way through a central entry gate to single web services.

[44] Das Forschungsprojekt ExCELL wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert (Förderkennzeichen: 01MD15001B).

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018
M. Wiesche et al. (Hrsg.), *Management digitaler Plattformen*,
Informationsmanagement und digitale Transformation,
https://doi.org/10.1007/978-3-658-21214-8_4

4.1 Einleitung

Heutzutage wird Software agil entwickelt, in wöchentlichen Sprints, von Prototyp zu Prototyp. Funktionen werden weitestgehend voneinander gekapselt, sei es in Bibliotheken oder Webservices. Das erlaubt die Kombinationen zu möglichst leichtgewichtigen Gesamtsystemen wie Daten- und Dienstplattformen. In den verschiedenen Abschnitten dieses Buchkapitels werden die Vorteile einer modularen Architektur anhand der verschiedenen Ebenen der ExCELL Plattform verdeutlicht. Ein Schwerpunkt liegt vor allem in der sicheren Kommunikation zwischen den einzelnen Komponenten, die vor allem im vorliegenden Client-Server-Szenario zum Tragen kommt.

4.2 Lose Kopplung zwischen Client und Server

Durch die logische Trennung können die Services für sich selbst existieren und wären nur für bestimmte übergreifende Requests auf andere Services angewiesen. Dies implementiert das Paradigma der losen Kopplung, so dass das Gesamtsystem einen möglichst geringen Grad an Abhängigkeit der Komponenten untereinander besitzt. Auf diese Weise lassen sich Änderungen wesentlich leichter durchführen, da diese im Gegensatz zu einem monolithischen Systemansatz nur andere Services betreffen, wenn diese die angepasste Schnittstelle nutzen. Änderungen hinter der Schnittstelle bleiben den aufrufenden Services verborgen und sind für diese auch unerheblich, solange diese nicht den Betrieb und die Sicherheit einschränken (Tanenbaum und Van Steen 2007).

Weiterhin ist ein verteilter Betrieb der logischen Plattformbestandteile möglich. Dies ist sinnvoll, da so nicht nur die Ausfallwahrscheinlichkeit verringert wird, sondern auch den unterschiedlichen Anforderungen der einzelnen Bestandteile Rechnung getragen werden kann. Dies drückt sich in der Dimensionierung der eingesetzten Hardware und Software für die jeweiligen Problemlösungen aus. Die Services können so spezialisierte Software einsetzen, die zur Lösungsfindung in ihrem jeweiligen Aufgabengebiet wesentlich geeigneter ist (Abbott und Fisher 2009). Weiterhin ist so eine wesentlich umfangreichere Nutzung von bereits existierender Open Source Software möglich, da es weniger Beschränkungen durch die Festlegung auf genau eine Programmiersprache oder ein bestimmtes Framework gibt (Newman 2015).

Durch die gewählte Micro Service Architektur können die Projektpartner oder zukünftige externe Entwickler ihre entwickelten Services jeweils selbst betreiben (Namiot und Sneps-Sneppe 2014). Einige der umzusetzenden Aufgaben sind allen Services gemeinsam. Aus diesem Grund wurde entschieden, diese in den sogenannten Integration Layer auszulagern. Dazu gehören neben der Authentisierung und Autorisierung der Zugriffe auch das Loggen und letztlich die Abrechnung derselben. Auf diese Weise wird die Entwicklungsarbeit vereinfacht und beschleunigt, da diese Aufgaben nur einmal umgesetzt und an zentraler Stelle bereitgestellt werden müssen. Auch späteren Services wird dies abgenommen, so dass die Komplexität der Integration sinkt und die Plattform für andere Serviceanbieter attraktiver wird. Eine Anpassung

eines einzelnen Service, beispielsweise durch Hinzufügen einer neuen Funktionalität oder Korrektur eines Fehlers, nicht unbedingt die Anpassung vieler anderer Services nach sich zieht, sondern im Optimalfall nur die Aktualisierung des aufrufenden Clients.

Da zu erwarten ist, dass neben der Anzahl der Clients auch die Anzahl der Services steigen wird, sollte es vermieden werden, zentrale Komponenten zu schaffen, welche es nötig machen, Implementierungen für einzelne Services oder Clients zu pflegen, da die Möglichkeit der Kombination dieser in beliebiger Weise einen unrealistisch hohen Aufwand für die Pflege und das nötige Testen nach sich ziehen würde. Vielmehr soll hier die direkte Kommunikation der Services miteinander auf ein Minimum reduziert werden und stattdessen deren Kombination durch die Clients selbst koordiniert werden, soweit dies möglich und sinnvoll ist.

4.3 Integration Layer

Der Integration Layer fungiert hier als erweiterter Proxy und Gatekeeper und bildet somit den Single Point of Entry. Sämtliche Requests an die Plattform werden zuallererst über den Integration Layer geroutet (Richardson 2017). Dort wird deren Authentizität geprüft und die Anfrage an den jeweiligen Zielservice weitergeleitet. Der Service beantwortet diese und sendet die Antwort in definierter Form zurück an den Integration Layer, welcher den Ursprungsrequest des Clients nun mit der empfangenen Response des Service beantwortet. Auf diese Weise kann der Integration Layer den Zugriff kontrollieren und beschränken. Das Loggen der Metadaten ermöglicht eine Live-Ansicht des aktuellen Plattformzustandes und eine spätere Fehleranalyse sowie Unterstützung der Servicebetreiber bei der Request-Optimierung. Der Integration Layer kann zudem das Requestaufkommen bei ungewöhnlich großen Zugriffsraten begrenzen („Throttling“), um dahinterliegende Services vor Überlastung zu schützen (Fremantle et al. 2015).

Der Integration Layer tritt nach außen hin über einem Webserver auf. In der ersten Projektiteration war geplant, dass dieser die Requests des Clients an die einzelnen Service APIs[45] entgegennimmt und weiterleitet. Die birgt jedoch die Gefahr eines Flaschenhalses („Bottleneck“), wenn sämtliche Requests aller aufrufenden Clients und Services empfangen und weitergeleitet werden müssen. Durch die Nutzung von Web Token ist dies so nicht mehr notwendig, da der Integration Layer nun lediglich die Authentifizierung des Aufrufers durchführt und bei Erfolg diesem ein kurzlebiges signiertes Token vergibt. Das Token enthält bereits die Daten der Aktionen, zu denen der Client autorisiert ist (siehe auch Abschnitt für mehr Informationen) (Jones et al. 2015).

[45] *Application Programming Interfaces*

4.4 Authentifizierung

Die Kommunikation von Clients mit den Services und der Services untereinander geschieht auf allen Ebenen durchgehend verschlüsselt. Dies wird durch ein bereitgestelltes SSL[46] Zertifikat ermöglicht. Da sämtliche Plattformanfragen über den Integration Layer geroutet werden, wird hier die Echtheit der Anfrage geprüft und nach abgeschlossener Authentifizierung ein Token vergeben, welches temporär zur Ausführung autorisierter Requests berechtigt und Voraussetzung zum Stellen dieser an die jeweiligen Services ist. Die Metadaten der Anfragen werden geloggt und zur späteren Kontrolle im Fehlerfall und zu Abrechnungszwecken gespeichert.

Die Grundstruktur der ExCELL Plattform lässt sich in vier Bereiche mit drei dazwischen liegenden Schichten gliedern, siehe Abbildung 4-1. Die vier Bereiche sind Public Apps und ExCELL GUI[47], dann der Integration Layer, der Security Layer mit SSL und als letzter Bereich die ExCELL Services mit dem Data Store. Zwischen den Bereichen liegen wichtige Prozesse wie die Authentifizierung, Logging, Abrechnung, Verschlüsselung und Throttling. Eine Kernkomponente der ExCELL Plattform ist der Integration Layer zwischen den öffentlichen Teil mit Apps und GUI und den internen Komponenten wie Services und Data Store. Der Integration Layer sorgt dafür, dass berechtigte Anfragen weitergeleitet werden, Verschlüsselung sichergestellt wird, eine Abrechnung für kostenpflichtige Dienste möglich ist, Benutzer-Authentifizierung etabliert wird und Requests korrekt weitergeleitet werden.

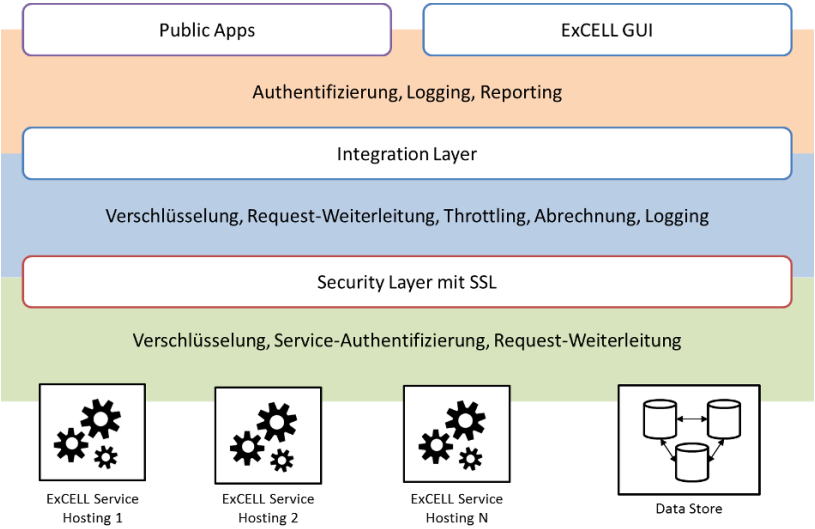


Abbildung 4-1. Verschiedene Komponenten der ExCELL Plattform.

[46] Secure Sockets Layer
[47] Graphical User Interface

In der Abbildung lässt sich erkennen, dass der Integration Layer essentiell für die ExCELL Plattform ist. Sicherheit und Datenschutz sind dadurch gewährleistet, weil alle Anfragen von außen zukünftig mit Hilfe von SSL Zertifikaten authentifiziert werden. Valide Anfragen werden durchgelassen und ggf. ein Entgelt für die Benutzung berechnet.

4.4.1 Web Tokens

Die beiden Hauptanforderungen der geforderten Sicherheit durch Unveränderbarkeit sowie die Vermeidung von Bottlenecks in der Kommunikation standen sich diametral gegenüber. Weiterhin sollte die Lösung nicht komplett neu entwickelt werden, sondern auf einem verbreiteten Standard basieren und möglichst bereits als Open Source Bibliothek in allen wesentlichen Sprachen verfügbar sein. Diese Anforderungen wurden durch JSON[48] Web Token (JWT) erfüllt (Jones et al. 2015). JWT ist in RFC7519 spezifiziert und bereits in vielen der meist verwendeten Sprachen als Open Source Bibliothek implementiert. Es ist schlank, einfach zu verwenden und erreicht seine Unveränderbarkeit mittels bekannter Algorithmen der asymmetrischen Verschlüsselung. Auf diese Weise wird auch das Bottleneck Problem gelöst, da zur Kontrolle des JSON Web Tokens kein Request an eine verifizierende Stelle notwendig ist und dieser damit praktisch "offline" überprüft werden kann.

Dafür ist eine tiefere Einarbeitung in asymmetrische Kryptographie notwendig, da die Signaturen der JSON Web Token mit validen Zertifikaten der ExCELL eigenen Public-Key-Infrastruktur erstellt werden sollen. Die projektinterne Zertifizierungsstelle stellt für die Clients und Services (später automatisiert) SSL Clientzertifikate aus, so dass eine passwortlose, per TLS[49] geschützte Kommunikation mit minimalem Aufwand sichergestellt wird. Auf diese Weise ist es möglich, nicht verifizierte Kommunikationspakete automatisiert zu erkennen und zu verwerfen. Da SSL Clientzertifikate von allen größeren Webserverimplementierungen unterstützt und verifiziert werden können, fällt bei der späteren Einrichtung kaum Mehraufwand an.

4.4.2 Nutzung von SSL Clientzertifikaten zur Authentifizierung

Ein wesentliches Feature der Plattform ist die Authentifizierung der Client-Back-Ends sowie Services, auch untereinander, über den Integration Layer. Dies geschieht passwortlos mittels SSL Clientzertifikaten. Durch die Clientzertifikate kann die Herkunft der Requests der Teilnehmer der Plattform einfach und standardisiert verifiziert werden, so dass nicht verifizierte Aufrufe an Services bei Bedarf automatisiert abgewiesen werden können. Dies ist wichtig bei Aufrufen der Services untereinander, welche möglichst vermieden, jedoch nicht immer ausgeschlossen werden können. Die Verifikation kann standardgemäß durch die wichtigsten aktuellen Webserver per Konfiguration zugeschalten werden und stellt lediglich einen minimalen Overhead dar.

---

[48] JavaScript Object Notation
[49] Transport Layer Security

Später sollen die Clientzertifikate durch den Integration Layer automatisiert ausgestellt werden. Aktuell werden diese noch per Skriptaufruf generiert. Nach Abschluss des Projektes soll dies durch ein Admin-Back-End des Integration Layers im Hintergrund passieren, so dass der Prozess auch durch einen Nichttechniker bequem per Web-Frontend durchgeführt werden kann und die Zertifikatsdateien dem Kunden dann automatisch zum Download bereitstehen. Soll ein Aufrufer nicht mehr zugreifen können, könnte dies ebenfalls im Admin-Back-End des Integration Layers hinterlegt werden. Es würde dem betreffenden Nutzer einfach kein neues Token mehr ausgestellt werden.

Die gesamte Kommunikation wird ausschließlich per HTTPS[50] und somit komplettverschlüsselt durchgeführt. Eine Referenzimplementierung für die beispielhafte Kommunikation zwischen Client und Service, welche die Token des Integration Layers nutzen, ist im ExCELL Github Repository öffentlich bereitgestellt[51].

4.4.3 Authentisierung des Clients beim Integration Layer

Clientapplikationen sind nicht Teil der Plattform und kommunizieren ausschließlich mittels HTTP Requests über den Integration Layer mit deren Services. Dazu muss eine Clientapplikation sich zuerst gegenüber der Plattform authentisieren. Dies ist notwendig, um die in den Services hinterlegten sensiblen Kundendaten vor unberechtigtem Zugriff zu schützen. Die Kommunikation zwischen Clientapplikation und Integration Layer findet ausschließlich verschlüsselt statt. Dafür nutzt die Clientapplikation das zur Verfügung stehende SSL Zertifikat. Requests von Clients, welche das Zertifikat nicht vorweisen können, werden mit einer entsprechenden Fehlernachricht abgewiesen. Auf diese Weise können nur berechtigte Clients auf die Plattform zugreifen.

Ist die verschlüsselte Verbindung aufgebaut, authentisiert sich die Clientapplikation via SSL Clientzertifikat beim Integration Layer und bekommt im Erfolgsfall ein JSON Web Token zurückgeliefert. Mit diesem Token ist der Client eindeutig identifiziert, so dass dieser nun mit dem Token und dem SSL Zertifikat mandantenbasierte Requests gegenüber den für ihn autorisierten Services stellen kann. Ein HTTPS-Request folgt dem URL[52]-Schemas *https://{servicename}.excell-mobility.de*. Der angefragte Service prüft zuerst das SSL Clientzertifikat des Aufrufers. Fehlt dieses oder ist es invalide, so wird der Service den Request abweisen. In Erfolgsfall prüft der Service nun den HTTP Authorization Header des Requests. Fehlt dieser, dann wird der Aufrufende zurück an den Integration Layer verwiesen. Ansonsten wird die Signatur des Integration Layers kryptographisch überprüft und gleichzeitig verifiziert, dass der Aufrufende laut Token die Rechte hat, die gewünschte Aktion durchzuführen. Bei einem Accounting könnte der Webserver zusätzlich Informationen über beantwortete Requests von den Services an einen Accounting-Service übermitteln.

---

[50] Hypertext Transfer Protocol Secure
[51] https://github.com/excell-mobility/integration-layer
[52] *Uniform Resource Locator*

Ursprünglich war die Integration aller Services und die Sicherung der Kommunikation via VPN geplant gewesen, hier hätte die Requestweiterleitung auch ohne SSL durchgeführt werden können. Um die Komplexität und das Ausfallrisiko zu senken, fiel die Entscheidung gegen ein separates VPN und für eine standardkonformere Kommunikation via HTTPS, abgesichert mittels SSL Clientzertifikaten. Für eine Lösung mittels VPN hätte zusätzliche Hardware beschafft und konfiguriert werden müssen. Außerdem sind Anpassungen an den Firewalls aller Partner nötig, was einen enormen Mehraufwand bedeuten würde. Die Variante mit SSL wird nativ unterstützt und bietet eine vergleichbare Sicherheit.

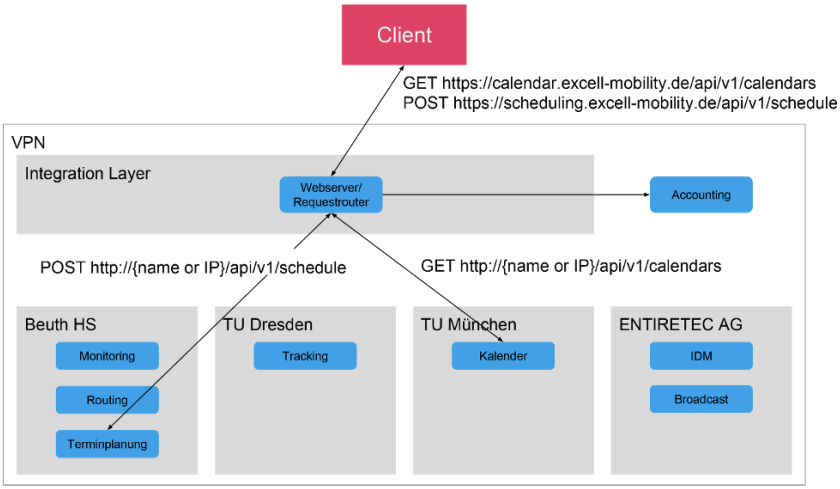


Abbildung 4-2. Kommunikation zwischen Integration Layer und Services.

Die grundlegende Zuordnung von Requests zu den einzelnen Services geschieht über eine Tabelle mit DNS[53]-Namen und internen Namen bzw. IP-Adressen. Diese Tabelle kann im ersten Schritt manuell administriert werden. Es ist jedoch zukünftig sinnvoller, den Requestrouter ebenfalls über eine API konfigurierbar zu gestalten, so dass die einzelnen Services sich beim Hochfahren am Router registrieren. Dabei könnten sie dem Router außerdem auch die gewünschten URL-Pfade bekanntgeben, die er ihnen weiterleiten soll (siehe Abbildung 4-2).

4.4.4 Evaluation von weiteren Sicherheitsmaßnahmen gegenüber DDoS

Die oben angesprochenen Sicherheitsmaßnahmen schützen zwar die bei den Services hinterlegten Daten vor unberechtigtem Zugriff, jedoch nicht die Plattform selbst vor Angriffen, welche auf dem Erzeugen großer Lasten basieren wie beispielsweise Distributed Denial of Service Angriffen (DDoS). Das Ziel des Angriffs ist hier nicht die Gewinnung von Daten von den Services, sondern die Nichterreichbarkeit der Plattform von außen durch das Konzentrieren von

[53] *Domain Name System*

übermäßig viel Last („Traffic“) auf den Einstiegspunkt von vielen verteilten Quellen aus. Als Möglichkeit der Monetarisierung wird hier gern die Erpressung des Seitenbetreibers genutzt, vor allem, wenn eine Nichterreichbarkeit hohe Umsatzausfälle nach sich ziehen würde. Lösungen gegen DDoS Angriffe werden von spezialisierten Diensten angeboten, beispielsweise CloudFlare[54]. Eine Risikoanalyse zur Erörterung des Potenzials und möglichen Schadens für die Plattform und eine eventuelle Evaluation vorhandener Services soll hier die bereits vorhandenen Sicherheitsmaßnahmen ergänzen. Zu diesen Sicherheitsmaßnahmen gehören der Einsatz von SSL Verschlüsselung bei allen Kommunikationsverbindungen, stets aktuelle („gepatchte“) Serverumgebungen und abgesicherte Systeme hinter Firewalls.

4.5 Datentransfer

Die Microservice Architektur hat wesentlichen Einfluss auf das Management der Daten und die Art der Datenhaltung. Anstatt die Daten gesammelt an einem zentralen Punkt zu speichern, wie es bei einem monolithischen Ansatz der Fall wäre, wird hier eine verteilte Datenhaltung bevorzugt. Die logische Separation, die bereits bei den Services angewandt wurde, setzt sich konsequenterweise beim Datenmanagement weiter fort. Die durch die jeweiligen Services verwalteten Daten werden bei diesen hinterlegt und sind, wie die Serviceleistungen auch, über die durch den Service bereitgestellte Schnittstelle verfügbar.

4.5.1 Datenzugriff über REST-Schnittstellen

Um die Zugriffe zu vereinfachen und aktuelle Browsertechnologien einsetzen zu können, folgen die Schnittstellen der Services einheitlichen Standards. Dazu gehört das von Roy Fielding entworfene Paradigma des Representational State Transfer (REST) (Fielding 2000). Die so erzwungene Zustandslosigkeit der zwischen den Schnittstellen ausgetauschten Nachrichten unterstützt Caching-Ansätze, beschleunigt damit das Antwortverhalten der Services und begünstigt somit die Skalierbarkeit der Plattform durch eine einfachere Implementierung der Lastverteilung – wenn diese benötigt werden sollte. Caching lässt sich hier auf mehreren Ebenen umsetzen: Einmal auf Seiten der Services, um einmal errechnete Teilergebnisse zwischenspeichern zu können, und weiterhin in den aufrufenden Clients bzw. dem Client-Back-End. Durch Letzteres ist es möglich, wiederkehrende Requests ganz vermeiden zu können, zum Beispiel, wenn innerhalb eines kurzen Zeitraumes mehrere Requests mit gleichem Inhalt gestellt werden, eventuell auch von mehreren Clients parallel. Hier würde der erste Request durch den Service beantwortet und im Client Back-End zwischengespeichert werden. Fragen nun weitere Clients die gleichen Inhalte über das Client-Back-End an, so triggert der Caching Mechanismus und die bereits bekannte Antwort kann sofort an die aufrufenden Clients zurückgeliefert werden, ohne weitere Last auf Seiten der Services zu generieren (Newman 2015).

[54] https://www.cloudflare.com/de/

Voraussetzung dafür ist ein intelligentes Cache Handling, da für bestimmte Requests auch in kurzen Zeiträumen unterschiedliche Antworten erforderlich sind, beispielsweise bei einem Parkplatzvermittlungsservice. Gehen hier viele Parkplatzanfragen in einem kurzen Zeitraum ein, kann es sinnvoll sein, die Antwort basierend auf der Anzahl der Anfragen zu verändern. Es muss einberechnet werden, dass bei Ankunft des Nutzers die Parkplatzkapazitäten erschöpft sein können, beispielsweise bei einem Fußballspiel.

Ein weiterer Vorteil von REST ist die breite Unterstützung durch die bereits vorhandene Softwarelandschaft. Alle Services des Projekts nutzen hier das Swagger[55] Framework der Open API[56] Initiative zur Beschreibung und Dokumentation ihrer Schnittstellen. Der hierüber zur Verfügung gestellte REST Client unterstützt die Schnittstellenintegration, beschleunigt die Entwicklungsarbeit und reduziert somit die Zeit bis zur Marktreife einer Anwendung („Time-to-Market“). Da schlussendlich viele Clients parallel auf die Plattform zugreifen werden, ist eine Multimandantenfähigkeit unerlässlich (Koponen et al. 2014). Diese wird gemeinsam im Zusammenspiel der Clients, Services und des Integration Layers umgesetzt.

4.5.2 Import und Aufbereitung offener Verkehrsdaten

Die Datenflüsse auf der ExCELL Plattform lassen sich in Datenflüsse zwischen Apps, Services, Integration Layer und Datenbank einteilen. Abbildung 4-3 zeigt den Ablauf. Die gesamte Kommunikation geschieht verschlüsselt mittels SSL Zertifikaten, die von der Plattform ausgestellt werden und dann für Services und Apps funktionieren. Vorteilhaft bei der Verwendung von Zertifikaten ist die Möglichkeit der Client- und Serverauthentifizierung. Beide Seiten müssen ein gültiges SSL Zertifikat vorlegen, um sichere Kommunikation zu gewährleisten. Der Integration Layer ist die zentrale Komponente, die Anfragen der Apps überprüft, bewertet und gegebenenfalls zurückweist. Als Basis dient dafür die Rollen-Datenbank. Die Rollen-Datenbank enthält Zugriffsinformationen zu den Services und Apps. Es müssen zum Beispiel die Anzahl der gültigen Requests für eine Anwendung oder allgemeine Zugriffsregeln definiert werden. Abrechnungsmodelle sind im Integration Layer zusätzlich hinterlegt, vorstellbar ist eine Abrechnung pro Request für diverse Dienste. Reporting von App-zu-Diensten-Zugriffen oder Diensten-zu-Diensten-Zugriffen ist eine Notwendigkeit und Grundlage für Abrechnungsmodelle.

Der Prozess *Identität mittels SSL verifizieren* validiert das SSL-Zertifikat der Apps und als Rückgabe wird ein Token für die App erstellt. Mit Hilfe der App-ID und des dazugehörigen Tokens können über den Prozess *Rechte Prüfung* die Rechte aus der Rollen-Datenbank abgefragt werden. Dieser Prozess verknüpft die App-ID mit den hinterlegten Rechten und macht diese Informationen dem Integration Layer verfügbar. Eine validierte App kann dann über den

[55] https://swagger.io/
[56] https://www.openapis.org/

Prozess *Service Request* Dienste aus dem ExCELL Stack anfragen und erhält Antworten als JSON von diesen Diensten. Die Anfragen laufen dabei über den Integration Layer.

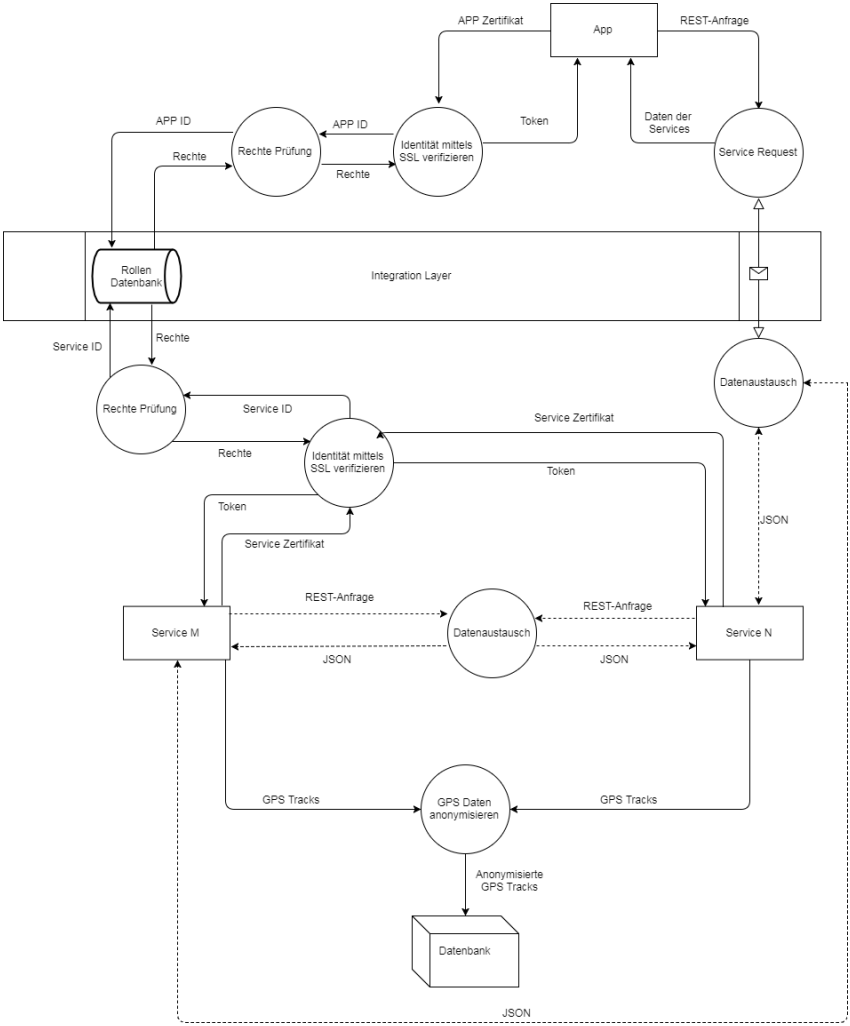


Abbildung 4-3. Datenflüsse auf der ExCELL Plattform.

Zwischen den Services ist auch eine Kommunikation über REST-Anfragen erreichbar. Dies wird durch den Prozess *Datenaustauch* zwischen den Services zur Verfügung gestellt. Dafür stellen die Services REST-Anfragen und erhalten als Rückgabewerte die Daten als JSON. Vorher müssen sich die einzelnen Services über den Prozess *Identität mittels SSL verifizieren* mit ihrem SSL-Zertifikat ausweisen und anschließend durch den Prozess *Rechte Prüfung* über die

Service ID eine Abfrage an die Rollen-Datenbank stellen. Dort wird ermittelt, welche Services überhaupt miteinander kommunizieren dürfen, wobei der Integration Layer diese Zuweisung prüft. Einige Service haben Limits für Anfragen oder bestimmte Anfragen sind kostenpflichtig, somit müssen initial diese Parameter beachtet und für die spätere Abrechnung vorgehalten werden. Bestimmte Services aus dem ExCELL Mobility Stack liefern Positionsdaten, dazu zählt beispielsweise der Tracking Service. Der genannte Service kann diese GPS Daten über den Prozess *GPS Daten anonymisieren* in die Datenbank datenschutzkonform ablegen (siehe auch Kapitel 18).

4.6 Anforderungen an die Client Applikationen

Um Problemen mit der Konfiguration und im Betrieb aus dem Weg zu gehen, muss sich der Client an gewisse Standards halten. Die Kommunikation mit der Plattform erfolgt über standardisierte Ports, wobei eine dauerhaft verschlüsselte Kommunikation mittels SSL über den Port 443 zu bevorzugen ist. Dazu ist die clientseitige Einrichtung eines SSL Zertifikats notwendig, was heutzutage jedoch kein Problem mehr darstellt. Mit "Let's Encrypt"[57] existiert bereits eine weltweit durch Major Players der Internetgemeinschaft (Cisco, Akamai und Facebook), vorangetriebene Initiative zur effizienten und kostenlosen Bereitstellung von Zertifikaten für die flächendeckende Verschlüsselung sämtlicher Kommunikation im Netz. Des Weiteren hat die Kommunikation mit der Plattform im Zeichensatz UTF-8 zu erfolgen, um von vornherein Kodierungsfehler und Probleme mit Umlauten und anderen Sonderzeichen zu vermeiden. Dieser bereits 1992 vom Unix und C Erfinder Ken Thompson entwickelte Zeichensatz deckt neben den in der deutschen Sprache verwendeten Zeichen mittlerweile die meisten in der Welt verwendeten Schriftsymbole und andere Zeichen ab, so dass auch beispielsweise asiatische Namen von Personen und Adressen korrekt gespeichert und wiedergegeben werden können (Yergeau 2003). Der Datenaustausch über die HTTP Requests und Responses erfolgt mittels JSON. Aufgrund der hohen Verbreitung, guten Lesbarkeit und der nativen Unterstützung durch die meisten aktuellen Programmiersprachen eignet sich JSON sehr gut zur Beschreibung und Übertragung komplexer Datenobjekte, welche im Webumfeld häufig anzutreffen sind.

4.6.1 Einbindung weiterer Clients in die Plattform

Eine Voraussetzung für die Einbindung weiterer Clients in die Plattform ist die vollständigen Absicherung der Kommunikation durch Einrichtung des SSL Zertifikats in allen Serviceumgebungen. Dies hat den Hintergrund, dass über die Schnittstellen wesentliche schützenswerte Geschäfts- und Personendaten ausgetauscht werden und die Authentifizierung der Services gegenüber dem Integration Layer auf Basis dieses Zertifikats geschieht. Eine weitere Voraussetzung ist die Multimandantenfähigkeit des Integration Layers und der Services. Dies bedeutet eine vollständige plattformseitige Trennung der Daten auf der Ebene der Datenhaltung

[57] https://letsencrypt.org/

sowie entsprechende Authentisierungs- und Autorisierungsprozesse, wobei letztere bereits in den Integration Layer ausgelagert sind (Koponen et al. 2014).

Das Einbinden weiterer Clients in die Plattform soll dabei mit möglichst wenigen technischen wie organisatorischen Hürden verbunden sein. Ein wesentlicher Bestandteil der Verminderung dieser Hürden wird die Unterstützung der Client-Integration durch automatisierte Prozesse im Integration Layer werden. Hier geht es darum, wesentliche Einrichtungsprozesse mittels aktueller Deployment-Methoden weitestgehend zu automatisieren und ein menschliches Eingreifen in diese Prozesse möglichst zu vermeiden. Der Optimalfall wäre die Einrichtung eines neuen Clients per Webformular im Integration Layer, ausgeführt und kontrolliert durch eine autorisierte Person aus den Kreise der Plattform-Partner. Zur weiteren Unterstützung des Kunden wäre eine Bereitstellung von Informationen für eine beispielhafte Schritt-für-Schritt-Einrichtung denkbar. Diese wäre beispielsweise leicht in Form eines Wikis zu pflegen oder mit einer Sammlung statischer Seiten. Weiterhin kann die clientseitige Integration durch die öffentliche Bereitstellung der Quellen des Democlients sowie Beispielen zur erfolgreichen Plattformkommunikation beschleunigt werden.

Diese Maßnahmen senken den Integrationsaufwand sowohl auf Seiten des Kunden als auch beim Plattformbetreiber und sparen somit Zeit und Kosten, welche stattdessen in die Verbesserung der Plattform fließen können. Dies verbessert auch die Chancen zur Erreichung des Gesamtziels des Projekts: Die Bereitstellung der Plattform nicht nur in der Modellstadt Dresden, sondern im gesamten Raum Deutschland. Ein für diesen Schritt noch zu lösendes Problem ist die Bereitstellung des Zugangs zu den bereits vorhandenen aktuellen Verkehrsdaten außerhalb von Dresden (siehe Kapitel 2).

4.6.2 Fehlerbehandlung im Client

Da ein Client wesentlich individueller auf Kundenwünsche zugeschnitten werden kann als vorhandene Web-Services, sollte auch das Auflösen von inhaltlichen Fehlern (zum Beispiel fehlende Daten, falsche Nutzereingaben etc.) an dieser Stelle erfolgen. Tritt bei einem der Requests ein Fehler auf, kann der Client selbst direkt darauf reagieren und entsprechende Maßnahmen ergreifen. Wenn ein Prozess mehrere Schreibvorgänge bei verschiedenen Services erfordert und der letzte, aber entscheidende fehlschlägt, wird ein Zurücksetzen der Änderungen („Rollback“) notwendig. Diese Aufgabe auf einen der vorigen Services zu übertragen oder einen übergeordneten "Superservice" zu schaffen ist wenig sinnvoll, da eine Anpassung der Schnittstellen der Service und der Clients stattfinden müsste und der Wartungsaufwand unverhältnismäßig hoch wäre. Die Versionierung von Service APIs unterstützt den Client dabei, auf die Änderungen verschiedener Services gleichzeitig zu reagieren, da die clientseitige Anpassung nicht zum Zeitpunkt der Aktualisierung der Service geschehen muss.

4.7 Hebelwirkung durch Open Source Technologie

Neben der Nutzung bereits vorhandener Open Source Software für die Beschleunigung der Entwicklung des eigenen Projektes gibt es noch einen anderen Aspekt, den es hier zu berücksichtigen gilt. Durch die intensive Nutzung von Open Source Software haben sich einige der Konsortialpartner dazu entschlossen, selbst Teile ihres Codes, zum Beispiel die Implementierung einzelner Services sowie des Integration Layers, als Open Source Software zu veröffentlichen[58]. Auf diese Weise erscheinen die durch das Projekt bereitgestellten Services nicht als eine Art Blackbox, welcher es blind zu vertrauen gilt und deren Softwarequalität nur zu erahnen ist. Durch die Veröffentlichung ist es für den Einzelnen möglich die Funktionsweise der Services zu verstehen, direkt Feedback zu geben und, wenn dies gewünscht ist, auch selbständig zu erweitern. Viele Open Source Projekte mit einer lebendigen Community wachsen gerade durch deren Mitwirken und sparen nicht nur Zeit, sondern dem Projektverantwortlichen auch effektiv hohe Entwicklungskosten. Somit ist dies für alle Beteiligten eine Win-Win Situation: Das Projekt ist für den außenstehenden Nutzer transparent, dies schafft Vertrauen in die eingesetzte Software und der Projektverantwortliche erhält wertvolles Feedback direkt von seinen Nutzern in Form von Verbesserungsvorschlägen, Codebeiträgen und Lösungen zu auftretenden Fehlverhalten.

4.8 Zusammenfassung und Ausblick

Die hier beschriebenen Ansätze und allen voran das Prinzip der "losen Kopplung" sind in der Umsetzung webbasierter Lösungen weit verbreitet und erfahrungsgemäß besser früher implementiert als nachträglich auf eine bestehende Struktur angewandt. Sie helfen den Betrieb und die Weiterentwicklung so einfach und wartungsarm wie möglich zu gestalten und dadurch eine stabile und fortschrittliche Plattform zu schaffen. Das Konzept für den bidirektionalen Datenaustausch zwischen der Plattform und den Clientapplikationen wurde vorgestellt und die Sicherheitsmaßnahmen und Wege zur beschleunigten Abarbeitung von Clientanfragen beschrieben. Neben diesen kann die Wahl eines Anbieters für weiteren Schutzlösungen gegen Serverattacken sinnvoll sein. Bei der Konzeption und Einrichtung der Sicherheitsmaßnahmen ist auf Standardkonformität zu achten, um eine Clientintegration nicht zu verkomplizieren und keine unnötigen Fehlerquellen aufzubauen. Hierzu gehört die Verwendung von Standard-Ports, die Unterstützung von SSL in einer aktuellen Version sowie dem konsequenten Aktualisieren der eigenen Softwarelandschaft. Die Entscheidung gegen VPN und für JSON Web Token zur Authentifizierung bildet die technische Basis, um die anderen Services des ExCELL Projektes nacheinander an den Integration Layer anzuschließen. Auf diese Weise kann die Sicherheit der Zugriffe signifikant erhöht werden, ohne mit bestehenden Standards zu brechen und die Komplexität und damit Anfälligkeit des Gesamtsystems unnötig zu erhöhen.

[58] https://github.com/excell-mobility

4.9 Literaturverzeichnis

Abbott ML, Fisher MT (2009) The art of scalability: Scalable web architecture, processes, and organizations for the modern enterprise. Pearson Education.

Fielding RT (2000) Architectural styles and the design of network-based software architectures. University of California, Irvine.

Fremantle P, Kopecký J, Aziz B (2015) Web api management meets the internet of things, European Semantic Web Conference.

Jones M, Bradley J, Sakimura N (2015) Json web token (jwt).

Koponen T, Amidon K, Balland P, Casado M, Chanda A, Fulton B, Ganichev I, Gross J, Ingram P, Jackson EJ (2014) Network Virtualization in Multi-tenant Datacenters, NSDI.

Namiot D, Sneps-Sneppe M (2014) On micro-services architecture. International Journal of Open Information Technologies 2 (9): S. 24-27.

Newman S (2015) Building microservices: designing fine-grained systems. " O'Reilly Media, Inc.".

Richardson C (2017) Pattern: API Gateway - Backend for Front-End.

Tanenbaum AS, Van Steen M (2007) Distributed systems: principles and paradigms. Prentice-Hall.

Yergeau F (2003) UTF-8, a transformation format of ISO 10646.

5 Governance der Akteure einer digitalen Plattform[59,60]

M. Schreieck, A. Hein, M. Wiesche, H. Krcmar

Mehrseitige Plattformen (MSPs) beeinflussen die ökonomische Landschaft und somit etablierte Industrien nachhaltig. Daher wird es immer wichtiger zu untersuchen, wie und warum diese Plattformen an wirtschaftlicher Relevanz gewinnen. Das Herzstück, um die Interaktion zwischen den beteiligten Parteien einer Plattform zu orchestrieren, ist die sogenannte Plattform-Governance. Während frühere Studien sich darauf konzentrierten, diese Mechanismen zu beschreiben und zu identifizieren, zielt dieses Kapitel darauf ab, detailliertere Kenntnisse über die praktischen Auswirkungen der Implementierung von Plattformmechanismen zu untersuchen. Hierzu wird eine Literaturrecherche durchgeführt, um Plattform-Governance-Mechanismen zu identifizieren. Darauf aufbauend wurde eine Multi-Case Analyse durchgeführt, bei der sieben erfolgreiche MSPs dahingehend untersucht wurden wie diese ihre Plattform verwalten. Die Ergebnisse zeigen, dass Plattform-Governance-Mechanismen in verschiedenen Formen und Merkmalen auftreten. Im Beitrag werden die Governance-Mechanismen beschrieben und daraus resultierende Trade-offs diskutiert. Zusammenfassend zeigt dieses Kapitel die praktischen Implikationen und Charakteristika verschiedener Plattform-Governance-Eigenschaften auf und hilft Praktikern und Wissenschaftlern, von erfolgreichen MSPs zu lernen.

Multi-sided platforms (MSPs) continue to disrupt long-established industries. Therefore, there is a growing popularity to scientifically examine how and why those platforms become more and more economically important. The centerpiece to orchestrate the interaction between the involved parties is the platform governance. While past studies concentrated on describing and identifying those mechanisms, this article aims to provide more detailed knowledge on the practical implications of implementing platform mechanisms differently. With this goal in mind, we describe a literature review to identify important platform governance mechanisms. Building on that, a multiple-case analysis was carried out examining seven successful MSPs and how they governed their platform. The results indicate that platform governance mechanisms are incorporated in different shapes and characteristics. We describe the different governance mechanisms and the tradeoffs that result from their implementation. Overall this chapter shows the practical implications and characteristics of different platform governance characteristics and helps practitioners and scientists to learn from successful MSPs.

[59] Dieses Kapitel basiert auf der bereits von Hein et al. (2016) durchgeführten Studie zu Governance-Mechanismen auf digitalen Plattformen.

[60] Das Forschungsprojekt ExCELL wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert (Förderkennzeichen: 01MD15001D).

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018
M. Wiesche et al. (Hrsg.), *Management digitaler Plattformen*,
Informationsmanagement und digitale Transformation,
https://doi.org/10.1007/978-3-658-21214-8_5

5.1 Einleitung

Digitale Marktplätze wie mehrseitige Plattformen (MSPs) gewinnen an Bedeutung (Hagiu und Wright 2015). Prominente Vertreter sind Startups wie Airbnb oder Uber, die traditionelle Geschäftsmodelle in der Taxi- oder Hotel-Branche herausfordern. Diese digitalen Unternehmen erweitern klassische Verkaufskanäle um eine Plattform, auf der jeder dem entsprechenden Markt Dienstleistungen oder Produkte anbieten kann. Auch Unternehmen traditioneller Branchen wie der Anlagenbauer Trumpf engagieren sich und investieren in MSPs (Weigmann 2016). Im Gegensatz dazu gibt es auch Unternehmen, die Marktmacht erlangten, aber kein digitales Geschäftsmodell etabliert haben. Garmin beispielsweise dominierte den Navigationsmarkt und wurde von Apple und Google überholt, indem diese konkurrierende Navigationsanwendungen anbieten (van Alstyne 2016). Die wirtschaftliche Bedeutung von MSPs wird durch den Börsengang von Alibaba hervorgehoben, welcher aktuell als monetär erfolgreichster Börsengang zählt (Forbes 2014).

Die Grundlage jeder MSP ist eine digitale Plattform, welche die Interaktionen zwischen den verschiedenen Seiten orchestriert (Boudreau und Hagiu 2008). Innerhalb dieser Plattform wird das Zusammenspiel der Akteure durch Plattform-Governance-Mechanismen gesteuert und verwaltet (Evans 2012; Tiwana et al. 2010; Manner et al. 2013). Plattform-Governance-Mechanismen umfassen dabei alle Aktivitäten und Prozesse, mit denen der Plattformbetreiber die Akteure auf der Plattform steuert. Zum Beispiel werden in vielen Plattformen Kontrollmechanismen eingesetzt, die die Qualität der auf der Plattform angebotenen Services sicherstellen sollen. Apple prüft beispielsweise alle Apps von Drittanbietern vor der Veröffentlichung im App Store basierend auf einem vordefinierten Prozess. Um zu verstehen, warum Plattformen seit langem etablierte Industrien überholen, ist es wichtig zu verstehen, wie Plattform-Governance-Mechanismen funktionieren.

Obwohl die Mechanismen der Plattform-Governance theoretisch gut erforscht sind (Evans 2012; Tiwana et al. 2010), fehlt es am Verständnis der praktischen Umsetzung. Der Grad der Offenheit kann zum Beispiel effektiv zu niedrig sein, was zu einem stagnierenden Wachstum führt oder andererseits zu hoch sein was wiederum zu Kontrollverlust auf der Plattform führt (van Alstyne 2016; Hein et al. 2016). Dieses Kapitel zielt darauf ab, das theoretische Verständnis zu verbessern, indem Trade-offs aufgezeigt werden, die sich aus unterschiedlichen Implementierungsansätzen der Plattform-Governance ergeben. Zudem erhalten Praktiker wertvolle Informationen darüber, wie sie ihre Plattform-Governance-Strategie aufbauen können und welche Trade-offs sie berücksichtigen müssen.

5.2 Plattform-Governance für mehrseitige Plattformen

Um ein besseres Verständnis für die Governance einer Plattform zu erhalten, wurde im ersten Schritt eine Literaturrecherche durchgeführt. Hierdurch wird die Basis für das weitere Vorgehen anhand bereits theoretisch fundierter Mechanismen gelegt (Hein et al. 2016;

Schreieck et al. 2017b). Die Ergebnisse werden in Tabelle 5-1 dargestellt und reichen von Dimensionen wie der *Governance-Struktur* bis hin zu *externen Beziehungen*.

Die *Governance-Struktur* enthält zum Beispiel Entscheidungsrechte und den Eigentumsstatus des Unternehmens. Eine MSP kann zentral oder verteilt organisiert sein. Es könnte auch ein Machtungleichgewicht zwischen den verschiedenen Parteien in Bezug auf Autorität und Verantwortung geben.

Tabelle 5-1. Plattform-Governance-Mechanismen (Hein et al. 2016; Schreieck et al. 2016b).

Dimensionen	Mechanismen	Beschreibung
Governance-Struktur	• Entscheidungsrechte • Eigentümerstatus	Ist das Setup zentralisiert oder verbreitet? Wie sind Autorität und Verantwortung zwischen Plattformbetreibern und Modulentwicklern aufgeteilt? Ist die Plattform für eine einzelne Firma proprietär oder wird sie von mehreren Eigentümern gemeinsam genutzt?
Ressourcen & Dokumentation	• Transparenz • Plattform Boundary Resources	Gewährleistet die Dokumentation ein leichtes Verständnis und die Benutzerfreundlichkeit der Plattform? Sind Governance-Entscheidungen bezüglich des Marktplatzes der Plattform leicht zu befolgen und zu verstehen? Werden Application Programming Interfaces (APIs) verwendet, um die Entwicklung von Applikationen durch Drittanbietern zu ermöglichen?
Zugang & Kontrolle	• Output-Kontrolle & Monitoring	Wie werden Outputs, z.B. die entstandenen Applikationen, bewertet, sanktioniert oder belohnt?
	• Input-Kontrolle • Sicherung	Welche Mechanismen sind vorhanden, um zu kontrollieren, welche Produkte oder Dienstleistungen erlaubt sind? Wie kann man die Qualität von Dienstleistungen oder Produkten bewerten?
	• Zugänglichkeit • Prozesskontrolle • Offenheit	Wer hat Zugang zur Plattform und gibt es Einschränkungen bei der Teilnahme? Wer kontrolliert den Prozess und ist für die Regulierung zuständig? Ist die Plattform offen oder geschlossen?
Vertrauen und Risiko	• Stärkung von Vertrauen • Reduzierung des wahrgenommenen Risikos	Fördert die Plattform das Aufbauen von Vertrauen? Wie kann das wahrgenommene Risiko von Plattformteilnehmern minimiert werden?
Preisgestaltung	• Preisstruktur • Subvention • Einnahmen	Wer legt den Preis fest? Wer entscheidet über Partizipation, wer zahlt und wer beansprucht den geschaffenen Mehrwert?
Externe Beziehungen	• Externes Beziehungsmanagement	Wie werden Abhängigkeiten zwischen Unternehmen verwaltet? Wie ist die Architektur der Partizipation? Erlaubt die Plattform technische Interoperabilität zwischen anderen Systemen?

Plattformtransparenz und die Verwendung von Plattform Boundary Resources werden in der Dimension *Ressourcen und Dokumentation* behandelt. Sie beschreiben die Verwendung von Application Programming Interfaces (APIs) oder hilfreichen Tools wie Software Development Kits (SDKs) sowie die Bereitstellung einer Dokumentation (Schreieck et al. 2017a;

Schreieck und Wiesche 2017). Die Dimension *Zugang & Kontrolle* kombiniert die Mechanismen von Output-Kontrolle & Monitoring, Input-Kontrolle und -sicherung sowie Plattformzugänglichkeit, Offenheit und Prozesskontrolle. Sie beschreibt, wie die Leistung eines Entwicklers bewertet, sanktioniert oder belohnt wird, was auf der Plattform erlaubt ist, wer mitarbeiten darf und welche Verfahren zur Regulierung der Plattform vorhanden sind (Schermann et al. 2012; Wiesche et al. 2011a; Wiesche et al. 2011b). *Vertrauen & Risiko* bilden die nächste Dimension. Die hier enthaltenen Mechanismen zielen darauf ab, das Vertrauen auf der Benutzer- oder Entwicklerseite zu fördern. Die nächste Dimension bezieht sich auf *Preisgestaltung* und klärt, welche Partei den Preis festlegt, wer die Entscheidungsgewalt über die Teilnahmeerlaubnis auf der Plattform hat, wer zahlt und welche Seite profitiert. Die letzte Dimension wird durch die Verwaltung *externer Beziehungen* dargestellt und beschreibt, wie Abhängigkeiten zwischen Unternehmen geregelt werden. Abgesehen von diesen Dimensionen könnte sich auch das zugrundeliegende Geschäftsmodell darauf auswirken, wie die Implementierung von Governance-Mechanismen gestaltet wird. Deshalb haben wir diese Dimension in der folgenden Multiple-Case Analyse ergänzt.

5.3 Governance-Mechanismen in der Praxis

Nach der Identifizierung theoretischer Plattform-Governance-Mechanismen stellt sich die Frage, ob und wie erfolgreich MSP-Anbieter diese Aspekte anwenden. Aus diesem Grund wurden sieben MSP-Unternehmen mit vier verschiedenen zugrundeliegenden Geschäftsmodellen für eine Multiple-Case Analyse ausgewählt. Erfolg wurde hinsichtlich der Marktkapitalisierung oder der Marktanteile definiert. Auf der Grundlage der ausgewählten Unternehmen wurden jeweils Daten gesammelt, welche als Grundlage für die Analyse dienen (Yin 2013). Tabelle 5-2 fasst die Ergebnisse und praktische Implikationen zusammen.

Insgesamt kann gezeigt werden, dass jeder der zuvor definierten Plattform-Governance-Mechanismen unterschiedlich umgesetzt werden kann. Die *Governance-Struktur* reicht von einer zentralistischen und autokratischen Organisation bis hin zu einem stärker gespaltenen Ansatz mit Partizipation auf der Nutzerseite. In Bezug auf *Ressourcen & Dokumentation* kann gezeigt werden, dass sechs von sieben Unternehmen APIs anbieten, um die Entwicklung von Applikationen durch Drittanbieter zu fördern. *Zugang & Kontrolle* variieren von keinerlei Beschränkungen bis dahin, dass Benutzer eine detaillierte Hintergrundüberprüfung durchführen müssen, wenn sie der Plattform beitreten möchten. Das gleiche gilt für die *Input-Kontrolle.* Messungen können sehr grundlegende Community-Standards anwenden oder jede Eingabe manuell überprüfen. Die *Output-Kontrolle* beschreibt, wie die benutzergenerierte Ausgabe von anderen Benutzern ausgewertet wird. Ein auffallendes Merkmal ist, dass jede analysierte MSP ein Bewertungssystem verwendet. Wenn zwei verschiedene Seiten an der Plattform teilnehmen, wurden zweiseitige oder asynchrone Bewertungssysteme eingesetzt.

Um *Vertrauen* aufzubauen und das *wahrgenommene Risiko* zu reduzieren, haben alle Unternehmen Techniken und Werkzeuge eingesetzt. Sie umfassen sehr einfache Formen von individualisierten Datenschutzeinstellungen und Kontoverifizierungen bis hin zu anspruchsvolleren Lösungen wie dem Anbieten von Zusatzdiensten, Versicherungen oder Background-Checks. Auch die im Rahmen der Output-Kontrolle eingesetzten Bewertungssysteme schaffen Vertrauen, da die Nutzer unseriöse oder qualitativ schlechte Angebote leichter identifizieren können. *Preisgestaltung* umfasst Modelle wie Werbung, Umsatzmargen oder einmalige Gebühren. Der letzte Mechanismus befasst sich mit *externen Beziehungen* und zeigt an, dass alle sieben MSPs diverse Formen von Partnerschaften nutzen. Am häufigsten sind strategische Partnerschaften und Partnerschaften durch Akquisition. Wie bereits erwähnt, kann jede analysierte MSP in ein anderes Geschäftsmodell kategorisiert werden. Facebook und WeChat beispielsweise fallen in die Kategorie der sozialen Netzwerke, Alibaba entspricht dem Händlermodell, Airbnb und Uber sind Service-Plattformen und App und Play-Store sind Anwendungsplattformen.

Nachdem wir einen Überblick über die verschiedenen Charakteristika der Implementierung von Plattform-Governance-Mechanismen gegeben haben, werden wir ihre praktische Anwendung weiter erläutern und die damit verbundenen Trade-offs analysieren.

Tabelle 5-2. Ergebnisse der Multiple-Case Analyse.

	Facebook	WeChat	Alibaba	Airbnb	Uber	Google	Apple
Governance-Struktur	Autokratische und zentralisierte, selbstorganisierende Platform	Autokratisch und zentralisiert, hohes Maß an Kontrolle	Zentral, selbstorganisierend	Split, Host hat Entscheidungsrechte	Split, Über kontrolliert Preisgestaltung, Kunde kontrolliert Ranking	Zentralistisch, lockere bis strikte Kontrolle	Zentralistisch, strikte Kontrolle
Ressourcen & Dokumentation	API, Software Development Kit (SDK), Dokumentation	API, SDK, Help-Center, Leitfäden	API, SDK, Lern- und Schulungszentrum	Help-Center	Help-Center, API, Dokumentation	SDK, API, Dokumentation, Checkliste	SDK, API, Toolkits, Dokumentation, Leitfäden
Zugänglichkeit und Kontrolle							
Kontrolle	Keine Beschränkungen außer Nutzungsbedingungen	Keine Einschränkungen für Benutzer, strenge Einschränkungen für Unternehmen	Keine Einschränkungen	Host hat die Kontrolle, Identitätsprüfung	Background-Check, Über kontrolliert Preisgestaltung	Benötigt Google Developer Account	Benötigt Apple Developer Account
Input	Community-Standards	Strikte Regeln für die Plattform-Kuration	Optionaler Inspektionsservice	Identitätsprüfung	Background-Check, Kfz-Anforderungen	Keine Anleitung, App-Rezensionen	Manuelle Rezensionen, Zensur, geschütztes System
Output	Rating, „Likes", Kommentare	Follower, Broadcast-Schnittstellen	Bewertungen, Feedback-Profil, Statistiken	Asynchrones Ranking, Bewertungen, Statistiken, Kommentare	Zweiseitige Bewertung, Kommentare	Bewertungen, Kommentare, Anzahl der Downloads	Bewertungen, Kommentare, Anzahl der Downloads
Vertrauen und wahrgenommenes Risiko	Privatsphäre/Datenschutz	Kontobestätigung, begrenzte Anzahl von Nachrichten	Mehrere Services zur Stärkung des Vertrauens (z. B. Trust Pass)	Versicherungs-, Verifizierungs- und Bewertungssystem	Hintergrundprüfung, Preisrückerstattungen, Versicherungen, Datenschutzprobleme	Malware, Bewertung, Systemvielfalt	Rating, Feedback-Mechanismus, weniger Betrug und Malware
Preisgestaltung	Werbung, Marketing, Anwendungen	Werbung, Marketing, Anwendungen	Umsatzmargen, Zahlungs- und Servicegebühren	Service- und Umrechnungsgebühr	Dynamisches Preisgestaltung, Servicegebühr	30 % des Umsatzes, Einmalige Anmeldegebühr	30 % des Umsatzes, Jahresgebühr
Externe Beziehungen	Strategische Partnerschaften	Strategische Partnerschaften, Serviceerweiterung	Partnerschaften durch Akquisition	Städte, Kommunen und lokale Gemeinschaften	Strategische Partnerschaften, Serviceerweiterung	Viele Partnerschaften	Selektive, strategische Partnerschaften
Geschäftsmodell	Soziales Netzwerk		Händler	Service-Plattform		Anwendungsplattform	

5.4 Charakteristika und Trade-offs der Governance-Implementierung

In diesem Abschnitt werden die Merkmale und Trade-offs einer unterschiedlichen Implementierung des Plattform-Governance-Mechanismus erörtert.

Governance-Struktur: Dieser Mechanismus befasst sich mit zentralistischen und dezentralisierten Strukturen, Entscheidungsrechten und dem Ownership-Status der Plattform. Unterschiedliche Eigenschaften und Implementierungen führen zu einem hohen oder niedrigen Grad an Monetarisierung bei steigender Nutzerzahl. Ein gutes Beispiel, um die Auswirkungen eines niedrigen bzw. hohen Maßes an Zentralisierung der Entscheidungsrechte zu zeigen, ist der Google Play-Store. Abbildung 5-1 zeigt den Übergang von einer frei zugänglichen Open-Source-Version mit einer dezentralisierten Governance (1) zu einem strenger verwalteten Modell in umgekehrter U-Form (2) (Fautrero und Gueguen 2013; Tilson et al. 2012). Der dezentrale und offene Ansatz führte zu einem schnellen Wachstum der Nutzerbasis im Vergleich zum App-Store, brachte aber auch Spannungen aufgrund mangelnder Kontrolle und Probleme bei der Vermarktung der Plattform mit sich (Fautrero und Gueguen 2013). Daher besteht der Trade-off, dass geschlossene und zentrale Governance sowie Plattformsteuerungs- und Regulierungsfähigkeiten ein reduziertes Benutzerwachstum und Probleme bei der Kommerzialisierung nach sich ziehen.

In allen Fällen konnten wir Trade-offs bei der Implementierung der Plattform-Governance-Struktur auf unterschiedliche Weise identifizieren. Ein stärker zentralisiertes Governance-Modell mit moderaten Entscheidungsrechten und Ownership-Status bietet ein hohes Maß an Plattformkontrolle und Kommerzialisierung. Auf der anderen Seite ermöglicht ein stärker dezentraler Ansatz die Nutzung von Selbstorganisationseffekten durch die Reduzierung administrativer Arbeit bei der Implementierung von beispielsweise Bewertungssystemen zur Bestimmung der Produkt- oder Dienstleistungsqualität.

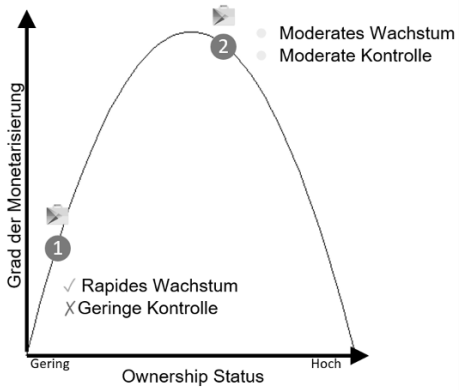


Abbildung 5-1. Visualisierung des Trade-offs Ownership-Status (1: frühe Phase des Google Play-Stores, 2: aktuelle Phase des Google-Play Stores).

Ressourcen und Dokumentation: Die zwei unterschiedlichen Merkmale dieser Dimension sind, ob eine Plattform zusätzliche Ressourcen wie APIs oder SDKs in Verbindung mit der Dokumentation bereitstellt oder nicht. Die Bereitstellung von Informationen und Schnittstellen

kann einerseits neue Geschäftsmöglichkeiten eröffnen, andererseits auch die Bedrohung erhöhen die Informationshoheit zu verlieren. Uber und Facebook bieten zum Beispiel eine API zur Erschließung neuer Märkte an (Goodman und Dekay 2012; Uber 2017). Insbesondere erweiterte Uber seine Plattform durch die Integration von Taxireservierungen in Hotelbuchungssysteme (Martin 2014). Facebook nutzte ihre API, um den Teilmarkt der Anwendungen zu erschließen, welcher jetzt ein millionenschwerer Markt mit über 150 Millionen Nutzern pro Monat ist (Facebook 2017). Durch die Bereitstellung einer API erlaubten beide Unternehmen Entwicklern, neue Anwendungen zu erstellen.

Ein Beispiel für eine fehlende API ist Airbnb (Airbnb 2017). Es gibt jedoch eine von Airbnb betriebene Sub-Community namens "nerds.airbnb.com", in der Konzepte wie Deep Linking diskutiert werden, um die fehlende API zu kompensieren[61]. Darüber hinaus entwickelten sich inoffizielle Plattformen wie beispielsweise "airbnbapi.org", die inoffizielle Endpunkte und eine Dokumentation zur Verwendung bereitstellen. Die Folge einer fehlenden API ist, dass keine Schnittstellen verfügbar sind, um die Daten zu erhalten, zu analysieren oder zu validieren, was zu einem hohen Maß an Informationskontrolle führt. Auf der anderen Seite werden Geschäftschancen verpasst, die durch die Bereitstellung offizieller APIs genutzt werden könnten.

Daraus folgt, dass Unternehmen mit einer API, einem SDK und einer geeigneten Dokumentation neue Märkte erschließen und die Interkonnektivität und Effektivität von Vertriebs-, Liefer- und Kundenkanälen erhöhen können. Es gibt auch Argumente dafür, keine API zu haben. Ein Grund dafür ist Informationshoheit, indem man seine Architektur geschlossen hält. Dafür werden jedoch im Gegenzug mögliche Geschäftschancen verworfen, die mit der Veröffentlichung von Plattformschnittstellen für Drittanbietern mit einhergehen.

Zugänglichkeit: Diese Dimension befasst sich damit, die Plattform für alle zugänglich zu machen oder auch Einschränkungen vorzugeben. Während Beschränkungen und Kontrollmechanismen die Qualität verbessern und die Transparenz erhöhen können, geht dies auch zu Lasten der Quantität der bereitgestellten Anwendungen und Dienste und des potenziellen Nutzerwachstums. Ein Beispiel für Zugänglichkeit oder Offenheit ist Facebook, das mit negativem Feedback und Missbrauch kämpft, aber den Nutzern Anonymität gewährt (Champoux et al. 2012; Facebook 2017). Die Plattform startete mit einer Beschränkung, die es nur Personen, die mit einer Universität in Verbindung standen, erlaubte sich zu registrieren, wobei es 2006 durch die Entfernung dieser Beschränkung zu einem massiven Nutzerwachstum kam. Auf der anderen Seite erfordert WeChat eine Überprüfung, um Geschäftskonten zu eröffnen und die Eintrittsbarrieren durch Schaffung von Transparenz zu erhöhen (Staykova und Damsgaard 2014). Daher kann auf einen Trade-off zwischen dem Grad der Offenheit und einem potenziellen Anstieg des Nutzerwachstums im Austausch für Anonymität vs. Transparenz geschlossen werden.

[61] vgl. https://medium.com/airbnb-engineering.

Nach der Analyse aller Unternehmen und Fälle konnten wir feststellen, dass ein hohes Maß an Offenheit mit einer potenziell höheren Nutzerbasis, einer weniger sicheren Plattform aufgrund von Anonymität und einem als erhöht wahrgenommenen Risiko einhergeht. Vorhandene Einschränkungen haben beim App- und Play-Store ergeben, dass die Qualität von Produkten und Dienstleistungen verbessert werden kann, wenn die Prozesskontrolle beibehalten wird.

Input-Kontrolle und Sicherung: Die Trade-offs für diesen Mechanismus hängen stark mit der zuvor diskutierten Zugänglichkeit der Plattform zusammen. Ein anschaulicher Vergleich der Input-Kontrolle kann am Beispiel des Google Play-Store und des Apple App-Store abgeleitet werden. Während der App-Store strenge und manuelle Überprüfungsprozesse einsetzt, ist der Google Play-Store weniger streng reguliert und führt nur automatisierte Überprüfungen durch. Das Ergebnis ist, dass Apple weniger Sicherheits- oder Qualitätsprobleme hat, Android hingegen eine größere Anwendungsvielfalt vorweist (Tilson et al. 2012; Pon et al. 2014). Dieser Vergleich zeigt, dass keine oder „Laissez-faire“-Input-Kontrolle eine größere Vielfalt an Ergebnissen verursacht, jedoch eine verminderte Qualität zur Folge hat.

Output-Kontrolle und Monitoring: Die Multiple-Case-Studie zeigte, dass alle MSPs einen Output-Kontrollmechanismus verwenden, um die Qualität von Produkten oder Dienstleistungen zu überprüfen. Facebook verwendet zum Beispiel "Likes", Kommentare und Bewertungen, um die Beliebtheit von benutzergenerierten Inhalten anzuzeigen. Insbesondere „Likes“ geben einen schnellen Hinweis darauf, wie populär der Inhalt ist, was einen wichtigen Teil für den raketenhaften Aufstieg von Facebook darstellt. Google und Apple haben ein One-Way-Bewertungssystem implementiert, um die Qualität der Applikation zu erhöhen (Pagano und Maalej 2013; Pon et al. 2014), wobei Alibaba, Uber und Airbnb ein Zwei-Wege-Bewertungssystem verwenden, bei dem sich Nachfrage und Angebot gegenseitig bewerten (Isaac 2014; Tan et al. 2015; Zervas et al. 2015). Beide Mechanismen verlagern die Qualitätssicherung auf die jeweiligen Parteien und reduzieren daher die Verwaltungsarbeit für den Plattformbesitzer als Trade-off für eine verminderte Kontrolle (Tan et al. 2015).

Abbildung 5-2 zeigt, dass grundsätzlich die Kontrolle über Input und Output in einer nichtlinearen Beziehung mit dem Monetarisierungsgrad korreliert. Wenn es ein geringes Maß an Kontrolle gibt, sind dem Benutzer nahezu keine Grenzen bei der Erzeugung von Inhalten gesetzt, die Qualität sinkt und die Anfälligkeit der Plattform für Malware nimmt zu. Auf der anderen Seite schränkt volle Kontrolle über die Plattform den erzeugten Inhalt ein und verhindert somit das Erreichen eines breiteren Publikums.

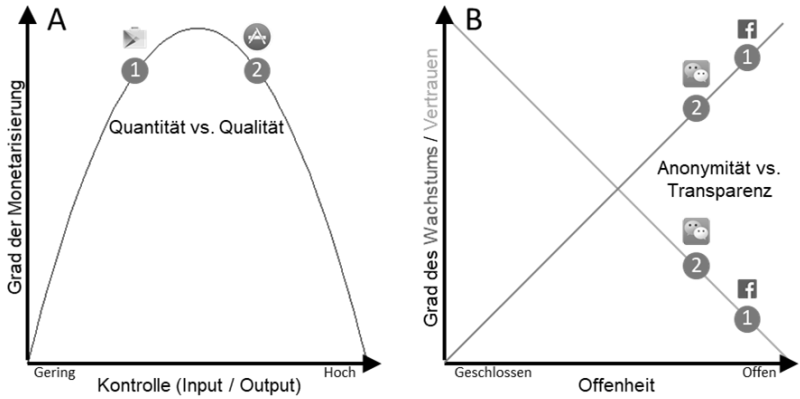


Abbildung 5-2. Visualisierung des Trade-offs Plattform Input & Output-Kontrolle (A.1: Google Play-Store, A.2: Apple App-Store, B.1: Facebook, B.2: WeChat).

Vertrauen und wahrgenommenes Risiko: Dieser Mechanismus beschreibt, wie Benutzer und Entwickler die Plattform in Bezug auf Sicherheit und Risiken sehen. Sicherheitsmaßnahmen senken das wahrgenommene Risiko, während dabei die Offenheit der Plattform eingeschränkt wird. WeChat zum Beispiel hat, um das Vertrauen für die Plattform zu erhöhen, mehrere Dienste eingerichtet, wie beispielsweise die Überprüfung der Geschäftsprozesse oder eine Kaution, die für Verwendung der API gezahlt werden muss. Aufgrund dieser Schutzmechanismen ist es wahrscheinlicher, dass der Benutzer der Plattform vertraut (Staykova und Damsgaard 2014). Facebook bietet Privatsphäre-Einstellungen an, um das wahrgenommene Risiko zu reduzieren, ist in Hinblick auf das wahrgenommene Risiko aber nur begrenzt erfolgreich damit. Der daraus resultierende Trade-off besteht darin, dass Benutzer die Möglichkeit haben, Facebook anonym ohne Konsequenzen zu nutzen, was zu einem höheren Grad an wahrgenommenem Risiko als Folge von Cyber-Mobbing oder Verbrechen führen kann (Stutzman et al. 2013), wobei WeChat-Dienste die Anonymität verringern, aber das Vertrauen erhöhen. Abbildung 5-2 (B) zeigt, dass eine Sicherheitsmaßnahme wie der Verifizierungsprozess von WeChat im Vergleich zu Facebook das wahrgenommene Risiko reduziert, im Gegenzug aber auch die Offenheit der Plattform abnimmt.

Preisgestaltung: Maßnahmen in dieser Dimension adressieren unterschiedliche Preisgestaltungen. Es gibt Hinweise darauf, dass höhere Registrierungsgebühren die Qualität erhöhen, da nur ernsthafte Beiträge auf der Plattform entstehen. Die Fallstudie zeigt, dass alle zugrundeliegenden Preismodelle mit den zugehörigen Geschäftsmodellen zusammenhängen (siehe Tabelle 5-2). Ein Vergleich zwischen verschiedenen Geschäftsmodellen erscheint daher nicht konstruktiv. Ähnliche Geschäftsmodelle wie der Play-Store und der App-Store zeigen, dass hohe Registrierungsgebühren für den Entwickler als „Quality Gate“ fungieren, welches Qualität höher

bewertet als Quantität (Tilson et al. 2012). Der Fall von Uber zeigt, dass mangelnde Transparenz bei der Preisgestaltung ungeachtet des Geschäftsmodells Probleme verursachen kann (Bond 2014).

Externe Beziehungen: Der Aufbau von Geschäftsbeziehungen und strategischen Partnerschaften kann dazu beitragen, die Nutzerbasis zu erweitern, aber auch die Kontrolle über die Plattform aufzugeben. Am Beispiel des Google Play-Store und der Open Handset Alliance mit 34 Gründungsmitgliedern, die einen offenen Standard für Mobiltelefone anstreben, wird der Aufstieg des Android-Betriebssystems und des zugehörigen Play-Stores verdeutlicht, der sogar das Wachstum von Apples iOS übertraf (Tilson et al. 2012). Da Google die Kontrolle über Android und den Play-Store behalten wollte, um es vor Patentproblemen zu schützen, schränkte der Trade-off die Offenheit und Partnerschaft der Plattform ein (Fautrero und Gueguen 2013).

Geschäftsmodell: Um die Tatsache widerzuspiegeln, dass jedes der ausgewählten Geschäftsmodelle Auswirkungen auf die Einrichtung von Plattform-Governance-Mechanismen hat, wurde diese Dimension mit einbezogen. Dennoch sind auch ähnliche Geschäftsmodelle wie Airbnb und Uber, die Dienstleistungen erbringen und als „Sharing Economy“ beschrieben werden, in Bezug auf Dienstleistungen wie Unterkünfte und Transporte unterschiedlich. Das gilt auch für WeChat und Facebook. Während WeChat sich auf den digitalen Markt der mobilen Social Networks konzentriert, versucht Facebook den klassischen Online- und den mobilen Markt abzudecken. Um die richtigen Schlüsse zu ziehen, empfehlen wir, nicht nur ähnliche Geschäftsmodelle zu vergleichen, sondern auch ähnliche Produkte und Dienstleistungen wie etwa den App-Store und Google Play-Store.

Allgemein zeigen alle Dimensionen Trade-offs, wenn sie anders implementiert werden. Besonders interessant sind die in Abbildung 5-1 dargestellten Schlussfolgerungen. Dennoch ist es wichtig zu betonen, dass die Abbildungen und Diagramme nur eine erste Schlussfolgerung der Multiple-Case Analyse sind. Um weitere Erkenntnisse zu gewinnen, ist es wichtig, konkretere Fakten zu sammeln, die unsere Ergebnisse stützen.

5.5 Fazit und Ausblick

Mehrseitige Plattformen setzen weiterhin lang etablierte Akteure in unterschiedlichen Märkten unter Druck (Schreieck et al. 2017d). Daher ist es wichtig, ein besseres Verständnis dafür zu bekommen, wie sie funktionieren und welche Faktoren von Bedeutung sind. Das Kernstück jedes MSP ist die Plattform-Governance, die die Interaktion zwischen den verschiedenen Parteien orchestriert. Sie beschreibt zum Beispiel, ob die Gesamtstruktur zentral oder dezentral organisiert ist, welche Ressourcen, wie beispielsweise APIs oder SDKs, verwendet werden oder welche Einschränkungen bestehen, um die Offenheit und die auf der Plattform angebotenen Produkte und Dienstleistungen zu kontrollieren. Hier wird aufgezeigt, dass nicht nur die IT zur Kontrolle der Governance eingesetzt werden kann, sondern auch selbst Governance benötigt.

Während die bestehende Literatur bereits theoretische Einsichten über diese Mechanismen bot, wurden die praktische Anwendung und mögliche Trade-offs nicht näher untersucht. Aus diesem Grund haben wir eine Multiple-Case Analyse durchgeführt, die sieben verschiedene MSPs umfasst. Alle Ergebnisse wurden aufgrund von theoretisch bekannten Plattform-Governance-Mechanismen analysiert. Die Ergebnisse zeigen zum Beispiel, dass sowohl zentral als auch dezentral organisierte Plattformen existieren. Ebenso existieren unterschiedliche Grade der Offenheit oder Input- und Output-Kontrolle. Einflussfaktoren können das zugrundeliegende Geschäftsmodell oder der aktuelle Reifegrad des MSP sein. Basierend auf diesen Ergebnissen beobachteten wir unterschiedliche Trade-offs bei der Implementierung von Plattform-Governance-Mechanismen. Eine Hypothese, die sich aus der Fallstudie ergibt, ist, dass der Grad der Plattformkontrolle in einer nichtlinearen Beziehung mit der Plattform-Monetarisierung korreliert. Keine Kontrolle bietet Benutzern oder externen Entwicklern zu viel Macht, während zu viel Kontrolle zu einer engeren Auswahl an Produkten und Diensten führt. Daher fördert diese Kapitel das Verständnis dafür, wie Plattform-Governance-Mechanismen von derzeit erfolgreichen MSPs implementiert werden und welche unterschiedlichen Implementierungsvarianten gegeneinander abgewogen werden. Darüber hinaus können Praktiker von bereits etablierten digitalen Marktplätzen lernen und dieses Wissen auf andere Branchen übertragen (Schreieck et al. 2016a; Schreieck et al. 2017c).

5.6 Literaturverzeichnis

Airbnb (2017) AirBnb Website. www.airbnb.com. Abgerufen am 01.11.2017.
Bond AT (2014) An app for that: Local governments and the rise of the sharing economy. Notre Dame Law Review Online 90 (2): S. 77.
Boudreau KJ, Hagiu A (2008) Platform rules: Multi-sided platforms as regulators.
Champoux V, Durgee J, McGlynn L (2012) Corporate Facebook pages: when "fans" attack. Journal of Business Strategy 33 (2): S. 22-30.
Evans DS (2012) Governing bad behavior by users of multi-sided platforms. Berkeley Technology Law Journal 2 (27).
Facebook (2017) Facebook Website. www.facebook.com. Abgerufen am 01.11.2017.
Fautrero V, Gueguen G (2013) The Dual Dominance of The Android Business Ecosystem. Understanding Business Ecosystems.
Forbes (2014) Alibaba Claims Title For Largest Global IPO Ever With Extra Share Sales. http://www.forbes.com/sites/ryanmac/2014/09/22/alibaba-claims-title-for-largest-global-ipo-ever-with-extra-share-sales/. Abgerufen am 01.07.2015.
Goodman MB, Dekay SH (2012) How large companies react to negative Facebook comments. Corporate Communications: An International Journal 17 (3): S. 289-299.
Hagiu A, Wright J (2015) Multi-sided platforms. International Journal of Industrial Organization 43: S. 162-174.
Hein A, Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2016) Multiple-case analysis on governance mechanisms of multi-sided platforms, Multikonferenz Wirtschaftsinformatik, Ilmenau.
Isaac E (2014) Disruptive Innovation: Risk-Shifting and Precarity in the Age of Uber, Berkeley Roundtable on the International Economy, Berkeley, USA.
Manner J, Nienaber D, Schermann M, Krcmar H (2013) Six Principles for Governing Mobile Platforms, Wirtschaftsinformatik.
Martin G (2014) Uber Now Integrates With United And Hyatt Apps. http://www.forbes.com/sites/grantmartin/2014/08/22/uber-now-integrates-with-united-and-hyatt-apps/. Abgerufen am 01.07.2015.
Pagano D, Maalej W (2013) User feedback in the appstore: An empirical study, 21st IEEE International Requirements Engineering Conference, Rio de Janeiro, Brasilien.
Pon B, Seppälä T, Kenney M (2014) Android and the demise of operating system-based power: Firm strategy and platform control in the post-PC world. Telecommunications Policy 38 (11): S. 979-991.
Schermann M, Wiesche M, Krcmar H (2012) The role of information systems in supporting exploitative and exploratory management control activities. Journal of Management Accounting Research 24 (1): S. 31-59.
Schreieck M, Finke R, Wiesche M, Krcmar H (2017a) Sandbox vs. Toolbox–Analysis of Boundary Resources in B2B Software Platforms, European Workshop on Software Ecosystems (EWSECO), Darmstadt.
Schreieck M, Hakes C, Wiesche M, Krcmar H (2017b) Governing Platforms in the Internet of Things, International Conference on Software Business, Essen, Germany.
Schreieck M, Wiesche M (2017) How established companies leverage IT platforms for value co-creation – Insights from banking, Twenty-fifth European Conference on Information Systems, Guimarães, Portugal.
Schreieck M, Wiesche M, Hein A, Krcmar H (2016a) Governance of nonprofit platforms – Onboarding mechanisms for a refugee information platform, SIG GlobDev Ninth Annual Workshop, Dublin.
Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2016b) Design and Governance of Platform Ecosystems – Key Concepts and Issues for Future Research, Twenty-Fourth European Conference on Information Systems, Istanbul, Turkey.

Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2017c) Governing nonprofit platform ecosystems – an information platform for refugees. Information Technology for Development 23 (3): S. 618-643.

Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2017d) The Platform Owner's Challenge to Capture Value – Insights from a Business-to-Business IT Platform, International Conference on Information Systems, Seoul, Südkorea.

Staykova KS, Damsgaard J (2014) Platform Expansion Design as Strategic Choice: The Case of WeChat and Kakaotalk, European Conference on Information Systems, Istanbul, Türkei.

Stutzman F, Gross R, Acquisti A (2013) Silent listeners: The evolution of privacy and disclosure on facebook. Journal of Privacy and Confidentiality 4 (2).

Tan B, Pan SL, Lu X, Huang L (2015) The Role of IS Capabilities in the Development of Multi-Sided Platforms: The Digital Ecosystem Strategy of Alibaba. com. Journal of the Association for Information Systems 16 (4): S. 248-280.

Tilson D, Sørensen C, Lyytinen K (2012) Change and control paradoxes in mobile infrastructure innovation: the Android and iOS mobile operating systems cases, 45th Hawaii International Conference on System Science (HICSS), Manoa, USA.

Tiwana A, Konsynski B, Bush AA (2010) Research commentary-Platform evolution: Coevolution of platform architecture, governance, and environmental dynamics. Information Systems Research 21 (4): S. 675-687.

Uber (2017) Uber Website. www.uber.com. Abgerufen am 01.11.2017.

van Alstyne MP, Geoffrey; Choudary, Paul Sangeet (2016) 6 Reasons Platforms Fail. Harvard Business Review 31 (6).

Weigmann F (2016) AXOOM is developing into a sought-after business platform for the manufacturing industry. AXOOM GmbH.

Wiesche M, Berwing C, Schermann M, Krcmar H (2011a) Patterns for Understanding Control Requirements for Information Systems for Governance, Risk Management, and Compliance (GRC IS), CAiSE Workshops.

Wiesche M, Schermann M, Krcmar H (2011b) Understanding the Role of Information Technology for Organizational Control Design: Risk Control as New Control Mechanism. In: Blinn N, Schirmer I, Kautz K (Hrsg.) Governance and sustainability in information systems. Managing the transfer and diffusion of IT. Springer, S. 135-152.

Yin RK (2013) Case study research: Design and methods. Sage publications.

Zervas G, Proserpio D, Byers J (2015) A first look at online reputation on Airbnb, where every stay is above average.

6 Monetarisierungsstrategien für Mobilitätsplattformen[62]

M. Schreieck, F. Kolbe, C. Pflügler, M. Wiesche, H. Krcmar

In diesem Kapitel werden Monetarisierungsstrategien für Mobilitätsplattformen abgeleitet, die anhand mehrerer Dimensionen charakterisiert werden. Zu diesen Dimensionen gehören sowohl verschiedene direkte Gebühren als auch spezielle Strategien wie die Subvention oder Absorption. Mit den Erkenntnissen über den Einfluss der Dimensionen wird eine geeignete Monetarisierungsstrategie für eine Mobilitätsplattform geschaffen. Als Ergebnis entsteht ein Monetarisierungsmodell für eine Mobilitätsplattform das Endnutzer, Applikationsentwickler und Stadtverwaltungen berücksichtigt. Die empfohlene Monetarisierungsstrategie basiert auf der Monetarisierung mit transaktionsbasierten und monatlichen festen Gebühren. Zu Beginn sollte der Betreiber eigene Applikationen entwickeln und damit erste Endnutzer gewinnen. Langfristig sollte der Betreiber die Seite der Endnutzer subventionieren und durch Gebühren für Applikationsentwickler und Stadtverwaltungen monetarisieren.

In this chapter, monetization strategies for mobility data platforms are derived, which are characterized by several dimensions. These dimensions include different direct monetization mechanisms as well as specific strategies such as subsidies or absorption. The knowledge about the influence of these dimensions leads to a suitable monetarization strategy for a mobility data platform. The result is a monetarization model for a mobility data platform with three sides: end users, application developers, and city administrations. The recommended monetarization strategy is based on monetarization with transaction-based and monthly fixed fees. At the beginning, platform owners should develop their own applications and thus gain first end users. In the long term, platform owners should subsidize the end-user side and monetize them through fees for application developers and city administrations.

[62] Das Forschungsprojekt ExCELL wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert (Förderkennzeichen: 01MD15001D).

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018
M. Wiesche et al. (Hrsg.), *Management digitaler Plattformen*,
Informationsmanagement und digitale Transformation,
https://doi.org/10.1007/978-3-658-21214-8_6

6.1 Einleitung

Mobilitätsplattformen verbessern Mobilität durch Integration und Vernetzung von Daten und durch das Bereitstellen von Services, die diese Daten nutzen. Dabei stellen Mobilitätsplattformen Daten und Services externen Applikationsentwicklern zur Verfügung, die wiederum basierend auf den Daten Applikationen zur Verbesserung der Mobilität entwickeln können (Pflügler et al. 2016b; Schreieck et al. 2018b). Um Mobilitätsplattformen zu monetarisieren, ist es notwendig, die Monetarisierungsstrategien auf die Charakteristika der Plattformen abzustimmen (Schreieck et al. 2017c). Dazu müssen zuerst die Charakteristika einer Mobilitätsplattform bestimmt und diskutiert werden (Hein et al. 2016; Schreieck et al. 2016b).

Ziel einer Mobilitätsplattform ist die Optimierung der Mobilitätssituation für die Verkehrsteilnehmer. Dadurch werden Stau und Parkplatzprobleme reduziert und die Infrastruktur entlastet. Es entstehen wirtschaftliche Vorteile durch erhebliche Einsparungen an Geld und Zeit. Zudem hat eine verbesserte urbane Mobilität auch umweltbezogene Vorteile: durch weniger Stau, eine bessere Verkehrsführung und eine bessere Nutzung vorhandener Verkehrsmittel lassen sich sowohl Kraftstoff- als auch Kohlendioxid-Einsparungen erzielen (Tupper et al. 2012). In einer Studie haben sich IT-gestützte Systeme wie zum Beispiel Mobilitätsplattformen bei der Verbesserung der Mobilitätsituation effektiver als Baumaßnahmen erwiesen (Tupper et al. 2012).

Wesentliches Element einer Mobilitätsplattform sind Daten. Die Daten für die Mobilitätsplattform stammen aus verschiedenen Quellen. Eine mögliche Quelle für Daten sind Sensoren. Besonders gut dazu eignen sich Sensoren, die in die städtische Infrastruktur integriert sind. Dank der Sensoren stehen zunehmend Echtzeitdaten zur Verfügung, die je nach Abdeckung automatisch für die gesamten Stadt gewonnen werden (Kitchin 2014). Auch die städtischen Behörden verfügen über sehr große Datenmengen und stellen deshalb eine potenzielle Datenquelle dar. Ein großer Teil dieser Daten ist allerdings entweder nicht öffentlich verfügbar oder nicht sinnvoll analysierbar und somit nicht oder nur schwer einsetzbar (Walravens 2012). Eine weitere wichtige Datenquelle sind die Endnutzer der Mobilitätsplattform selbst. Die Daten werden teilweise durch Crowdsourcing gewonnen (vgl. Kapitel 10). Zu den von Endnutzern gewonnene Daten zählen zum Beispiel Bewegungsdaten der Smartphones. Diese Daten können zudem mit statistischen Methoden in die Zukunft extrapoliert werden. Durch diese Extrapolation können Vorhersagen getroffen werden (Kitchin 2014). Durch die Analyse der Parkplatzauslastung zu bestimmten Zeiten bei bestimmten Bedingungen in der Vergangenheit lässt sich zum Beispiel die zukünftige Parkplatzsituation vorhersagen (Pflügler et al. 2016a).

Ein Problem ist momentan, dass bestehende Systeme häufig nur begrenzte und nicht vollständige Daten zur Verfügung stellen. Plattformen sind auf bestimmte Gebiete fokussiert, Applikationsentwickler müssen also teilweise auf mehrere verschiedene Plattformen zugreifen, um die benötigten Daten zu erhalten (Pflügler et al. 2016b). Aus diesem Grund müssen auch

die Endnutzer verschiedene Applikationen nutzen, um Information zu verschiedenen Mobilitätsarten und verschiedenen Anwendungszwecken zu erhalten. Auch sind die Applikationen oft nur in bestimmten Regionen einsetzbar, je nach Standort müssen Endnutzer deshalb unterschiedliche Applikationen einsetzen.

Eine Mobilitätsplattform und die drauf basierenden Applikationen haben verschiedene Anwendungsszenarien. Zu den Anwendungsszenarien, in denen eine Plattform für Verbesserung sorgen kann, gehören Stau- und Überlastungsprobleme, Umweltprobleme und wirtschaftliche Probleme durch schlechte Logistik. Auf der Mobilitätsplattform bauen verschiedene Mobilitätsservices auf. Die Mobilitätsservices umfassen Applikationen wie Routenplanung, Ridesharing/Carsharing und Navigationsdienste (Schreieck et al. 2016c). Die Integration verschiedener Daten aus verschiedenen Quellen erlaubt die Entwicklung von innovativen Applikationen. Eine Beispielanwendung dafür ist eine intelligente Routenplanung. Bei dieser Routenplanung werden verschiedene Fortbewegungsmittel, die aktuelle Verkehrssituation und Angebote wie Carsharing berücksichtigt. Dadurch kann nicht nur die schnellste, sondern auch die ökologisch sinnvollste Route bestimmt werden (Pflügler et al. 2016b).

6.2 Mobilitätsplattform im Kontext Smart City

Das Ziel einer Mobilitätsplattform ist es, die Mobilität durch Integration und Vernetzung zu verbessern und somit Mobilitätsprobleme wie z.B. Stau zu lösen (ExCELL 2016). Die Verbesserung der urbanen Mobilität ist gleichzeitig eines der wesentlichen Ziele der Smart City (Bélissent 2010). Mobilitätsplattformen im urbanem Raum lassen sich demnach der Smart City zuordnen (Schaffers et al. 2011).

Das Thema Smart City ist auf Grund der wirtschaftlichen Bedeutung relevant für Technologieunternehmen. 84 % der globalen Bevölkerung wird am Ende des Jahrhunderts in Städten leben (Walt 2015). Im Jahr 2020 werden über 30 Milliarden Sensoren und Systeme existieren, die in Verbindung zur Smart City stehen (Walt 2015). Smart City Services bieten den Städten ein Einsparpotenzial von bis zu 1,7 Billionen Dollar im Jahr 2025 (Walt 2015). Städte werden dank der Smart City Services effizienter, sauberer, koordinierter und attraktiver (Walt 2015). Es wird erwartet, dass Technologieunternehmen Umsatz in Höhe von 27,5 Milliarden Dollar im Bereich Smart City im Jahr 2023 erzielen können (Walt 2015).

Hinter dem Oberbegriff der Smart City steckt der Ansatz, durch die Anwendung von moderner IT-basierter Technologie urbane Problem zu lösen (Dameri 2013). Eine Smart City nutzt IT- und Kommunikationstechnologien, um das Management der Ressourcen und Dienstleistungen einer Stadt zu verbessern, z.B. durch intelligente Nutzung der Daten, die in der Smart City entstehen (BCN 2016; Schermann et al. 2014). Der Aufbau und das Betreiben der Systeme der Smart City bietet den beteiligten Unternehmen lukrative Geschäftsmöglichkeiten (Taylor 2014).

Beispiele für eine verbesserte Mobilität in einer Smart City umfassen Technologien wie Verkehrssteuerung in Echtzeit, mobiles Bezahlen von Parktickets und das intelligente Verwalten und Steuern von öffentlichen Verkehrsmitteln (Bélissent 2010). Verspätungen von Bussen und Bahnen können den Fahrgästen via mobiler Applikation angekündigt werden. Eingebaute Sensoren in Straßen- und Schienenfahrzeugen informieren automatisch über technische Probleme und Unfälle (Bélissent 2010). Wichtig für den Erfolg der Smart City ist die enge Kooperation der verschiedenen beteiligten Akteure. Zu diesen Akteuren gehören die politischen Verantwortlichen und Behörden sowie die beteiligten Unternehmen und Interessenverbände der Bürger (Bélissent 2010). Plattformbetreiber müssen darauf achten, alle Akteure miteinzubeziehen und ihre Unterstützung zu gewinnen. Dazu ist es insbesondere wichtig, die durch die Plattform entstehenden Vorteile klar und deutlich herauszuarbeiten und zu kommunizieren (Bélissent 2010).

Technologieanbietern im Bereich Smart City bieten sich verschiedene Ansätze, um eine Monetarisierung zu erreichen. Ein Ansatz ist das Angebot von Beratungsleistungen. Die Stadtverwaltungen brauchen Unterstützung in der Planung und Umsetzung der Smart City. Ein anderes Betätigungsfeld ist der Verkauf der benötigten Hardware-Infrastruktur. Informations- und Kommunikationshardware sowie elektrische Infrastruktur werden für die Smart City benötigt (Bélissent 2010). Ein weiteres Gebiet ist die Entwicklung und das Angebot von Software und Applikationen. In dieses Gebiet fallen die Plattformen und ihre komplementären Applikationen (Bélissent 2010).

Monetarisierungsmodelle im Bereich Smart City sind allerdings noch nicht komplett ausgereift. Die Monetarisierungsmodelle für Mobilitätsplattformen stehen in engem Zusammenhang mit Monetarisierungsmodellen im Bereich Internet of Things (CXOtoday 2015). Monetarisierung bzw. das allgemeine Schaffen von Werten im Bereich Smart City kann auf zwei Wegen erreicht werden: Zum einen durch die Verbesserung und Optimierung von bestehenden Vorgängen durch den Einsatz von Technologie. Zum anderen durch das Aufkommen von komplett neuen Vorgängen und Geschäftsmodellen (Giles 2012). Ein Beispiel dafür ist eine Parkplatzgarantie durch ein intelligentes Parkplatzverwaltungssystem. Kunden wären bereit, für dieses Angebot zu bezahlen. Die Einnahmen könnten dann auf den Plattformbetreiber, der die Daten zur Verfügung stellt, und den Komplementär mit seiner Applikation aufgeteilt werden (Giles 2012).

In der Smart City gibt es eine dreigliedrige Wertabschöpfungskette. Zuerst werden digitale Daten durch Sensoren generiert. Dann werden diese Daten gesammelt und verwaltet. Dies geschieht in einem sogenannten „Urbanen Betriebssystem“. Eine Plattform erfüllt diese Funktion. Im letzten Schritt greifen Applikationen über APIs auf die Daten zu und verwenden diese, um relevante Information für die Endnutzer zu schaffen (Neirotti 2013). In der Wertschaffung herrscht im Moment eine geringe vertikale Integration. Ein Grund dafür ist, dass Daten zum

Teil von Unternehmen neben ihrem eigentlichen Geschäftsmodell automatisch gesammelt werden, diese Unternehmen dann aber keine Verwendung für diese Daten haben. Anderseits können Daten sehr teuer sein, insbesondere wenn dafür Sensoren installiert werden müssen (Neirotti 2013). Eine wichtige Rolle nehmen hier auch öffentliche Verwaltungen mit ihren OpenData Projekten ein. Solche Projekte vermindern Hürden und können die Smart City Ökosysteme in den jeweiligen Städten wesentlich vorantreiben. Durch erfolgreiche Smart City Plattformen profitieren wiederum die Städte (Neirotti 2013).

6.2.1 Mobilitätsplattform „Barcelona Smart City Platform"

Im Rahmen der Barcelona Smart City Initiative wurden verschiedene Projekte im Bereich Mobilität durchgeführt. Diese Projekte werden auch als Smart Mobility bezeichnet (BCN 2016). Eines dieser Projekte ist die Applikation „App&Town Public Transport" (Mass Factory 2017), die Livedaten und Routenberechnung für öffentliche Verkehrsmittel bietet. Ein weiteres Projekt sind intelligente Ampellichter, die als „Smart Traffic Lights" bezeichnet werden. Diese Ampeln steuern den Verkehr in besonderen Situationen wie zum Beispiel Feuerwehreinsätzen so, dass die Einsatzkräfte optimal ihr Ziel erreichen können (BCN 2016). Ein Projekt ist die Einführung und Benutzung von elektrischen Fahrrädern zur Verteilung von kleineren Lieferungen an Geschäfte. Smartquesina ist ein Projekt zur Einführung interaktiver Bushaltestellen (BCN 2016).

Smart City Barcelona verfolgt einen ganzheitlichen Ansatz zur Verbesserung der urbanen Lebensqualität. Die Barcelona Smart City Initiative bietet dazu sowohl eine Plattform für Daten als auch eine Plattform für Services (Pflügler et al. 2016b). Barcelona will Vorbild für andere Städte im Bereich Smart City sein (Bakıcı et al. 2013). Aus dieser Vorreiterrolle entsteht eine Gelegenheit zur Monetarisierung: Eine Art der Monetarisierung der Barcelona Smart City Initiative sind Beratungsleistungen. Der Betreiber von BCN bietet anderen Städten, die ebenfalls eine Smart City Plattform einführen wollen, Beratung an (Walt 2015).

Das Barcelona Smart City Konzept basiert auf einer Plattform, die als urbanes Betriebssystem angesehen werden kann (Walt 2015). Die Plattform wird durch Sensoren mit Daten versorgt. Sensoren sind in der existierenden städtischen Infrastruktur von Barcelona verbaut; so sind z.B. Sensoren an Straßenlaternen befestigt. Diese sammeln unter anderem Daten zu Verkehr, Müll, Lärm und Benutzung mobiler Geräte. Eine bestehende Herausforderung der Barcelona Smart City Plattform ist dabei die Verarbeitung und Zusammenführung der großen Datenmengen (Walt 2015).

6.2.2 Mobilitätsplattform „City Intelligence Platform"

Die City Intelligence Platform von Siemens ist ein weiteres Beispiel für eine Smart City Plattform mit wesentlichem Fokus auf die Mobilität im urbanem Raum (Siemens 2016). Der Ansatz der Smart City Plattform ist die Integration von Daten, die unter anderem durch Sensoren gesammelt werden. Siemens ist der Hersteller vieler Elemente der urbanen Infrastruktur.

Siemens stellt zum Beispiel Züge, Ampeln und Stromleitungen her. Dies bedeutet für Siemens eine starke Basis, auf die man die Plattform aufbauen kann. Die bereits vorhandene Infrastruktur mit bereits installierten Sensoren kann relevante Daten für die Plattform liefern. Die gesammelten Daten können wiederum mit anderen Systemen verbunden werden. Die City Intelligence Platform ist stark datenzentriert. Über ein offenes Interface können auch externe Entwickler mit ihren Applikationen auf die Daten der City Intelligence Platform zugreifen (Siemens 2016).

6.3 Erstellung des Monetarisierungsmodells für Mobilitätsplattformen

Die Untersuchung der Mobilitätsplattformen, insbesondere im Smart City Kontext, ermöglicht einen Einblick in die Charakteristika von Mobilitätsplattformen. Aus diesen Erkenntnissen heraus kann das Monetarisierungsmodell für eine Mobilitätsplattform erstellt werden. Um ein Monetarisierungsmodell für eine noch nicht genau spezifizierte Mobilitätsplattform zu generieren, müssen zusätzlich einige Annahmen und Hypothesen getroffen werden.

Die Endnutzer der Applikationen nutzen ihre mobilen Endgeräte, um auf die Applikationen zuzugreifen. Dieser Zugriff muss nicht zwangsläufig über ein Smartphone erfolgen. Alternativen könnten ein klassischer PC oder ein im Automobil eingebautes Informations- und Navigationssystem sein. Da mobile Endgeräte allerdings mit Abstand am verbreitetsten und dazu vielseitig einsetzbar sind, liegt die Annahme nahe, dass der Zugriff über das Smartphone erfolgt. Smartphones sind sowohl für Autofahrer, Fußgänger und Radfahrer zugänglich, stehen also allen Verkehrsteilnehmern gleichermaßen zur Verfügung. Die beiden vorherrschenden Betriebssysteme für mobile Plattformen sind Apple iOS und Google Android. Die Applikationen sollten also, um ausreichend potenzielle Benutzer anzusprechen, für diese beiden Betriebssysteme angeboten werden. Aus der Annahme folgt, dass die Mobilitätsplattform in Symbiose mit den mobilen Plattformen iOS und Android steht. Zudem resultiert daraus, dass diese Zusammenarbeit und Abhängigkeit bei der Erstellung des Monetarisierungsmodells berücksichtigt werden muss.

Zur Ableitung der Monetarisierungsstrategie dienen neben den theoretischen Erkenntnissen in Form der Dimensionen auch drei Experteninterviews, die im Rahmen des ExCELL Projektes geführt wurden. Durch die Interviews soll eingeschätzt werden, wie die Monetarisierungsstrategie an die Bedürfnisse der Applikationsentwickler als einer der Seiten der Mobilitätsplattform angepasst werden kann. In den Experteninterviews wurden dazu drei Applikationsentwickler befragt. Die Interviews wurden im September 2016 in München durchgeführt.

Bei den Experteninterviews handelt sich um Leitfaden-gestützte Interviews. Dabei wurde ein semi-strukturierter Fragebogen verwendet (Weßel 2010). Bei einem Leitfaden-gestützten Interview werden die Fragen offen gestaltet (Gläser und Laudel 2010). Diese Art des Interviews ist besonders dazu geeignet, neue Erkenntnisse zu gewinnen. Die Fragen sind explorativ; das bedeutet, sie können neue Ideen und Lösungsansätze aufzeigen, an die der Fragensteller zuvor

noch nicht gedacht hat. Bei der Erstellung der Fragen wurde sich an Gläser und Laudel (2010) orientiert.

Vor dem Interview wird dem Interviewpartner eine einseitige Kurzzusammenfassung der wesentlichen Aspekte einer Mobilitätsplattform vorgelegt. Eine mögliche Architektur für eine Mobilitätsplattform wird am Beispiel ExCELL vorgestellt. Dadurch wird ein klares und unter den einzelnen Interviewpartnern vergleichbares Verständnis für das Thema Mobilitätsplattformen geschaffen. Der Interviewbogen ist viergeteilt. Zuerst werden allgemeine Informationen über den Interviewpartner und seinen beruflichen Hintergrund abgefragt. Im zweiten Teil werden allgemeine Fragen zum Entwickeln und Anbieten von Applikation auf einer Mobilitätsplattform gefragt. Die Fragen des dritten Teils sind stärker auf die Monetarisierung von Applikationen ausgerichtet. Die Entwickler sollen ihre Erfahrungen und Erwartungen schildern. Die Entwickler werden auch zu ihrer Meinung und Akzeptanz der gefundenen speziellen Monetarisierungsstrategien befragt. Im vierten Teil des Interviews werden noch allgemeinere, explorative Fragen gestellt, deren Antworten interessant für die Monetarisierungsstrategie einer Plattform sein könnten. Die Erkenntnisse aus den Interviews fließen in die Diskussion des Monetarisierungsmodells für Mobilitätsplattformen ein.

6.3.1 Bestimmung der deskriptiven Attribute einer Mobilitätsplattform

Das Attribut **Art der Geschäftsbeziehung** beschreibt die vorherrschende Geschäftsbeziehung zwischen den Nutzern der Mobilitätsplattform. Für die Art der Geschäftsbeziehung ist relevant, ob sich die Endnutzer und Komplementäre hauptsächlich aus Privatnutzern oder Unternehmen zusammensetzen. Als Endnutzer der Mobilitätsplattform kommen sowohl Privatpersonen als auch Unternehmen in Frage. Privatpersonen umfassen dabei Einwohner und Touristen, die in jeglicher Form an der Mobilität teilnehmen. Bei den Unternehmen sind insbesondere kleinere und mittelgroße Unternehmen wie Handwerker von Relevanz, die sich häufig in der Stadt bewegen. Auf der anderen Seite der Plattform, die der komplementären Applikationsentwickler, wird angenommen, dass es sich ähnlich zu den anderen Plattformen hauptsächlich um Unternehmen handelt. Insgesamt wird diese Dimension der Geschäftsbeziehung als business-to-consumer (B2C) Beziehung gesehen, da sich unter den Endnutzern in erheblichem Ausmaß Privatnutzer befinden.

Endnutzer und Applikationsentwickler sind die zentralen Akteure und determinieren die **Anzahl der Seiten** einer Mobilitätsplattform. Die Mobilitätsplattform verfügt demnach auf jeden Fall über zwei Seiten. Auf einer Mobilitätsplattform wäre auch eine dritte Seite vorstellbar: Mobilitätsplattformen im Kontext Smart City könnten so aufgebaut werden, dass die jeweilige Verwaltung der Stadt als dritte Seite agiert. Die Stadt verfügt über erhebliche Mengen an Daten und zusätzlich über die öffentliche Infrastruktur, die durch Sensoren weitere Daten liefert. Die Plattform erlaubt die Transaktion von Daten zwischen Stadt, Applikationsentwicklern und Endnutzern. Der Betreiber muss sowohl Städte, Applikationsentwickler als auch Endnutzer überzeugen, um zu expandieren. Das Ziel des Betreibers einer Mobilitätsplattform muss es sein,

möglichst viele Städte weltweit von seiner Plattform zu überzeugen. Die Städte können durch Mobilitätsplattformen die Mobilitätssituation der Bewohner und Touristen verbessern. Da sich Verkehrsinformationssysteme, die durch Mobilitätsplattformen ermöglicht werden, in einer Untersuchung als effektiver als neue, teure und häufig langwierige Baumaßnahmen erwiesen haben, bieten Mobilitätsplattformen erhebliches Einsparpotenzial (Tupper et al. 2012; Walt 2015). Der Betreiber kann im Gegenzug für diese Einsparungen durch seine Mobilitätsplattform Geld von der Stadt verlangen oder in ein Public-Private-Partnership Modell treten (Schaffers et al. 2011).

Durch die drei Seiten steht der Plattformbetreiber vor einem „Henne-Ei Problem“ in Hinblick auf alle drei Seiten. Für die Stadt macht eine Mobilitätsplattform ohne Bürger als Nutzer keinen Sinn. Applikationsentwickler erwarten, dass die Plattform in vielen Städten funktioniert. Zum einen, weil sie den Anwendern einen hohen Nutzen bieten können, wenn die Applikation in möglichst vielen Städten funktioniert, also auch bei Reisen zwischen Städten einsetzbar ist. Zum anderen erwarten sie es, weil es dann mehr potenzielle Kunden gibt.

Durch die Einführung der Stadtverwaltung als dritte Seite werden die Bedeutung und der Einfluss der Behörden für den Erfolg einer Mobilitätsplattform hervorgehoben. Die Mobilitätsplattform kann nur mit Unterstützung der öffentlichen Hand betrieben werden, da öffentliche Daten erforderlich sind. Ein Betreiber muss, um erfolgreich zu sein, die Städte in das Ökosystem seiner Plattform integrieren (Bélissent 2010). Die Einführung der Stadt als dritte Seite eröffnet dem Betreiber der Plattform aber auch eine interessante neue Perspektive zur Monetarisierung seiner Mobilitätsplattform. Die Städte als unmittelbarer Nutznießer der verbesserten Mobilität könnten bereit sein, Gebühren an den Betreiber zu zahlen. Deshalb wird das Monetarisierungsmodell einer Mobilitätsplattform in der dreiseitigen Variante modelliert.

Generell befindet sich der gesamte Bereich Smart City noch in einer frühen Phase; damit herrscht noch Unklarheit über erfolgreiche Geschäftsmodelle (Bélissent 2010; CXOtoday 2015). Es gibt keine vorherrschende Plattform. Die Landschaft ist geprägt durch viele, sehr unterschiedliche Initiativen. Der **Reifegrad** von Mobilitätsplattformen im Allgemeinen wird deshalb als niedrig angesehen. Ziel der Monetarisierungsstrategie muss es deshalb sein, ein hohes Wachstum zu ermöglichen.

Die **Offenheit** einer Mobilitätsplattform ist vor allem den Applikationsentwicklern wichtig. Dazu gehört auch, dass das Monetarisierungsmodell selbst für die Nutzer der Plattform nachvollziehbar ist. Das Vertrauen der Applikationsentwickler steigt, wenn sie verstehen, wie der Betreiber mit der Plattform Geld verdient. Dennoch ist es empfehlenswert für den Plattformbetreiber, Transparenz nur soweit zu zulassen, dass er weiterhin über einen Informationsvorteil verfügt und somit den Profitmechanismus der Informationsasymmetrie zur Monetarisierung nutzen kann. Zuviel Transparenz in Form von zum Beispiel Open Source Code kann auch die Einstiegshürden für andere Plattformbetreiber senken. Dies wiederum schwächt den Profitmechanismus, der aus der Zurückhaltung der Konkurrenz entsteht. Der Plattformbetreiber sollte

seine Plattform offen und transparent betreiben, er sollte allerdings die zur Monetarisierung wichtigen Kontrollpunkte unter Verschluss halten (Schermann et al. 2012; Wiesche et al. 2011). So kann er mit den beiden Profitmechanismen Informationsasymmetrie und Zurückhaltung der Konkurrenz monetarisieren.

6.3.2 Direkte Monetarisierung bei Mobilitätsplattformen

Um das Monetarisierungsmodell zu erstellen, werden die einzelnen identifizierten Dimensionen der direkten Monetarisierung in ihrer Anwendbarkeit und Wirkung auf die Mobilitätsplattform untersucht.

Eine Gebühr, die für eine direkte Monetarisierung in Frage kommt, ist **die transaktionsabhängige Gebühr**. Transaktionsgebühren, die in Abhängigkeit von der Transaktionsgröße stehen, die sogenannten proportionalen Transaktionsgebühren, haben sich als effektiver erwiesen als fixe Transaktionsgebühren (Wang und Wright 2015). Deshalb sollte der Betreiber auch bei Mobilitätsplattformen eine proportionale Transaktionsgebühr verlangen. Zur Erhebung der transaktionsabhängigen Gebühr ist es wichtig, dass die einzelnen Transaktionen nachverfolgt werden können. Eine Transaktion, die dafür in Frage kommen könnte, wäre der Verkauf der Applikationen von den Komplementären an die Endnutzer. Zu berücksichtigen ist dabei die Annahme, dass die mobilen Plattformen von Apple (iOS) und Google (Android) als Basis für die Applikationen benutzt werden. Der Entwickler verkauft eine auf der Mobilitätsplattform basierende Applikation über den jeweiligen App-Store einer mobilen Plattform wie iOS oder Android. Die Transaktionsgebühr würde dann zum Beispiel so umgesetzt, dass der Entwickler von diesem Verkaufserlös 30 % an Apple bzw. Google abführen muss und 15 % an den Betreiber der Mobilitätsplattform (Wang und Wright 2015).

Eine weitere mögliche Gebühr für eine direkte Monetarisierung der Mobilitätsplattform ist die **Registrierungsgebühr**. Ein Betreiber verlangt von den Akteuren seiner Plattform eine einmalige Gebühr für den Zugang zur Plattform. Bei der Frage ob Registrierungsgebühren geeignet für eine Plattform sind, muss der Reifegrad der Plattform beachtet werden. Insbesondere bei einer neuen, noch nicht etablierten Plattform sollte ein Betreiber vorsichtig mit Registrierungsgebühren sein (Caillaud und Jullien 2003). Mobilitätsplattformen im Smart City Kontext stehen noch am Anfang ihrer Entwicklung. Geschäfts- und Monetarisierungsmodelle sind noch nicht ausgereift (CXOtoday 2015). Komplementäre können demnach schwer einschätzen, wie viele Benutzer sie erreichen und wie viel Geld sie damit einnehmen können. Unter diesen Umständen wirkt eine fixe Registrierungsgebühr abschreckender als die variablen Transaktionsgebühren. Unter Berücksichtigung dieses Aspektes in Kombination mit dem „Henne-Ei Problem“ ist es für Mobilitätsplattformen am Anfang nicht empfehlenswert, Registrierungsgebühren zu erheben. Nach einer gewissen Zeit starken Wachstums kann es dann jedoch sinnvoll sein, Registrierungsgebühren für Komplementäre zu erheben. Insbesondere wenn es konkurrierende Plattformen gibt, kann die höhere Qualität, die durch diese Gebühr erreicht wird, entscheidend sein, um durch einen Qualitätsvorsprung Benutzer zu halten und zu gewinnen. Im Gegenzug

können die Transaktionsgebühr gesenkt werden oder einzelne, besonders wertvolle Nutzer subventioniert werden. Es kann somit festgestellt werden, dass die Monetarisierungsstrategie einer Mobilitätsplattform im derzeitigen noch unreifen Stand nicht auf Registrierungsgebühren zurückgreifen sollte.

Eine weitere Art der direkten Monetarisierung sind monatliche **Grundgebühren**. Der Betreiber der Mobilitätsplattform verlangt diese Gebühren für den Zugang zu seiner Plattform. Für diese monatlichen Gebühren kommen die Applikationsentwickler in Frage. Wie im nächsten Kapitel noch genauer beschrieben wird, sollte der Betreiber die Seite der Endnutzer subventionieren. Demnach sollte er auf eine Grundgebühr für die Endnutzer verzichten.

Eine Möglichkeit wäre es auch, den Applikationsentwicklern eine Wahlmöglichkeit zwischen festen Grundgebühren und flexiblen Transaktionsgebühren anzubieten. Eine monatliche Grundgebühr wäre dann ein Flatrate-Modell für den Applikationsentwickler. Wenn ein Applikationsentwickler einen monatlichen Beitrag zahlt, dann hat er eine gewisse Anzahl an kostenlosen Transaktionen pro Monat. Diese monatlichen Beiträge erhöhen die Planbarkeit für die Applikationsentwickler. Die Applikationsentwickler haben in den Interviews keine eindeutige Bevorzugung für eine transaktionsbasierte oder monatliche Gebühr gezeigt. Bei der Möglichkeit einer Auswahl würden sie strikt das Modell präferieren, das mit den niedrigeren Gebühren verbunden wäre.

Nutzungsabhängige Gebühren können nur dann verlangt werden, wenn der Betreiber die Nutzung der Plattform nachvollziehen kann. Sie sind eine Alternative zu transaktionsabhängigen Gebühren, insbesondere, wenn der Betreiber die Nutzung der Plattform kontrollieren kann, nicht aber einzelne Transaktionen. Dies wäre beispielsweise der Fall, wenn der Betreiber den Verkauf einer Applikation über eine mobile Plattform nicht nachvollziehen kann.

Mit einer nutzungsabhängigen Gebühr kann die tatsächliche Nutzung der Plattform monetarisiert werden. Eine nutzungsabhängige Gebühr kommt den Interviews zufolge auch für den Applikationsentwickler in Frage. Die Gebühr könnte so gestaltet sein, dass der Betreiber von den Applikationsentwicklern für jeden API-Aufruf der Applikation Geld verlangt. Eine Möglichkeit, die von einem Applikationsentwickler vorgeschlagen wird, wäre eine Kontingentlösung, die in bestimmten Abständen gestaffelt ist.

Aus diesen Faktoren ergibt sich, dass ein Plattformbetreiber eine proportionale Transaktionsgebühr erheben sollte, falls dies technisch möglich ist. Gleichzeitig sollte er ein Flatrate-Modell basierend auf einer monatlichen Gebühr anbieten. Die Akteure der Plattform sollten die Wahl zwischen transaktionsbasierten und fixen monatlichen Gebühren haben. Nutzungsabhängige Gebühren sind immer dann sinnvoll, wenn für die reine Nutzung der Plattform Kosten entstehen, also zum Beispiel, wenn durch einen Aufruf von bestimmten Daten direkte Kosten für Plattformbetreiber anfallen.

6.3.3 Subventionen bei Mobilitätsplattformen

Subventionen sollten angewendet werden, um zu Beginn ein schnelles Wachstum der Mobilitätsplattform zu ermöglichen. Ziel muss es sein, möglichst schnell eine kritische Masse an Benutzern und Entwicklern aufzubauen. Insbesondere in der Entwicklungsphase einer Plattform sollte Wachstum und damit verbunden die Überwindung des „Henne-Ei Problems“ das primäre Ziel des Betreibers sein (Schreieck et al. 2016b). Da Mobilitätsplattformen meist noch in der Entwicklungsphase sind, sollte der Plattformbetreiber auf jeden Fall Subvention anwenden.

Aber auch längerfristig ist die Subvention der richtigen Seite für eine Plattform notwendig, um sich gegen Konkurrenz zu behaupten. Auch Plattformbetreiber mit bereits ausgereiften Plattformen und einer starken Marktposition müssen für anhaltenden Erfolg eine optimale Preisstruktur finden und etablieren (Evans 2003). Eine entscheidende Frage für die längerfristige Subvention ist die Verteilung der Subventionen auf die verschiedenen Akteure der Mobilitätsplattform. Die in Tabelle 6-1 aufgelisteten Faktoren lassen eine Tendenz erkennen, welche Seite langfristig monetarisiert werden sollte. Die Bestimmung der Seite bei den einzelnen Faktoren geschieht anhand der in der Diskussion der Subvention besprochenen Literatur.

Tabelle 6-1. Bestimmung der subventionierten Seite.

Faktoren, die für die Subvention einer Seite sprechen	Betroffene Seite
Hohe Preissensibilität	Endnutzer
Hohes Qualitätsbewusstsein	Endnutzer
Geringere Kostenverursachung	Nicht feststellbar
Hohe Attraktivität	Endnutzer
Hohe Investitionskosten	Applikationsentwickler
Kein negativer gleichseitiger Netzwerkeffekt	Endnutzer
Kein Multihoming	Nicht feststellbar
Seite mit mehr privaten Nutzern	Endnutzer

In der rechten Spalte der Tabelle ist jeweils die Seite aufgelistet, die der Plattformbetreiber dem Faktor zufolge subventionieren sollte. Es kann somit festgehalten werden, dass die Mehrzahl der Faktoren für eine Subvention der Endnutzer sprechen.

Die folgenden Faktoren sprechen für die Subvention der Endnutzer: Die Endnutzer besitzen eine höhere Preissensibilität (Eisenmann et al. 2006). Zudem haben die Endnutzer ein hohes Qualitätsbewusstsein bezüglich der angebotenen Applikationen, während Applikationsentwickler die Quantität der auf der Plattform aktiven Endnutzer höher bewerten (Eisenmann et al. 2006). Endnutzer machen die Plattform attraktiv, da die Plattform durch deren Aktivität Daten erhält. Der Betreiber kann den Applikationsentwickler zu Beginn auch teilweise durch Absorption selbst ersetzen und eigene Applikationen entwickeln (Armstrong und Wright 2007; Eisenmann et al. 2006). Ein weiterer Faktor ist, dass Endnutzer hauptsächlich private Nutzer

umfassen (Muzellec et al. 2015). Auf der Seite der Endnutzer wirkt zudem kein negativer gleichseitiger Netzwerkeffekt. Endnutzer profitieren davon, wenn weitere Endnutzer auf der Plattform aktiv sind. Zum einen können Applikationsanbieter die Preise senken, zum anderen wird die Datenqualität der Plattform durch das verstärkte Crowdsourcing besser. Bei Applikationsanbietern wirkt ein negativer gleichseitiger Effekt: Je mehr Entwickler es gibt, desto stärker ist die Konkurrenz unter ihnen (Eisenmann et al. 2006).

Für die Applikationsentwickler als subventionierte Seite spricht nur einer der aufgeführten Faktoren. Die Applikationsentwickler haben höhere Investitionskosten. Sie müssen Arbeit und Zeit investieren, um die Plattform technisch zu verstehen und Applikationen für diese zu entwickeln (Rochet und Tirole 2003). Die Faktoren „Geringere Kostenverursachung“ und „Kein Multihoming“ haben dem jetzigen Informationsstand keine Implikation für die Frage, welche Seite der Plattform zu subventionieren ist.

Aus der Analyse der Faktoren folgt, dass ein Betreiber langfristig die Endnutzerseite subventionieren sollte. Umgekehrt impliziert das, dass der Betreiber mit direkten Gebühren über die Applikationsentwickler monetarisieren sollte. Für die Subvention der Endnutzer spricht auch, dass in den Interviews die Endnutzer als die schwieriger zu überzeugende Seite eingeschätzt wird.

„App-Entwickler lassen sich voraussichtlich leichter überzeugen als Endnutzer“

Bei Mobilitätsplattformen muss die räumliche Unterteilung der Nutzer in einzelne Städte beachtet werden. Viele Applikationsentwickler erwarten, dass ihre App in jeder (deutschen) Stadt funktioniert. Dies stellt den Plattformbetreiber vor das Problem, dass er in jeder Stadt eine ausreichende Nutzerbasis benötigt. Diese Anforderung ist vergleichbar mit der Situation von Uber. Ein attraktives Subventionsmodell für eine Mobilitätsplattform ist deshalb das flexible Modell von Uber. Dieses Modell subventioniert die Seiten flexibel je nach Stadt. Ziel ist es, in jeder Stadt ein Gleichgewicht zu erreichen.

Um die jeweilige Seite konkret zu subventionieren, kann der Betreiber eine Reihe von Maßnahmen ergreifen. Die Seite der Applikationsentwickler kann der Betreiber mit monetären Mitteln oder mit nicht-monetären Maßnahmen zur Senkung der Investitionskosten subventionieren.

Eine monetäre Entlastung oder ein Zuschuss für Applikationsentwickler sollte die Einstiegshürden senken, um maximales Wachstum zu ermöglichen. Sinnvoll ist hier die anfängliche Erlassung der Transaktionsgebühren bis eine bestimmte Anzahl an Transaktionen erreicht ist oder die Erlassung der Mitgliedsgebühren für die ersten Monate. Applikationsentwickler erwarten von den Plattformbetreibern eine nachsichtige und langsam ansteigende Gebührenerhebung. Neben einer monetären Entlastung kann ein Betreiber durch Subventionen erreichen, dass die Entwicklungskosten für die komplementären Applikationsentwickler sinken. Dazu

sollte der Betreiber den Applikationsentwicklern einen kostenlosen Zugang zu allen Entwicklungstools, Dokumentationen und quelloffenen Code-Beispielen anbieten, um sie so bei der Entwicklung zu unterstützen.

Subventionen für Endnutzer werden insbesondere auf Grund bereits konkurrierender Applikationen wie Google Maps benötigt. Unter der Annahme, dass Endnutzer keine wesentlichen Investitionskosten bei einer Mobilitätsplattform haben, kommt eine monetäre Subvention der Endnutzer für den Plattformbetreiber in Frage. Mögliche monetäre Subventionen wären die Erlassung der Gebühren oder die Auszahlung einer Willkommensprämie. Vorstellbar wäre auch, dass Endnutzer für die von ihnen gelieferten Daten bezahlt oder belohnt werden.

Der Plattformbetreiber kann aber nicht nur eine Seite subventionieren. Vielmehr sollte er die Subventionen auch gezielt auf einzelne wertvolle Benutzergruppen richten. Der Betreiber sollte Subventionen dafür verwenden, diese wertvollen Nutzer für seine Plattform zu gewinnen (Eisenmann et al. 2006). Als besonders wertvolle Endnutzer bei einer Mobilitätsplattform wurden in den Interviews die folgenden drei Gruppen gesehen:

- Unternehmen, deren Abläufe mit Bewegung im öffentlichen Raum verbunden sind,
- Apple iOS Nutzer und
- Nutzer, die als Multiplikatoren dienen.

Unternehmen, die stark auf Mobilität angewiesen sind, sind zum einen als Zielgruppe, zum anderen als Datenlieferanten für die Plattform interessant. Zu solchen Unternehmen gehören Handwerker, Lieferdienste und Logistikunternehmen. Unternehmen sind generell eher bereit, für Services und Applikationen, die ihnen einen Vorteil bringen, Geld zu zahlen. Diese Unternehmen bewegen sich häufig im öffentlichen Raum und generieren dadurch Echtzeitdaten. Apple iOS Nutzer geben im Durchschnitt wesentlich mehr Geld für Applikationen aus als Android Nutzer (Bajarin 2014). Sie sind deshalb bei Applikationsentwicklern beliebter. Stark vernetzte Personen probieren innovative Applikationen aus und erzählen anderen von diesen Applikationen. Sie dienen folglich als Multiplikatoren für die Applikationen. Sie können andere Benutzer von den Applikationen überzeugen und sie damit für die Plattform gewinnen.

Aus dieser Betrachtung folgt, dass der Plattformbetreiber zu Beginn jede Seite der Plattform subventionieren und sich auf das Wachstum der Plattform konzentrieren sollte. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass der Plattformbetreiber insgesamt wenig monetarisieren sollte und Verluste in Kauf nimmt. Da diese kurzfristige Subvention zu Beginn aber nur mit einer entsprechenden Finanzierung möglich ist, kann sie nicht allgemein bei jeder Mobilitätsplattform angewendet werden. Längerfristig sollte der Betreiber die Endnutzer subventionieren und die Plattform über die Applikationsentwickler monetarisieren. Im Fokus der Subvention stehen dabei die identifizierten drei wertvollen Benutzergruppen. Die Subvention der Endnutzer bedeutet konkret, dass der Betreiber generell keine Gebühren von ihnen verlangt. Der Betreiber sollte es bei der Monetarisierung vermeiden, den Applikationsentwicklern zu hohe Investitionskosten aufzubürden und somit künstliche Einstiegshürden zu schaffen. Der

Betreiber sollte erfolgreiche und etablierte Applikationsentwickler monetarisieren, neuen Entwicklern allerdings weiterhin durch kostenlose Entwicklungstools und Dokumentationen den Einstieg erleichtern.

6.3.4 Absorption bei Mobilitätsplattformen

Aufgrund der hohen Unsicherheit der Endnutzer bezüglich der genauen Funktionen einer Mobilitätsplattform ist es sinnvoll, einige Applikationen durch den Betreiber entwickeln zu lassen. Eine gewisse Absorption ist geeignet, das „Henne-Ei Problem“ abzumildern (Eisenmann et al. 2008). Durch solche selbst entwickelten Applikationen kann die Plattform Endnutzer gewinnen ohne davor Applikationsentwickler von der Plattform überzeugen zu müssen (Peitz 2006). Die Absorption ist insbesondere dann für einen Plattformbetreiber angezeigt, wenn er bereits Kompetenzen in diese Richtung besitzt. Eine wesentliche Datenquelle der Mobilitätsplattform sind die Endnutzer der Plattform. Deshalb sollte eine absorbierte Applikation insbesondere dafür sorgen, dass der Betreiber durch die Nutzer seiner eigenen Applikationen wertvolle Daten erhält.

Die in den qualitativen Interviews befragten Applikationsentwickler sehen insbesondere zu Beginn positive Aspekte in der Absorption. Sie erhoffen sich hierdurch wiederum Inspiration und eine Vorlage für ihre eigenen Applikationen. Um positive Effekte zu fördern und negative Effekte zu vermeiden, ist es für den Betreiber deshalb sinnvoll, zum einen nur neue, innovative Applikationen zu entwickeln und zum anderen diese Applikationen möglichst quelloffen zu halten.

Im späteren Verlauf wird Absorption hingegen kritischer gesehen. Insbesondere, wenn erfolgreiche Applikationen von Entwicklern vom Plattformbetreiber nachgebaut werden. Wichtig sind hier eine klare Kommunikation und ein transparentes Vorgehen.

„Wenn so eine Plattform mal 3-4 Jahre läuft und man stellt dann fest, dass die offizielle Anwendung dann anfängt, Dinge zu kopieren, die so ein Indie-Entwickler in seinen Apps davor eingebaut hat, das macht definitiv saures Blut, also das kann man ja auch immer wieder bei Apple sehen. Ob mal mir nichts dir nichts die Entwicklungsarbeit von so einem kleinen Studio in dem Betriebssystem auftaucht und man denkt, das ist kein schöner Zug. Davon hängt es ab.“

6.3.5 Indirekte Monetarisierung bei Mobilitätsplattformen

Eine Monetarisierung der Mobilitätsplattform ist durch zwei indirekte Arten vorstellbar. Zum einen kann eine Mobilitätsplattform durch Werbung indirekt monetarisiert werden (Taylor 2014). Der Plattformbetreiber kann dazu zum Beispiel allen Endnutzern Werbeanzeigen einblenden, wenn sie eine Applikation der Plattform benutzen. Diese Form der Werbung ist jedoch unbeliebt und verringert die Nützlichkeit der Applikation. Sinnvoller kann eine ortsbezogene Werbung für mobilitätsnahe Dienstleistungen sein. Eine Möglichkeit wäre es, für die besonders prominente Darstellung bestimmter Anbieter von Mobilitätsdienstleistungen Geld zu verlangen. Beispielsweise könnten die Fahrzeuge eines bestimmten Carsharing-Anbieters prominent

dargestellt werden. Aufgrund der negativen Einschätzung der Applikationsentwickler und des unklaren Effektes wird auf Werbung in der empfohlenen Monetarisierungsstrategie verzichtet.

Zum anderen kann eine indirekte Monetarisierung der Plattform durch den Verkauf der Daten erfolgen. Eine der wesentlichen Aufgaben einer Mobilitätsplattform ist die Sammlung und Aufbereitung von Daten. Diese Daten können aber nicht nur dazu eingesetzt werden, um die Applikationen der Plattform zu versorgen. Der Betreiber kann die Daten auch außerhalb der Plattform vertreiben. Verschiedene Unternehmen kommen als Interessenten für diese Daten in Frage. Der Betreiber könnte Daten an Geschäfte zur Optimierung des Standortes verkaufen. Darüber hinaus sind Daten über die Mobilitätssituation der Stadt für Bauträger, Immobilienentwickler oder Makler zur Abschätzung des Immobilienwertes und des Potenzials für z.B. ein neues Einkaufzentrum interessant. Die Bewegungsprofile der Nutzer wiederum wären relevant für Anbieter von Carsharing. Vorbild für die indirekte Monetarisierung durch Daten kann hier Uber sein. Uber hat einen Kooperationsvertrag mit der Hotelkette Starwoods zur Weitergabe seiner Daten abgeschlossen (Hirson 2015). Die Weitergabe der Daten an private Unternehmen wird allerdings aufgrund von Datenschutzbedenken von vielen Nutzern kritisch gesehen (Evans 2009).

Ein anderer Ansatz wäre die Weitergabe der Daten an öffentliche Institutionen im Gegenzug für öffentliche Gelder und Subventionen. Insbesondere die durch die Benutzer der Plattform gesammelten, hochaktuellen Daten könnten für die Stadtverwaltung wertvoll sein. Eine Mobilitätsplattform könnte eine wesentliche Rolle bei der Echtzeit-Verkehrsplanung und Überwachung durch Behörden einnehmen (Kitchin 2014). Durch die Analyse der Daten können zukünftige urbane Entwicklungen vorhergesehen werden. Dadurch kann die Stadtplanung optimiert werden. Städte können durch die Nutzung von Daten effizienter verwaltet werden (Kitchin 2014). Wenn eine öffentliche Institution an den Daten interessiert ist, wäre eine Kooperation grundsätzlich vorstellbar. Aufgrund der Datenschutzbedenken wird diese Form der indirekten Monetarisierung allerdings nicht in die empfohlene Strategie mit aufgenommen.

6.4 Ebenen-Modell für effektive Monetarisierung

Im Kontext der Smart City gibt es Plattformen, die nicht aufbereitete Daten durch eine offene Schnittstelle zur Verfügung stellen. Es existieren zusätzlich auch Plattformen, die einen Schritt weitergehen und Services anbieten (Pflügler et al. 2016b). Diese Unterschiede in der Plattformarchitektur haben Auswirkungen auf die Monetarisierung. Grundlage für die Überlegungen zum Ebenenmodell der Mobilitätsplattform ist die Unterteilung der Plattform in einen festen Plattformkern, auf dem variable Komponenten basieren (Baldwin und Woodard 2008). Wichtig für die Ebene der Monetarisierung ist die Bestimmung der Position der Kontrollpunkte bei einer Mobilitätsplattform. Kontrollpunkte sind Prozessschritte, bei denen der Plattformbetreiber die Aktivitäten auf der Plattform kontrollieren kann, zum Beispiel bei der Prüfung der

Qualität von Applikationen bevor diese auf der Plattform veröffentlicht werden (Bharadwaj et al. 2013).

Im Rahmen einer Mobilitätsplattform lassen sich die unterschiedlichen Ebenen anhand einer Navigationsanwendung, die auf die Mobilitätsplattform aufbaut, verdeutlichen. Wenn der Betreiber nur die reinen Kartendaten per Application Programming Interface (API) bereitstellt, dann steht nur die Datenebene unter der Kontrolle des Plattformbetreibers. Wenn der Betreiber einen Dienst anbietet, mit dem der Entwickler eine Routenführung in seine Applikation einbauen kann, handelt es sich um die Serviceebene. Wenn der Betreiber selbst eine Applikation zur Navigation anbietet, dann agiert der Betreiber selbst auf der Applikationsebene.

Eine Monetarisierung auf Datenebene erscheint für den Betreiber der Mobilitätsplattform wenig sinnvoll. Zum einen kommen Teile der Daten aus öffentlichen oder freien Quellen, sie stehen also jedem zur Verfügung und haben deshalb keinen oder nur einen geringen Marktwert. Zum anderen ist der Plattformbetreiber auf nicht öffentliche Daten aus der städtischen Infrastruktur angewiesen. Diese städtische Infrastruktur steht unter der Kontrolle von Unternehmen, die ebenfalls versuchen ihre Daten zu monetarisieren und diese dazu an Applikationsentwickler weiterzuleiten (Neirotti 2013). Ein Beispiel für ein solches Unternehmen ist Siemens mit seiner City Intelligence Platform. Ein Plattformbetreiber, der nicht über die Kontrolle der Infrastruktur verfügt, muss im Vergleich zu diesen Datenlieferanten einen Mehrwert bieten. Der entscheidende Schritt in der Wertschöpfung ist die Kombination und Analyse von großen Mengen an Daten aus vielen verschiedenen Quellen. Einen signifikanten wirtschaftlichen Mehrwert bieten die Daten erst dann, wenn sie analysiert und integriert werden (Pflügler et al. 2016b). Deshalb muss der Betreiber seinen Komplementären die Daten in Form eines Services aufbereiten. Wenn es dem Betreiber der Plattform gelingt, dieses komplizierte technische Problem zu lösen, kann er darauf basierend ein erfolgreiches Plattform-Ökosystem aufbauen (Gawer und Cusumano 2008).

Pflügler et al. (2016b) entwerfen eine modulare Architektur auf Serviceebene für eine Mobilitätsplattform. Die Architektur der Mobilitätsplattform ExCELL basiert auf diesem Entwurf. Ein wesentliches Merkmal dieser Architektur ist, dass die modularen Services der Mobilitätsplattform in einem hierarchischen System aufgebaut sind. Die Services der untersten Ebene greifen direkt auf die Daten zu. Diese Services bereiten die Daten auf, setzen die Daten in Zusammenhang und analysieren sie. Auf diesen grundlegenden Services bauen weitere Services auf. Diese nutzen und integrieren die aufbereiteten Daten von einem oder mehreren grundlegenden Services. Diese in der Hierarchie höherstehenden Services basieren also auf einem oder mehreren niedriger stehenden Services. Insgesamt ergibt sich somit ein modulares System, das sich flexibel an die Bedürfnisse der Applikationsentwickler anpassen lässt. Das System der Services ist demnach leicht erweiterbar. Die darunterliegenden Services sind allerdings nur schwer modifizierbar, da sie als Basis für andere Services dienen.

Wendet man das Konzept der festen Kernkomponente und der variablen, peripheren Komponenten auf diese Servicearchitektur an, so bedeutet das, dass man die Serviceebene auf Betreiber und Komplementäre aufteilen sollte (Tiwana et al. 2010). Die unten gelegenen Ebenen der Services sind unflexibel und sollten deshalb unter der Kontrolle des Betreibers stehen. Sie stellen die Schnittstelle zwischen der Datenebene und den höher gelegenen Ebenen dar. Dieses Schichtsystem an Ebenen ist der Kern der Plattform und muss demnach vom Plattformbetreiber kontrolliert und entwickelt werden (Schreieck et al. 2017a; Schreieck et al. 2018a).

Die Daten auf einer Mobilitätsplattform stammen aus verschiedenen Quellen. Damit die Applikationsentwickler die Daten effektiv verwenden können, müssen die Daten analysiert und integriert werden (Pflügler et al. 2016b). Dies bedeutet für die Applikationsentwickler einen erheblichen Aufwand. Zudem stellt es eine Eintrittshürde für einen Entwickler dar, da dieser zur Analyse der Daten spezifisches Wissen benötigt. Durch das Angebot von Services, die diese Daten analysieren und miteinander in Beziehung setzen, kann der Betreiber Entwicklern die Entwicklungsarbeit erleichtern. Der Entwickler kann auf mehrere Services zugreifen und diese in einem modularen System zu seiner gewünschten Applikation zusammenfügen. Die Bereitstellung von Services schafft dadurch einen größeren Mehrwert im Vergleich zum reinen Angebot von Daten (Pflügler et al. 2016b).

Die Services sind die Schnittstellen der Datenebene zur Applikationsebene. Da diese Services erheblichen Mehrwert bieten, können sie als die Kontrollpunkte des Ökosystems der Mobilitätsplattform gesehen werden. Der Plattformbetreiber sollte die Services kontrollieren, um eine optimale Wertabschöpfung zu erreichen (Bharadwaj et al. 2013). Daraus folgt, dass der Plattformbetreiber auf der Service- und Applikationsebene monetarisieren sollte.

Tabelle 6-2. Ebenen-Modell der Monetarisierung.

Ebene	Daten	Services	Applikation
Transaktionsbasierte Gebühren	Gebühr für die Transaktion von Daten: z.B. bei Shutterstock 39 € für fünf Bilder, wovon ein Teil an den Datenanbieter ausgeschüttet wird	Gebühr für die Transaktion eines Service: z.B. Uber behält per Fahrt 20 % des Fahrpreises ein	Gebühr für die Transaktion von Applikationen: Apple behält 70 % der Einnahmen aus dem Verkauf von Applikationen
Grundgebühren	In gewissen Zeitabständen für den Zugriff auf die Plattform anfallende Gebühr	In gewissen Zeitabständen für den Zugriff auf die Plattform anfallende Gebühr	In gewissen Zeitabständen für den Zugriff auf die Plattform anfallende Gebühr - Apple verlangt 99 € pro Jahr von den Entwicklern
Registrierungsgebühr	Gebühr für die Registrierung	Gebühr für die Registrierung: Salesforce verlangt 2700 € für die Registrierung (und führt eine Überprüfung durch)	Gebühr für die Registrierung
Nutzungsabhängige Gebühren (unabhängig von Transaktionen)	Beispiel: Wie oft ein bestimmter erworbener Datensatz benutzt wird; z.B. bei einer Graphik Abrechnung pro Druck	Service muss im Zusammenspiel mit kostenpflichtiger Software des Betreibers betrieben werden: Salesforce Independent Software Vendor (ISV) Modell	Applikation wird/muss auf Cloud Umgebung des Betreibers ausgeführt werden und die dafür benötigte Leistung wird separat berechnet: IBM Watson verlangt Gebühren pro Aufruf einer API
Subvention	Subvention z.B. in Form von kostenloser Benutzung durch Endnutzer bei Facebook	Subventionen z.B. in Form von kostenlosen Entwicklungstools oder Prämien bei der Anmeldung: Beispiel Uber	Subventionen z.B. in Form von kostenlosen Entwicklungstools: Google bietet SDK und Tools kostenlos an
Absorption	Betreiber der Plattform bietet eigene Daten an	Ein Betreiber einer Plattform für Services bietet gleichzeitig auch eigene Services über diese Plattform an	Betreiber bietet eigene Applikationen an: Google bietet Google Maps mit Navigationsdienst auf Android an und verdrängt so andere Navigationsanbieter
Indirekte Monetarisierung durch Werbung	Daten können genutzt werden, um Werbung zu optimieren: Facebook	-	Android Plattform ermöglicht Kontrolle und somit mobile Werbeeinahmen von Google.

6.4.1 „Henne-Ei Problem“ bei Mobilitätsplattformen

Bei einer Mobilitätsplattform drohen durch das „Henne-Ei Problem“ zwei Probleme: Zum einen benötigen Applikationsentwickler die Endnutzer als zahlende Konsumenten. Zum anderen benötigt der Plattformbetreiber die Endnutzer als Datenlieferanten. Das „Henne-Ei Problem“ wird besonders deutlich bei der Gewinnung von Daten. Applikationsentwickler erwarten ein großes Angebot an qualitativ hochwertigen Daten. Sie benötigen diese Daten um innovative

Applikationen entwickeln zu können. Endnutzer interessieren sich aber nur für die Plattform, wenn sie innovative Applikationen bietet (Schreieck et al. 2016b).

Wird die Mobilitätsplattform um die Städte als dritte Seite erweitert, so kommt zu dem bereits beschriebenen Problem eine weitere Ausprägung des „Henne-Ei Problems“ hinzu. Die Plattform macht für eine Stadtverwaltung nur dann Sinn, wenn genügend Bürger die Applikationen der Plattform nutzen und sich daraus ein Mobilitätsgewinn für diese ergibt. Applikationsentwickler erwarten, dass die Daten für viele Städten in gleicher Qualität und Form zur Verfügung stehen. Wenn dies nicht der Fall ist, befürchten Entwickler, dass sie zu wenige potenztielle Nutzer haben. Weiterhin sehen sie kritisch, dass Nutzer möglicherweise in anderen Städten ihre Applikation nicht sinnvoll einsetzen können. Der Plattformbetreiber muss damit von Beginn an alle drei Seiten gleichzeitig von seiner Plattform überzeugen.

Zur Überwindung des „Henne-Ei Problems“ sollte der Betreiber das Angebot an bisher benachteiligte, eher wenig beachtete Kundengruppen, wie zum Beispiel KMU oder Fahrradfahrer, richten. Applikationsentwickler haben oft auch eine intrinsische Motivation, Applikationen für diese Gruppen zu erstellen, zum Beispiel, weil Entwickler selbst zur Gruppe der Fahrradfahrer gehören.

„Die Fahrradfahrer tatsächlich einfach nur zu visualisieren, das wäre für mich glaub ich, wenn ich diese Daten hätte, da hätte ich einen riesen Spaß daran.“

Dazu kann er durch Absorption als Betreiber eigene innovative Applikationen auf den Markt bringen. Seine eigenen Applikationen kann der Betreiber gezielt an diese bisher vernachlässigten Gruppen richten. Dadurch schafft er es, diese Kundengruppen zu gewinnen. Die Gruppen wiederum liefern Daten an die Plattform, wobei diese die Applikationsentwickler zur Entwicklung neuer Apps motivieren. Durch die neu entwickelten Applikationen steigt wiederum die Attraktivität der Plattform. Ein positiver Kreislauf beginnt.

6.4.2 Ergebnis und Beschreibung des Modells

Unter Berücksichtigung der Ausprägungen der Dimensionen lässt sich ein geeignetes Monetarisierungsmodell für eine Mobilitätsplattform erstellen. Tabelle 6-3 gibt einen Überblick über die Dimensionen und ihre Ausprägungen bei der Mobilitätsplattform.

Tabelle 6-3. Dimensionen der Monetarisierungsstrategie für eine Mobilitätsplattform.

Dimensionen	Ausprägung bei Mobilitätsplattform
Art der Geschäftsbeziehung	B2C
Anzahl an Seiten	Drei
Reifegrad Plattform	Entwicklungsphase
Offenheit	Offen
Transaktionsbasierte Gebühren	Ja, wenn technisch möglich
Grundgebühren	Ja, als „Flatrate“ Modell und Wahlmöglichkeit für Entwickler
Registrierungsgebühr	Keine
Nutzungsabhängige Gebühren (unabhängig von Transaktionen)	Ja, als Wahlmöglichkeit für Entwickler
Subvention	Ja
Absorption	Ja
Indirekte Monetarisierung durch Daten	Nein
Indirekte Monetarisierung durch Werbung	Nein

Anhand dieser Tabelle kann das Monetarisierungsmodell mit e3-Value[63] erstellt werden. Die vier zentralen Elemente des Modells sind der Betreiber, die Applikationsentwickler, die Endnutzer und die Stadtverwaltung. Der Betreiber ist als Akteur modelliert. Die Endnutzer, Applikationsentwickler und Stadtverwaltungen sind als Marktsegmente modelliert. Der Betreiber der Mobilitätsplattform bietet den Endnutzern eigene Applikationen an. Im Gegenzug erhält er durch Crowdsourcing Daten von den Endnutzern. Die zentrale Transaktion ist der Verkauf der Applikation eines Entwicklers an den Endnutzer. Der Plattformbetreiber erhält von diesem Verkauf eine transaktionsbasierte Gebühr.

Der Applikationsentwickler kann die Daten, die der Betreiber gesammelt und aufbereitet hat, und die vom Betreiber angebotenen Services für seine Applikationen nutzen. Je nach Präferenz muss der Entwickler eine Grundgebühr oder eine nutzungsabhängige Gebühr an den Betreiber entrichten. Die öffentliche Hand ist in Form der Stadtverwaltungen dargestellt, diese werden als Marktsegment modelliert. Sie zahlen Geld an den Plattform Betreiber und erhalten im Gegenzug eine Verbesserung der Mobilität in ihrer Stadt. Außerdem unterstützen sie die Plattform mit Daten. Der Geldfluss zwischen Endnutzer und Stadtverwaltung steht stellvertretend für die Steuerabgaben der Bürger. Die Darstellung soll signalisieren, dass die öffentliche Hand für die Aufrechterhaltung und Verbesserung der Mobilität der Bürger Geld erhält. Die Stadt könnte demnach einen Teil davon an den Plattformbetreiber weitergeben, da die Mobilitätssituation durch die Plattform verbessert wird. Die mobilen Plattformen stellen einen Teil

[63] e3-Value ist eine Modellierungsmethode, mit der die Wertflüsse zwischen Akteuren eines Geschäftsmodells visualisiert werden können (http://e3value.few.vu.nl/).

der technischen Basis für die Applikationen der Plattform dar. Im Gegenzug werden sie durch diese Applikationen aufgewertet.

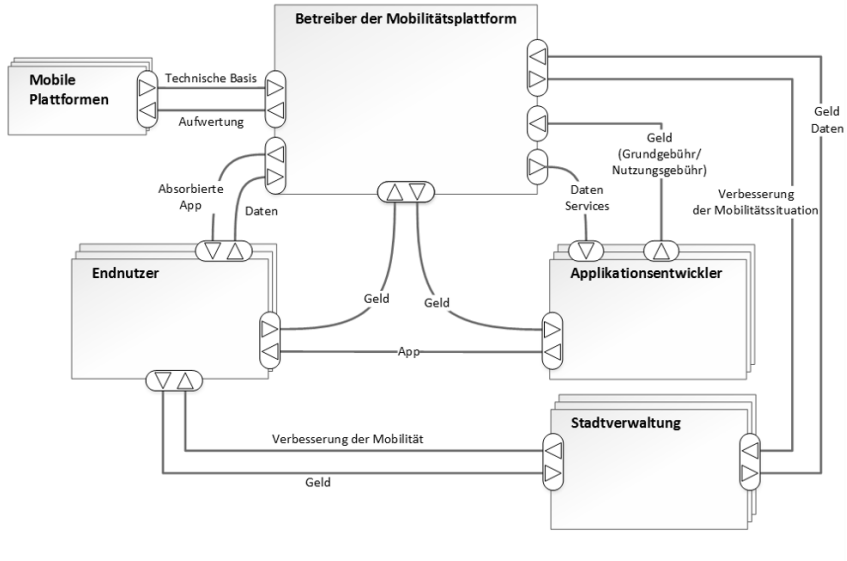


Abbildung 6-1. Monetarisierungsmodell einer Mobilitätsplattform.

6.5 Fazit und Ausblick

Durch die Untersuchung der Mobilitätsplattformen im Kontext der Smart City konnten Erkenntnisse über die Charakteristika von Mobilitätsplattformen gesammelt werden. Dadurch war es möglich, die Ausprägungen der Dimensionen für eine Mobilitätsplattform zu bestimmen. Ein wesentlicher Aspekt ist dabei die Berücksichtigung der öffentlichen Hand in Form der Stadtverwaltung als dritte Seite neben den Endnutzern und Applikationsentwicklern. Das Ergebnis dieses Kapitels ist der Entwurf einer Monetarisierungsstrategie für Mobilitätsplattformen. Die erstellte Monetarisierungsstrategie erreicht eine Balance zwischen kurzfristiger Gewinnerzielung und langfristigem Wachstum. Insgesamt zeigt sich, dass die Monetarisierungsstrategien verschiedener Plattformen aus einer Mehrzahl von eindeutig identifizierbaren Elementen bestehen. Wenn diese Elemente passend zu dem individuellen Charakter einer neuen Plattform zusammengesetzt werden, kann der Plattformbetreiber eine nachhaltige Monetarisierungsstrategie umsetzen. Die Ergebnisse sind für digitale Plattformen im Allgemeinen relevant (Schreieck und Wiesche 2017) und können auch im Kontext von Non-Profit Plattformen angewendet werden, um kostendeckende Betriebsmodelle zu identifizieren (Schreieck et al. 2016a; Schreieck et al. 2017b).

Ein weiterführender Forschungsansatz ist die Beurteilung der vorgeschlagenen Monetarisierungsstrategie nach einigen Jahren in Anwendung. Für diesen Rückblick kann die ExCELL-Plattform in einigen Jahren geeignet sein. In Zusammenhang damit steht, dass die erstellte Monetarisierungsstrategie auf einer qualitativen Zusammenstellung der Dimensionen beruht. Als nächster Forschungsschritt erscheint im Rahmen des Rückblicks auch eine Überprüfung der Zusammenhänge durch quantitative Analysen vielversprechend. Besonders interessant wäre auch eine Quantifizierung des Effektes einzelner Dimensionen. Um einzelne Dimensionen isolieren zu können, sind kontrollierte Studien wie zum Beispiel Experimente oder Quasi-Experimente notwendig. Ein weiterer Ansatz ist die Untersuchung der Monetarisierungsstrategie von gescheiterten Plattformen (Tiwana et al. 2010). Dies könnte zu weiteren Erkenntnissen über negative Faktoren, die eine Monetarisierungsstrategie vermeiden sollte, führen.

Plattformen und deren Monetarisierungsstrategie werden in Zukunft weiterhin an Bedeutung gewinnen. Insbesondere, da die Geschäftsmodelle von immer mehr Startups plattformbasiert sind (Economist 2016). Eine Fragestellung dabei wird sein, ob die sehr starke Konzentration auf Wachstum durch eine darauf ausgelegte Monetarisierungsstrategie auch in Zukunft noch durchführbar sein wird. Startups mit Plattformenmodellen wie Uber versuchen, möglichst viel Marktanteil und eine mögliche Monopol-Stellung zu erreichen, indem sie die Seiten ihrer Plattformen stark subventionieren und dafür bewusst massive Verluste in Kauf nehmen. Es ist fraglich, ob diese Entwicklung langfristig nachhaltig ist. Bei einer Verteuerung von Risikokapital könnten junge Plattformen mit starkem Fokus auf anfängliche Subventionen sich als nicht überlebensfähig erweisen. Eine mögliche Forschungsrichtung wäre demnach, das Monetarisierungsmodell einer Plattform mit den Forschungen im Bereich Risikokapital zu verbinden. Die hieraus resultierende offene Fragestellung ist also, wie weit die optimale Monetarisierungsstrategie von den Kapitalverhältnissen eines Betreibers abhängt. Es ist zu erwarten, dass je nach Finanzlage des Betreibers unterschiedliche Monetarisierungsstrategien für eine neue Plattform erfolgversprechend sind.

6.6 Literaturverzeichnis

Armstrong M, Wright J (2007) Two-sided markets, competitive bottlenecks and exclusive contracts. Economic Theory 32 (2): S. 353-380.

Bajarin B (2014) iOS, Android, and the Dividing of Business Models. https://techpinions.com/ios-android-and-the-dividing-of-business-models/32237. Abgerufen am 19.04.2016.

Bakıcı T, Almirall E, Wareham J (2013) A smart city initiative: the case of Barcelona. Journal of the Knowledge Economy 4 (2): S. 135-148.

Baldwin CY, Woodard CJ (2008) The architecture of platforms: a unified view. Harvard Business School Finance Working Paper (09-034).

BCN (2016) BCN Smart City. http://smartcity.bcn.cat/en. Abgerufen am 17.05.2016.

Bélissent J (2010) Getting clever about smart cities: new opportunities require new business models. Vendor Strategy Professionals.

Bharadwaj A, El Sawy OA, Pavlou PA, Venkatraman N (2013) Digital business strategy: toward a next generation of insights. MIS Quarterly 37 (2): S. 471-482.

Caillaud B, Jullien B (2003) Chicken & egg: Competition among intermediation service providers. RAND Journal of Economics 34 (2): S. 309-328.

CXOtoday (2015) Smart City: Monetization Models Yet To Evolve. http://www.cxotoday.com/story/smart-city-monetization-models-yet-to-evolve-says-amit-phadnis-of-cisco/. Abgerufen am 19.07.2016.

Dameri RP (2013) Searching for Smart City definition: a comprehensive proposal. International Journal of Computers & Technology 11 (5): S. 2544-2551.

Economist (2016) Platforms are the marketplaces of the future, but not for everyone. http://www.economist.com/news/business/21699103-most-products-and-services-are-not-substantial-enough-make-good-platform-platforms-are?fsrc=scn/fb/te/bl/ed/platformsarethemarketplacesofthefuturebutnotforeveryone. Abgerufen am 19.05.2016.

Eisenmann T, Parker G, Van Alstyne MW (2006) Strategies for two-sided markets. Harvard Business Review 84 (10): S. 92.

Eisenmann TR, Parker G, Van Alstyne MW (2008) Opening platforms: how, when and why? Harvard Business School Entrepreneurial Management Working Paper: S. 131-162.

Evans DS (2003) Some empirical aspects of multi-sided platform industries. Review of Network Economics 2 (3): S. 191-209.

Evans DS (2009) The online advertising industry: Economics, evolution, and privacy. The Journal of Economic Perspectives 23 (3): S. 37-60.

ExCELL (2016) ExCELL. http://excell-mobility.de/. Abgerufen am 04.03.2016.

Gawer A, Cusumano MA (2008) How companies become platform leaders. MIT Sloan Management Review 49 (2): S. 28-35.

Giles S (2012) One Smart City business model is illusory. http://www.smartcitiesineurope.com/2012/09/one-smart-city-business-model-is-illusory/. Abgerufen am 01.11.2017.

Gläser J, Laudel G (2010) Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

Hein A, Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2016) Multiple-case analysis on governance mechanisms of multi-sided platforms, Multikonferenz Wirtschaftsinformatik, Ilmenau.

Hirson R (2015) Uber: The Big Data Company. http://www.forbes.com/sites/ronhirson/2015/03/23/uber-the-big-data-company/#4e6380cd25f4. Abgerufen am 04.09.2016.

Kitchin R (2014) The real-time city? Big data and smart urbanism. GeoJournal 79 (1): S. 1-14.

Mass Factory (2017) App&Town Public Transport. https://play.google.com/store/apps/details?id=cat.uab.onthebus&hl=de. Abgerufen am 15.10.2017.

Muzellec L, Ronteau S, Lambkin M (2015) Two-sided Internet platforms: A business model lifecycle perspective. Industrial Marketing Management 45: S. 139-150.

Neirotti P (2013) New business model in smart cities: Emerging trends and methods of analysis. http://www.bestorino.com/SpC13/prematerials/2.pdf. Abgerufen am 19.07.2016.

Peitz M (2006) Marktplätze und indirekte Netzwerkeffekte. Perspektiven der Wirtschaftspolitik 7 (3): S. 317-333.

Pflügler C, Köhn T, Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2016a) Predicting the Availability of Parking Spaces with Publicly Available Data, INFORMATIK 2016, Klagenfurt.

Pflügler C, Schreieck M, Hernandez G, Wiesche M, Krcmar H (2016b) A concept for the architecture of an open platform for modular mobility services in the smart city. Transportation Research Procedia 19: S. 199-206.

Rochet JC, Tirole J (2003) Platform competition in two-sided markets. Journal of the European Economic Association 1 (4): S. 990-1029.

Schaffers H, Komninos N, Pallot M, Trousse B, Nilsson M, Oliveira A (2011) Smart cities and the future internet: Towards cooperation frameworks for open innovation, The Future Internet Assembly, Budapest.

Schermann M, Hemsen H, Buchmüller C, Bitter T, Krcmar H, Markl V, Hoeren T (2014) Big Data, An Interdisciplinary Opportunity for Information Systems Research. Business & Information Systems Engineering 6 (5): S. 261-266.

Schermann M, Wiesche M, Krcmar H (2012) The role of information systems in supporting exploitative and exploratory management control activities. Journal of Management Accounting Research 24 (1): S. 31-59.

Schreieck M, Hakes C, Wiesche M, Krcmar H (2017a) Governing Platforms in the Internet of Things, International Conference on Software Business, Essen, Germany.

Schreieck M, Hein A, Wiesche M, Krcmar H (2018a) The Challenge of Governing Digital Platform Ecosystems. In: Linnhoff-Popien C, Schneider R, Zaddach M (Hrsg.) Digital Marketplaces Unleashed. Springer, S. 527-538.

Schreieck M, Pflügler C, Setzke DS, Wiesche M, Krcmar H (2018b) Improving Urban Transportation: an Open Platform for Digital Mobility Services. In: Linnhoff-Popien C, Schneider R, Zaddach M (Hrsg.) Digital Marketplaces Unleashed. Springer, S. 479-489.

Schreieck M, Wiesche M (2017) How established companies leverage IT platforms for value co-creation – Insights from banking, Twenty-fifth European Conference on Information Systems, Guimarães, Portugal.

Schreieck M, Wiesche M, Hein A, Krcmar H (2016a) Governance of nonprofit platforms – Onboarding mechanisms for a refugee information platform, SIG GlobDev Ninth Annual Workshop, Dublin.

Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2016b) Design and Governance of Platform Ecosystems – Key Concepts and Issues for Future Research, Twenty-Fourth European Conference on Information Systems, Istanbul, Turkey.

Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2016c) Modularization of digital services for urban transportation, Americas Conference on Information System, San Diego, USA.

Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2017b) Governing nonprofit platform ecosystems – an information platform for refugees. Information Technology for Development 23 (3): S. 618-643.

Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2017c) The Platform Owner's Challenge to Capture Value – Insights from a Business-to-Business IT Platform, International Conference on Information Systems, Seoul, Südkorea.

Siemens (2016) City Intelligence Plattform http://www.siemens.com/innovation/en/home/pictures-of-the-future/infrastructure-and-finance/smart-cities-city-intelligence-platform.html. Abgerufen am 16.08.2016.

Taylor S (2014) How to Make Money from Smart Cities. http://blogs.cisco.com/sp/how-to-make-money-from-smart-cities. Abgerufen am 15.07.2016.

Tiwana A, Konsynski B, Bush AA (2010) Platform evolution: Coevolution of platform architecture, governance, and environmental dynamics. Information Systems Research 21 (4): S. 675-687.

Tupper LL, Chowdhury MA, Klotz L, Fries RN (2012) Measuring sustainability: How traffic incident management through intelligent transportation systems has greater energy and environmental benefits than common construction-phase strategies for "green" roadways. International Journal of Sustainable Transportation 6 (5): S. 282-297.

Walravens N (2012) Mobile business and the smart city: Developing a business model framework to include public design parameters for mobile city services. Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research 7 (3): S. 121-135.

Walt V (2015) Barcelona: The most wired city in the world. http://fortune.com/2015/07/29/barcelona-wired-city/. Abgerufen am 24.07.2016.

Wang Z, Wright J (2015) Ad-valorem platform fees, indirect taxes and efficient price discrimination. The Federal Reserve Bank of Richmond.

Weßel C (2010) Semi-strukturierte Interviews im Software-Engineering: Indikationsstellung, Vorbereitung, Durchführung und Auswertung-Ein Fall-basiertes Tutorium, GI Jahrestagung, Leipzig.

Wiesche M, Berwing C, Schermann M, Krcmar H (2011) Patterns for Understanding Control Requirements for Information Systems for Governance, Risk Management, and Compliance (GRC IS), CAiSE Workshops.

Teil C: Mobilitätsdaten für intelligente City-Logistik

7 Nutzung von Verkehrsdaten zur Verkehrsflussoptimierung[64]

S. Fröhlich, S. Pape, C. Gassel, J. Krimmling

*Der städtische Verkehr in Dresden zählt zu den Besten in ganz Deutschland. Das hat eine repräsentative Onlineumfrage des ADAC ergeben, in der die 15 größten deutschen Städte bewertet wurden (ADAC e.V. 2017). Die Landeshauptstadt Dresden verfügt mit seinem **V**erkehrs-**A**nalyse-, -**M**anagement- und **O**ptimierungs-**S**ystem VAMOS über ein modernes, vollautomatisches Verkehrsmanagementsystem, mit dem der aktuelle Verkehrszustand erfasst, modelliert und beeinflusst wird. In diesem Kapitel werden die drei Ebenen des VAMOS beschrieben: die Verkehrsdatenerhebung, das Verkehrslagemodell und die Verkehrsbeeinflussung und -steuerung.*

Using a modern, fully automated traffic management system, the inner-city traffic of Dresden is among the best in Germany (ADAC e.V. 2017). This system is called VAMOS and uses sensors, traffic models and traffic management facilities to optimize the inner-city traffic. In this chapter, we show and explain the 3 levels of data collection using sensors, the traffic analysis model and the applied methods of traffic management.

[64] Das Forschungsprojekt ExCELL wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert (Förderkennzeichen: 01MD15001E).

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018
M. Wiesche et al. (Hrsg.), *Management digitaler Plattformen*,
Informationsmanagement und digitale Transformation,
https://doi.org/10.1007/978-3-658-21214-8_7

7.1 Einleitung

Das **V**erkehrs-**A**nalyse-, -**M**anagement- und **O**ptimierungs-**S**ystem VAMOS ist die zentrale Komponente des operativen Straßenverkehrsmanagementsystems von Dresden. Hier erfolgt die Erfassung und Zusammenführung von Verkehrsdaten, die Modellierung eines Verkehrslagebildes und die Beeinflussung und Steuerung des Verkehrs in der Landeshauptstadt Dresden. Die Ursprünge von VAMOS liegen im Forschungsprojekt **intermobil Region Dresden** (1999-2004). Durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung wurden die Planung und Umsetzung von Prototypen für das Straßenverkehrsmanagement und die Verkehrsinformation unterstützt und von einem breit aufgestellten Konsortium aus Industrie und Wissenschaft umgesetzt. Ab 2004 wurden die erfolgreichsten Prototypen in den dauerhaften Betrieb überführt. VAMOS wird in Kooperation zwischen dem Straßen- und Tiefbauamt der Stadt Dresden und dem Lehrstuhl Verkehrsleitsysteme und -prozessautomatisierung der Technischen Universität Dresden betrieben und weiterentwickelt und läuft rund um die Uhr im vollautomatischen Betrieb. Neben dem Alltagsbetrieb wird diese Verkehrstelematikinfrastruktur auch für vielfältige Forschungszwecke und als Telematik-Testfeld genutzt.

VAMOS kann als cyber-physisches System verstanden werden, in dem der Verkehrszustand über verschiedene Arten von Detektionstechniken in Echtzeit erfasst wird. Die erfassten Daten werden ebenfalls in Echtzeit mit informations- und softwaretechnischen Komponenten ausgewertet und in einem Verkehrsmodell abgebildet. Aus diesem heraus erfolgt dann die Ansteuerung der Aktorik und damit die Beeinflussung und Steuerung des physischen Straßenverkehrs. In Abbildung 7-1 ist das System schematisch dargestellt.

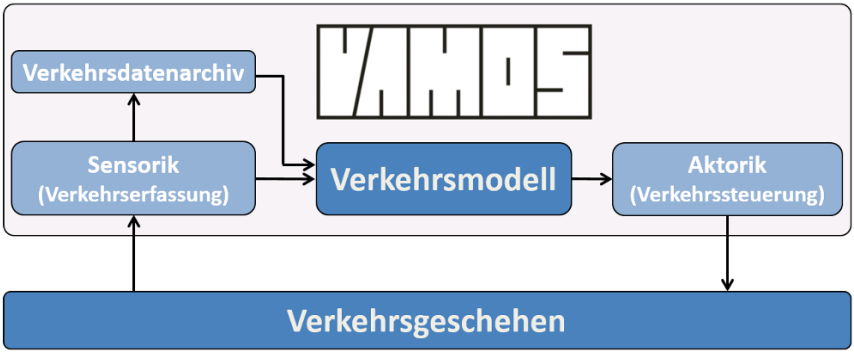


Abbildung 7-1. VAMOS als cyber-physisches System.

Der Fokus des Managementsystems liegt auf der Beeinflussung des motorisierten Individualverkehrs (MIV). Zunehmend werden aber auch die im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) liegenden Optimierungspotenziale erschlossen und in Kombination mit dem MIV koordinierte Verbesserungen des Gesamtverkehrs durchgeführt. In aktuellen Entwicklungen werden auch die Belange des Radverkehrs adressiert und Optimierungspotenziale untersucht.

7.2 Verkehrsdatenerfassung

Die Grundlage für die Modellierung des Straßenverkehrs sind Verkehrsdaten, welche mit Detektionstechnik erhoben werden. Dabei kann zwischen stationärer Detektion und nichtstationärer Detektion unterschieden werden.

7.2.1 Stationäre Detektion

Im Dresdner Stadtstraßennetz und auf den Autobahnabschnitten in Stadtnähe sind mehr als eintausend Detektoren fest installiert und über verschiedene Datenkanäle (Glasfaser, Kupferkabel, GSM-Netz) mit VAMOS verbunden. Einige Detektorstandorte sind in Abbildung 7-2 zu sehen, wobei pro Standort mehrere Detektoren in den verschiedenen Spuren installiert sein können. Die räumliche Auflösung der Daten wird dabei spurfein übertragenen. Abhängig von der Art der verbauten Detektoren reicht die zeitliche Auflösung der Daten von zeitgenauen Einzelfahrzeugprotokollen bis hin zu aggregierten Datensätzen im Fünfminutenintervall. Erfassungen in Intervallen von einer Minute bilden das Gros.

Mit der stationären Detektionstechnik lassen sich Verkehrsstärken messen, also die Anzahl der Fahrzeuge pro Zeiteinheit. Dabei kann zwischen bis zu acht Fahrzeugklassen unterschieden werden. Auch die Bestimmung von Geschwindigkeiten und Zeitlücken zwischen den Fahrzeugen ist möglich.

Abbildung 7-2. Stationäre Detektoren in Dresden (Auswahl).

7.2.2 Nichtstationäre Detektion

Die nichtstationäre Detektion erfolgt mit Hilfe von Fahrzeugen, die im Straßenverkehr ‚mitschwimmen'. Diese Daten werden als *Floating Car Data* (FCD) bezeichnet. Die Fahrzeuge übermitteln dabei in definierten Zeitintervallen ihre aktuelle Position und Geschwindigkeit an das Managementsystem. Dem VAMOS stehen die anonymisierten Floating Car Daten der

Dresdner Taxigenossenschaft zur Verfügung. Von den ca. 500 Fahrzeugen sind in Spitzenstunden mehr als die Hälfte der Fahrzeuge gleichzeitig im Straßennetz unterwegs. Die Positions- und Geschwindigkeitsdaten werden dabei im Intervall von fünf Sekunden ermittelt und im Intervall von einer Minute übertragen. Stopps, die durch den Fahrgastwechsel bedingt sind werden erkannt und nicht in die Verkehrsdatenanalyse einbezogen. In Abbildung 7-3 sind die Tracks der Dresdener Taxis für einen Zeitraum von 24h eingezeichnet, das Dresdner Stadtstraßennetz ist gut zu erkennen. Die in Abbildung 7-4 gezeigte Detailansicht des Nürnberger Platzes in Dresden lässt erkennen, dass auch Daten für die Nebenstraßen vorliegen.

Abbildung 7-3. FCD-Tracks in Dresden für einen Zeitraum von 24h.

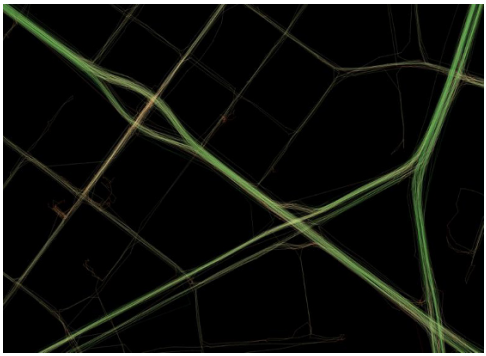


Abbildung 7-4. FCD-Tracks in Detailansicht: Dresden, Nürnberger Platz.

Mit diesen Informationen werden dann die aktuellen streckenabschnittsbezogenen Reisezeiten sehr genau bestimmt und die Geschwindigkeiten abgeleitet. Auch eine Analyse von Fahrprofilen ist möglich. So lässt sich beispielsweise die Stetigkeit des Verkehrs ermitteln. Auch können Aussagen dazu getroffen werden, nach wie vielen Umläufen Knotenpunkte mit Lichtsignalanlagen (LSA) in Abhängigkeit von Tages- und Wochenzeiten überquert werden können.

Werden die Daten über einen Zeitraum von mehreren Wochen und Monaten aggregiert und mit historischen FCD verglichen, können durch mögliche Veränderung der detektierten Fahrtwege auch Veränderungen an der Straßenverkehrsinfrastruktur festgestellt werden. Das trifft zum Beispiel auf das Einrichten von Baustellen mit Sperrungen von Streckenabschnitten zu.

Ein weiterer Ansatz, der Floating Car Data als Grundlage für eine Bestimmung von Verkehrsdaten nutzt, ist das Crowdsourcing. Dabei werden die Positions- und Geschwindigkeitsdaten von Verkehrsteilnehmern erfasst und ausgewertet (siehe Kapitel 10).

7.3 Verkehrsmodell

Das Verkehrsmodell des VAMOS (Krimmling 2014; Körner 2011) enthält statische und dynamische Daten der Sensorik, des Netzmodells und der modelltechnischen Abbilder der Verkehrsbereiche der Aktorik. Diese werden in einer Korrespondenzebene miteinander verknüpft. Die Informationen des Verkehrsmodells bilden die Grundlage für die Steuerung der einzelnen Aktorik des Straßenverkehrsmangements. Dieser Zusammenhang ist in Abbildung 7-5 dargestellt.

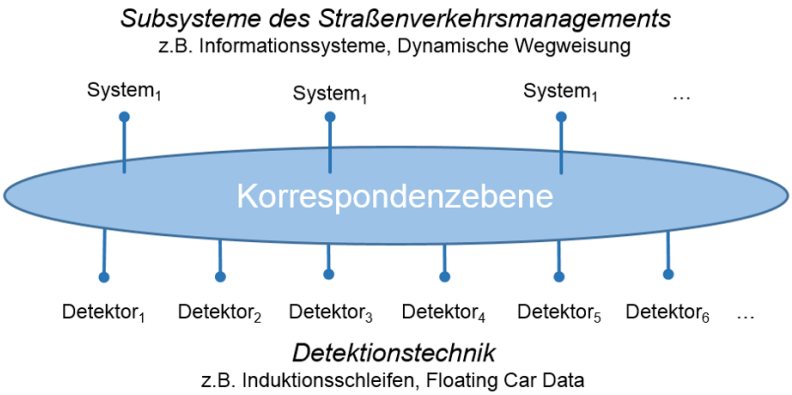


Abbildung 7-5. Verknüpfung von Erfassungs- und Steuerungssystemen über eine Korrespondenzebene.

7.3.1 Dynamisches Verkehrsmodell

Das dem VAMOS zugrundeliegende dynamische Verkehrsmodell besteht aus mehreren Ebenen. Diese verschiedenen Ebenen, der Bezug zwischen diesen Ebenen untereinander und der Bezug der Ebenen zur Detektion sind in Abbildung 7-6 dargestellt.

Ein *spurfeines Netzmodell* bildet die erste Ebene und besteht aus einem georeferenzierten, gerichteten Knoten-Kanten-Modell. Diesem werden die mit stationärer Detektionstechnik ermittelten Werte und die daraus abgeleiteten Verkehrskenngrößen zugeordnet. Im spurfeinen Netzmodell wird für jede Fahrspur eine eigene Kante modelliert, die entsprechend attribuiert

werden kann. Zwischen zwei Knoten kann es also 1 bis n parallele Kanten geben, was in Abbildung 7-7 modelliert ist.

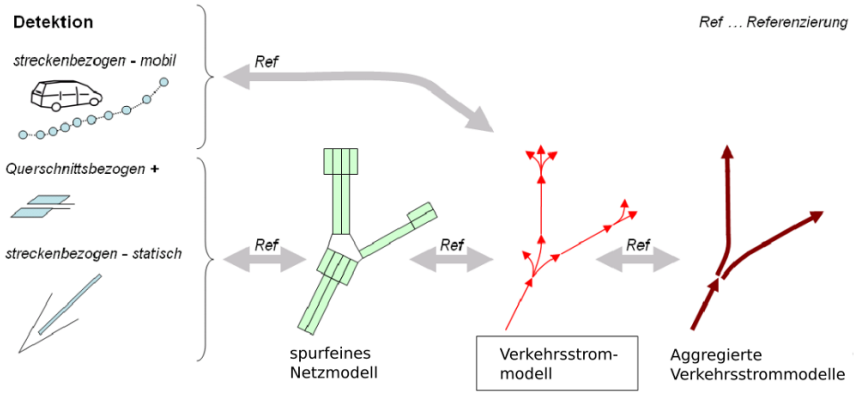


Abbildung 7-6. Dynamisches Verkehrsmodell (Körner 2011).

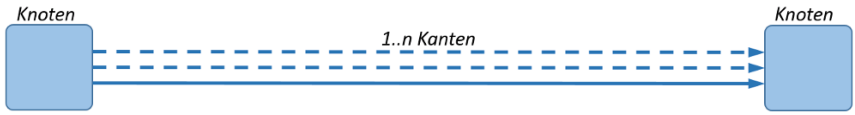


Abbildung 7-7. Knoten-Kantenmodell mit 1 bis n parallelen Kanten.

Diese Kanten werden weiter in Abschnittsspur und Abbiegespur aufgeteilt (siehe Abbildung 7-8). Dabei ist die Abschnittschnittspur optional und entfällt bei kurzen Kanten. Die Unterscheidung in Abschnittsspur und Abbiegespur wird vorgenommen, um Rückstau im Kreuzungsbereich spurfein und in Abhängigkeit der Abbiegerichtung abbilden zu können. Das ist für eine genaue Berechnung von Reisezeiten unter Berücksichtigung der Gesamtroute notwendig. In Abbildung 7-9 wird die Kreuzung Nürnberger Straße – Budapester Straße in Dresden in der VAMOS-Modelldarstellung des spurfeinen Netzmodells abgebildet um die Komplexität der Modellierung zu veranschaulichen.

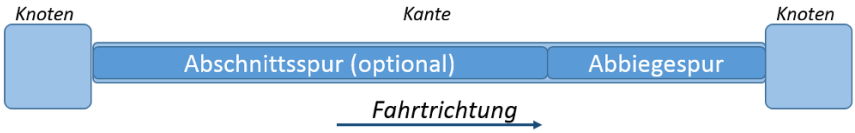


Abbildung 7-8. Aufteilung der Kanten in Abschnitts- und Abbiegespur.

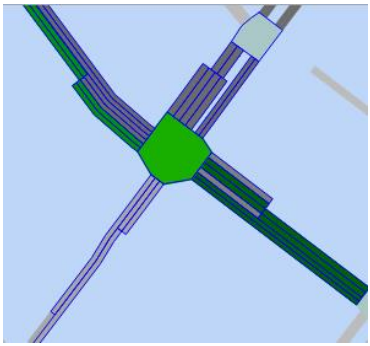


Abbildung 7-9. Kreuzung Nürnberger Str. - Budapester Str. in Dresden, Modelldarstellung aus VAMOS.

Die nächste Ebene des dynamischen Verkehrsmodells bildet das *Verkehrsstrommodel,* welches nur eine Kante pro Fahrtrichtung zwischen zwei Knoten besitzt. In diesem werden ebenfalls die Abbiegebeziehungen mit berücksichtigt. Das bedeutet, dass innerhalb eines Knotens weitere virtuelle Kanten eingeführt werden. Diese verbinden die auf den Knoten zulaufende Kanten mit den den Knoten verlassenden Kanten in Abhängigkeit von der Fahrtrichtung. Dabei haben die Abbiegebeziehungen im Gegensatz zu den georeferenzierten Kanten keine geographische Ausdehnung. Diesem Verkehrsstrommodell werden die Verkehrskenngrößen aus nichtstationärer Detektion (FCD) zugeordnet. Weiter abstrahiert und zusammengefasst werden die Daten im *aggregierten Verkehrsstrommodell* abgebildet. Durch spezielle Aggregations- und Verteilungsalgorithmen werden die Daten einer Ebene auf die jeweiligen anderen Ebenen referenziert (siehe auch Kapitel 13). Stehen Daten aus mehreren Datenquellen auf einer Ebene für ein Element zur Verfügung, werden diese mit entsprechenden Algorithmen fusioniert.

7.3.2 Ableitung dynamischer Verkehrskenngrößen

Aus den Rohdaten der stationären und nichtstationären Detektoren werden mit Hilfe von Algorithmen verschiedene Verkehrskenngrößen abgeleitet, mit denen der Zustand des Modells beschrieben werden kann. Auf diesen bauen die Verkehrsinformations- und -steuerungssysteme auf.

7.3.2.1 Reisezeiten

Eine wichtige Kenngröße des Straßenverkehrs ist die Reisezeit – die Zeit, die insgesamt vom Start bis zum Ziel benötigt wird. Darin enthalten sind z. B. Wartezeiten an Lichtsignalanlangen und verkehrsbedingte Verzögerungen wie Stau. Im VAMOS werden aktuelle Reisezeiten berechnet. Dazu werden die Floating Car Daten der Taxigenossenschaft und die Messwerte der stationären Verkehrsdetektoren genutzt. Für Streckenabschnitte ohne aktuelle Detektionswerte, werden statische Reisezeiten hinterlegt. Diese berechnen sich aus der Kantenlänge und der maximal erlaubten Geschwindigkeit. Die Reisezeiten werden im VAMOS auf die Ab-

schnitts- und Abbiegespuren projiziert. Für eine Prognose von Reisezeiten werden Tagesganglinien für die Reisezeiten erstellt. Dafür werden alle archivierten Reisezeiten der Taxi-FCD der letzten zwei Jahre analysiert und für jeden Verkehrsstrom (Kante + Abbiegebeziehung) die durchschnittliche Reisezeit in 15 Minuten-Intervallen über den Tag verteilt berechnet. Die dadurch entstandenen Tagesganglinien bilden die Grundlage der prognostizierten Reisezeiten. Da sich die Reisezeiten auch tagesabhängig unterscheiden, wurden die Tagesganglinien zusätzlich in 17 Tagesgruppen unterteilt. Dazu zählen alle Werktage innerhalb und außerhalb der Ferien sowie Brückentage und Feiertage. Bei fehlenden Informationen in den Tagesganglinien wird auf die erwarteten Reisezeiten zurückgegriffen. Für die Verbesserung der Reisezeitberechnung wird für einen Zeithorizont bis zu einer Stunde (ausgehend vom aktuellen Zeitpunkt) die mittlere Wartezeit an den Lichtsignalanlagen berücksichtigt. Diese haben einen signifikanten Anteil an den Verlustzeiten in urbanen Verkehrsbereichen.

7.3.2.2 Mittlere Wartezeit

Für Abschnitte, an denen keine aktuellen Reisezeiten durch Taxi-FCD vorliegen, wird auf die Tagesganglinien bzw. auf die erwarteten Reisezeiten zurückgegriffen. Bei den erwarteten Reisezeiten handelt es sich dabei nur um die reine Fahrzeit von Knotenpunkt zu Knotenpunkt. Die Verlustzeiten an den LSA-abhängigen Knotenpunkten können dabei nur grob geschätzt werden. Durch den in Dresden vorhandenen Signalplan-Online-Datenstrom, der die sekundengenauen Schaltzustände der einzelnen Signalgruppen aufzeichnet, ist es zusammen mit den vorhandenen Verkehrsstärken möglich, nach dem Handbuch zur Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS) (Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen 2001) die mittlere Wartezeit zu berechnen. Dafür wurden auf Basis der Signallageplanskizzen die Signalgeber den einzelnen Abbiegespuren im VAMOS-Netz zugeordnet. Ein Dienst, der die Signalplan-Online-Daten der Lichtsignalanlagen abruft stellt die letzten Freigabezeiten und die prognostizierten Freigabezeiten für jede Signalgruppe zur Verfügung. Um die Daten für die Berechnung der mittleren Wartezeit nutzen zu können, werden die durchschnittlichen Freigabezeiten über den Tag verteilt ermittelt. Das ermöglicht einen Prognosehorizont von bis zu einer Stunde. Auch zukünftige Wechsel der Signalzeitprogramme können dadurch berücksichtigt werden. Diese bewirken meist eine Veränderung der Freigabezeiten. Durch die genaueren Reisezeiten kann die Nutzung einer Alternativroute gegenüber einer überstauten Hauptroute besser abgewogen werden.

7.3.2.3 Verkehrslage

Die Berechnung der Verkehrslage erfolgt mit verschiedenen Algorithmen, welche die Daten der verschiedenen Datenquellen miteinander fusionieren und daraus einen Wert zur Verkehrslage auf den einzelnen Spuren berechnen. Die FCD liefern dafür Reisegeschwindigkeiten. Auch die Anzahl der Halte von FCD-Fahrzeugen wird im Fusionsalgorithmus berücksichtigt. Eine weitere Eingangsgröße für die Berechnung der Verkehrslage sind die mit stationärer De-

tektion erfassten Geschwindigkeiten der Fahrzeuge am jeweiligen Detektorstandort. Einige Detektorarten liefern bereits aggregierte Verkehrslagewerte. Diese werden ebenfalls vom Fusionsalgorithmus berücksichtigt.

Auf Abschnitten oder Abbiegebeziehungen, für die sowohl stationär detektierte Messwerte vorliegen als auch Messwerte eines FCD-Fahrzeugs, werden diese Daten mit Hilfe von zeitabhängigen Gewichtungsfaktoren miteinander verschnitten. Dabei nimmt die Gewichtung der FCD mit fortlaufender Zeit ab, falls nicht ein neuer Wert vorliegt.

Die Verkehrslage auf Netzelementen, für die keine Messwerte vorhanden sind, wird zum einen durch Tagesganglinien und zum anderen durch einen Propagierungsalgorithmus ermittelt. Dieser verteilt, ausgehend von einem Detektor für den gemessene Verkehrsstärkewerte vorhanden sind, die Verkehrsmengen für die umliegenden Abschnitte und Abbiegebeziehungen an den Knotenpunkten. Dabei werden sowohl Verteilungsfaktoren an Knotenpunkten als auch historische Daten zugrunde gelegt. Anhand der vollständig propagierten Verkehrsmengen im Straßennetz kann die Verkehrslage an den Knotenpunkten und auf der freien Strecke geschätzt werden.

Für die Berechnung der Verkehrslage an den LSA-abhängigen Knotenpunkten wird auf die berechnete mittlere Wartezeit zurückgegriffen. Nach dem HBS kann daraufhin ein Level of Service (LOS) ermittelt werden. Dies wird für jede Abbiegespur durchgeführt. Auf der freien Strecke wird unter Beachtung der aktuellen und zukünftigen Verkehrsstärke der Auslastungsgrad ermittelt was meist zum Tragen kommt, wenn einzelne Fahrspuren gesperrt sind. Mit diesem Auslastungsgrad kann ebenfalls ein LOS bestimmt werden.

7.4 Verkehrsinformationen und Verkehrssteuerung

Die veredelten Verkehrsinformationen der Verkehrsmodelle werden genutzt, um über verschiedene Aktoren den Straßenverkehr zu beeinflussen.

7.4.1 Dynamische Wechselwegweisung – DWW

Das dynamische Wegweisungssystem im Großraum Dresden erlaubt es, die Ausschilderung zu regionalen Zielen und Fernzielen in Abhängigkeit der aktuellen Verkehrslage anzupassen. Dies erfolgt mittels dynamischer Komponenten, den sogenannten Prismenwendern, in den Tafeln der Zielführung. Ist eine Strecke durch Stau oder Vollsperrung beeinträchtigt, wird die Beschilderung so angepasst, dass eine Alternativroute zum Erreichen ausgewählter Zielpunkte ausgewiesen wird. Die Autofahrer haben so die Möglichkeit, Staus zu umfahren und die Stausituation nicht zu verschärfen. In Abbildung 7-10 ist eine Tafel mit zwei verschiedenen Zuständen angezeigt. Das erste Bild zeigt die Tafel bei störungsfreiem Verkehr. Auf dem zweiten Bild ist dieselbe Tafel während einer Verkehrsstörung abgebildet. Es ist zu erkennen, dass die Ausschilderung in Richtung Bundesautobahn 4 nicht mehr geradeaus zeigt, sondern nach rechts. Stauwarnsymbole weisen auf die Verkehrsstörung hin.

Abbildung 7-10. Wegeweiser der DWW in verschiedenen Anzeigezuständen.

Die Routenentscheidungen werden unter Nutzung des VAMOS-Verkehrslagemodells mit einem komplexen wissensbasierten Regelwerk ermittelt. Automatisch werden Verkehrsstörungen erkannt und die anzuzeigenden Zielführungsrouten angepasst. Im alltäglichen Betrieb wird auf kleine Verkehrsbehinderungen reagiert und eine optimierte Zielführung zum Dresdner Stadtzentrum realisiert. Die volle Leistungsfähigkeit stellt das System bei Bedarfsumleitungen der Autobahnverkehre unter Beweis.

Den Kern des Systems bildet die dynamische wegweisende Beschilderung auf dem Straßenzug B 172 – Zellescher Weg – Washingtonstraße im Dresdner Süden sowie den Autobahnen. Entlang dieser Strecke sind neun Tafeln vorhanden. An den Anschlussstellen im Bereich der Zufahrten sind weitere vier Tafeln mit variablen Inhalten installiert. Im Stadtgebiet befinden sich insgesamt an 22 Knotenzufahrten 50 Tafeln mit Prismenwendern.

7.4.2 Verkehrsinformationssystem – VIS

Für die Anzeige von Informationen mit dem Dresdner Verkehrsinformationssystem (VIS) werden die wichtigsten Straßenzüge und Parkplätze im Dresdner Stadtgebiet auf Störungen geprüft. Sind Störungen vorhanden, werden die Informationen auf den entsprechenden Tafeln vollautomatisch angezeigt (siehe Abbildung 7-11). Das System besteht aus 12 Anzeigetafeln an den wichtigen Zufahrten zum Dresdner Stadtzentrum. Diese haben eine Größe von 1,5 m x 3 m und besitzen drei frei programmierbare Textzeilen, die im Vorbeifahren gut lesbar sind und deren Inhalt schnell erfasst werden kann. Auf ihnen werden Informationen zu Staus sowie zu überfüllten Parkierungseinrichtungen angezeigt. Weiterhin wird über mögliche Alternativen informiert, zum Beispiel über staufreie Fahrtrouten, freie Parkplätze oder die Möglichkeit zum Umstieg auf den Umweltverbund an P+R-Plätzen. Die Displays in der Nähe eines P+R-Platzes zeigen deshalb immer die nächsten Abfahrtzeiten des ÖPNV in Richtung Stadtzentrum an.

Abbildung 7-11. Anzeigetafel des Verkehrsinformationssystems.

Liegt ein kritisches Ereignis vor, wird durchgehend eine diesbezügliche Information angezeigt. Liegen keine Behinderungen vor, erfolgt eine Anzeige von nützlichen straßenverkehrsrelevanten Hinweisen oder Stadt- und Veranstaltungsinformationen. Das ermöglicht den Autofahrenden die Fahrtroute, das konkrete Fahrziel oder sogar das gewählte Verkehrsmittel an die aktuell vorherrschende Verkehrssituation anzupassen. So können Stausituationen vermieden werden. Zusätzlich wird beim MIV empirisches Wissen über typische Stauzeitpunkte aufgebaut.

7.4.3 Dynamisches Parkinformations- und Leitsystem mit dynamischer Wegweisungskomponente

Das dynamische Parkinformations- und -leitsystem dient zur Information über die Auslastung von Parkierungseinrichtungen in der Dresdner Innenstadt und den peripher gelegenen P+R-Plätzen. Die Zielführung zu freien Parkplätzen erfolgt gestaffelt, d.h. erst zu einem der Parkbereiche, danach zu den einzelnen Parkierungseinrichtungen. Die Tafeln mit integrierten Displays befinden sich an Knotenpunkten, von denen aus mehrere Parkierungseinrichtungen erreicht werden können. Neben der Angabe der Fahrtrichtung beinhalten die Tafeln eine dynamische Anzeige der freien Stellplätze des jeweils ausgeschilderten Parkbereiches oder Parkierungseinrichtung. Für die teilweise stark staugefährdeten Zufahrtsrouten zu den Parkbereichen der Dresdner Innenstadt wurden bei der Planung Alternativrouten berücksichtigt. Um vom Tafelstandort die in Abhängigkeit von der Verkehrslage günstigste Route ausweisen zu können, wurden die Tafeln mit einer dynamischen Anzeige der zu bevorzugenden Fahrtrichtung ausgestattet. Realisiert wurde das mittels drehbarer Pfeile.

Abbildung 7-12. Tafel des Parkleitsystems mit dynamischer Wegweisungskomponente.

Parksuchverkehr wird vermieden, da das gewählte Ziel direkt angesteuert werden kann. Weiterhin erfolgt eine gleichmäßige Verteilung der Parkplatzsuchenden auf die vorhandenen Plätze. In Abbildung 7-12 ist ein Ausschnitt einer Tafel des Parkleitsystems zu sehen. Sowohl die Anzeige mittels drehbarem Pfeil als auch die dynamische Routenwahl erfolgen vollautomatisch. Die Routenwahl erfolgt auf Basis des VAMOS-Verkehrslagemodells.

7.4.4 Elbebrückeninformationssytem – EBIS

In Dresden gibt es sechs staugefährdete Elbebrücken. Mit dem Elbebrückeninformationssystem (EBIS) werden Autofahrende an vier ausgewählten Punkten über die Verkehrslage auf den Elbbrücken informiert. Die Tafelstandorte sind so gewählt, dass die Autofahrenden in Abhängigkeit vom jeweiligen Fahrtziel die Möglichkeit haben, verschiedene Brücken zur Elbquerung zu wählen.

Auf den Tafeln wird für jede Brücke die prognostizierte Verkehrslage bei Ankunft an der Brücke angezeigt. Dazu wird anhand der aktuellen Verkehrslage auf der Route vom Tafelstandort bis zu den jeweiligen Brücken die Reisezeit ermittelt. Mit der Reisezeit ist der Ankunftszeitpunkt an den Brücken bekannt, welcher als Zeithorizont für die Anzeige der prognostizierten Verkehrslage auf der Brücke dient. In der dynamischen Textanzeige kann mit Piktogrammen und Text über Sperrungen und Verkehrsstörungen auf den Elbbrücken informiert werden. In der grafischen Anzeige werden dabei die jeweiligen Brücken mit einem durchgängigen oder gestrichelten roten Balken markiert. In Abbildung 7-13 ist eine Tafel des EBIS bei Sperrung der Waldschlößchenbrücke abgebildet. Die Verkehrsteilnehmer können aufgrund dieser Information ihre Route anpassen und die Elbe auf einer anderen Brücke queren. Das System läuft vollautomatisch auf Basis des VAMOS-Verkehrslagemodells. Eine Handsteuerung ist möglich

und kommt zum Beispiel bei baustellenbedingten Sperrungen oder anderen Behinderungen, die durch Detektoren nicht erfasst werden können, zum Einsatz.

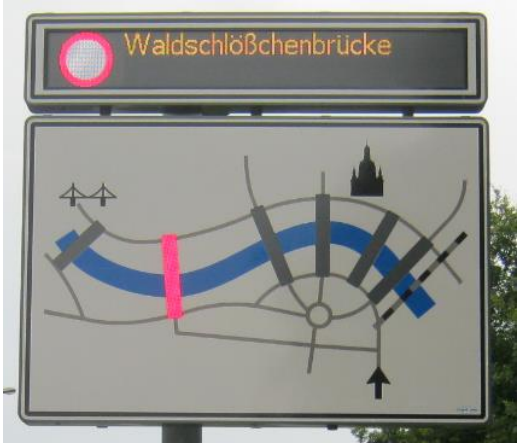


Abbildung 7-13. EBIS-Anzeigetafel in der Radeburger Straße, Dresden.

7.4.5 Qualitätsgerechte ÖPNV-Behandlung an Lichtsignalanlagen (QLSA)

Die Qualitätsgerechte LSA-Steuerung (Dutsch et al. 2017) ist ein Steuerverfahren, welches in Dresden an innerstädtischen Knotenpunkten zum Einsatz kommt und den ÖPNV differenziert bevorrechtigt. Im Gegensatz zu klassischen Steuerverfahren werden bei der Regelung des Verkehrsablaufs die tatsächlich relevanten betrieblichen Qualitätskriterien des ÖPNV berücksichtigt. Dazu generiert VAMOS ein präzises Echtzeitbetriebslagemodell des ÖPNV unter Verwendung einer Datenschnittstelle zum Leitsystem der Dresdner Verkehrsbetriebe. Bei der Annäherung von ÖPNV-Fahrzeugen an einen Knotenpunkt bewertet VAMOS fahrtkonkret die ÖV-Eingriffsmöglichkeiten aus Sicht der MIV-Verkehrslage, der Pünktlichkeit des ÖPNV, der korrekten Reihung mehrerer ÖV-Fahrzeuge bei Einfahrt in einen gemeinsamen Abschnitt sowie der Sicherung möglicher Anschlüsse. Die Ansteuerung der LSA erfolgt durch VAMOS über den städtischen Verkehrsrechner.

Unter Kenntnis der LSA-Eingriffe übergibt VAMOS die LSA-Freigabeinformationen außerdem auf die ÖPNV-Fahrzeuge. Das Fahrerinformationssystem COSEL (Gassel et al. 2016) berechnet daraus betriebsoptimale Abfahrtsempfehlungen in den Haltestellen sowie energieoptimale Fahrempfehlungen. Dadurch wird das Fahrpersonal bei der energieeffizienten Annäherung an die LSA unterstützt. Mit der Vermeidung unnötiger Halte an einer LSA reduziert sich der Traktionsenergieverbrauch um bis zu 30 %. COSEL ist in Abbildung 7-14 rechts unten im Bild zu sehen.

Abbildung 7-14. QLSA-Ansteuerung und Fahrerinformationssystem mit betriebsoptimalen Empfehlungen.

Als Ergebnis der qualitätsgerechten ÖPNV-Behandlung steigt dessen Attraktivität. Neben der Stabilisierung der Pünktlichkeit und Zugfolge wurde eine Erhöhung der mittleren Beförderungsgeschwindigkeit erreicht. Auf einzelnen Linien konnten die im Fahrplan ausgewiesenen Fahrzeiten um drei Minuten im Umlauf reduziert werden.

7.5 Fazit und Ausblick

In diesem Kapitel wurden der Aufbau und die prinzipielle Funktionsweise des Dresdner Verkehrsmanagementsystems VAMOS beschrieben und erklärt. Das System funktioniert vollautomatisch. In Zusammenarbeit mit der Stadt Dresden wird das System vom Lehrstuhl für Verkehrsleitsysteme und –prozessautomatisierung betrieben und weiterentwickelt. In weiteren Entwicklungsstufen werden eine weitere Integration des Umweltverbundes (ÖPNV, Radverkehr, Fußgänger) sowie die Nutzung und Integration von Verkehrsinformationen aus Crowdsourcing eine zunehmend wichtige Rolle spielen.

7.6 Literaturverzeichnis

ADAC e.V. (2017) So läufts in der Stadt. ADAC motorwelt.

Dutsch S, Gassel C, Krimmling J (2017) Vernetzte dezentrale Qualitätssteuerung im Öffentlichen Personennahverkehr - ein neuer Ansatz in Theorie und Praxis, Tagungsband der Heureka, Stuttgart.

Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen (2001) Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS).

Gassel C, Schönherr B, Krimmling J (2016) Einsatz von Informationssystemen zum energieeffizienten Fahren im städtischen Personenverkehr., Tagungsband der 25. Verkehrswissenschaftlichen Tage, Dresden.

Körner M (2011) Schaffung optimaler Rahmenbedingungen für die Datenfusion im operativen Straßenverkehrsmanagement, Tagungsband zum VDI Wissensforum: Automation, Baden-Baden.

Krimmling J (2014) Das Dresdner Verkehrsmanagementsystem VAMOS. In: Sandrock M, Rigelhuth G (Hrsg.) Verkehrsmanagementzentralen in Kommunen. Springer, S. 157-197.

8 Datenmanagement von Echtzeit-Verkehrsdaten[65]

F. Kunde, S. Pieper, P. Sauer

Im Gegensatz zu vielen vorranging statischen Mobilitätsplattformen treffen in einer produktiven Daten-getriebenen Mobilitätsdienste-Plattform schreibintensive Batch- bis Stream-Prozesse auf hohe Zugriffsraten von Nutzern über die Web-Services. Die gesamte Datenaufbereitung läuft asynchron ab und ermöglicht so die Unterteilung in verschiedene Softwarebausteine, auf welchen sich die jeweiligen technischen Anforderungen effizienter, weil einfacher als bei monolithischen Architekturen umsetzen lassen. Dieses Kapitel präsentiert für die verschiedenen Abschnitte des Datenflusses unterschiedliche Skalierungsmöglichkeiten. Da in der Realität bei den Quellsystemen immer noch größtenteils Silodenken vorherrscht, ist das Thema der Datenintegration einer der komplexesten Abschnitte. Die Verknüpfung kann an verschiedenen Stellen erfolgen, ist jedoch stets mit größerem Aufwand und Modellierungskompromissen verbunden. Das hier vorgestellte Konzept der Plattform ist eine Momentaufnahme technischer Möglichkeiten, kann und soll aber gleichzeitig als Ausblick und Vorlage für zukünftige Smart City Anwendungen gesehen werden.

Most of the available online platforms for open transportation data are of a static nature. Usually, they provide a set of files which is updated in regular cycles. For a mobility services platform like ExCELL, real-time traffic data is a key aspect. Such a platform must cope with write-intensive batch or stream processes as well as request peaks from service users. Fortunately, reads and writes work asynchronous and load can be scaled separately with different software frameworks. This chapter provides an overview of which solutions would fit the technical requirements of each step in the dataflow. In this process data integration is among the most complex tasks to solve as data is still mostly managed in silos and not in lakes. Linkage between various sources can be established at different levels but always comes with great implementation costs and compromises in data modeling. The platform concept introduced in chapter reflects the current state of technological options, but can and should also be seen as an outlook and a template for future smart city applications.

[65] Das Forschungsprojekt ExCELL wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert (Förderkennzeichen: 01MD15001B).

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018
M. Wiesche et al. (Hrsg.), *Management digitaler Plattformen*,
Informationsmanagement und digitale Transformation,
https://doi.org/10.1007/978-3-658-21214-8_8

8.1 Einleitung

Ein wesentliches Ziel des Projektes ExCELL, ist die Zusammenführung von Mobilitätsdaten, um neue Erkenntnisse zum urbanen Verkehr zu gewinnen, die in intelligenten Diensten fließen. Im vorangegangenen Kapitel wurde bereits der technische Aufbau der ExCELL-Plattform skizziert, der zentrale und dezentrale Server-Komponenten miteinander verbindet. Das folgende Kapitel konzentriert sich auf die technischen Anforderungen für die verschiedenen Stationen des Datenflusses in dieser Architektur.

Die größte Herausforderung stellt hierbei die Integration von Informationen heterogener Quellen dar, für die in Kapitel 8.2 verschiedene Wege skizziert werden. Die Wahl des physischen wie logischen Datenmodells im Zielsystem spielt für die Integration ebenfalls eine wichtige Rolle und wird in Kapitel 8.3 erläutert. Je mehr Ressourcen hinzugezogen werden können, desto genauer wird das Bild von Verkehr und Mobilität und damit verbunden die Aussagekraft der Dienste (Organization for Economic Cooperation and Development 2015). Eine erhöhte Komplexität geht jedoch zwangsläufig zu Lasten der Administration und der Performanz des Systems (Brunauer und Rehrl 2016). In Kapitel 8.4 wird aufgezeigt, wie hier ein Spagat gelingen kann, indem für die jeweiligen Komponenten des Datenflusses Software-Frameworks gewählt werden, die zu den Anforderungen passen (d.h. sich leichter skalieren lassen) anstatt einen monolithischen Ansatz zu verfolgen. Abschließend geht es im Kapitel zur Plattformorchestrierung um die Reflektion des Referenzmodells aus dem vorherigen Kapitel. Es wird erklärt, wie auf die Web-Services der ExCELL-Plattform zugegriffen wird und an welcher Stelle Anfragelasten verteilt werden.

8.2 Datenintegration

In Kapitel 2 wurde deutlich in welch heterogener Form Mobilitätsdaten vorliegen können. Wie eingangs erwähnt, muss eine Mobilitätsdienstplattform diese verschiedenen Quellen zusammenführen können, um analytische Fragestellungen zu beantworten.

8.2.1 Push, Pull und Streaming

Das Referenzmodell aus dem vorherigen Kapitel stellt die Datenebene ähnlich modular dar wie die Serviceebene. Neue Quellen sollen möglichst leicht an die Plattform angedockt werden können. Hierbei können mehrere Varianten verfolgt werden (Han et al. 2015):

- Neue Datensätze können über eine Schnittstelle (API) in die Plattform importiert werden (Push-Konzept). Über konkrete Vorgaben der API könnte gesteuert werden, welche Art von Daten in die Plattform gelangt, so dass die Services die neue Quelle nutzen können. Dieser Weg wäre vor allem bei größeren Datensätzen geeignet, z.B. historische Zeitreihen von Sensoren, Daten zur Infrastruktur etc. (Catlett et al. 2014).
- Die Plattform „crawlt“ Internetseiten oder konsumiert die Inhalte externer APIs in regelmäßigen Abständen (Pull-Konzept). Der Umfang der eingehenden Datenpakete

sollte anders als beim Push-Konzept vorher bekannt sein, um sicher zu stellen, dass der Prozessierungsaufwand nicht den zeitlichen Rahmen eines Abfrageintervalls sprengt. Denkbar wäre die Abfrage der aktuellen Verkehrslage einer Stadt zu einem bestimmten Zeitpunkt[66].

- Die externe Quelle bietet ein Publish/Subscribe Interface an, d.h. neue Einträge werden über einen Kanal den Abonnenten mitgeteilt (z.B. Atom Feed). Da zu jeder Zeit eine Verbindung zwischen Quelle und Ziel bestehen muss, kann der Datenfluss auch zu einem permanenten „Stream“ ausgeweitet werden. Die Übertragung von Messdaten durch einzelne Sensoren wäre hierfür ein Beispiel (Nittel 2015).

Das Angebot aus den Portalen ist momentan meist Datei-basiert und statischer Natur. Über Feeds erfahren Konsumenten meist nur, wann Datensätze hinzugefügt oder aktualisiert worden sind. Im Zuge der Visionen von „Smart Cities“ und dem „Internet of Things“ werden Streams aber an Bedeutung gewinnen (Jin et al. 2014).

8.2.2 ETL-Prozesse und föderierte Datenbanken

Im zweiten Kapitel wurden bereits Mobilitätsportale vorgestellt, die auch als Datenlieferant für die ExCELL-Plattform dienen können. Angesichts der Investitionen für den Aufbau und Betrieb solcher Portale sollte eine neue Plattform wie ExCELL hauptsächlich veredelte Daten speichern (auf denen dann die Services agieren) und keine Rohdaten kopieren (Terpolilli 2015). Dies gelingt dann, wenn Web APIs oder Streams zur Verfügung stehen, die wie eine Datenbank abgefragt und weiter prozessiert werden können.

Einige DBMS bieten die Möglichkeit externe Quellen über virtuelle Tabellen einzubinden, z.B. Foreign Data Wrapper in PostgreSQL[67], welche den SQL/MED Standard („Management of External Data“) implementieren (International Organization for Standardization 2016). Dadurch muss sich der Plattformentwickler nicht mit der Transformation verschiedener Arten von Datenströmen beschäftigen. Er kann ein vereinheitlichtes Modell nutzen und überlässt das Weiterleiten von Abfragen der Datenbank (Stonebraker 2015). In einer solchen „föderierten Datenbanken“ ist es auch möglich Datei-basierte Quellen mit aufzunehmen, z.B. CSV-Dateien (siehe file_fdw für PostgreSQL (Hsu und Obe 2012)). Ein weiterer Homogenisierungsansatz wäre die Verknüpfung verschiedener Datentöpfe über Linked Data Technologien, was u.a. von aktuellen Forschungsprojekten aus Deutschland untersucht wird (siehe Projekte Geiser[68], OPAL[69] sowie Limbo[70]). Dafür müssten für die externen Quellen RDF-Endpunkte (Ressource Descriptor Framework) erstellt werden, die mit der Semantic Web Anfragesprache SPARQL gefiltert und verbunden werden können (Le-Phuoc et al. 2011).

---

66 https://opendata.bonn.de/dataset/aktuelle-straßenverkehrslage
67 https://wiki.postgresql.org/wiki/Foreign_data_wrappers
68 https://projekt-geiser.de/de/willkommen-bei-geiser/
69 http://projekt-opal.de/
70 https://www.limbo-project.org/

Da diese Integrationsmethoden bisher wenig verbreitet sind, werden Dateien meist komplett importiert bzw. in ein zentrales Datenbankschema transformiert. Dieser Vorgang ist vor allem im Bereich des Data Warehousing geläufig und wird als ETL-Prozess bezeichnet – Extrahieren, Transformieren und Laden (Kimball und Ross 2011). Bei diesem Szenario müsste zwar für jede Datenquelle ein individueller Transformationspfad entwickelt werden, wenn die logische Ebene des Zielsystems jedoch sehr generisch gehalten wird, was bei einem Data Warehouse üblich ist, bleibt der Aufwand überschaubar.

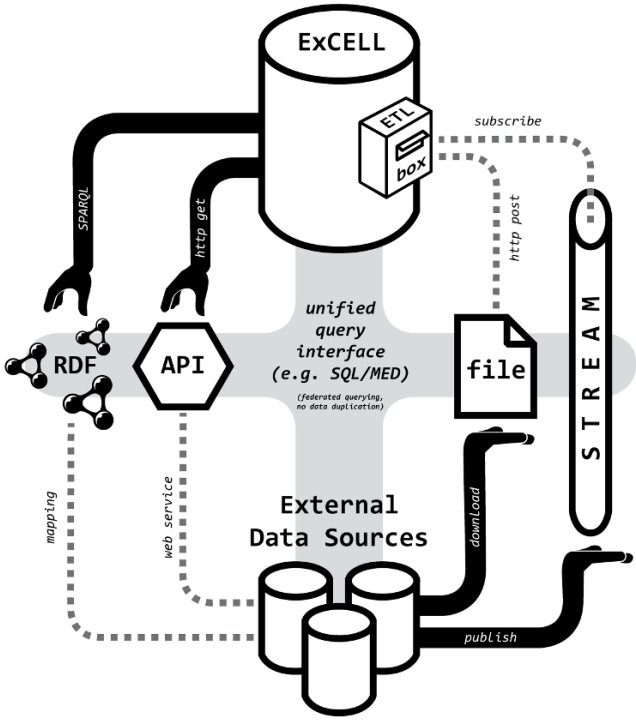


Abbildung 8-1. Push- und Pull-Konzepte für die Datenintegration.

8.3 Wahl des Datenmodells

Welches Datenmodell für welchen Anwendungsfall geeignet erscheint, ist spätestens seit der Marktdurchdringung von einigen NoSQL-Datenbanksystemen ein oft diskutiertes Thema (Lott 2017). NoSQL fächert sich nochmals in verschiedene Kategorien auf und bietet mehr als nur ein alternatives Modell zum relationalen Entwurf klassischer SQL-Datenbanken

(RDBMS[71]) wie Oracle, DB2, SQL Server, MySQL oder PostgreSQL. Oft werden folgende Kategorien unterschieden (Meier et al. 2016):

- Key-Value: Beliebig lange Listen von Schlüssel-Wert-Paaren
- Document: Beliebig verschachtelte Dokumente mit beliebig vielen Schlüssel-Wert-Paaren auf den unterschiedlichen Ebenen (z.B. XML, JSON etc.)
- Graph: Das Speichern von Knoten-Kanten-Modellen, wobei die Elemente entweder Listen oder Dokumente von Schlüssel-Wert-Paaren enthalten können

Bei dieser kurzen Auflistung wird deutlich, dass der Graph-Ansatz das komplexeste und Key-Value das einfachste Modell darstellt. Als vierte Gruppe werden häufig noch die Spalten-orientierten Datenbanken (Column Stores) hinzugezählt, obwohl es dabei nicht um ein eigenständiges Datenmodell handelt (Abadi 2010).

8.3.1 "Schema on write" versus "Schema on read"

Was alle NoSQL-Datenbanken gemein haben ist die Flexibilität bei der Speicherung von Daten. Anders als bei relationalen Tabellen, wo die Spalten das Schema der Daten vorgeben („schema on write"), gibt es bei NoSQL-Data-Stores kaum bis keine Strukturvorgaben. Falls erforderlich, müsste eine Applikation die Formateinhaltung prüfen, bevor Daten in das Zielsystem übertragen werden, nicht die Datenbank (Lott 2017). Bei dynamischen Datenstrukturen kann sich dadurch der Integrationsaufwand deutlich reduzieren, z.B. bei unterschiedlichsten Nutzereingaben in kollaborative Crowdsourcing-Projekten (Inel et al. 2014). Diese elementare Eigenschaft wird oft „schemalos" genannt. Passender ist jedoch der Begriff „schema on read" als Kontrast zu „schema on write", denn lesenden Anwendung wie z.B. Web Services erwarten in der Regel immer ein implizites Schema in den Daten (Awadallah 2009; Kleppmann 2017).

Da ein „Schema on read"-Ansatz weniger Integritätsanforderungen an die Datenbank stellt, ist eine horizontale Skalierung über viele Rechner und somit eine höhere Verfügbarkeit bei vielen Transaktionen leichter möglich. Besonders die großen Internetfirmen haben bedingt durch Engpässe bei bestehenden RDBMS hier Pionierarbeit geleistet und neue NoSQL-Lösungen entwickelt oder vorangebracht, z.B. BigTable (Google) (Chang et al. 2008), Dynamo (Amazon) (DeCandia et al. 2007) oder Cassandra (Facebook) (Lakshman und Malik 2010; Ouyang 2015). Im Web-Development hat der Dokumentenspeicher MongoDB[72] große Verbreitung gefunden (Nemil 2017).

Mittlerweile mehren sich jedoch ebenfalls die Stimmen, welche einen hybriden Ansatz bevorzugen (Kulkarni 2017). Sei es eine SQL-Schnittstelle für „schema on read"-Systeme, auch als NewSQL betitelt wie z.B. Google's Spanner[73], VoltDB[74], CockroachDB[75] (Pavlo und Aslett

[71] **R**elationales **D**aten**b**ank **M**anagement **S**ystem
[72] https://www.mongodb.com/
[73] https://cloud.google.com/spanner/?hl=de
[74] https://www.voltdb.com/
[75] https://www.cockroachlabs.com/

2016) etc. oder Erweiterungen von RDBMS um semistrukturierte Datentypen wie JSON (Halliday 2017).

8.3.2 Generische Schemata mit relationalen Datenbanken

Das Schema einer relationalen Datenbank kann so generisch angelegt werden, dass wie bei einem NoSQL-Vertreter verschiedenste Objekte mit beliebiger Anzahl an Attributen abgespeichert werden können. Das hat den Vorteil, dass mit der bereits installierten Datenbanksoftware weitergearbeitet werden kann. Ein Ansatz wäre alle Entitäten, alle Attribute sowie alle Wertausprägung jeweils in einer Tabelle zu speichern, ein sog. „Entity-Attribute-Value Schema“ (EAV) (Karwin 2010). Im Falle einer Sensordatenbank könnten so ohne Anpassung an das logische Modell neue Sensoren mit beliebigen Attributen hinzugefügt werden. Die Wertausprägungen könnten als Text gespeichert werden, damit jeder Datentyp (numerisch, Text, Datum und Zeit, Geometrien etc.) abgedeckt werden kann. Zeitreihen können einfach durch mehrere Einträge in der Wertetabelle zusammen mit einem Zeitstempel realisiert werden. Alternativ könnten Attribute und Werte auch in eine Tabelle gezogen und die Messungen getrennt referenziert werden (siehe Variante B in Abbildung 8-2). Dieses Prinzip wird u.a. im Dresdner VAMOS-System umgesetzt (siehe Kapitel 7) sowie von verschiedenen Implementierungen des Sensor Observation Service Standards[76] [77] des Open Geospatial Consortium (2012).

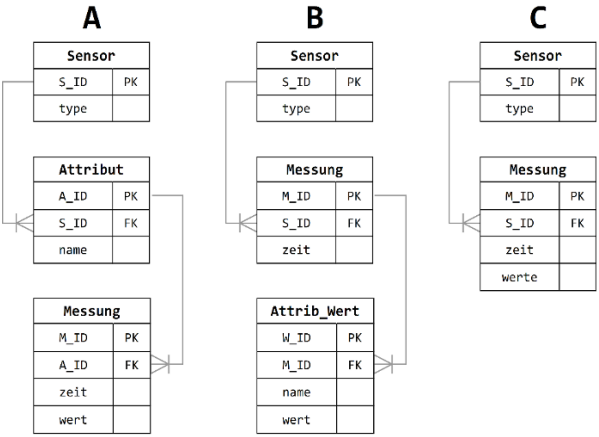


Abbildung 8-2. Aufbau generischer Datenbankschemata.

Der EAV-Ansatz gibt zwar immer noch ein „Schema on write“ vor, allerdings lässt er sich in der Datenbank und der notwendigen vorgeschalteten Anwendung zur Datentransformation leicht umsetzen. Sollte das RDBMS semistrukturierte Datentypen (z.B. Key-Value, Dokumente) unterstützen, kann das EAV-Schema weiter vereinfacht werden. Die Attribute und

[76] https://wiki.52north.org/SensorWeb/SensorObservationServiceDatabaseModel
[77] http://istsos.org/en/latest/doc/dbschema.html

Werte einer Entität sind nicht mehr getrennt nach Tabellen oder Zeilen, sondern werden als eine Liste von Schlüssel-Wert-Paaren in einem Feld gespeichert (Variante C). Darüber hinaus sollte die Datenbank einfache Zugriffsmethoden bieten, um nach einzelnen Elementen aus dem unstrukturierten Feld zu filtern. Ähnlich wie bei Volltextsuchen sind spezielle Indizierungsmethoden nötig, damit solche Suchen genauso schnell funktionieren wie bei Spalten mit atomaren Werten (Halliday 2017). Für statistische Analysen auf sehr großen Teilen einzelner Zeitreihen sollte hingegen auf eine spalten-orientierte Kompression gewechselt werden, z.B. Column Stores bzw. Datei-basierte Formate wie Parquet[78] (Pelkonen et al. 2015).

8.3.3 Speicherung von Geodaten

Raumbezug kann als ein universeller Schlüssel zur Verknüpfung von Daten genutzt werden. Viele DBMS, Softwarebibliotheken und gängige Abfragesprachen verfügen mittlerweile über entsprechende Erweiterungen, um dies zu realisieren (siehe u.a. SQL MM/Spatial[79], GeoSPARQL[80] etc.). Klassische Softwarepakete aus dem Geoinformationssektor (GIS) haben hier aber immer noch einen großen Funktionsvorsprung. Die Auswahl an nutzbaren Systemen für die Plattform kann sich daher je nachdem, welche analytischen Werkzeuge benötigt werden, stark eingrenzen. NoSQL-Datenbanken holen nur langsam gegenüber RDBMS wie PostGIS[81], Oracle Spatial[82] oder SpatiaLite/GeoPackage[83] auf. Projekte im Big Data Umfeld haben hingegen oft noch einen experimentellen Charakter. Sie sind dadurch komplizierter in der Anwendung und spezialisieren sich meist auf schnelle Abfragen gegen bestimmte Datensätze (z.B. Twitter, GPS Tracks, Satellitenbilder) (Haynes et al. 2017; Hagedorn et al. 2017). Das Streaming von Verkehrsdaten könnte aber ein passendes Szenario darstellen.

8.4 Skalierbarer Datenfluss

Integrations-, Speicher- und Abfragekomponenten einer Plattform lassen sich auf verschiedenen Wegen optimieren, was jedoch teilweise hohe Kosten für die Entwicklung und/oder Administration von Software mit sich bringen kann (Abbott 2010). Die Skalierbarkeit einzelner Prozesse sollte demnach in Bezug auf die Anforderungen an eine Mobilitätsdienste-Plattform wie ExCELL abgewogen werden. Eine geringe Antwortzeit (Latenz) bei der Abfrage eines Dienstes hat auf den ersten Blick die höchste Priorität. Wenn jedoch die Antwort des Dienstes ein veraltetes Ergebnis zeigt, weil die internen Verarbeitungsschritte zu langsam sind, wird dies einen Nutzer sicher mehr stören.

Ein gutes Beispiel ist der Routing-Service, bei dem ein Graph-Algorithmus in unter einer Sekunde eine Antwort liefern sollte, um dem Nutzer nicht als langsam zu erscheinen (Nielsen

[78] https://parquet.apache.org/
[79] https://www.iso.org/standard/60343.html
[80] http://www.opengeospatial.org/standards/geosparql
[81] http://postgis.net/
[82] http://www.oracle.com/technetwork/database/options/spatialandgraph/overview/index.html
[83] http://www.geopackage.org/spec110/

2010). Für eine verlässliche Aussage benötigt das Netzwerk aktuelle Kantengewichte, die am besten durch einen in Intervallen (Batch) bzw. permanent (Stream) ablaufenden Hintergrundprozess produziert werden und nicht erst auf Abruf. Dieser Prozess speist sich wiederum aus den Quellen, die ihrerseits kontinuierlich aktualisiert werden müssen. Abbildung 8-3 visualisiert diesen Ablauf. In den folgenden Kapiteln werden für jeden Schritt die technischen Anforderungen erörtert.

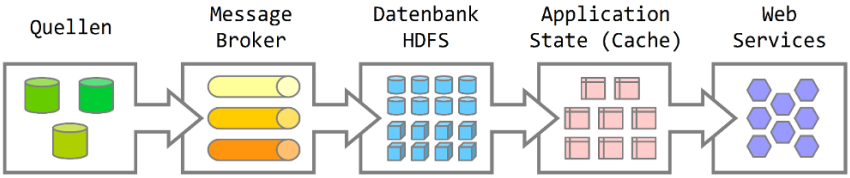


Abbildung 8-3. Prozesskette beim Datenfluss.

8.4.1 Datenimport und Message Broker

Der schreibende Teil des Datenflusses umfasst die Integration externer Daten und ihre Fusion z.B. zur Bestimmung der Verkehrslage. In Kapitel 8.2.1 wurde bereits erwähnt, dass größere Datensätze eher über eine Upload-Funktion manuell in die Plattform gelangen, während Echtzeit-Daten am besten automatisiert gestreamt werden.

Das Hochladen von Dateien sollte für Datensätze im Gigabyte-Bereich (GB) funktionieren. Wenn der Hauptspeicher nur auf wenige GB begrenzt ist, muss der Eingangsdatensatz beim Einlesen (Parsen) in mehrere Einheiten unterteilt werden, die dann einzeln direkt weiterverarbeitet werden können. Durch die Zerteilung lässt sich der Import in die Plattform-Datenbank gut parallelisieren und auch bei schwächerer Hardware massiv beschleunigen (Rauber und Rünger 2013). Die Performance dieses Push-Verfahrens ist für die ExCELL-Plattform jedoch von untergeordneter Bedeutung, da die Daten zunächst keinen Einfluss auf den Echtzeitbetrieb von Diensten wie dem Routing haben.

Bei dem Pull-Ansatz ist die Verarbeitungsgeschwindigkeit wichtiger, kann jedoch durch die eingesetzte Technik in den Quellsystemen stark limitiert sein, z.B. wenn eine angefragte API mehrere Sekunden für eine Antwort benötigt. Falls die API für die benötigten Daten eine granulare Suche ermöglicht (z.B. nach ID eines Sensors), kann es helfen, die Daten über diesen Endpunkt mit parallelen Aufrufen anzufragen. Hierbei sollte geprüft werden, wie gut der Dienst die Last vieler paralleler Anfragen verteilen kann (Load Balancing) (Newman 2015).

Spätestens beim Einbinden von Sensordaten einer ganzen Stadt sollte ein Message Broker zwischen Client und Server geschaltet werden (Middleware), um die Datenströme eleganter verarbeiten zu können (Lehner et al. 2001). Message Broker wie RabbitMQ[84] oder ActiveMQ[85]

[84] https://www.rabbitmq.com/
[85] http://activemq.apache.org/

persistieren Sendungen und garantieren deren Zustellung, falls Client oder Server ausfallen (Videla und Williams 2012). Clients müssen dank asynchroner Verarbeitung nicht auf die Zustellung der Nachricht warten. Dies wäre auch beim einfachen Hochladen von Dateien (siehe oben) von Vorteil. Durch die lose Kopplung zur Serverseite kann es bei einem Publish-Subscribe Modell mehrere Produzenten wie Konsumenten eines Datenstroms – auch „Topic" genannt – geben, wodurch sich das System besser skalieren lässt. Sollte die ExCELL-Plattform eine Datenrate im Bereich der großen sozialen Netzwerke erreichen, wäre der Einsatz von Apache Kafka[86] zu empfehlen, das sich als Message Broker bei verteilten Systemen wie Hadoop[87] etabliert hat (Pfannenschmidt und Wisniewski 2016).

8.4.2 Data Warehouse oder Hadoop Umgebung

Bei einem zentralen generischen Datenbankschema (siehe Kapitel 8.3) werden die Tabellen mit temporalen Einträgen stark anwachsen und nach kurzer Zeit eine Partitionierungsstrategie erfordern, damit die Zugriffsgeschwindigkeit stabil bleibt. Viele DBMS unterstützen das wertebasierte Partitionieren („Sharding") nach einem oder mehreren gewählten Schlüssel (Tabellenspalten). Für Mobilitätsdienste spielen vor allem aktuelle Werte eine entscheidende Rolle, weshalb eine Unterteilung nach der zeitlichen Dimension naheliegt. Allerdings wäre dann bei einem Sharding über mehrere Server (horizontale Partitionierung) die Schreib- und Leselast ungleich verteilt. Eine Unterteilung nach Sensor ID-Werten (mit der Zeit als Sekundärindex) kann hier Abhilfe schaffen (Kleppmann 2017).

Sollte ein RDBMS dennoch an Verarbeitungsgrenzen stoßen (z.B. bei Tausenden von Sensoren aus ganz Deutschland und Datenmengen im Terrabyte-Bereich), ließe sich der bisher skizzierte Datenfluss auch auf Big Data Plattformen wie Hadoop realisieren. Das reine Hinzufügen von Rohdaten und Streams passt zu der „Append-Only"-Einschränkung des verteilten Dateisystems von Hadoop, dem HDFS, und darauf aufsetzender Storage-Engines wie Accumulo[88], HBase[89], Hive[90], Impala[91] oder Phoenix[92]. Korrekturen oder Veränderungen an den Ausgangdaten könnten nur mit neuen Einträgen durchgeführt werden, welche alte Einträge invalidieren („Tombstones") (ähnlich wie bei der Speicherverwaltung von SSD-Festplatten). Was zunächst umständlich wirkt, erhöht andererseits die Nachvollziehbarkeit von Datenflüssen („Immutable data structures") (Helland 2015). Wenn z.B. fehlende Daten in Zeitreihen bereinigt werden (siehe Kapitel 11) sollten die Eingangsdaten lückenhaft bleiben, damit die angewandte Methode erneut durchgespielt werden kann oder um in Zukunft weitere Algorithmen zu testen. Der primäre Datenspeicher agiert damit quasi wie ein Log.

---

86 https://kafka.apache.org/
87 http://hadoop.apache.org/
88 https://accumulo.apache.org/
89 https://hbase.apache.org/
90 https://hive.apache.org/
91 https://impala.apache.org/
92 https://phoenix.apache.org/

8.4.3 Abgeleitete Daten und Hauptspeicherverarbeitung

Um die Latenz von Anfragen der ExCELL-Dienste im Millisekunden-Bereich zu halten, sollten die notwendigen Daten bereits für den jeweiligen Service aufbereitet vorliegen („Application State"). Für die Datentransformation und Speicherung kann dieselbe Datenhaltungskomponente genutzt werden wie im vorherigen Abschnitt beschrieben. Bei einem RDBMS könnten dies materialisierte Sichten („Materialized Views") sein – zusätzliche Tabellen, die sich automatisch nach definierten Zeitangaben aktualisieren (Wysocki 2015). In einem Hadoop-System würden Map-Reduce Jobs die Zieldaten (einfache Dateien im HDFS) in Intervallen neu produzieren bzw. überschreiben (Kleppmann 2017).

Die Web-Services sind der Hauptanlaufpunkt der Plattformnutzer, weshalb eine hohe Ausfallsicherheit garantiert werden muss. Der Application State sollte daher auf mehrere Server repliziert werden (idealerweise in unterschiedlichen Rechenzentren) (Newman 2015). Hierbei muss abgewogen werden, ob der administrative Aufwand für das horizontale Verteilen bei der eingesetzten Datenmanagement-Software nicht deutlich reduziert werden kann, indem zusätzliche alternative Technologien eingesetzt werden. Durch die Abgrenzung von Aufgaben der Komponenten wird diese Idee noch klarer: Der in 8.4.2 beschriebene Daten-Log muss eine hohe (eventuell schwer kalkulierbare) Schreiblast stemmen. Die Lesevorgänge würden jedoch seitens der Plattform kontrolliert gesteuert, um den Application State zu aktualisieren. Für Letzteren wäre es genau umgekehrt – regelmäßiges Schreiben, ggf. hohe Leselast („Web-Scale"). Dieses Konzept würde es ermöglichen für die verschiedenen Teile des Datenflusses jene Technologien zu wählen, welche die technischen Anforderungen am besten erfüllen (Kleppmann 2017). Für den schreibenden Teil ist die Datenintegrität wichtig (dies garantieren RDBMS), für den lesenden Teil ist es Hochverfügbarkeit (z.B. NoSQL-Systeme oder relationale Hauptspeicherdatenbanken) (Anikin 2016).

Diese Zweiteilung – auch bekannt unter dem Akronym CQRS - Command-Query-Responsibility-Segregation (Young 2014) – macht den Datentransformationsprozess natürlich komplexer und erhöht den administrativen Aufwand. Allerdings besteht auch für den nötigen ETL-Schritt die Chance, ein zusätzliches leistungsfähiges Software-Framework zu wählen, z.B. Apache Spark[93] oder andere Streaming Technologien (Hellström 2016). Dabei kann die Ausgangsdatenbank auch weiterhin einen Teil der Aufbereitung übernehmen. Einerseits sollte die Mächtigkeit von SQL gerade bei komplexen Abfragen nicht unterschätzt werden (Kulkarni 2017), andererseits haben viele Programmiersprachen in den letzten Jahren ihre Interfaces für parallele Verarbeitung von Massendaten verbessert bzw. eingeführt, z.B. Java Streams[94], R Data Frames[95], Pandas (NumPy) in Python[96].

[93] https://spark.apache.org/
[94] https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/util/stream/package-summary.html
[95] http://www.r-tutor.com/r-introduction/data-frame
[96] https://pandas.pydata.org/pandas-docs/stable/generated/pandas.DataFrame.html

8.4.4 Load Balancing und Caching von Service-Requests

Der replizierte Application State ist sinnvollerweise pro Maschine mit einem Web-Service gekoppelt, um den Datentransfer nicht unnötig zu erhöhen. Ein vorgeschalteter Lastenverteiler („Load Balancer“) leitet die ankommenden Anfragen auf die unterschiedlichen Server-Knoten um. Liefert ein Knoten keine Antwort, springt der Load Balancer zum nächsten (z.B. per DNS Round Robin Verfahren) (Newman 2015). Es können beliebig viele Knoten hinter einen Load Balancer geschaltet werden. Die Anzahl von laufenden Service-Instanzen und Datenbanken kann auch automatisch an die Anfragelast angepasst werden („Autoscaling“), wobei dies aufgrund der administrativen Aufwände eher im Cloud-Umfeld Sinn macht, z.B. Amazon AWS (Qu et al. 2016; Amazon 2017).

Einen großen Einfluss auf die Performance der bereitgestellten APIs hat das Zwischenspeichern von Serviceanfragen („Cashing“). Das Cashing kann im Server, Client oder einer zwischen geschalteten Proxy-Schicht erfolgen. Je näher der Cache bei den Daten liegt, desto höher die Wahrscheinlichkeit, dass keine veralteten Daten gelesen werden („Stale Reads“) (Newman 2015). Serverseitig werden häufig In-Memory Key-Value-Speicher wie Redis[97] oder Memcached[98] genutzt (Zulauf 2017). Statt zusätzliche Datenbanken zu verwalten, können solche Systeme auch gleich als Zielspeicher für die abgeleiteten Daten herhalten (siehe 8.4.3) (Kleppmann 2012). Client-seitiges Caching kann wiederum die Anzahl an Netzwerkzugriffen stark reduzieren und somit das System stabiler halten (Newman 2015). Im Proxy Cache können wiederum Verbindungsmetadaten zwischengespeichert werden („Connection Pooling“) (Mulhuijzen 2015). Je nach Anwendungsfall müssen verschiedene Strategien angewendet werden, z.B.

- Server-seitiges Cachen für das Echtzeitrouting, da die Kantengewichte des Graphen stets aktuell gehalten werden müssen
- Client-seitiges Cachen bei der Anzeige von Karten, da nicht alle Inhalte der Karte für einen Nutzer relevant sind.

8.5 Plattform-Orchestrierung

Die Microservice-Architektur der ExCELL-Plattform sieht ebenfalls eine zusätzliche Integrationsschicht vor (siehe Kapitel 3 und 4), über welche alle externen Nutzer-Requests laufen („API Gateway“). Sie dient quasi als Proxy für die Plattform. Gemäß der agilen Philosophie von Microservices hat dieser Proxy keine Kenntnis zu Servicearchitekturen in den verschiedenen Rechenzentren und dient daher auch weniger als Load Balancer für die Plattform. Da sich die Last wahrscheinlich unterschiedlich auf die angebotenen Services verteilen wird, erfolgt eine Skalierung nur dort, wo sie nötig wird (siehe 8.4.4) (Abbott 2010). Durch das Loggen von

[97] https://redis.io/
[98] https://memcached.org/

Metadaten kann ein API Gateway diesbezüglich hilfreiche Information liefern und sie den Zielsystemen mitteilen. Ebenso kann er Lasten begrenzen („Throttling“), wenn die Anzahl an Anfragen bei Serverangriffen in die Höhe schnellen (z.B. „Distributed Denial of Service Attacks“) (Newman 2015).

Der Schutz der Plattform ist überhaupt die wesentliche Aufgabe der Integrationsschicht. Als zentraler Proxy übernimmt sie die Authentifizierung der Nutzer und entscheidet mit Hilfe eines Rollenkonzeptes, auf welche Web-Service der Zugriff gewährt wird. Gepaart mit dem Logging lassen sich auch Abrechnungsmodelle einfach umsetzen (Reinheimer 2011). Die darunterliegenden Web-Service müssten diese Funktionen nicht mehr redundant implementieren, was Entwicklungsarbeit spart und somit die Integration neuer Services vereinfacht. Einmal authentifiziert können die Services auch direkt miteinander kommunizieren, z.B. durch die Weitergabe von Tokens, die für eine begrenzte Zeit gültig sind (Jones et al. 2015). Eine Kommunikation zurück über den Proxy würde zu unnötigem Netzwerkverkehr führen, für den dieser ggf. gar nicht ausgelegt ist. Das Prinzip eines solchen „Reverse Proxys“ macht erst auf der Ebene der Load Balancer in den Zielsystemen Sinn (siehe Abbildung 8-4)

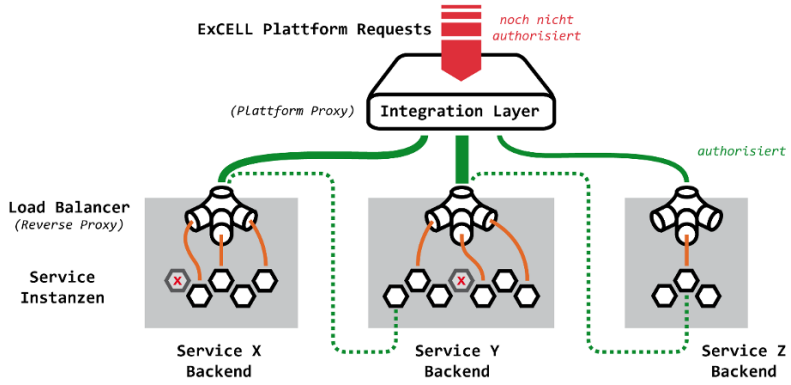


Abbildung 8-4. Kommunikation zwischen Plattform und Web-Services.

8.6 Zusammenfassung

Wie das aufgezeigte Konzept in der Praxis umgesetzt wird, hängt erstens von der Menge und der Frequenz der zu integrierenden Datenflüsse ab und zweitens von den zu erwartenden Zugriffszahlen durch Nutzer. Es sollte für die Anfangszeit des Plattformbetriebes auf Technologien gesetzt werden, die zum einen nicht zu überdimensioniert für die wahrscheinlich noch überschaubare Schreib- und Leselast sind und die zum anderen über einfach zu bedienende Hebel verfügen, um das System bei Leistungsgrenzen ein paar Gänge hochzuschalten.

Die schwierige Ausgangslage bei der Datenintegration wurde bereits eingangs geschildert. Intelligente Verlinkungskonzepte müssen für Verkehrsdaten erst noch geschaffen werden, daher erscheint es momentan noch effektiver Daten an einem Ort zu bündeln und dort weiter zu veredeln (Feldman 2017). Es wäre übertrieben für diesen Ort direkt mit einem Hadoop-System zu beginnen, da sich selbst klassische Datenbanksysteme für riesige Datenmengen bis in den Terrabyte-Bereich skalieren lassen. NoSQL-Datenbanken sind aufgrund ihrer Schemaflexibilität eine attraktive Lösung, verfügen jedoch bisher über wenig GIS-Funktionalitäten, um vielfältige weiterführende Analysen zu ermöglichen. Dies kann immerhin mit Programmierbibliotheken ausgeglichen werden.

Die Schnittstelle zwischen Datenplattform und Serviceebene lässt sich am einfachsten an Lastspitzen anpassen. Hier existieren bereits einige Frameworks, mit denen das Aufsetzen neuer Applikationsinstanzen schnell umgesetzt werden kann. Für den lokalen Speicher bzw. Cache sind NoSQL-Datenbanken wiederum eine gängige Wahl. Da bei einem Forschungsprojekt wie ExCELL zunächst nicht von einem Ansturm an Nutzern ausgegangen werden muss, dürfte es auch genügen aus einem zentralen Datenspeicher Sichten abzuleiten bzw. in weitere Instanzen derselben DBMS-Technologie zu replizieren. Langfristig gesehen würde dann aber der Umstieg zu einem skalierbareren System schwieriger sein.

Die Besonderheit der hier skizzierten Datenplattform ist der Ereignis-getriebene („Event-driven“) Charakter, bei dem der Datenbestand nur anwächst und nicht durch Nutzer editiert wird. Selbst wenn zukünftig über Web-Services Buchungssysteme (Stichwort: „Sharing Economy“) angeboten werden, könnten diese als Event den kompletten Datenfluss durchlaufen anstatt den direkten mit Fallen versehenen Weg von verteilter Transaktionsverarbeitung zu wählen (Kleppmann 2017). Dies steigert die Nachvollziehbarkeit, die Konsistenz und Robustheit einer Smart City Plattform.

8.7 Literaturverzeichnis

Abadi D (2010) Distinguishing Two Major Types of Column-Stores.
Abbott (2010) Art of Scalability. Addison-Wesley Professional.
Amazon (2017) AWS - Elastic Load Balancing Documentation. Abgerufen am 17.06.2017.
Anikin D (2016) What an in-memory database is and how it persists data efficiently.
Awadallah A (2009) Schema-on-Read vs. Schema-on-Write.
Brunauer R, Rehrl K (2016) Big Data in der Mobilität–FCD Modellregion Salzburg. In: Big Data. Springer, S. 235-267.
Catlett C, Malik T, Goldstein B, Giuffrida J, Shao Y, Panella A, Eder D, van Zanten E, Mitchum R, Thaler S (2014) Plenario: An Open Data Discovery and Exploration Platform for Urban Science. IEEE Data Engineering Bulletin 37 (4): S. 27-42.
Chang F, Dean J, Ghemawat S, Hsieh WC, Wallach DA, Burrows M, Chandra T, Fikes A, Gruber RE (2008) Bigtable: A distributed storage system for structured data. ACM Transactions on Computer Systems (TOCS) 26 (2): S. 4.
DeCandia G, Hastorun D, Jampani M, Kakulapati G, Lakshman A, Pilchin A, Sivasubramanian S, Vosshall P, Vogels W (2007) Dynamo: amazon's highly available key-value store. ACM SIGOPS operating systems review 41 (6): S. 205-220.
Feldman D (2017) Data Lakes, Data Hubs, Federation: Which One Is Best?
Hagedorn S, Götze P, Sattler K-U (2017) Big Spatial Data Processing Frameworks: Feature and Performance Evaluation, EDBT.
Halliday L (2017) Unleash the Power of Storing JSON in Postgres.
Han G, Chen J, He C, Li S, Wu H, Liao A, Peng S (2015) A web-based system for supporting global land cover data production. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 103: S. 66-80.
Haynes D, Ray S, Manson S (2017) Terra Populus: Challenges and Opportunities with Heterogeneous Big Spatial Data. In: Advances in Geocomputation. Springer, S. 115-121.
Helland P (2015) Immutability changes everything. Queue 13 (9): S. 40.
Hellström I (2016) An Overview of Apache Streaming Technologies.
Hsu L, Obe R (2012) File FDW Family: Part 1 file_fdw.
Inel O, Khamkham K, Cristea T, Dumitrache A, Rutjes A, van der Ploeg J, Romaszko L, Aroyo L, Sips R-J (2014) Crowdtruth: Machine-human computation framework for harnessing disagreement in gathering annotated data, International Semantic Web Conference.
International Organization for Standardization (2016) ISO/IEC 9075-9:2016: Information technology - Database languages - SQL - Part 9: Management of External Data (SQL/MED).
Jin J, Gubbi J, Marusic S, Palaniswami M (2014) An information framework for creating a smart city through internet of things. IEEE Internet of Things Journal 1 (2): S. 112-121.
Jones M, Bradley J, Sakimura N (2015) Json web token (jwt).
Karwin B (2010) SQL antipatterns: avoiding the pitfalls of database programming. Pragmatic Bookshelf.
Kimball R, Ross M (2011) The data warehouse toolkit: the complete guide to dimensional modeling. John Wiley & Sons.
Kleppmann M (2012) Rethinking caching in web apps.
Kleppmann M (2017) Designing Data-Intensive Applications: The Big Ideas Behind Reliable, Scalable, and Maintainable Systems. " O'Reilly Media, Inc.".
Kulkarni A (2017) Why SQL is beating NoSQL, and what this means for the future of data.

Lakshman A, Malik P (2010) Cassandra: a decentralized structured storage system. ACM SIGOPS operating systems review 44 (2): S. 35-40.
Le-Phuoc D, Quoc HNM, Parreira JX, Hauswirth M (2011) The linked sensor middleware–connecting the real world and the semantic web, Semantic Web Challenge.
Lehner W, Hümmer W, Redert M, Reinhard C (2001) Publish/Subscribe Systeme im Data-Warehousing: Mehr als nur eine Renaissance der Batch-Verarbeitung, vol 34(5). Advanced Techniques in Personalized Information Delivery. Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg.
Lott SF (2017) NoSQL Database Doesn't Mean No Schema.
Meier A, Kaufmann M, Kaufmann M (2016) SQL-& NoSQL-Datenbanken. Springer.
Mulhuijzen R (2015) Reusing backend connections to increase performance.
Nemil (2017) Why Did So Many Startups Choose MongoDB?
Newman S (2015) Building microservices: designing fine-grained systems. " O'Reilly Media, Inc.".
Nielsen J (2010) Website Response Times.
Nittel S (2015) Real-time sensor data streams. SIGSPATIAL Special 7 (2): S. 22-28.
Open Geospatial Consortium (2012) Sensor Observation Service Interface Standard
Organization for Economic Cooperation and Development (2015) Data-Driven Innovation: Big Data for Growth and Well-Being. OECD Publishing, Paris.
Ouyang A (2015) Cassandra: Daughter of Dynamo and BigTable.
Pavlo A, Aslett M (2016) What's Really New with NewSQL? ACM Sigmod Record 45 (2): S. 45-55.
Pelkonen T, Franklin S, Teller J, Cavallaro P, Huang Q, Meza J, Veeraraghavan K (2015) Gorilla: A fast, scalable, in-memory time series database. Proceedings of the VLDB Endowment 8 (12): S. 1816-1827.
Pfannenschmidt L, Wisniewski F (2016) Use Cases für Apache Kafka: „Viele Data-Probleme sind gar nicht so big". JAXenter.
Qu C, Calheiros RN, Buyya R (2016) Auto-scaling web applications in clouds: a taxonomy and survey.
Rauber T, Rünger G (2013) Parallel programming: For multicore and cluster systems. Springer Science & Business Media.
Reinheimer (2011) Squid Log Parsing for Proxy Billing.
Stonebraker M (2015) The case of polystores.
Terpolilli N (2015) Open Data Purists vs Open Data Pragmatists.
Videla A, Williams JJ (2012) RabbitMQ in action: distributed messaging for everyone. Manning.
Wysocki RM (2015) It's a view, it's a table... no, it's a materialized view!
Young G (2014) CQRS and Event Sourcing. Code on the Beach 2014.
Zulauf C (2017) Memcached vs. Redis? https://stackoverflow.com/a/11257333/8919948. Abgerufen am 01.11.2017.

9 Data Mining auf Verkehrsdaten[99]

S. Pieper, F. Kunde, P. Sauer

Data Mining auf Verkehrsdaten erfordert die Benutzung eines etablierten Data Mining Prozesses, weil Verkehrsdaten heterogen und komplex in der Verwendung sind. CRISP-DM ist ein solcher Data Mining Prozess, der exemplarisch für vier Anwendungsfälle im ExCELL Projekt herangezogen wird. Die vier Anwendungsfälle sind Data Mining mit Heatmaps, Data Mining mit raum-zeitlicher Hot-Spot-Analyse, Data Mining mit raum-zeitlicher Aggregation, Analyse und Visualisierung von Trackingdaten und Data Mining mit Korrelationserkennung zwischen Sensormessungen und den Elbebrücken-Informationstafeln. Es wird gezeigt, dass diese Anwendungsfälle einen großen Nutzen für die ExCELL Datenplattform offerieren und neue Erkenntnisse für Entwickler, Data Scientists und KMU bieten. Letztendlich ist eine Optimierung der Verkehrsflüsse in einer smarten Stadt und das Mobilitätsverhalten von Menschen das Ziel.

Data Mining on traffic data requires the usage of a well-known data mining process because traffic data is inherently heterogeneous and complex. CRISP-DM is such a data mining process that is applied for four use cases in the ExCELL project. The four use cases are data mining with heat maps, data mining with spatiotemporal hotspot analysis, data mining with spatiotemporal aggregation, analysis and visualization of tracking data and data mining with correlation detection between sensor measurements and the information system displays of the Elbe River. We show that these use cases offer a great benefit to the ExCELL data platform and provide new insights for developers, data scientists and SMEs. Finally, the optimization of traffic flows in a smart city and the mobility patterns of humans are the aim.

[99] Das Forschungsprojekt ExCELL wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert (Förderkennzeichen: 01MD15001B).

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018
M. Wiesche et al. (Hrsg.), *Management digitaler Plattformen*,
Informationsmanagement und digitale Transformation,
https://doi.org/10.1007/978-3-658-21214-8_9

9.1 Grundlagen des Data Mining

Data Mining beschreibt die systematische Anwendung statistischer Verfahren auf große Datensätze zur Extraktion von Wissen und Erkennung von Mustern beziehungsweise Trends in den Daten (Han et al. 2011). Der Umfang der Daten macht eine manuelle Auswertung unmöglich, deshalb werden hauptsächlich computerbasierte Methoden angewandt. Data Mining findet in diversen Bereichen Anwendung wie beispielsweise Entscheidungsunterstützungssystemen, bei der Rechnungsprüfung, Warenkorbanalyse, Kundenprofil-Matching, Business Intelligence, Angriffserkennung im Internet, Recommendation Systemen, Text Mining, Medizin, explorative Datenanalyse und Prozessoptimierung (Gabriel et al. 2009).

Laut Definition bezeichnet der Begriff Data Mining den Verarbeitungsschritt in einem kompletten Analyseprozess (Fayyad et al. 1996). Ein Beispiel für ein bekanntes Vorgehensmodell zur Datenanalyse ist der KDD-Prozess (Fayyad et al. 1996). KDD steht für Knowledge Discovery in Databases. Der Begriff KDD wurde von Gregory Piatetsky-Shapiro geprägt.

Der KDD-Prozess besteht aus fünf Teilschritten, wobei Data Mining als ein essentieller Teilschritt definiert ist (Ester und Sander 2013):

- Selektion
- Vorverarbeitung
- Transformation
- Data Mining
- Evaluierung

Ein weit verbreitetes Framework zur Lösung von Data Mining Problemen ist Cross-Industry Standard Process for Data Mining (Shearer 2000) und das dazugehörige Akronym CRISP-DM. Dieses Vorgehensmodell wurde im Rahmen eines EU-Projekts 1999 entwickelt und entwickelte sich zum Industriestandard für Data Mining Aufgaben (Shearer 2000). CRISP-DM besitzt sechs teilweise iterative Phasen, siehe Abbildung 9-1.

Abbildung 9-1. CRISP-DM Vorgehensmodell.

Zu den Phasen von CRISP-DM gehören Business Understanding, Data Understanding, Data Preparation, Modeling, Evaluation und Deployment:

1. **Business Understanding:** Die initiale Phase konzentriert sich darauf, Einsichten in das Data Mining Projekt und die Anforderungen zu gewinnen. Hierfür setzen sich Datenanalysten und Auftraggeber zusammen und diskutieren über die Geschäftssituation und Unternehmensstruktur.
2. **Data Understanding:** Diese Phase startet mit einer initialen Datensammlung. Anschließend ist es wichtig, die Daten kennenzulernen, erste Einsichten zu gewinnen und etwaige Datenqualitätsprobleme zu identifizieren.
3. **Data Preparation:** Hier werden alle Aktivitäten durchgeführt, damit ein finaler Datensatz zur Verfügung steht. Aus diesem Grund werden Tabellen, Einträge und Attribute selektiert, transformiert und bereinigt.
4. **Modeling:** Das Ziel dieser Phase besteht darin, mindestens ein Data Mining-Verfahren auszuwählen, das in der Lage ist, ein aussagekräftiges Analyseergebnis zu der gestellten Geschäftsfrage zu liefern. Nach der Ausführung werden das Modell und dessen Parameter bewertet und gegebenenfalls verfeinert.
5. **Evaluation:** Nach dem Modeling folgt die Bewertung aller Data Mining-Ergebnisse hinsichtlich des Geschäftsziels. Es wird beurteilt, ob die durchgeführten Methoden gültige, neuartige und verständliche Ergebnisse liefern. Ein Hauptziel ist dabei herauszufinden, ob wichtige Geschäftsprobleme ausreichend abgedeckt sind.

6. **Deployment:** Dieser Schritt befasst sich mit der Bereitstellung des Analyseergebnisses. Es werden Implementierungsstrategien vorbereitet und Maßnahmen wie Mitarbeiterschulungen definiert. Außerdem werden alle Schritte für spätere Data Mining Projekte dokumentiert.

CRISP-DM als Vorgehensmodell hat sich bewährt und wird von namhaften Konzernen wie Daimler, Teradata, SPSS und IBM zur Lösung von Problemstellungen produktiv eingesetzt (Shearer 2000).

Zur Problemlösung verwendet Data Mining dabei Verfahren aus unterschiedlichen Bereichen wie Statistik (Korrelationen und Regression), Machine Learning, Information Retrieval (Chowdhury 2010) und Künstliche Intelligenz (KI). Diese Data Mining Verfahren werden auf unterschiedlichen Datenarten angewandt, dazu zählen Daten in Datenbanken, Daten aus Data Warehouses, transaktionale Daten wie Flugbuchungen, Textdaten, Datenströme, Graphdaten, Zeitreihen und Geodaten (Han et al. 2011; Gabriel et al. 2009).

Infolgedessen sind die typischen Aufgabenstellungen des Data Mining lösbar:

- **Clusteranalyse**: Bildung von Gruppen ähnlicher Objekte ohne vorherige Klassendefinition (Han et al. 2011)
- **Klassifikation**: Zuordnung von Objekten zu vordefinierten Klassen, wie beispielsweise Erkennung von Benutzergruppen (Bishop 2006)
- **Assoziationsanalyse**: Extraktion von häufigen Regeln wie beispielsweise „Wenn Kunde X Produkt A und B kauft, dann folgt daraus, dass Kunde X mit einer hohen Wahrscheinlichkeit auch Produkt C kaufen wird“ (Agrawal et al. 1993)
- **Prognose**: Identifizierung von Zusammenhängen zwischen Variablen (Mosteller und Tukey 1977)
- **Ausreißer-Erkennung**: Entdeckung von statistisch ungewöhnlichen Datensätzen wie Fehlern oder starken Ausreißern, die auf Messfehler hindeuten (Rousseeuw und Leroy 2005)

Diese fünf Hauptaufgaben des Data Mining dienen dazu, Muster in den Daten zu spezifizieren beziehungsweise Modelle zu generieren, die neue Einsichten bereitstellen. Generell lassen sich die Aufgaben in deskriptiv und prädiktiv einteilen. Die Kategorie der deskriptiven Methoden charakterisieren Eigenschaften im Zieldatensatz, wohingegen prädiktive Verfahren Induktion auf den aktuellen Daten anwenden, damit Vorhersagen gemacht werden können (Han et al. 2011).

Probleme beim Data Mining beziehungsweise bei den Ergebnissen der Methoden entstehen häufig aus Defekten in den Daten beziehungsweise verbergen sich in der statistischen Verteilung der Daten. Ursachen für Daten-Defekte sind einerseits eine ungenügende Vorverarbeitung der Daten oder andererseits eine fehlerhafte Datenerfassung. Repräsentative Ergebnisse lassen sich nicht aus fehlerhaften Daten ermitteln.

Ein weiteres Problem ist die Parametrisierung der verwendeten Data Mining Algorithmen. Einige Algorithmen benutzen mehrere Parameter wie zum Beispiel das Clusteranalyse-Verfahren DBSCAN (Ester et al. 1996), wobei die Wahl der Parameter starken Einfluss auf die Qualität der berechneten Cluster hat. Die Auswahl zu kleiner Parameter bewirkt eine Zerstückelung der vorhandenen Cluster in elementare Strukturen, wohingegen die Wahl zu großer Parameter zur Findung von Hauptclustern führt, die oftmals bereits bekannt sind. Eine Lösung ist die Wahl von Data Mining Verfahren, die weniger Parameter benötigen oder eine Qualitätskontrolle der Ergebnisse.

Die Interpretierbarkeit der Ergebnisse aus den Data Mining Verfahren ist ein zusätzliches Problem, da die Verfahren oftmals einfache Modelle oder Mittelwerte liefern. Der Weg bis zur Ergebnisfindung ist teilweise schwer nachvollziehbar. Trotzdem muss der Endnutzer die gewonnenen Ergebnisse interpretieren, damit aus den Werten Wissen entsteht (Gabriel et al. 2009).

Neben diesen Problemen sind bei allen Data Mining Methoden rechtliche, moralische und psychologische Aspekte zu beachten.

9.2 Data Mining mit Heatmaps

Für die Stadt Dresden liegt ein umfangreicher Datenbestand in Form von Floating Car Daten (FCD) vor. Die Floating Car Daten umfassen die Positionsdaten, Geschwindigkeitsinformationen, Fahrgastinformationen und die Fahrtrichtung aller Taxen in Dresden (Körner 2011). Diese Datenmenge ist groß, da mehr als 500 Taxen in Dresden unterwegs sind, die alle 5 Sekunden einen Datensatz senden. Auf diese Weise werden jedes Jahr ungefähr 30 GBytes Daten generiert.

Floating Car Daten können als Anreicherung für stationäre Sensordaten dienen, da die Sensordichte in weniger besiedelten Stadtgebieten gering ist, wohingegen Taxen das komplette Stadtgebiet abdecken. Häufig werden Floating Car Daten für die Berechnung von Reisezeiten verwendet. Die errechneten Reisezeiten können in Verkehrsmanagementsystemen zur Planung von Lichtsignalanlagen, neuen Straßen und Ampelschaltungen dienen (Krimmling 2014). Darüber hinaus lassen sich diese Daten für neuartige Navigationssysteme heranziehen, um eine globale Optimierung des Verkehrsflusses sowie von Umfahrungen in einer Stadt vorschlagen zu können.

Im Folgenden wird die Etablierung einer ETL-Pipeline für einen Geodaten Use Case beschrieben. ETL steht hierbei für die Schritte Extract, Transform und Load (Vassiliadis et al. 2002). Die ETL-Pipeline extrahiert Taxidaten aus Dresden, transformiert die Daten zur Aggregation bzw. Aufbereitung und lädt die Daten in die verteilte SQL-Datenbank Impala. Die analysierten Daten dienen als Ausgangspunkt für einen Webservice, der Verkehrsvisualisierung mittels Heatmaps (Ferreira et al. 2013) zur Verfügung stellt.

Die Floating Car Daten erlauben keinen Rückschluss auf den Gesamtverkehr, die Taxidaten definieren lediglich einen Ausschnitt aus dem Verkehrszustand (Krimmling et al. 2006). Mit Hilfe dieser Daten können grobe Verkehrsmuster erkannt und ausgewertet werden. Hierfür können sehr gut Heatmaps herangezogen werden. Heatmaps sind eine Visualisierungsform, bei der die Werte auf einer zweidimensionalen Definitionsmenge als Farben repräsentiert werden (Ferreira et al. 2013). Ein beispielhafter Anwendungsfall von Heatmaps ist die Darstellung der Aufenthaltsdauer der Spieler auf dem Fußballfeld. Aus dieser Visualisierung können Trainer Schwachstellen in der Abwehr und häufige Angriffsversuche erkennen.

Bezogen auf den FCD Anwendungsfall dient eine Heatmap zur Beantwortung verkehrstypischer Fragestellungen. Relevante Fragen sind in diesem Fall:

- Zu welchen Zeiten und an welchen Stellen gibt es häufig Stau in der Stadt?
- Wann fahren Fahrzeuge schnell oder langsam?
- Wann sollte eine Person am besten losfahren, um eine bestimmte Adresse möglichst optimal zu erreichen?

Im Fall von Dresden werden sekündlich GPS- und Geschwindigkeitsdaten getrackt. Eine Datenaggregation und Berechnung der Heatmaps geschieht durch eine ETL Pipeline. Die Einzelaufgaben der Pipeline sind:

- Einlesen der Floating Car Daten aus CSV-Dateien
- Transformation der Daten
- Erkennen und Entfernen von Ausreißern
- Zuordnung der Taxidaten auf Rasterausschnitte
- Aggregation der Daten pro Raster über die Zeit
- Speicherung der aggregierten Daten

Die komplette ETL Pipeline ist in Abbildung 9-2 abgebildet.

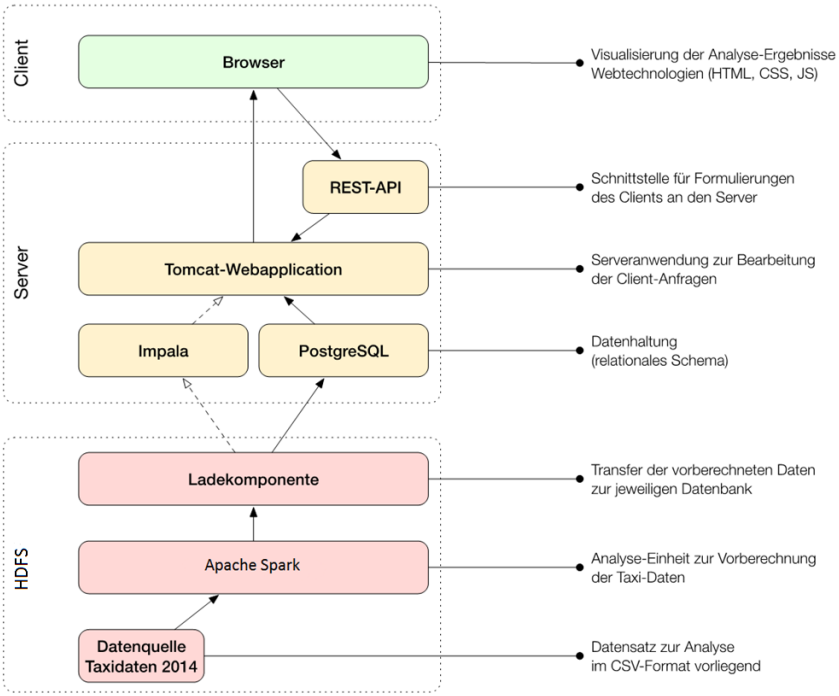


Abbildung 9-2. Prozess zur Generierung von Heatmaps.

Im Anschluss werden die Daten für die Heatmap Darstellung in der analytischen Datenbank Impala gespeichert. Ein nachgelagerter REST Service greift auf die Impala Datenbank zu und gibt die Daten an die Visualisierungskomponente zurück. Eine Visualisierung der Taxidaten für einen Beispieldatensatz am 01.01.2014 um Mitternacht ist in Abbildung 9-3 aufgezeigt. Die Graphik verdeutlicht den Verkehr in der Silvesternacht, rote Bereiche weisen einen höheren Verkehr auf. Wohingegen grüne Bereiche nur sehr geringen Verkehr dokumentieren. Graue Rechtecke stehen für Regionen in Dresden ohne motorisierten Verkehr wie Parks oder Außenbereiche.

Silvester ist eine spezielle Nacht mit einer besonderen Verkehrssituation in vielen Großstädten der Welt, was sich auch in der Heatmap-Visualisierung zeigt. Viele Taxifahrten gibt es demnach in Dresden Neustadt und in der Altstadt. Hier befinden sich viele Silvesterfeiern, das große Feuerwerk an der Elbe und viele Clubs. Eine hohe Anzahl an Taxen befindet sich beispielsweise in der Nähe der Semperoper in Dresden, hier findet jährlich zu Silvester das berühmte Silvester Galadinner statt. All diese Charakteristika und Events sind in der Heatmap-Darstellung erkennbar.

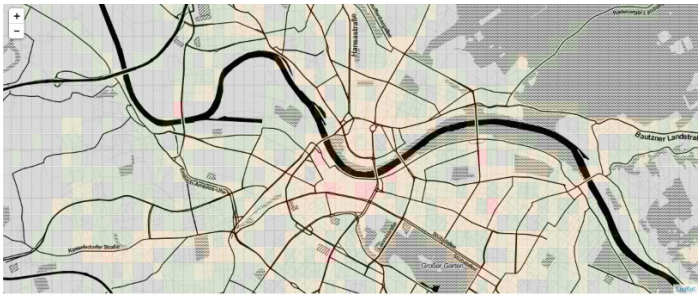


Abbildung 9-3. Heatmap Ansicht zur Silvesternacht 2014.

Abbildung 9-4 zeigt einen detaillierten Ausschnitt der kompletten Heatmap. Der Ausschnitt zeigt die Rasterung und Aggregationsbereiche in Dresden, wobei die Auflösung des Rasters angepasst werden kann. Eine Änderung der Auflösung kann dafür benutzt werden, um die Innenstadt zu untergliedern oder eine gröbere Auflösung zu wählen, damit die Verkehrsmuster in den Randgebieten von Dresden besser erkannt werden können.

Abbildung 9-4. Details der Heatmap Visualisierung.

Für die Übertragbarkeit der Heatmap Visualisierung auf andere Städte sind Floating Car Daten nötig. Die nötigen Daten lassen sich aus städtischen Fuhrparks, Taxiunternehmen oder Tracking-Apps extrahieren.

9.3 Data Mining mit raum-zeitlicher Hot-Spot-Analyse

Eine andere Möglichkeit zum Data Mining auf Taxidaten ist die Erstellung von Hot-Spots für Taxiendpunkte. Ein prominenter Vertreter von Algorithmen für Hot-Spot-Analysen ist Getis-Ord G_i^* (Ord und Getis 1995). Dieser Algorithmus generiert Hot-Spots und Cold-Spots, die sich mit einer hohen Signifikanz herausbilden. Zeitliche und räumliche Nähe wird dafür mit einberechnet, um möglichst aussagekräftige Stellen oder Bereiche in der Stadt zu finden. Ein Hot-Spot könnte beispielsweise der Bahnhofseingang zu einer bestimmten Zeit sein. Zur Be-

stimmung der Signifikanz liefert der Algorithmus einen z-Wert und einen p-Wert. Diese Parameter beschreiben die Güte und Interpretationsmöglichkeit eines gefundenen Hot-Spots beziehungsweise Cold-Spots.

Die Implementierung von Getis-Ord G_i^* und Berechnung der signifikanten Cluster wurde anhand eines umfangreicheren Datensatzes von Floating Car Daten aus New York durchgeführt. Die Analysen wurden auf dem Apache Spark Hochleistungsrechner der Beuth Hochschule für Technik ausgeführt. Für die statistische Auswertung von Taxidaten aus New York City dienten als Datengrundlage Taxifahrten von 2009 bis 2015 mit Startposition, Endposition, Fahrtstrecke, Kosten der Fahrt, Zeitpunkt zur Aufnahme eines Fahrgasts, Zeitpunkt zum Entlassen eines Fahrgasts und die Anzahl der Fahrgäste. Ziel der Analyse war die Entdeckung von charakteristischen Cold-Spots beziehungsweise Hot-Spots über den Zeitverlauf.

In Abbildung 9-5 ist der zu betrachtende New York Kartenausschnitt für die Berechnung der Cluster markiert. Dieser grobe Ausschnitt ist ein Rechteck mit einer Kantenlänge von 61,2 km und einer Kantenbreite von 44,5 km, wobei dieser Bereich in ein Raster mit einer konstanten Zellengröße von 200 m aufgeteilt wird. Die Berechnung des Getis-Ord G_i^* Algorithmus wird dann je Zelle und einer Zeitdauer von zwei Stunden aggregiert. Dabei wird für jede Zelle unter Bezugnahme der acht Nachbarn auf der gleichen Zeitscheibe und den neun Nachbarn auf der nächsten beziehungsweise vorherigen Zeitscheibe der z-Wert und der p-Wert berechnet. Das Resultat der Getis-Ord G_i^* Statistik ist ein Würfel mit den Positionsdaten auf der X- und Y-Achse, sowie der Zeitdimension auf der Z-Achse.

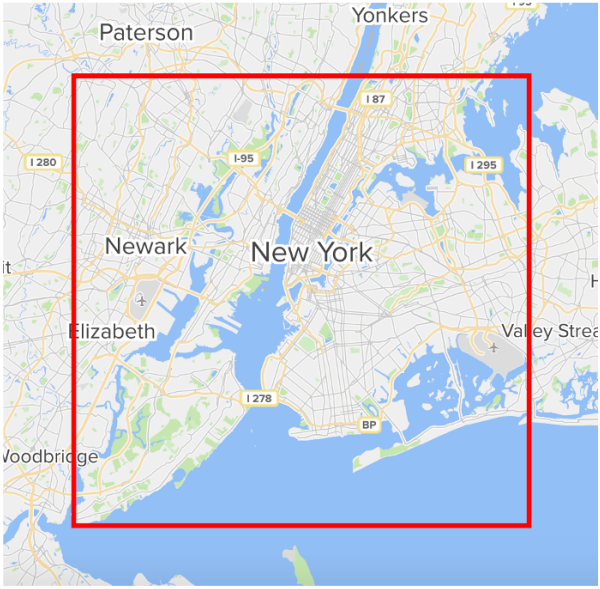


Abbildung 9-5. Kartenausschnitt von New York City.

Die standardisierte Form der G_i^* Statistik (Ord und Getis 1995) ist in Gleichung (1) dargestellt.

$$G_i^*(d) = \frac{\sum_{j=1}^{n} w_{ij}(d)x_j - W_i^*\bar{x}}{S\sqrt{\frac{nS_i^* - W_i^{*2}}{n-1}}} \tag{9.1}$$

$G_i^*(d)$ ist mit dem z-Wert gleichzusetzen, wobei $\bar{x}$ der Mittelwert aller Daten ist, siehe Gleichung (2), und n die Anzahl der zu berechnenden Daten.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^{n} x_j}{n} \tag{9.2}$$

S beschreibt die Standardabweichung (Kuckartz et al. 2013), wie in Formel (3) erläutert.

$$S = \frac{\sum_{j=1}^{n} x_j^2}{n} - \bar{x}^2 \tag{9.3}$$

Die drei Formeln bilden die Grundlage zur Berechnung der z- und p-Werte, die die gefundenen Hot-Spots definieren und Rückschlüsse auf deren Signifikanz erlauben. Der Zusammenhang zwischen z-Wert und p-Wert ist hierbei in Abbildung 9-6 visualisiert. Auf Grund der gezeigten Gaußschen Verteilungsfunktion folgen die beiden Werte der Normalverteilung. Um den Mittelwert und der Standardabweichung herum gruppieren sich die Cluster mit einer zufälligen Abfolge, es handelt sich also weder um Cold-Spots noch um Hot-Spots.

Negative z-Werte und dazugehörige sehr geringe p-Werte liefern Rückschlüsse auf Cold-Spots in den Daten, wohingegen positive z-Werte und passende niedrige p-Werte Hot-Spots abgrenzen. Der p-Wert ist gleichbedeutend mit der Wahrscheinlichkeit, dass es sich beim gefundenen Cluster um zufälliges Rauschen handelt. Besitzt die betrachtete Zelle eine hohe Zahl an Fahrgastzielen, so steigt der z-Wert, wenn die direkten Nachbarn ebenfalls einen hohen Wert beinhalten. Erhält eine Zelle einen hohen Wert, die Nachbarn hingegen einen sehr niedrigen Wert, so besteht keine Korrelation. Die Methode definiert, dass dieser potenzielle Hot-Spot ein Ergebnis von zufälligen Prozessen ist. Für die Signifikanzabschätzung wird der p-Wert herangezogen. Beträgt $p > 0{,}05$, so kann der gemessene Wert nicht mehr als signifikant bezeichnet werden.

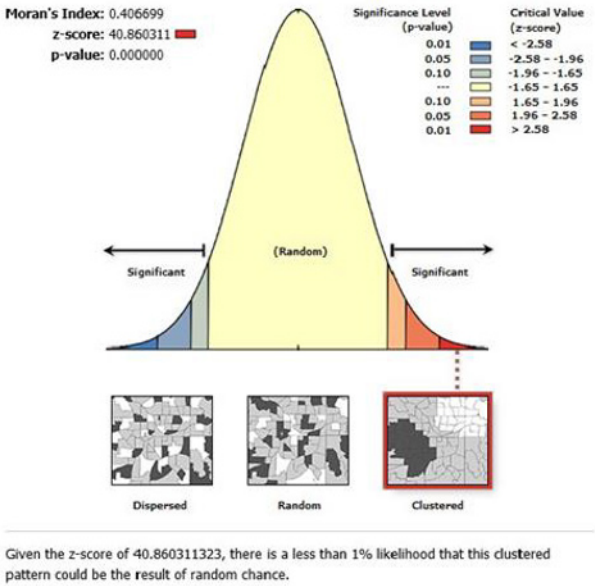


Abbildung 9-6. Verteilungsfunktion von Getis-Ord G (Mitchel 2005).*

Abbildung 9-7 zeigt sechs Hot-Spots in Manhattan mit einer besonders charakteristischen Zelle in der Nähe des Central Parks. In dieser Ecke von New York befinden sich viele Hotels, wodurch ein erhöhtes Taxiaufkommen zu bestimmten Zeiten erklärt werden kann.

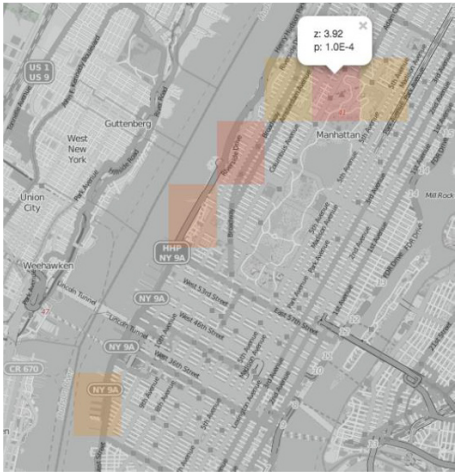


Abbildung 9-7. Beispiele für Hot-Spots im Stadtgebiet von New York.

9.4 Data Mining mit raum-zeitlicher Aggregation, Analyse und Visualisierung von Trackingdaten

Mit Hilfe der Floating Car Daten wurden Analysen erstellt, die den Einfluss von verschiedenen Faktoren auf den Dresdner Verkehr messen. Die daraus entstandenen Ergebnisse wurden für die Erstellung eines Routingalgorithmus verwendet, der basierend auf den historischen Daten die vermeintlich schnellste Route finden soll. Wetter hat einen signifikanten Einfluss auf den Verkehrsfluss, beispielsweise führt Eis zu mehr Unfällen im Straßenverkehr (Maze et al. 2006).

In diesem Zusammenhang wurden die Uhrzeit, der Wochentag, die Ferienzeiten, die Temperatur und der Niederschlag als relevanteste Einflussfaktoren ausgewählt. Die Faktoren wurden auf ihre Relevanz untersucht und Visualisierungen zur Unterstützung der Analysen generiert. Alle Visualisierungen sind so aufgebaut, dass die linke/türkise Y-Achse immer die mediane Geschwindigkeit, die rechte/orange Y-Achse die Menge der verfügbaren Fahrten und die X-Achse die Einteilung des jeweiligen Einflussfaktors darstellt. Beispiele sind in den folgenden Abbildungen zu finden.

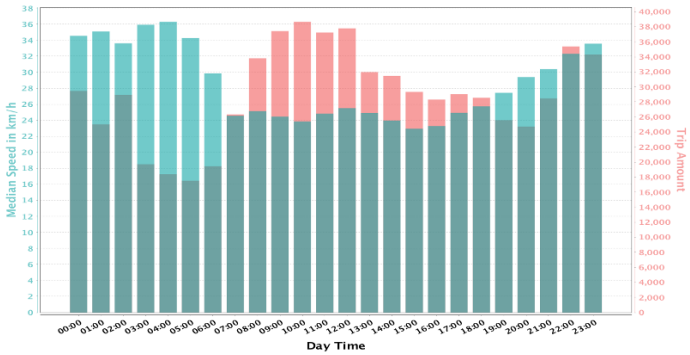


Abbildung 9-8. Tageszeitdiagramm.

Die Visualisierung der Tageszeit im Stundentakt (Abbildung 9-8) zeigt, dass nachts, also von 00:00 bis circa 7:00, die mediane Geschwindigkeit überdurchschnittlich hoch ist. Von 8:00 bis 12:00 ist die Anzahl an Taxifahrten erhöht, während die Geschwindigkeit stark absinkt. Am Nachmittag nimmt die Fahrtenmenge mit steigender Uhrzeit immer weiter ab. Die Geschwindigkeit pendelt sich dagegen verhältnismäßig stabil ein. Es gibt nur noch zwischen 22:00 und 23:00 eine Spitze von beiden Parametern.

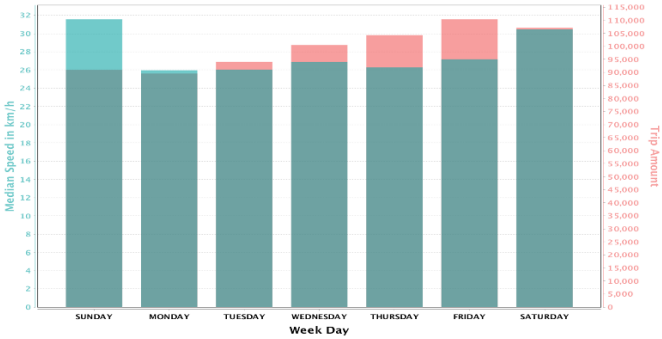


Abbildung 9-9. Wochentagsdiagramm.

Bei der Analyse der Wochentage ist erkennbar, dass die Menge der Fahrten zum Wochenende hin stetig steigt, mit einem Höhepunkt am Freitag und einer Absenkung auf das Minimallevel von Samstag zu Sonntag. Die Geschwindigkeit bleibt von Montag bis Freitag relativ konstant und wird nur am Samstag und Sonntag spürbar erhöht. Dieses Verhalten ist in Abbildung 9-9 dargestellt.

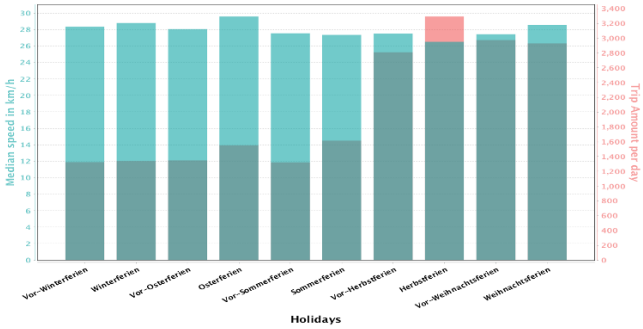


Abbildung 9-10. Ferienzeitendiagramm.

Abbildung 9-10 visualisiert das Ferienzeitendiagramm. Hier ist die Menge an Fahrten pro Tag angegeben, da die Zeiträume sehr stark variieren. Die Fahrtmenge ist am Anfang des Jahres sehr stabil und macht einen großen Sprung ab dem Ende der Sommerferien auf ungefähr die doppelte Menge und bleibt dort konstant bis zum Ende des Jahres. Unabhängig davon ist die Geschwindigkeit über alle Zeiträume verhältnismäßig stabil.

In der Temperaturvisualisierung ist zu beachten, dass die Fahrtmengenskala logarithmisch ist, da es nur relativ wenige Fahrten mit Temperaturen unter -10°C und höher als +30°C in dem Datensatz gibt. Die Geschwindigkeit ist bei sehr niedrigen Temperaturen höher als bei den restlichen Werten und sinkt im Bereich von 0°C bis 30°C immer weiter ab. Abbildung 9-11 verdeutlicht diesen Temperaturzusammenhang.

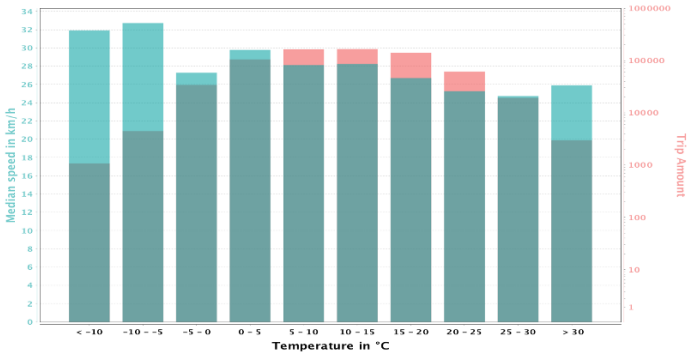


Abbildung 9-11. Temperaturdiagramm.

Die mediane Geschwindigkeit verhält sich dabei so, dass sie mit steigender Niederschlagsmenge immer weiter abnimmt, mit Ausnahme der 8.1 – 12mm-Niederschlagskategorie, bei der sie leicht steigt. Abbildung 9-12 stellt den Niederschlagszusammenhang dar.

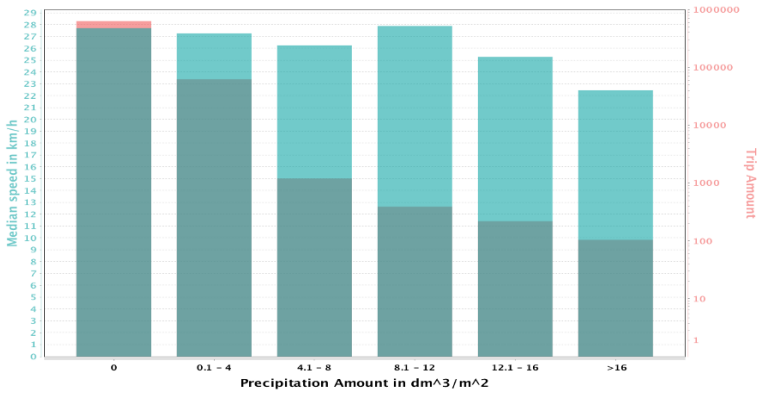


Abbildung 9-12. Niederschlagsdiagramm.

Nach diesen Analysen wurden Gewichtungen für die einzelnen Faktoren errechnet, indem die maximale Differenz der jeweiligen X-Achsen-Werte verglichen wurde. Die Ferien wurden dabei nicht beachtet, da der Einfluss auf die Geschwindigkeit nur sehr gering, beziehungsweise nicht existent, zu sein scheint.

Der eigentliche Routingalgorithmus wurde in PostgreSQL umgesetzt. Dabei sind die zuvor ermittelten Wichtungen für die Reihenfolge der modularen Filter entscheidend. Je höher der Gewichtungswert, desto früher wird er angewendet, um möglichst viele Fahrten für die wichtigsten Filter bereitzustellen. Tabelle 9-1 stellt die Faktoren übersichtlich dar.

Tabelle 9-1. Gewichtung der Faktoren.

	Tageszeit	Wochentag	Temperatur	Niederschlag
Differenz	13,35 km/h	5,59 km/h	7,98 hm/h	5,42 hm/h
Wichtung	41,3 %	17,3 %	24,7 %	16,7 %

Zusätzlich wurde ein finaler Filter eingebaut, der sicherstellen soll, dass Fahrten mit überdurchschnittlich hohen Zeiten oder langen Strecken aus dem Ergebnis entfernt werden. Dieser Filter erreicht dies durch eine Analyse der Durchschnittsgeschwindigkeit oder auch indem dieser Zeit und Distanz einzeln mit anderen Fahrten vergleicht. Diese beiden Varianten sind als unterschiedliche Modi im Filter definiert.

Nachfolgend wird ein Beispiel für eine Routingabfrage vom Dresdner Hauptbahnhof zur Innenstadt entwickelt. Begonnen wurde damit, die Filterreihe ohne abschließenden Durchschnittfilter aufzurufen, um ein besseren Vergleich zu haben. Als Ergebnis gab es sieben verschiedene Fahrten mit Distanzen von 2,2 bis 4,6 Kilometer und Fahrtzeiten von sechs bis 24 Minuten. Abbildung 9-13 zeigt alle sieben Fahrten ohne Vorfilterung.

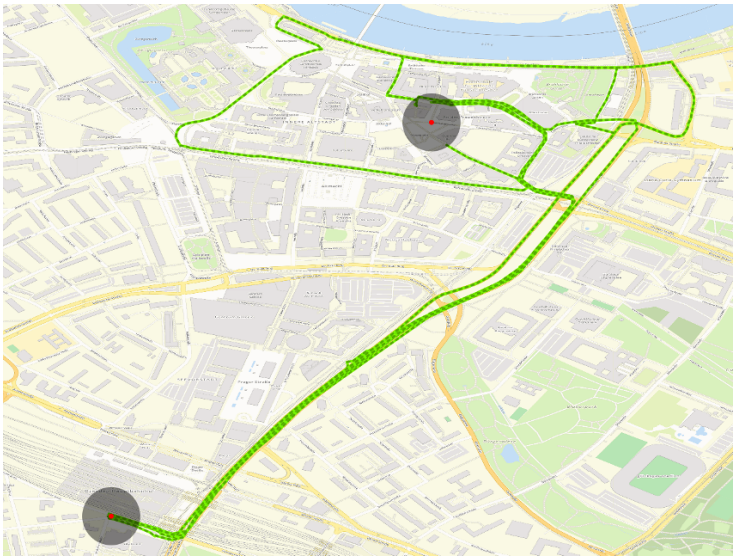


Abbildung 9-13. Visualisierung ohne Filter.

Die nächste Abfrage wurde mit den Durchschnittsfiltern im Modus der Geschwindigkeitsfilterung und der Zeit auf die sieben Fahrten angewandt. Die übriggebliebenen beiden Fahrten ähneln sich stark im jeweiligen Streckenverlauf, deshalb ist die Distanz bis auf wenige Meter gleich. Die Fahrtdauer weicht nur um zwei Minuten voneinander ab, siehe Abbildung 9-14.

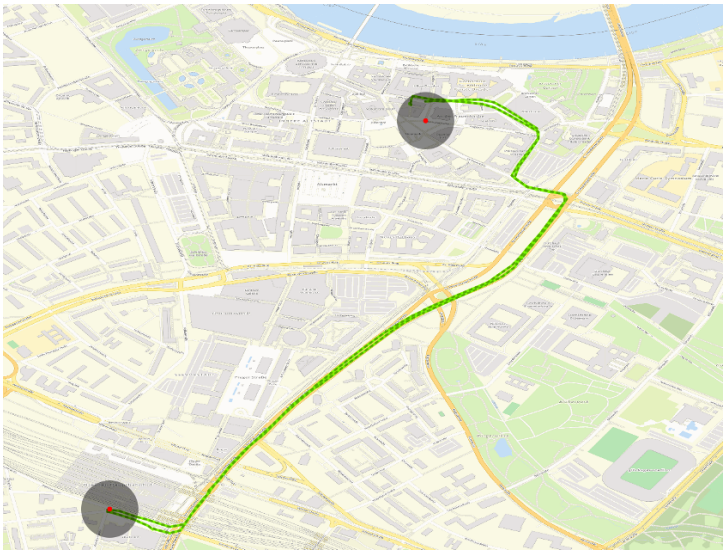


Abbildung 9-14. Visualisierung der besten beiden Fahrten.

Abschließend ist anzumerken, dass die Aussagekraft der Ergebnisse eingeschränkt ist, da die Daten ausschließlich von Taxen erzeugt wurden und nicht zwangsläufig auf den allgemeinen Straßenverkehr übertragbar sind. Andererseits sind die Daten nur in Dresden und Umgebung aufgenommen worden und die Gewichtungen an anderen Orten könnten verschieden sein. Eine weitere wichtige Einschränkung ist die Tatsache, dass nur eine begrenzte Anzahl an Einflussfaktoren untersucht wurde. Es gibt weitere, nicht einbezogene Faktoren, wie besondere Events in der Stadt Dresden. Dazu zählen beispielsweise der SemperOpernball und der Dresdner Striezelmarkt. Alles in allem kann der Routingalgorithmus eine zwar begründete Aussage zur schnellsten Route treffen, aber er ist nicht in der Lage, mit Sicherheit die effizienteste Route zu finden.

9.5 Data Mining mit Korrelationserkennung zwischen Sensormessungen und EBIS-Schalttafeln

In Dresden existieren sogenannten EBIS-Tafeln (Elbbrückeninformationssystem), die Verkehrsteilnehmer über die Verkehrssituation auf den Elbbrücken informieren (Krimmling 2014). Eine schemenhafte Darstellung ist in Abbildung 9-15 zu finden. Vier Informationstafeln zeigen den Verkehrsteilnehmern stark vereinfacht die sechs Brücken an und geben Auskunft darüber, ob der Verkehr auf diesen Brücken flüssig, gesperrt oder eingeschränkt ist. Dieses Informationssystem soll den Verkehrsfluss optimieren und den Verkehrsteilnehmern wichtige Hinweise geben.

Bisher gibt es aber keine Erkenntnisse über die Wirksamkeit und Akzeptanz dieser Tafeln. Die Erfassungsgeräte im Umkreis der Brücken und EBIS-Tafeln produzieren eine große Menge von Rohdaten, die kein zweckbezogenes Wissen aufweisen. Um festzustellen, ob die Verkehrsteilnehmenden die EBIS-Tafeln akzeptieren, sind zwei Informationen von wesentlicher Bedeutung: zum einen der Zeitpunkt mit dem Belegungswert eines Detektors und zum anderen die Schaltdaten der Tafeln. Akzeptanz liegt vor, wenn die Verkehrsteilnehmer bei der Fahrt über die Elbbrücken die Beschilderung der Tafeln befolgen.

Kann eine statistisch signifikante Korrelation (Kuckartz et al. 2013) zwischen zwei Detektoren während einer Schaltung der Tafel berechnet werden, so wird dies als eine Beeinflussung angesehen. Die Stärke des Korrelationskoeffizienten beschreibt die statistische Signifikanz.

Der Korrelationskoeffizient ist folgendermaßen definiert (Kuckartz et al. 2013):

$$Kor(x,y) = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})(y_i-\bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^{n}(y_i-\bar{y})^2}} \tag{9.4}$$

$\bar{x}$ und $\bar{y}$ entsprechen den Mittelwerten der beiden Variablen. Die Werte des Korrelationskoeffizienten schwanken zwischen +1 und -1, wobei der Wert 0 Zufall zwischen den beiden Variablen ausdrückt. Ein Wert nahe 1 drückt eine starke positive Korrelation aus, in diesem Fall bewirkt der Anstieg einer Variable den gleichzeitigen Anstieg der zweiten Variable. Wohingegen der Wert -1 des Korrelationskoeffizienten eine negative Korrelation anzeigt. Hier verringert sich eine Variable, wenn die andere sich erhöht.

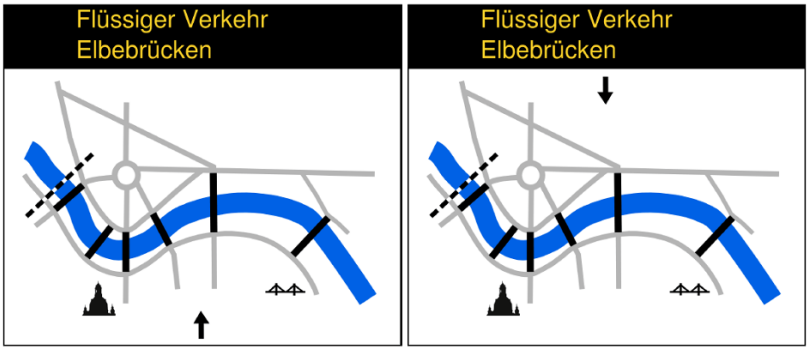


Abbildung 9-15. Darstellung der Tafeln (links: Süd Tafel, rechts: Nord Tafel).

Abbildung 9-16 zeigt die Bereiche mit Detektoren und die zu analysierende EBIS-Tafel. Die EBIS-Tafel 1 und die EBIS-Tafel 2, die als grüne Punkte dargestellt sind, geben den Verkehrsteilnehmern, die von Norden stadteinwärts über die Brücken fahren, Auskunft über die Brückenzustände. Die EBIS-Tafel 3 ist für Verkehrsteilnehmende, die von Osten kommend die Elbe überqueren möchten. Fahrzeuge aus dem Süden erhalten ihre Informationen von der EBIS-

Tafel 4. Für die Analyse sind die im Norden platzierte Tafel 1 und die im Süden errichtete Tafel 4 relevant.

Unmittelbar an der nördlichen Tafel 1 befinden sich Detektoren, die die Gesamtstärke des Verkehrs messen. Die der Tafel 1 nachgelagerten Detektoren, die sich nach der Gabelung befinden, erheben die Verkehrsstärke erneut. Die vor- und nachgelagerten Detektoren beider Tafeln ermöglichen eine Beobachtung der Verteilung der Gesamtstärke auf zwei Routen, die zu den Brücken führen. Der gleiche Ansatz gilt auch für die Tafel 4. Allerdings fehlen diesem Testgebiet die vorgelagerten Detektoren. Die benötigten Informationen werden in diesem Fall aus den umliegenden Detektoren abgeleitet, indem diesen Werte entnommen werden, die ein bis zwei Minuten früher aufgenommen wurden. Diese Zeitspanne entspricht der Fahrzeit von der Tafel bis zum Detektor. Diese Methode ist nicht annähernd so aussagekräftig, wie die zuvor erwähnte Methode an Tafel 1, da die Gesamtstärke von mehreren Detektoren abgeleitet und nicht nur an einer Stelle gemessen wird.

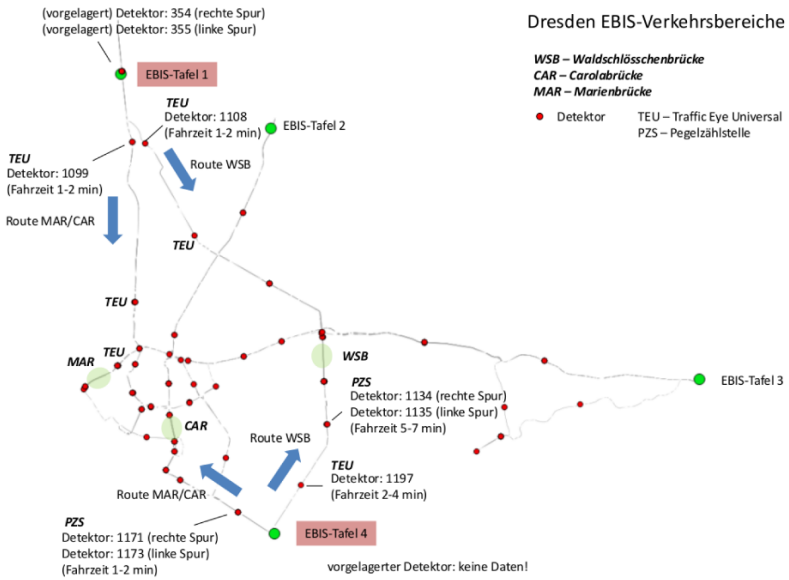


Abbildung 9-16. Relevante Verkehrsbereiche für die Analyse.

Die Analyse beschäftigt sich mit dem Zusammenhang zwischen angezeigter Brückensperrung an EBIS-Tafel 1 und dem Fahrverhalten der Verkehrsteilnehmer. Dafür wurden zuerst die verwendeten Sensordaten bereinigt und für die Korrelationsberechnung aufbereitet, wobei Ausreißer erkannt und entfernt wurden. Die Messwerte für die TEU Sensoren (Traffic Eye Universal) liegen in einem fünf-minütigen Intervall vor, was problematisch bei der kurzen Fahrtzeit von ein bis zwei Minuten ab der EBIS-Tafel 1 ist.

Die Analysen konnten die Hypothese zur Verkehrsbeeinflussung durch die EBIS-Tafeln im untersuchten Dresdner Stadtgebiet weder bestätigen noch widerlegen. Folgende mögliche Ursachen können für das fehlende konkrete Ergebnis herangezogen werden:

- Die urbanen Gegebenheiten des Testgebiets, was zu vielen Zufahrten und Abfahrten auf der Strecke führt
- Eine mangelhafte Datenqualität der TEU Sensordaten
- Ein für die vorhandene Datenqualität der Sensordaten und EBIS-Tafeln unzureichend entwickeltes Modell

Letztendlich ist aus den Korrelationsbetrachtungen erkennbar, dass die Auflösung der Daten ein großes Problem darstellt. Eine feinere Abtastung der TEU Sensoren würde demnach zu verlässlicheren Analysen führen. Eine zu große Abweichung tritt auf, wenn sich Fahrzeuge zwischen den Detektoren verflüchtigen beziehungsweise weitere Fahrzeuge hinzukommen. Das vorgestellte Modell reagiert sehr sensibel auf diese Abweichungen, weshalb eine hohe Korrelation zwischen den gemessenen Detektorwerten nicht festgestellt werden konnte. Zudem liegen die Detektoren in dichtbesiedelten Gebieten, wodurch verschiedene Alternativrouten mitberücksichtigt werden müssten und noch größere Abweichungen als im untersuchten Fall entstehen würden.

9.6 Zusammenfassung

Die beschriebenen Data Mining Verfahren sind geeignet, um neuartige Erkenntnisse aus Verkehrsdaten zu erlangen. Es wurde gezeigt, dass Heatmaps, raum-zeitliche Hot-Spot-Analyse, raum-zeitliche Aggregation, Analyse und Visualisierung von Trackingdaten und Korrelationserkennung zwischen Sensormessungen und EBIS-Schalttafeln einen Mehrwert liefern. Die Anwendungen können als Services auf der ExCELL Plattform zur Verfügung gestellt werden. Die Zielgruppe der genannten Services sind Entwickler, Data Scientists und kleine sowie mittelständische Unternehmen (KMU). Durch eine Erweiterung der ExCELL Datenbasis sind zusätzliche Dienste denkbar, dazu zählen Stauwarnsystem oder Live-Umfahrungsangaben bei Unfällen. Interessante Datensätze in diesem Kontext sind Baustellendaten, Wetterdaten, Verkehrsdaten aus weiteren Städten, zusätzliche Floating Car Daten, Nutzerinteraktionen wie Unfallmeldungen und CO2-Messungen in den Innenstädten. Die ExCELL Plattform als Vermittler bietet die Datengrundlage, Basisdienste und Import-Schnittstellen sowie Rechenkapazität an, damit fortschrittliche neue Services für die Allgemeinheit etabliert werden können.

9.7 Literaturverzeichnis

Agrawal R, Imieliński T, Swami A (1993) Mining association rules between sets of items in large databases, ACM SIGMOD Record.

Bishop CM (2006) Pattern recognition and machine learning. springer.

Chowdhury GG (2010) Introduction to modern information retrieval. Facet publishing.

Ester M, Kriegel H-P, Sander J, Xu X (1996) A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise, KDD.

Ester M, Sander J (2013) Knowledge discovery in databases: Techniken und Anwendungen. Springer-Verlag.

Fayyad U, Piatetsky-Shapiro G, Smyth P (1996) From data mining to knowledge discovery in databases. AI magazine 17 (3): S. 37.

Ferreira N, Poco J, Vo HT, Freire J, Silva CT (2013) Visual exploration of big spatio-temporal urban data: A study of new york city taxi trips. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 19 (12): S. 2149-2158.

Gabriel R, Gluchowski P, Pastwa A (2009) Data warehouse & data mining. W3l GmbH.

Han J, Pei J, Kamber M (2011) Data mining: concepts and techniques. Elsevier.

Körner M Nutzungsmöglichkeiten von Floating Car Data zur Verkehrsflussoptimierung. In: Strobl J, Blaschke T, Griesebner G (Hrsg.) Angewandte Geoinformatik, Berlin/Offenbach, 2011. Herbert Wichmann Verlag.

Krimmling J (2014) Das Dresdner Verkehrsmanagementsystem VAMOS. In: Sandrock M, Rigelhuth G (Hrsg.) Verkehrsmanagementzentralen in Kommunen. Springer, S. 157-197.

Krimmling J, Franke R, Körner M (2006) Verkehrsdatenaufbereitung und -modellierung im operativen Verkehrsmanagementsystem VAMOS.

Kuckartz U, Rädiker S, Ebert T, Schehl J (2013) Statistik: eine verständliche Einführung. Springer-Verlag.

Maze T, Agarwai M, Burchett G (2006) Whether weather matters to traffic demand, traffic safety, and traffic operations and flow. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board (1948): S. 170-176.

Mitchel A (2005) The ESRI Guide to GIS analysis, Volume 2: Spartial measurements and statistics. ESRI Guide to GIS analysis.

Mosteller F, Tukey JW (1977) Data analysis and regression: a second course in statistics. Addison-Wesley Series in Behavioral Science: Quantitative Methods.

Ord JK, Getis A (1995) Local spatial autocorrelation statistics: distributional issues and an application. Geographical Analysis 27 (4): S. 286-306.

Rousseeuw PJ, Leroy AM (2005) Robust regression and outlier detection, vol 589. John wiley & sons.

Shearer C (2000) The CRISP-DM model: the new blueprint for data mining. Journal of Data Warehousing 5 (4): S. 13-22.

Vassiliadis P, Simitsis A, Skiadopoulos S (2002) Conceptual modeling for ETL processes, 5th ACM international workshop on Data Warehousing and OLAP.

10 Crowdsourcing von Verkehrsdaten[100]

F. Köbler, S. Fröhlich

In diesem Kapitel wird das Konzept Crowdsourcing dargestellt und die Anwendung von Crowdsourcing im Projekt ExCELL skizziert. Im Projekt wurde ein zweischichtiger Crowdsourcing-Ansatz angewandt, der passives und aktives Crowdsourcing kombiniert. Bei passiven Crowdsourcing werden Floating Car Daten durch Tracking automatisch erfasst während bei aktiven Crowdsourcing Nutzer Daten aktiv melden. Beide Ansätze sind von zunehmender Bedeutung für die Erfassung von Mobilitätsdaten. Das Kapitel zeigt damit, wie Mobilitätsplattformen die Daten von Nutzern erfassen und für weitere Dienste zur Verfügung stellen können. Abschließend werden technische und rechtliche Restriktionen von Crowdsourcing diskutiert.

This chapter presents the concept of crowdsourcing and outlines the application of crowdsourcing in the ExCELL project. The project applied a two-tiered crowdsourcing approach combining passive and active crowdsourcing. With passive crowdsourcing, floating car data and tracking automatically collect data while with active crowdsourcing, users actively report data. Both concepts are increasingly important for the collection of mobility data. The chapter shows how mobility platforms can capture users' data and make it available for additional services. Finally, technical and legal restrictions on crowdsourcing are discussed.

[100] Das Forschungsprojekt ExCELL wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert (Förderkennzeichen: 01MD15001A und 01MD15001E).

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018
M. Wiesche et al. (Hrsg.), *Management digitaler Plattformen*,
Informationsmanagement und digitale Transformation,
https://doi.org/10.1007/978-3-658-21214-8_10

10.1 Einleitung

Crowdsourcing ist ein Kunstwort, welches sich aus den Worten „crowd“ und „outsourcing“ zusammensetzt, und bezeichnet die Auslagerung von Tätigkeiten in Form von Aufgaben und Prozessen über das Internet an freiwillige Nutzer (Brabham 2008).

Es wurde erstmalig von Jeff Howe in einem Artikel des *Wired Magazin* wie folgt definiert und erläutert:

> *“(...) the act of a company or institution taking a function once performed by employees and outsourcing it to an undefined (and generally large) network of people in the form of an open call (...). The crucial prerequisite is the use of the open call format and the wide network of potential laborers (...)”* (Howe 2006)

Brabham (2008, S. 76) definiert Crowdsourcing als *“an online, distributed problem-solving and production model”* und beschreibt einige kurze Fallstudien, die exemplarisch praxisorientierte Anwendungen aufzeigen. Eine der wohl meistgenutzten Anwendungen, die auf einem Crowdsourcing-Ansatz basiert – wenngleich den meisten Nutzern wohl nicht bewusst, ist *Re-Captcha.* Re-Captcha werden häufig zum Schutz von Websites vor Bots eingesetzt, indem durch die visuell-kognitiven Fähigkeiten des Menschen, die zum heutigen Zeitpunkt noch Algorithmen überlegen sind, Problemstellungen gelöst werden, um bspw. Wörter bzw. Bücher zu digitalisieren (von Ahn et al. 2008). Kittur et al. (2011) zeigen, dass selbst komplexe Aufgaben wie das Verfassen von Artikeln für die Online-Enzyklopädie Wikipedia durch Crowdsourcing realisiert werden können.

Leimeister (2012) unterscheidet hierbei zwischen (i) zusammenarbeitsbasierten und (ii) wettbewerbsbasierten Crowdsourcing-Verfahren und definiert Crowdsourcing als *„die Auslagerung von Wertschöpfungsaktivitäten an eine undefinierte Masse an Menschen (...) mittels eines offenen Aufrufs. Es stellt eine neue Wertschöpfungsform dar, welche sich die Weisheit und Leistungsfähigkeit der Massen versucht zu Nutze zu machen.“* (Leimeister 2012).

Anwendungsfälle für *zusammenarbeitsbasiertes Crowdsourcing* fokussieren zumeist auf die Erzeugung von Inhalten von einer oder mehreren Personen einer Gemeinschaft (Community) und der Bereitstellung dieser innerhalb einer Gemeinschaft im Netz. Dies geschieht meist in Form von Blogs, Wikis, Videos, Musik usw. (Hubermann 2008; Pflügler et al. 2017). Dieser Klassifikation folgend kann Crowdsourcing als *„Wertschöpfungs- und Koordinationsmodell zwischen Markt und Hierarchie“* verstanden werden, *„da die Auslagerung von Aufgaben sowohl an eine unternehmensexterne als auch an eine unternehmensinterne (...) Crowd erfolgen kann“* (Leimeister 2012).

Demgegenüber kann die Auslagerung an eine unternehmensexterne Crowd durch ein *wettbewerbsbasiertes Crowdsourcing-Verfahren* auch als *Crowdworking* bezeichnet werden. Hierbei wird das konzeptionelle Wertschöpfungs- und Koordinationsmodell meist durch einen Plattformbetreiber realisiert. Exemplarisch seien hier IBM, Lego, IKEA, MasterCard und

L'Oreal (Ling und Mian 2010) genannt sowie Amazon's Mechanical Turk. Es existieren mittlerweile Startups bzw. Unternehmen, bspw. Streetspotr und TestBirds, die ihr gesamtes Geschäftsmodell auf wettbewerbsbasierten Crowdsourcing realisieren.

Die Unternehmen sind zumeist Plattformbetreiber, die *Auftraggeber* (*Requestor*) und *Dienstanbieter* (*Provider*) zusammenführen (Vukovic 2009). Die Motivation als Auftraggeber (Roskos 2010) oder Dienstanbieter (Ling und Mian 2010) innerhalb dieser Plattformen zu agieren, können unterschiedliche Ziele bzw. Beweggründe haben. Die Herausforderung der Plattformbetreiber besteht folglich darin, Teilnehmern relevante sowie zielgruppenspezifische Anreiz- und Incentivierungsmodelle anzubieten, damit bestimmte Aufgaben tatsächlich bearbeitet werden und Ergebnisse die Akzeptanzkriterien oder ein bestimmtes Qualitätsmaß erzielen bzw. einhalten. Insbesondere bei zusammenarbeitsbasierten Crowdsourcing Ansätzen, ist die Konzeption eines nutzerzentrierten Anreiz- und Incentivierungsmodells eine Herausforderung, da nicht alle Teilnehmer ausschließlich durch intrinsische Motivation angeleitet werden. Lösungsansätze basieren meist auf Gamification Mechanismen, um Nutzer durch spieltypische Elemente in einem spielfremden Kontext zu bestimmten Handlungen und Aktivitäten anzuleiten.

Der Auftraggeber initiiert den Prozess des Crowdsourcings durch Übermittlung einer Aufgabe bzw. Problemstellung an die Plattform und legt dabei in den meisten Fällen Akzeptanzkriterien fest, die die Entscheidungsgrundlage bilden, ob eine Aufgabe oder Problemstellung durch den Dienstanbieter erfolgreich erfüllt bzw. gelöst wurde. Die Aufgaben können auf unterschiedliche Arten ausgeschrieben werden: bspw. in Form eines Wettbewerbs oder Auktionen (Markt). Eine positive Erfüllung der festgelegten Akzeptanzkriterien, löst die vordefinierte Incentivierung an den Dienstanbieter aus (z.B. eine Auszahlung einer monetären Vergütung). Der Auftraggeber erwartet zudem eine Rückkopplung bezüglich des Fortschritts der Aufgabenerfüllung bzw. kann auch in laufende Prozesse eingreifen und beispielsweise einzelne Aufgaben streichen oder diese an einen anderen Plattformbetreiber übertragen. Der Plattformbetreiber nimmt dabei die Rolle des vertrauenswürdigen Vermittlers ein, der sicherstellt, dass Provider Aufgaben erfolgreich erfüllen und Requestoren für die erbrachten Leistungen Incentivierungen ausschütten (Schreieck et al. 2016).

Zusammenarbeitsbasierte Crowdsourcing-Verfahren können auch herangezogen werden, um eine Bürger- bzw. Kundenintegration zu ermöglichen. Im letzteren Fall kann Crowdsourcing folglich in unternehmensinterne Prozesse eingebunden werden und als ein neuartiger Marketingkanal bzw. Touchpoint mit dem Unternehmen eingesetzt werden.

10.2 Crowdsourcing als Bürger- und Kundenintegration innerhalb gemeinnütziger und infrastruktureller Anwendungsfälle

Bereits heute sind die Bürger einer Stadt, Kommune oder Region nicht mehr lediglich Konsumenten von Informationen, sondern auch eine wertvolle Informationsquelle (Schieferdecker und Mattauch 2013). In vielen Kommunen ist es mittlerweile möglich, dass Bürger über Lösungen[101] oder mobile Anwendungen[102] Infrastrukturmängel melden und diese mit Geodaten, Fotos und Kommentaren versehen können. Die Deutsche Bahn Station & Service AG stellt in einem geschlossenen Testbetrieb in München mit BahnScout[103] Nutzern eine mobile Anwendung zur Verfügung, um an Bahnsteigen und Bahnhöfen Probleme zu erfassen und diese an die Störungszentrale zu übermitteln. Ähnliche zusammenarbeitsbasierte Crowdsourcing Ansätze für eine selbstorganisierte Stadtlogistik können Staus und Parkplatzmängel als zentrale Herausforderungen einer Stadt adressieren (Shoup 2006).

Am Beispiel von Katastrophenszenarien wie Haiti 2010 oder das Hochwasser in Dresden 2013 kann das Potenzial der Verarbeitung von Geo- und Verkehrsdaten, die durch Crowdsourcing gesammelt und verarbeitet werden, veranschaulicht werden. Neben der schnellen Verbreitung von Informationen in sozialen Netzwerken wurden Bewegungsdaten von Mobilfunkgeräten als Ergänzung zu Satellitenaufnahmen herangezogen, um die Einsatzplanung von Hilfskräften und Gütern sowie die Versorgung der Bevölkerung effizienter zu organisieren (Shoup 2006; Meier et al. 2013).

Die Nutzung von existierenden Geo-, Verkehrslage- und Betriebsdaten sowie durch Crowdsourcing erhobene Daten von Nutzern in Mobilitäts- und Verkehrskontexten im Rahmen eines integrierten Ansatzes stellt dabei nicht nur explizite Anforderungen an die Flexibilität, sondern erhöht auch die konzeptionelle sowie technische Komplexität einer Plattform. Trotz vielversprechender Ansätze in Wissenschaft und Praxis wird das Potenzial der nutzenstiftenden Integration dieser Daten bislang nicht vollständig ausgeschöpft (Schieferdecker und Mattauch 2013). Der Markt wird durch Anwendungen wie *Google Maps* und *Google Waze* dominiert, die jedoch auf proprietären bzw. geschlossene Plattformen (*closed platforms*) basieren und somit einen enormen Wettbewerbsvorteil realisieren. In jüngerer Vergangenheit sorgte die Übernahme der Plattform *HERE* durch die drei deutschen Automobilhersteller Audi, BMW und Daimler von Nokia für Aufsehen. Diese proprietäre Plattform, die mittlerweile ihren Investorenkreis erweitert hat, wurde bis dato stetig weiterentwickelt und ist nur beschränkt zugänglich. Die Übernahme zeigt die enorme wirtschaftliche Bedeutung von Verkehrsdaten im Allgemeinen und durch Crowdsourcing erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten im Besonderen auf. Diesen Daten werden ein enormer wirtschaftlicher Mehrwert und somit ein potenzieller Wettbewerbsvorteil in der Zukunft beigemessen.

[101] Hier sei stellvertretend das Beispiel eines Mängelmelders genannt (http://www.mängelmelder.de)
[102] vgl. hierzu bspw. die Maerker-App
[103] http://www.bahnscout.de

Ein Ziel des Projekts ExCELL ist es demnach, Crowdsourcing als neue Datenquelle für das Verkehrsmanagement zu untersuchen und diese in Form einer offenen Service- und Datenplattform bereitzustellen. Verkehrsteilnehmer, die Nutzer von Anwendungen sind, die auf der ExCELL Service- und Datenplattform gründen, werden dabei einerseits Quelle von Verkehrsinformationen (z.B. Floating People Data, Metainformationen über Verkehrsstörungen, etc.). Andererseits werden sie zur Senke generierter Verkehrsinformationen, die durch die ExCELL Service- und Datenplattform anhand der jeweiligen Anwendung zurückgespielt werden.

Der Beitrag skizziert im Weiteren die konzeptionell-technische Umsetzung von Crowdsourcing innerhalb des ExCELL-Projekts und fokussiert auf technische wie auch rechtliche Restriktionen.

10.3 Crowdsourcing innerhalb des Projekts ExCELL

Innerhalb des Projekts ExCELL ist die „Crowd“ definiert als alle potenziellen Nutzer von Anwendungen, die auf die durch die ExCELL Service- und Datenplattform bereitgestellten softwaretechnischen Services zurückgreifen, die wiederum mobilitäts- bzw. verkehrsrelevante Daten sammeln bzw. veredelt an die Nutzer innerhalb der Anwendungen zurückspielen. Beispielhaft seien hier der *Tracking Service* und der *Crowdsourcing Service*[104] genannt.

Über den Projektverlauf hinweg wurden die konzeptionellen Ansätze von Crowdsourcing und deren technische Umsetzung innerhalb der Projektiteration sukzessive geschärft: Der Möglichkeitsraum wurde hierbei durch existierende Technologien aufgespannt; der tatsächliche Lösungsraum durch technische und rechtliche Restriktionen begrenzt.

Innerhalb des ExCELL-Projekts wurde konzeptionell zwischen (i) passivem Crowdsourcing und (ii) aktivem Crowdsourcing unterschieden (siehe Abbildung 10-1).

Abbildung 10-1. Konzeptionelle Unterscheidung von Crowdsourcing innerhalb des Projekts ExCELL.

[104] Vgl. Kapitel 4.

Im Folgenden werden passives Crowdsourcing und aktives Crowdsourcing und deren konzeptionelle und technische Umsetzung im Detail beschrieben, einander gegenübergestellt und an Beispielen erläutert.

10.3.1 Passives Crowdsourcing

Unter passivem Crowdsourcing wird im ExCELL-Projekt die Erhebung von Bewegungsdaten verstanden für die von der „Crowd“ keine aktive Interaktion mit einer Applikation oder übergeordneten System notwendig ist. Vielmehr werden GPS (Global Positioning System)-Daten im Hintergrund aufgezeichnet und übermittelt sowie anonymisiert zur Verkehrsdatengewinnung genutzt werden.

Eine zuverlässige Datenquelle sind die Status- und Bewegungsdaten (Positionsdaten, Geschwindigkeitsinformationen und die Fahrtrichtung) der ca. 500 Taxen im Großraum Dresden, die im Rahmen des ExCELL-Projekts über einen sog. ETL-Prozess (*Extract*, *Transform*, *Load*) in die ExCELL Service- und Datenplattform eingespeist und zur Verfügung gestellt werden. Die Floating Car Data können als Anreicherung für stationäre Sensordaten dienen, da insbesondere auf weniger stark befahrenen Straßen des Nebennetzes selten stationäre Detektionstechnik verbaut ist. Floating Car Data können hingegen das komplette Stadtgebiet abdecken. Häufig werden diese Daten für die Berechnung von Reisezeiten verwendet. Die errechneten Reisezeiten können in Verkehrsmanagementsystemen zur Planung von Lichtsignalanlagen, neuen Straßen und Ampelschaltungen dienen (Krimmling 2014). Die Floating Car Daten erlauben jedoch keinen Rückschluss auf den Gesamtverkehr, die Taxidaten definieren lediglich einen Ausschnitt aus dem Verkehrszustand (Krimmling et al. 2006).

Crowdsourcing durch Human Centric Sensing

Stellt man den Menschen und dessen Aktivitäten sowie soziale Beziehungen in den Mittelpunkt der Datenerfassung, kann dies als menschenzentrische Datenerfassung (*Human Centric Sensing* oder *People Centric Sensing*) bezeichnet werden. Campbell et al. (2008) unterteilen diese menschenzentrierte Datenerfassung in *persönliche Erfassung* (*Personal Sensing*), in deren Mittelpunkt die Erfassung und Archivierung persönlicher Daten steht (z.B. Dokumentation der persönlichen Fitness), die *öffentliche Erfassung* (*Public Sensing*), deren Daten allen zur Verfügung stehen, um globalen Zugriff auf Informationen zu ermöglichen und für höheres öffentliches Interesse bereitzustellen (z.B. Entertainment, Gemeinschaftsaktionen), und die *soziale Erfassung* (*Social Sensing*), in deren Fokus Daten und Informationen stehen, die innerhalb einer sozialen Gruppe oder einer Gruppe mit speziellen Interessen geteilt werden. Social Sensing fokussiert dabei auf die Erhebung und Analyse von Daten innerhalb sozialer Netzwerke, die kontextabhängige Informationen über Aktivitäten, individuelle persönliche Interessen und Vorlieben der Nutzer sowie deren Beziehungen zu anderen Nutzern bzw. Personen abbilden (Miluzzo et al. 2008).

Die Anwendung von Social Sensing wurde im Projektverlauf evaluiert. Allerdings wurde die Datenschnittstelle von Facebook im Laufe der ersten Projektiteration deutlich eingeschränkt. Folglich wurden verstärkt Daten aus dem sozialen Netzwerk Twitter gesammelt, welche es mit Blick auf den Projektkontext für Abfragen von Informationen zur aktuellen Verkehrslage und möglichen Ursachen für Staus und Sperrungen zu evaluieren galt. Es zeigte sich jedoch, dass insbesondere verkehrsrelevante Daten auf Twitter meist aus bestehenden Systemen (bspw. durch Radiosender auf Basis von Traffic Message Channel (TMC) Daten) in das soziale Netzwerk gepostet werden und somit einem zeitlichen Versatz unterliegen. Zudem muss ein enormer analytischer Aufwand betrieben werden, um bspw. durch Sentiment Analysen (unstruktierter Daten) relevante Kontexte verstehen und diese in struktierte Daten transformieren zu können. Die Integration und Verknüpfung von infrastrukturgebundenen Sensoren und Social Sensing hat nichtsdestotrotz im Kontext Big Data und aufgrund des technischen Fortschritts weiterhin enormes Potenzial.

Crowdsourcing durch Human Centric Sensoring wurde innerhalb des ExCELL-Projekts als eine Mischform von Personal Sensing und Public Sensing konzeptioniert und umgesetzt. Da moderne mobile Endgeräte eine Vielzahl an Sensoren wie Mikrofone, Kameras sowie Beschleunigungsmesser und Kompass integrieren, und insbesondere letztere Daten durch ein internes GPS Modul erzeugen, können durch Analyse dieser Erkenntnisse über Bewegungsräume bzw. Aktionen der Nutzer gewonnen werden. Der konzipierte und entwickelte *Tracking Service* extrahiert die aktuellen Standortkoordinaten eines Endanwenders. Die GPS-Daten werden zur weiteren Verarbeitung und Analyse kontinuierlich anonymisiert in die ExCELL Service- und Datenplattform gespeichert. Die Übergabe kann in verschiedenen zeitlichen Intervallen erfolgen, z.B. sekündlich oder in aggregierten Batches. Die Trackingdaten werden beispielsweise intern auf das OpenStreetMap-Straßennetz projiziert (Map Matching) und danach geometrisch anonymisiert und dienen als relevante Datengrundlage.

Während des Projektverlaufs wurde erkannt, dass die Anonymisierung, der durch den Tracking Service erhobenen Daten von enormer Wichtigkeit ist und eine relevante Anforderung aus Nutzerperspektive darstellt. Basierend auf diesen Anforderungen wurde der *Anonymisierungs Service* konzipiert und entwickelt, der konzeptionell stark an den Tracking Service gekoppelt ist. Dieser Service anonymisiert dafür kritische Start- und Endpunkte, sowie Zwischenhaltestellen eines kompletten GPS-Tracks. Diese Bereiche eines GPS-Tracks können personenbezogene Daten wie private Adressen oder Adressen von Arbeitsstellen verraten. Eine Anonymisierung ist somit datenschutzrechtlich nötig.

Im Projektverlauf wurde zudem auf die Anforderungen der Nutzer (User Research) konzeptionell reagiert und von einem rein *opportunistischen Ansatz* zu einem *partizipativen Ansatz* gewechselt (Campbell et al. 2008). Beim *opportunistischen Ansatz* geschieht die Datenerfassung ohne dass sich der Nutzer darüber bewusst ist. Der *partizipative Ansatz* verlangt demge-

genüber vom Nutzer aktive Entscheidungen darüber, welche Anfragen der Anwendung akzeptiert, welche Daten erhoben und in welchem Umfang diese zur Verfügung gestellt werden sollen. Diese aktive Beteiligung schränkt die Anzahl der potenziellen Nutzer stark ein, da beim Nutzer eine Akzeptanz für die ständigen Eingabeaufforderungen von Anwendungen vorhanden sein muss. Diese Anforderung wurde durch eine Opt-Out-Funktion umgesetzt, die das aktive Tracking durch den *Tracking Service* pausiert. Die Funktion ist unabdingbar, da ein kontinuierliches Tracking, bspw. auch während Ruhe- oder Mittagpausen, nicht nur rechtlich, sondern auch in der Wahrnehmung des einzelnen Mitarbeiters als Überwachung gewertet wird.

10.3.2 Aktives Crowdsourcing

Im Rahmen des ExCELL-Projekts wird *aktives Crowdsourcing* durch die Bereitstellung des *Crowdsourcing Service* ermöglicht, welcher es Nutzern innerhalb einer Anwendung erlaubt, verkehrsrelevante Daten aktiv zu erheben und zu spezifizieren. Ein Nutzer kann somit bspw. eine relevante Verkehrsstörung melden und zudem kontextuelle Daten der Verkehrssituation aufnehmen, welche dann wiederum an die Datenplattform übermittelt und ggf. durch andere Services innerhalb der ExCELL Service- und Datenplattform weiterverarbeitet werden.

Da diese Funktion nur indirekt einen Mehrwert für den Nutzer stiftet, gleichzeitig aber einen kognitiven Aufwand bedarf, sollte bzw. kann es zwingend erforderlich sein, dass die Aktivität durch ein nutzerorientiertes Anreizkonzept getriggert werden muss. Deci und Ryan (2000) unterscheiden zwischen *intrinsischer* und *extrinsischer Motivation*. Intrinsische Motivation erwächst direkt aus einer Aufgabe, während extrinsische Motivation immer auf ein externes Ziel, wie z.B. finanzielle Entlohnung, gerichtet ist. Traditionelle Anreizmechanismen basieren in der Regel auf einer Erhöhung extrinsischer Motivation, wie z.B. auf dem Setzen finanzieller Anreize. Solche Anreize haben häufig nur einen kurzfristigen Einfluss, der durch Gewöhnungseffekte abnimmt und mit Entfernung des Anreizes oftmals verschwindet (McGonigal 2011). Eine sinnstiftende Verwendung von *Gamification* sollte sich daher an den Nutzerbedürfnissen, bzw. an den Nutzungskontexten, die sich aus den Anwendungsszenarien ergeben, insbesondere an der Bedeutung orientieren und – anders als durch extrinsisch motivierende Belohnungen – das intrinsisch motivierte Verhalten steigern. Intrinsisch motiviertes Verhalten hat zudem den Vorteil, dass die Motivation längerfristig erhöht wird. Das Potenzial von Gamification basiert demzufolge auf einer umfassenden Motivationsunterstützung und kann insbesondere in wettbewerbsbasierten Crowdsourcing Ansätzen als Anreizkonzept verwendet werden.

In den initial durchgeführten Feldtests konnte gezeigt werden, dass die Verwendung von rein auf Gamification basierenden konzeptionellen Ansätzen in geschäftlichen bzw. geschäftskritischen Nutzungskontexten nur erschwert möglich ist, da die Nutzer in den meisten Fällen nicht intrinsisch motiviert sind, diese Funktionen (bspw. das aktive Melden einer Verkehrsstörung) zu verwenden oder sich von diesen in ihrer Nutzung beeinflussen zu lassen.

10.4 Technische und rechtliche Restriktionen

Die *technischen* und *rechtlichen Restriktionen* beziehen sich vor allem auf die Sicherstellung des Datenschutzes hinsichtlich des Crowdsourcing durch Human Centric Sensing und insbesondere mit Blick auf die durch den *Tracking Service* erhobenen Daten. Diese sind in erster Linie Bewegungsdaten und beinhalten Muster sowie sensible Benutzerinformationen. Die Daten müssen folglich anonymisiert werden, um den Rückschluss von GPS-Tracks auf Benutzer zu vermeiden. Eine Evaluation und Verwendung von Anonymisierungsverfahren ist essenziell für eine datenschutzkonforme Auslieferung im Rahmen einer gegebenen technischen Implementierung und des jeweiligen Nutzungskontextes. Zur Anonymisierung der Floating Car Daten kamen Verfahren wie bspw. *k-Anonymität*, *l-Diversity*, *t-Closeness* und *Differential Privacy* zum Einsatz. Letzteres hat sich hierbei als für den Anwendungskontext adäquates und mächtiges Verfahren herauskristallisiert. Differential Privacy ist ein Paradigma, das sich aus den Elementen *Hashing*, *Subsampling* und *Noise Injection* zusammensetzt.

In den initialen Feldtests der Handwerker-Lösung konnten zudem Anforderungen von Nutzern (bspw. Inhaber eines Handwerksbetriebs und Handwerker im Kundendienst) erhoben werden, die insbesondere auf arbeits- und datenschutzrechtliche Aspekte fokussieren. Ein kontinuierliches Tracking ohne eine Opt-Out-Funktion wird – bspw. während Ruhe- oder Mittagpausen – als Mitarbeiterüberwachung gewertet und beeinflusst die Adoption sowie letztendlich die Akzeptanz der Lösung durch Unternehmen und Mitarbeiter negativ. Generell wird vom Gesetzgeber[105] im Vorfeld einer geplanten Einführung eines Trackingsystems die Erörterung der Sachlage zwischen Betrieb und Angestellten empfohlen und angeraten. Dazu gehört nicht zuletzt auch, den Betriebsrat in der Phase der Vorbereitung frühzeitig mit „ins Boot“ zu holen.

[105] Nach § 87 Abs. 1 Nr. 6 BetrVG.

10.5 Literaturverzeichnis

Brabham DC (2008) Crowdsourcing as a model for problem solving – An introduction and cases. Convergence: The International Journal of Research Into New Media Technologies: S. 75-90.

Campbell A, Eisenman S, Lane N, Miluzzo E, Peterson R, Lu H, Ahn G-S (2008) The Rise of People-Centric Sensing. IEEE Internet Computing: S. 12 -21.

Deci E, Ryan R (2000) Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. Contemporary Educational Psychology: S. 54-67.

Howe J (2006) The Rise of Crowdsourcing. . http://www.wired.com/wired/archive/14.06/crowds.html. Abgerufen am 01.06.2017.

Hubermann BA (2008) Crowdsourcing and Attention. Computer 14 (11): S. 103 -105.

Kittur A, Smus B, Khamkar S, Kraut RE (2011) Crowd-Forge: crowdsourcing complex work, 24th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, Santa Barbara, CA, USA.

Krimmling J (2014) Das Dresdner Verkehrsmanagementsystem VAMOS. In: Sandrock M, Rigelhuth G (Hrsg.) Verkehrsmanagementzentralen in Kommunen. Springer, S. 157-197.

Krimmling J, Franke R, Körner M (2006) Verkehrsdatenaufbereitung und -modellierung im operativen Verkehrsmanagementsystem VAMOS.

Leimeister JM (2012) Crowdsourcing: Crowdfunding, Crowdvoting, Crowdcreation. Zeitschrift für Controlling und Management (56): S. 388-392.

Ling P, Mian Z (2010) An Empirical Study of Social Capital in Participation in Online Crowdsourcing, International Conference on E-Product E-Service and E-Entertainment (ICEEE).

McGonigal J (2011) Reality is broken. Why Games make us better and how they can change the world. Pinguin Press, New York, NY.

Meier MG, Florian, Engel T, Krcmar H (2013) Nachhaltige Urbane Mobilität. Eine Frage des Informationsmanagements. Information Management und Consulting 28 (2): S. 22-27.

Miluzzo E, Lane ND, Fodor K, Peterson R, Lu H, Musolesi M, Campbell AT (2008) Sensing meets mobile social networks: The design, implementation and evaluation of the CenceMe application, International Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys).

Pflügler C, Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2017) Development and Evaluation of a Game Application for Parking Lot Identification, Intelligent Transport Systems in Theory and Practice mobil.TUM 2017, Munich, Germany.

Roskos M (2010) Crowdsourcing - Mehrwerte, Chancen, Definition. http://www.socialnetworkstrategien.de/2010/07/crowdsourcing-mehrwerte-chancen-definition/. Abgerufen am 17. 05 2011.

Schieferdecker I, Mattauch W (2013) ICT for Smart Cities: Innovative Solutions in the Public Space. In: Zander J, Mosterman PJ (Hrsg.) Computation for Humanity. Hoboken, S. 127–156.

Schreieck M, Pflügler C, Dehner C, Vaidya S, Bönisch S, Wiesche M, Krcmar H (2016) A Concept of Crowdsourced Delivery for Small Local Shops, INFORMATIK 2016, Klagenfurt.

Shoup DC (2006) Cruising for parking. Transport Policy 13 (6): S. 479-486.

von Ahn L, Maurer B, McMillen C, Abraham D, Blum M (2008) reCAPTCHA: Human-Based Character Recognition via Web Security Measures. Science 321 (5895): S. 1465–1468.

Vukovic M (2009) Crowdsourcing for Enterprises, IEEE World Conference on Services.

11 Qualität von Mobilitätsdaten[106]

S. Pieper, F. Kunde, S. Waterloo, P. Sauer

Probleme bei der Qualität von Mobilitätsdaten entstehen einerseits durch fehlende Daten in Sensormessreihen und andererseits auf Grund von GPS Ungenauigkeiten. Die Bereinigung von fehlendenden Daten in Messreihen ist eine Maßnahme zur Verbesserung der Datenqualität. Weiterhin bietet Map Matching mit Geschwindigkeitsinterpolation eine Lösung beim Problem der GPS Ungenauigkeiten. Beide Verfahren verbessern die Qualität von Mobilitätsdaten signifikant und werden aus diesem Grund auf der ExCELL Plattform eingesetzt. Durch Vergleich der aufbereiteten Daten mit den Rohdaten mittels bewertbarer Datenqualitätskriterien ist eine valide Aussage zur Datenqualität gegeben.

Problems with the quality of mobility data emerge on the one hand from missing data in sensor measurements and on the other hand because of GPS inaccuracies. The cleansing of missing data in measurements is a step to improve data quality. Furthermore, map matching with velocity interpolation provides a solution to the problem of GPS inaccuracies. Both methods significantly improve the quality of mobility data and the therefore the ExCELL platform leverages them. Comparing the transformed data sets with the raw data sets with the help of measurable data quality criteria gives a rating about the data quality.

[106] Das Forschungsprojekt ExCELL wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert (Förderkennzeichen: 01MD15001B).

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018
M. Wiesche et al. (Hrsg.), *Management digitaler Plattformen*,
Informationsmanagement und digitale Transformation,
https://doi.org/10.1007/978-3-658-21214-8_11

11.1 Datenqualitätskriterien

Datenqualität bezeichnet laut DIN ISO 8402[107] (Kamiske und Brauer 1999): „Die Gesamtheit von Merkmalen einer Einheit bezüglich Ihrer Eignung, festgelegte und vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen“. Es sind Maßnahmen zur Datenqualität und gegebenenfalls der weiterverarbeiteten Daten zu schaffen. Im ExCELL Kontext werden Mobilitätsdaten benutzt, die auf Grund von GPS Messfehlern oftmals sehr ungenau sind. Metriken für Mobilitätsdaten sind nötig, damit überhaupt eine Messung der Datenqualität stattfinden kann (Brakatsoulas et al. 2005).

Dabei sind beispielsweise die Aktualität der Daten, Nachvollziehbarkeit der Quellen, Korrektheit und Präzision der Basisdaten und der Weiterverarbeitungsschritte zu betrachten (Both und Schieferdecker 2012).

Bewertbare Datenqualitätskriterien sind laut (Wang und Strong 1996; Naumann 2007):

- Genauigkeit
- Verfügbarkeit
- Vollständigkeit
- Konformität
- Konsistenz
- Glaubwürdigkeit
- Verarbeitbarkeit
- Relevanz
- Zeitnähe

Die Datenqualität sollte mittels eines dieser Merkmale oder einer Kombination aus Merkmalen bewertbar sein (Wang und Strong 1996). Bei der Qualität der Daten spielen die Metadaten eines Datensatzes eine große Rolle. Die Beschreibung der Daten durch Metadaten ist essentiell, um die Inhalte und die Datenstruktur der Datensätze zu verstehen bzw. diese zu verwenden und zu verwalten (Naumann 2007). Metadaten helfen, relevante Datensätze leichter zu suchen, Informationsquellen abzurufen und Datengehalt und die Datenqualität transparent zu gestalten (De Lange 2013). Gepflegte Metadaten reduzieren die Zeit und den Aufwand bei der Suche nach passenden und relevanten Daten, helfen Fehlinterpretationen von Daten zu verhindern, und ermöglichen höhere Datenqualität. Gepflegte Metadaten bezeichnen beispielsweise, ob die Daten im Updateintervall angepasst, die Datenformate stimmen, Genauigkeitsanforderungen eingehalten und erforderliche Datenfelder angegeben wurden.

Die Prüfung der Datenqualität ist ein wichtiger Faktor bei der Integration von offenen Datensätzen und sollte stets unter Verwendung der obigen Kriterien durchgeführt werden. Datensätze, die diese Qualitätsmaßstäbe nicht oder nur ungenügend erfüllen, sollten nicht zur weiteren Datenanalyse bzw. in Data Mining Prozessen benutzt werden.

[107] https://www.din.de/de

11.2 Bereinigung von fehlenden Daten in Messreihen

Immer mehr Daten werden aus heterogenen Quellen generiert, wodurch das Datenvolumen und die Datenvielfalt steigt (Preische 2014). Die Masse der Daten ermöglicht neue Geschäftsfelder und vielfältige Möglichkeiten der Datenanalyse, leider steigt damit auch die Menge der fehlerhaften Daten an.

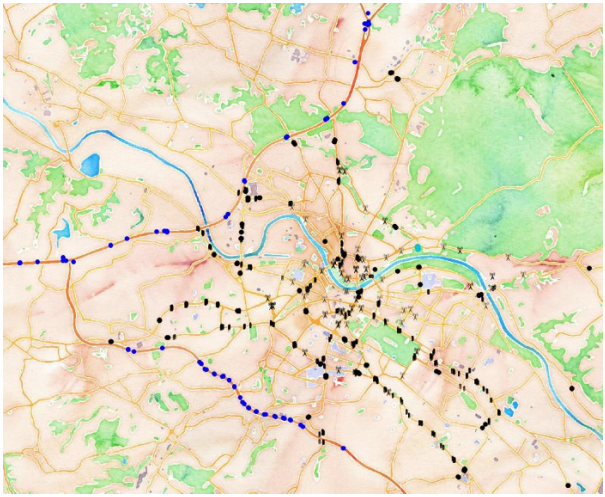


Abbildung 11-1. Verteilung der Verkehrssensoren in Dresden (blaue Punkte = Sensoren auf Autobahnen, schwarze Punkte bzw. Kreuze = Sensoren im Stadtgebiet).

Im Forschungsprojekt ExCELL stehen Massendaten aus dem Verkehrsmanagementsystem VAMOS (Krimmling et al. 2006) der Stadt Dresden zur Verfügung. Diese Daten werden genutzt, um den Verkehrsfluss auf innerstädtischen Straßen zu steuern und zu optimieren. Sie registrieren und analysieren den aktuellen Verkehr und ermitteln Prognosen. Aufgrund der guten räumlichen Abdeckung in Dresden und der hohen Messfrequenz bieten sich insbesondere die Sensordaten aus dem Dresdner Verkehrsmanagementsystem VAMOS (Krimmling et al. 2006) als Datengrundlage für Verkehrsanalysen an, siehe Abbildung 11-1.

Wartungsarbeiten oder Ausfälle der zur Verkehrszählung eingesetzten Sensoren führen jedoch dazu, dass die Daten nur unvollständig verfügbar sind. Viele Datenanalyse- und -verarbeitungsmethoden wie z. B. Verfahren zur Mustererkennung oder Verkehrsprognose sind jedoch auf lückenlose Datensätze angewiesen. Nachfolgend soll darauf näher eingegangen werden, wie sich lückenlose und qualitativ hochwertige Datensätze aus unvollständigen Sensordaten erzeugen lassen.

11.2.1 Probleme mit unvollständigen und fehlerhaften Sensordaten

Unvollständige Messreihen erschweren Datenanalysen, da viele statistische Verfahren vollständige Datenreihen erfordern (Allison 2012). In den Sensormessreihen aus dem Dresdner

Verkehrsmanagement System VAMOS fehlen beispielsweise knapp 5 % der Daten bei den ca. 1.300 im gesamten Stadtgebiet von Dresden verteilten Sensoren, deren Standorte aus Abbildung 11-1 hervorgehen. Beispielsweise weisen Messreihen von Verkehrssensoren in Dresden häufig Lücken beziehungsweise fehlende Messungen auf, die durch Sensorausfälle, Wartungsintervalle oder Übertragungsfehler entstehen (Krimmling et al. 2006). Für korrekte Vorhersagen auf den Messwerten ist ein permanenter Strom von Daten erforderlich. Eine Zeitreihenanalyse auf Basis dieser Sensordaten berechnet dadurch möglicherweise falsche Ergebnisse, die massive Auswirkungen auf nachgelagerte Data Mining Prozesse haben können.

Die Datenstrukturen der Sensordaten sind trivial. Die meisten Sensoren senden minütlich ein Datum in folgendem Format:

- Sensor-ID
- Zeitstempel
- Aggregierter Belegungswert (Anzahl der Fahrzeuge pro Zeiteinheit)
- Durchschnittsgeschwindigkeit.

Aus den Belegungswerten und der Durchschnittsgeschwindigkeit sind Rückschlüsse hinsichtlich des Verkehrszustandes in Dresden möglich und daher besonders interessant für Verkehrsanalysen. Die Messwerte aller Sensoren zu einem bestimmten Zeitabschnitt bilden den Verkehrszustand effektiv ab. Aus einem Strom dieser Verkehrssensordaten lässt sich ein zukünftiger Wert für den Verkehrsfluss oder für Staus in Dresden prognostizieren.

Abbildung 11-2 zeigt als Ergebnis der Analyse von Lücken in Sensordaten eine Übersicht über fehlende Daten nach Sensoren über eine Kalenderwoche. Hierbei ist zu erkennen, dass die Ausfallrate offenbar abhängig vom Sensorstandort ist. Auf der X-Achse ist der Wochentag abgetragen und auf der Y-Achse die Sensoren mit ihren Sensor-IDs. Bestimmte Verkehrssensoren haben eine hohe Ausfallrate, wohingegen andere Sensoren kaum unvollständige Messreihen generieren. Gerade die Sensoren mit einer hohen Ausfallrate sind problematisch für Datenanalysen.

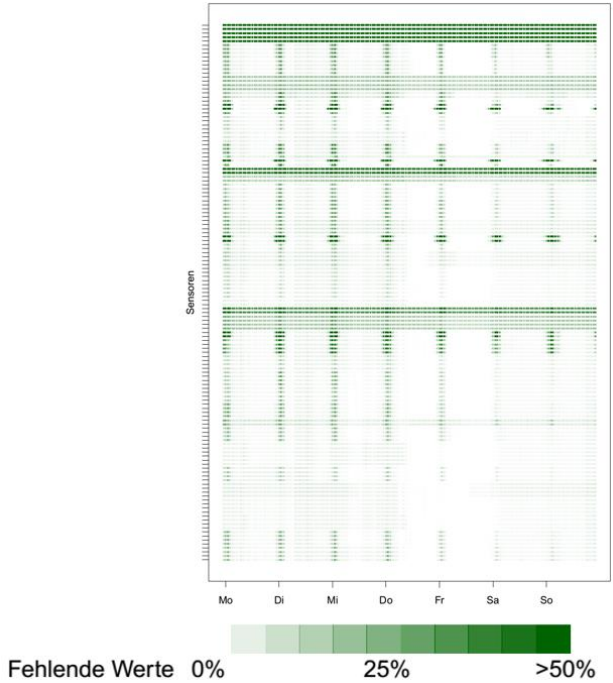


Abbildung 11-2. Sensorübersicht mit dem Anteil an fehlenden Messpunkten.

Um die Daten aus den Verkehrssensoren trotzdem nutzen zu können, ohne lückenbehaftete Zeitreihen komplett zu entfernen, werden verschiedene Bereinigungsmethoden untersucht, die nachfolgend entwickelt werden. Über diese sollen die fehlenden Werte geschätzt und in die Lücken eingesetzt werden. Die Erkenntnisse fließen in ein Computerprogramm zur automatischen Behandlung fehlender Werte ein.

Das Weglassen fehlerhafter Datensätze ist die einfachste Möglichkeit mit dem Problem umzugehen. Dadurch werden nur vollständige Datenreihen für die Analyse benutzt. Die Aussagekraft der Data Mining Algorithmen verringert sich allerdings, wenn Daten wichtiger Verkehrssensoren an Verkehrsknotenpunkten z.B. nicht in die Prognose von Staus einfließen. Wir untersuchen daher Verfahren, die Schätzwerte in den Lücken einsetzen und so komplette Datensätze für Verkehrsanalysen bereitstellen. Dieses Verfahren wird im Weiteren als Imputation bezeichnet (Gelman und Hill 2007).

11.2.2 Algorithmus zur Bereinigung der Sensordaten

Im ersten Schritt wurde zur Verifikation der Bereinigungsverfahren ein Testdatensatz erstellt. Dieser Datensatz besteht aus 16 Sensoren von April bis Dezember 2014, also historischen

Sensordaten. Aus diesem vollständigen Datensatz werden künstlich Werte entfernt und als fehlend gekennzeichnet. Für die Bewertung der einzelnen Methoden werden pro Methode mehrere Durchläufe mit unterschiedlichen Lückengrößen und variierender Lückendichte durchgeführt. Die Lücken sind hierbei zufällig über den betrachteten Zeitraum verteilt. Ein Vergleich mit den real gemessenen und künstlich entfernten Messwerten ist zur Verifikation möglich, da der Testdatensatz vollständig ist.

Ziel ist es, mit einem R-Programm[108] die Lücken in den Sensordaten für möglichst alle Verkehrssensoren mit geringstmöglichem Fehler und höchster Annäherung an die realen Daten zu reparieren. In Abbildung 11-3 ist ein Beispieldatensatz mit einem fehlenden Datum für den Sensor mit der Sensor-ID 285 gezeigt. Am 06.04.2014 um 9:30 Uhr wurde für diesen Sensor keine Belegung und keine Geschwindigkeit ermittelt. Mit Hilfe eines Programms muss eine Reparatur, basierend auf Durchschnittswerten, raumzeitlichen Abhängigkeiten oder anderen Methoden, vollautomatisch durchgeführt werden.

Sensor	Zeitstempel	Belegung	Geschwindigkeit
285	2014-04-06 09:28:00	9	54
285	2014-04-06 09:29:00	12	50
285	2014-04-06 09:30:00	?	?
285	2014-04-06 09:31:00	11	51
285	2014-04-06 09:32:00	12	46
285	2014-04-06 09:33:00	5	57

Abbildung 11-3. Beispiel für ein fehlendes Datum beim Sensor mit der Sensor-ID 285.

Die Lücken werden durch die Anwendung einer passenden Strategie bereinigt. Die dadurch entstandenen Schätzwerte werden mit den Originalwerten des beschriebenen Testdatensatzes verglichen und somit der durchschnittliche Fehler berechnet. Als Bewertungskriterium des Fehlerbereinigungs-Algorithmus wird dafür der Normalized Root Mean Squared Error (NRMSE) (Smith et al. 2003) angewendet. Dieses Fehlermaß setzt sich aus dem Root Mean Square Error und der Standardabweichung zusammen, die in Formel 2 gezeigt werden.

Der Root Mean Square Error (RMSE) entspricht der Standardabweichung von den Originalwerten. Durch die Quadrierung des Fehlers werden größere Abweichungen mit einem höheren Gewicht belegt, siehe Formel 1. Der Parameter n bezeichnet dabei die Anzahl der Datensätze.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum error_t^2}{n}} \tag{11.1}$$

Durch die Normalisierung des RMSE werden die Imputationsergebnisse verschiedener Sensoren und auch verschiedener Variablen vergleichbar. Die Normalisierung erfolgt dabei auf

[108] R ist eine freie Programmiersprache für statistische Berechnungen

der Standardabweichung σ der betrachteten Variable. Der Normalized Root Mean Squared Error (NRMSE) ist folgendermaßen definiert:

$$NRMSE = \frac{RMSE}{\sigma(t)} \tag{11.2}$$

Zur Bewertung der Ergebnisse wird pro Sensor und Lückenlänge der durchschnittliche Fehler jeder Methode durch die Kennzahl NRMSE berechnet, siehe Abbildung 11-4. Das Bild zeigt eine Übersicht über die Fehler aller Methoden in Abhängigkeit von der Lückenlänge. Für kurze Lücken bis zu zwei Stunden eignet sich der Einsatz eines Basic Structural Models. Dabei wird die Zeitreihe anhand der Komponenten Trend, Saisonalität und Rest modelliert und die fehlenden Werte mit Hilfe eines Kalmanfilters errechnet. Für längere Lücken wird diese Methode jedoch ungenau, sodass in diesem Fall das Einsetzen von Werten der Durchschnittswoche vorgenommen wird. Dafür wird aus allen bekannten Daten eines Sensors der durchschnittliche Verlauf berechnet, wobei auch Feier- und Brückentage berücksichtigt werden. Lücken werden daraufhin mit den entsprechenden Durchschnittswerten gefüllt. Die Methoden Weighted MA (Moving Average) und Lineare Interpolation liefern für kurze Lücken ebenfalls akzeptable Ergebnisse.

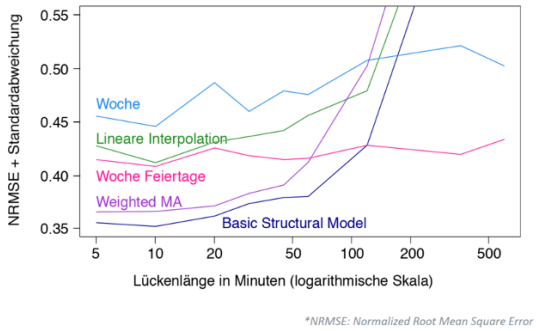


Abbildung 11-4. Vergleich der Bereinigungsverfahren.

Die gezeigten Methoden können Schätzwerte effizient ermitteln. Während die durchschnittsbezogenen Methoden für die Lückenlängen konstante Genauigkeiten liefern, verlieren alle anderen Ansätze mit steigender Lückenlänge an Präzision. Die Methode Weighted Moving Average ermittelt bei Fenstergrößen von 5-10 Minuten gute Resultate. Die Methoden Last Observation Carried Forward, Mean Imputation sowie Weighted Moving Average mit größeren Fenstern zeigen hier schlechte Ergebnisse. Durch die hohe Genauigkeit für kleine Lücken eignet sich die Methode Basic Structural Model zum Schließen von Lücken bis zwei Stunden (Belegung) bzw. einer Stunde (Geschwindigkeit). In größere Lücken werden die Werte der Durchschnittswoche inklusive Feier- und Brückentage eingesetzt.

Mit Hilfe der aus den Tests und Analysen gewonnenen Erkenntnisse, konnte ein R-Package[109] implementiert werden, das automatisch die passenden Bereinigungsmethoden für unterschiedliche Lückengrößen auswählt. Als Ergebnis stehen bereinigte und vollständige Datensätze für nachgelagerte Maschinelle Lernverfahren zur Verfügung.

11.2.3 Verkehrsvorhersage für die Stadt Dresden mittels bereinigter Sensordaten

Die bereinigten Messreihen der Verkehrssensoren lassen sich für Verkehrsvorhersagen und Stauprognosen verwenden. Abbildung 11-5 zeigt eine Vorhersagepipeline mit Einbeziehung einer Bereinigungsstufe in einem einheitlichen Prozessablauf. Alle nachgelagerten Analysen und Vorhersagemodelle basieren auf der gleichen bereinigten Datenbasis, wodurch sich die Ergebnisse vergleichen lassen und die verschiedenen Machine Learning Verfahren besser evaluiert werden können. Im Projekt ExCELL sind einfache Prognosemodelle für Belegungsdaten und Durchschnittsgeschwindigkeiten der Sensoren im prototypischen Stadium. Zusätzlich sind komplexere Modelle für die Vorhersage von Staus in bestimmten Stadtgebieten beziehungsweise an den Sensoren in einer Testphase.

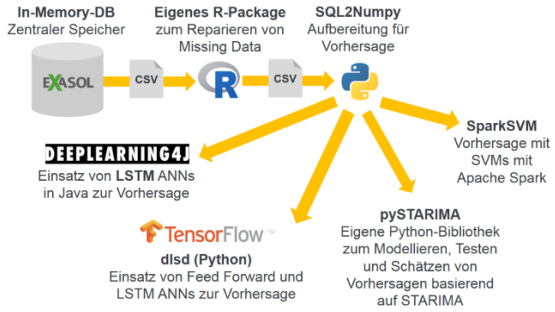


Abbildung 11-5. Vorhersagepipeline mit Bereinigung der Daten.

Für die Vorhersage von Verkehrsparametern und zur Klassifikation des Verkehrsflusses in Stau und fließenden Verkehr auf Basis der bereinigten Sensordaten werden drei verschiedene Machine Learning Verfahren eingesetzt:

- Neuronale Netze (feedforward und rekurrente neuronale Netzen) mit Deeplearning4j[110] und TensorFlow[111],
- Raumzeitliche Vorhersagemodelle wie STARIMA mit der Python-Bibliothek pySTARIMA[112] und
- Support Vector Machines mit Apache Spark[113].

[109] https://github.com/MAGDa-BeuthHS/imputeData
[110] https://deeplearning4j.org/
[111] https://www.tensorflow.org/
[112] https://www.python.org/
[113] https://spark.apache.org/

Diese Methoden werden im Projekt auf dem Hochleistungsrechencluster der Beuth Hochschule berechnet. Nähere Informationen zur verwendeten Infrastruktur gibt es auf der Beuth Homepage[114]. Ziel der Vorhersagepipeline ist es, einerseits den Algorithmus mit der geringsten Fehlerrate zu finden und andererseits denjenigen Algorithmus mit einem effizienten Trade-off zwischen geringer Fehlerrate und Ressourcenschonung zu evaluieren. Je nach Vorhersageanforderung soll der beste Machine Learning Algorithmus herausgefunden und angewendet werden. Ein fairer Vergleich setzt eine einheitliche und qualitativ hochwertige Datenbasis voraus. Sie wird durch das in diesem Beitrag vorgestellte R-Package zum Reparieren von fehlenden Daten geliefert.

11.3 Datenqualitätskriterien von Floating Car Data

Eine Besonderheit hinsichtlich der Betrachtung der Datenqualität von Sensordaten für Verkehrsprognosen stellen Bewegungsdaten dar, die in der Regel mit einer räumlichen Unschärfe des GPS-Signals vorliegen. Für die geplanten Mobilitätsdienste müssen diese Daten auf Straßenabschnitte übertragen werden, für die in der Folge durchschnittliche Reisezeiten ermittelt werden. Dieser Prozess der Anpassung des Sensorwertes an das Straßenverkehrsnetz oder Bereiche auf einer Karte wird Map Matching genannt (Mattheis et al. 2014). Das im VAMOS-System angewandte Map Matching zwischen Floating Car Data (FCD) und dem VAMOS-Straßennetz kann mehrere Tage dauern und wird daher nur in bestimmten Zyklen durchgeführt (offline Bearbeitung).

Online Map Matching im Gegensatz dazu beherrschen viele der Navigationsgeräte. Darüber hinaus wäre ein echtzeitfähiges Map Matching für die Erfassung von Fahrtmustern relevant, um nicht nur Routenempfehlungen basierend auf der Verkehrslage, sondern auch nach dem Fahrverhalten vorschlagen zu können. Die FCD-Daten sind demnach ein reichhaltiger Datenschatz, der umfangreiche Data Mining Prozesse gestattet.

Problematisch bei Sensordaten von GPS-Signalen ist die vorhandene Ungenauigkeit von 4 bis 15 Metern (DoD 2001). Diese Ungenauigkeit wird vor allem durch starke Dämpfung, durch Reflexion einzelner oder aller GPS-Signale und den Empfang von zu wenig Satelliten verursacht (Masumoto 1993). In Tälern und Häuserschluchten sind diese Fehler bei der Positionsbestimmung besonders gravierend. Abbildung 11-6 visualisiert diese Problematik, hier weichen einige Taxipositionen stark von realen Straßenabschnitten ab. Die Färbung kennzeichnet in dieser Graphik die Geschwindigkeit der Fahrzeuge. Map Matching erlaubt in diesen Fällen die Rückführung der gemessenen Positionsdaten mittels des Hidden Markov Models (Newson und Krumm 2009) und schafft damit eine Verbesserung der Datenqualität für die weitere Analyse der Tracks.

[114] https://projekt.beuth-hochschule.de/data-science/infrastruktur

Abbildung 11-6. Aggregation von Floating Car Data mit Geschwindigkeitswerten, rote und gelbe Kreise zeigen langsame Fahrzeuge und grüne Kreise illustrieren schnellere Fahrzeuge, die transparenten Kreise visualisieren Kreuzungen im Stadtgebiet.

Ohne Map Matching können die Positionsdaten der Taxen den Straßenabschnitten nicht eindeutig zugeordnet werden. Positionsdaten können auf der anderen Straßenseite, Fahrspur oder in Gebäuden liegen (Bierlaire et al. 2013), was besonders in urbanen Gegenden zu unvorhergesehenen Ergebnissen führen kann. Derartige fehlerhafte Zuordnungen führen zu falschen Ergebnissen der Verkehrsanalysen, die im schlimmsten Fall dazu führen, dass Routenempfehlungen bzw. Stauvorhersagen ungenau bzw. irreführend sind. Map Matching dagegen erfordert zur korrekten Zuordnung die aufgenommen GPS-Tracks und dazugehörigen Zeitstempeln. Mit Hilfe dieser Informationen kann die Reihenfolge der Positionsdaten ermittelt und durch die Analyse der möglichen Fahrspuren auf reale Straßenstraßen abgebildet werden (Brakatsoulas et al. 2005). OpenStreetMap dient hierbei als Kartenbasis (Haklay und Weber 2008).

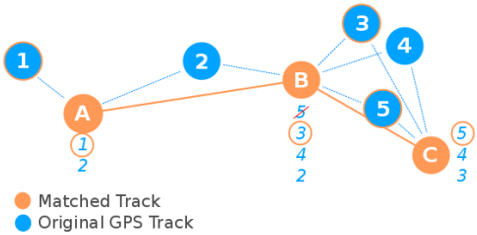


Abbildung 11-7. Map Matching Prozess mit Geschwindigkeitsinterpolation.

Abbildung 11-7 stellt das Mapping des ursprünglichen GPS-Tracks auf die durch den Map Matching Prozess generierten Positionsdaten dar. Die gematchten Daten enthalten keine Zeitstempel mehr (Karich und Schröder 2014), daher müssen die Zeitstempel interpoliert werden. Die originalen Positionsdaten enthalten Zeitstempel, somit müssen lediglich die Distanzen von den gematchten zu den nächsten originalen Datenpunkten ermittelt werden. Infolgedessen lassen sich sehr genau Schätzwerte für die Zeitstempel ableiten.

Mit Hilfe von Map Matching ist eine signifikante Verbesserung der Datenqualität von GPS Tracks erreichbar, da die gematchten Daten eine straßengenaue Verortung der Tracks erlauben. Die veredelten Daten lassen sich zur Reisezeitenbestimmung, Stauprognose, Verkehrslagebestimmung, Anomalieerkennung und Visualisierung von Verkehrsflüssen auswerten.

11.4 Zusammenfassung

Ohne qualitativ hochwertige Mobilitätsdaten sind weder nachgelagerten datenbasierte Services noch Erkenntnisgewinne aus den Daten möglich. Jegliche Mobilitätsdaten müssen demnach evaluiert und infolgedessen fehlerhafte Datensätze entfernt werden. Ein essentieller Prozess bei der Datenqualität von Mobilitätsdaten ist demnach die Bereinigung fehlender Daten in Messreihen. Zusätzlich bewirkt räumliche Unschärfe in GPS-Signalen eine ungenaue Positionierung von Fahrzeugen oder Personen. Diese Ungenauigkeit wird vor allem durch starke Dämpfung, durch Reflexion einzelner oder aller GPS-Signale und den Empfang von zu wenig Satelliten verursacht. Für die geplanten Mobilitätsdienste ist eine Übertragung der ungenauen Datenpunkte auf reale Straßenabschnitte ein wichtiger Bestandteil. Dieser Prozess der Anpassung des Sensorwertes an das Straßenverkehrsnetz oder Bereiche auf einer Karte wird Map Matching genannt.

11.5 Literaturverzeichnis

Allison PD (2012) Missing data. Sage Thousand Oaks, CA.

Bierlaire M, Chen J, Newman J (2013) A probabilistic map matching method for smartphone GPS data. Transportation Research Part C: Emerging Technologies 26: S. 78-98.

Both W, Schieferdecker I (2012) Berliner Open Data-Strategie. Organisatorische, rechtliche und technische Aspekte offener Daten in Berlin Fraunhofer FOKUS im Auftrag der Senatsverwaltung für Wirtschaft, Technologie und Frauen in Berlin.

Brakatsoulas S, Pfoser D, Salas R, Wenk C (2005) On map-matching vehicle tracking data, 31st International Conference on Very Large Data Bases.

De Lange N (2013) Geoinformatik: in Theorie und Praxis. Springer-Verlag.

DoD U (2001) Global positioning system standard positioning service performance standard. Assistant Secretary of Defense for Command, Control, Communications, and Intelligence.

Gelman A, Hill J (2007) Data analysis using regression and multilevelhierarchical models, vol 1. Cambridge University Press New York, NY, USA.

Haklay M, Weber P (2008) Openstreetmap: User-generated street maps. IEEE Pervasive Computing 7 (4): S. 12-18.

Kamiske GF, Brauer J-P (1999) Qualitätsmanagement von A bis Z. Erläuterungen moderner Begriffe des Qualitätsmanagements 3.

Karich P, Schröder S (2014) Graphhopper. http://www.graphhopper.com. Abgerufen am 01.11.2017.

Krimmling J, Franke R, Körner M (2006) Verkehrsdatenaufbereitung und -modellierung im operativen Verkehrsmanagementsystem VAMOS.

Masumoto Y (1993) Global positioning system. Google Patents.

Mattheis S, Al-Zahid KK, Engelmann B, Hildisch A, Holder S, Lazarevych O, Mohr D, Sedlmeier F, Zinck R (2014) Putting the car on the map: A scalable map matching system for the Open Source Community, GI-Jahrestagung.

Naumann F (2007) Datenqualität. Informatik-Spektrum 30 (1): S. 27-31.

Newson P, Krumm J (2009) Hidden Markov map matching through noise and sparseness, 17th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems.

Preische J (2014) Digitales Gold – Nutzen und Wertschöpfung durch Open Data für Berlin. Berlin.

Smith B, Scherer W, Conklin J (2003) Exploring imputation techniques for missing data in transportation management systems. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board (1836): S. 132-142.

Wang RY, Strong DM (1996) Beyond accuracy: What data quality means to data consumers. Journal of Management Information Systems 12 (4): S. 5-33.

12 Datenschutz bei Mobilitätsplattformen durch Privacy-by-Design[115]

V. Neumann, M. Schreieck, C. Pflügler, M. Wiesche, H. Krcmar

Dieses Kapitel beschreibt die Ergebnisse einer Umfrage zu den Datenschutzbedenken deutscher Smartphone-Nutzer und erarbeitet Empfehlungen, wie auf Grundlage der Umfrageergebnisse Mobilitätsplattformen gestaltet werden können. Die Auswertung dieser Umfrage mit 129 Teilnehmern zeigt signifikante Bedenken der Smartphone-Nutzer bezüglich der Sicherheit ihrer Daten und ein geringes Vertrauen in die Anbieter von Mobilitätsplattformen. Davon unabhängig stellen Nutzer ihre Daten den Mobilitätsplattformen zur Verfügung. Dieses widersprüchliche Verhalten ist als Privacy Paradox bekannt. Anhand der Umfrageergebnisse wurden Anforderungen an den Datenschutz von Mobilitätplattformen abgeleitet und mithilfe der Privacy-by-Design-Prinzipien eine Gestaltungsempfehlung für Mobilitätsplattformen erarbeitet. Daraus geht hervor, dass Anbieter von Mobilitätsplattformen einerseits ihr Datenmanagement transparenter gestalten sollten, d.h. die gesammelten Daten spezifizieren und deren Verwendung detailliert beschreiben. Andererseits könnten mithilfe von Gamification für bestimmte Funktionen der Mobilitätsplattform wünschenswerte Daten, welche nicht automatisch gesammelt werden können, gesammelt werden. Dabei werden Nutzer durch ein Belohnungs- oder Punktesystem motiviert bei der Verbesserung der Funktionen einer Mobilitätsplattform mitzuarbeiten.

This chapter examines the privacy concerns of German smartphone users when using mobility platforms and provides recommendations on how mobility platforms can be designed regarding users' concerns. An online survey was conducted with 129 German smartphone users, which includes general and scenario-based questions. The results showed that there are significant concerns about the privacy in the context of mobility data. Despite their attitude, users still offered their data even though the trust in the platform providers is weak. This behavior is also known as 'Privacy Paradox'. The effect enhanced, when the users see the advantages data collection brings. Based on these results, we derived recommendations for mobility platforms and how they should address the users' privacy concerns. By applying the Privacy by Design guidelines, it is recommended that providers of mobility platforms should have a transparent data management and describe the specific data that is collected as well as the purpose for this in detail. Furthermore, using gamification and implementing a reward system could be a method to motivate the users to share additional information and improve the functionality of mobility platforms.

[115] Das Forschungsprojekt ExCELL wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert (Förderkennzeichen: 01MD15001D).

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018
M. Wiesche et al. (Hrsg.), *Management digitaler Plattformen*,
Informationsmanagement und digitale Transformation,
https://doi.org/10.1007/978-3-658-21214-8_12

12.1 Einleitung

Nicht nur die fortschreitende Entwicklung der Digitalisierung im Straßenverkehr und die Erfassung von Mobilitätsdaten durch Sensoren an Straßen, in Fahrzeugen und durch Smartphones, sondern auch die ansteigende Urbanisierung, hat unser Mobilitätsverhalten in den letzten Jahren verändert. Es wird erwartet, dass bis zum Jahr 2050 55 % der Weltbevölkerung in Städten wohnen und die Anzahl des Fahrzeugaufkommens im Straßenverkehr um den Faktor 4 ansteigen wird (Michael Lierow 2014).

Insbesondere das hohe Verkehrsaufkommen stellt eine Herausforderung für die Städte dar. Daher entwickeln Unternehmen, Städte und Verkehrsverbunde Mobilitätslösungen, die entweder ausschließlich als Informationsservice für Nutzer dienen, wie die mobilen Apps „Citymapper“ und „Waze“, oder auch Plattformen, die ein integriertes Angebot mit Buchungsoptionen anbieten, wie „moovel“, „Google Maps“ und „Qixxit“ (Zimmermann und Rathmann 2017). Auch die mobilen Applikationen der Verkehrsverbunde, wie beispielsweise die der Münchner Verkehrsgesellschaft, und der Carsharing-Dienste, wie „DriveNow“ und „car2go“, gelten als Mobilitätsplattformen (Schreieck et al. 2016; Pflügler et al. 2016b). All diese Plattformen sammeln große Mengen an Daten über ihre Nutzer, um zum einen die Funktionalitäten ihrer Apps zu verbessern und zum anderen das Mobilitätsverhalten in Städten zu analysieren. Diese Datenmengen bestehen unter anderem aus Standort- und Bewegungsdaten der Nutzer, den Start- und Endpunkten ihrer Fahrten und die genutzten Verkehrsmittel. Aus der Analyse dieser Datenmengen können Anforderungen an die Mobilität in Städten abgeleitet und für die zukünftige Städteplanung genutzt werden. Außerdem kann der Verkehrsfluss in den Städten verbessert werden, indem die Nutzer bei einem hohen Verkehrsaufkommen frühzeitig umgeleitet werden.

Mobilitätsplattformen beschreiben die Datensammlung und -speicherung in ihren Datenschutzrichtlinien. Kommerzielle Plattformen von Unternehmen wie Apple Inc. (2017) Citymapper Limited (2017) und Google Inc. (2017) speichern diese personenbezogenen Daten in einem Nutzerprofil, um anhand der gesammelten Daten die Vorlieben der Nutzer zu analysieren und daraufhin individuelle Vorschläge für Fahrten anbieten zu können. Die Nutzer werden dabei durch die IP-Adresse ihres Gerätes und deren User-Account oder einer eindeutigen Kennung identifiziert (Waze Mobile 2017b). Die Münchener Verkehrsverbunde MVV (Münchner Verkehrsverbund) und MVG (Münchner Verkehrsgesellschaft) und der „DBB-Navigator“ der Deutschen Bahn nutzen die Standortdaten ihrer Nutzer dagegen derzeit ausschließlich für das Anzeigen der nächstgelegenen Haltestelle, ohne diese Daten permanent zu speichern (DB Vertrieb GmbH 2017; MVV GmbH 2017; Münchner Verkehrsgesellschaft mbH 2017).

Die Sammlung von personenbezogenen Daten durch die Anbieter der Mobilitätsplattformen verlangt sowohl den Schutz dieser Daten, als auch den Schutz der Privatsphäre der Nutzer. Daher ist das Ziel dieses Kapitel die Datenschutzbedenken der deutschen Smartphone-Nutzer anhand einer Online-Umfrage zu analysieren und daraufhin eine Gestaltungsempfehlung für

Mobilitätsplattformen zu erarbeiten. Kapitel 12.2 beschreibt die Durchführung und die Ergebnisse der Umfrage zu den Datenschutzbedenken bei der Nutzung von Mobilitätsplattformen und Kapitel 12.3 gibt eine Empfehlung, wie Mobilitätsplattformen anhand der Privacy-by-Design- Prinzipien gestaltet werden sollten.

12.2 Umfrage zu den Datenschutzbedenken von Smartphone-Nutzern

Die Datenschutzbedenken der Smartphone-Nutzer bei der Verwendung von Mobilitätsplattformen wurden durch eine Online-Umfrage erfasst und anschließend analysiert. Teilnehmer der Umfrage beantworteten dazu allgemeine Fragen zu ihrer Meinung und Einstellung zum Thema Datensammlung, Nutzung der Daten und Datensicherheit. Außerdem wurde basierend auf Szenarien das Verhalten der Nutzer von Mobilitätsplattformen untersucht.

Kapitel 12.2.1 beschreibt die Durchführung der Umfrage und die zu validierenden Hypothesen, bevor Kapitel 12.2.2 die Umfrage-Ergebnisse erläutert, die in Kapitel 12.2.3 diskutiert werden.

12.2.1 Durchführung der Umfrage und Hypothesen

Die Datenschutzbedenken der Smartphone-Nutzer werden anhand einer quantitativen Forschungsmethode untersucht. Dazu wurde eine Online-Umfrage erstellt, die aus geschlossenen Fragen besteht. Aufgrund der Schwierigkeit des Testens von Sicherheitsbedenken sind innerhalb des Fragebogens zwei verschiedene Fragetypen angewendet worden: allgemeine Fragen und szenario-basierte Fragen. Die szenario-basierte Methode wird genutzt, um das Verhalten der Nutzer anhand von realistischen Situationen zu analysieren und danach mit ihrer zuvor angenommen Einstellung zu vergleichen (Wallander 2009).

Der erste Teil der Umfrage besteht aus allgemeinen Fragen zum individuellen Nutzungsverhalten von Smartphone und Mobilitätsplattformen, den persönlichen Einstellungen zu den Themen Datensammlung und Datennutzung, sowie den persönlichen Sicherheitsbedenken. Der zweite Teil beschreibt ein Szenario, in der eine Person eine kommerzielle Mobilitätsplattform nutzt, um mit dem Auto an ihr gewünschtes Ziel zu kommen. Die Teilnehmer sollen anhand der beschriebenen Situation Fragen zu ihrem möglichen Handeln beantworten und Aussagen bewerten. Der dritte Teil beschreibt ein zweites Szenario, in dem die fiktive Person die öffentlichen Verkehrsmittel und deren mobile App nutzt. Auch hier sollen die Teilnehmer bewerten, ob sie sich mit der Situation identifizieren können und wie sie handeln würden. Beide Szenarien beinhalten außerdem Fragen zur Überwachung von Straßen, Fahrrad- und Gehwegen durch Sensoren und Kameras.

Insgesamt sind die Fragen in fünf verschiedene Themengebiete eingeteilt: Allgemeine Fragen, Datensammlung, Sicherheitsbedenken, andere Verwendungszwecke der Daten und Bereitschaft zur Mitarbeit (z.B. durch die Bereitstellung von Daten zur Verbesserung der Services).

Die Nutzer sollen ihre Zustimmung, Erfahrung und ihr Nutzerverhalten zu den jeweiligen Fragen auf einer Likert-Skala zwischen 1 und 5 bewerten (Encyclopædia Britannica Inc. 2017).

Zielgruppe des Fragebogens sind deutsche Smartphone-Nutzer, da insbesondere die Datenschutzbedenken von deutschen Staatsbürgern untersucht werden sollen. Anforderungen waren hierbei zum einen die deutsche Staatsbürgerschaft, sowie das Nutzen eines Smartphones und zum anderen die Benutzung einer Mobilitätsplattform, entweder eine kommerzielle Plattform wie „Google Maps“, „moovel“ oder „Waze“, oder eine Applikation eines Verkehrsverbunds.

Um einen Eindruck von den Datenschutzbedenken zu bekommen, wurden sechs zu validierende Hypothesen aufgestellt (siehe Tabelle 12-1). Zum einen soll herausgefunden werden, ob den Nutzern von Mobilitätsplattformen bewusst ist, dass die Plattform-Anbieter Daten sammeln und für andere Bereiche nutzen. Zum anderen soll untersucht werden, ob die Nutzer bereit sind ihre Daten freiwillig zur Verfügung zu stellen, um die Funktionen und Services der Plattformen zu erweitern und verbessern. Außerdem wird getestet, ob die Nutzer zwischen den Anbietern unterscheiden, d.h. macht es für sie einen Unterschied, ob ein Unternehmen, die Stadt oder die Öffentlichen Nahverkehrsverbunde die Daten sammeln.

Tabelle 12-1. Getestete Hypothesen.

Hypothese	
H1	Smartphone-Nutzern ist bewusst, dass Unternehmen Daten sammeln und diese für andere Zwecke genutzt werden.
H2	Smartphone-Nutzer sorgen sich um ihre Daten, wenn sie Mobilitätsplattformen nutzen.
H3	Smartphone-Nutzer stellen ihre Daten bereit, wenn sie die Vorteile für sich sehen.
H4	Smartphone-Nutzer würden aktiv dabei helfen die Funktionen einer Mobilitätsplattform zu verbessern, indem sie besondere Vorkommnisse melden.
H5	Smartphone-Nutzer haben beim Thema Datensicherheit größeres Vertrauen in Städte und Verkehrsverbunde, als in Unternehmen.
H6	Nutzer sorgen sich um die Datensicherheit, dennoch teilen sie bei der Nutzung von Mobilitätsservices sensible Daten, wie z.B. ihren aktuellen Standort.

12.2.2 Umfrage-Ergebnisse

Die Umfrage wurde von 162 Teilnehmern ausgefüllt. Bei der Auswertung wurden jedoch nur vollständig beantwortete Fragebögen von deutschen Staatsbürgern beachtet, da die Umfrage die Sicherheitsbedenken der Deutschen untersuchen soll. Die Stichprobegröße, die analysiert wurde, ist daher n=129. Tabelle 12-2 zeigt die deskriptive Statistiken der Umfrageteilnehmer.

Innerhalb der Stichprobe aus 129 ausgefüllten Fragebögen ist das Geschlechterverhältnis fast gleichmäßig verteilt. Insgesamt haben 69 Frauen (53,5 %) und 60 Männer (46,5 %) teilgenommen. Dreiviertel der Befragten sind 34 Jahre alt und jünger (75,1 %), da diese Umfrage vorranging unter Studierenden durchgeführt wurde. Fast die Hälfte der befragten Personen sind

Studierende (48,8 %), 41,9 % sind Angestellte und der Rest der Befragten sind anderen Berufen zuzuordnen. Alle 129 Teilnehmer, die die Umfrage vollständig ausgefüllt haben, besitzen ein Smartphone und 85,3 % nutzen öffentliche Verkehrsmittel. Fast dieselbe Anzahl an Befragten (83,7 %) nutzen dabei auch die Mobilitätsplattformen, die von den Verkehrsverbunden angeboten werden. Mit Ausnahme eines Teilnehmers nutzen alle Befragten kommerzielle Mobilitätsplattformen von Unternehmen, die teilweise mehrere Mobilitätsangebote einer Region vereinen. Der Mittelwert beträgt hier 3,62 (Standardabweichung = 0,812), d.h. diese werden im Durchschnitt wöchentlich genutzt. Bei 65,9 % der Umfrageteilnehmer dürfen die Mobilitätsplattformen auf den aktuellen GPS-Standort zugreifen.

Tabelle 12-2. Deskriptive Statistik der Umfrageteilnehmer (n=129).

Variable	Kategorien	Absolute Häufigkeit	Prozentsatz
Geschlecht	Weiblich	69	53,5
	Männlich	60	46,5
Alter	<18	3	2,3
	18-24	55	42,6
	25-34	39	30,2
	35-44	14	10,9
	45-54	10	7,8
	55-64	6	4,7
	65+	2	1,6
Beruf	SchülerIn	4	3,1
	Studierende	63	48,8
	Mitarbeitende	54	41,9
	Selbstständige/r	4	3,1
	Sonstiges	4	3,1
IT-Hintergrund	Ja	40	31,0
	Nein	89	69,0
Nutzung des ÖPNV	Ja	110	85,3
	Nein	19	14,7
Nutzung von mobilen Applikationen eines Verkehrsverbunds	Mehrmals am Tag	15	11,6
	Häufiger als einmal in der Woche	34	26,4
	Häufiger als einmal im Monat	31	24
	Selten	28	21,7
	Nie	21	16,3
Nutzung von kommerziellen Mobilitätsplattformen von Unternehmen	Mehrmals am Tag	16	12,4
	Häufiger als einmal in der Woche	58	45,0
	Häufiger als einmal im Monat	46	35,7
	Selten	8	6,2
	Nie	1	0,8
Apps dürfen auf den GPS-Standort zugreifen	Ja	85	65,9
	Nein	44	34,1

Um die in Kapitel 12.2.1 definierten Hypothesen zu testen, wurden neue Variablen berechnet, die mehrere Umfrage-Items zusammenfassen. Tabelle 12-3 zeigt die berechneten Variablen, deren Mittelwerte, Standardfehler und Standardabweichung, und deren Cronbach's Alpha, welches die interne Konsistenz der Berechnung beschreibt, d.h. wie gut eine Gruppe von Variablen ein bestimmtes Konstrukt misst (Cortina 1993). Die Alpha-Werte können zwischen 0 und 1 liegen. Je höher dieser Wert, desto zuverlässiger ist das Endergebnis der Berechnung. Die Werte zwischen 0,7 und 0,95 gelten als akzeptabel, während geringere Werte auf eine zu geringe Anzahl an zusammengefassten Items oder das Vereinen von heterogenen Konstrukten hindeuten (Tavakol und Dennick 2011). Das Testen der Hypothesen erfolgte basierend auf der Anwendung von verschiedenen Tests zum Vergleichen von Mittelwerten, deren Konfidenzintervall jeweils 95 % beträgt.

Tabelle 12-3. Berechnete Variablen mit Mittelwert, Standardfehler, Standardabweichung und Cronbach's Alpha.

Variable	Zusammengefasste Items	Anzahl der Items	Cronbach's Alpha	Mittelwert	Standardfehler	Standardabweichung
Identifikation mit Szenario 1	S1a01	1	-	3,91	0,093	1,061
Identifikation mit Szenario 2	S2a02	1	-	4,15	0,089	1,016
Bewusstsein der Datensammlung (H1)	DU02, DU03	2	0,540	4,023	0,059	0,676
Sicherheitsbedenken der Nutzer (H2)	DC01, DC03, DU01, DU05, P01, P03, P06, P03, rev_DU04	8	0,854	3,787	0,062	0,707
Bereitschaft Daten zur Verfügung zu stellen (H3)	H4_City, H4_ÖPNV, H4_Company	15	0,919	3,619	0,070	0,801
Bereitschaft Stadt (H3)	S1b02, S1b03, S1b04, S2b02, S2b03, S2b04	6	0,890	4,026	0,069	0,787
Bereitschaft Verkehrsverbund (H3)	S2a04, S2a06, S2a07, S2a08	4	0,825	3,347	0,092	1,047
Bereitschaft Unternehmen (H3)	S1a04, S1a06, S1a07, S1a09, P02	5	0,820	3,484	0,080	0,904
Aktive Mitarbeit (H4)	P08, S1a10, S1b08	3	0,836	2,757	0,094	1,062
Vertrauen Stadt (H5)	S1b07, S2b07	2	0,905	3,205	0,094	1,073
Vertrauen Verkehrsverbund (H5)	S2a02, S2a06, S2a09	3	0,566	3,364	0,081	0,917
Vertrauen Unternehmen (H5)	DU04, S1a11	2	0,639	2,419	0,068	0,775
Nutzungsverhalten Plattform (H6)	S1a02, S1a04, S1a06, S2a02, S2a04, S2a06	6	0,821	3,686	0,076	0,868

Hypothese 1

Für Hypothese 1 („Smartphone-Nutzern ist bewusst, dass Unternehmen Daten sammeln und diese für andere Zwecke genutzt werden“) wurde der Mittelwert der Antworten auf die allgemeinen Fragen zum Bewusstsein der Datensammlung und die Verwendung der Daten berechnet (Variable „Bewusstsein der Datensammlung“, Tabelle 12-3). Der Mittelwert beträgt 4,023 (Standardabweichung = 0,676). Um die Signifikanz dieses Werts zu berechnen, wurde ein Einstichproben-t-Test durchgeführt, der die Abweichung zum Mittelwert der Likert-Skala (=3) berechnet. Das Ergebnis dieses t-Tests zeigt, dass die Nullhypothese verworfen werden kann und sich der zuvor berechnete Mittelwert von 3,023 signifikant von der der Likert-Skala unterscheidet (t_{128}=17,201, $p < 0{,}001$). Daraus folgt, dass den Nutzern von Mobilitätsplattformen bewusst ist, dass ihre Daten gesammelt und weiterverwendet werden.

Hypothese 2

Hypothese 2 („Smartphone-Nutzer sorgen sich um ihre Daten, wenn sie Mobilitätsplattformen nutzen“) wurde wie Hypothese 1 anhand eines Einstichproben-t-Tests getestet. Auch hier ergibt die Auswertung, dass die Nullhypothese verworfen werden kann (t_{128}=-12,646, $p < 0{,}001$) und der berechnete Mittelwert der Hypothese 2 (3,787) unterscheidet sich signifikant von 3 (Variable „Sicherheitsbedenken der Nutzer“, Tabelle 12-3). Das bedeutet, dass Nutzer Datenschutzbedenken bei der Nutzung von Mobilitätsplattformen haben.

Hypothese 3

Für Hypothese 3 („Smartphone-Nutzer stellen ihre Daten bereit, wenn sie die Vorteile für sich sehen“) wurde zum einen eine allgemeine Variable berechnet (Variable „Bereitschaft Daten zur Verfügung zu stellen“, Tabelle 12-3), die beschreibt, ob Nutzer bereit sind ihre Daten abzugeben, wenn sie wissen wofür die Daten gebraucht werden und welcher Vorteil für sie entsteht. Zum anderen wurden drei weitere Variablen berechnet, die diesen Wert für Stadt, Unternehmen und Verkehrsverbund angeben.

Bei der Anwendung des Einstichproben t-Tests zeigt sich, dass sich der Mittelwert 3,619 (Standardabweichung = 0,801) signifikant unterscheidet im Vergleich zum Mittelwert der Likert-Skala (t_{128}=8,778, $p < 0{,}001$). Nutzer sind also bereit ihre Daten abzugeben, wenn sie einen Vorteil für sich erkennen.

Hypothese 4

Hypothese 4 („Smartphone-Nutzer würden aktiv dabei helfen die Funktionen einer Mobilitätsplattform zu verbessern, indem sie besondere Vorkommnisse melden“) wird ebenfalls durch den Einstichproben t-Test getestet. Mittelwert der berechneten Variable „Aktive Mitarbeit“ ist 2,757 und das Ergebnis des t-Tests ist t_{128}=-2,597, p=0,010. Somit unterscheidet sich auch hier der Wert signifikant im Vergleich zu 3, dem Mittelwert der Skala. Durch den berechneten Mittelwert von 2,757 bedeutet dies jedoch, dass die Nutzer eher nicht bereit sind ihre Daten aktiv an die Mobilitätsplattform abzugeben.

Auswirkung des Alters, des Geschlechts und des IT-Hintergrunds auf die getesteten Hypothesen 1-4

Für die Hypothesen 1-4 wurde zusätzlich die Auswirkung des Alters, des Geschlechts und des IT-Hintergrunds (technisches Hintergrundwissen und technische Fähigkeiten) untersucht. Dazu wurde jeweils der t-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt (Bühner 2009).

Zuerst wurde die Stichprobe nach Alter in zwei Gruppen aufgeteilt: Teilnehmer, die jünger als 25 sind sowie Teilnehmer die 25 und älter sind. Die Ergebnisse aller vier Hypothesen zeigen, dass es bei keiner einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Altersgruppen gibt. D.h. das Bewusstsein für die Datensammlung und deren Verwendung (Hypothese 1, t_{127}=-0,488, p=0,626) und die Datenschutzbedenken der beiden Altersgruppen (Hypothese 2, $t_{124,046}$=-0,854, p=0,395) unterscheiden sich nicht. Auch die Bereitschaft die Daten weiterzugeben, wenn der Vorteil für den Nutzer ersichtlich ist (Hypothese 3, t_{127}=-0,712, p=0,478) und die Bereitschaft der Nutzer, aktive unerwartete Vorkommnissen zu melden (Hypothese 4, t_{127}=-0,221, p=0,825), ist nicht vom Alter abhängig.

Um herauszufinden, ob das Geschlecht eine Auswirkung auf die Hypothesen hat, wurden dieselben Berechnungen auch nach der Aufteilung in weibliche und männliche Teilnehmer durchgeführt. Für die Hypothese 1 (Bewusstsein für die Datensammlung und die Verwendung der persönlichen Daten) und die Hypothese 2 (Datenschutzbedenken der Nutzer) wurde die Nullhypothese jeweils beibehalten und kein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern festgestellt. (H1: t_{127}=-0,548, p=0,584; H2: t_{127}=-0,332, p=0,740). Für die Hypothesen 3 („Nutzer sind bereit ihre personenbezogenen Daten weiterzugeben, wenn sie ihren Vorteil sehen“) und Hypothese 4 („Nutzer sind bereit, besondere Vorkommnisse der Plattform aktiv zu melden“) zeigt sich jedoch, dass männliche Smartphone-Nutzer eher bereit sind ihre Daten an Plattformen weiterzugeben (H3: t_{127}=-1,989, p=0,049; H4: t_{127}=-3,073, p=0,003). Für die Hypothese 3 ist der Mittelwert der männlichen Befragten um 0,278 höher als der der weiblichen Umfrageteilnehmer. Für Hypothese 4 ist der Mittelwert um 0.558 höher.

Als letztes wurde untersucht, ob technisches Hintergrundwissen oder Fähigkeiten einen Einfluss auf die Ergebnisse der Hypothesen haben. Dazu wurde die Stichprobe nach dem IT-Hintergrund aufgeteilt. Das Ergebnis zeigt hier, dass es keinen signifikanten Unterschied macht, ob die Nutzer technisches Fachwissen haben oder nicht (H1: $t_{105,581}$=0,183, p=0,855; H2: t_{127}=-0,984, p=0,327, H4: t_{127}=0,509, p=0,612, H4: t_{127}=0,904, p=0,368).

Tabelle 12-4. Deskriptive Statistik der Stichprobe aufgeteilt nach Altersgruppe, Geschlecht und IT-Hintergrund.

Hypothese	Gruppe	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler
H1: Smartphone-Nutzern ist bewusst, dass Unternehmen Daten sammeln und diese für andere Zwecke genutzt werden.	< 25	59	3,9915	0,63985	0,08330
	≥ 25	70	4,0500	0,70787	0,08461
	Weiblich	69	3,9928	0,76453	0,09204
	Männlich	60	4,0583	0,56066	0,07238
	IT-Hintergrund	40	4,0375	0,51125	0,08084
	Kein IT-Hintergrund	89	4,0169	0,74028	0,07847
H2: Smartphone-Nutzer sorgen sich um ihre Daten, wenn sie Mobilitätsplattformen nutzen.	< 25	59	3,8432	0,57591	0,07498
	≥ 25	70	3,7393	0,80159	0,09581
	Weiblich	69	3,8062	0,68985	0,08305
	Männlich	60	3,7646	0,73072	0,09434
	IT-Hintergrund	40	3,8781	0,68377	0,10811
	Kein IT-Hintergrund	89	3,7458	0,71670	0,07597
H3: Smartphone-Nutzer sorgen sich um ihre Daten, wenn sie Mobilitätsplattformen nutzen.	< 25	59	3,5640	0,79619	0,10365
	≥ 25	70	3,6650	0,80720	0,09648
	Weiblich	69	3,4895	0,81353	0,09794
	Männlich	60	3,7675	0,76544	0,09882
	IT-Hintergrund	40	3,6725	0,75674	0,11965
	Kein IT-Hintergrund	89	3,5947	0,82263	0,08720
H4: Smartphone-Nutzer würden aktiv dabei helfen die Funktionen einer Mobilitätsplattform zu verbessern, indem sie besondere Vorkommnisse melden.	< 25	59	2,7345	1,08769	0,14160
	≥ 25	70	2,7762	1,04754	0,12520
	Weiblich	69	2,4976	0,96444	0,11610
	Männlich	60	3,0556	1,09814	0,14177
	IT-Hintergrund	40	2,8833	1,11081	0,17563
	Kein IT-Hintergrund	89	2,7004	1,04089	0,11033

Hypothese 5

Um Hypothese 5 („Smartphone-Nutzer haben beim Thema Datensicherheit größeres Vertrauen in Städte und Verkehrsverbunde, als in Unternehmen“) zu testen, werden die beiden Variablen „Vertrauen Stadt“ und „Vertrauen Verkehrsverbund“ zusammengefasst. Diese beiden Variablen zeigen zum einen keinen signifikanten Unterschied der Mittelwerte (t_{128}=-1,606 p=0,111): Mittelwert der Variable „Vertrauen Stadt“ ist 3,205 und die Variable „Vertrauen Verkehrsverbund“ hat den Mittelwert 3,364. Zum anderen ist in Deutschland der Verkehrsverbund ein Teil der Stadt. Berechnet man aus diesen beiden Variablen einen neuen Wert und vergleicht diesen mit dem Mittelwert der Variable „Vertrauen Unternehmen“ (2,419), so zeigt sich, dass die Nullhypothese verworfen werden kann und es einen signifikanten Unterschied zwischen dem Vertrauen der Nutzer in die Städte und deren ÖPNV und den Unternehmen als Anbieter von Mobilitätsplattformen gibt (t_{128}=11,198, p<0,001).

Hypothese 6

Die letzte Hypothese („Nutzer sorgen sich um die Datensicherheit, dennoch teilen sie bei der Nutzung von Mobilitätsservices sensible Daten, wie z.B. ihren aktuellen Standort“) vergleich den Mittelwert aus Hypothese 2, der die allgemeinen Datenschutzbedenken der Nutzer untersucht, mit den Ergebnissen aus den szenario-basierten Items zum Verhalten bei der Nutzung von Mobilitätsplattformen. Der Mittelwert der Variable „Nutzungsverhalten Plattform“ beträgt 3,686 und zeigt, dass die Nutzer ihre Daten den Mobilitätsplattformen weitergeben. Die beiden Variablen haben eine schwache negative Korrelation (-0,313) mit einer Signifikanz von $p<0{,}001$, d.h. wenn die Sicherheitsbedenken höher sind, geben die Nutzer auch weniger Daten an den Anbieter der Plattform weiter. Das Ergebnis des F-tests ist signifikant ($F_{13,775}=6{,}254$, $p<0{,}001$) und zeigt, dass dieses Modell die Sicherheitsbedenken der Nutzer aufgrund der Nutzung der Mobilitätsplattform vorhersagt.

Um zu testen, ob die persönlichen Sicherheitsbedenken das Nutzungsverhalten beeinflussen, wird eine ANOVA Analyse durchgeführt. Das Ergebnis dieser Analyse zeigt, dass die Nullhypothese verworfen werden kann und ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Mittelwerten besteht ($F_{19,109}=1{,}879$, $p=0{,}023$).

12.2.3 Diskussion der Ergebnisse

Bewusstsein der Datensammlung und Datenschutzbedenken

Die Umfrage hat insgesamt eine regelmäßige Nutzung von Mobilitätsplattformen durch deutsche Smartphone-Nutzer festgestellt und gleichzeitig herausgefunden, dass den Teilnehmern dabei bewusst ist, dass Daten gesammelt und für andere Zwecke genutzt werden (Hypothese 1). Zwischen den Geschlechtergruppen (weiblich, männlich) gibt es keinen signifikanten Unterschied und auch bei der Teilung der Stichprobe nach Alter in 25 Jahre und jünger, sowie älter als 25 Jahre, und nach IT-Hintergrundwissen wurden nur marginale Unterschiede zwischen den Gruppen in Bezug auf dieses Bewusstsein der Datensammlung identifiziert. Daraus ist zu erkennen, dass Smartphone-Nutzer wissen, dass bei der Nutzung von Mobilitätsplattformen Daten gespeichert werden. Trotzdem haben 70 % der Umfrageteilnehmer nicht das Gefühl, dass sie die Kontrolle über ihre persönlichen Daten haben, die sie mit den Anbietern der Plattformen teilen (Lang et al. 2018).

Malhotra et al. (2004) beschreibt, dass die Sicherheitsbedenken bei der Internetnutzung von drei Dimensionen abhängig sind: der Sammlung, Kontrolle und dem Bewusstsein. Insbesondere das Bewusstsein und die Kontrolle über die Sammlung von personenbezogener Daten sei für die Internetnutzer wichtig. Der identifizierte Kontrollverlust hat somit Auswirkungen auf die Datenschutzbedenken der Nutzer. Diese Folgerung ist konsistent mit den Ergebnissen aus Hypothese 2, welche die allgemeinen Bedenken der deutschen Smartphone-Nutzer in Bezug auf die Datensicherheit zeigen. Diese Datenschutzbedenken wurden bereits von wissenschaftlichen Studien aufgezeigt. Graeff und Harmon (2002) haben die Besorgnisse von Kunden beim

Kaufverhalten in Bezug auf die Sicherheit von persönlichen Informationen untersucht und dabei herausgefunden, dass die Kunden sich insbesondere um die Datensammlung und die weitere Nutzung dieser Daten sorgen. Daher sollten Kaufhäusern die Daten ihrer Kunden nicht weiterverkaufen dürfen und der Staat sollte regulieren, für was diese Daten genutzt werden dürfen. Außerdem sollten die Kunden informiert werden, wozu die Daten über ihr Kaufverhalten verwendet werden.

Auch bei den Umfrage-Ergebnissen zu den Datenschutzbedenken spielt Geschlecht, Alter und IT-Kenntnisstand des Umfrageteilnehmers keine Rolle. Hier ist es jedoch bemerkenswert, dass sich das Ergebnis der Teilnehmer mit IT-Hintergrund, trotz technischem Hintergrundwissen und technischen Fähigkeiten, nicht von den anderen Befragten unterscheidet. Das zeigt insbesondere, dass die Anbieter von Mobilitätsplattformen nur unzureichend Informationen über die Datensammlung, deren Grund und Zweck bereitstellen, sodass sich auch Menschen mit IT-Knowhow um den Schutz ihrer Daten sorgen.

Unterschiede zwischen Stadt, Unternehmen und Verkehrsverbund als Datensammler

Mobilitätsdaten werden von Städten, Unternehmen und Verkehrsverbunden gesammelt und gespeichert. Jeder dieser Akteure hat jeweils andere Gründe und Ziele, die er mit der Sammlung von Mobilitätsdaten verfolgt. Zum einen kann das die reine Bereitstellung von Informationen sein, zum anderen kann der Datensammler durch den Verkauf der Daten Geld verdient werden. In Deutschland ist der öffentliche Nahverkehr gesetzlich geregelt und gilt als Grundversorgung. Nach dem Personenbeförderungsgesetz sind die jeweiligen Behörden der Bundesländer und Kommunen dafür verantwortlich, dass der ÖPNV für jeden Bürger „ausreichend“ zur Verfügung steht (Personenbeförderungsgesetz (PBefG) 2017 §8, Abs. 3 PBefG). Dies bedeutet, dass für Verkehrsverbunde striktere Regelungen zur Datensicherheit gelten und die Verbunde eine andere Stellung in der Bevölkerung haben als Unternehmen, die sich meist über ihre Mobilitätsplattform finanzieren. Da der ÖPNV als Teil einer Stadt oder Gemeinde betrachtet werden kann und zusätzlich das Vertrauen der Umfrageteilnehmer in die beiden Akteure in Bezug auf die Datensicherheit fast gleich groß gewesen ist, wurden bei der Auswertung der Umfrage die beiden Akteure Stadt und Verkehrsverbund zusammengefasst.

Der Vergleich mit dem Akteur Unternehmen in Bezug auf das Vertrauen bei der Datensammlung und -nutzung (Hypothese 5) zeigte einen signifikanten Unterschied: das Vertrauen in die Städte und Verkehrsverbunde ist höher als in kommerzielle Anbieter von Mobilitätsplattformen (Lang et al. 2017). Dies könnte zum einen damit zusammenhängen, dass Städte und Verkehrsverbunde keinen Profit mit Mobilitätsdaten machen müssen, während Unternehmen davon abhängig sind. Gleichzeitig haben insbesondere Städte bereits sehr viele personenbezogene Daten der Einwohner und es ist für den Nutzer ersichtlich, wer die Daten sammelt. Deutschland hat außerdem im Vergleich zu China und den Vereinigten Staaten von Amerika ein striktes Datenschutzgesetz, das von der Europäischen Union stark beeinflusst wird (Wu

2014). Trotzdem zeigt die Bewertung der Aussage „Meiner Meinung nach schützt die Bundesrepublik Deutschland meine Daten mit einem angemessenen Datenschutzgesetz.“, dass nur 27,1 % der Befragten dieser zustimmen. Entweder haben sich die Teilnehmer bisher noch nicht mit dem deutschen Datenschutzgesetz beschäftigt und kennen den Inhalt des deutschen Datenschutzgesetzes nicht. Dies würde daher bedeutet, dass klarer kommuniziert werden müsste, wie Deutschland den Datenschutz im Internet sicherstellt. In Deutschland ist bspw. „die Erhebung, Verarbeitung und Nutzung personenbezogener Daten nur zulässig, soweit dieses Gesetz oder eine andere Rechtsvorschrift dies erlaubt oder anordnet oder der Betroffene eingewilligt hat“ (Bundesdatenschutzgesetz (BDSG) 2017 §4, Abs. 1 BDSG). Andererseits könnten dies auf ein Verlangen nach strikteren Regelungen durch den Staat Deutschland für die Sammlung und Verwendung von Mobilitätsdaten sein.

Das Vertrauens in Mobilitätsplattformen ist ein wichtiger Faktor, der die Bereitschaft der Nutzer beeinflusst, wenn es um die freiwillige Weitergabe persönlicher Daten geht, um die Funktionalitäten und Services der Plattformen zu verbessern. Je höher das Vertrauen, desto eher sind die Nutzer bereit ihre Daten weiterzugeben. Hypothese 3 hat untersucht, ob Nutzer ihre persönlichen Daten freiwillig mit dem Unternehmen teilen, wenn der Mobilitätsplattform-Anbieter die Vorteile, die sich für den Nutzer durch die Datensammlung ergeben, kommuniziert. Die Auswertung zeigt, dass fast 60 % der Nutzer bereit sind, ihre Daten abzugeben, wenn sie einen eigenen Vorteil sehen. Dies bedeutet, dass Anbieter von Mobilitätsplattformen den Nutzen der Datensammlung ihren Benutzern aufzeigen müssen. Außerdem sind transparente Datenschutzrichtlinien der Mobilitätsplattform essentiell, sodass die Nutzer informiert sind welche Daten gesammelt und wie diese genutzt werden. Dies wurde auch innerhalb des Fragebogens bestätigt, bei dem die Teilnehmer fehlende Transparenz der Unternehmen bemängelt haben.

Sicherheitsbedenken vs. Wunsch nach aktuellsten Verkehrsinformation

Bisher werden Mobilitätsdaten meist durch GPS-Sensoren in Fahrzeugen und Smartphones, der Installation von Sensoren oder Kameras in Städten und der Analyse des Nutzungsverhaltens von Apps gesammelt. Da die technische Entwicklung bisher noch nicht weit genug fortgeschritten ist, um auch Informationen über freie Parkplätze, Polizeikontrollen oder Änderungen in der Verkehrsführung automatisch zu sammeln, ist information crowdsourcing eine effektive Methode, um diese fehlenden Daten zu erheben. Die Navigationsapp „Waze“, die Echtzeitdaten von Smartphones als GPS-Sensor und Verkehrsmeldungen durch ihre Nutzer sammelt, und die Plattform „Mängelmelder“, die Anträge zu Bürgeranliegen aufnimmt und den jeweiligen Kommunen weitergibt, nutzen bereits information crowdsourcing. Auch in Katastrophengebieten ist dies eine hilfreiche Methode, um geographische Daten und Fotos zu erhalten, um bspw. das Notfall-Management zu unterstützen (Goodchild und Glennon 2010).

Für Mobilitätsplattformen stellt diese Methode die Chance dar, aktuelle Verkehrsinformationen, neu angelegte Straßen oder Änderungen in der Verkehrsführung von Nutzern gemeldet

zu bekommen. Hypothese 4 hat daher getestet, ob Nutzer bereit sind, solche aktuellen Informationen einer Mobilitätsplattform aktiv zu melden. Das Ergebnis zeigt, dass nur 33 % der männlichen und nur 19 % der weiblichen Umfrageteilnehmer bereit sind diese Daten mitzuteilen. Dies könnte zum einen an den Sicherheitsbedenken der Nutzer liegen oder aber auch daran, dass die Informationsweitergabe einen Mehraufwand für den Nutzer bedeutet. Nichtsdestotrotz möchten Nutzer immer die neusten Verkehrsmeldungen, Zeitplanänderungen des ÖPNV und die vorgefallenen Unfälle erhalten. Mobilitätsplattformen sollten daher Anreize für die Nutzer stellen, um diese zur Informationsweitergabe zu motivieren und die Meldung einfacher und schneller gestalten. Zusätzlich sollte den Nutzern ersichtlich gemacht werden, dass diese Informationen nur bereitgestellt werden können, wenn jemand diese Daten freiwillig zur Verfügung stellt.

Privacy Paradox

Hypothese 2 hat die Datenschutzbedenken der User bei der Nutzung von Mobilitätsplattformen festgestellt. Vergleicht man dieses Resultat jedoch mit den Verhaltensweisen, die durch die szenario-basierten Fragen untersucht wurden, bekommt man ein kontroverses Ergebnis. Trotz den Bedenken bei der Datensicherheit, teilen User sensible Daten mit Mobilitätsplattformen und lassen die Applikationen auf ihren aktuellen Standort zugreifen, um Echtzeit-Informationen und andere Informationen über ihrer Umgebung, wie bspw. die nächstgelegene Bushaltestelle, zu bekommen. Sich um die eigene Privatsphäre zu sorgen und daher wenig Daten mit den Plattformen teilen zu wollen, aber trotzdem die aktuellsten Informationen zu Verspätungen und besonderen Vorkommnissen erhalten zu wollen, steht im Widerspruch, welches auch als Privacy Paradox bekannt ist (Barnes 2006; Norberg et al. 2007). Zwar geben die Nutzer, die höhere Sicherheitsbedenken geäußert haben, weniger persönliche Daten preis, dennoch dürfen auch bei diesen Nutzern die Mobilitätsplattformen auf den aktuellen Standort zugreifen.

Viele Wissenschaftler haben das Privacy Paradox in Bezug auf soziale Netzwerke untersucht, jedoch wurde keine Studie gefunden, die die Datenschutzbedenken der Nutzer im Mobilitätskontext analysiert. Acquisti und Gross (2006) hat herausgefunden, dass auch die Studenten, die sehr besorgt um ihre Privatsphäre sind, Facebook aktiv nutzen und eine signifikante Gegensätzlichkeit zwischen den eigenen Sicherheitsbedenken und der Datenoffenheit bei der Nutzung von Facebook besteht. Debatin et al. (2009) und Taddicken (2014) haben diese Diskrepanz zwischen der geäußerten Einstellung zur Privatsphäre und dem Verhalten auf sozialen Netzwerken ebenfalls festgestellt und das Privacy Paradox durch das fehlende Bewusstsein der Datensammlung und deren Weiterverwendung, sowie das fehlende Know-how der Nutzer, wie persönliche Daten geschützt werden können begründet. Ein weiterer Grund ist für die Autoren die Gleichgültigkeit der User gegenüber der Behandlung der eigenen persönlichen Daten.

Der Unterschied der Ergebnisse zwischen den allgemeinen und den szenariobasierten Fragen zeigt, dass diese zwei verschiedenen Fragetypen notwendig sind, um ein zuverlässiges Ergebnis zu erhalten und das Nutzungsverhalten bei Mobilitätsplattformen zu analysieren.

Limitierung der Umfrage

Die Auswertung der Umfrage hat fünf der sechs angenommenen Hypothesen bestätigt und einen Einblick in die Datenschutzbedenken der deutschen Smartphone-Nutzer gegeben. Jedoch hat diese Studie auch Limitationen. Zum einen war die Dauer der Umfrage-Durchführung nur zwei Wochen, dennoch gab es 129 Teilnehmer, die die Umfrage vollständig ausgefüllt haben. Zum anderen ist der Altersdurchschnitt der Teilnehmer jung, über die Hälfte sind jünger als 35 Jahre. Zusätzlich war die deutsche Staatsbürgerschaft Voraussetzung für die Teilnahme an der Studie. Zukünftige Studien sollten eine größere und vielfältigere Stichprobe in Bezug auf das Alter und die Herkunft der Teilnehmer erzielen, um die Ergebnisse zu validieren und einen detaillierteren Vergleich zwischen den Altersgruppen durchzuführen. Außerdem kann so untersucht werden, ob das Alter und die Herkunft einen Einfluss auf die Datenschutzbedenken hat.

Wären zusätzlich Informationen zum Wohnort der Teilnehmer verfügbar, könnten die Ergebnisse der Einwohner der Städte und der auf dem Land lebenden Menschen verglichen werden, um dadurch die Transportgewohnheiten der Menschen und insbesondere deren Anforderungen an die jeweiligen Verkehrsmittel zu untersuchen.

12.3 Anwendung der Privacy-by-Design-Prinzipien bei der Entwicklung von Mobilitätsplattformen

Die durchgeführte Umfrage hat signifikante Datenschutzbedenken der Nutzer bei der Benutzung von Mobilitätsplattformen festgestellt (siehe Kapitel 12.2). Diese Umfrage-Ergebnisse dienen als Grundlage für die Erarbeitung einer Gestaltungsempfehlung für die Anwendung der Privacy-by-Design- Prinzipien bei der Entwicklung von Mobilitätsplattformen. Im Folgenden werden zuerst die Privacy-by-Design- Prinzipien beschrieben (Kapitel 12.3.1), bevor eine Gestaltungsempfehlung für Mobilitätsplattformen in Kapitel 12.3.2 erläutert wird.

12.3.1 Die 7 Privacy-by-Design-Prinzipien

Das Privacy-by-Design-Konzept wurde in den 1990er Jahren von Ann Cavoukian entwickelt und stellt für Softwareprojekte ein universelles Framework zum Schutz der Datensicherheit dar. Dabei wird die Sicherheit der Daten vom Start des Entwicklungsprozesses einer Software den ganzen Lebenszyklus durchgehend beachtet (Cavoukian 2013). Dieses Konzept kann für alle Typen von Informationstechnologien angewendet werden mit dem Ziel, die Menge an persönlichen Daten, die verarbeitet werden, möglichst gering zu halten (Schaar 2010). Cavoukian (2013) liefert dafür sieben grundlegende Prinzipien, die die Datentypen, Datenspeicherorte und Zugriffsgruppen beschreiben.

Im Folgenden werden die sieben Privacy-by-Design-Prinzipien erläutert:

1) Proaktiv, nicht reaktiv; als Vorbeugung und nicht als Abhilfe

Ziel ist es, mögliche Datenschutz-Probleme präventiv zu behandeln, anstatt sie im Nachhinein zu beseitigen.

2) Datenschutz als Standardeinstellung („Privacy by Default“)

Persönliche Daten sollten automatisch mit der höchsten Sicherheit behandelt werden, ohne dass der Nutzer die Einstellung individuell verändern muss. Das bedeutet, dass der Schutz der Daten eine Standardeinstellung in jedem IT-System und jeder Geschäftspraxis sein muss.

3) Datenschutz ist in das Design eingebettet

Datenschutz sollte eine essentielle Komponente in der Hauptfunktionalität der Software sein und bereits im Design und der Architektur des IT-Systems eingebaut werden, anstatt in Form eines sog. Add-ons, welches als extra Feature in das System nachträglich eingebaut wird (The Tech Terms Computer Dictionary 2008).

4) Volle Funktionalität – eine Positivsumme, keine Nullsumme

Durch Priacy-by-Design sollten alle Interessen und Ziele der jeweiligen Stakeholder berücksichtigt werden, um deren Anforderungen an die Software gerecht zu werden. Gleichzeitig sollte keiner der Stakeholder Kompromisse eingehen müssen und Datenschutz sollte keine negativen Einflüsse auf die Einstellungen des Systems haben (Aad und Niemi 2012).

5) Durchgängige Sicherheit – Schutz während des gesamten Lebenszyklus

Die gesammelten Daten und Informationen sollten in einem ganzheitlichen Lebenszyklus, der die Privatsphäre bewahrt, verarbeitet werden. Das heißt, Privacy-by-Design ist bereits vor der Sammlung des ersten Datenelements in das System einzubauen. Am Ende des Datenprozesses müssen die jeweiligen Daten wieder gelöscht werden.

6) Sicherheit und Transparenz

Durch Privacy-by-Design soll sichergestellt werden, dass alle Stakeholders nach den untereinander abgesprochenen Vereinbarungen und Zielsetzungen arbeiten. Die Systemarchitektur und die Operationen sind dabei transparent und sichtbar für die (End-)Nutzer und die Anbieter.

7) Wahrung der Privatsphäre der Nutzer

Trotz der strengen Richtlinien bezüglich des Datenschutzes bei der Anwendung von Privacy-by-Design, sollte die Software benutzerfreundlich sein. Daher sollte das System nach den Interessen und den Bedürfnissen der Nutzer gestaltet werden. Persönliche Daten sollten richtig, vollständig und aktuell sein und Kunden sollten außerdem Zugriff auf ihre persönlichen Informationen haben und informiert werden, wenn diese genutzt oder weitergegeben werden (Cavoukian 2010). Dies gilt nicht nur für den Betreiber der Mobilitätsplattform, sondern auch für Drittentwickler, die auf der Plattform Dienste anbieten. Durch Kontrollmechanismen des

Plattformbetreibers muss sichergestellt werden, dass die Privatsphäre auch von Drittentwicklern gewahrt wird (Wiesche et al. 2013; Wiesche et al. 2011).

Nach Kung et al. (2011) beinhalten diese sieben Privacy-by-Design-Prinzipien drei Schwerpunkte, die einen Einfluss auf die Systemarchitektur haben: die Minimierung an Daten, die Umsetzung der Datensicherheit und die Datentransparenz. Innerhalb der Entwicklungsphase sollte erstens das Sammeln von persönlichen Daten auf ein Minimum reduziert werden. Dazu ist zu evaluieren, ob die Daten, die gesammelt werden sollen, zwingend notwendig sind. Zweitens soll die Datensicherheit sichergestellt werden, um das Risiko, den Datenverlust und den unberechtigten Zugang zu persönlichen Daten zu verringern, was in der Implementierungsphase bspw. durch Zugriffskontrollen erreicht werden kann. Drittens soll durch Transparenz garantiert werden, dass Nutzer Informationen über die gesammelten persönlichen Daten und die Hauptgründe der Sammlung bekommen können (Kung et al. 2011).

Da die Privacy-by-Design-Prinzipien keinen strikten Anwendungsprozess vorgeben und daher Raum für Innovationen und individuelle Anpassungen gegeben ist, müssen Industrie und Verbraucher zusammenarbeiten (Van Rest et al. 2014). Bei Mobilitätsplattformen sind das der Anbieter und der Nutzer. Dieses offene Konzept von Cavoukian (2010) hat jedoch auch Nachteile, da die Definition und Implementierung von Privacy-by-Design je nach Unternehmen und Anwendungszweck stark variieren kann und Kommunikation und Transparenz erfordert. Gürses et al. (2011) haben diese Herausforderungen bestätigt und kritisieren sowohl die ungenaue Beschreibung der einzelnen Privacy-by-Design-Prinzipien, also auch das Fehlen von Informationen, wie diese Prinzipien während der Entwicklung eines IT-Systems angewendet werden können. Auch Monreale et al. (2014) argumentieren, dass in vielen Anwendungsfeldern die Methodiken, wie Privacy-by-Design angewendet werden soll, nicht vollständig formuliert sind und keine Beispiele, wie das gewünschte Ergebnis erreicht werden kann, vorhanden sind. Jedoch sei der Kompromiss zwischen Datenschutz und Datenqualität immer das Hauptziel bei der Entwicklung von IT-Systemen, die einen Schwerpunkt auf die Datensicherheit legt.

Trotz der Kritik am Privacy-by-Design-Konzept, sehen aber alle Autoren die Prinzipien als wichtigen Ansatz, um IT-Systeme zu entwickeln, die die gesammelten Daten über die Nutzer schützen.

12.3.2 Gestaltungsempfehlung für Mobilitätsplattformen

Privacy-by-Design ist ein Konzept, welches die Datensicherheit in einer Software gewährleisten soll (siehe Kapitel 12.3.1). Die sieben Prinzipien sind aufgrund ihrer Interpretationsfreiheit in ihrer Umsetzung zwar herausfordernd, dafür jedoch im Bereich der Softwareentwicklung universell einsetzbar. Tabelle 12-5 beschreibt, wie die Privacy-by-Design- Prinzipien bei der Entwicklung von Mobilitätsplattformen angewendet werden können.

Tabelle 12-5. Anwendungsempfehlung für Privacy-by-Design- Prinzipien bei Mobilitätsplattformen.

Nr.	Prinzip	Empfehlung für Mobilitätsplattformen
1	**Proaktiv, nicht reaktiv; als Vorbeugung und nicht als Abhilfe**	Die Sicherheit der Mobilitätsplattform muss bereits zu Beginn des Entwicklungsprozesses im System integriert werden, um eine sichere Datennutzung bei der Weiterverarbeitung der Daten sicherzustellen, sowie Sicherheitslücken, Schwachstellen und andere Angriffe auf das System vor dem Auftreten zu identifizieren (Steuer et al. 2016). Dies erfordert zum einen, die Kommunikation der Zielsetzung des Sammelns und der Nutzung der Daten, bevor die jeweiligen Daten gesammelt werden. So kann im Vorhinein schon die Entscheidung getroffen werden, welche notwendigen Daten erhoben werden sollten und somit die Datensammlung minimiert werden. Zum anderen müssen Maßnahmen zur Anonymisierung von personenbezogene Daten implementiert werden, um eine eindeutige Zuordnung zu einer Person zu verhindern. (Cavoukian und Jonas 2012).
2	**Datenschutz als Standardeinstellung („Privacy by Default“)**	Da Mobilitätsplattformen für einige Funktionen auf die Standortdaten ihrer Nutzer angewiesen sind, sollte direkt vor der Benutzung der Plattform die Einverständniserklärung zum Standortzugriff vom Nutzer eingefordert werden. Bei der Sammlung von zusätzlichen Daten der Nutzer, um die Funktionalitäten der Plattform zu erweitern und zu verbessern, sollte entsprechend vorgegangen werden. Dabei müssen zudem die Ziele und Vorteile der Datensammlung aufgezeigt werden, wie nachfolgend in Richtlinie 6 beschrieben. Sollten Nutzer der Zugriffserlaubnis nicht zustimmen, könnte die jeweilige Funktion für den User deaktiviert werden. Allgemein müssen alle personenbezogenen Daten ausreichend geschützt werden und bei jeder Übermittlung verschlüsselt sein (Cavoukian und Jonas 2012).
3	**Datenschutz ist in das Design eingebettet**	Bei der Implementierung einer Mobilitätsplattform sollte die Sicherheit schon in der Designphase der Softwareentwicklung eingebaut werden und verschiedene Methoden zur Wahrung der Datensicherheit innerhalb des Entwicklungsteams diskutiert und evaluiert werden. Zusätzlich muss darauf geachtet werden, dass die gesamte Architektur die Datensicherheit gewährleistet.
4	**Volle Funktionalität – eine Positivsumme, keine Nullsumme**	Ziel ist es, die volle Funktionalität zu erreichen, sodass alle Interessen der Stakeholder (Nutzer oder Anbieter der Plattform) respektiert und implementiert werden und die Datensicherheit ohne Funktionalitätsverlust sichergestellt ist (Cavoukian und Jonas 2012). Die Nutzer möchten dabei so wenig personenbezogene Daten wie möglich mit der Plattform teilen, aber dennoch aktuelle Informationen über Verkehrslage und Abfahrtszeiten bekommen. Die Plattform-Anbieters dagegen sind an der Datensammlung interessiert, um möglichst viele Funktionen anzubieten, diese weiterzuentwickeln und zu verbessern. Daher sollte die Mobilitätsplattform die Datenschutzbedenken der Nutzer beachten, die gesammelten Daten verantwortungsbewusst behandeln und die Analysen mit anonymisierten Daten durchführen, um das Vertrauen der Nutzer sicherzustellen.
5	**Durchgängige Sicherheit – Schutz während des gesamten Lebenszyklus**	Die Datensicherheit wird innerhalb des gesamten Lebenszyklus vorausgesetzt – von der ersten Dateneingabe in der Mobilitätsplattform durch den Nutzer (z.B. den Startpunkt der Fahrt), über das Speichern und Analysieren der Daten, bis zum vollständigen Löschen der personenbezogenen Daten (Cavoukian 2011). Sollten Nutzer einen User-Account haben, um Fahrten zu planen und zu buchen, müssen mit dem Löschen des Accounts auch die jeweiligen Daten aus der Datenbank gelöscht werden.

Tabelle 12-5. Anwendungsempfehlung für Privacy-by-Design-Richtlinien bei Mobilitätsplattformen (Fortsetzung).

Nr.	Prinzip	Empfehlung für Mobilitätsplattformen
6	**Sicherheit und Transparenz**	Um als Mobilitätsplattform das Vertrauen der Nutzer zu erhöhen, muss informiert werden, welche Daten gesammelt werden, wofür diese genutzt werden und welche Vorteile sich dabei für den Nutzer ergeben. Daher sollten die Datenschutzrichtlinien den Prozess der Datensammlung und der Datennutzung transparent und detailliert beschreiben. Zusätzlich könnte verantwortungsbewusstes Datenmanagement als Werbung genutzt werden, um durch Videos oder Blogeinträge die Nutzer aufzuklären und dabei den Nutzen und die Möglichkeiten der Datensammlung aufzuzeigen.
7	**Wahrung der Privatsphäre der Nutzer**	Mobilitätsplattformen sollten die Datenschutzbedenken der Nutzer berücksichtigen und den daraus resultierenden Sicherheits-Anforderungen an die Plattform gerecht werden. Außerdem ist es wichtig, dass die Plattform nutzerfreundlich ist, die Bedürfnisse der User erfüllt und daher alle notwendigen Funktionalitäten einer Mobilitätsplattform bereitstellt. Das bedeutet, dass zum einen eine Beschreibung vorhanden sein sollte, wie die Privatsphäreneinstellungen angepasst werden können. Zum anderen sollten die Nutzer die Möglichkeit haben, die Datensammlung zu deaktivieren, was jedoch gleichzeitig ein Verlust an Funktionalitäten implizieren könnte.

Zusätzlich zu den sieben allgemeinen Prinzipien des Privacy-by-Design-Konzepts haben Cavoukian und Jonas (2012) sieben zusätzliche Eigenschaften entwickelt, die die Erfüllung der Sicherheitsanforderungen im Zeitalter von Big Data unterstützen. Diese Erweiterung empfiehlt, dass jeder gesammelte Dateneintrag seine Quelle und eine Transaktions-ID enthalten sollte, um diesen zurückverfolgen zu können („Full Attribution“). Außerdem sollte beim Ändern, Hinzufügen oder Löschen von Daten, jede vorhandene Kopie im System ebenfalls aktualisiert werden. Dies garantiert, dass alle Daten konsistent sind („Data Tethering“). Beim Analysieren von Daten sollten diese vor der Weitergabe anonymisiert werden („Analytics on Anonymized Data“). Bei jedem Zugriff eines Mitarbeiters auf sensible Daten sollte es möglich sein, den Vorgang des Mitarbeiters jederzeit zu prüfen, um einen Missbrauch auszuschließen („Tamper-Resistant Audit Logs“). Außerdem schützt die Implementierung einer „False Negative Favoring“-Methode vor Entscheidungen, die das Leben von Menschen negativ beeinflussen könnte. Dies könnte passieren, wenn ein einzelner Dateneintrag verschiedenen Schlussfolgerungen zulässt und das System daraufhin, ohne die anderen Folgerungen zu beachten, das am stärksten berechnete Ergebnis auswählt. Außerdem sollte das System beim Hinzufügen von neuen Daten die vorherigen Datenpunkte neu bewerten, um sicherzugehen, dass die Daten korrekt gespeichert sind. Die Umwandlung vorheriger Aussagen in Echtzeit garantiert die Aktualität der Datenpunkte und vermeidet falsche Entscheidungen („Self-Correcting False Positives“). Zuletzt muss das System bezogen auf dessen Nutzen transparent gehalten werden. Datenflüsse sollen überwacht und aufgezeichnet werden können, um Datenzugriffe und -bearbeitungen sichtbar zu machen („Information Transfer Accounting“).

Integrieren von Gamification in Mobilitätsplattformen

Das Sammeln von Standortdaten und die Analyse der App Nutzung reicht bisher nicht aus, um das Potenzial der Mobilitätsdaten voll auszuschöpfen und alle relevanten Daten für eine Mobilitätsplattform zu sammeln. Daher sind die Plattformen auf die Mitarbeit der Nutzer angewiesen, um die Funktionalitäten und Services zu verbessern und weiterzuentwickeln. Jedoch sind die meisten User nicht bereit ihre Daten freiwillig zur Verfügung zu stellen. Mobilitätsplattformen sollten deshalb für die Nutzer Anreize schaffen, um diese beispielsweise durch ein Belohnungssystem oder durch das Integrieren von spiele-ähnlichen Elementen zu motivieren, Daten aktiv an die App weiterzugeben. Diese Methode ist auch bekannt unter dem Namen Gamification (Deterding et al. 2011). Pflügler et al. (2017) haben die Anwendung von Gamification für die Datensammlung von freien Parkplätzen in Städten beschrieben und mittels eines Prototypens pilotiert. Das Ergebnis ihrer Studie zeigt, dass durch spielerische Elemente innerhalb einer Applikation die Nutzer aktiv eingebunden werden und Daten, wie Informationen über die Verfügbarkeit von freien Parkplätzen in Städten, gesammelt werden können (Pflügler et al. 2016a; Klinker et al. 2017).

Die interaktive Verkehrs- und Navigations-App „Waze“ basiert auf diesem Gamification Prinzip und verbindet information crowdsourcing mit einem Punktesystem. Durch die Zusammenarbeit der Nutzer von „Waze“ werden Verkehrs- und Straßeninformationen in Echtzeit in die App integriert. Dabei sammeln die User Punkte indem sie Verkehrsunfälle, Polizeikontrollen und mögliche Gefahren im Straßenverkehr melden und diese Daten mit dem Unternehmen teilen. Nutzer erreichen je nach Anzahl gesammelter Punkte unterschiedliche Level. So entstehen bspw. interne Rankings in Freundeskreisen und Nutzer können sich mit anderen Usern in ihrer Region vergleichen. Zusätzlich hat jeder Nutzer ein eigenes Dashboard, das als Übersicht dient und die gesammelten Punkte anzeigt, den aktuellen Ranking-Platz, die Anzahl an gemeldeten Informationen und die gefahrenen Kilometer. Außerhalb der App haben diese gesammelten Punkte jedoch keinen Wert (Waze Mobile 2017a). Trotzdem gilt „Waze“ als größte community-basierende Mobilitätsplattform mit 65 Millionen Nutzer pro Monat, was zeigt, dass echte Belohnungen nicht notwendig sind, um die Nutzer zur aktiven Mitarbeit zu motivieren (Kristen Hall-Geisler 2016).

12.4 Fazit und Ausblick

Dieses Kapitel analysierte anhand einer durchgeführten Online-Umfrage die Datenschutzbedenken der deutschen Smartphone-Nutzer bei der Benutzung von Mobilitätsplattformen. Die Ergebnisse dieser Umfrage wurden als Grundlage für eine Gestaltungsempfehlung für Mobilitätsplattformen genutzt und es wurden Empfehlungen für die Anwendung der Privacy-by-Design-Prinzipien erarbeitet.

Die Umfrage-Ergebnisse zeigen, dass den Smartphone-Nutzern zum einen bewusst ist, dass Mobilitätsplattformen Daten sammeln und diese für andere Zwecke genutzt werden. Zum anderen sorgen sich die Nutzer um den Datenschutz ihrer Mobilitätsdaten. Dennoch teilen sie bei der Nutzung dieser Plattformen ihre Standort- und Bewegungsdaten. Dieses kontroverse Verhalten ist auch als „Privacy Paradox“ bekannt. Kennen Nutzer die Gründe für die Datensammlung und ihren daraus resultierenden Vorteil, sind sie zwar bereit, ihre Daten dem Anbieter der Plattform zur Verfügung zu stellen, jedoch sind sie nicht bereit, unerwartete Vorkommnisse im Straßenverkehr aktiv zu melden. In dieser Umfrage wurde unterschieden zwischen Stadt, Unternehmen und Verkehrsverbund als Anbieter einer Mobilitätsplattform. Auffällig ist, dass das Vertrauen in die Stadt und den Verkehrsverbund als Anbieter solcher Plattformen signifikant höher ist als in ein Unternehmen.

Aus diesen Umfrage-Ergebnissen ist eine Gestaltungsempfehlung abgeleitet worden, wie Mobilitätsplattformen die Datenschutzbedenken der Nutzer adressieren sollten. Erstens, müssen die Anbieter dieser Plattformen ein transparentes Datenmanagement haben, d.h. es muss detailliert definiert werden, welche Daten gesammelt, wofür diese verwendet werden und welche Vorteile sich für den Nutzer dadurch ergeben. Dies erhöht zum einen das Vertrauen in die Plattform und zum anderen sind Nutzer dann bereit, ihre Daten freiwillig zur Verfügung zu stellen. Möchten Nutzer dennoch ihre Standort- und Bewegungsdaten nicht mit der Plattform teilen, sollte die Möglichkeit bestehen, die Datensammlung zu deaktivieren. Dies könnte jedoch eine beschränkte Funktionalität der Mobilitätsplattform für den Nutzer zur Folge haben. Zweitens müssen die Datenschutzbedenken schon während des Entwicklungsprozesses einer Mobilitätsplattform beachtet werden und die Sicherheit von personenbezogenen Daten muss innerhalb des gesamten Lebenszyklus einer Software sichergestellt sein. Drittens ist Gamification eine weitere Möglichkeit, Nutzer zu motivieren, Daten mit der Mobilitätsplattform zu teilen, die nicht durch GPS-Sensoren oder anderen automatisierten Methoden gesammelt werden können. Dies hat das Ziel, die Funktionalitäten Mobilitätsplattform zu erweitern und zu verbessern. Die Ergebnisse diese Kapitel sind über den Kontext von Mobilitätsplattform für digitale Plattformen im Allgemeinen relevant, da Datenschutz zum Beispiel im Banking (Schreieck und Wiesche 2017), in der Softwareindustrie (Schreieck et al. 2017b) oder im öffentlichen Sektor (Schreieck et al. 2017a).

Durch die immer größer werdenden Datenmengen, die bei der Nutzung von Mobilitätsplattformen und anderen Applikationen gesammelt und ausgewertet werden, ist es für die Nutzer kaum mehr möglich, die Kontrolle über die persönlichen Daten zu behalten. Es erscheint, als sei der Schutz der eigenen Daten nicht mehr möglich (Rähm 2016). Daher werden die Diskussionen über „Post-Privacy“, einer Welt ohne Datenschutz, dafür absoluter Offenheit und Transparenz, stetig lauter. Diese Offenheit würde nicht nur Nutzerdaten, sondern auch staatliche Daten betreffen (Nova Spivack 2013). Eine zukünftige Forschungsrichtung würde in diesem Zusammenhang die Auswirkungen von „Post-Privacy“ auf Mobilitätsdaten und die Mobi-

lität in Städten untersuchen. Eine mögliche Fragestellung wäre hierbei, wie Nutzer die Entwicklung des Datenschutzes bewerten und welche Möglichkeiten sich aus der daraus folgenden Transparenz für Mobilitätsplattformen ergeben (Schreieck et al. 2018). In jedem Fall ist aber zu erwarten, dass der Schutz der persönlichen Daten in Zukunft weiter diskutiert und sich die Rolle des Datenschutzes verändern wird.

12.5 Literaturverzeichnis

Aad I, Niemi V (2012) NRC Data Collection and the Privacy by Design Principles.

Acquisti A, Gross R (2006) Imagined communities: Awareness, information sharing, and privacy on the facebook. International Workshop on Privacy Enhancing Technologies.

Apple Inc. (2017) Privacy Policy. https://www.apple.com/legal/privacy/en-ww/. Abgerufen am 09.10.2017 2017.

Barnes SB (2006) A privacy paradox: Social networking in the United States. First Monday Journal 11 (9).

Bühner M (2009) Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler. München [u.a.]: Pearson Studium, München [u.a.].

Bundesdatenschutzgesetz (BDSG) (2017).

Cavoukian A (2010) Privacy by Design: The 7 Foundational Principles. Information and Privacy Commissioner of Ontario, Kanada.

Cavoukian A (2011) Privacy by design: Best practices for privacy and the smart grid, Securing Electronic Business Processes.

Cavoukian A (2013) Privacy by design and the promise of smartdata. In: Smartdata: Privacy Meets Evolutionary Robotics. S. 1-9.

Cavoukian A, Jonas J (2012) Privacy by design in the age of big data. Information and Privacy Commissioner of Ontario, Canada.

Citymapper Limited (2017) Citymapper Privacy and Cookies Policy for iOS and Android Apps and Website. https://global-api.citymapper.com/resourceproxy/privacy-policy.html. Abgerufen am 09.10.2017 2017.

Cortina JM (1993) What is coefficient alpha? An examination of theory and applications. Journal of Applied Psychology 78 (1): S. 98.

DB Vertrieb GmbH (2017) Unsere Datenschutzgrundsätze. https://www.bahn.de/m/view/de/home/agb/datenschutz.shtml. Abgerufen am 09.10.2017 2017.

Debatin B, Lovejoy JP, Horn AK, Hughes BN (2009) Facebook and online privacy: Attitudes, behaviors, and unintended consequences. Journal of Computer-Mediated Communication 15 (1): S. 83-108.

Deterding S, Dixon D, Khaled R, Nacke L (2011) From game design elements to gamefulness: defining "gamification", 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments, Tampere, Finland.

Encyclopædia Britannica Inc. (2017) Likert Scale. http://academic.eb.com.eaccess.ub.tum.de/levels/collegiate/article/Likert-scale/605393. Abgerufen am 24.08.2017.

Goodchild MF, Glennon JA (2010) Crowdsourcing geographic information for disaster response: a research frontier. International Journal of Digital Earth 3 (3): S. 231-241.

Google Inc. (2017) Privacy: We want you to understand what data we collect and use. https://privacy.google.com/intl/en/your-data.html. Abgerufen am 09.10.2017.

Graeff TR, Harmon S (2002) Collecting and using personal data: Consumers' awareness and concerns. Journal of Consumer Marketing 19 (4): S. 302-318.

Gürses S, Tronocoso C, Diaz C (2011) Engineering Privacy by Design, Fourth Conference on Computers, Privacy and Data Protection, Brussels.

Klinker K, Fries V, Wiesche M, Krcmar H (2017) CatCare: Designing a serious game to foster hand hygiene compliance in health care facilities, 12th International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology, Karlsruhe, Deutschland.

Kristen Hall-Geisler (2016) Waze and Esri make app-to-infrastructure possible. https://techcrunch.com/2016/10/11/waze-and-ezri-make-app-to-infrastructure-possible/?ncid=rss. Abgerufen am 07.11.207 2017.

Kung A, Freytag JC, Kargl F (2011) Privacy-by-design in ITS applications, 2011 IEEE International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks.

Lang M, Wiesche M, Krcmar H (2017) Conceptualization of Relational Assurance Mechanisms - A Literature Review on Relational Assurance Mechanisms, Their Antecedents and Effects, Wirtschaftsinformatik, St. Gallen.

Lang M, Wiesche M, Krcmar H (2018) Perceived Control and Privacy in a Professional Cloud Environment Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS) Big Island, Hawaii, USA.

Malhotra NK, Kim SS, Agarwal J (2004) Internet users' information privacy concerns (IUIPC): The construct, the scale, and a causal model. Information Systems Research 15 (4): S. 336-355.

Michael Lierow (2014) B2City: the next wave of urban logistics. http://www.supplychain247.com/paper/b2city_the_next_wave_of_urban_logistics. Abgerufen am 11.11.2017 2017.

Monreale A, Rinzivillo S, Pratesi F, Giannotti F, Pedreschi D (2014) Privacy-by-design in big data analytics and social mining. EPJ Data Science 3 (1): S. 1-26.

Münchner Verkehrsgesellschaft mbH (2017) Datenschutzhinweise | Website mvg.de | App "MVG Fahrinfo München". https://www.mvg.de/datenschutz.html. Abgerufen am 09.10.2017 2017.

MVV GmbH (2017) Data Protection Priniciples MVV-App. Abgerufen am 25.09.2017 2017.

Norberg PA, Horne DR, Horne DA (2007) The privacy paradox: Personal information disclosure intentions versus behaviors. Journal of Consumer Affairs 41 (1): S. 100-126.

Nova Spivack (2013) The Post-Privacy World. https://www.wired.com/insights/2013/07/the-post-privacy-world/. Abgerufen am 11.11.2017.

Personenbeförderungsgesetz (PBefG) (2017).

Pflügler C, Köhn T, Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2016a) Predicting the Availability of Parking Spaces with Publicly Available Data, INFORMATIK 2016, Klagenfurt.

Pflügler C, Schreieck M, Hernandez G, Wiesche M, Krcmar H (2016b) A concept for the architecture of an open platform for modular mobility services in the smart city. Transportation Research Procedia 19: S. 199-206.

Pflügler C, Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2017) Development and Evaluation of a Game Application for Parking Lot Identification, Intelligent Transport Systems in Theory and Practice mobil.TUM 2017, Munich, Germany.

Rähm J (2016) Wissenschaftler plädieren für einen neuen Datenschutz. http://www.deutschlandfunk.de/also-doch-post-privacy-wissenschaftler-plaedieren-fuer.684.de.html?dram:article_id=359646. Abgerufen am 11.11.2017 2017.

Schaar P (2010) Privacy by Design. Identity in the Information Society 3 (2): S. 267-274.

Schreieck M, Pflügler C, Setzke DS, Wiesche M, Krcmar H (2018) Improving Urban Transportation: an Open Platform for Digital Mobility Services. In: Linnhoff-Popien C, Schneider R, Zaddach M (Hrsg.) Digital Marketplaces Unleashed. Springer, S. 479-489.

Schreieck M, Wiesche M (2017) How established companies leverage IT platforms for value co-creation – Insights from banking, Twenty-fifth European Conference on Information Systems, Guimarães, Portugal.

Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2016) Modularization of digital services for urban transportation, Americas Conference on Information System, San Diego, USA.

Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2017a) Governing nonprofit platform ecosystems – an information platform for refugees. Information Technology for Development 23 (3): S. 618-643.

Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2017b) The Platform Owner's Challenge to Capture Value – Insights from a Business-to-Business IT Platform, International Conference on Information Systems, Seoul, Südkorea.

Steuer S, Benabbas A, Kasrin N, Nicklas D (2016) Challenges and Design Goals for an Architecture of a Privacy-preserving Smart City Lab. Datenbank-Spektrum 16 (2): S. 147-156.

Taddicken M (2014) The 'Privacy Paradox' in the Social Web: The Impact of Privacy Concerns, Individual Characteristics, and the Perceived Social Relevance on Different Forms of Self-Disclosure1. Journal of Computer-Mediated Communication 19 (2): S. 248-273.

Tavakol M, Dennick R (2011) Making sense of Cronbach's alpha. International Journal of Medical Education 2: S. 53.

The Tech Terms Computer Dictionary (2008) Add-on Definition. https://techterms.com/definition/addon. Abgerufen am 08.12.207.

Van Rest J, Boonstra D, Everts M, Van Rijn M, Van Paassen R (2014) Designing privacy-by-design, vol 8319. Lecture Notes in Computer Science.

Wallander L (2009) 25 years of factorial surveys in sociology: A review. Social Science Research 38 (3): S. 505-520.

Waze Mobile (2017a). https://www.waze.com/en-GB/. Abgerufen am 10.10.2017 2017.

Waze Mobile (2017b) Waze - Privacy Policy. https://www.waze.com/en-GB/legal/privacy. Abgerufen am 09.10.2017 2017.

Wiesche M, Bodner J, Schermann M (2013) Antecedents of IT-enabled organizational control mechanisms, 20th European Conference on Information Systems (ECIS).

Wiesche M, Schermann M, Krcmar H (2011) Understanding the Role of Information Technology for Organizational Control Design: Risk Control as New Control Mechanism. In: Blinn N, Schirmer I, Kautz K (Hrsg.) Governance and sustainability in information systems. Managing the transfer and diffusion of IT. Springer, S. 135-152.

Wu Y (2014) Protecting personal data in E-government: A cross-country study. Government Information Quarterly 31: S. 150-159.

Zimmermann P-A, Rathmann T (2017) Smart Mobility: Analyse von Mobilitätsplattformen. https://www.mgm-cp.com/wp-content/uploads/2017-07-24-Smart-Mobility-Marktanalyse.pdf. Abgerufen am 07.12.2017.

Teil D: Modulare Services auf der Mobilitätsplattform

13 Prognose von Parkplatzdaten[116,117]

M. Altendeitering, C. Pflügler, M. Schreieck, S. Fröhlich, M. Wiesche, H. Krcmar

Die Suche nach freien Parkplätzen am Straßenrand ist aufwändig und verursacht einen signifikanten Teil des innerstädtischen Verkehrs. Existierende Lösungsansätze haben einige Nachteile, da sie zum Beispiel mit hohen Kosten verbunden sind oder eine aktive Nutzerbasis voraussetzen. Dieses Kapitel befasst sich mit der Vorhersage von freien Parkplätzen basierend auf öffentlich zugänglichen Daten, auf die kosteneffizient zugegriffen werden kann. Geeignete Datenkategorien werden basierend auf einer Literaturstudie identifiziert. Anschließend wird ein solcher Service beispielhaft mittels eines neuronalen Netzes umgesetzt. Die Relevanz der einzelnen Datenkategorien wird basierend auf 2779 Datensätzen evaluiert. Die Ergebnisse zeigen, dass Informationen zu Wochentag, Standort, Temperatur und Uhrzeit die Vorhersage stark verbessern, wohingegen Informationen zu Events, Verkehr, Feiertagen und Regenmenge nur von untergeordneter Wichtigkeit sind. Dieses Kapitel kategorisiert bestehende Lösungen zur Unterstützung der Parkplatzsuche und zeigt, dass einfach zugängliche Daten ausreichen, um mithilfe eines Service die Verfügbarkeit von Parkmöglichkeiten vorherzusagen.

The search for curb-side parking spaces is a time-consuming effort and responsible for a significant part of urban traffic. Existing solutions have several disadvantages as they are for example costly to operate or do require an active user base. This chapter deals with the prediction of free parking spaces using publicly available data sources that can be accessed in a cost-efficient way. Suitable categories of data sources are identified by performing a literature-research. Subsequently, an exemplary service based on an artificial neural network is developed. The particular relevance of each category of data sources is evaluated using a training data set with 2779 entries. Results show that weekday, location, temperature and time are improving the prediction result, while events, traffic, public holidays and the amount of rainfall have little influence on the prediction model. This chapter furthermore categorizes existing solutions and shows that easily accessible data sources are sufficient to predict the availability of curb-side parking spaces.

[116] Aufbauend auf der bereits von Pflügler et al. (2016a) durchgeführten Studie zum Thema Prognose von Parkplatzdaten.

[117] Das Forschungsprojekt ExCELL wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert (Förderkennzeichen: 01MD15001D und 01MD15001E).

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018
M. Wiesche et al. (Hrsg.), *Management digitaler Plattformen*,
Informationsmanagement und digitale Transformation,
https://doi.org/10.1007/978-3-658-21214-8_13

13.1 Einleitung

Das Verkehrsaufkommen in urbanisierten Regionen wird kontinuierlich zunehmen (Banister 2005; Moeinaddini et al. 2015). Hieraus können neben Verkehrsstaus und längeren Fahrtzeiten auch Gesundheitsrisiken für die Anwohner resultieren (Zhang und Batterman 2013; Chikaraishi et al. 2015; Rakowska et al. 2014). Ein signifikanter Teil des Verkehrs in Großstädten wird durch die Suche nach Parkplätzen verursacht (Shoup 2006). Laut Giuffrè et al. (2012) ist die Suche nach Parkplätzen in Stoßzeiten für bis zu 40 % des gesamten Verkehrsaufkommens verantwortlich. Neben dem erhöhten eigenen Kraftstoffverbrauch, den eine solche Suche verursacht, wirkt sich dies auch negativ auf andere Verkehrsteilnehmer aus. Der Grund hierfür ist, dass Parkplatzsuchende häufig langsam fahren und so den nachfolgenden Verkehr behindern (Inci 2014). Laut Le Fauconnier und Gantelet (2006) investieren Autofahrer durchschnittlich bis zu 12 Minuten pro Parkvorgang in die Suche nach einem Parkplatz.

In der Literatur und auf dem Markt existieren eine Reihe von Anwendungen und Konzepten, die eine Vereinfachung der Suche nach Parkplätzen am Straßenrand anstreben. Diese stützen sich meist entweder auf Nutzerdaten oder auf Daten von Sensoren in Parkplätzen oder um diese herum. Problematisch sind hierbei die Abhängigkeiten von der Bereitstellung der Daten durch die Nutzer und die hohen Kosten, um Parkplätze mit Sensoren auszustatten. Ein Service basierend auf öffentlich zugänglichen Daten, der mittels eines intelligenten Algorithmus die Verfügbarkeit von Parkmöglichkeiten vorhersagt, hätte die genannten Nachteile nicht. In der Literatur wurde jedoch bisher nicht untersucht, auf Basis welcher Daten die Vorhersage besonders gut funktioniert.

Basierend auf einer Literaturrecherche werden Wetter, Zeitpunkt, Verkehr, Event und Standort als relevante Kategorien von Daten identifiziert. Wichtig hierbei ist, dass die Daten öffentlich zugänglich sind, um die Unabhängigkeit und Kontinuität sicherzustellen. Anschließend werden die Daten in einen beispielhaften Service zur Vorhersage von Parkmöglichkeiten integriert. Zur Vorhersage wurde ein neuronales Netz gewählt. Die Daten werden basierend auf dieser Umsetzung hinsichtlich ihres Beitrags zur Verbesserung der Vorhersage evaluiert. Die Ergebnisse zeigen, dass Informationen zu Wochentag, Standort, Temperatur und Uhrzeit die Vorhersage stark verbessern, wohingegen Informationen zu Events, Verkehr, Feiertagen und Regenmenge nur von untergeordneter Wichtigkeit sind.

Aufgrund der Wahl eines Design Science Research Ansatzes ist das Kapitel nach den Vorgaben von (Gregor und Hevner 2013) strukturiert. Zu Beginn wird auf bestehende Lösungen zur Suche von Parkmöglichkeiten am Straßenrand eingegangen. Im nächsten Abschnitt folgt eine Literaturrecherche über Datenkategorien, die die Parksituation beeinflussen könnten sowie öffentlich zugänglich sind. Anschließend wird das methodische Vorgehen und die beispielhafte Umsetzung erläutert. Im folgenden Absatz werden die Daten evaluiert und abschließend folgen eine Diskussion der Ergebnisse und eine Zusammenfassung.

13.2 Bestehende Ansätze für die Unterstützung der Parkplatzsuche

Zur Identifikation bestehender Ansätze wurde neben der Literatur auch der Markt systematisch nach existierenden Konzepten und Applikationen untersucht. Die Untersuchung konzentrierte sich auf Services, die die Suche von Parkmöglichkeiten am Straßenrand unterstützen. Andere Parkplatzarten wie Parkhäuser oder beschrankte Parkplätze wurden nicht betrachtet. Die identifizierten Konzepte und Applikationen lassen sich in drei Kategorien unterteilen: Services auf Basis von Nutzerdaten, Services auf Basis von Parkplatzdaten und Services auf Basis von öffentlich zugänglichen Daten.

13.2.1 Services auf Basis von Nutzerdaten

Eine Vielzahl von Services arbeitet auf Basis von Daten, die von Anwendern bereitgestellt werden (Crowdsourcing) (Pflügler et al. 2017). Hier können zwei Arten unterschieden werden: entweder werden freie Parkplätze explizit durch die Nutzer gemeldet oder freie Parkplätze werden implizit durch die Anwendung erkannt, was den Vorteil hat, dass keine aktive Beteiligung der Nutzer notwendig ist (Nawaz et al. 2013). Bei beiden Arten können Nutzer über eine Website oder eine mobile Applikation (App) die gemeldeten freien Parkplätze einsehen und diese ggf. reservieren. Anwendungen dieser Art sind weit verbreitet und am Markt erfolgreich. Beispiele für etablierte Anwendungen basierend auf expliziten Nutzerdaten sind: ParkoPedia (2015), ParkMünchen (2015), Parkonaut (2015) und ParkTAG (2015). Ein Service basierend auf impliziten Nutzerdaten ist PocketParker von Nandugudi et al. (2014). Dieser Service misst die Bewegungsgeschwindigkeit des Nutzers und identifiziert dadurch belegte Parkplätze. Ähnlich arbeitet ParkSense, vorgestellt von Nawaz et al. (2013). Dieser Service misst die Änderungsgeschwindigkeit der Anzahl der WLAN-Netzwerke in der näheren Umgebung. Hieraus wird auf die Bewegungsgeschwindigkeit des Anwenders geschlossen und analysiert, ob ein Parkplatz verlassen wurde. Auf eine implizite Nutzerbasis setzt ebenfalls der Automobilhersteller BMW, welcher in Kooperation mit dem Unternehmen Inrix Nutzerdaten auswertet, um Parkplatzinformationen zu generieren (Inrix 2015).

Services dieser Art sind insgesamt die am weitest verbreiteten und bringen den Vorteil mit sich, dass sie in Aufbau und Betrieb sehr kostengünstig sind (Nawaz et al. 2013). Nachteile dieser Art von Services sind, dass eine ausreichend große Nutzerbasis erforderlich ist, um die notwendige Datenmenge zu generieren, die für die Detektion ausreichend vieler Parkplätze benötigt wird (Chen et al. 2012; Greengard 2015). Dies stellt gewissermaßen ein Paradoxon dar, da solche Applikationen nur durch Nutzer verwendet werden, wenn genügend Parkmöglichkeiten angezeigt werden, aber die benötigten Daten dafür erst durch die Nutzung generiert werden (Doan et al. 2011). Darüber hinaus ist die Qualität der Parkplatzinformationen nicht sichergestellt. Da ein Parkplatz nicht in Echtzeit überwacht wird, ist nicht garantiert, dass dieser noch frei ist, wenn der Nutzer ihn erreicht hat und parken möchte (Mathur et al. 2010).

13.2.2 Services auf Basis von Parkplatzdaten

Services dieser Kategorie basieren häufig auf mit Sensoren ausgestatten und untereinander verbundenen Parkplätzen. Die Sensoren erkennen dabei, ob ein Parkplatz gerade belegt ist und melden dies an eine zentrale Datenbank. Verschiedene Unternehmen bieten hierfür entsprechende Lösungen an (Siemens Mobility 2015; SmartParking 2015; General Electric 2015). Konkrete Konzepte werden außerdem in Sujith et al. (2014), McNeal (2013) sowie Seong-Eun et al. (2008) vorgestellt. Vorteile dieser Kategorie von Services sind die exakten und in Echtzeit verfügbaren Parkplatzinformationen (Nawaz et al. 2013). Die Nachteile, welche auch eine weitläufigere Verwendung dieser Technologie verhindern, werden von (Nandugudi et al. 2014) aufgezeigt. So kostet die Ausrüstung eines einzelnen Parkplatzes mit den nötigen Sensoren etwa $2500. Hinzu kommen weitere Kosten für Verkabelung, Schnittstellen und Kommunikationssysteme. Das Projekt SFpark in San Francisco, welches insgesamt 8622 Parkplätze mit Sensoren ausstattete, kostete insgesamt etwa $18 Millionen (McNeal 2013).

13.2.3 Services auf Basis öffentlich zugänglicher Daten

Die beiden bisher vorgestellten Typen von Services bringen signifikante Nachteile mit sich. Entweder sind sie in ihrer Anschaffung und im Betrieb sehr teuer (Services auf Basis von Parkplatzdaten) oder es besteht eine starke Abhängigkeit von expliziten bzw. impliziten Nutzerdaten (Services auf Basis von Nutzerdaten). Ein Service, der öffentlich zugängliche Daten analysiert um Vorhersagen für die Gegenwart zu generieren, wäre kostengünstig und unabhängig von einer Nutzerbasis. Der Fokus auf öffentlich zugängliche Daten stellt außerdem eine Unabhängigkeit von spezifischen, proprietären Datenquellen sicher. Ein in der Praxis bereits verwendeter Service, welcher jedoch in der Literatur nicht näher beschrieben ist, ist der Service ParkNav. Es kombiniert Daten unterschiedlicher Kategorien und prognostiziert mit Hilfe eines Algorithmus Wahrscheinlichkeitswerte für die Parkplatzsituation (Greengard 2015; ParkNav 2015). Allerdings wurde in der Literatur bisher nicht untersucht, welche Datenkategorien für solch einen Service sinnvollerweise zu verwenden sind.

13.3 Relevante Kategorien öffentlich zugänglicher Daten

Für die Entwicklung eines Services auf Basis öffentlich verfügbarer Daten ist es notwendig mögliche Einflussfaktoren der Parkplatzsuche zu identifizieren. Hierzu wurde eine Literaturanalyse mit dem Ziel durchgeführt, Kategorien von Daten, die die Parksituation beeinflussen sowie öffentlich zugänglich sind, zu identifizieren. Es konnten die folgenden Kategorien identifiziert werden:

Tabelle 13-1. Übersicht der Datenkategorien, der Einflussfaktoren und beispielhafter Datenquellen.

Datenkategorie	Einflussfaktor	Beispielhafte Datenquellen
Zeitpunkt	Uhrzeit	Weltzeitserver
	Wochentag	
	Monat	
	Feiertag	
	Ferienzeit	
Wetter	Temperatur	Deutscher Wetterdienst (2015) openweatherAPI (2015)
	Regenmenge	
Verkehr	Verkehrslage	BingMaps (2015)
Event	Ort des Events	Eventful (2015)
Standort	GPS-Information	GPS-Koordinaten des Nutzers der App

Laut Yang et al. (2003) sind **Wetterdaten** von zentraler Bedeutung, da das Wetter das aktuelle Verkehrsverhalten sowie die Stärke des Verkehrsaufkommens maßgeblich beeinflusst. Greengard (2015) stimmt mit dieser Argumentation überein und stellt das Wetter ebenso als wichtigen Einflussfaktor für die Parkplatzvorhersage heraus. Zwei Einflussfaktoren, die einen direkten Einfluss haben könnten, sind die Regenmenge und die Temperatur.

Zehe et al. (2007) folgend ist der **Zeitpunkt** der Suche ein ebenfalls wichtiger Faktor. Ihre Ergebnisse zeigen, dass Feiertage, Wochentage und die Uhrzeit zu unterschiedlichen Auslastungen von Parkplätzen führen. Zu einer ähnlichen Schlussfolgerung kommt Greengard (2015), der argumentiert, dass sich das Verkehrsaufkommen an Feiertagen und zu Ferienzeiten von anderen Zeitpunkten unterscheidet und dementsprechend auch mehr Parkplätze gesucht werden, was die Parkplatzsuche wiederum erschwert. Im Allgemeinen können fünf Einflussfaktoren zu einem bestimmten Zeitpunkt ein erhöhtes Verkehrsaufkommen verursachen: Uhrzeit, Wochentag, Monat, Feiertag sowie Ferienzeit.

Den Einfluss, den **Events** auf die Parkplatzsuche haben können, wird von Kimms et al. (2012) sowie Yang et al. (2003) erläutert. Ihre Argumentation beruht darauf, dass Events zu bestimmten Zeitpunkten ein stark erhöhtes Verkehrsaufkommen verursachen, wodurch mehr Parkplätze gesucht werden und die Parkplatzsuche insgesamt erschwert wird.

Shin und Jun (2014) und Yang et al. (2003) argumentieren, dass **Verkehrsinformationen** ein wichtiger Einflussfaktor für die Parkplatzsuche sind. Ein allgemein hohes Verkehrsaufkommen erschwert die Parkplatzsuche, da insgesamt mehr Parkplätze gesucht werden.

Einen weiteren wichtigen Einflussfaktor für die Parkplatzsuche identifizieren Mathur et al. (2010). Sie beschreiben, dass die Parkplatzverfügbarkeit oft standortabhängig ist und an bestimmten **Standorten** die Wahrscheinlichkeit, einen Parkplatz zu finden, generell höher ist als an anderen Standorten. Giuffrè et al. (2012) zeigen am Beispiel der Stadt Mailand, dass sich die Parkplatzsituation von Gebiet zu Gebiet stark unterscheidet. Für die Einbeziehung des

Standorts ist es sinnvoll, das Stadtgebiet in Anlehnung an Mathur et al. (2010) in gleichgroße rechteckige Zellen aufzuteilen. Es bietet sich eine Größe von 74,429 m x 111,193 m an, da sich diese aus der Verwendung der Längen- und Breitengrade skaliert auf 0,001 Grad ergibt. Eine ähnliche Zellengröße wurde auch von Mathur et al. (2010) verwendet, die eine Größe von 175 m x 190 m nutzten. Bei der Wahl einer Zellengröße in dieser Größenordnung liegt meist nur eine Straße in einer Zelle. Längen- und Breitengrade wurden zur Segmentierung verwendet, da diese die Bestimmung eines Zellbereichs für eine gegebene Position erleichtern. Für den Innenstadtbereich von München, in dem der vorgestellte Service beispielhaft umgesetzt wurde, ergeben sich auf diese Weise 1.323 Zellen.

13.4 Methode

Bei der Entwicklung der beispielhaften Umsetzung und der Einbindung der einzelnen Einflussfaktoren wurde ein DSR-Ansatz (engl. Design Science Research) verfolgt (Gregor und Hevner 2013). Das Vorgehen orientierte sich an dem DSR-Prozessmodell nach Peffers et al. (2007). Begonnen wurde hierbei mit der Identifikation bestehender Ansätze und der Nachteile, die diese mit sich bringen. Anschließend wurde auf relevante Kategorien öffentlich zugänglicher Daten eingegangen. Hierauf aufbauend wurde ein Service basierend auf öffentlich zugänglichen Daten beispielhaft umgesetzt. Für die Evaluation der Datenkategorien wurden Trainingsdaten im Zeitraum von Juli bis September 2015 im Innenstadtgebiet von München manuell erfasst. Hierzu konnten die Teilnehmer über eine Webanwendung angeben, ob an ihrem aktuellen Standort ein Parkplatz verfügbar ist oder nicht. Weitere Informationen zu den einzelnen Datenkategorien (Zeitpunkt, Wetter, Verkehr, Event und Standort) wurden von der Webanwendung automatisch ergänzt. Insgesamt konnten so 2.779 Datensätze zur Parkplatzverfügbarkeit im Innenstadtbereich gesammelt werden.

13.5 Beispielhafte Umsetzung eines Service für Parkplatzprognose

Um die zuvor identifizierten Datenkategorien zu evaluieren, wurde ein Service zur Vorhersage von Parkmöglichkeiten basierend auf öffentlich zugänglichen Daten beispielhaft umgesetzt (Abbildung 13-1). Dieses besteht aus verschiedenen Komponenten, welche im Folgenden genauer erläutert werden.

13.5.1 Datenaufbereitung

Die zuvor diskutierten Datenkategorien wurden über Aufbereitungskomponenten in den Service eingebunden. Diese wurden als eigenständige und voneinander unabhängige Komponenten entworfen, da auf diese Weise die Vorhersage ohne größere Aufwände um weitere Datenkategorien ergänzt bzw. bestehende Datenkategorien entfernt werden können. Diese Komponenten beziehen die Daten aus der entsprechenden Datenquelle und stellen sicher, dass die erhaltenen Daten für das nachfolgende neuronale Netz passend aufbereitet werden. Da sich

manche Daten seltener ändern als andere und nicht jedes Mal neu abgefragt werden müssen, übernehmen diese Komponenten auch das Zwischenspeichern.

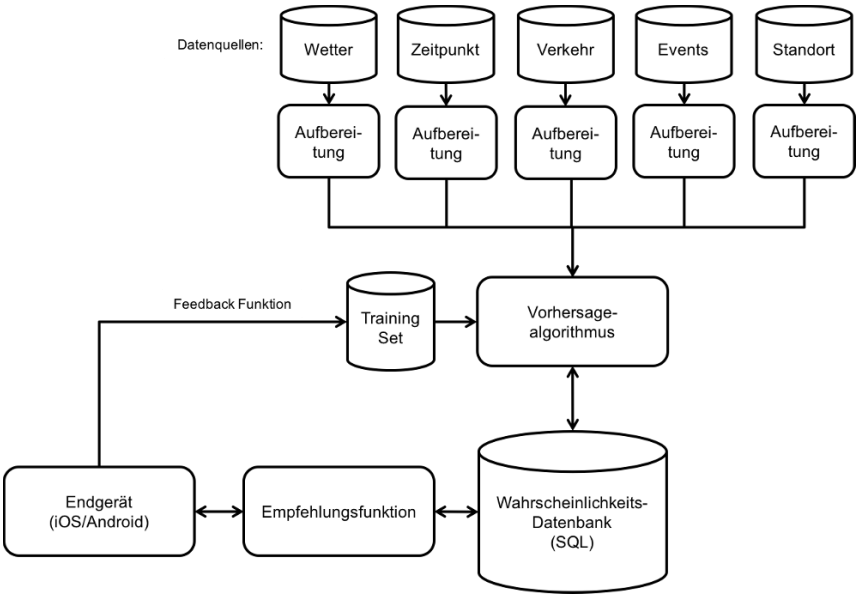


Abbildung 13-1. Beispielhafte Umsetzung.

13.5.2 Vorhersagealgorithmus (Neuronales Netz)

Verschiedene Gründe sprechen für ein neuronales Netz (Artificial Neural Network) als Basis für den Vorhersagealgorithmus. Zum einen eignen sich neuronale Netze insbesondere für Vorhersagen, in denen nichts oder nur wenig über die zugrundeliegenden Zusammenhänge und Funktionen der Vorhersage bekannt sind, aber genügend Trainingsdaten bzw. Beobachtungswerte vorliegen. Aus den Trainingsdaten kann so das benötigte Wissen abgeleitet werden (Zhang et al. 1998; Yang et al. 2003). Die Trainingsdatenmenge kann darüber hinaus leicht durch weitere Daten ergänzt werden, sodass eine kontinuierliche Verbesserung der Vorhersage möglich ist. Zum anderen bieten neuronale Netze die Möglichkeit, nicht-lineare Zusammenhänge und Interaktionseffekte durch die Einbindung zusätzlicher Ebenen (sog. Hidden-Layers) zu berücksichtigen (Zhang et al. 1998). Die Anzahl der Eingabeneuronen des neuronalen Netzes entspricht der Anzahl der Daten aus den Datenquellen. Beachtet werden muss hierbei, dass die Annahme eines kontinuierlichen Einflusses von bestimmten Daten nicht sinnvoll ist und die Eingabewerte als einzelne Neuronen betrachtet werden sollten. Beispielsweise bedeutet dies für den Eingabewert Wochentag, dass kein kontinuierlicher Wert von 1 bis 7 verwendet wird, da dies bedeuten würde, dass spätere Wochentage entsprechend stärker gewichtet werden. Stattdessen sollte jeder Wochentag aus einem einzelnen binären Neuron bestehen. Dieses Vorgehen

wurde für alle Daten, für die keine Kontinuität sinnvoll ist, angewendet. In diesem Fall ergeben sich so die folgenden Neuronen: Wochentag (7 Neuronen); Monat (12 Neuronen); Uhrzeit (24 Neuronen); Standort (1323 Neuronen, jeweils eine für jeden Zellbereich); Temperatur (12 Neuronen, nach Festlegung einer Skala von ≤-20°C bis ≥40°C und Unterteilung der Werte in Schritte von 5°C). Die verbleibenden Datenquellen werden durch jeweils ein einzelnes Neuron repräsentiert, da für diese ein kontinuierlicher Einfluss angenommen werden kann (Verkehrsintensität, Regenmenge) oder der Eingabewert nur binär ist (Event, Feiertag, Ferienzeit). Insgesamt ergeben sich so 1383 Eingabeneuronen. Als Ausgabeneuron wird ein einzelnes Neuron verwendet, welches den Vorhersagewert darstellt. Die Anzahl der Zwischenebenen und -neuronen ist laut Zhang et al. (1998) sowie Heaton (2008) von der Komplexität der Entscheidung abhängig. Konkrete Werte sollten versuchsweise ermittelt werden (Zhang et al. 1998; Scherer 1997). Als Richtwert kann davon ausgegangen werden, dass nicht mehr als zwei Zwischenebenen benötigt werden und sich die Anzahl der Neuronen auf diesen zwischen der Anzahl an Eingabe- und Ausgabeneuronen befinden sollte (Heaton 2008).

13.5.3 Training-Set

Für die Durchführung des Trainings greift das neuronale Netz auf das Training-Set zurück, welches die Datensätze enthält, die zum Trainieren des neuronalen Netzes notwendig sind. Über die in Abbildung 13-1 dargestellte Feedback-Funktion ist es möglich, das Training-Set des neuronalen Netzes kontinuierlich um neue Trainingswerte zu erweitern. Die Feedback- Funktion sieht dabei vor, dass der Anwender nach Erhalt einer Parkplatzvorhersage Auskunft über die Korrektheit der Vorhersage gibt. Durch die Bereitstellung dieser Information kann so die Vorhersage stetig in ihrer Genauigkeit erhöht und verbessert werden.

13.5.4 Wahrscheinlichkeits-Datenbank

Um eine möglichst schnelle Antwortzeit des Service sicher zu stellen, werden die Vorhersagewerte nicht bei jeder Anfrage separat, sondern in festen zeitlichen Intervallen berechnet und in der Wahrscheinlichkeits-Datenbank hinterlegt. Die zuvor beschriebene Aufteilung des Stadtgebietes in Zellen wird auch hier verwendet. Die Zellen werden in der Datenbank abgebildet und jeder Zelle wird eine Verfügbarkeitswahrscheinlichkeit zugeordnet, welche aussagt, wie wahrscheinlich es ist, in diesem Bereich einen freien Parkplatz zu finden. Dadurch, dass der Vorhersagealgorithmus in festgelegten zeitlichen Intervallen ausgeführt wird, ist sichergestellt, dass die Datenbank immer aktuelle Werte zur Verfügung stellt.

13.6 Evaluation der Datenkategorien

Hinsichtlich des Aufbaus des neuronalen Netzes konnten die besten Ergebnisse mit zwei Zwischenebenen sowie 25 und acht Neuronen auf diesen festgestellt werden. Auch wurde das Netzwerk versuchsweise mit verschiedenen Aktivierungs- und Trainingsfunktionen getestet, allerdings wurden mit der Sigmoiden Aktivierungsfunktion und der Resilient Backpropagation

Trainingsmethode die besten Ergebnisse erzielt. Bei den 2779 gesammelten Trainingsdatensätzen erreicht das neuronale Netz einen durchschnittlichen quadrierten Fehlerwert von 0,16321. Bezogen auf die Trainingsiterationen wurde das Vorhersagemodell so konfiguriert, dass es automatisch stoppt, sollten nach 100 Iterationsschritten keine signifikanten Fortschritte im Fehlerwert mehr erzielt werden.

Zur Signifikanzanalyse einzelner Neuronen bzw. einzelner Datenquellen kann die „Change of Mean Square Error“ (COM) Methode verwendet werden, welche durch das Entfernen einzelner oder Gruppen von Neuronen deren Signifikanz feststellt (Sung 1998). Die Ergebnisse (Tabelle 13-2) zeigen an, dass Wochentag, Standort, Temperatur und Uhrzeit die Vorhersage stark verbessern, wohingegen Events, Verkehrslage, Feiertag und Regenmenge nur von untergeordneter Wichtigkeit sind.

Tabelle 13-2. Ergebnisse der Evaluation.

Daten	**Fehlerwert**	**Unterschied zum Optimum**	**Normalisiert** (absteigend sortiert)
ohne Wochentag	0,17686	-0,01365	186,3225
ohne Standort	0,17554	-0,01233	152,0289
ohne Temperatur	0,17252	-0,00931	86,6761
ohne Uhrzeit	0,16972	-0,00651	42,3801
ohne Monat	0,16777	-0,00456	20,7936
ohne Ferienzeit	0,16523	-0,00202	4,0804
ohne Regenmenge	0,16481	-0,0016	2,56
ohne Event	0,16188	0,00133	1,7689
ohne Feiertag	0,16397	-0,00076	0,5776
ohne Verkehrslage	0,16369	-0,00048	0,2304

13.7 Diskussion

Bevor genauer auf die Ergebnisse der Evaluation eingegangen wird, sollen zuerst Services basierend auf öffentlich zugänglichen Daten kurz diskutiert werden. Diese haben den Vorteil, dass sie kostengünstiger sind als Services, die auf Parkplatzdaten basieren. Außerdem sind sie nicht abhängig von einer großen Nutzerbasis. Sie kommen aber nicht vollständig ohne Realdaten aus, denn diese werden für das Training des neuronalen Netzes benötigt. Jedoch werden hier weitaus weniger Daten benötigt als bei Services, die ausschließlich auf Nutzerdaten basieren. Des Weiteren können die Trainingsdaten auch aus der Vergangenheit stammen. Durch die vorgestellte Feedback-Funktion wird sichergestellt, dass sich der Trainingsdatenbestand kontinuierlich erweitert. Außerdem werden dadurch neue Muster in der Parkplatzverfügbarkeit automatisch erkannt.

Die Evaluation der Daten zeigt, dass der Zeitpunkt, der Standort und das Wetter den größten Einfluss auf die Vorhersage haben. Erfreulicherweise sind diese Daten verhältnismäßig einfach

zu beziehen. Der Zeitpunkt – mit seinen Dimensionen Wochentag, Uhrzeit, Monat, Ferienzeit und Feiertag – kann ohne großen Aufwand aus dem Zeitstempel der Parkplatzsuche generiert werden. Der Standort ist ebenfalls einfach zu erhalten. Er entspricht der Zelle, in der ein Nutzer nach einem Parkplatz sucht, welche wiederum manuell von ihm selektiert oder von den GPS-Daten des mobilen Endgerätes abgeleitet wird. Das Wetter, vor allem die Temperatur, beeinflusst die Parksituation und ist ebenso einfach zugänglich. So stellt, neben diversen kommerziellen Anbietern, auch der Deutscher Wetterdienst (2015) diese Informationen kostenfrei zur Verfügung. Im Gegensatz zu den zuvor diskutierten Daten wird die Vorhersagegenauigkeit durch Verkehr und Events nur minimal verbessert. Da diese Daten schwerer zugänglich sind als die zuvor beschriebenen Daten, könnte dies dazu geführt haben, dass sie nicht in ausreichender Qualität vorlagen und deshalb in der durchgeführten Evaluation zu keiner großen Verbesserung der Vorhersage geführt haben. So konnten beispielsweise über die verwendete Event-Datenquelle keine zusätzlichen Metadaten in strukturierter Form über das Event abgerufen werden, wie z.B. seine Größe.

Insgesamt deuten die Ergebnisse der Evaluation darauf hin, dass für die Vorhersage von Parkmöglichkeiten schon einfache Datenquellen genügen. Die Einbindung von Datenquellen, deren Abruf und Verarbeitung mit einem höheren Aufwand verbunden ist, lohnt sich mitunter für die hier vorgestellten Datenkategorien nicht.

Die Ergebnisse der vorgestellten Evaluation sind dahingehend beschränkt, dass trotz einer aktiven Diversifizierung der erfassten Trainingsdaten einige Daten vornehmlich homogen sind bzw. nicht ihr gesamter Wertebereich abgedeckt werden konnte. Zeitdaten konnten in dieser Hinsicht zwar über verschiedene Uhrzeiten verteilt werden, die Datenerfassung fand jedoch nur in den Monaten Juli bis September statt. Wetterdaten sind aufgrund dieses Zeitraums weitestgehend einheitlich und beinhalten u.a. keine niedrigen Temperaturen, wie sie z.B. im Winter vorliegen. Für weitere Verbesserungen der Genauigkeit der Vorhersage ist es daher erforderlich, zusätzliche Trainingsdaten über einen längeren Zeitraum zu sammeln. Eine weitere Limitation ist, dass das vorgestellte Modell bisher nur in einer Stadt evaluiert wurde und dadurch stadtbasierte Einflüsse nicht ausgeschlossen werden können.

Die zukünftige Forschung sollte sich auf die Untersuchung dieser Limitationen und dem Einbeziehen von Verkehrsdaten in ausreichender Quantität und Qualität konzentrieren. Die Autoren planen die Evaluierung der Datenkategorien mit einem großen Datensatz, der sich über mehrere Jahre erstreckt und auf expliziten Nutzerdaten beruht, weiter zu verfeinern. Des Weiteren wurde bisher noch nicht untersucht, welcher der vorgestellten Servicetypen die Parkplatzsuche am besten unterstützt. Dieses Kapitel erweitert die bestehende Forschung durch eine Klassifizierung von Services, die die Parkplatzsuche unterstützen. Diese Analyse zeigt, dass bisher nur wenige Ansätze auf Basis öffentlich zugänglicher Daten existieren. Des Weiteren zeigt die Evaluierung der einzelnen Datenkategorien, dass für die Vorhersage einfache Daten

ausreichen und nicht notwendigerweise auf Daten zurückgegriffen werden muss, die nur mit hohem Aufwand operationalisierbar sind.

13.8 Fazit und Ausblick

Ausgelöst durch den Aufwand, den die Suche nach freien Parkplätzen am Straßenrand im urbanen Raum mit sich bringt, wurde in diesem Kapitel ein Service zur Prognose der Parkplatzauslastung am Straßenrand entwickelt. Dieser könnte mittels eines entsprechenden IT Servicemanagements zu einer professionellen Lösung weiterentwickelt werden (Böhmann und Krcmar 2004, 2006, 2005; Böhmann et al. 2003). Es wurden zunächst bestehende Lösungsansätze erforscht und auf Basis ihrer genutzten Daten kategorisiert: Hierbei stammen Daten primär entweder von Parkplatzsensoren, von Nutzern des Service oder aus öffentlich zugänglichen Quellen. Da bei Services, die auf öffentlich zugänglichen Daten basieren, nicht klar ist, welche Arten von Daten sinnvollerweise einbezogen werden sollen, wurden zunächst relevante Datenkategorien identifiziert. Anschließend wurde eine beispielhafte Umsetzung eines solchen Services mittels eines neuronalen Netzes vorgestellt. Diese diente als Ausgangsbasis für die Evaluation der einzelnen Datenkategorien. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass zur Vorhersage freier Parkplätze einfach zugängliche Daten – wie Standort, Zeitpunkt und Wetter – den größten Einfluss auf die Genauigkeit der Vorhersage haben. Dadurch können zukünftige Services zur Vorhersage von Parkmöglichkeiten effizienter konzipiert werden.

Es wird in Zukunft interessant zu beobachten sein, welchen Einfluss die zunehmende Automatisierung und Vernetzung des Autofahrens auf die Suche nach Parkplätzen haben wird (Schreieck et al. 2016). Die zur Steigerung der Automatisierung notwendigen Daten werden von immer mehr Fahrzeugen gesammelt und können die Erkennung oder Prognose von Parkplätzen unterstützen. So ist bereits eine einfache Erkennung der Geschwindigkeit und des Fahrstils eine wertvolle Datenquelle und würde die Parkplatzprognose unterstützen. In einem etwas komplexeren Szenario könnte ein Fahrzeug, das über eine Kamera die Fahrbahn und Verkehrszeichen erkennen kann, beispielsweise auch Parkmöglichkeiten identifizieren und bestimmen, ob diese belegt sind oder nicht. Diese Informationen können dann von einer zentralen Stelle verwaltet und als Dienstleistung an andere Nutzer bereitgestellt werden (Pflügler et al. 2016b; Schreieck et al. 2018). Die Nutzer könnten durch Gamification incentiviert werden, Parkplatzdaten aktiv zur Verfügung zu stellen (Klinker et al. 2017; Pflügler et al. 2017).

Eine weitere Entwicklung, die einen positiven Einfluss auf die Parkplatzsuche haben kann, ist die zunehmende Vernetzung und Integration von Fahrzeugen untereinander, bis hin zum autonomen Fahren. Hierbei werden freie Parkplätze nicht mehr nur automatisch erkannt, sondern die Fahrzeuge tauschen sich auch untereinander über diese aus (Schreieck et al. 2017). Möglicherweise steuert ein Auto dann in Zukunft selbständig und direkt einen freien Parkplatz an.

13.9 Literaturverzeichnis

Banister D (2005) Unsustainable Transport: City Transport in the new Century. Routledge, New York.

BingMaps (2015) BingMaps REST Services. https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ff701713.aspx. Abgerufen am 16.06.2015.

Böhmann T, Junginger M, Krcmar H (2003) Modular service architectures: a concept and method for engineering IT services, 36th Annual Hawaii International Conference on System Sciences.

Böhmann T, Krcmar H (2004) Grundlagen und Entwicklungstrends im IT-Servicemanagement. HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik 237: S. 7-21.

Böhmann T, Krcmar H (2005) Modularisierung: Grundlagen und Anwendung bei IT-Dienstleistungen. In: Herrmann T, Kleinbeck U, Krcmar H (Hrsg.) Konzepte für das Service Engineering. Springer, Berlin, Deutschland, S. 45-83.

Böhmann T, Krcmar H (2006) Modulare Servicearchitekturen. In: Bullinger H-J, Scheer A-W (Hrsg.) Service Engineering. Springer, Berlin, Deutschland, S. 377-401.

Chen X, Santos-Neto E, Ripeanu M (2012) Crowdsourcing for on-street smart parking, 2nd ACM International Symposium on Design and Analysis of Intelligent Vehicular Networks and Applications, Paphos, Cyprus.

Chikaraishi M, Fujiwara A, Kaneko S, Poumanyvong P, Komatsu S, Kalugin A (2015) The moderating effects of urbanization on carbon dioxide emissions: A latent class modeling approach. Technological Forecasting and Social Change 90, Part A: S. 302-317.

Deutscher Wetterdienst (2015) Klimadaten - online - frei. http://www.dwd.de/. Abgerufen am 15.06.2015.

Doan A, Ramakrishnan R, Halevy AY (2011) Crowdsourcing systems on the World-Wide Web. Communications of the ACM 54 (4): S. 86-96.

Eventful (2015). http://api.eventful.com/. Abgerufen am 15.07.2015.

General Electric (2015) Intelligent Environments for Cities. http://www.gelighting.com/LightingWeb/na/intelligent-environments/intelligent-cities/index.jsp. Abgerufen am 18.09.2015.

Giuffrè T, Siniscalchi SM, Tesoriere G (2012) A Novel Architecture of Parking Management for Smart Cities. Procedia - Social and Behavioral Sciences 53 (0): S. 16-28.

Greengard S (2015) Between the lines. Commun ACM 58 (6): S. 15-17.

Gregor S, Hevner AR (2013) Positioning and presenting design science research for maximum impact. MIS Quarterly 37 (2): S. 337-355.

Heaton J (2008) Introduction to Neural Networks with Java. 2nd Aufl. Heaton Research Inc., Chesterfield.

Inci E (2014) A review of the economics of parking. Economics of Transportation (2014).

Inrix (2015). http://inrix.com/bmw-n-a-becomes-latest-auto-maker-to-select-inrix/. Abgerufen am 16.09.2015.

Kimms A, Maassen KC, Pottbäcker S (2012) Guiding traffic in the case of big events with spot checks on traffic and additional parking space requirements. Central European Journal of Operations Research 20 (4): S. 755-773.

Klinker K, Fries V, Wiesche M, Krcmar H (2017) CatCare: Designing a serious game to foster hand hygiene compliance in health care facilities, 12th International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology, Karlsruhe, Deutschland.

Le Fauconnier A, Gantelet E (2006) The time looking for a parking space: strategies, associated nuisances and stakes of parking management in France, European Transport Conference.

Mathur S, Jin T, Kasturirangan N, Chandrasekaran J, Xue W, Gruteser M, Trappe W (2010) ParkNet: drive-by sensing of road-side parking statistics, 8th International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services, San Francisco, California, USA.
McNeal M (2013) If Parking Spots Could Talk. Marketing Insights 25 (3): S. 6-7.
Moeinaddini M, Asadi-Shekari Z, Zaly Shah M (2015) An urban mobility index for evaluating and reducing private motorized trips. Measurement 63: S. 30-40.
Nandugudi A, Ki T, Nuessle C, Challen G (2014) PocketParker: pocketsourcing parking lot availability, ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing, Seattle, Washington.
Nawaz S, Efstratiou C, Mascolo C (2013) ParkSense: a smartphone based sensing system for on-street parking, 19th Annual International Conference on Mobile Computing & Networking, Miami, Florida, USA.
openweatherAPI (2015) API - für Ihre Website. http://www.wetter.com/apps_und_mehr/website/api/dokumentation/. Abgerufen am 23.07.2015.
ParkMünchen (2015) Parkplatz-App von ParkMünchen. http://www.parkmuenchen.de/. Abgerufen am 27.07.2015.
ParkNav (2015) ParkNav: Street Parking Reinvented. http://www.parknav.com/. Abgerufen am 24.07.2015.
Parkonaut (2015). http://www.parkonaut.de/. Abgerufen am 17.09.2015.
ParkoPedia (2015). http://www.parkopedia.de/. Abgerufen am 17.09.2015.
ParkTAG (2015). http://parktag.mobi/. Abgerufen am 18.09.2015.
Peffers K, Tuunanen T, Rothenberger M, Chatterjee S (2007) A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. Journal of Management Information Systems 24 (3): S. 45-77.
Pflügler C, Köhn T, Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2016a) Predicting the Availability of Parking Spaces with Publicly Available Data, INFORMATIK 2016, Klagenfurt.
Pflügler C, Schreieck M, Hernandez G, Wiesche M, Krcmar H (2016b) A concept for the architecture of an open platform for modular mobility services in the smart city. Transportation Research Procedia 19: S. 199-206.
Pflügler C, Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2017) Development and Evaluation of a Game Application for Parking Lot Identification, Intelligent Transport Systems in Theory and Practice mobil.TUM 2017, Munich, Germany.
Rakowska A, Wong KC, Townsend T, Chan KL, Westerdahl D, Ng S, Močnik G, Drinovec L, Ning Z (2014) Impact of traffic volume and composition on the air quality and pedestrian exposure in urban street canyon. Atmospheric Environment 98: S. 260-270.
Scherer A (1997) Neuronale Netze: Grundlagen und Anwendungen. Vieweg, Braunschweig.
Schreieck M, Hakes C, Wiesche M, Krcmar H (2017) Governing Platforms in the Internet of Things, International Conference on Software Business, Essen, Germany.
Schreieck M, Pflügler C, Setzke DS, Wiesche M, Krcmar H (2018) Improving Urban Transportation: an Open Platform for Digital Mobility Services. In: Linnhoff-Popien C, Schneider R, Zaddach M (Hrsg.) Digital Marketplaces Unleashed. Springer, S. 479-489.
Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2016) Modularization of digital services for urban transportation, Americas Conference on Information System, San Diego, USA.
Seong-Eun Y, Poh Kit C, Taehong K, Jonggu K, Daeyoung K, Changsub S, Kyungbok S, Byungtae J (2008) PGS: Parking Guidance System based on wireless sensor network, 3rd International Symposium on Wireless Pervasive Computing.
Shin J-H, Jun H-B (2014) A study on smart parking guidance algorithm. Transportation Research Part C: Emerging Technologies 44: S. 299-317.
Shoup DC (2006) Cruising for parking. Transport Policy 13 (6): S. 479-486.

Siemens Mobility (2015). http://www.mobility.siemens.com/mobility/global/de/nahverkehr/strassenverkehr/integrated-smart-parking-solution/seiten/integrated-smart-parking-solution.aspx. Abgerufen am 18.09.2015.

SmartParking (2015). www.smartparking.com. Abgerufen am 18.09.2015.

Sujith SM, Yacine A, Quan ZS, Zakaria M (2014) Building sustainable parking lots with the Web of Things. Personal Ubiquitous Comput 18 (4): S. 895-907.

Sung AH (1998) Ranking importance of input parameters of neural networks. Expert Systems with Applications 15 (3–4): S. 405-411.

Yang Z, Liu H, Wang X (2003) The research on the key technologies for improving efficiency of parking guidance system, Intelligent Transportation Systems.

Zehe W, Jinggang J, Jingtao L, Xiuhua L (2007) Study on the Control Strategy of Parking Guidance System, International Conference on Service Systems and Service Management.

Zhang G, Patuwo EB, Hu MY (1998) Forecasting with artificial neural networks: The state of the art. International Journal of Forecasting 14 (1): S. 35-62.

Zhang K, Batterman S (2013) Air pollution and health risks due to vehicle traffic. Science of the Total Environment 450: S. 307-316.

14 Verkehrsprognosen[118]

F. Kunde, S. Pape, A. Wolf, A. Hartenstein, P. Sauer

Jeder kann für die Ein- und Ausfahrtsstraßen von Großstädten mit hoher Treffsicherheit ein erhöhtes Verkehrsaufkommen zu den morgen- und abendlichen Rush-Hour-Phasen vorhersagen. Wer als Pendler oder Außendienstler unterwegs ist, versucht das tägliche Chaos zu antizipieren und wenn möglich zu anderen Zeiten oder auf anderen Straßen unterwegs zu sein. Doch wann und wo ist das? Die Frage können datengetriebene Verkehrsprognosemodelle sehr genau beantworten. Sie sind die Grundlage für den ExCELL Traffic Prediction Service. Die Methoden reichen hierbei von klassischer Zeitreihenanalyse bis hin zum Lernen von Sequenzen mit neuronalen Netzen. Intelligente Verkehrssysteme („Intelligent Transportation System" - ITS) verfügen über die Daten, mit denen solche Modelle trainiert werden. Allerdings werden sie bisher selten dafür genutzt. Häufig werden aktuelle Messwerte von Detektoren mit deren durchschnittlichen Tagesganglinien verschnitten, um Steuerungsmaßnahmen für den Verkehr auszulösen. Das System reagiert also stärker, als dass es antizipiert. Die Unterschiede der verschiedenen Ansätze, die im Projekt ExCELL Einsatz finden, werden in diesem Kapitel im Detail vorgestellt.

Everyone can predict with great certainty the morning and evening peaks for the main arterial roads of a city. Therefore, commuters or field staff – anticipating the daily congestion – try to find possible alternative times or roads to reach their destination. But, where and when is that? Data driven traffic flow forecasting is able to answer this question and it is the foundation of the ExCELL traffic prediction service. The applied models range from classic time series analysis to sequence learning with neural networks. Intelligent transportation systems (ITS) provide the training data for these models, but it is rarely used, unfortunately. Most systems combine current sensor measurements with the average daily distribution to control the city's traffic flow. Such systems are mostly triggered by the traffic rather than predicting it. This chapter will explain in detail the key differences between the different methods used in the ExCELL project.

[118] Das Forschungsprojekt ExCELL wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert (Förderkennzeichen: 01MD15001B und 01MD15001E).

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018
M. Wiesche et al. (Hrsg.), *Management digitaler Plattformen*,
Informationsmanagement und digitale Transformation,
https://doi.org/10.1007/978-3-658-21214-8_14

14.1 Einleitung

Für das Projekt ExCELL werden mehrjährige Messreihen stationärer Sensoren aus dem VAMOS-System bereitgestellt. Diese Daten können für Zeitreihenanalysen verwendet werden, um daraus Vorhersagealgorithmen zu entwickeln. Hierbei werden parametrisierte Ansätze von nicht-parametrisierten Ansätzen unterschieden. Parametrisierte bzw. stochastische Ansätze stellen Annahmen an die Verteilung der zugrundeliegenden Daten wie z.B. die Stationarität und Saisonalität der gesamten Zeitreihe. Die Verkehrsganglinien für die Sensoren aus dem Stadtgebiet von Dresden zeigen z.B. an den meisten Tagen einen ähnlichen Verlauf mit Ausschlägen zu den Rush-Hour-Phasen. Klassische stochastische Vorhersagemodelle wären also bereits geeignet. Nicht-parametrisierte Methoden arbeiten hingegen ohne Modellannahmen und sind stärker daten-getrieben z.B. Support Vector Machines (SVM) oder künstliche neuronale Netzwerke. Mit ihnen könnten sich Verkehrsanomalien besser vorhersagen lassen (Karlaftis und Vlahogianni 2011).

Beide Ansätze werden derzeit untersucht, um zu vergleichen wie gut die Vorhersagen für verschiedene Zeiten und an verschiedenen Orten in Dresden ausfallen. Für den Einstieg in das Thema wird zunächst das verwendete Prognosemodell des Dresdner Verkehrsmanagementsystems VAMOS (siehe auch Kapitel 7) im Detail vorgestellt.

14.2 Verkehrslageprognose in VAMOS

Für die Prognose der Verkehrslage kommen in VAMOS zwei Verfahren zum Einsatz, deren Ergebnisse miteinander fusioniert werden. Das erste Verfahren ermittelt den *Level of Service* (LOS) anhand von extrapolierten Verkehrsstärken, während das zweite Verfahren den LOS aus den Tagesganglinien ausliest.

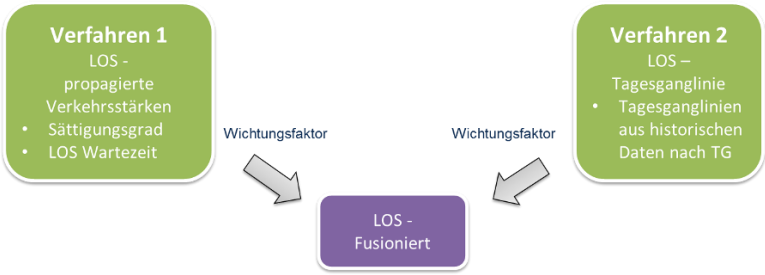


Abbildung 14-1. Prinzip der Verkehrslageprognose.

Um eine Verkehrslageprognose nach dem ersten Verfahren durchführen zu können, ist es notwendig, dass eine flächendeckende Verkehrsstärke im Straßennetz für den aktuellen sowie für zukünftige Zeitpunkte vorliegt. Beim Vergleich mit den vorhandenen Kapazitäten im Netz lässt sich nach dem Handbuch zur Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS) eine Ver-

kehrslage bestimmen (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. 2001). Dabei werden auch lichtsignalabhängige Knotenpunkte berücksichtigt. Bei der Fusionierung kommen unterschiedliche Gewichtungsfaktoren zum Einsatz. Das ist abhängig davon, ob auf dem jeweiligen Streckenelement ein aktueller LOS vorhanden ist, der sich aus Floating Car Data (FCD) durch Taxis sowie Messungen von stationären Detektoren ergibt. Die folgenden Abschnitte erläutern diese Vorgehensweise näher.

14.2.1 Flächendeckende Ermittlung der aktuellen Verkehrsstärke

Für die Ermittlung von aktuellen Verkehrsstärken werden in VAMOS verschiedene Detektoren im Straßenraum genutzt, die jedes einzelne Fahrzeug erfassen können. Da diese nur punktuell im Netz verfügbar sind, ist es notwendig, die Verkehrsstärken von diesen Punkten aus durch das Netz zu propagieren um alle Netzelemente versorgen zu können. Dafür wird das Straßennetz von Dresden in einem Knoten-Kanten-Modell (KKM) abgebildet, auf dessen Grundlage die Berechnungen durchgeführt werden. Eine Kante verbindet über je einen Abbiegestrom zwei Knoten. Für die Netzelemente des KKM werden die Strukturen des VAMOS-Straßennetzes übernommen. Dabei werden über 125.000 Netzelemente konvertiert und in das KKM eingebunden. Anschließend werden eine Reihe von Attributen wie Spuranzahl, Fahrbahnbreite oder Höchstgeschwindigkeiten und die Detektorstandorte in das Netz eingepflegt und die durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) aus einer Verkehrsmengenkarte übertragen. Damit wird das Ziel verfolgt, bei zu geringer Zuverlässigkeit der detektierten Werte auf die DTV als Ersatzwerte zurückgreifen zu können und somit die flächendeckende Verkehrsstärke an von Detektoren weit entfernten Gebieten qualitativ aufzuwerten.

Für die Knotenpunkte werden die für den Propagierungsalgorithmus elementaren Verteilungsfaktoren in Form einer Verteilungsmatrix hinterlegt. Die Verteilungsfaktoren geben den prozentualen Anteil eines Verkehrsstromes von einer Kante nach einer Kante an. Zum Beispiel verteilen sich 100 % der Fahrzeuge einer Zufahrt auf 20 % Rechtsabbieger, 70 % Geradeausfahrer und weitere 10 % auf die Linksabbieger. Die Matrizen werden entweder aus historischen Knotenzählungen entnommen oder es werden geschätzte Verteilungsfaktoren abhängig von der Straßenkategorie berechnet. Es wird angenommen, dass es einen Zusammenhang zwischen den anliegenden Straßenkategorien und den Verteilungsfaktoren gibt. Für die Einteilung der Kanten stehen sieben Kategorien zur Verfügung. Die oberste Kategorie entspricht der Autobahn und die niedrigste den Anliegerstraßen. In Abbildung 14-2 sind alle Kategorien sowie deren Verteilung im Straßennetz von Dresden farblich veranschaulicht. Somit erhält man für jede Straßenkategorie eine virtuelle Verkehrsstärke, anhand dieser man die Verteilungsfaktoren berechnen kann. Mit der ermittelten Verteilung an bestimmten Knotentypen können nun alle übrigen Knoten des Netzes in einem iterativen Prozess mit Werten versehen werden.

Abbildung 14-2. Knoten-Kanten-Modell mit Straßenkategorien.

Ausgangspunkte für die Propagierung sind die Kanten, auf denen sich ein Detektor mit einem aktuellen Wert befindet. Über mehrere Iterationsschritte wird die Verkehrsstärke solange durch das Netz propagiert, bis alle Netzelemente einen Verkehrsstärkewert besitzen oder die maximale festgelegte Anzahl an Iterationsschritten erreicht ist. In jeder Initialisierungsphase werden zuerst alle Knoten markiert, welche mindestens einen Zu- bzw. Ablauf mit einer schon bekannten Verkehrsstärke besitzen. Anschließend wird der Wert über die Verteilungsfaktoren des Knotenpunktes auf die anderen Zu- bzw. Abläufe übertragen. Der nächste Iterationsschritt beginnt dann wieder mit der Markierung der Knoten. Auf diese Weise wird das komplette Netz mit Werten gefüllt. Zu jedem Verkehrsstärkewert wird auch ein Zuverlässigkeitswert berechnet, der sich aus der Weg-Distanz zwischen der entsprechenden Kante und dem Ort des Detektors sowie der Anzahl der dazwischenliegenden Abbiegemöglichkeiten ergibt.

Für die Propagierung der Verkehrsstärke wurden die Kanten mit virtuellen Detektoren ausgestattet, die sich jeweils am Anfang und am Ende einer Kante befinden. Um die Verkehrsstärke zu berechnen, werden die Verkehrsstärken des Zu- bzw. des Ablaufs durch Aufsummieren aller anliegenden Abbiegeströme ermittelt. Diese Werte werden durch die virtuellen Detektoren repräsentiert. Dieser virtuelle Detektor hat die gleichen Eigenschaften wie ein normaler Detektor,

d.h. er liefert zeitabhängige Werte. Im Verlauf einer Propagierung wird man sich aus unterschiedlichen Richtungen diesen virtuellen Detektoren nähern, wodurch es zu unterschiedlichen Verkehrsstärken kommen kann. Für diesen Fall wird die resultierende Verkehrsstärke der Abbiegeströme ermittelt, indem die ankommenden Verkehrsstärken gewichtet werden. Bei unterschiedlichen Verkehrsstärkedaten auf den Kanten wird der Wert weiterpropagiert, dessen Zuverlässigkeitswert größer ist. Bei gleichem Wert, wird der kleinere Verkehrsstärkewert des einen virtuellen Detektors durch den größeren ersetzt.

14.2.2 Prognose der zu erwartenden Verkehrsstärke

Für die Prognose der Verkehrsstärke kommt für jeden Zeithorizont der gleiche Propagierungsalgorithmus mit unterschiedlicher Datengrundlage zur Anwendung. Bei vorhandenen Knotenzählungen werden die Verteilungsmatrizen für den entsprechenden Zeithorizont neu berechnet (dynamische Verteilungsfaktoren). Die zukünftige Verkehrsstärke an den Detektoren wird, ausgehend vom aktuellen Wert, anhand von Tagesganglinien ermittelt (siehe Abbildung 14-3) und dient wieder als Ausgangspunkt der Propagierung. Dabei besitzt jeder Detektor seine eigene Tagesganglinie unterteilt nach Tagesgruppen wie Werktage, Ferien oder Feiertage. Sie wird aus den letzten 10 Verkehrsstärkewerten berechnet und exponentiell geglättet, d.h. die jüngsten Werte gehen stärker ein als die ältesten. Anschließend erfahren die Tagesganglinien, die in 5 Minuten Intervallen eingeteilt sind, eine exponentielle Glättung zweiter Ordnung (siehe Abbildung 14-3).

Analog werden die Verkehrsstärken aus der Verkehrsmengenkarte anhand einer Referenzganglinie berechnet und bei zu geringer Trefferwahrscheinlichkeit für die Kante übernommen. Anschließend werden die prognostizierte Verkehrsstärke sowie der Zuverlässigkeitswert für jedes Netzelement im KKM abgespeichert, das für weitere Dienste zur Verfügung steht.

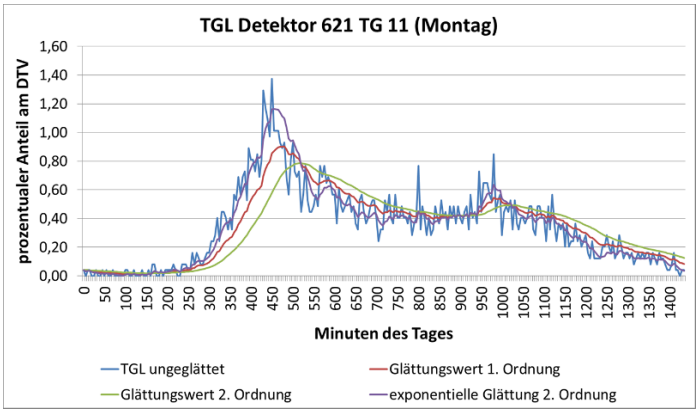


Abbildung 14-3. Tagesganglinie eines Detektors.

14.2.3 Ermittlung der aktuellen und prognostizierten Verkehrskapazitäten des Netzes

Freie Strecke und Knoten ohne Vorfahrtsregelung

Bei einer netzweiten Betrachtung der Kapazitäten ist es sinnvoll, den Netzelementen (Kanten) vorerst eine statische Kapazität zuzuweisen. Dafür bietet sich die Formel nach Kutzner (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. 2001) an, mit der sich statische Kapazitäten ermitteln lassen. Der Verkehrsablauf auf innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen ist jedoch wesentlich von den Knotenpunkteinflüssen abhängig. Für Knoten ohne Vorfahrtsregelung werden statische Kapazitäten nach HBS hinterlegt (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. 2001). Bei der dynamischen Kapazitätsberechnung unterscheidet man zwischen Knoten mit Vorfahrtsregelung durch Verkehrszeichen und Knoten mit Lichtsignalanlage.

Knoten mit Vorfahrtsregelung durch Verkehrszeichen

An vorfahrtsgeregelten Knoten wird zwischen bevorrechtigten und wartepflichtigen Verkehrsströmen unterschieden. Die wartepflichtigen Verkehrsströme sind dabei den bevorrechtigten stets untergeordnet. Ein wartepflichtiger Verkehrsstrom kann nur dann den Knotenbereich befahren, wenn dieser durch den bevorrechtigten Strom geräumt ist bzw. momentan kein bevorrechtigter Strom zu berücksichtigen ist. Die Konfliktfläche der einzelnen Verkehrsströme ist der Bereich, der von mehreren Strömen nacheinander in Anspruch genommen wird. Der wartepflichtige Strom kann diesen Konfliktbereich nur unter der Voraussetzung befahren, dass im bevorrechtigten Strom eine ausreichend große Lücke vorhanden ist. Bei einer vorgegebenen Verkehrsbelastung q_p im bevorrechtigten Verkehrsstrom, lässt sich die Kapazität C des wartepflichtigen Nebenstroms i wie folgt berechnen (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. 2001):

$$C_i = \frac{3600}{t_f} \times e^{-\frac{q_p}{3600}\left(t_g - \frac{t_f}{2}\right)} \tag{14.1}$$

Dabei entspricht t_f der Folgezeitlücke und t_g der Grenzzeitlücke. Die Grenzzeitlücke ist dabei die kleinste Zeitlücke in einem übergeordneten Verkehrsstrom, die von einem wartepflichtigen Fahrzeug zur Ausführung des beabsichtigten Fahrmanövers angenommen wird. Die Folgezeitlücke ist die Bruttozeitlücke zwischen aufeinander folgenden Nebenstrom-Fahrzeugen, die in dieselbe Zeitlücke im Hauptstrom einfahren (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. 2001). Zur Bestimmung der Vorfahrtsregelung an ungeregelten Knoten muss die Rangfolge der Vorfahrt definiert werden. Dabei sind die Ränge hierarchisch geordnet. Straßen höheren Ranges sind den Straßen niedrigeren Ranges jeweils untergeordnet. Bei den betrachteten Knoten wird zwischen Kreuzungen und Einmündungen unterschieden, wobei die Einteilung in die unterschiedlichen Ränge nahezu identisch ist. Jeder untergeordnete Verkehrsstrom hat aufgrund der vorfahrtrechtlichen Hierarchie verschiedene übergeordnete Verkehrsströme zu beachten. Für die nicht bevorrechtigten Verkehrsströme

bestehen umso weniger Möglichkeiten zum Abbiegen oder Kreuzen, je größer die Verkehrsstärken der zu beachtenden Hauptströme sind. Es existiert dabei ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen der Verkehrsstärke q und der Kapazität C eines Nebenstromes. Für jeden einzelnen Nebenstrom wird somit in Abhängigkeit seines Ranges die Kapazität ermittelt.

Knoten mit Lichtsignalanlage

Die Kapazität der einzelnen Fahrspuren eines lichtsignalgesteuerten Knotens wird laut Richtlinie für Lichtsignalanlagen (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. 1992) in erster Linie von der Freigabezeit t_{GZ}, der Umlaufzeit t_u und dem Verkehrsaufkommen der Gegenrichtung bestimmt.

In Dresden existiert der Signalplan-Online-Datenstrom, in dem für bereits über 300 Lichtsignalanlagen[119] sekündlich die Signalzustände der einzelnen Signalgeber übertragen werden. Anhand dieser Informationen können die Freigabezeiten für jede Signalgruppe ermittelt werden. Dafür wird auf einen Dienst, der Schaltzeitprognosen berechnet, zurückgegriffen. Für den gegebenen Zeithorizont stellt dieser die Freigabezeit für jede Signalgruppe zur Verfügung (Pape 2012). Ebenso wird die Umlaufzeit des aktuellen und des zukünftigen Programms ausgegeben, welche für die Kapazitätsberechnung notwendig ist. Dafür wurden von dem Dienst historische Daten analysiert und die durchschnittliche Freigabezeit für jedes einzelne Programm zu einer bestimmten Tageszeit berechnet. Somit ist es auch möglich, eine Programmumschaltung durch die Wochenautomatik zu berücksichtigen, da die erwarteten Freigabezeiten des neuen Programms bekannt sind (siehe Abbildung 14-4).

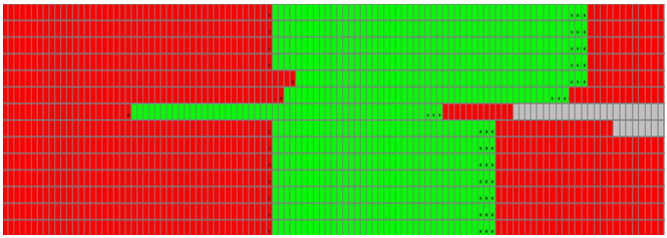


Abbildung 14-4. Beispiel eines Programmwechsels und Veränderung der Freigabezeit pro Umlauf.

Bei der Berechnung der Kapazitäten wird zwischen Fahrspuren mit und ohne Gegenverkehr unterschieden. Die Berechnung erfolgt jeweils nach dem HBS. Somit beschränkt sich die Kapazität für Fahrspuren ohne Gegenverkehr nur auf die Freigabezeit t_{GZ} und der Folgezeitlücke t_f, die laut HBS abhängig von der Freigabezeit pro Umlauf ist (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. 2001).

[119] Stand: 30.11.2017

$$C = \frac{t_{GZ}}{t_f} \; mit \; t_f = \begin{cases} 1{,}8s, wenn \; t_{\mathrm{GZ}} > 10s \\ 1{,}5s, wenn \; 6\mathrm{s} < t_{\mathrm{GZ}} \leq 10s \\ 1{,}2s, \mathrm{wenn} \; t_{\mathrm{GZ}} \leq 6s \end{cases} \tag{14.2}$$

Bei reinem Linksabbiegerverkehr sind die Kapazitäten vom Verkehrsaufkommen und der Anzahl der Fahrspuren der Gegenrichtung abhängig.

14.2.4 Prinzip der Verkehrslageprognose

Ermitteln des LOS anhand des Auslastungsgrades

Zur Ermittlung der Verkehrsüberlastung auf freier Strecke und an ungeregelten Knoten wird der Auslastungsgrad *a* der einzelnen Netzelemente herangezogen. Dabei wird die Anzahl der Fahrzeuge *q*, welche den Abschnitt in einer bestimmten Zeitspanne passieren mit der maximal möglichen Anzahl von Fahrzeugen (Kapazität *C*) in Relation zueinander gesetzt.

$$a = \frac{q}{c} \tag{14.3}$$

Dabei beschreibt die Kapazität die größte Verkehrsstärke, die ein Verkehrsstrom bei gegebenen Weg- und Verkehrsbedingungen an einem bestimmten Querschnitt erreichen kann.

$$C = q_{max} \tag{14.4}$$

Innerorts hängt der LOS im Wesentlichen von den Knotenpunkten ab. Trotzdem wird auch der Auslastungsgrad auf der freien Strecke zwischen den Knoten bestimmt, da es vorkommen kann, dass auf einer zwei-streifigen Strecke ein Streifen gesperrt ist. Dadurch sinkt die Kapazität erheblich und es kann schneller Stau entstehen. Ein LOS von F liegt vor, wenn der Sättigungsgrad größer eins ist, also die Verkehrsstärke größer ist als die Kapazität. Dies verhält sich ebenso an allen Verkehrsströmen der Knoten mit Vorfahrtsregelung.

Ermitteln des LOS an Lichtsignalanlagen

Der LOS an Lichtsignalanlagen wird nach HBS anhand der mittleren Wartezeit berechnet. Die mittlere Wartezeit w wird nach folgender Formel berechnet:

$$w = \frac{t_U(1-f)^2}{2(1-\frac{q}{q_s})} + \frac{3600 \times N_{GE}}{f \times q_s} \tag{14.5}$$

mit

t_U = Umlaufzeit Einheiten [s]
f = Freigabezeitanteil (t_f/t_U) [-]
q = Verkehrsstärke auf dem betreffenden Fahrstreifen [Fz/h]
q_s = zugehörige Sättigungsverkehrsstärke für den betreffenden Fahrstreifen [Fz/h]
N_{GE} = mittlerer Reststau am Ende der Grünzeit für den betrachteten Zeitraum [Fz].

Der mittlere Reststau wird in Abhängigkeit des Sättigungsgrades berechnet. Mit Hilfe der mittleren Wartezeit kann nun der LOS anhand der Tabelle 14-1 abgelesen werden. Die Berechnung des LOS wird für alle möglichen Abbiegespuren einzeln durchgeführt.

Tabelle 14-1. Grenzwerte LOS für verschiedene Verkehrsteilnehmergruppen (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. 2001).

QSV	zulässige mittlere Wartezeit w [s]				Prozentsatz der Durchfahrten ohne Halt [%]
	Straßengebundener ÖPNV	Fahrradverkehr	Fußgängerverkehr[1)]	Kraftfahrzeugverkehr (nicht koordinierte Zufahrten)	Kraftfahrzeugverkehr (koordinierte Zufahrten)
A	≤ 5	≤ 15	≤ 15	≤ 20	≥ 95
B	≤ 15	≤ 25	≤ 20	≤ 25	≥ 85
C	≤ 25	≤ 35	≤ 25	≤ 50	≥ 75
D	≤ 40	≤ 45	≤ 30	≤ 70	≥ 65
E	≤ 60	≤ 60	≤ 35	≤ 100	≥ 50*
F	> 60	> 60	> 35	> 100	< 50*

[1)] Zuschlag von 5 s bei Überquerung von mehreren Furten
* Koordinierung unwirksam

Ermittlung der Verkehrslageprognose auf der Grundlage von Referenzganglinien

Für die Ermittlung der Verkehrslageprognose auf der Grundlage von Referenzganglinien werden für jedes Netzelement Tagesganglinien anhand historisch aufgezeichneter Daten aus dem Verkehrslagearchiv erstellt. Da die zeitlichen Verläufe von Verkehrskenngrößen an verschiedenen Wochentagen unterschiedlich sind, werden zur Sicherstellung einer guten Qualität für verschiedene Tagesklassen verschiedene Referenzganglinien bereitgestellt. Nach entsprechenden Untersuchungen ergaben sich dabei 16 Tagesklassen. Zu den 7 Wochentagen außerhalb und innerhalb der Ferien kommt noch die Einteilung nach Feiertagen und Brückentagen hinzu. Für jeden LOS gibt es eine Verteilung über den Tag je nach Häufigkeit des Auftretens im vorgegebenen 5 Minuten Intervall (siehe Abbildung 14-5). Die resultierende Tagesganglinie ergibt sich aus dem LOS eines Intervalls mit dem höchsten prozentualen Anteil.

Wenn ein aktueller LOS auf dem Netzelement vorhanden ist, dann wird die resultierende Tagesganglinie an diesen Wert angepasst und die zukünftigen Werte entsprechend dem Verlauf abgelesen. Sollte kein aktueller Wert vorhanden sein, wird der zukünftige Wert in der Tagesganglinie ohne Anpassung ausgelesen. Somit stehen qualitativ aufgewertete Verkehrslageaussagen für die aktuellen und zukünftigen Zeithorizonte zur Verfügung und dienen als Datengrundlage für weiterführende Anwendungen.

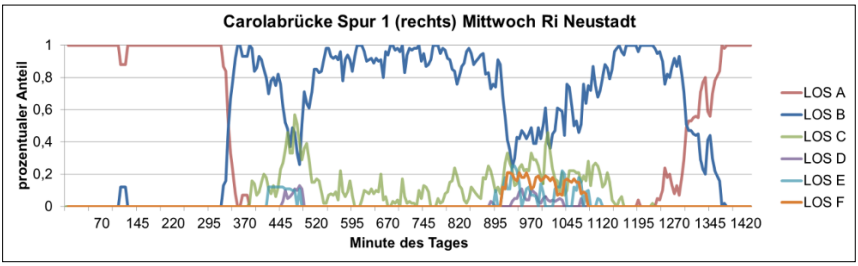


Abbildung 14-5. Verlauf der Tagesganglinien für unterschiedliche LOS am Beispiel eines Detektors auf der Carolabrücke Richtung Altstadt.

14.3 Reisezeitprognose in VAMOS

Die Reisezeiten werden, wie in Kapitel 7 beschrieben, durch Taxi-FCD, Geschwindigkeitsmessungen stationärer Detektoren und Tagesganglinien ermittelt. Hinzu kommen die Wartezeiten an den Lichtsignalanlagen die anhand der Freigabezeiten und Verkehrsstärken ermittelt werden. Dies wird sowohl auf dem spurfeinen Netzmodell sowie auf dem Verkehrsstrommodell durchgeführt. Für die Prognose wird in erster Linie auf Tagesganglinien zurückgegriffen, die für jedes Streckenelement aus den FCD erzeugt werden. Diese existieren für mehrere Tagesgruppen, wie Wochentage, Ferien, Feiertage und Brückentage. Die Tagesganglinien werden in 15-Minuten-Intervalle eingeteilt für die jeweils eine durchschnittliche Reisezeit und eine Standardabweichung existieren (siehe Abbildung 14-6). Für kurzfristige Prognosen mit maximal 60 Minuten Zeithorizont werden auch die mittleren Wartezeiten an den LSA hinzugezogen. Diese werden ermittelt, in dem die durchschnittlichen Freigabezeiten über den Tag verteilt bekannt sind und die Verkehrsstärke bis zu 60 Minuten in der Zukunft propagiert wird wodurch ebenfalls Tagesganglinien der Detektoren für die Verkehrsstärke zum Einsatz kommen. Sollte es mehrere Reisezeitwerte für einen Verkehrsstrom geben, so werden diese anhand ihrer Gewichtung fusioniert.

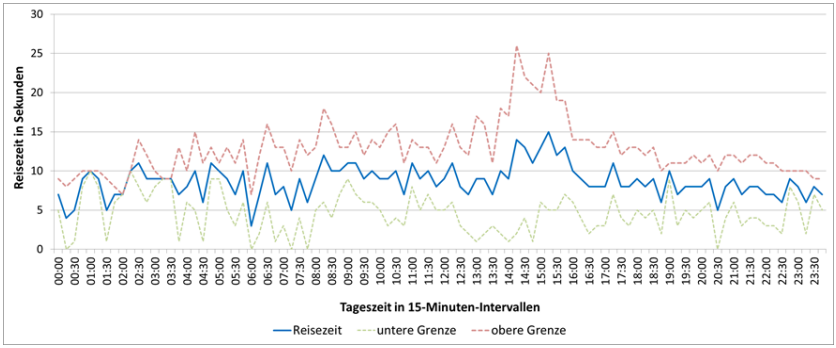


Abbildung 14-6. Beispiel einer Reisezeit-Tagesganglinie mit Standardabweichung (obere/untere Grenze).

14.4 Raumzeitliche Vorhersage mit STARMA

Zeitreihenanalysen und Vorhersagen werden vor allem im Finanz- bzw. Business Intelligence (BI) Umfeld seit Jahrzehnten eingesetzt. Weit verbreitet ist das eingangs erwähnte ARIMA-Modell, das einen stochastischen zeitdiskreten Prozess aus vergangenen Werten der Zeitreihe (Autoregressiver Teil = AR) gekoppelt mit durchschnittlichen Fehler- bzw. Rauschwerten (Gleitender Durchschnitt = Moving Average = MA) repräsentiert. Das Schätzen von Zeitreihen kann durch Trends und saisonale Muster verfälscht werden. Die Zeitreihe befindet sich dann in einem nicht-stationären Zustand. Stationarität kann durch Ableitungen des ARMA-Modells (Integration = I) erreicht werden. Die Anzahl an AR- (p) und MA-Termen (q), sowie der Ableitungen (d) kann unterschiedlich gewählt werden, weshalb die ARIMA-Modelle immer mit drei Zahlenwerten beschrieben werden, z.B. ARIMA(2,1,2) (Box et al. 2015).

Es liegt nahe, die entwickelten Ansätze auch für Messreihen von Sensoren einzusetzen, wobei hier mit der räumlichen Dimension eine weitere Abhängigkeit berücksichtigt werden sollte. Pfeiffer und Deutsch haben dafür in den 1980er Jahren das ARIMA-Modell über eine räumliche Komponente erweitert (Space-Time ARIMA) (Pfeifer und Deutsch 1980, 1981). STARIMA-Modelle lassen sich dann einsetzen, wenn mehrere Zeitreihen räumlich verteilt mit gleichen Zeitintervallen vorliegen. Sie wurden bereits eingesetzt, um die Fließeigenschaften von Flüssen, die Ausbreitung von Krankheiten, aber auch die Beschreibung von Verkehrsprozessen zu modellieren. Die Zeitreihen der Dresdner Verkehrsdetektoren unterliegen zwar einer täglichen Saison, wie sehr gut in Abbildung 14-3 zu erkennen ist. Wird jedoch ein längerer Zeitraum betrachtet (z.B. zwei Wochen) kann Stationarität nachgewiesen werden, was zusätzliche Ableitungen überflüssig macht (Wolf 2017). Deshalb wird in der Folge auf das STARMA-Modell eingegangen.

14.4.1 Eignung von STARMA für Verkehrsvorhersagen

STARMA-Modelle können den gesamten Prozess (unendlich viele Zeitreihen) mit nur einem Modell abbilden, während Modelle wie ARMA für jede Zeitreihe jeweils ein eigenständiges Modell definieren. Außerdem reduziert die räumliche Abhängigkeit die Anzahl der benötigten AR und MA Koeffizienten der STARMA-Modelle. Kamarianakis und Prastacos (2003) verglichen ein STARIMA-Modell mit 7 Koeffizienten mit einem ARIMA-Modell mit 75 und stellten eine ähnliche Güte fest. Darüber hinaus konnten sie beweisen, dass die Vorhersagegenauigkeit zusätzlich signifikant von der Anzahl der Sensoren abhängt. Ist die Anzahl der Sensoren sehr gering und sind diese sehr stark über den Raum gestreut, kann keine Abhängigkeit modelliert werden. Wenn die Anzahl der Sensoren steigt, steigt auch die Genauigkeit des Modells. Khan et al. (2012) fanden bei ihren Untersuchungen heraus, dass sich STARMA-Modelle für einfache Netzwerke mit frei fließendem Verkehr gut eignen. Für komplexere Netzwerke, in denen schwankende und stauende Verkehrszustände vorkommen, sinkt die Vorhersagegenauigkeit.

14.4.2 Aufbau des STARMA-Modells

Das STARMA(p_m, q_n)-Modell beschreibt eine Beobachtung zum Zeitpunkt t an einem Standort als gewichtete lineare Kombination von Beobachtungen zu früheren Zeitpunkten i von dem Standpunkt sowie seiner (räumlichen) Nachbarn. Die räumliche Abhängigkeit wird durch gewichtete Adjazenzmatrizen $W^{(k)}$ definiert. Die Matrizen besitzen unterschiedliche räumliche Ordnungen $k = 1,2, \dots, n$ (Pfeifer und Deutsch 1980).

$$Y_t = \sum_{i=1}^{p} \sum_{k=0}^{m_i} \Phi_{ik} W^{(k)} Y_{t-i} - \sum_{i=1}^{q} \sum_{k=0}^{n_i} \theta_{ik} W^{(k)} \varepsilon_{t-i} + \varepsilon_t \tag{14.6}$$

Wie bereits oben erklärt, zählen p und q jeweils die Ordnung der AR und MA-Terme. m_i und n_i stehen für die Anzahl der räumlichen Ordnungen des jeweiligen p-ten AR- und q-ten MA-Terms. Φ_{ik} und θ_{ki} sind die geschätzten Parameter und $W^{(k)}$ die gewichtende Adjazenzmatrix k-ter Ordnung. $\varepsilon(t)$ ist ein normalverteilter Fehler mit Mittelwert 0 (Kamarianakis und Prastacos 2003; Khan et al. 2012; Pfeifer und Deutsch 1980). Eine aufschlussreiche Gegenüberstellung der verschiedenen Zeitreihen-Modelle liefern Ermagun und Levinson (2016) in ihrem Paper (siehe Abbildung 14-7). Hier wird der geschätzte autoregressive Wert mit β_{ik} bezeichnet, statt mit dem in der Literatur gebräuchlicheren Φ_{ik}.

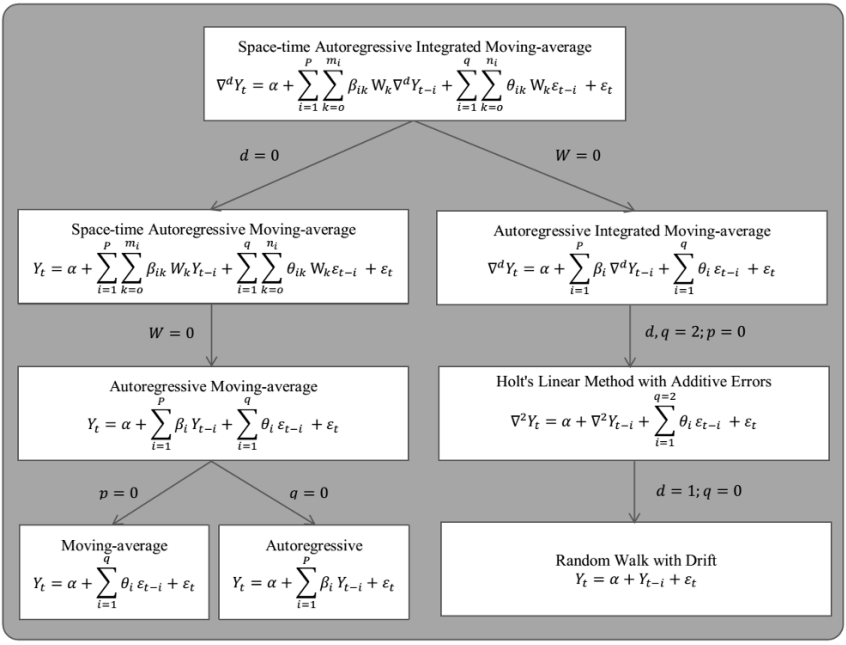


Abbildung 14-7. Gegenüberstellung verschiedener Zeitreihenmodelle (Ermagun und Levinson 2016).

14.4.3 Modellierung von räumlichen Nachbarschaften

Der Grundgedanke zu räumlichen Abhängigkeiten in STARMA-Modellen kann mit dem ersten Gesetz der Geographie von Tobler (1970) beschrieben werden:

> *„Everything is related to everything else, but near things are more related than distant things."*

Diese Beziehung gilt auch in Verkehrsnetzwerken und wird in Form der gewichteten Adjazenzmatrizen definiert. Sie bilden hierarchische Ordnungen und sind die Basisstruktur der Modellfamilie (Kamarianakis und Prastacos 2005). Die Modellierung des räumlichen Netzwerkes ist ein sehr wichtiger und zugleich schwieriger Prozess, da er die Genauigkeit des Modells wesentlich beeinflusst. Ein Verkehrsnetzwerk kann als Repräsentation von Knoten (N) und Kanten (E) aus der Graphentheorie nach Euler (1741) beschrieben werden. In realen Verkehrsnetzen stellen die Kanten Streckenabschnitte dar, die an Kreuzungspunkten (Knoten) aufeinandertreffen. Diese Verlinkungen können in einer binären N x N Matrix dargestellt werden (siehe Abbildung 14-8).

1.Ordnung									
Knoten	A	B	C	D	E	F	G	H	J
A	0	1	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	1	1	0	0	0
C	0	0	0	0	0	1	0	0	0
D	0	0	0	0	0	1	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	1	0	0
F	0	0	0	0	0	0	1	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	1
H	0	0	0	0	0	0	0	0	1
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0

2.Ordnung									
Knoten	A	B	C	D	E	F	G	H	J
A	0	0	0	0	1	1	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0	1	0	0
C	0	0	0	0	0	0	1	0	0
D	0	0	0	0	0	0	1	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	1
F	0	0	0	0	0	0	0	0	1
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Abbildung 14-8. Adjazenzmatrizen für Nachbarn 1. Ordnung und 2. Ordnung.

Zwei Knoten sind miteinander verbunden, wenn in der Matrix für ein Element $w_{ij}^{(k)}$ eine 1 steht (Cheng et al. 2014). Die Abhängigkeit der einzelnen Knoten kann durch zwei unterschiedliche Richtungen gekennzeichnet sein. Die Größe der Matrizen entspricht der Anzahl der Knoten bzw. Sensoren in einem Netzwerk. In einfachen Fällen erhält jedes Element $w_{ij}^{(k)}$ einer Zeile das gleiche Gewicht. In komplexeren Fällen kann das Gewicht durch weitere Faktoren, wie Entfernung, Reisezeit, etc. angepasst werden damit das Verkehrsnetz realer abgebildet wird (Cheng et al. 2012; Khan et al. 2012; Pfeifer und Deutsch 1980). Die Ordnungen der Matrizen sind durch ihre nächste Nachbarschaft definiert. Nachbarn erster Ordnung stehen über die direkte Verbindung durch eine Kante zueinander in Beziehung. Nachbarn zweiter Ordnung stehen über Nachbarn erster Ordnung in Verbindung, usw. (Kamarianakis und Prastacos 2005). Die Ordnungen können nicht nur über die Zahl der Kanten, über welche die Knoten erreichbar sind, definiert sein, sondern auch über zeitliche Erreichbarkeiten. Die erste Ordnung würde

dann z.B. alle Kanten einschließen, über die der Verkehr in einer Zeitspanne („Lag“) von 5 Minuten zum Knoten gelangen kann. Die Nächste Ordnung würde den Bereich 5 bis 10 Minuten abdecken (Cheng et al. 2014).

Im Rahmen des Projektes ExCELL wurde zunächst versucht raum-zeitliche Nachbarschaften mit Isochronen zu ermitteln (Abbildung 14-9). Die Knoten sind in dem Fall die stationären Verkehrssensoren in Dresden. Ein räumlicher Verschnitt („Spatial Join“) zwischen Sensoren und Isochronen ist jedoch fehleranfällig, da die Ausrichtung des Sensors nicht berücksichtigt wird (Kunde et al. 2017b). So kann ein Sensor als Nachbar gekennzeichnet werden, der im Randbereich eines Isochronen-Polygons auf einer Straßenspur liegt, die vom Zielsensor weg zeigt. Verkehr, der diesen Sensor passiert, wird sehr wahrscheinlich nicht den Zielknoten im Zeitfenster der Filter-Isochrone erreichen. Andererseits könnte auch ein Einfluss auf Messwerte durch einen Rückstau entstehen, der jedoch aus den vorhandenen Daten schwer zu messen ist. Ein zweiter Ansatz ist die Analyse von historischen Taxi-FCD zwischen allen Sensorstandorten. Dies lässt sich die durchschnittliche Reisezeit, Streckenlänge und Anzahl an Fahrten ermitteln, die für eine Gewichtung der Adjazenzmatrix eingesetzt werden können. In Abbildung 14-9 wurde die Pfeilstärke entsprechend der Anzahl an Taxifahrten gewichtet (von 130 bis 6200). Es ist zu erkennen, dass zwischen manchen Sensoren, die durch das Isochron als Nachbarn klassifiziert werden, keine Fahrten gefunden wurden. Die Taxi-FCD sind natürlich nur ein Bruchteil des Gesamtverkehrs und können nur eine Tendenz aufzeigen. Ein Verschnitt mit den Reisezeiten aus VAMOS wäre daher ein wichtiger Input.

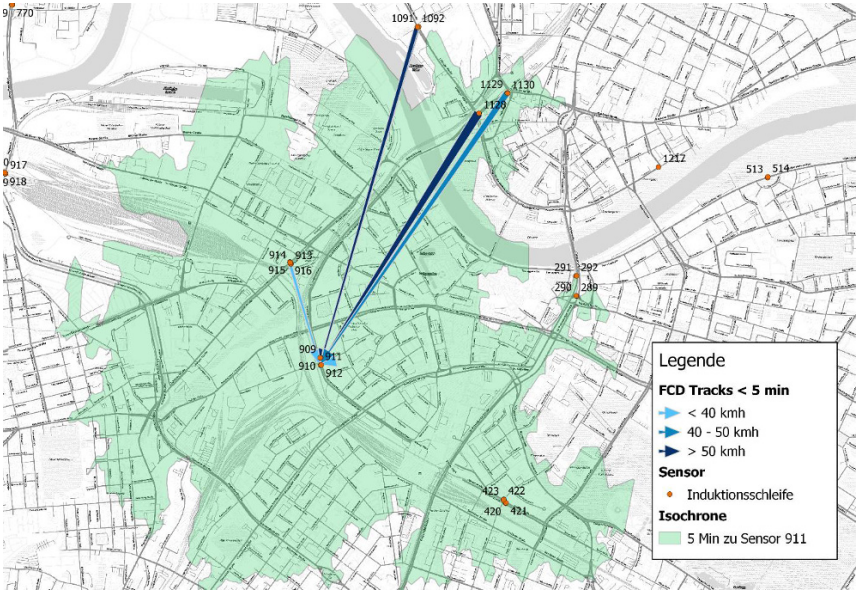


Abbildung 14-9. Methoden zur Bestimmung von raum-zeitlichen Nachbarn.

14.4.4 Schrittweise Modellierung

Die Modellierung von zeitlichen Prozessen ist ein iterativer Vorgang. Die vorgestellten Methoden und Modelle werden schrittweise ausgeführt, um möglichst genau den Prozess zu erklären. Ein sehr bekannter Ansatz ist die Methode des *„iterative three-stage modeling“* nach Box et al. (2015). Bei diesem Ansatz wird der gesamte Prozess in drei Schritte (Stufen) eingeteilt. Der erste Schritt ist die Modellidentifikation, Schritt zwei ist die Modellschätzung und Schritt drei die Modelldiagnose. Die Modellidentifikation wird mit der Autokorrelationsfunktion (ACF) und der partiellen ACF (PACF) ermittelt. Bei der ACF werden die Zeitreihen um ein bestimmtes Zeit-Lag versetzt und gegen sich selbst korreliert, d.h. die Kovarianz zum Zeitpunkt des Lags i wird durch die Kovarianz zum Zeitpunkt 0 dividiert.

$$\rho_i = \frac{\mathrm{Cov}[y_t, y_{t-i}]}{\sqrt{\mathrm{Var}[y_t]}\sqrt{\mathrm{Var}[y_{t-i}]}} = \frac{\gamma_i}{\sqrt{\gamma_0}\sqrt{\gamma_0}} = \frac{\gamma_i}{\gamma_0} \tag{14.7}$$

Bei der PACF werden noch die Intervalle zwischen Zeitpunkt 0 und Lag hinzugezogen. Ein Wert nahe -1 belegt einen stark negativen, ein Wert nahe 1 einen stark positiven Zusammenhang. Bei einem Wert um 0 gibt es keinen Zusammenhang und Stationarität liegt vor. Wenn das eingesetzte ARIMA-Modell über eine raum-zeitliche (space-time = ST) Erweiterung verfügt, müssen auch die ACF entsprechend erweitert sein (ST-ACF, ST-PACF). Die ST-ACF misst die Kreuz-Kovarianzen für alle möglichen Beziehungen der Standorte, versetzt in Zeit und Raum (Pfeifer und Deutsch 1980). Mithilfe der ACF lässt sich die Anzahl der MA Ordnungen und mit der PACF die Anzahl der AR Ordnungen sowie, falls notwendig, die Anzahl der Differentiationen eines möglichen Modells bestimmen. Zu den Methoden bei der Modellschätzung gehören unter anderem die Minimierung der Summe der Fehlerquadrate (kleinste Quadrate), die bedingte Maximum-Likelihood-Schätzung oder die Yule-Walker-Gleichung (Wei 2006; Schneider und Mentemeier 2016). Abbildung 14-10 zeigt das Ergebnis einer nicht differenzierten bzw. logarithmierten ST-ACF (oben) und ST-PACF (unten) für eine Zeitreihe eines Dresdner Sensors (Wolf 2017). Es wurden zwei Nachbarschaftsordnungen definiert – die nullte ist der Sensor gegen sich selbst. Der gestrichelte Bereich stellt das 95 % Konfidenzintervall für die Annahme von Stationarität dar.

Das saisonale Tagesmuster (48 Lags) ist bei der ST-ACF deutlich zu erkennen. Es sollte also zunächst differenziert (d) bzw. logarithmiert (log) werden. Laut dem Ergebnis der ST-PACF sollte ein Logarithmus beim saisonalen Lag gewählt werden, also nach einem Tag. Wenn nur ein Tag betrachtet wird, sollte die Zeitreihe in kleineren Intervallen aggregiert sein (z.B. 5 Minuten = 288 Lags). In Abbildung 14-11 können nun für die Anzahl an Ausschlägen pro Lags die MA (oben) und die AR (unten) gezählt werden. Je nachdem, ob die Lags der Saison hinzugezählt werden, würden sich in diesem Fall 0 bis 3 MA-Ordnungen und 8 bis 10 AR-Ordnungen ergeben.

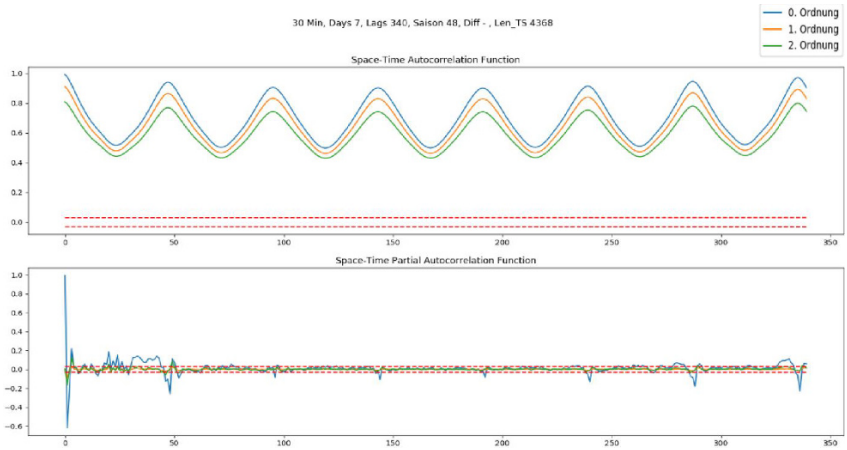


Abbildung 14-10. ST-ACF und ST-PACF mit 340 30 Minuten Lags (= 7 Tage) für einen Sensor.

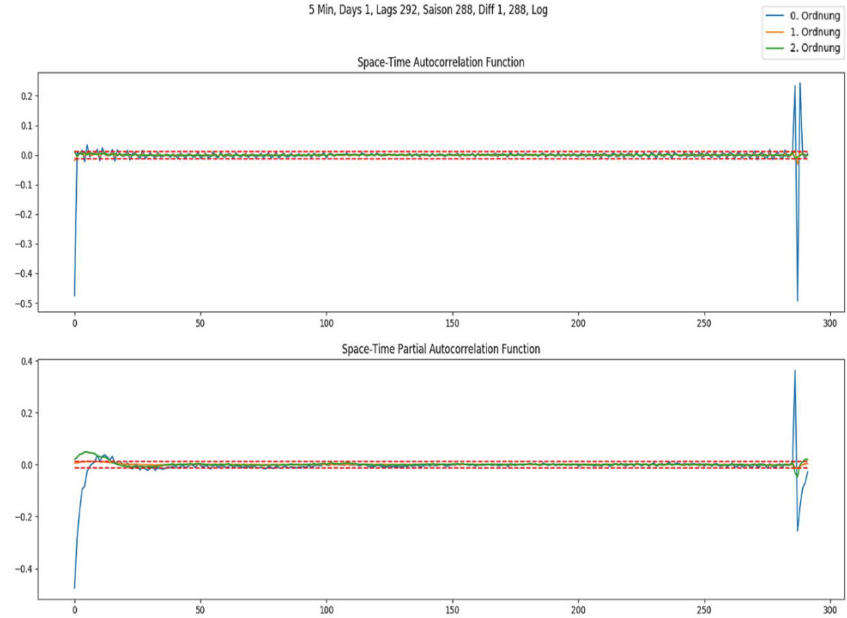


Abbildung 14-11. ST-ACF und ST-PACF für 288 5 Minuten Lags (= 1 Tag) für einen Sensor (d=1,log=288).

Damit sichergestellt werden kann, dass der Prozess durch ein gewähltes und angepasstes Modell möglichst genau geschätzt ist, wird die Zeitreihe in zwei Teile geteilt. Der erste Teil dient dazu, das Modell zu trainieren bzw. zu schätzen; der zweite Teil wird zur Modelldiagnose

verwendet. Zur Kontrolle der Parameter können t-Tests und p-Werte aus der deskriptiven Statistik eingesetzt werden (Khan et al. 2012). Zur Diagnose verschiedener geschätzter Modelle werden F-Tests oder Informationskriterien, wie das Akaike Informationskriterium (AIC) oder das Bayessche Informationskriterium (BIC), verwendet. Diese Informationskriterien geben Auskunft über die Anpassungsgüte eines Modells in Bezug auf die Beobachtungen, gemessen an der Anzahl der Parameter. Hier wirkt die Anzahl der Parameter strafend, so dass komplexere Modelle mit einer größeren Anzahl an Parametern weniger plausibel sind, als einfachere Modelle (Zucchini und Nenadic 2007).

14.4.5 Prognoseergebnisse mit STARMA

Für die Entwicklung eines Verkehrsvorhersage-Service wurde während des Projekts ExCELL eine Python-Bibliothek für das STARMA bzw. STARIMA-Modelle implementiert, da hierfür keine freie Softwarelösung gefunden werden konnte. Die pySTARMA-Bibliothek ist als Open Source Software unter GNU General Public License Version 2.0[120] auf GitHub[121] verfügbar. Mit ihr lassen sich Modelle aufstellen, testen und schätzen (Wolf 2017). Testergebnisse zeigen, wie stark die Güte einer Prognose von der unterschiedlichen Wahl der Terme abhängen kann. Abbildung 14-12 und Abbildung 14-13 zeigen Vorhersagen mit verschiedenen STARMA-Modellen. Das komplexere Modell mit jeweils 5 AR und MA Ordnungen produzierte größere positive Abweichungen, d.h. die Originalwerte werden unterschätzt, während das (2,2)-Modell genaue, aber stets überschätzende Vorhersagen macht.

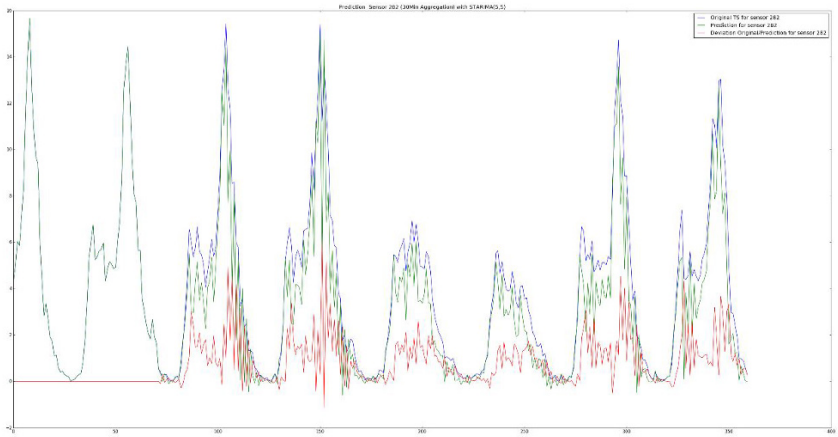


Abbildung 14-12. Unterschätzende 30 Min. Vorhersage (grün) und Fehler (rot) mit STARMA(5,5).

[120] http://www.gnu.de/documents/gpl-2.0.de.html
[121] https://github.com/MAGDa-BeuthHS/pySTARMA

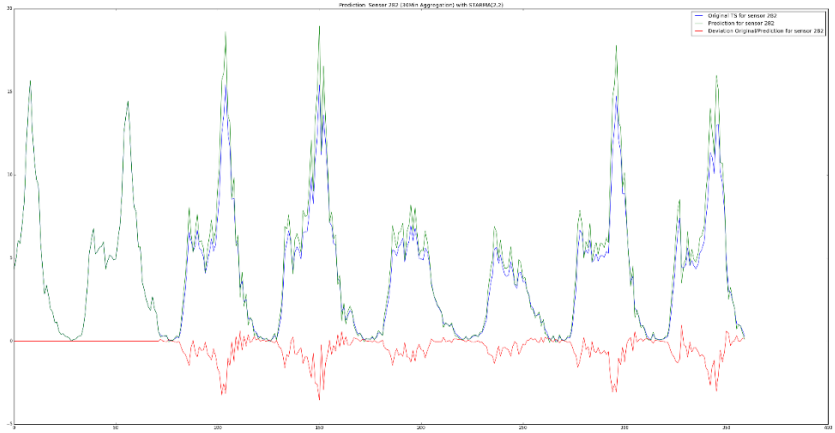


Abbildung 14-13. Überschätzende 30 Min. Vorhersage (grün) und Fehler mit STARMA (2,2).

14.5 Raumzeitliche Vorhersage mit Künstlichen Neuronalen Netzen

Forschung rund um künstliche neuronale Netze (gängige Abkürzung ANN für „Artificial Neural Network) erfahren derzeit getrieben durch den Hype um Buzzwords wie Deep Learning oder Künstliche Intelligenz (A.I.) neuen Aufwind. Dabei ist das Prinzip hinter ANNs schon viele Jahrzehnte alt. Allerdings sind Computerprozessoren bzw. Graphikkarten erst jetzt so leistungsstark, dass die Berechnungen von ANNs auch auf herkömmlichen Arbeitsrechnern schnell genug erfolgen kann und damit einer viel größeren Nutzerschicht zugänglich ist. Hinzu kommt, dass in den letzten Jahren neue und vor allem freie Software-Bibliotheken und Frameworks veröffentlicht wurden, welche den Zugang zu und den Einsatz von ANNs deutlich vereinfachen.

14.5.1 Aufbau und Funktionsweise von ANNs

Ein ANN besteht aus mehreren Schichten von Neuronen, die untereinander mit Kanten verbunden sind. Eingangsdaten (z.B. Bilder, Frequenzen, Text) werden als Vektoren modelliert in die Eingangsschicht des Netzes gegeben und durch die Gewichte an den Kanten via Matrixmultiplikation verändert. Die Summe der Ergebnisse wird dann in der nächsten Zwischenschicht (sog. Hidden Layer) an jedem Neuron verarbeitet. Die Neuronen sind im Grunde genommen nichts Anderes als nicht lineare Regressionsfunktionen (z.B. Sigmoid, Tangens), die S-förmig um 0 auf der X-Achse und zwischen -1 oder 0 bis 1 auf der Y-Achse verlaufen und unterschiedliche Schwellwerte besitzen. Wenn das Ergebnis einer solchen Funktion den Schwellwert überschreitet, wird das Neuron „aktiviert“ und sendet ein Signal an die nächste Schicht, d.h. die Gewichte aller Kanten vom aktivierten Neuron zur nächsten Schicht finden Berücksichtigung (siehe Abbildung 14-14).

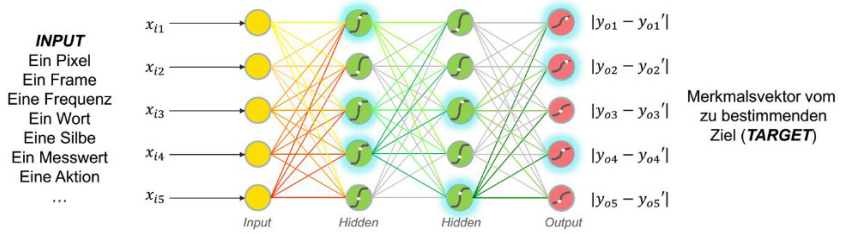


Abbildung 14-14. Aufbau eines künstlichen neuronalen Netz (Kunde 2017).

Wenn das Netz durchlaufen ist, wird das Ergebnis im Falle von überwachtem Lernen mit dem Erwartungswert verglichen. Eine Zielfunktion („Loss Function“) errechnet den Fehler, den es zu minimieren gilt. Es gibt verschiedene Arten von Zielfunktionen, je nachdem wie ein falsches Ergebnis bestraft werden soll. Der Fehler wird über das Netz zurückpropagiert (Backpropagation), um die Gewichte der Kanten anzupassen und das Ergebnis zu verbessern (Rumelhart et al. 1985). Die optimale Kombination von Gewichten zu finden, stellt ein NP-schweres Problem dar, d.h. man kann nur versuchen, den Fehler so gut es geht zu minimieren. Hierbei hilft das Gradientenabstiegsverfahren („Gradient Descent“), dass bei jeder Iteration durch das Netz dafür sorgt, das die Gewichte in Richtung eines Fehlerminimums angepasst werden (Lipton et al. 2015). Je hochdimensionaler die Daten, desto höher die Gefahr statt eines globalen lediglich ein lokales Minimum zu finden (siehe Abbildung 14-15) (Géron 2017).

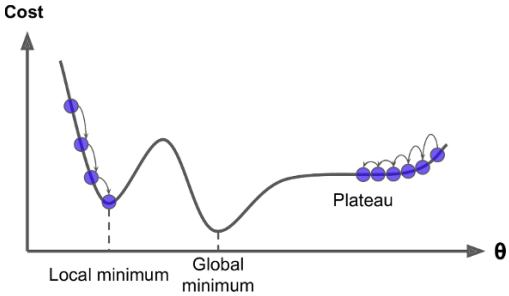


Abbildung 14-15. Lokales und globales Fehlerminimum bei Gradient Descent (Géron 2017).

14.5.2 Einsatz von ANNs für die Verkehrsprognose

ANNs finden etwa seit den 90er Jahren verbreitet Anwendung im Bereich der Verkehrsprognose (Smith und Demetsky 1994; Dougherty 1995). Oft wird hervorgehoben, dass ANNs aufgrund ihrer Flexibilität und der algorithmischen Logik besser in der Lage wären mit rauschenden Eingangsdaten umzugehen sowie nichtlineare Verkehrsmuster (z.B. hervorgerufen bei Staus durch Unfälle) besser vorherzusagen (Vlahogianni et al. 2005; Zeng und Zhang 2013).

Aufgrund der schwierigen Interpretierbarkeit ihrer Arbeitsweise („Black Box“) und der aufwendigen Berechnung werden ANNs aber auch seit jeher kritisch betrachtet (Kirby et al. 1997; Lippi et al. 2013).

ANNs sind auf viele Arten erweiterbar, wodurch sich zum Teil völlig neue Anwendungsfelder erschließen lassen. Der in Abschnitt 14.5.1 erklärte Algorithmus stellt die einfachste Form eines ANN dar – ein Feed Forward Neural Network (FFNN). Um Sequenzinformationen zu lernen existieren aber auch spezielle ANNs, bei denen die Schichten über Rückkopplungskanten miteinander vernetzt sind, d.h. für die Berechnung der Schwellwerte gehen bereits betrachtete frühere Zeitpunkte mit ein (rekurrente neuronale Netze - RNN) (siehe Abbildung 14-16). So lassen sich zeitliche Abfolgen von Aktionen lernen (Lipton et al. 2015). Dies wurde unter anderem von Van Lint et al. (2002) eingesetzt. Liu et al. (2006) ergänzten das Modell um einen zeitlichen Versatz (Time-Delay). Polson und Sokolov (2016) und Kunde et al. (2017a) nutzen wiederum ein einfaches FFNN, erweiterten ihre Inputdaten aber um Sequenzinformationen und konnten eine Verbesserung bei den Prognosen feststellen. Es funktioniert also auch, ein RNN mit einem FFNN zu imitieren.

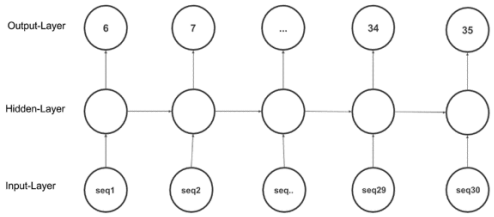


Abbildung 14-16. Aufbau eines rekurrenten Neuronalen Netzes zum Lernen von Sequenzen (Faraj 2017).

Aktuellere Veröffentlichungen nutzen ANNs, die momentan unter dem Schlagwort „Deep Learning“ für Schlagzeilen sorgen: Convolutional Neural Networks (CNN) (LeCun und Bengio 1995) und Long Short-Term Memory Neural Networks (LSTM) (Hochreiter und Schmidhuber 1997). CNNs sind spezialisiert auf die Reduktion von Inputdaten, um leichter Muster in den Daten zu erkennen, z.B. Objekte in Bildern. Dies erreichen sie beispielsweise mit Kernel-Funktionen (Lippi et al. 2013). LSTMs sind dank cleverer Filtermechanismen wiederum darauf spezialisiert auf langen Sequenzen zu lernen, welche ansonsten den Gradienten und damit verbunden das Lernverhalten von herkömmliche RNNs aushebeln. LSTMs sind deshalb vor allem im Text Mining und Spracherkennungsumfeld beliebt. Ma et al. (2015) waren mit die ersten, die LSTMs für die Vorhersage von zukünftigen Werten an zwei Sensoren im Straßennetz getestet haben und beweisen konnten, dass die Genauigkeit gegenüber anderen RNNs höher ist. Zhang et al. (2017) zeigen wie ein CNN mit einem LSTM kombiniert werden kann. Die Eingangsdaten werden zunächst mit einem CNN wie ein Bild ausgewertet und klassifiziert und das LSTM lernt dann eine zeitliche Sequenz der Ergebnisse.

14.5.3 Herangehensweise bei der Entwicklung von ANNs

Für die verschiedenen Arten von Neuronalen Netzen existieren mittlerweile einige freie Software-Frameworks. Das Projekt Keras[122] bietet eine einsteigerfreundliche Schnittstelle (Application Programming Interface - API), um die Algorithmen möglichst schnell zur Anwendung zur bringen. Bibliotheken wie TensorFlow[123] oder Deeplearning4J[124] haben einen Low-Level-Ansatz, d.h. mit ihnen lassen sich auch eigene Netzarchitekturen erstellen. Die besondere Herausforderung bei ANNs ist die Vielzahl an Parametern („Hyperparameter"), die für ein Netz eingestellt werden können, sei es die Anzahl an Neuronen pro Schichten, die Anzahl und das Verhalten der Hidden Layer (FFNN oder RNN), die Zielfunktion, die Schrittgröße bei Gradient Descent, usw. Alle Kombinationen mit wenigen Inputdaten durchzutesten ist wenig hilfreich, da die Güte der Vorhersagen in erster Linie datengetrieben ist. Außerdem benötigen ANNs generell viele Daten, um möglichst robust gute Ergebnisse vorhersagen zu können. Dementsprechend lange können einzelne Tests zur Optimierung der Ergebnisse dauern. Gitter- bis hin zu Zufallssuchen bei den Parametereinstellungen können helfen, diesen Prozess zu beschleunigen (Bergstra und Bengio 2012; Faraj 2017).

14.5.4 Prognoseergebnisse von ANNs

Für das Projekt ExCELL wurden unterschiedliche Netzstrukturen entwickelt und getestet. Mehrmonatige Messwerte (Belegung, Geschwindigkeit, Verkehrsdichte) von Doppelinduktionsschleifen wurden mit einer Adjazenzmatrix (siehe Abschnitt 14.4.3) gefiltert und normiert (zwischen 0 und 1) in ein ANN gegeben. Um zu prüfen, wie gut einfache ANNs funktionieren, wurde zunächst mit FFNNs begonnen. Schnell stellte sich heraus, dass das Hinzuziehen von Nachbarschaftsinformationen die Vorhersagen verschlechterte. Wenn das Netz Daten von allen Sensoren erhält, sind die Prognosen am besten (Kunde et al. 2017b).

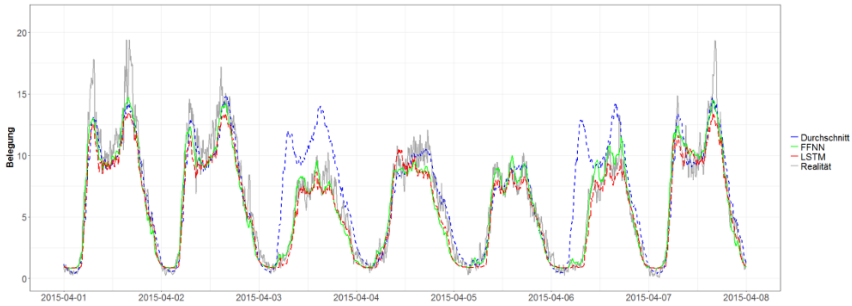


Abbildung 14-17. Vergleich zwischen Vorhersage und Realität mit FFNN, LSTM und Durchschnittswoche.

[122] https://keras.io/
[123] https://www.tensorflow.org/
[124] https://deeplearning4j.org/

Abbildung 14-17 zeigt die Güte der Vorhersage eines FFNN, LSTM und der Durchschnittswoche für einen Sensor, jeweils mit Daten über ein Jahr von allen Sensoren trainiert. In der Mitte der Grafik liegt das Osterwochenende, an dem gut zu erkennen ist, dass beide ANNs verlässliche Vorhersagen auch für Feiertage liefern. In Tabelle 14-2 sind die durchschnittlichen absoluten Fehlerwerte („Mean Absolute Error“ - MAE) abgetragen. Die besten Ergebnisse erzielt insgesamt das FFNN, wobei selbst die Durchschnittswoche für Kurzfristprognosen relativ stabil ist. Dies ist auch ein Hinweis dafür, wie regelmäßig die Verkehrsganglinien in Dresden sind und das die bisher im VAMOS genutzte Technik ihre Daseinsberechtigung hat.

Tabelle 14-2. Fehlerwerte für verschiedene Vorhersagemethoden.

Vorhersagemethode	10 Min	15 Min	30 Min	45 Min	60 Min	75 Min	90 Min
Durchschnittswoche	1,475	1,475	1,475	1,475	1,475	1,475	1,475
FFNN	0,652	0,658	0,686	0,720	0,760	0,834	0,917
LSTM	0,688	0,700	0,738	0,779	0,823	0,891	0,962

14.5.5 Vorhersage von Verkehrsanomalien

Am spannendsten ist sicherlich die Vorhersage von Verkehrsanomalien bzw. Staus. Dafür müssten jedoch zum einen genügend über die Stadt verteilte Stauereignisse in den historischen Daten existieren und zum anderen sollte es vorgeschaltete Prozesse geben, die Stauregime klassifizieren. Neuronale Netze erkennen z.B. selbstständig Wochenenden, weil diese häufig in den Daten vorkommen. Anomalien könnten jedoch bisher nur durch eine starke Abweichung zur Prognose ermittelt werden (Malhotra et al. 2015).

Die LOS-Klassifikation (siehe 14.2) wäre eine mögliche Kennzeichnungsvariante („Labelling“) für die Daten. Die Dresdner Infrarot-Sensoren detektieren sogar an über 80 Standorten einen LOS, wobei aber nur ca. 3 % der kompletten Historie einen Wert für stockenden bzw. stehenden Verkehr besitzen. Erfolgsversprechender ist ein komplettes mit Verkehrsstärken propagiertes Netz, wie in 14.2.3ff beschrieben. Zukünftige Studien müssen prüfen, ob die eingesetzten Algorithmen vorhandene Staumuster für das gesamte Netz generalisieren können, d.h. Stau an Stellen vorhersagen, wo es in den Trainingsdaten keinen gab (Zhang et al. 2017).

Das Hinzuziehen weiterer Parameter kann die Klassifikation vom Stau verbessern. In einer Studie für das Projekt ExCELL wurde dies für SVMs untersucht (Urbanek 2017). Hierbei halfen vor allem zeitliche Attribute sowie der Belegungswert an den Sensoren (im Versuch „registration“ genannt), weniger jedoch Wetterdaten. Abbildung 14-18 zeigt die Flächeninhalte unter einer ROC-Kurve („Receiver-Operating-Characteristic“), einem gängigen Parameter aus dem Data-Science-Bereich. Je größer die Flächeninhalte, desto besser die Trefferquote richtig-positiv klassifizierter Muster gegenüber falsch-positiver Vertreter (Fawcett 2004).

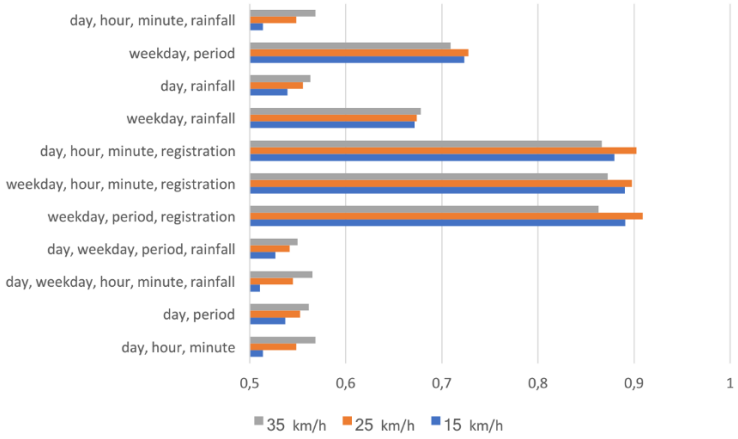


Abbildung 14-18. Flächeninhalte unter ROC-Kurven für verschiedene Attributsets zur Klassifizierung von Stau an einer Induktionsschleife (Urbanek 2017).

14.6 Aufbau eines Traffic Prediction Service

Das Bereitstellen von Verkehrsprognosen über die ExCELL-Plattform erfolgt mit dem „Traffic Prediction Service". Die API des Web-Service wird in der ersten Fassung stark durch die Modellvorgaben geprägt sein. Wenn das Modell z.B. mit Werten von allen Doppelinduktionsschleifen trainiert wurde, benötigt es als Input die gleiche Menge. Soll eine Filterung nach Sensor-ID oder Straßenkante möglich sein, muss entweder für jedes Objekt ein Modell separat trainiert werden, oder die angefragten Werte werden aus dem Ergebnis eines einzigen großen Modells herausgefiltert. Da für ein ITS die Vorhersage für alle Sensoren wichtig ist, erscheint die zweite Variante als geeignetere Umsetzung. Die Architektur des Service würde aber auch andere Modelle zulassen, da jedes einen neuen Endpunkt ausbildet (siehe Abbildung 14-19).

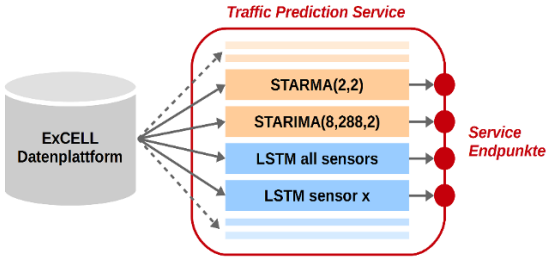


Abbildung 14-19. Architektur des ExCELL Traffic Prediction Service.

14.7 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurden verschiedene Ansätze zur Vorhersage der Verkehrslage detailliert beschrieben. Während die im Rahmen des Projektes ExCELL untersuchten parametrischen und nicht-parametrischen Modelle nur für die punktuelle Prognose von Detektorwerten getestet wurden, operiert die VAMOS-Prädiktion auf dem kompletten Dresdner Straßennetz. Bislang kommt mit der exponentiellen Glättung von Tagesganglinien aber nur ein relativ einfacher Ansatz der Zeitreihenanalyse im Produktivbetrieb zum Einsatz. Es ist daher ein langfristiges Ziel, die Ergebnisse des neu entwickelten Traffic Prediction Service in die Reisezeiten- und Verkehrslageprognose zu übernehmen. Mit einer Historie von Knoten-Kanten-Daten können zudem neue Vorhersagemodelle trainiert werden, die aufgrund einer stärkeren räumlichen Abhängigkeit der Elemente zueinander neue Erkenntnisse zum raum-zeitlichen Verhalten von Verkehrsströmen ermöglichen.

Für den Produktivbetrieb einer Kanten-basierten Verkehrsvorhersage ergibt sich zudem die interessante Frage, wann die Prognose, auf deren Basis Verkehrsströme umgeleitet werden, sich selbst eliminiert. Wenn neue für einen datengetriebenen Algorithmus unbekannte Verkehrssituationen entstehen, wird die Vorhersage wahrscheinlich fehlerbehaftet sein. Dementsprechend müssen die Modelle in regelmäßigen Abständen neu trainiert werden. Für stochastische parametrisierte Ansätze wäre der Aufwand gering. Bei komplexen, rechenintensive ANNs gibt es wiederum das Konzept, die Gewichte nicht komplett neu zu trainieren, sondern nur teilweise zu entfernen („Dropout“) (Srivastava et al. 2014). Dadurch konvergiert das Netz schneller beim Aktualisieren des Modells.

14.8 Literaturverzeichnis

Bergstra J, Bengio Y (2012) Random search for hyper-parameter optimization. Journal of Machine Learning Research 13 (Feb): S. 281-305.

Box GE, Jenkins GM, Reinsel GC, Ljung GM (2015) Time series analysis: forecasting and control. Wiley, Hoboken, New Jersey.

Cheng T, Haworth J, Wang J (2012) Spatio-temporal autocorrelation of road network data. Journal of Geographical Systems 14 (4): S. 389-413.

Cheng T, Wang J, Haworth J, Heydecker B, Chow A (2014) A dynamic spatial weight matrix and localized space–time autoregressive integrated moving average for network modeling. Geographical Analysis 46 (1): S. 75-97.

Dougherty M (1995) A review of neural networks applied to transport. Transportation Research Part C: Emerging Technologies 3 (4): S. 247-260.

Ermagun A, Levinson DM (2016) Spatiotemporal Traffic Forecasting: Review and Proposed Directions. Nexus Working Papers 151.

Euler L (1741) Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis. Commentarii Academiae Scientiarum Petropolitanae 8: S. 128-140.

Faraj M (2017) Verkehrsprognose auf Basis der Mustererkennung mit neuronalen Netzen. Beuth Hochschule für Technik, Berlin.

Fawcett T (2004) ROC graphs: Notes and practical considerations for researchers. Machine Learning 31 (1): S. 1-38.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. (1992) Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA) – Lichtzeichenanlagen für den Straßenverkehr. Köln.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. (2001) Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS). Köln.

Géron A (2017) Hands-on machine learning with Scikit-Learn and TensorFlow: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems. O'Reilly Media, Sebastopol.

Hochreiter S, Schmidhuber J (1997) Long short-term memory. Neural Computation 9 (8): S. 1735-1780.

Kamarianakis Y, Prastacos P (2003) Forecasting traffic flow conditions in an urban network: Comparison of multivariate and univariate approaches. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board (1857): S. 74-84.

Kamarianakis Y, Prastacos P (2005) Space–time modeling of traffic flow. Computers & Geosciences 31 (2): S. 119-133.

Karlaftis MG, Vlahogianni EI (2011) Statistical methods versus neural networks in transportation research: Differences, similarities and some insights. Transportation Research Part C: Emerging Technologies 19 (3): S. 387-399.

Khan R-A-I, Landfeldt B, Dhamdhere A (2012) Predicting Travel Times in Dense and Highly Varying Road Traffic Networks Using Starima Models. University of Sydney, School of Information Technologies.

Kirby HR, Watson SM, Dougherty MS (1997) Should we use neural networks or statistical models for short-term motorway traffic forecasting? International Journal of Forecasting 13 (1): S. 43-50.

Kunde F (2017) Mit Deep Learning raum-zeitliche Muster erkennen und voraussagen. FOSSGIS Konferenz.

Kunde F, Hartenstein A, Pieper S, Sauer P (2017a) Traffic Prediction using a Deep Learning Paradigm, EDBT/ICDT Workshops.

Kunde F, Hartenstein A, Sauer P (2017b) Spatio-Temporal Traffic Flow Forecasting on a City-Wide Sensor Network, Dynamics in GIScience, Ostrava.

LeCun Y, Bengio Y (1995) Convolutional networks for images, speech, and time series. The Handbook of Brain Theory and Neural Networks 3361 (10): S. 1995.

Lippi M, Bertini M, Frasconi P (2013) Short-term traffic flow forecasting: An experimental comparison of time-series analysis and supervised learning. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 14 (2): S. 871-882.
Lipton ZC, Berkowitz J, Elkan C (2015) A critical review of recurrent neural networks for sequence learning. arXiv.
Liu H, van Zuylen H, van Lint H, Salomons M (2006) Predicting urban arterial travel time with state-space neural networks and Kalman filters. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board (1968): S. 99-108.
Ma X, Tao Z, Wang Y, Yu H, Wang Y (2015) Long short-term memory neural network for traffic speed prediction using remote microwave sensor data. Transportation Research Part C: Emerging Technologies 54: S. 187-197.
Malhotra P, Vig L, Shroff G, Agarwal P (2015) Long short term memory networks for anomaly detection in time series, 23rd European Symposium on Artificial Neural Networks, Computational Intelligence and Machine Learning, Bruges (Belgium).
Pape S (2012) Untersuchung und Umsetzung eines Verfahrens zur Prädiktion von Freigabezeiten an verkehrsabhängig gesteuerten LSA. Technische Universität Dresden.
Pfeifer PE, Deutsch SJ (1980) A three-stage iterative procedure for space-time modeling phillip. Technometrics 22 (1): S. 35-47.
Pfeifer PE, Deutsch SJ (1981) Seasonal Space-Time ARIMA Modeling. Geographical analysis 13 (2): S. 117-133.
Polson N, Sokolov V (2016) Deep learning predictors for traffic flows.
Rumelhart DE, Hinton GE, Williams RJ (1985) Learning internal representations by error propagation. California Univ San Diego La Jolla Inst for Cognitive Science.
Schneider M, Mentemeier S (2016) Zeitreihenanalyse mit R. Institut für Mathematische Statistik. Universität Münster.
Smith BL, Demetsky MJ (1994) Short-term traffic flow prediction models-a comparison of neural network and nonparametric regression approaches, IEEE Xplore Conference: Systems, Man, and Cybernetics.
Srivastava N, Hinton GE, Krizhevsky A, Sutskever I, Salakhutdinov R (2014) Dropout: a simple way to prevent neural networks from overfitting. Journal of Machine Learning Research 15 (1): S. 1929-1958.
Tobler WR (1970) A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. Economic Geography 46 (sup1): S. 234-240.
Urbanek S (2017) Datenauswertung und Prognose unter Nutzung von Verfahren des maschinellen Lernens. Beuth Hochschule für Technik, Berlin.
Van Lint J, Hoogendoorn S, Van Zuylen H (2002) Freeway travel time prediction with state-space neural networks: modeling state-space dynamics with recurrent neural networks. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board (1811): S. 30-39.
Vlahogianni EI, Karlaftis MG, Golias JC (2005) Optimized and meta-optimized neural networks for short-term traffic flow prediction: a genetic approach. Transportation Research Part C: Emerging Technologies 13 (3): S. 211-234.
Wei WW (2006) Time series analysis: univariate and multivariate methods. Pearson Addison Wesley, Boston.
Wolf A (2017) Mehrdimensionale Zeitreihenanalyse von Verkehrssensordaten. Beuth Hochschule für Technik, Berlin.
Zeng X, Zhang Y (2013) Development of Recurrent Neural Network Considering Temporal-Spatial Input Dynamics for Freeway Travel Time Modeling. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering 28 (5): S. 359-371.

Zhang J, Zheng Y, Qi D (2017) Deep Spatio-Temporal Residual Networks for Citywide Crowd Flows Prediction, AAAI.
Zucchini W, Nenadic O (2007) Teil II: Lineare Zeitreihenanalyse. Zeitreihenanalyse. Universität Göttingen.

15 Tourenplanung[125]

S. Pieper, P. Sauer

Bei der menschlichen Planung von Touren taucht ab einer gewissen Komplexität das Problem der Optimierung dieser Touren auf, da zu viele Parameter bei der Planung berücksichtig werden müssen. Demzufolge ist eine automatische Berechnung der Touren nötig, um Kosten und Mehrkilometer zu reduzieren. Das Problem der optimalen Planung von Touren lösen wir mit der Software jsprit. Im Kontext von ExCELL sind zwei Anwendungsfälle wesentlich, dazu zählen die Tourenplanung im Logistikbereich und im Servicebereich. Beispielsweise liegen die Herausforderungen der Tourenplanung bei der Pflege in der komplexen Modellierung von gesetzlichen Rahmenbedingungen wie das Arbeitszeitgesetz und den drei beteiligten Akteuren Pflegedienst, Pfleger und Patient. Auf der ExCELL Plattform existiert aus den genannten Gründen ein Webservice zur automatischen Tourenplanung für die Anwendungsfälle.

In the human tour planning process, the problem of optimizing these tours emerges after a certain complexity because of too many parameters for the planning process. Consequently, an automatic calculation of the tours is necessary to reduce costs and extra kilometers. The problem of the optimal trip planning is solved with the help of the open source software jsprit. In the context of ExCELL, two main use cases are crucial, including tour planning in the logistic and service area. For example, the challenges of tour planning in care service management lie in the complex modeling of legal issues such as the working time law and the three participants: care service, carer and patient. Therefore, a web service for automatic trip planning exists on the ExCELL platform.

[125] Das Forschungsprojekt ExCELL wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert (Förderkennzeichen: 01MD15001B).

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018
M. Wiesche et al. (Hrsg.), *Management digitaler Plattformen*,
Informationsmanagement und digitale Transformation,
https://doi.org/10.1007/978-3-658-21214-8_15

15.1 Einleitung

Tourenplanung (engl. Vehicle Routing Problem, VRP) definiert die optimierte Abfahrreihenfolge von Aufträgen (Domschke und Scholl 2010). Bei einem Auftrag wird eine Sendung entweder von einem Startpunkt zu einem Zielpunkt gebracht oder eine Dienstleistung an einem Zielpunkt erledigt. Mehrere zusammenhängende Aufträge werden als Tour bezeichnet, wobei eine Tour standardmäßig von einem Fahrzeug oder einer Person durchgeführt wird. Beispiele für den Einsatz von Tourenplanung sind u.a. die Belieferung eines Händlers, die Postabholung, die Personenbeförderung, der Handwerkereinsatz oder der Einsatz von häuslichen Pflegediensten. Das Ziel der Tourenplanung ist die Minimierung der eingesetzten Fahrzeuge beziehungsweise Personen, der gefahrenen Strecke, der geleisteten Arbeitszeit, des Schadstoffausstoßes oder einer anderen selbst definierten Kostenfunktion (Grünert und Irnich 2005).

15.2 Das Problem der Tourenplanung

Das Standardproblem der Tourenplanung (Domschke und Scholl 2010) wird anhand der folgenden Parameter beschrieben:

- Es existiert genau ein Depot, das als Start- und Zielpunkt dient.
- Es werden N Fahrzeuge mit begrenzter oder unbegrenzter Kapazität herangezogen.
- M Aufträge mit unterschiedlichen Koordinaten sollen realisiert werden.

Ein Tourenplanungsalgorithmus berechnet basierend auf diesen Parametern eine optimale Abfahrreihenfolge. Abbildung 15-1 zeigt die optimale Tour bei 4 Fahrzeugen, einem Depot und 12 Aufträgen in der Stadt Dresden. Alle Fahrzeuge müssen in diesem Beispiel am Ende der Tour in das Depot zurückfahren. Die Optimierung wurde mit dem Open Source Tool jsprit (Schröder 2015) erstellt.

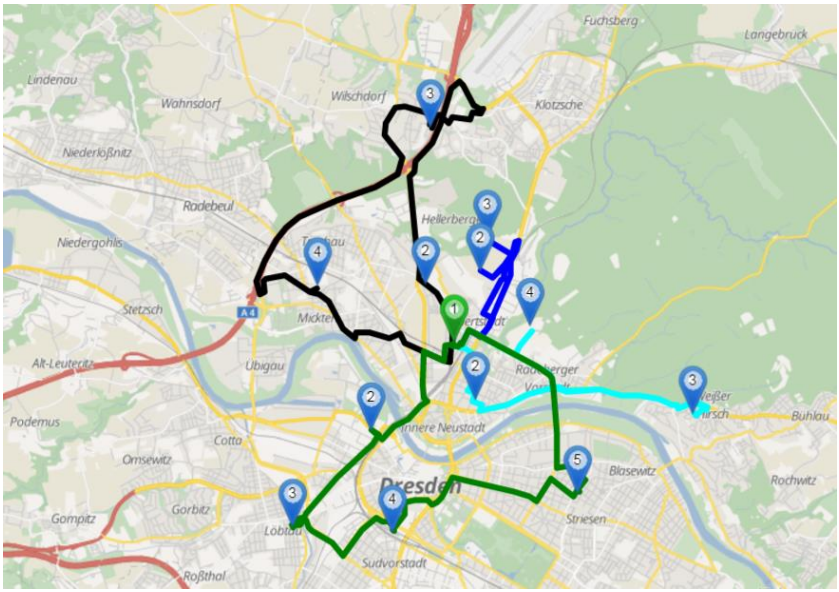


Abbildung 15-1. Beispiel für eine Tourenplanung mit vier Fahrzeugen.

Das Problem der Tourenplanung gehört zur Klasse der NP-schweren Probleme (Toth und Vigo 2014). Dadurch steigt die Zeit zur Berechnung einer optimalen Lösung exponentiell mit der Problemgröße (Garey und Johnson 1979) an. Diese Klasse von Problemen lässt sich bezogen auf die Tourenplanung bei vielen Fahrzeugen und Aufträgen lediglich mit Heuristiken lösen (Toth und Vigo 2014).

15.2.1 Lösungsmöglichkeiten für das Problem der Tourenplanung

Einfache Lösungen für das Problem sind die *Savings-Heuristik* und der *Sweep-Algorithmus*, wobei die Qualität der Lösung oftmals ineffizient ist (Domschke und Scholl 2010). Ineffizienz bedeutet hier, dass die gefundene Tourenabfolge hohe Transportkosten besitzt. Bessere Ergebnisse liefern *evolutionäre Algorithmen*, *simulierte Abkühlung*, die *Tabu-Suche* und der *Ameisenalgorithmus* (Dorigo und Gambardella 1997). Effektive Heuristiken finden nicht die optimale Lösung beim Problem der Planung von Touren, trotzdem sind die berechneten Touren praktikable und effiziente Lösungen. Die *Brute-Force-Methode* ermittelt im Gegensatz dazu die beste Lösung für ein Problem (Pearl 1984), weil alle Möglichkeiten getestet werden. Im Fall der Tourenplanung kann diese Lösung, bei vielen Fahrzeugen und Aufträgen, nicht in endlicher Zeit berechnet werden. Dies resultiert aus der Zuordnung der Tourenplanung zur Klasse der NP-schweren Probleme. Die Laufzeit des Algorithmus steigt exponentiell mit der Problemgröße an, was schon bei einer geringen Anzahl von Fahrzeugen und Aufträgen zu stundenlangen oder tagelangen Berechnungen führt.

Ein weiterer NP-schwerer Algorithmus ist das bekannte *Problem des Handlungsreisenden* (Travelling Salesman Problem), als ein Unterproblem der Tourenplanung (Dorigo und Gambardella 1997). Ein Fahrzeug mit unbegrenzter Kapazität besucht N Städte mit minimalen Transportkosten, dabei müssen alle Städte genau einmal besucht werden und es muss am Ende zur Ausgangsstadt zurückgekehrt werden (Jünger et al. 1995). Ein Beispiel mit neun Städten ist in Abbildung 15-2 dargestellt.

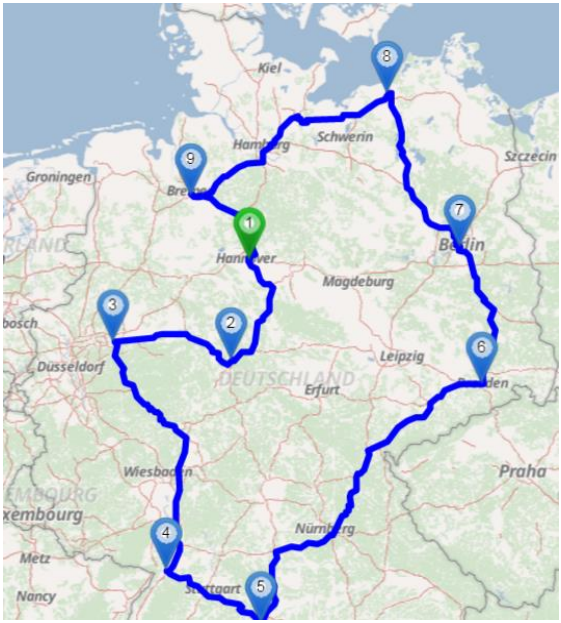


Abbildung 15-2. Travelling Salesman Problem mit neun Städten.

Das Chinese Postman Problem ist eine verwandte Aufgabe (Eiselt et al. 1995). Hierbei versucht ein Postbote Briefe, optimal auf beiden Seiten der Straße in einer Stadt, zuzustellen.

15.2.2 Arten der Tourenplanung und deren Eigenschaften

Es gibt diverse Unterarten des Vehicle Routing Problems, Abbildung 15-3 visualisiert die Zusammenhänge zwischen den Varianten (Toth und Vigo 2014).

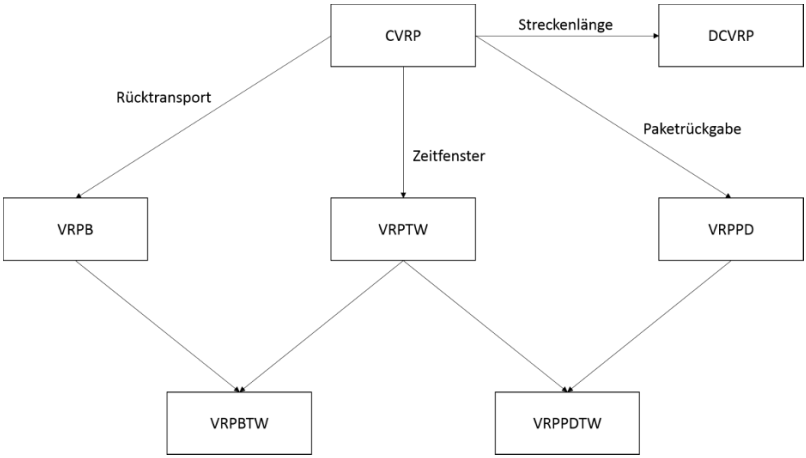


Abbildung 15-3. Beziehungen zwischen den unterschiedlichen Vehicle Routing Problemen.

Mehrere Variationen und Spezifikationen des Tourenplanungsproblems lassen sich unterscheiden (Riedl 2011):

- **Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP):** Die Fahrzeuge besitzen eine endliche Kapazität.
- **Distance-Constrained Capacitated Vehicle Routing Problem (DCVRP):** Es gibt eine Streckenbeschränkung für die Fahrzeuge. Beispielsweise handelt es sich beim Fuhrpark um Elektrofahrzeuge, die aufgrund der Begrenzung der Batteriekapazität eine Wegbeschränkung aufweisen und in der Nacht im Depot wieder aufgeladen werden müssen.
- **Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW):** Die Aufträge verfügen jeweils über ein Zeitfenster, in denen die Lieferung oder der Auftrag erledigt werden muss.
- **Vehicle Routing Problem with Backhauls (VRPB):** Bei dieser Variation gibt es zwei Kundengruppen. Einerseits werden Waren zu einer Kundengruppe geliefert (Linehaul), andererseits müssen Güter von der anderen Kundengruppe abgeholt (Backhaul) werden. Die Fahrzeuge fahren zuerst alle Waren aus, bevor Güter aufgenommen werden können.
- **Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery (VRPPD):** Im Unterschied zum Vehicle Routing Problem with Backhauls können bei VRPPD Waren zum Kunden geliefert und gleichzeitig abgeholt werden.
- **Vehicle Routing Problem with Backhauls and Time Windows (VRPBTW):** Der Unterschied zu VRPB ist, dass Zeitfenster bei beiden Kundengruppen definiert werden können.

- **Vehicle Routing Problem with Pickup, Delivery and Time Windows (VRPPDTW):** VRPPDTW ist eine Erweiterung von VRPPD mit Zeitfenster für die Lieferung beziehungsweise Abholung.

Es existieren weitere Verallgemeinerungen und Varianten der klassischen Tourenplanung, dazu zählen das Open Vehicle Routing Problem (OVRP) (Brandão 2004) oder das Heterogeneous Vehicle Routing Problem (HVRP) (Gendreau et al. 1999). Das HVRP definiert eine heterogene Flotte von Fahrzeugen mit verschiedenen Fahrzeugkapazitäten und Fahrtkosten, währenddessen beim OVRP die Fahrzeuge nicht in das Depot zurückkehren müssen.

15.2.3 Herausforderungen bei der Tourenplanung

Die Tourenplanung wurde in der Vergangenheit häufig alleine durch den Menschen unter Nutzung seiner Intuition bzw. Erfahrungswerte manuell realisiert. In Zeiten von zunehmender Verbreitung von E-Commerce, weltweiter Logistik, Expressversand und Same Day Delivery sind manuelle Tourenplanungen schlicht ineffizient und zeitaufwendig bzw. stoßen auf Grund der Komplexität an die Grenzen der menschlichen Problemlösungskompetenz. Anerkannte Regeln wie „Zusatzfahrten vermeiden“ oder „keine Tour unter 65 Prozent Auslastung“ sind nicht immer optimal und führen zu Planungsfehlern (Tinschert 2015). Bei großen Flotten können durch suboptimale Planung mehrere Millionen Euro im Jahr an Mehrkosten auftreten (Nienhold 2012).

Die anerkannten und vielfach verwendeten Regeln beruhen auf Domainwissen, Versuch und Irrtum, sowie praktischen Erfahrungen der menschlichen Planer und können in einfachen Fällen mit wenigen Fahrzeugen beziehungsweise Aufträgen durchaus wirksam sein. Moderne Tourenplanung ist dagegen ein komplexer Prozess. In realen Szenarien müssen Tausende von Ressourcen, Bedingungen und Optionen betrachtet und miteinander verknüpft werden (Schulte 2013). Menschen sind nicht mehr in Lage, eine optimale Tourenplanung für einen derart komplexen Prozess zu finden.

Bereits die Beachtung der nachfolgenden, häufig auftretenden Fragestellungen sprengt den Rahmen einer manuellen Tourenplanung:

- Welche unterschiedlichen Kapazitäten einzelner Fahrzeuge sind zu beachten?
- Wie viele Stunden darf ein Fahrer ein Fahrzeug der jeweiligen Klasse ohne Pause fahren?
- Welche gesetzlichen Pausenzeiten müssen in welchem Rhythmus eingehalten werden?
- Welche Zeitfenster existieren bei den einzelnen Kunden?
- Wo befinden sich die Be- und Entladepunkte und die Depots?
- Welches Fahrzeug muss wann welches Depot / welche Ladestation / welchen Rastplatz anfahren?

Weiterhin erfordert die Tourenplanung zahlreiche individuelle Zusatzparameter, die Berücksichtigung in der Planung finden müssen, damit Kunden zufrieden sind und gleichzeitig

Kosten eingespart werden können (Tinschert 2015). Beispielsweise wurden Routenplanungsprogramme wie Google Maps für den PKW-Verkehr optimiert. Eine Streckenführung für LKWs kann dagegen durchaus anders aussehen, da Streckenabschnitte, aufgrund von Brückenrestriktionen oder Tunneln, von LKWs nicht passiert werden können.

Die skizzierten Probleme führen dazu, dass sehr häufig Software die manuelle Tourenplanung ersetzt. Tourenplanungssoftware verwendet als Datenbasis neben einem digitalisierten Straßennetz eine Liste von Terminen beziehungsweise Aufträgen, eine Fahrzeugliste sowie eine Entfernungstabelle mit Kundenadressen (Schulte 2013). Ist die Entfernungstabelle nicht gegeben, müssen die Distanzen und Fahrzeiten zwischen den Kundenadressen mittels Routing-Algorithmen berechnet werden. Infolgedessen optimiert die Tourenplanungssoftware die Transportkosten unter Einbehaltung von Parametern wie zeitlichen Restriktionen beim Kunden, Fahrzeugkapazitäten, Arbeits- sowie Pausenzeiten der Mitarbeiter und individuellen Kundenwünschen (Domschke und Scholl 2010). Transportkosten setzen sich dabei zusammen aus fixen Kosten für Mitarbeiter und Fahrzeuge wie auch variablen Kosten bestehend aus Wartungskosten, Arbeitszeit, Verbrauchskosten und Maut sowie Überstunden.

15.3 Anwendungsfälle im ExCELL Projekt

Im ExCELL Projekt wurden zwei Anwendungsfälle für die Tourenplanung identifiziert und als Services umgesetzt. Die beiden Anwendungsfälle sind:

- Tourenplanung im Zusammenhang mit der Auslieferung von Gütern (Güterlogistik) und
- Tourenplanung für die Serviceerbringung im Kontext von Pflegediensten.

Die Anforderungen für den Anwendungsfall „Tourenplanung für Pflegedienste“ wurden durch Interviews bei Pflegediensten und Desk Research ermittelt. Für den Logistik-Anwendungsfall wurde auf standardisierte Anforderungen in diesem Sektor zurückgegriffen.

Eine Fallstudie bei der Pflegeorganisation Spitex Basel ergab ein Einsparpotenzial der Wegstrecken um 22 Prozent und eine Minimierung der Wartezeiten bei den Patienten um ungefähr sieben Stunden pro Tag und Zentrum (Nienhold 2012). Durchschnittliche Kosteneinsparungen liegen im Bereich von bis zu 20 Prozent (Bankhofer et al. 2006). Eine effiziente Planung besitzt demnach ein enormes Potenzial zur Optimierung der Pflegeprozesse.

Die Tourenplanung für Pflegedienste gehört zur Variante VRPTW mit folgenden Anforderungen:

- Modellierung von Pausenzeiten
- Modellierung von Arbeitszeiten
- Qualifikation der Pfleger
- Pflegestufe und -bedürfnisse der Patienten
- Pflegeeinrichtung als Startpunkt

- Dauer der Pflegedienstleistung
- Feste Zuordnungen von Pfleger und Patient
- Feste Zeiten beim Patienten zur Medikamentierung bzw. Pflegeerbringung
- Abholung von Medikamenten beziehungsweise Rezepten entlang des Weges
- Modellierung von Urlaubs-, Ausfall- und Krankheitszeiten.

Die Tourenplanung für den Logistik Anwendungsfall gehört zur Variante VRPTW mit nachstehenden Anforderungen:

- Modellierung von Pausen- und Ruhezeiten
- Modellierung von Arbeitszeiten
- Modellierung von Qualifikationen der Fahrer
- Modellierung von differierenden Start- und Endpunkten
- Modellierung von Zwischenstopps zur Abholung
- Modellierung von Service- und Wartungszeiten
- Modellierung unterschiedlicher Fahrzeugtypen
- Modellierung unterschiedlicher Gütergrößen.

Die angeführten Anforderungen müssen im resultierenden Tourenplanungsalgorithmus für beide Anwendungsfälle abgebildet werden. Die skizzierten Anwendungsfälle weisen ähnliche beziehungsweise gleiche Anforderungen auf, wie beispielsweise Modellierung von Arbeitszeiten, Modellierung von Service-Zeiten oder Modellierung von differierenden Start- und Endpunkten. Der entwickelte Tourenplanungsalgorithmus bietet eine generelle Schnittstelle an, damit die Touren für Pflegedienste und Logistikunternehmen gleichermaßen geplant werden können.

15.4 Tourenplanung im Pflegemanagement

Die Tourenplanung im Pflegemanagement ist der Hauptanwendungsfall für den entwickelten Tourenplanungsalgorithmus im ExCELL Projekt. Aus diesem Grund wird im Folgenden auf diesen Anwendungsfall fokussiert.

15.4.1 Beteiligte Akteure und deren Bedürfnisse

Die beteiligten Akteure bei der Tourenplanung für Pflegedienste sind in Abbildung 15-4 aufgezeigt. Es existieren Pflegerinnen und Pfleger, Patientinnen und Patienten und ein Pflegedienst als zentrale Planungs- beziehungsweise Koordinationsstelle. Die Einplanung aller Teilnehmer soll über den Tourenplanungsalgorithmus optimiert werden.

Die Bedürfnisse und Ziele der Akteure stehen dabei allerdings zum Teil im Widerspruch:

- Der Pflegedienst strebt eine effiziente Planung an, die die bestehenden Ressourcen auslastet und unproduktive Zeit minimiert (Nienhold 2012).
- Die Pflegerinnen und Pfleger verlangen eine ausgeglichene Arbeitsbelastung, keine oder wenige Überstunden und einen verlässlichen Dienstplan (Riedl 2011).

- Die Patientinnen und Patienten erachten pünktliche Einsätze, Freundlichkeit, nicht ständig wechselnde Pflegekräfte, Zeit für die Pflege und möglichst gleichbleibende Einsatzzeiten (Nienhold 2012) als wichtig.

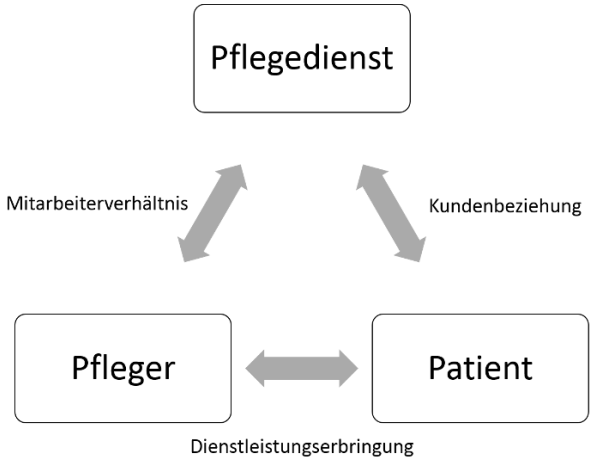


Abbildung 15-4. Akteure Anwendungsfall Pflegedienst.

15.4.2 Das Dilemma der Pflegedienstleistung

Die obigen Anforderungen und Bedürfnisse der Akteure lassen sich in der Realität nur schwer in Einklang bringen. Eine Analyse eines Pflegedienstes im ländlichen Raum mit 83 Mitarbeitern hat ergeben, dass lediglich 25 Prozent der Einsätze pünktlich realisiert werden konnten (Lezock und Klewer 2014).

Ein Dilemma der Pflegedienstleistung zeigt sich insbesondere in den Wünschen der Patienten und den Erwartungen der Mitarbeiter (Hielscher et al. 2013). Pflegerinnen oder Pfleger sollen aus Sicht der Patienten pünktlich sein, wohingegen auf Seiten des Pflegepersonals die Überstundenbelastung reduziert werden soll. Außerdem wünschen sich die Patienten möglichst gleiche Pflegekräfte für die Dienstleistung, auf der anderen Seite erwarten die Mitarbeiter des Pflegedienstes einen verlässlichen Dienstplan und freie Zeit, wenn sie für keinen Dienst eingetragen sind.

Pflegedienste haben das Ziel, möglichst kosten- und ressourceneffizient zu arbeiten (Nienhold 2012). Dabei ist die Einhaltung gesetzlicher Rahmenbedingungen wie das Arbeitszeitgesetz (ArbZG) verpflichtend. Laut § 3 Arbeitszeitgesetz ist die tägliche Arbeitszeit auf zehn Stunden festgelegt. Die Pausenzeiten verlängern sich von 30 Minuten bei sechs bis neun Stunden Arbeitszeit auf 45 Minuten bei mehr als neun Stunden (§ 4 Arbeitszeitgesetz). Ein wichtiger Faktor bei der Tourenplanung in der Pflege ist die Beachtung der Ruhezeit, diese beträgt zehn Stunden zwischen den Diensten im Pflegebereich laut § 5 Arbeitszeitgesetz.

Die aufgezählten Bedingungen müssen in der Tourenplanung für Pflegedienste berücksichtigt werden, was eine effiziente Planung zusätzlich erschwert.

15.5 Nutzung des Tourenplanungsalgorithmus innerhalb einer App für Pflegedienste

Der Tourenplanungsalgorithmus wird innerhalb einer App für Pflegedienste eingesetzt. Abbildung 15-5 zeigt einen Screenshot der Nutzerschnittstelle der im ExCELL-Projekt entwickelten Pflege-App. Hier können Mitarbeiter und Patienten beziehungsweise Klienten angelegt werden. Darüber hinaus lässt sich eine heterogene Fahrzeugflotte verwalten. Auf der Hauptansicht wird der aktuelle Fahrplan für alle Mitarbeiter abgebildet, dort sind die einzelnen Einsätze in einer übersichtlichen tabellarischen Form aufgelistet.

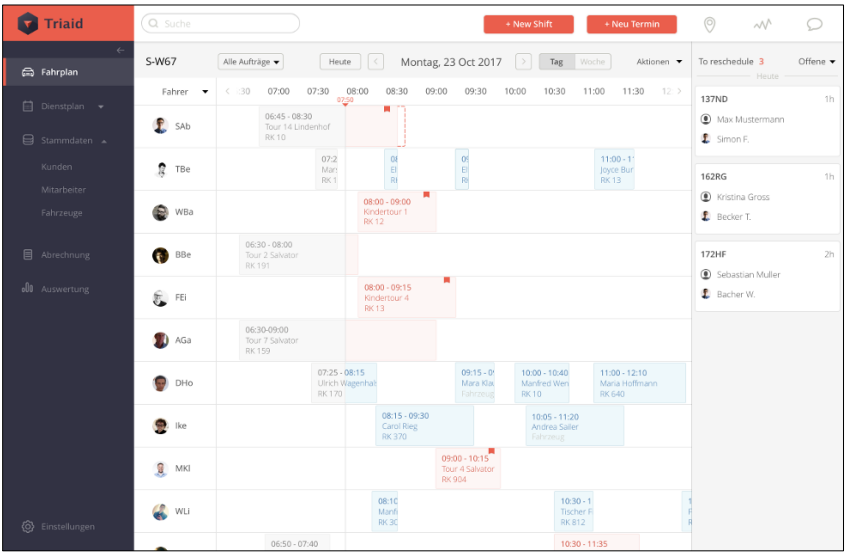


Abbildung 15-5. Screenshot der Pflege-App.

Wenn die Termine bei den Patienten und Patientinnen eingetragen wurden, lässt sich mit Hilfe des eingesetzten Tourenplanungsalgorithmus eine optimale Abfolge für die Pflegedienstleistungen finden. Der Algorithmus betrachtet hierbei die Fähigkeiten der Mitarbeiter, Fahrzeugcharakteristika, Bedürfnisse der Patienten, Zeitslots bei den Patienten, Dauer der Pflege, Koordinaten der Termine sowie Pausen- und Arbeitszeiten. Eine verallgemeinerte Version des Tourenplanungsalgorithmus lässt sich darüber hinaus, wie bereits erwähnt, für den Logistik Anwendungsfall einsetzen. Umplanungen und Terminanpassungen können über die Webseite der Pflege-App gesteuert werden.

Zur Modellierung der Tourenplanung für Pflegedienste auf der Pflege-App ist das vereinfachte Datenmodell aus Abbildung 15-6 verwendbar. Das Datenmodell erlaubt die Planung von Touren für den Fall, dass alle Pfleger wieder zur Firmenzentrale zurückfahren. Dieser Fall ist

für kleine Pflegedienste realistisch, eine Erweiterung auf größere Pflegebetriebe mit mehreren Firmenstandorten ist indes möglich.

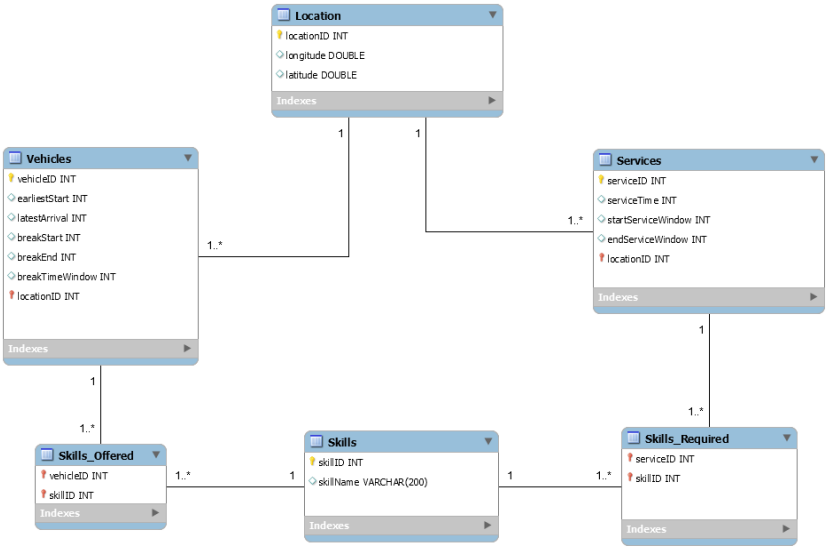


Abbildung 15-6. Datenmodell für den Anwendungsfall Tourenplanung für Pflegedienste.

Die Tabelle *Location* definiert die Startkoordinate für alle Pflegekräfte. Es handelt sich demzufolge um die Firmenzentrale des Pflegedienstes bzw. um die Zieladresse beim Patienten. In der Tabelle *Vehicles* sind die Fahrzeuge mit den dazugehörigen Pflegekräften definiert. Jedes Fahrzeug ist einem Pfleger oder einer Pflegerin zugeordnet. Fähigkeiten, Arbeitszeiten, Pausenzeiten und der Name der Pflegekraft sind wiederum einem Fahrzeug zugeordnet. Für das Anwendungsszenario, dass in Zukunft Krankentransporte geplant sind, dann ist eine Kapazitätsmodellierung pro Fahrzeug vorstellbar. Pflegedienstleistungen sind in der Tabelle *Services* beschrieben. Ein Termin bei einer Patientin oder einem Patienten besitzt eine Adresse in Form von GPS-Koordinaten, den Patientennamen, die Dauer der Pflegedienstleistung, medizinische Bedürfnisse beispielsweise die Verabreichung von Insulin bei einem Patienten und ein Zeitfenster für die Durchführung der Pflegedienstleistung. Essentiell für die Erbringung von Pflegedienstleistungen ist die Festlegung von Fähigkeiten auf Seiten der Pflegekräfte und den Bedürfnissen der Patienten. Dies wird durch die Tabelle *Skills* abgedeckt.

Vom technischen Standpunkt aus wird eine komplette JSON Datei mit allen Pflegekräften und Patiententerminen zum Tourenplanungsservice übertragen. Der Tourenplanung-Service berechnet die optimale Abfahrreihenfolge für alle Fahrzeuge und Patiententermine. Abschließend wird eine Terminliste pro Pflegekraft zurückgeliefert, um die optimale Tour in der Pflege-App darzustellen. Der vollständige Planungsprozess ist in Abbildung 15-7 aufgezeigt.

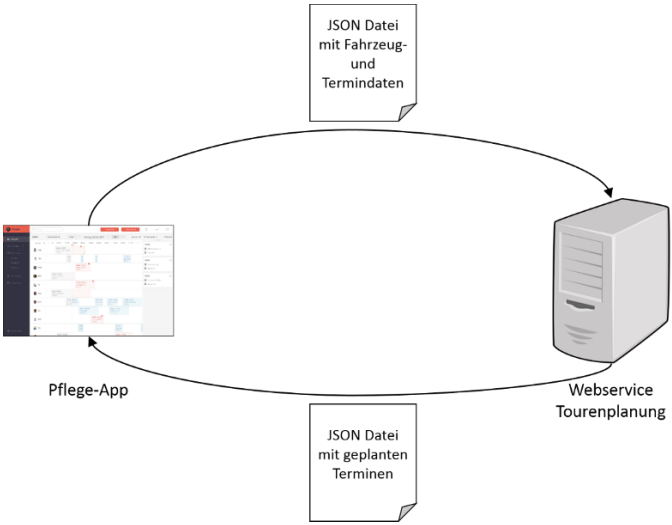


Abbildung 15-7. Prozess der Pflege-App und Webservice Tourenplanung.

Zwischen der Pflege-App und dem Webservice der Tourenplanung erfolgt die Datenübertragung mit SSL-Verschlüsselung. Dies dient der Sicherstellung des Datenschutzes, da sensible Patientendaten, wie Adressen und Pflegebedürfnisse übermittelt werden. Die Pflege-App ist ein exemplarischer Anwendungsfall für die Tourenplanung. Als weitere Einsatzbereiche sind die Planung von Logistikabläufen oder Handwerkerterminen denkbar. Die dazu erforderlichen Änderungen am Quellcode des Tourenplanungs-Service sind marginal.

15.6 Literaturverzeichnis

Bankhofer U, Wilhelm M, Williner G (2006) Modelle und Methoden der Tourenplanung. In: Bankhofer U, Gmilkowsky P, Nissen V, Stelzer D (Hrsg.) Ilmenauer Beiträge zur Wirtschaftsinformatik. Technische Universität Ilmenau, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Institut für Wirtschaftsinformatik.

Brandão J (2004) A tabu search algorithm for the open vehicle routing problem. European Journal of Operational Research 157 (3): S. 552-564.

Domschke W, Scholl A (2010) Logistik: Rundreisen und Touren. Walter de Gruyter GmbH & Co KG.

Dorigo M, Gambardella LM (1997) Ant colonies for the travelling salesman problem. Biosystems 43 (2): S. 73-81.

Eiselt HA, Gendreau M, Laporte G (1995) Arc routing problems, part I: The Chinese postman problem. Operations Research 43 (2): S. 231-242.

Garey MR, Johnson DS (1979) A Guide to the Theory of NP-Completeness. WH Freemann, New York 70.

Gendreau M, Laporte G, Musaraganyi C, Taillard ÉD (1999) A tabu search heuristic for the heterogeneous fleet vehicle routing problem. Computers & Operations Research 26 (12): S. 1153-1173.

Grünert T, Irnich S (2005) Optimierung im Transport. Shaker Verlag.

Hielscher V, Nock L, Kirchen-Peters S, Blass K (2013) Zwischen Kosten, Zeit und Anspruch: Das alltägliche Dilemma sozialer Dienstleistungsarbeit. Springer-Verlag.

Jünger M, Reinelt G, Rinaldi G (1995) The traveling salesman problem. Handbooks in operations research and management science 7: S. 225-330.

Lezock M, Klewer J (2014) Analyse der Touren-und Einsatzplanung eines ambulanten Pflegedienstes. HeilberufeScience 5 (1): S. 31-35.

Nienhold D (2012) Tourenplanung bei ambulanten Pflegediensten. Kalaidos Fachhochschule Schweiz, Basel.

Pearl J (1984) Heuristics: intelligent search strategies for computer problem solving.

Riedl WF (2011) Optimale Einsatz-und Routenplanung in der ambulanten Krankenpflege. Bachelorarbeit, Technische Universität München.

Schröder S (2015) Jsprit. https://jsprit.github.io/. Abgerufen am 23.10.2017.

Schulte C (2013) Logistik: Wege zur Optimierung der Supply Chain. Vahlen.

Tinschert F (2015) 5 Todsünden der Tourenplanung. https://www.dvz.de/login.html?redirect_url=/themen/themenhefte/transport-logistic/single-view/nachricht/5-todsuenden-der-tourenplanung.html. Abgerufen am 01.11.2017.

Toth P, Vigo D (2014) Vehicle routing: problems, methods, and applications. SIAM.

16 Dynamische Planung von Fahrgemeinschaften[126,127]

M. Schreieck, C. Pflügler, M. Wiesche, H. Krcmar

Fahrgemeinschaften sind ein wichtiger Bestandteil des nachhaltigen Stadtverkehrs, da sie die Nutzung von Fahrzeugen erhöhen und gleichzeitig den Straßenverkehr verringern. Durch das Teilen von Fahrten bieten Autofahrer freie Plätze in ihren Fahrzeugen anderen Passagieren an, die in ähnliche Richtungen fahren möchten. Traditionelle Fahrgemeinschaften eignen sich für Fernreisen, insbesondere für Reisen zwischen Städten, sind jedoch für kurze Strecken innerhalb von Städten nicht flexibel genug. Ziel dieses Kapitels ist es, einen Service zu entwickeln, der dynamische Fahrgemeinschaften als Teil einer nachhaltigen urbanen Mobilität ermöglicht („Dynamic Ridesharing"). Dynamic Ridesharing bezieht sich auf einen Service, der Fahrtanfragen automatisch abgleicht und Angebote kurzfristig ohne vorherige Absprache zwischen Fahrer und Beifahrer vermittelt. Wir erläutern die Implementierung und Auswertung eines Algorithmus für einen dynamischen Mitfahrservice.

Ridesharing is an important component of sustainable urban transportation as it increases vehicle utilization while reducing road utilization. By sharing rides, drivers offer free seats in their vehicles to passengers who want to travel in similar directions. Traditional ridesharing approaches are suitable for long-distance travel, especially inter-city travel, yet they are not flexible enough for short routes within cities. The aim of this chapter is to develop a service that enables dynamic ridesharing as part of sustainable urban mobility. Dynamic ridesharing refers to a service that automatically matches ride requests and ride offers on short notice without prior agreement between driver and passenger. We present the implementation and evaluation of an algorithm for a dynamic ridesharing service.

[126] Aufbauend auf der bereits von Schreieck et al. (2016a) durchgeführten Studie zum Thema Dynamic Ridesharing.

[127] Das Forschungsprojekt ExCELL wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert (Förderkennzeichen: 01MD15001D).

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018
M. Wiesche et al. (Hrsg.), *Management digitaler Plattformen*,
Informationsmanagement und digitale Transformation,
https://doi.org/10.1007/978-3-658-21214-8_16

16.1 Einleitung

Städtische Straßennetze sind in vielen Ländern von starkem Verkehr überlastet. Infolgedessen steigt der Energieverbrauch und die Luftverschmutzung durch Straßenverkehr was wiederum Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt belastet (May 2013). Einer der Hauptfaktoren ist die Zunahme der Anzahl von Fahrzeugen, mit der der Ausbau des Straßennetzes kaum Schritt halten kann. Diese Herausforderung muss im Interesse der nachhaltigen Stadtentwicklung und der Gesundheit der Stadtbewohner adressiert werden. Die Organisation von Fahrgemeinschaften („Ridesharing“) ist eine der aufkommenden Lösungen, um die Nutzung der Straßennetze effizienter zu gestalten, indem freie Plätze in privaten Fahrzeugen durch Mitfahrer genutzt werden.

Traditionelle Fahrgemeinschaften eignen sich für Fernreisen, insbesondere für Reisen zwischen Städten, sind jedoch nicht flexibel genug für kurze Strecken innerhalb von Städte (Ying et al. 2008). Im Gegensatz dazu bieten dynamische Fahrgemeinschaften („Dynamic Ridesharing“) einen Lösungsansatz, bei dem ein Fahrer und ein oder mehrere Mitfahrer in Echtzeit zusammengebracht werden (Arena et al. 2013). Die Ansätze, mit denen bisher Fahrgemeinschaften vermittelt werden lassen sich nicht auf Dynamic Ridesharing übertragen, da sie stets eine Kommunikation zwischen Fahrer und Mitfahrer vor der Fahrt voraussetzen und deshalb nicht flexibel genug für die Organisation von Mitahrgelegenheiten in Echtzeit sind (Bin et al. 2015).

Das Ziel dieses Kapitels ist es, einen Algorithmus für Dynamic Ridesharing vorzustellen, der die Möglichkeit bietet, die Fahrtanfragen und Fahrtangebote in Echtzeit abzugleichen, ohne dass die Beteiligten vorab einen Treffpunkt vereinbaren müssen. Die vorgeschlagene Lösung kann als dynamische Komponente fungieren, die als Ergänzung in traditionellen Systemen zur Vermittlung von Fahrgemeinschaften verwendet werden kann, um diese effizienter und dynamischer zu machen. Es dient der Pilotierung einer soziotechnischen Innovation (Schwabe und Krcmar 2000) Die Lösung könnte zum Beispiel die Anwendung TUMitfahrer verbessern, eine Anwendung, die von einer Gruppe von Studierenden der Technischen Universität München (TUM) für Studenten entwickelt wurde, um Fahrten zu und zwischen verschiedenen Standorte der Universität zu teilen (Krcmar 2016).

16.2 Hintergrund

In den siebziger Jahren des letzten Jahrhunderts führten Ölkrisen zu hohen Preisen für Kraftstoff in den USA und auf der ganzen Welt. Um Geld zu sparen, begannen vor allem Pendler Fahrgemeinschaften zu bilden (Baláž und Londarev 2006). Wirtschaftsanalysten kündigten einen kontinuierlichen Anstieg der Kraftstoffpreise an, der zu weiteren Belastungen der Verbraucher führen würde. Gleichzeitig nahmen sowohl Staus als auch Luftverschmutzung in Großstädten stetig zu, was zum Beispiel dazu führte, dass bestimmte Fahrspuren für Autos mit mehreren Passagieren reserviert wurden (Yunfei et al. 2012).

Seit dieser Zeit entstanden zahlreiche verschiedene Ansätze um Fahrgemeinschaften zu bilden. Dabei sind informelle Ansätze von formellen zu unterscheiden. Informelle Ansätze gehen auf meist mündliche Absprachen zwischen Personen zurück, die sich bereits kennen, zum Beispiel Kollegen, die einen ähnlichen Arbeitsweg haben. Formelle Ansätze nutzen Plattformen, um auch unbekannte Personen für Fahrgemeinschaften zusammenzubringen. Während hierzu früher auch schwarze Bretter oder andere Offline-Formate genutzt wurden, kommen heutzutage digitale Lösungen zum Einsatz. Bei formellen Ansätzen gibt es einerseits wiederum Fahrgemeinschaften, die von professionellen Dienstleistern durchgeführt werden, die den Fahrer direkt oder indirekt beschäftigen (z.B. Anrufsammeltaxi oder Uber). Einige Anbieter geben dabei einen festen Abholort an, wie z. B. einen Bahnhof, während andere Anbieter ihren Nutzern die Wahl von Start- und Zielort erlauben. Der Anbieter muss dabei ein Routing-Problem lösen, indem er bei mehreren Fahrgästen die optimale Reihenfolge und Strecke identifiziert, um die Kosten zu minimieren.

Andererseits gibt es Fahrgemeinschaften, die von privaten Fahrern durchgeführt werden, aber auf Plattformen vermittelt werden (z.B. BlaBlaCar oder Flinc). Die Fahrer möchten so Kraftstoffkosten aufteilen und die von ihnen verursachten Umweltschäden minimieren. Für solche Fahrgemeinschaften müssen alle Passagiere den Zeitplan und die Kostenaufteilung des Fahrers akzeptieren und gegebenenfalls zu vorab vereinbarten Abholorten kommen. Daher sind vorzeitige Absprachen mithilfe der digitalen Fahrgemeinschaftsplattformen notwendig.

Ein flexibleres Modell zur Organisation von Fahrgemeinschaften ist Dynamic Ridesharing. Dynamic Ridesharing wird auch als Ad-hoc Ridesharing, Echtzeit-Ridesharing, dynamisches Carpooling und spontanes Ridesharing bezeichnet. Vergleicht man traditionelle Ansätze für Ridesharing mit Dynamic Ridesharing, wird klar, dass Dynamic Ridesharing flexibler ist. Das System ist jederzeit in der Lage, Fahrten abzugleichen und schnell auf jede Anfrage zu reagieren, selbst wenn die Anfrage für eine Fahrgemeinschaft wenige Minuten in der Zukunft gestellt wird (Dailey et al. 1999).

Mittlerweile sind die meisten Ridesharing Services als mobile Applikationen für Smartphones verfügbar. Es ist also davon auszugehen, dass der Services einerseits über die integrierte GPS-Funktion der Smartphones die aktuelle Position der Nutzer erfassen und nachverfolgen kann und andererseits die Nutzer permanent erreichbar sind (Furuhata et al. 2013). Damit ist es möglich, wesentlich genauere Informationen für die Bildung von Fahrgemeinschaften zu erfassen als lediglich die Abfrage von Start- und Zielort der Nutzer. Bei regelmäßiger Erfassung können sogar Bewegungsmuster generiert werden, die Vorhersagen über zukünftige Trips ermöglichen. Aus der Sicht von Städte- und Verkehrsplanern können solche Informationen dazu verwendet werden, um Verkehrsmuster und Stauinformation zu generieren.

Jüngere Startups nutzen die neuen technologischen Möglichkeiten und bieten Dynamic Ridesharing Services. Fahrer können so freie Plätze spontan besetzen ohne vorherige Abstimmung mit den Passagieren. Beispiele für solche Services sind Carticipate, EnergeticX, Avego

und Flinc. Sie bieten mobile Applikationen, die mithilfe des durchgängigen Internetzugangs Fahrer und Passagiere in Echtzeit zusammenbringen können. Um die Angst der Nutzer zu reduzieren mit unbekannten Personen Fahrgemeinschaften einzugehen, können Benutzer mancher Ridesharing Services ihren Account mit sozialen Netzwerken wie Facebook verknüpfen (z. B. bei den Services GoLoco und Zimride). Außerdem werden in fast allen Services Bewertungssysteme eingesetzt, mithilfe derer der Ruf eines Fahrers überprüft werden kann (z. B. beim Service PickupPal).

Als Teil eines Dynamic Ridesharing Services sind Algorithmen notwendig, die Fahrtangebote und Fahrtanfragen zusammenbringen und die optimale Route für den Fahrer bestimmen. Jedoch beschränken sich Studien bisher meist auf grundlegende Routenoptimierung auf dem Straßennetz und Möglichkeiten, die Berechnung zu beschleunigen. Früher gab es nur wenige klassische Algorithmen, die bei großen Straßennetzen (Graphen) nicht mehr effizient waren. Neuere, schnellere Algorithmen enthalten meist einen Vorverarbeitungsschritt um einen Graphen zu generieren, auf dem effizienter gerechnet werden kann. Dieser Schritt ist insbesondere zur Berechnung des kürzesten Weges in Netzwerken hilfreich. Im Folgenden erläutern wir die wichtigsten Kürzeste-Wege-Algorithmen (Schultes 2008) und fassen zusammen, welche Algorithmen darauf aufbauen, um in Dynamic Ridesharing Anwendungen Fahrtanfragen und Fahrtangebote zu matchen.

16.2.1 Kürzeste-Wege-Algorithmen

Dijkstra-Algorithmus ist der bekannteste klassische Algorithmus um kürzeste Wege zu berechnen. Der Algorithmus berechnet den kürzesten Pfad von einem einzigen Quellknoten zu allen anderen, vom Quellknoten direkt erreichbaren Knoten im Graphen. Der Algorithmus wandert dann die Knoten entsprechend ihres Abstandes zum Quellknoten ab, beginnend beim kürzesten. Der Djikstra-Algorithmus ist damit besonders für das Kürzeste-Wege-Problem mit einem Quellknoten geeignet. Wenn der Graph sehr viele Knoten enthält wird der Algorithmus jedoch zunehmend ineffizient und benötigt mehr Rechenleistung (Zhang und Liu 2009). Eine Verbesserung des Dijkstra-Algorithmus wird durch bidirektionale Suche ergänzt. Dabei werden zwei Suchen gleichzeitig durchgeführt: eine beginnend vom Quellknoten und eine beginnend vom Zielknoten die entsprechend rückwärtsgerichtet ist. Die bidirektionale Suche stoppt, wenn sich die Suchvorgänge in der Mitte treffen. Die bidirektionale Suche halbiert die Anzahl der Knoten, die im Rahmen der einzelnen Suchvorgänge besucht werden muss und reduziert damit die Rechenzeit. Sie kann jedoch nur angewendet werden, wenn der Zielknoten bekannt ist.

Die **A*-Suche** ist eine Technik, die zunehmend im Bereich der künstlichen Intelligenz verwendet wird. Bei diesem Ansatz wird die Suche des Dijkstra-Algorithmus zum Zielknoten durchgeführt, indem untere Grenzen für die Entfernung zum Ziel vorgegeben werden. Die Effizienz dieses Ansatzes hängt in hohem Maße von den unteren Grenzen ab. Die A*-Suche verwendet sowohl Kantengewichte als auch heuristische Werte. Die einfachste untere Grenze basiert auf der Entfernung der geographischen Koordinaten der Knoten, was jedoch zu einer

schlechten Leistung in Straßennetzen führt. Bei Reisezeit-Kantengewichten ist sogar eine Verlangsamung der Abfrage möglich (Goldberg und Harrelson 2005).

Beim **reichweitenbasierten Routing** entspricht die Reichweite eines Knotens der Länge der kürzesten Pfade auf denen er liegt. Um einen hohen Reichweitewert zu haben, muss ein Knoten auf einem kürzesten Weg liegen, der sich vom Scheitelpunkt aus in beide Richtungen erstreckt. Highway-Hierarchien erzeugen dabei eine Hierarchie von Ebenen, indem sie zwischen Knoten- und Kantenkontraktion wechseln. Knotenkontraktion eliminiert Low-Level-Knoten und führt Shortcut-Kanten ein, um kürzeste Wegstrecken zu reservieren. Die Kantenkontraktion beseitigt dann Kanten, die nur kürzeste Pfade von geringer Länge bilden. Die bidirektionale Abfrage in dieser Hierarchie verläuft folglich nur in höheren Ebenen. Die Kontraktionshierarchien weisen jedem Knoten eine eindeutige "Wichtigkeitsstufe" zu. Dann werden die Knoten in der Reihenfolge ihrer Wichtigkeit kontrahiert, indem sie aus dem Graphen entfernt und Verknüpfungen hinzugefügt werden, um die kürzesten Wegabstände zwischen den wichtigeren Knoten aufrechtzuerhalten (Gutman 2004).

Der **ALT**-Ansatz basiert auf der A*-Suche. Unter Verwendung von Berechnungsdreiecken können die Wertebereiche der kürzesten Wege stark eingeschränkt werden, indem Entfernungen zu einer Menge von Randknoten vorberechnet werden, die über die entfernten Enden des Netzwerks verteilt sind. Bei reduzierter Vorverarbeitungszeit gegenüber der Berechnung von Kantenbeschriftungen führt die Einschränkung des Wertebereichs zu einer bemerkenswerten Beschleunigung der Berechnung. Eine schnellere Vorverarbeitung ist möglich, indem der Graph in viele Regionen mit einer kleinen Anzahl von Grenzknoten aufgeteilt wird (Goldberg und Harrelson 2005).

Ein effizienterer Algorithmus ergibt sich durch die Kombination der zuvor erwähnten Techniken. Durch die Kombination einer hierarchischen Technik mit einer zielgerichteten Technik, die nur auf einen Teil der wichtigsten Knoten angewendet wird, kann die Vorverarbeitungszeit und der benötigte Speicherplatz der zielgerichteten Technik erheblich reduziert werden. Dabei ist **REAL** die Kombination aus reichweitenbasierter (Reach) und des ALT-Ansatzes. Dabei werden die Entfernungen zu Randknoten nur für Knoten mit hohen Reichweitenwerten gespeichert wodurch der benötigte Speicherplatz stark reduziert werden kann (Goldberg et al. 2006).

SHARC kombiniert Abkürzungen (Shortcuts) und mehrstufige ARC-Flags. Durch Abkürzungen können Kanten aus dem Suchraum entfernt werden. Der Abfragealgorithmus kann dabei unidirektional sein, was in Szenarios nützlich ist, in denen die bidirektionale Suche nicht möglich ist. Ein bidirektionaler Abfragealgorithmus ist jedoch im Basisszenario schneller (Bauer et al. 2008).

Beim **Core-ALT**-Ansatz werden dem Kern Knoten zugeordnet, die nicht zu viele Verknüpfungen aufweisen. Dann wird auf dem verbleibenden Kern ein bidirektionaler ALT-Algorithmus angewendet. Da Quell- und Zielknoten einer Abfrage nicht notwendigerweise im Kern

sind, werden Proxy-Knoten im Kern verwendet. Die besten Proxy-Knoten sind der Kerneingangs- und –ausgangsknoten eines kürzesten Weges vom Start zum Ziel. Da die Abfrage einen kürzesten Weg berechnen will und dies nicht im Voraus weiß, werden die Kernknoten verwendet, die der Quelle und dem Ziel am nächsten sind (Bauer et al. 2008).

CHASE kombiniert Kontraktionshierarchien und ARC-Flags. Zunächst wird eine vollständige Kontraktionshierarchie erstellt. Danach werden auf einem Kern der wichtigsten Knoten, einschließlich Verknüpfungen, ARC-Flags berechnet. Die Abfrage erfordert nur die Verwendung der Kanten mit Bogenmarkierungen, die für eine der Regionen festgelegt sind, in denen die andere Suchrichtung einen Eingangsknoten in den Kern hat. Im Ergebnis entsteht ein sehr schneller Algorithmus, lediglich Algorithmen, die auf Transitknoten basieren, sind schneller (Geisberger et al. 2008).

16.2.2 Matching-Algorithmen für Dynamic Ridesharing

Bei Dynamic Ridesharing wird das Problem der kürzesten Route durch das spontane Anpassen von Fahrten verkompliziert. Es wurden mehrere Studien veröffentlicht, die das Problem des Dynamic Ridesharing adressieren. Agatz et al. (2011) entwickelten optimierungsbasierte Ansätze für Dynamic Ridesharing mit einer rollierenden Strategie, die in einer Simulationsstudie untersucht wurde. Es zeigt sich, dass vor allem Matching-Algorithmen wichtig sind, um Dynamic Ridesharing nutzbar zu machen. Dabei deuten die Ergebnisse der Studien darauf hin, dass Dynamic Ridesharing in großen Städten in den USA Potenzial hat.

Geisberger et al. (2010) liefern einen Algorithmus, der passende Matches mit dem kleinsten Rechenaufwand findet. Ghoseiri et al. (2011) bieten ein vielfältiges Modell, das nicht nur die Übereinstimmung der Routen von Fahrer und Passagieren und die maximal verfügbaren Plätze berücksichtigt, sondern auch Präferenzen der Nutzer in Bezug auf das Alter und das Geschlecht von Passagieren, Raucherfahrzeuge oder die Mitnahme von Haustieren. Das Dynamic Ridesharing Problem ist mit diesem Ansatz jedoch nur für kleine Probleminstanzen lösbar. Jung et al. (2013) bieten weitere Lösungstechniken für Optimierungsprobleme bei Dynamic Ridesharing. Neben einer Simulation verwenden sie eine Simulated-Annealing-Heuristik, um vielversprechende Lösungen zu identifizieren. Tao und Chen (2007) und Tao und Chen (2008) liefern Algorithmen für das verwandte Problem des Taxi-Poolings. Sie schlagen Greedy- Heuristiken vor und wendeten die Technik erfolgreich in einem Feldversuch in Taiwan an.

Mit der Entwicklung eines einfachen, aber leistungsstarken Matching-Algorithmus, der die Grundlage für einen Dynamic Ridesharing Service bilden kann tragen wir zu obiger Literatur bei. Anstatt einen komplexen und rechenintensiven Optimierungsansatz zu verwenden, wenden wir eine intelligente Datenstruktur an, um die Berechnungsgeschwindigkeit von Übereinstimmungen zu erhöhen.

16.3 Entwicklung eines Matching-Algorithmus für Dynamic Ridesharing

In diesem Abschnitt erläutern wir die Entwicklung des Matching-Algorithmus für Dynamic Ridesharing. Wir zeigen, wie Routendaten mit einer invertierten Index-Datenstruktur effizient gespeichert und abgerufen werden können. Darauf aufbauend erklären wir, wie der Algorithmus für Dynamic Ridesharing funktioniert.

16.3.1 Die invertierte Index-Datenstruktur

Wenn ein Fahrer eine Fahrt anbieten möchte, muss er ein Fahrtangebot $X = (X_S, X_D, X_T, X_F)$ im System anlegen, wobei X_S der Startort, X_D der Zielort, X_T die Abfahrtszeit des Fahrers und X_F die Anzahl der freien Plätze im Fahrzeug ist. Nach dem Erhalt dieser Informationen werden die Start- und Zieladressen mithilfe der Google API geocodiert. Anschließend wird der kürzeste Pfad mithilfe von GraphHopper mit dem Dijsktra-Algorithmus berechnet.

Wenn ein Fahrtangebot erstellt wird, generiert das System eine Gruppe von Knoten, die die kürzeste Route zwischen den Start- und Zielpunkten der Fahrt bilden. Um die Menge der Knoten N der kürzesten Route zu identifizieren werden nur X_S und X_D benötigt. Im nächsten Schritt wurde die invertierte Index-Datenstruktur auf die Menge der Knoten angewendet. Ein invertierter Index ist eine Struktur, die von verschiedenen Suchmaschinen und Datenbanken verwendet wird, um Suchbegriffe an Dateien oder Dokumente anzuhängen und die Geschwindigkeit späterer Suchen zu erhöhen. Es gibt zwei Versionen eines invertierten Index, einen Datensatz auf Indexebene, der angibt, welche Dokumente den Begriff enthalten (Record-Level-Index), und einen vollständig invertierten Index, der zusätzlich den Ort des Begriffs in der Datei angibt. Hier verwenden wir den Record-Level-Index, da wir nur einen Knoten speichern müssen, der auf die Routen (Dokumente) verweist, die diesen Knoten enthalten. Sei zum Beispiel X_1, X_2, X_3, X_4 eine Menge von Fahrtangboten, die die folgenden Knoten enthält:

$$\{X_1\} - [N_a, N_b, N_c, N_e, N_f, N_g] \tag{16.1}$$

$$\{X_2\} - [N_a, N_f, N_g, N_h, N_i, N_j, N_k] \tag{16.2}$$

$$\{X_3\} - [N_b, N_h, N_k, N_l, N_m] \tag{16.3}$$

$$\{X_4\} - [N_l, N_m, N_a, N_o, N_p, N_q, N_r, N_s] \tag{16.4}$$

Jeder Knoten in jedem Fahrtangebot hat eine Sequenznummer, die die Knotenreihenfolge angibt. Dies hilft, den Vorgängerknoten und den Nachfolgerknoten eines beliebigen ausgewählten Knotens entlang der Route des Fahrangebots X zu kennen. Zum Beispiel sind Knoten des Fahrangebots X_1 in Abbildung 16-1 dargestellt.

X_1

Node	Node order
N_a	1
N_b	2
N_c	3
N_e	4
N_f	5
N_g	6

Abbildung 16-1. Repräsentation der Fahrtangebote.

Im nächsten Schritt speichern wir diese Daten in einem Record-Level- Index wie in Abbildung 16-2 gezeigt.

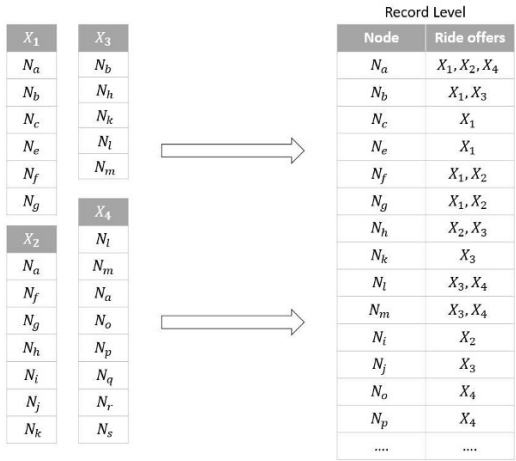


Abbildung 16-2. Umwandlung der Datenstruktur in einen Record-Level-Index.

Um die Vorteile der Datenstruktur des invertierten Index auszuwerten, ist eine Bewertung der Berechnungskosten erforderlich. Es gibt viele Möglichkeiten, die Berechnungskosten zu schätzen, zum Beispiel basierend auf Festplattenzugriffen, CPU-Zeit oder Kommunikationsaufwand. Festplattenzugriff ist die vorherrschende Methode zur Messung von Berechnungskosten und ist relativ einfach zu schätzen. Die Anzahl der Blockübertragungen auf die Festplatte wird daher normalerweise als Maß verwendet. Auch die Kosten des Algorithmus (z. B. für die Verknüpfung oder Auswahl) hängen von der Größe des Datenbank-Buffers ab; mehr Speicher der für den für Datenbank-Buffer reduziert die notwendigen Festplattenzugriffe.

Die Record-Level-Index Datentabelle wird basierend auf der Spalte "Knoten" geordnet, und die Kosten für das Auswählen einer Zeile aus dieser Tabelle werden als 1 angenommen. Die Spalte Knoten fungiert als Primärschlüssel der Tabelle und die Kosten der Auswahl sind

gleich $\lceil log_2(B_R) \rceil$ wobei B_R die Anzahl der Blöcke angibt, die die Tupel der Relation R enthalten (Garcia-Molina et al. 2009).

16.3.2 Matching-Prozess

Um eine Fahrgemeinschaft zu ermöglichen, müssen ein Fahrtangebot und eine Fahrtanfrage abgestimmt werden. Fahrten von Fahrern sind bereits im System unter Verwendung der invertierten Indexdatenstruktur gespeichert. Gleichzeitig kann ein Fahrgast nach einer Fahrt $R = (R_s, R_D, R_T)$ suchen, wobei R_s der Startort des Fahrgastes, R_D der Zielort des Fahrgastes und R_T die Abfahrtszeit des Fahrgastes ist. Danach beginnt das System den kürzesten Weg zwischen den Start- und Zielorten zu berechnen und gibt eine Menge von Knoten zurück, die die Route zwischen den genannten Punkten abbildet.

Dieser Prozess zielt darauf ab, die geeignetsten Fahrten für die Fahrtanfrage in Echtzeit in Bezug auf eine Reihe von Bedingungen zu erhalten, die das System oder der Fahrer hinzugefügt hat. Im folgenden Abschnitt werden wir beispielhaft eine einzelne Fahrtanfrage mit einem einzelnen Fahrtangebot und eine einzelne Fahrtanfrage mit mehreren Fahrtangeboten abgleichen. Im Szenario der einzelnen Fahrtanfrage mit einem einzelnen Fahrtangebot sehen wir, wie das System eine Fahrtanfrage bearbeitet. Unter der Annahme, dass es ein Fahrtangebot X gibt, wird in dem System die Gruppe von Knoten, die die kürzeste Route zwischen dem Startort X_S und dem Zielort X_D bilden, durch diese Gleichung bezeichnet:

$$SP(X_S, X_D) = (X_1, X_2, X_3, \dots, X_n) \tag{16.5}$$

$SP(X_S, X_D)$ repräsentiert die Menge der Knoten, die die kürzeste Route zwischen X_S und X_D bildet, während $X_1 = X_S$ und $X_n = X_D$. Analog sei R die Fahrtanfrage von einem Passagier, bestehend aus der Menge an Knoten, die die kürzeste Route zwischen dem Start- und dem Zielort des Fahrgastes darstellt:

$$SP(R_S, R_D) = (R_1, R_2, R_3, \dots, R_n) \tag{16.6}$$

Wobei R_S und R_D den Start- und Zielort des Passagiers darstellen, mit $R_1 = R_S$ und $R_n = R_D$. Der Matching-Algorithmus beginnt mit dem Sammeln der geographischen Knoten um den Startort R_S und den Zielort R_D innerhalb des Radius r. Wir repräsentieren die Menge der Knoten um den Startort durch C_S und die Menge der Knoten um den Zielort durch C_D. Um die Fahrtangebote X zu erhalten, die in der Nähe der Fahrtanfrage R liegen, prüfen wir, welche Fahrtangebote die Umkreise um den Start- und Zielort durchqueren. Dies kann durch Anwenden von zwei Schnittmengenoperationen erfolgen:

$$S_S = C_S \cap SP(X_S, X_D) \tag{16.7}$$

wobei S_s die Menge der Knoten darstellt, die sowohl in der Route des Fahrtangebotes enthalten sind als auch innerhalb des definierten Radius um den Startort des Fahrgastes liegen.

$$S_D = C_D \cap SP(X_S, X_D) \tag{16.8}$$

wobei S_D die Menge der Knoten darstellt, die sowohl in der Route des Fahrtangebotes enthalten sind als auch innerhalb des definierten Radius um den Zielort des Fahrgastes liegen (s. Abbildung 16-3).

S_S

Node	Distance to R_S
X_a	0.45
X_l	0.46
X_m	0.47
X_n	0.48
X_o	0.49

S_D

Node	Distance to R_D
X_b	0.41
X_r	0.42
X_s	0.44
X_t	0.45
X_u	0.46

Abbildung 16-3. Entfernungen der Knoten innerhalb der Schnittmengen zum Start- und Zielort des Passagiers.

Nachdem wir die Schnittmengen S_S und S_D erhalten haben, prüfen wir, ob die beiden Mengen nicht leer sind und ob es Knoten in beiden Mengen gibt, die zum selben Fahrangebot X gehören. Wenn beide Bedingungen erfüllt sind, suchen wir den zum Startort des Passagiers R_S nächstgelegenen Knoten in der Menge S_S (in Abbildung 16-4 ist dies der Knoten X_a). Dann führen wir die gleichen Schritte für die Menge S_D durch und prüfen auf den nächstgelegenen Knoten zum Zielort R_D des Passagiers (in Abbildung 16-4 ist dies der Knoten X_b).

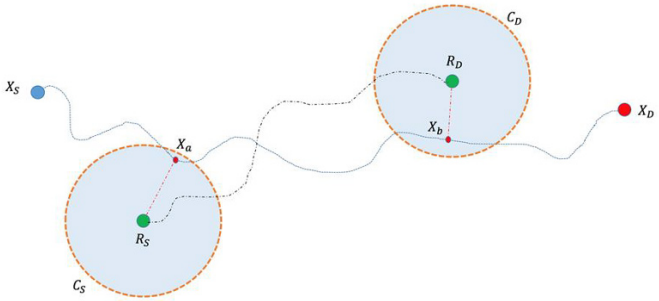


Abbildung 16-4. Matching-Prozess mit einem Fahrtangebot und einer Fahrtanfrage.

Der nächste Schritt besteht darin, zu prüfen, ob die Route X (Fahrtangebot) dieselbe Fahrtrichtung hat wie die Fahrtanfrage R. Um dies zu überprüfen, bestimmen wir die Knotenfolge ausgehend von X_a, dem Knoten der am nächsten zum Startort des Passagiers liegt, und X_b, dem Knote der am nächsten zum Zielort des Passagiers liegt (s. Spalte „Node order“ in Abbildung 16-1). Es gilt, dass das Fahrtangebot X die gleiche Fahrtrichtung wie die Fahrtanfrage R hat, wenn und nur wenn:

$$Sequence(X_a) < Sequence(X_b) \tag{16.9}$$

Da X aus einer Anzahl von Knoten besteht und jeder Knoten eine dem Pfad entsprechende Sequenz hat zeigt der obige Sequenzvergleich eindeutig die Übereinstimmung der Fahrtrichtung auf. In Abbildung 16-4 sehen wir, dass je kleiner die Sequenz der Knoten ist, desto näher

sind sie am Startort gelegen. Daher ist Sequenz eine Zahl, die die Richtung des Pfades anzeigt. Wenn alle oben genannten Bedingungen erfüllt sind, sendet das System dem Benutzer das Fahrtangebot X, damit er an der Fahrt teilnehmen kann.

Das Szenario mit einer einzelnen Fahrtanfrage aber mehreren Fahrtangeboten illustrieren wir mit einem Fall der eine Fahrtanfrage R (von R_S nach R_D) und zwei Fahrtangebote X_1 (wobei X_{1_S} der Startort und X_{1_D} der Zielort ist) und X_2 (wobei X_{2_S} der Startort und X_{2_D} der Zielort ist) umfasst (s. Abbildung 16-5).

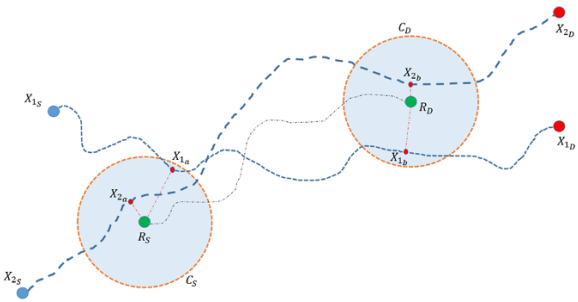


Abbildung 16-5. Matching-Prozess mit einem Fahrtangebot und zwei Fahrtanfragen.

Wie im Szenario mit einer einzelnen Fahrtanfrage erläutert, enthält das System die Knoten der Fahrtangebote und der Fahrtanfrage durch Berechnung der kürzesten Wege, so dass wir Folgendes erhalten:

$$SP(R_S, R_D) = (R_1, R_2, R_3, \dots, R_n) \tag{16.9}$$

wobei $R_1 = R_S$ und $R_n = R_D$ für die Fahrtanfrage gilt und

$$SP(X_{1_S}, X_{1_D}) = (X_{1_1}, X_{1_2}, X_{1_3}, \dots X_{1_n}) \tag{16.10}$$

$$SP(X_{2_S}, X_{2_D}) = (X_{2_1}, X_{2_2}, X_{2_3}, \dots X_{2_n}) \tag{16.11}$$

wobei $X_{1_1} = X_{1_S}, X_{1_n} = X_{1_D}$ für Fahrtangebot X_1 und $X_{2_1} = X_{2_S}$ und $X_{2_n} = X_{2_D}$ für Fahrtangebot X_2 gilt.

Nun wenden wir die gleiche Methodik wie im vorherigen Szenario an. Die Menge der Knoten um den Startort des Passagiers C_s und die Menge der Knoten um den Zielort des Passagiers C_D werden mit der Menge der Knoten in den Routen der Fahrtangebote (in diesem Fall X_1 und X_2) geschnitten. Die invertierte Indexstruktur beschleunigt diese Rechenoperation, da es leicht zu erkennen ist, wenn Knoten in beiden Mengen enthalten sind.

$$S_S = C_S \cap SP(X_{1_S}, X_{1_D}) \cap SP(X_{2_S}, X_{2_D}) \tag{16.12}$$

Nun enthält S_s alle Knoten, die zu den Fahrtangeboten im System gehören aber auch im Radius r um den Startort des Passagiers liegen. Wir wenden die gleiche Schnittoperation für den Zielort des Passagiers an, um die Menge S_D zu erhalten:

$$S_D = C_D \cap SP(X_{1_S}, X_{1_D}) \cap SP(X_{2_S}, X_{2_D}) \tag{16.13}$$

Anschließend überprüfen wir die Entfernung zwischen jedem Knoten in den Mengen S_S und S_D. Nehmen wir zum Beispiel an, dass das Ergebnis der Schnittoperation ist, dass sechs Knoten in beiden Mengen enthalten sind, die wir bezeichnen als $S_S = \{X_{1_a}, X_{1_j}, X_{1_k}, X_{2_a}, X_{2_j}, X_{2_k}\}$ und $S_D = \{X_{1_b}, X_{1_u}, X_{1_v}, X_{2_b}, X_{2_u}, X_{2_v}\}$. Es seien die Entfernung der Knoten zum Start- und Zielort der Fahrtanfrage, wie in Abbildung 16-6 angegeben.

S_S

Node	Distance to R_S
X_{1_a}	***0.45***
X_{1_j}	0.47
X_{1_k}	0.49
X_{2_a}	***0.22***
X_{2_j}	0.25
X_{2_k}	0.33

S_D

Node	Distance to R_D
X_{1_b}	***0.41***
X_{1_u}	0.42
X_{1_v}	0.44
X_{2_b}	***0.15***
X_{2_u}	0.17
X_{2_v}	0.18

Abbildung 16-6. Entfernungen zwischen den Knoten in den Fahrtangeboten und dem Start- und Zielort der Fahrtanfrage.

Wir können feststellen, dass die Knoten X_{1_a} und X_{2_a} die geringsten Abstände zu R_S in den Fahrtangeboten X_1 bzw. X_2 haben. Außerdem haben die Knoten X_{1_b} und X_{2_b} die geringsten Abstände zu R_D in den Fahrtangeboten X_1 bzw. X_2. In diesem Szenario sehen wir nun, dass es zwei Fahrtangebote gibt, an denen der Passagier teilnehmen kann. Dies resultiert in der Frage wie der Passagier in diesem Fall die beste Fahrt wählen kann.

Wir schlagen eine Lösung vor, um dem Benutzer das passendste Fahrtangebot zu berechnen. Wir geben die Fahrt zurück, die die geringste durchschnittliche Entfernung zu den Knoten R_S und R_D aufweist. In unserem Szenario wählen wir wie oben beschrieben die Knoten X_{1_a} und X_{1_b} für das Fahrtangebot X_1, und die Knoten X_{2_a} und X_{2_b} für das andere Fahrangebot X_2. Danach nehmen wir die durchschnittliche Entfernung der beiden Knoten zum Zentrum der Kreise jedes Fahrtangebots. Wir vergleichen dann die gemittelten Entfernungen:

$$\frac{X_{1_a}+X_{1_b}}{2} > \frac{X_{2_a}+X_{2_b}}{2} \tag{16.14}$$

Infolgedessen bieten wir dem Passagier beide Fahrten an, aber mit Priorisierung des Fahrtangebots X_2, da es die geringere durchschnittliche Entfernung zum Start- und Zielort des Passagiers hat.

16.3.3 Bedingungen des Matching-Prozesses

Um geeignete und bequeme Fahrangebote bereitzustellen, ist das System mit vorbestimmten Bedingungen versehen, die den Matching-Prozess unterstützen. Einige Bedingungen werden vom System selbst festgelegt und die Benutzer sind nicht involviert, andere Bedingungen werden von den Benutzern festgelegt, um ein für sie möglichst passendes Fahrtangebot zu finden. Im folgenden Abschnitt werden die Bedingungen aufgelistet, die vom System verwendet werden:

Erstens kann der Fahrer einen maximal akzeptablen Umweg festlegen. Er soll die Abweichung von der ursprünglichen Route zu dem Start- und Zielort des Passagiers begrenzen. Zum Beispiel kann der Fahrer angeben, dass er nur 2 km als Umweg für einen Passagier anbieten will, dann wird das System dieses Fahrtangebot nur Passagieren anbieten, für die eine Umwegstrecke von weniger als 2 km notwendig ist.

Zweitens berücksichtigt das System die Anzahl der verfügbaren Plätze. Diese Bedingung wird auch vom Fahrer zur Verfügung gestellt, sie begrenzt die maximale Anzahl von Passagieren, die der Fahrer mitnehmen kann oder möchte. Einige Fahrer wollen nicht alle verfügbaren Plätze ausfüllen und sind mit ein oder zwei Passagieren zufrieden. Die Anzahl der verfügbaren Sitzplätze wird um 1 verringert, wenn ein Passagier an der Fahrt teilnimmt.

Drittens kann der Radius um den Start- und Zielort des Passagiers angeben werden, den das System für das Suchen nach Fahrtangeboten berücksichtigen soll. Beim Scannen des Bereichs um Start- und Zielorte von Fahrtanfragen handelt es sich um einen Kreis, dessen Radius vom System abhängig von der Anzahl der Fahrangebote im System bereitgestellt wird. Mit anderen Worten, wenn das System viele Fahrtangebote in einer Gegend hat, kann der Kreisradius reduziert werden, aber wenn das System wenige Fahrangebote hat, kann der Radius erweitert werden, um mehr Ergebnisse zu erhalten.

Viertens kann die Zeitspanne eingestellt werden, die der Passagier für die Abfahrt berücksichtigt haben möchte. Diese Bedingung wird aktuell vom System bereitgestellt, könnte aber auch von den Nutzern bestimmt werden. Das System sucht nach Fahrtangeboten innerhalb eines Zeitbereichs. Wenn die Abfahrtszeit der Fahrtanfrage zum Beispiel 08:30 Uhr ist, sucht das System zwischen von 08:15 und 08:45 Uhr nach allen Fahrtangeboten. Dabei berücksichtigt das System die Fahrzeit vom Startort des Fahrers bis zum Abholort des Passagiers.

16.4 Evaluation

Wir haben die Leistung unseres Systems basierend auf den zwei Hauptprozessen, Anlegen von Fahrtangeboten sowie Suchen von geeigneten Fahrten getestet.

16.4.1 Anlegen von Fahrtangeboten

Um die Leistung des Systems beim Anlegen eines Fahrtangebotes zu messen, müssen wir die Leistung der Komponenten messen, aus denen der der Prozess des Anlegens eines Fahrtangebotes besteht. Das Erstellen eines Fahrangebots besteht aus drei Hauptkomponenten, die wir einzeln besprechen werden:

Erstens umfasst die Erstellung von Fahrangeboten das Abrufen der Fahrtangebotsinformationen, insbesondere des Geocodes der Adresse, der über die Google-API bestimmt wird. Ein Beispiel von 10 zufälligen Adressen in München wurde vorbereitet. Wir haben festgestellt, dass die durchschnittliche Zeit für das Senden einer Geocode-Anfrage und das Empfangen einer Antwort nur 0,094711 Sekunden beträgt. Daher ignorieren wir bei der Leistungsmessung den Geokodierungsprozess, da dies hauptsächlich von der Geschwindigkeit der Internetverbindung abhängt und die Verarbeitungszeit den gesamten Prozess nicht beeinflusst.

Zweitens umfasst die Erstellung von Fahrangeboten das Berechnen des kürzesten Wegs. Um die Leistung zu testen, legen wir eine Reihe von Fahrangeboten im System an. Wir erstellten hierzu zufällige Fahrtangebote rund um München in zufälliger Reihenfolge basierend auf der Zufallsfunktion, die in Java zur Verfügung steht (java.util.Random). Zufällige Fahrtangebote werden innerhalb einer Box um München erstellt, wir beschränken die Koordination von Start- und Zielort von zufälligen Fahrangeboten auf [48.2791, 48.0340] für den Breitengrad und [11.7986, 11.3599] für den Längengrad. Abbildung 16-7 zeigt den Bereich, der die generierten Zufallsangebote enthält.

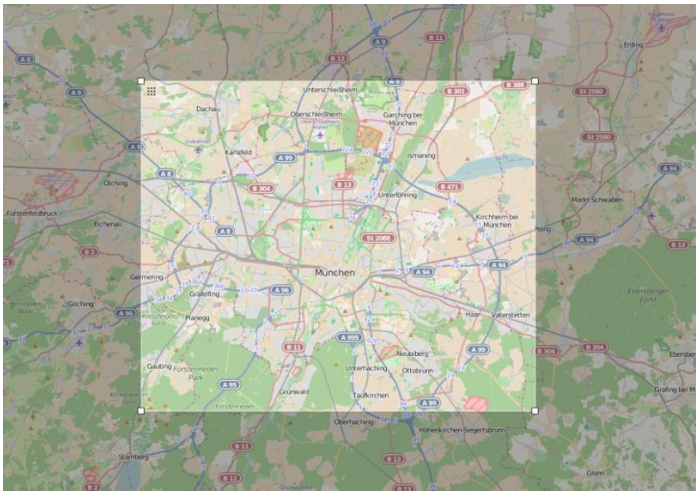


Abbildung 16-7. Bereich für zufällig generierte Fahrtangebote (OpenStreetMap 2016).

Tabelle 16-1 zeigt, dass die Konstruktion des kürzesten Weges und das Auslesen der geographischen Koordinaten seiner Punkte nicht viel Zeit in Anspruch nimmt. Zum Beispiel, um

Fahrt 3 zu erstellen, benötigte der Algorithmus nur 0,0754 Sekunden, bei einer Länge der Fahrt von etwa 130 km mit 1409 Knoten. Daher müssen wir uns im Weiteren nicht auf die Messung dieser Komponente des Algorithmus konzentrieren.

Drittens beinhaltet die Erstellung von Fahrtangeboten das Hinzufügen des kürzesten Pfads zur Datenbank. Dieser Teil benötigte die längste Ausführungszeit beim Erstellen eines Angebots, da die Daten in die invertierte Index-Struktur umgerechnet werden. Wir haben die Berechnungszeit bei drei Fahrtangeboten gemessen, wobei die Entfernung von Fahrt 1 ca. 4 km, die Entfernung von Fahrt 2 ca. 19 km und die Entfernung von Fahrt 3 ca. 130 km beträgt. Es zeigt sich, dass das Hinzufügen eines Fahrangebots zur Datenbank länger dauert, je größer die Entfernung ist.

Tabelle 16-1. Berechnungszeiten für das Anlegen von Fahrtangeboten.

	Anzahl Knoten	**Entfernung** (m)	**Abfragezeit** (sec)	**Zeit zum Speichern in DB** (sec)	**Total time** (sec)
Fahrt 1	49	4.008,61	0,056657	0,054683	0,11134
Fahrt 2	291	18.728,91	0,018947	1,007314	1,026261
Fahrt 3	1.409	130.111,26	0,075489	2,652860	2,728349

Um die Zufallsfunktion zu illustrieren, mit der die Fahrtangebote generiert wurden, haben wir sie in Gruppen unterteilt, die angeben wie viele Knoten in den zugehörigen Routen enthalten sind. Wie aus Tabelle 16-2 hervorgeht, haben die meisten Fahrangebote zwischen 151 und 500 Knoten, die durchschnittliche Länge beträgt etwa 2,3 km. Die Zeit für die Erstellung von 50 Angeboten beträgt 35,824 Sekunden (durchschnittlich 0,71648 Sekunden pro Fahrtangebot).

Tabelle 16-2. Zufallsverteilung der Menge der Knoten auf die Fahrtangebote.

	0-50 Knoten	**51-150 Knoten**	**151-300 Knoten**	**301-400 Knoten**	**401-500 Knoten**	**500> Knoten**
Anzahl Fahrtangebote	0	9	23	14	4	0

16.4.2 Suche nach geeigneten Fahrtangeboten

Um die Berechnungszeit der Suche nach einem geeigneten Fahrtangebot zu evaluieren, haben wir fünf Testszenarien erstellt. Jedes Szenario enthält eine bestimmte Menge an Fahrtangeboten. Wir ziehen Testszenarien mit 50, 100, 500, 1.000 und 10.000 Fahrangebote heran (s. Tabelle 16-3). Für Testzwecke sind maximal 10.000 Fahrten gleichzeitig ausreichend. Während beispielsweise in München mehr als 400.000 Pendler unterwegs sind, nutzt fast die Hälfte die öffentlichen Verkehrsmittel. In Anbetracht der Verteilung der Pendlerstrecken über den Tag hinweg und der typischerweise niedrigen Adaptionsrate von Mitfahrsystemen wären 10.000 gleichzeitige Fahrten eine ausreichende Kapazität des Systems. Tabelle 16-3 zeigt die Anzahl der Knoten für alle Fahrtangebote im System an. Die Anzahl der Knoten enthält eindeutige Knoten und duplizierte Knoten, d.h. Knoten die zu mehreren Routen gehören.

Tabelle 16-3. Testszenarien für die Suche von geeigneten Fahrtangeboten.

	50 Fahrten	100 Fahrten	500 Fahrten	1.000 Fahrten	10.000 Fahrten
Anzahl Knoten	7.210	35.365	116.542	240.117	2.402.286
Eindeutige Knoten	2.289	15.431	27.145	36.646	89.543
Duplizierte Knoten	4.921	19.934	89.397	203.471	2.312,743
Durchschn. Entfernung pro Fahrt (m)	25.234,26	23.389,33	21.943,93	22.809,05	23.025,16

Nachdem wir unsere Testszenarien erstellt haben, testeten wir die Berechnungszeit bei der Suche nach einem Fahrtangebot für jedes Szenario. Bei der Suche nach einem Fahrtangebot haben wir sechs wichtige Schritte in Betracht gezogen. Für eine Fahrtanfrage muss der Algorithmus (1) Fahrten um den Startort des Passagiers identifizieren, (2) Fahrten um den Zielort des Passagiers identifizieren, (3) die Schnittmenge zwischen beiden Sets an Fahrten bilden, (4) prüfen, ob die Abfahrtszeit der Fahrten mit der Abfahrtszeit des Passagiers zusammenpasst, (5) prüfen, ob die neue Route die maximale Umwegbedingung des Fahrers verletzt, und (6) prüfen, ob die Fahrtrichtung von Fahrtangebot und Fahrtanfrage übereinstimmen.

In einem ersten Test haben wir festgestellt, dass die Identifizierung von Fahrten um Start- und Zielort am zeitaufwändigsten ist. Um diese Berechnungszeit zu verkürzen, werden wir anstellen eines Kreises ein Quadrat um Start- und Zielpunkt legen, in dem nach Fahrtangeboten gesucht wird (s. Abbildung 16-8). Durch diese Lösung müssen wir nur den maximalen und minimalen Längen- bzw. Breitengrad um den Start- bzw. Zielpunkt kennen und sie der Abfrage nur einmal zur Verfügung stellen, bevor wir sie ausführen, so dass keine weiteren Berechnungen erforderlich sind.

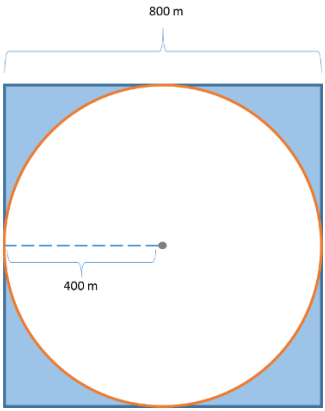


Abbildung 16-8. Bereich für die Suche nach Fahrtangeboten in der Umgebung des Start- und Zielorts des Passagiers.

Nachdem wir die ersten beiden Schritte des Algorithmus auf die quadratische Fläche um Start- und Zielort des Passagiers angepasst hatten, simulierten wir 100 zufällige Suchen nach Fahrten für 50, 100, 500 und 10.000 Fahrten im System unter der Annahme eines Radius von 400 m, der für den Passagier annehmbar ist (Was wiederum in ein zu durchsuchendes Quadrat mit der Seitenlänge 800 m resultiert). Die durchschnittlichen Berechnungszeiten sind in Tabelle 16-4 angegeben. Wir können sehen, dass die Identifizierung möglicher Fahrten, die innerhalb des voreingestellten Radius liegen, immer noch der zeitaufwendigste Schritt ist. Eine Gesamtberechnungszeit von weniger als 0,4 Sekunden für ein System mit 10.000 Fahrten zeigt jedoch, dass die Leistung für Echtzeitanwendungen ausreicht.

Tabelle 16-4. Berechnungszeiten der verschiedenen Schritte zur Identifizierung geeigneter Fahrtanfragen

Schritt		**50 Fahrten**	**100 Fahrten**	**500 Fahrten**	**1.000 Fahrten**	**10.000 Fahrten**
(1)	Fahrten um Startort (sek)	0,00276	0,008364	0,02279	0,04056	0,0989
(2)	Fahrten um Zielort (sek)	0,002065	0,00158	0,00281	0,007450	0,0114
(3)	Schnittmenge (sek)	0,000002	0,000006	0,000016	0,000047	0,00249
(4)	Prüfung Schnittmenge der Abfahrtszeit (sek)	0,000105	0,000117	0,000120	0,00014	0,1034
(5)	Prüfung maximale Umgehungstour (sek)	0,000001	0,000004	0,000004	0,000005	0,1791
(6)	Prüfung Richtung des Fahrtangebotes (sek)	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,0028
	Total (sek)	**0,004934**	**0,010072**	**0,02574**	**0,048203**	**0,39809**

16.5 Fazit und Ausblick

Die stetig wachsende Verbreitung von Smartphones und Tablets in der Bevölkerung auf der ganzen Welt machen sie zu wertvollen Ressourcen auf dem Weg zu intelligenter Mobilität. Ein Beispiel hierfür ist die Nutzung von mobilen Applikation für Dynamic Ridesharing, eine wichtige Komponente intelligenter Mobilität. Um Dynamic Ridesharing zu ermöglichen, muss ein Service Fahrtangebote und -anfragen in Echtzeit abgleichen. In diesem Kapitel schlagen wir einen schnellen Algorithmus vor, der in existierenden Services zur Organisation von Fahrgemeinschaften verwendet werden kann, um diesen dynamischer und effizienter zu gestalten.

Unser Lösungsansatz für Dynamic Ridesharing hat gezeigt, dass er ausreichend gut für Echtzeitanwendungen funktioniert, während er einfacher ist als bestehende optimierungsbasierte Ansätze. Die Leistungssteigerung wird durch die Verwendung einer invertierten Indexdatenstruktur erreicht, die die Abfragekosten für jede Datenbankabfrage reduziert. Wie bei jeder Forschung gibt es eine Reihe von Einschränkungen, die mit dieser Studie verbunden sind. Erstens basieren die Testszenarien nicht auf realen Daten, da es nicht möglich war, echte Fahrten zu bekommen, die von Fahrern in München angeboten werden. Daher haben wir eine zufällige Funktion verwendet, um Fahrangebote innerhalb des Münchner Raums zu generieren.

Zweitens ist die Verwendung der Google API für die Geokodierung eine gute Lösung, aber nicht die beste, da sie die Ausführungszeit für Fahrtangebote und Fahrtanfrage erhöht, insbesondere wenn der Server viele Anforderungen gleichzeitig bearbeitet. Außerdem ist der Google API-Geocodierungsdienst auf eine bestimmte Anzahl von Anfragen pro Minute beschränkt. Dennoch bietet die in diesem Dokument bereitgestellte Lösung das volle Potenzial, die Effizienz und Leistung bestehender Mitfahrservices zu erhöhen, um sie dynamischer für die Abstimmung von Fahrtanfragen mit Fahrtangeboten in Echtzeit zu machen. Weiterhin werden Hindernisse wie Flüsse, Parks oder Bahnlinien um Start- und Zielpunkte nicht berücksichtigt.

Angeboten als Web-Service, der über eine API erreichbar ist, könnte der entwickelte Dynamic Ridesharing Service in Projekten wie TUMitfahrer, einer Mitfahrgelegenheit für Studierende der Technischen Universität München, eingesetzt werden. Als Mobilitätsdienst auf einer offenen Mobilitätsplattform könnte der Service darüber hinaus von Drittentwicklern genutzt und in weiteren Projekten eingesetzt werden (Schreieck et al. 2016b; Schreieck et al. 2018). Durch die Orchestrierung der Dienste auf der Plattform könnte Ride Sharing mit anderen Diensten wie Parkplatzsuche oder Routing kombiniert werden (Hein et al. 2016; Pflügler et al. 2016a; Pflügler et al. 2017).

Für weitere Forschung schlagen wir vor, die Echtzeit-Verkehrssituation in Fahrzeitberechnungen miteinzubeziehen. Statt der geographischen Entfernung um den Start- und Zielort des Passagiers könnte dann ein zeitlicher Radius genutzt werden, also alle Punkte, die innerhalb einer bestimmten Zeit erreicht werden können. Eine weitere potenzielle zukünftige Aufgabe besteht darin, eine Geokodierungsdatenbank auf einem eigenen Server auszuführen (Pflügler et al. 2016b). Diese Lösung spart die Zeit, die benötigt wird, um Geokodierungsdaten vom Google-Server abzurufen. Eine alternative Lösung besteht darin, Adressen auf der Benutzerseite (in einer mobilen Applikation) zu geokodieren und die Koordinaten direkt an den Server zu senden. Zuletzt könnten auch Vorschläge zur Nutzung der öffentlichen Verkehrsmittel für den Passagier vor und nach der Mitfahrt in einer Fahrgemeinschaft in den Service integriert werden.

16.6 Literaturverzeichnis

Agatz NAH, Erera AL, Savelsbergh MWP, Wang X (2011) Dynamic ride-sharing: A simulation study in metro Atlanta. Transportation Research Part B: Methodological 45 (9): S. 1450-1464.

Arena M, Cheli F, Zaninelli D, Capasso A, Lamedica R, Piccolo A (2013) Smart mobility for sustainability, AEIT Annual Conference.

Baláž P, Londarev A (2006) Oil and its position in the process of globalization of the world economy. Politická Ekonomie 2006 (4): S. 508-528.

Bauer R, Delling D, Sanders P, Schieferdecker D, Schultes D, Wagner D (2008) Combining hierarchical and goal-directed speed-up techniques for Dijkstra's algorithm. Lecture Notes in Computer Science 5038 LNCS: S. 303-318.

Bin C, Alarabi L, Mokbel MF, Basalamah A (2015) SHAREK: A Scalable Dynamic Ride Sharing System, 16th IEEE International Conference on Mobile Data Management (MDM).

Dailey DJ, Loseff D, Meyers D (1999) Seattle smart traveler: dynamic ridematching on the World Wide Web. Transportation Research Part C: Emerging Technologies 7 (1): S. 17-32.

Furuhata M, Dessouky M, Ordóñez F, Brunet ME, Wang X, Koenig S (2013) Ridesharing: The state-of-the-art and future directions. Transportation Research Part B: Methodological 57: S. 28-46.

Garcia-Molina H, Ullman JD, Widom J (2009) Database Systems - The Complete Book. Pearson Education Inc., Upper Saddle River, NJ.

Geisberger R, Luxen D, Neubauer S, Sanders P, Volker L (2010) Fast Detour Computation for Ride Sharing, 10th Workshop on Algorithmic Approaches for Transportation Modelling, Optimization, and Systems.

Geisberger R, Sanders P, Schultes D, Delling D (2008) Contraction Hierachies: Faster and Simpler Hierachical Routing in Road Networks. 7th Workshop on Experimental Algorithms 2: S. 319-333.

Ghoseiri K, Haghani A, Hamedi M (2011) Real-Time Rideshare Matching Problem. Thesis.

Goldberg AV, Harrelson C (2005) Computing the Shortest Path: A* meets Graph Theory. 16th ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms: S. 156-165.

Goldberg AV, Kaplan H, Werneck RF (2006) Reach for A*: Efficient Point-to-Point Shortest Path Algorithms. In workshop on algorithm engineering & experiments (October): S. 129-143.

Gutman R (2004) Reach-based routing: A new approach to shortest path algorithms optimized for road networks, Sixth Workshop on Algorithm Engineering and Experiments and the First Workshop on Analytic Algorithms and Combinatorics.

Hein A, Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2016) Multiple-case analysis on governance mechanisms of multi-sided platforms, Multikonferenz Wirtschaftsinformatik, Ilmenau.

Jung J, Jayakrishnan R, Park JY (2013) Design and Modeling of Real-time Shared-Taxi Dispatch Algorithms. TRB Annual Meeting 8: S. 1-20.

Krcmar H (2016) TUMitfahrer. https://www.tumitfahrer.de/. Abgerufen am 12.02.2016.

May AD (2013) Urban Transport and Sustainability: The Key Challenges. International Journal of Sustainable Transportation 7 (March 2015): S. 170-185.

OpenStreetMap (2016) OpenStreetMap. http://www.openstreetmap.de/. Abgerufen am 12.02.2016.

Pflügler C, Köhn T, Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2016a) Predicting the Availability of Parking Spaces with Publicly Available Data, INFORMATIK 2016, Klagenfurt.

Pflügler C, Schreieck M, Hernandez G, Wiesche M, Krcmar H (2016b) A concept for the architecture of an open platform for modular mobility services in the smart city. Transportation Research Procedia 19: S. 199-206.

Pflügler C, Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2017) Development and Evaluation of a Game Application for Parking Lot Identification, Intelligent Transport Systems in Theory and Practice mobil.TUM 2017, Munich, Germany.

Schreieck M, Pflügler C, Setzke DS, Wiesche M, Krcmar H (2018) Improving Urban Transportation: an Open Platform for Digital Mobility Services. In: Linnhoff-Popien C, Schneider R, Zaddach M (Hrsg.) Digital Marketplaces Unleashed. Springer, S. 479-489.

Schreieck M, Safetli H, Siddiqui SA, Pflügler C, Wiesche M, Krcmar H (2016a) A Matching Algorithm for Dynamic Ridesharing. Transportation Research Procedia 19: S. 272-285.

Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2016b) Modularization of digital services for urban transportation, Americas Conference on Information System, San Diego, USA.

Schultes D (2008) Route Planning in Road Networks. Universität Karlsruhe, Karlsruhe.

Schwabe G, Krcmar H (2000) Piloting Socio-Technical Innovation, European Conference on Information Systems (ECIS) 2000, Vienna, Austria.

Tao C-C, Chen C-Y (2007) Heuristic Algorithms for the Dynamic Taxipooling Problem Based on Intelligent Transportation System Technologies. Fourth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery: S. 590-595.

Tao CC, Chen CY (2008) Dynamic rideshare matching algorithms for the taxipooling service based on intelligent transportation system technologies. 14th International Conference on Management Science and Engineering: S. 399-404.

Ying F, Yu F, Changjun J, Jiujun C (2008) Dynamic Ride Sharing Community Service on Traffic Information Grid, International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation.

Yunfei H, Xu L, Chunming Q (2012) TicTac: From transfer-incapable carpooling to transfer-allowed carpooling, Global Communications Conference (GLOBECOM), 2012 IEEE.

Zhang F, Liu J (2009) An Algorithm of Shortest Path Based on Dijkstra for Huge Data, Sixth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery.

17 Crowdsourced Delivery[128,129]

D. Soto Setzke, C. Pflügler, M. Schreieck, S. Fröhlich, M. Wiesche, H. Krcmar

Das schnelle Wachstum des Absatzvolumens im elektronischen Handels führt dazu, dass das Konzept der klassischen Paketzustellung durch innovative Ansätze wie Crowdsourced Delivery in Frage gestellt wird. Die Einbindung von Privatpersonen, wie beispielsweise Pendlern, um Pakete zuzustellen, bietet wirtschaftliche und ökologische Vorteile. In diesem Kapitel wird ein algorithmisches Modell vorgestellt, das die Zuordnung von Fahrern zu Lieferaufträgen automatisiert und auf der Grundlage von Transportwegen und zeitlichen Einschränkungen optimiert. Der Algorithmus wurde in einer Simulationsumgebung mithilfe von Mobilitätsdaten einer deutschen Großstadt evaluiert. Bestehende und neue Crowdsourced-Delivery-Plattformen können den Algorithmus an ihre Bedürfnisse und Bedingungen anpassen. Dieses Kapitel zeigt außerdem Leitlinien für die zukünftige Forschung über Matching-Algorithmen in Crowdsourced-Delivery-Systemen auf.

While the sales volume of e-commerce transactions is growing rapidly, the traditional concept of package delivery has been challenged by innovative approaches such as crowdsourced delivery. Using individuals, for example commuters, to deliver packages can provide several economic and environmental benefits. In this chapter, an algorithm is presented that automates and optimizes the assignment of drivers to transportation requests by matching them based on transportation routes and time constraints. The algorithm has been evaluated by using a simulated setting based on mobility data recorded in a major German city. Existing and new crowdsourced delivery platforms can adapt the algorithm to their needs and conditions. Furthermore, this chapter gives guidance on future research on matching algorithms for crowdsourced delivery systems.

[128] Aufbauend auf der bereits von Soto Setzke et al. (2017) durchgeführten Studie zum Thema Crowdsourced Delivery.

[129] Das Forschungsprojekt ExCELL wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert (Förderkennzeichen: 01MD15001D und 01MD15001E).

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018
M. Wiesche et al. (Hrsg.), *Management digitaler Plattformen*,
Informationsmanagement und digitale Transformation,
https://doi.org/10.1007/978-3-658-21214-8_17

17.1 Einleitung

Crowdsourced Delivery hat in den letzten Jahren zunehmen an Interesse gewonnen. Hierbei handelt es sich um ein alternatives Lieferkonzept, das für die Zustellung von Paketen auf den Einsatz sogenannter Crowdworker (Estellés-Arolas und González-Ladrón-de-Guevara 2012; Schreieck et al. 2016a) anstelle klassischer, professioneller Kuriere setzt (Hodson 2013; Rougès und Montreuil 2014; Sadilek et al. 2013). Crowdsourced Delivery wird meist durch eine Online-Plattform realisiert, die von Organisationen oder Privatpersonen verwendet werden kann, um Lieferaufträge zu veröffentlichen. Andere Benutzer können sich auf der Plattform registrieren, Anfragen annehmen und ausführen und eine Vergütungen vom ursprünglichen Auftraggeber oder vom Plattformbetreiber erhalten. In den USA konnten Startups wie Postmates oder Deliv, die Plattformen für Crowdsourced Delivery anbieten, Investitionen in Höhe von 22 und 14 Millionen US-Dollar (Rougès und Montreuil 2014) anziehen. Das Konzept hat auch das Interesse von etablierten Einzelhandelsunternehmen wie Amazon und WalMart geweckt, die verschiedene crowd-gestützte Lieferdienste in ausgewählten Regionen der Vereinigten Staaten testen (Amazon.com 2017; Bender 2016).

Allerdings fokussieren sich existierende Plattformen meist auf Fahrer, die sich explizit Zeit für die Durchführung veröffentlichter Lieferaufträge nehmen. Hierbei erhalten die Fahrer eine Liste ausgewählter Lieferaufträge und deren Abhol- und Zustellungszeiten, um Anfragen zu wählen, die sie durchführen möchten. Rougès und Montreuil (2014) schlagen in ihrer Forschungsarbeit die Verwendung von Matching-Algorithmen zur Optimierung der Zuordnung von Lieferaufträgen zu Fahrern vor. Ein solcher Algorithmus könnte die Effizienz von Crowdsourced-Delivery-Plattformen verbessern, da somit Matches optimiert und der Matching-Prozess weiter automatisiert werden können.

In diesem Kapitel wird ein erweiterbares, algorithmisches Modell vorgestellt, das Lieferaufträge Lieferanten zuordnet. Das Modell wurde auf der Grundlage eines gestaltungsorientierten Forschungsansatz entwickelt (Peffers et al. 2007). Es dient der Pilotierung einer soziotechnischen Innovation (Schwabe und Krcmar 2000). Die Wirksamkeit des Modells wurde mit einer Vielzahl von Lieferaufträgen und geplanten Fahrten getestet, die einerseits zufällig generiert wurden und andererseits auf realen Mobilitätsdaten einer deutschen Großstadt basieren. Bei der Modellentwicklung wurde auf die Forschung von Agatz et al. (2011) zu dynamischen Ridesharing-Systemen aufgebaut. Der Algorithmus kann von bestehenden und neuen crowd-gestützten Lieferpattformen genutzt und angepasst werden, um den Prozess der Zuordnung von Fahrer zu Lieferaufträgen zu automatisieren und dabei bereits geplante Pendlerfahrten einzubeziehen, was die Integration von Lieferaufträgen in die täglichen Aufgaben und Wege von Pendlern ermöglicht.

17.2 Theoretische Grundlagen

Schöder et al. (2016) zeigen in ihrer Studie, dass sich die weltweiten E-Commerce-Erlöse im B2C-Bereich von 2013 bis 2018 voraussichtlich fast verdoppelt werden (vgl. Abbildung 17-1). Dieser Anstieg impliziert einen Anstieg der Paketlieferungen und damit auch negativer Umweltauswirkungen wie erhöhter Umweltverschmutzung und Verkehrslärm. Darauf aufbauend wurden verschiedene Studien über Alternativkonzepte für die sogenannte „letzte Meile" der Paketlieferung durchgeführt (Hübner et al. 2016; Joerss et al. 2016; Slabinac 2015).

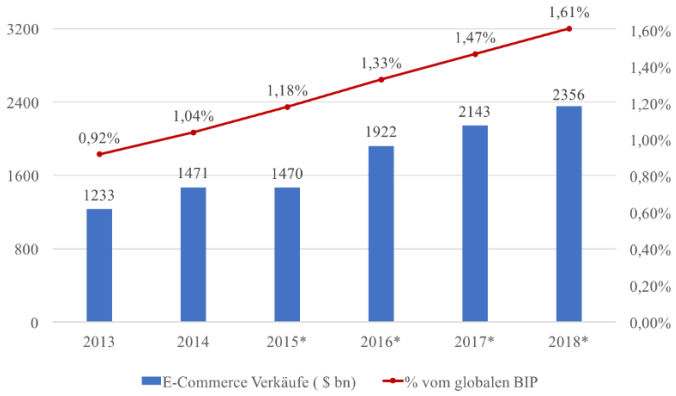


Abbildung 17-1. Weltweite E-Commerce-Erlöse im B2C-Bereich und Anteil am globalen BIP von 2013-2018 (in Milliarden US $) (Schöder et al. 2016).

Eines dieser Konzepte ist Crowdsourced Delivery, eine Anwendung des Crowdsourcing-Konzepts auf den Prozess der Paketlieferung. McKinnon (2016) zeigt, dass Crowdsourced Delivery eine Vielzahl an Vorteilen bietet, wie beispielsweise die Verringerung von Verkehrsaufkommen, Energieverbrauch und CO^2-Emissionen sowie die Möglichkeit zur Wettbewerbsdifferenzierung für Einzelhändler in Bezug auf Liefergeschwindigkeit und Kosten. Besonders für den klassischen stationären Handel, dem oft die Ressourcen für den Aufbau eines oder die Anbindung an ein bestehendes Vertriebsnetz fehlen, stellt Crowdsourced Delivery ein Mittel zur Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit dar (Dörrzapf et al. 2016). Die kurzfristige Verfügbarkeit von Crowdworker ermöglicht es kleinen und mittelständischen Einzelhändlern, Premium-Dienstleistungen wie Lieferungen am selben Tag anzubieten, die derzeit im Moment vor allem von großen Einzelhandelskonzernen wie Amazon.com angeboten wird (MacKenzie et al. 2013). Darüber hinaus könnte Crowdsourced Delivery aber auch von Privatpersonen genutzt werden, die potenziell hohe Kosten und Lieferzeiten beim Paketversand vermeiden wollen (Mladenow et al. 2015).

McKinnon (2016) zeigt, dass der Markt der Crowdsourced-Delivery-Anbieter noch relativ jung ist und die meisten Plattformen in den letzten sechs bis sieben Jahren entstanden sind.

Während Startups wie Deliv, Zipments und Postmates weiterhin wachsen und hohe Investitionen anziehen, erweitern auch etablierte Transportunternehmen wie Uber und DHL ihre Plattformen und Dienstleistungen um den crowd-gestützten Transport von Waren und testen ihre Dienste uberRUSH und DHL MyWays in ausgewählten Regionen. Laut McKinnon (2016) wird vor allem der neue Markteinstieg von Amazon mit dem Dienst Amazon Flex die Konkurrenz zwischen bestehenden crowd-gestützten Lieferplattformen weiter intensivieren.

Rougès und Montreuil (2014) weisen darauf hin, dass der Matching-Prozess der Lieferaufträge mit geeigneten Lieferanten mithilfe von Algorithmen automatisiert werden kann. Dienste wie Amazon Flex oder uberRUSH bieten bestimmte Filterkriterien wie Paketgröße, Verfügbarkeitszeiten und Standort für die Vorverarbeitung möglicher Matches an. Basierend auf diesen Kriterien können potenzielle Lieferanten eingehende Anfragen entgegennehmen, ablehnen oder selbst aus einer Liste auswählen. Zu beachten ist dabei, dass in den meisten Fällen die Bearbeitung eines Lieferauftrags als die Hauptaktivität des Lieferanten betrachtet wird. Ein weiteres Match-Kriterium kann eingeführt werden, indem insbesondere Lieferanten berücksichtigt werden, die Pakete auf ihrem Weg zu einem anderen Zielort, wie z. B. ihrem Arbeitsplatz, zustellen möchten. In diesem Fall können potenzielle Matches in Hinblick darauf ausgewertet werden, wie gut sie auf die bereits geplante Route des Lieferanten passen. So richtet sich der crowd-gestützte Lieferdienst Hitch beispielsweise an Pendler als potenzielle Lieferanten. Anstatt jedoch optimale Matches basierend auf der Pendel- und Lieferroute zu berechnen und vorzuschlagen, werden bei diesem Dienst lediglich Lieferrouten auf einer Karte angezeigt und potenzielle Lieferanten aufgefordert, ihren passenden Match selbst auszuwählen (Caluzo 2014). Durch die Berücksichtigung von Fahrstrecken und dem Vorschlag von Matches auf Grundlage dieser Routen kann die Effizienz crowd-gestützter Lieferdienste gesteigert werden da dies Lieferanten dabei unterstützt, diese Aufgaben in ihre täglichen Aktivitäten zu integrieren.

Die optimale Zuordnung von Fahrern und Lieferaufträgen basierend auf Transportwegen wurde bis heute noch kaum erforscht. Bei sogenannten Ridesharing-Systemen (Agatz et al. 2012), auch als Fahrgemeinschaften bekannt, handelt es sich um ein ähnliches Problem, das in der Literatur bereits ausführlicher behandelt wurde (Masoud und Jayakrishnan 2015). In Ridesharing-Systemen müssen Fahrangebote und Mitfahreranfragen unter Berücksichtigung von Fahrstrecken und zeitlichen Einschränkungen, also Abfahrts- und Ankunftszeiten, abgestimmt werden. In ihrer Arbeit schlagen Agatz et al. (2011) die Verwendung eines Maximum-Weight-Bipartite-Matching-Modells zur mathematischen Modellierung von Ridesharing-Systemen vor. Auch wenn das ursprüngliche Problem ihrer Arbeit Ähnlichkeiten mit den hier vorgestellten Crowdsourced-Delivery-Systemen aufweist, kann die dort entwickelte Lösung nicht direkt auf andere Domänen übertragen werden. Im Falle von Crowdsourced-Delivery-Systemen unterscheiden sich beispielsweise die Annahmen über das Verhalten und die Eigenschaften von Fahrern und Paketen. So müssen beispielsweise im Falle von Agatz et al. (2011) alle potenziellen Mitfahrer ein eigenes Auto besitzen, das sie nutzen können, um die Fahrt selbst durchzuführen und andere Mitfahrer mitzunehmen falls kein passendes Fahrangebot gefunden werden konnte.

Darüber hinaus wird angenommen, dass Fahrangebote auf im Voraus geplante Fahrten wie Arbeitsfahrten ausgerichtet sind, die typischerweise eine geringe Zeitflexibilität zwischen dem frühesten Start- und dem spätesten Ankunftszeitpunkt haben. Im Gegensatz dazu haben Paketlieferungen eine viel größere Zeitflexibilität, auch im Falle der Lieferung am selben Tag.

17.3 Problembeschreibung und Matching-Algorithmus

17.3.1 Problembeschreibung

Das Modell beinhaltet eine Menge an Fahrten und Lieferaufträge. Jede Fahrt beginnt an einem Abfahrtsort und endet an einem Zielort und jedem Lieferauftrag wird ein Abholort und ein Zustellungsort zugeordnet. Fahrten haben sowohl einen frühesten Abfahrts- als auch einen spätesten Ankunftszeitpunkt, während Lieferaufträge einen früheste Abhol- und einen spätesten Zustellungszeitpunkt haben. Die Fahrstrecke zwischen zwei Standorten wird in Minuten gemessen. Da die Zuordnung von Fahrten und Transportanfragen auf Fahrstrecken basiert, müssen die Standorte und Zeiten aller Fahrten und Anfragen bekannt sein. Diese Informationen können sich jedoch ändern, solange die jeweilige Fahrt oder Anfrage noch nicht zugeordnet wurde. Tabelle 17-1 zeigt die Symbole auf, die im Rest des Kapitels verwendet werden.

Tabelle 17-1. Symbole, Definition und Beschreibung.

Symbol	Definition und Beschreibung
T	Menge der Fahrten
R	Menge der Lieferanfragen
P	Menge aller Entitäten ($P = T \cup R$)
T_p^{ED}	Frühester Abfahrts-/Abholzeitpunkt für eine Entität $p \in P$
T_p^{LA}	Spätester Ankunfts-/Zustellungszeitpunkt für eine Entität $p \in P$
S	Menge aller Koordinaten
O_p	Abfahrts-/Abholort einer Entität $p \in P$ ($O_p \in S$)
D_p	Ziel-/Zustellungsort einer Entität $p \in P$ ($D_p \in S$)
d_{ab}	Fahrzeit in Minuten zwischen zwei Standorten $a, b \in S$
$time_feasible$	Prädikat, das bestimmt, ob eine Zuordnung $(t, r) \in T \times R$ zeitlich machbar ist, d.h. ob die Lieferanfrage während einer gegebenen Fahrt ausgeführt werden kann, ohne die Zeitbeschränkungen, die durch T_t^{ED}, T_r^{ED}, T_t^{LA} und T_r^{LA} gegeben sind, zu verletzen

Auf der Grundlage dieser Informationen wird nun eine optimale Zuordnung von Fahrten zu Lieferaufträgen gesucht, also ein maximales Matching mit minimalen Kosten für einen bipartiten Graphen, der aus Knoten besteht, die Fahrten und Lieferaufträge darstellen.

17.3.2 Algorithmisches Modell

Um ein maximales Matching für den bipartiten Graphen zu berechnen, wird zunächst ein Minimum-Cost-Maximum-Flow-Problem konstruiert und gelöst. Hierfür wird in einem Netzwerk eine Flussmenge von einem Quellknoten *s* entlang mehrerer Kanten zu einer Senke *t* gesendet. Jeder Kante werden Kosten, eine Maximalkapazität und ein Flusswert zugeordnet. Im Minimum-Cost-Maximum-Flow-Problem soll der maximale Fluss mit minimalen Kosten berechnet werden. Hierzu wird ein gerichteter Graph $G = (V, E)$ konstruiert:

$$V = T \cup R \cup \{s, t\} \tag{17.1}$$

$$E = \{(i,j) \in T \times R \mid time_feasible(i,j)\} \cup \{(s,i) \mid i \in T\} \cup \{(j,t) \mid j \in R\} \tag{17.2}$$

Es wurden sowohl eine Quelle *s* als auch eine Senke *t* eingefügt. Alle Fahrten und Anfragen werden als Knoten dargestellt und jede potenzielle Zuordnung erfüllt die gegebenen zeitlichen Einschränkungen. Außerdem wurden Kanten vom Quellknoten *s* zu allen Fahrten und Kanten von allen Anfragen zur Senke *t* eingefügt. Um die Qualität einer Zuordnung zu quantifizieren und jeder Kante, d.h. einem potenziellen Match, Kosten zuordnen zu können, führen wir eine Kostenfunktion $\Gamma: E(G) \to \mathbb{R}$ ein:

$$\Gamma(i,j) \begin{cases} d_{O_i,O_j} + d_{O_j,D_j} + d_{D_j,D_i} - d_{O_i,D_i}, & (i,j) \in T \times R \\ 0, & sonst \end{cases} \tag{17.3}$$

Diese Kostenfunktion berechnet die zusätzliche Zeit, die ein Fahrer *i* benötigt, um eine Lieferanfrage *j* auszuführen. Die Kosten jeder Kante, die mit der Quelle oder Senke verbunden ist, betragen 0. Die Menge der Matches soll möglichst geringe Gesamtkosten aufweisen. Somit werden Matches mit geringerer zusätzlicher Fahrzeit also „besser“ bewertet als Matches mit höherer zusätzlicher Fahrzeit. Die dazugehörige Kostenfunktion kann angepasst werden, um andere Faktoren zu berücksichtigen, die zum Abschluss dieses Kapitels näher erläutert werden. Außerdem werden jeder Kante $(i, j) \in E(G)$ eine Kapazität und ein Flusswert von 1 zugeordnet. Das Netzwerk kann nun verwendet werden, um einen Fluss aus dem Quellknoten *s* entlang der Kanten zur Senke *t* zu senden. Da nach einem maximalen Match gesucht wird, soll der Fluss, der zur Senke gesendet wird, maximiert werden. Die einheitliche Kapazität von 1 sorgt dafür, dass es höchstens eine ausgehende Kante für jede Fahrt und höchstens eine eingehende Kante für jede Anfrage gibt.

Abbildung 17-2 zeigt das konstruierte Netzwerk. Die Kantenbeschriftungen geben die Kosten der entsprechenden Kante an und zeigen somit die zusätzliche Fahrzeit, die für den Match benötigt wird. Die Kapazitäts- und Flusswerte sowie die Kostenwerte für jede Kante, die mit der Quelle verbunden sind, wurden hier nicht eingezeichnet, da diese für jede Probleminstanz konstant bleiben.

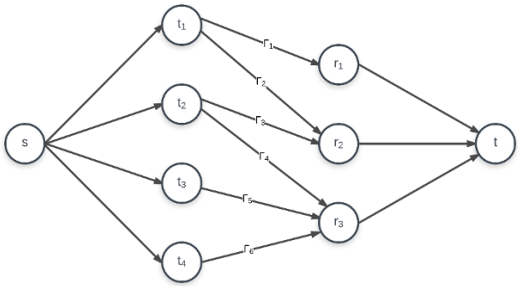


Abbildung 17-2. Minimum-Cost-Maximum-Flow-Problem.

17.3.3 Beispielrechnung

Im Folgenden wird eine beispielhafte Probleminstanz vorgestellt, um die Wirkungsweise des Algorithmus zu demonstrieren. Tabelle 17-2 und Tabelle 17-3 zeigen jeweils fiktive Fahrten und Lieferaufträge, die bereits zu Beginn eines Tages bekannt sind. Zu allen Fahrten und Anfragen werden die nötigen Informationen zur Berechnung der Kosten für einen Match angegeben. Zu beachten ist hierbei, dass in einem realen Szenario die Liste der Fahrten und Lieferaufträge deutlich länger sein wird.

Tabelle 17-2. Beispielhafte Fahrten.

Symbol	Frühster Abfahrtszeitpunkt	Spätester Ankunftszeitpunkt	Abfahrtsort	Ankunftsort
t_1	7:00 a.m.	8:00 a.m.	l_1	l_2
t_2	5:00 p.m.	7:00 p.m.	l_2	l_1
t_3	10:00 a.m.	11:00 a.m.	l_3	l_4
t_4	5:00 p.m.	7:00 p.m.	l_4	l_3

Tabelle 17-3. Beispielhafte Lieferaufträge.

Symbol	Frühster Abholzeitpunkt	Spätester Zustellungszeitpunkt	Abholort	Zustellungsort
r_1	4:00 p.m.	6:00 p.m.	l_5	l_6
r_2	1:00 p.m.	5:00 p.m.	l_7	l_8
r_3	7:00 a.m.	6:00 p.m.	l_5	l_8

Zunächst muss die Zeit, die ein Fahrer für einen Lieferauftrag zusätzlich investieren muss, berechnet werden. Abbildung 17-3 zeigt die Ausgangssituation der beispielhaften Probleminstanz. Bei allen potenziellen Matches wird die zusätzliche Fahrzeit als Beschriftung der entsprechenden Kante angezeigt.

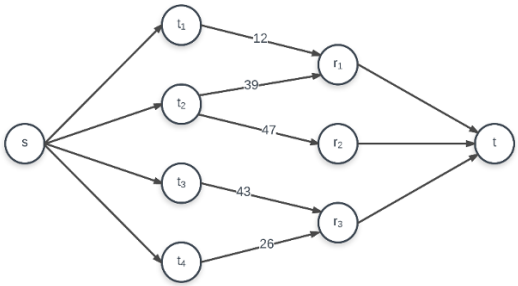


Abbildung 17-3. Ausgangssituation der beispielhaften Probleminstanz.

Anschließend wird der maximale Fluss mit minimalen Kosten für diese Probleminstanz berechnet. Das resultierende Netzwerk ist in Abbildung 17-4 dargestellt ist. Von den fünf ursprünglich vorhandenen Kanten wurden zwei eliminiert und somit bleibt die Menge optimaler Matches übrig. In diesem Beispiel zeigt das Netzwerk, dass Anfrage r_1 während der Fahrt t_1 ausgeführt werden sollte, r_2 während t_2 und r_3 während t_4.

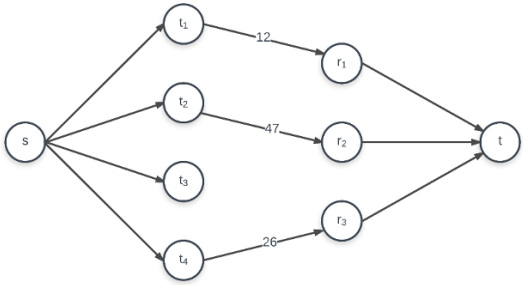


Abbildung 17-4. Gelöste Probleminstanz.

17.3.4 Erweiterbarkeit und Anpassungsfähigkeit

Die Kostenfunktion Γ kann um weitere Faktoren erweitert werden. So könnte eine Crowdsourced-Delivery-Plattform beispielsweise ein Rating-System bereitstellen, das es ermöglicht Lieferanten zu bewerten. Die Bewertung könnte als Faktor in die Kostenfunktion einbezogen werden, die entweder die Kosten für einen Match erhöht oder senkt. Darüber hinaus könnten bestimmte Unternehmen Lieferanten vorziehen, die in der Vergangenheit bereits andere Pakete dieses Unternehmens zugestellt haben. In diesem Fall könnte die Kostenfunktion diese Lieferanten bevorzugen, wenn sie für einen Match in Frage kommen. Darüber hinaus könnten Präferenzen auch an bestimmte dynamische Bedingungen gekoppelt werden. So könnte z.B. zu Zeiten, zu denen viele Pakete auf eine Zustellung warten und eine relativ geringe Anzahl an

Fahrern verfügbar ist, die Kostenfunktion diese Präferenzen vernachlässigen, um eine maximale Abdeckung der Lieferaufträge zu gewährleisten.

17.3.5 Evaluierung

Als Leistungskennzahl für den entwickelten Algorithmus wurde die erzielte Matchrate verwendet. Hierbei handelt es sich um das Verhältnis der zugeordneten Lieferanfragen zur Gesamtzahl aller Anfragen für einen bestimmten Zeitraum. Für die Evaluierung wurden die Auswirkungen der beiden folgenden Faktoren auf die Matchrate untersucht:

- Verhältnis von Fahrten zu Lieferanfragen
- Planungshorizont (Zeitintervall, in dem die Berechnung von Matches durchgeführt wird)

In der Evaluierung wurden Bewegungsdaten von etwa 500 Taxis aus einer deutschen Großstadt verwenden. Diese würden über den Zeitraum mehrerer Monate mithilfe von GPS-Trackern gesammelt, die ihre aktuelle Position alle fünf Sekunden an einen zentralen Server sendeten. Darüber hinaus wurden zusätzliche Daten, wie beispielsweise die Auslastung des Taxis, erfasst. Ein Aufzeichnungstag wurde hierbei zufällig aus dem gesamten Zeitrahmen ausgewählt und die dazugehörigen Taxifahrten für diesen Tag extrahiert. Da der Abfahrts- und Zielort bereits gegeben war, mussten nur der früheste Abfahrts- und der späteste Ankunftszeitpunkt generiert werden. Jeder Taxifahrt wurde eine Zeitflexibilität von einem Drittel der tatsächlichen Fahrzeit zugeordnet. Zur Erstellung der Lieferaufträge wurden zufällige Abhol- und Zustellungsorte in derselben Stadt generiert. Für die Erstellung der Zeitfenster wurde angenommen, dass Pakete zwischen 8 Uhr und 12 Uhr abgeholt werden können. Um Lieferungen am selben Tag simulieren zu können, muss jeder Artikel spätestens um 19 Uhr zugestellt sein.

Für die Analyse der Auswirkungen des verwendeten Planungshorizontes wurde davon ausgegangen, dass Lieferaufträge im Laufe des Tages erstellt und Fahrten im Voraus von den entsprechenden Fahrern geplant werden. Darüber hinaus wurde davon ausgegangen, dass Anfragen bis spätestens eine Stunde vor dem frühesten Abholzeitpunkt bekannt gegeben werden müssen. Zusätzlich gilt die Annahme, dass Fahrer Matches akzeptieren oder ablehnen können. Falls ein Match abgelehnt wird, werden der entsprechende Fahrer und der Lieferauftrag bei der nächsten Match-Berechnung erneut berücksichtigt. Um diese Systemeigenschaft zu modellieren wurde angenommen, dass die Entscheidung zur Annahme oder Ablehnung von der zusätzlichen Zeit abhängt, die der Fahrer für die Paketzustellung investieren muss. Hierfür wurde das Verhältnis zwischen der zusätzlichen Fahrzeit und dem Gesamtzeitfenster einer Anfrage berechnet und als Wahrscheinlichkeit der Ablehnung eines Matches verwendet. Im Anschluss wurde die kontinuierliche Berechnung von Matches im Laufe des Tages simuliert, indem das Gesamtzeitfenster der Berechnungen (8 Uhr bis 18 Uhr) in mehrere kleinere Zeitfenster, abhängig vom gewählten Planungshorizont, geteilt wurde. Bei jeder Berechnung wurden nur Anfragen berücksichtigt, die zum Zeitpunkt der Berechnung bereits angekündigt worden waren. Um außerdem die unmittelbare Berechnung der Matches mit der Berechnung mithilfe eines

Planungshorizontes zu vergleichen, wurde zusätzlich eine „Instant-Match"-Strategie mit einem Zeitintervall von einer Minute simuliert. Bei jedem Intervallschritt wurden nur dann Matchs berechnet, wenn eine neue Anfrage zu diesem Zeitpunkt angekündigt war. Für jeden abgelehnten Match wurden solange sofort neue Matches berechnet, bis entweder ein Match angenommen wurde oder keine weiteren Matches gefunden werden konnten.

Die Berechnungen wurden mit dem Google Optimization Tools Framework durchgeführt. Die Anzahl der zu berücksichtigenden Fahrten betrug in jedem Simulationsdurchlauf 1000. Außerdem wurde sichergestellt, dass generierte Fahrten eine Gesamtfahrzeit zwischen fünf Minuten und zwei Stunden und eine Gesamtstrecke zwischen fünf und 100 Kilometer aufweisen. Für die Analyse der Auswirkungen des Anfrage-/Fahrtenverhältnisses wurden zehn Szenarien mit 100 bis 1000 verschiedenen Lieferanfragen betrachtet. Jedes Szenario wurde insgesamt zehnmal, jedes Mal mit neu generierten Daten, simuliert und anschließend der Durchschnitt der resultierenden Matchrate berechnet.

Abbildung 17-5 zeigt den Einfluss des Verhältnisses von Anfragen zu Fahrten auf die Matchrate. Diese bleibt fast konstant bei 100 % bis ein Verhältnis von Anfragen zu Fahrten von rund 40 % erreicht wird und flacht dann schnell ab. Für unseren Fall liegt das Verhältnis von Anfragen zu Fahrten mit der optimalen Matchrate somit bei rund 40 %.

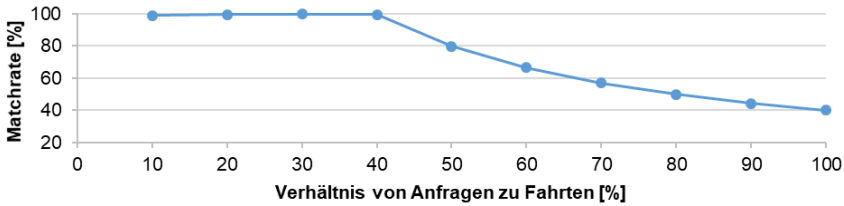


Abbildung 17-5. Auswirkungen des Verhältnisses von Anfragen zu Fahrten auf die Matchrate.

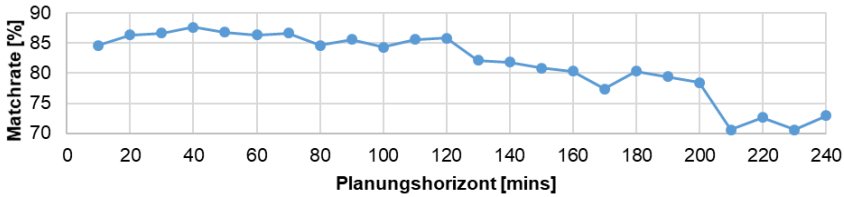


Abbildung 17-6. Auswirkungen des Planungshorizonts auf die Matchrate.

Für die Analyse der Auswirkungen des Planungshorizonts wurde ein Szenario von Fahrten und Anfragen mit einem optimalen Verhältnis von Anfragen zu Fahrten von 40 % generiert. Anschließend wurden verschiedene Zeitintervalle für den Planungshorizont verwendet, um das Szenario zu testen, wobei das Zeitintervall jedes Mal um zehn Minuten verlängert wurde. Die

Werte für jedes Szenario wurden durch Simulation des Tagesablaufs und durch das Ausführen mehrerer Berechnungszyklen berechnet.

Abbildung 17-6 zeigt den Einfluss des Planungshorizontes auf die Matchrate. Hier lässt sich beobachten, dass die Matchrate relativ hoch bleibt bis sie bei einem Intervall von 40 Minuten mit einer Rate von 87,6 % ihr Optimum erreicht. Danach fällt die Rate langsam zurück, fällt aber nicht unter 70 %. Es bietet sich daher die Verwendung eines Intervalls von 20 bis 80 Minuten an, um optimale Ergebnisse zu erzielen. Zu beachten ist, dass im Gegensatz zu der Analyse des Einflusses des Verhältnisses von Anfragen zu Fahrten bei einer Rolling-Horizon-Strategie keine Matchrate von 100 % erreicht werden kann. Dies liegt daran, dass Lieferaufträge im Laufe des Tages zu einem Zeitpunkt veröffentlicht werden, zu dem passende Fahrten möglicherweise bereits anderen, früher veröffentlichten Anfragen zugeordnet wurden.

Für die Simulation der „Instant-Match"-Strategie ergab sich eine Matchrate von 47,2 %, welche deutlich niedriger ist als das Optimum im Falle der „Rolling-Horizon"-Strategie. Unter Berücksichtigung dieser Ergebnisse ist somit die Verwendung einer „Rolling-Horizon"-Strategie anstelle der „Instant-Match"-Berechnung zu empfehlen.

17.4 Diskussion und Zusammenfassung

17.4.1 Einschränkungen und zukünftige Forschung

Die Erkenntnisse dieser Arbeit unterliegen verschiedenen Einschränkungen. Zunächst basiert die Performance-Evaluation größtenteils auf hypothetischen und generierten Daten, die die Gegebenheiten in einer realen Anwendung nicht komplett abbilden können. So ist beispielsweise eine einheitliche Verteilung von Koordinaten in einem bestimmten Bereich nur eingeschränkt geeignet, um die Abhol- und Zustellungsorte zu modellieren, da Abholorte tendenziell eher in Industrie- oder Gewerbegebieten liegen, während Zustellungsorte in Wohngebieten liegen. Im Hinblick auf potenzielle Lieferanten sind sowohl Taxifahrer als auch Passagiere Teil der Zielgruppe für eine Crowdsourced-Delivery-Plattform. Die Zielgruppe umfasst aber auch Pendler, die ihr privates Auto nutzen. Um die Wirksamkeit und Nützlichkeit des algorithmischen Modells weiter zu validieren, könnte zukünftige Forschung in diesem Bereich den Algorithmus in umfangreicheren Simulationsumgebungen evaluieren.

Des Weiteren können über den Algorithmus in seiner derzeitigen Form nicht mehr als eine Anfrage einer Fahrt zugeordnet werden. Es ist zu erwarten, dass die Matchrate noch weiter erhöht werden kann, wenn Fahrer mehrere Lieferaufträge gleichzeitig durchführen können. Eine mögliche Lösung für dieses Problem könnte eine Anpassung der Kantenkapazitäten beinhalten, so dass einer Fahrt mehrere Lieferaufträge zugeordnet werden können. Darüber hinaus müssen die Kostenfunktion sowie das Prädikat zur Überprüfung zeitlicher Einschränkungen geändert werden, um komplexere Routen und Abhol- und Zustellungsorte für mehr als ein Paket zu berücksichtigen.

Der Algorithmus könnte außerdem um die Möglichkeit erweitert werden, Pakete über mehrere Fahrer zuzustellen. In einigen Fällen ist ein Fahrer möglicherweise aufgrund zeitlicher Einschränkungen nicht in der Lage, ein Paket bis an sein endgültiges Ziel zu bringen. Er könnte es jedoch zumindest an einen bestimmten Ort bringen, wo er es an einen anderen Fahrer weitergibt, der das Paket letztlich an den endgültigen Zustellungsort bringt. Hierfür werden allerdings auch Mechanismen für kurzzeitige Neuberechnungen benötigt, z.B. für den Fall, wenn einer oder mehrere Fahrer in der Lieferkette nicht rechtzeitig am Transferort ankommen.

Ein effektiver Matching-Prozess ist ein wichtiger Bestandteil für eine Crowdsourced-Delivery-Plattform. Allerdings muss er auch mit nicht-technischen Aspekten wie dem zugrundeliegenden Geschäftsmodell und den Geschäftsprozessen der Plattform in Einklang gebracht werden. Dazu gehören sowohl Preisgestaltung und Fahrervergütungen als auch der Umgang mit kritischen Ereignissen, wie z. B. kurzfristigen Absagen durch Fahrer. Auch wenn Geschäftsmodelle für Crowdsourced Delivery noch kaum erforscht wurden (Rougès und Montreuil 2014; Sadilek et al. 2013), könnte bei zukünftigen Forschungsprojekten auf verwandte Vorarbeiten zu Geschäftsmodellen für Crowdsourcing- und insbesondere Crowd-Logistik-Plattformen (Cefkin et al. 2014; Mladenow et al. 2015) zurückgegriffen werden.

Da einer dem Auftraggeber meist unbekannte Person ein Wertgegenstand in Form eines Pakets ausgehändigt wird, ist die stärkere Einbeziehung von Vertrauen ist ein weiterer vielversprechender Pfad für weitere Forschung (Ebner et al. 2004).

17.4.2 Zusammenfassung

Crowdsourced Delivery stellt ein alternatives Lieferkonzept dar, welches insbesondere kleineren Unternehmen und dem Einzelhandel die Möglichkeit eröffnet, kurze Lieferzeiten anzubieten ohne ein eigenes Liefernetzwerk aufzubauen oder einen teuren Lieferdienst zu beauftragen. Auch für den Umweltschutz können sich Verbesserungen ergeben: Lieferanten können ihre Produkte beispielsweise mit dem Fahrrad transportieren, außerdem ist kein weiteres Verpackungsmaterial nötig. Weitere positive Effekte könnten durch die Einbeziehung von Pendlern oder anderen Reisenden entstehen. Diese könnten ihre Fahrt nutzen, um bestellte Produkte zuzustellen, deren Zielorte auf derselben Route liegen. Entscheidend für den Erfolg ist aber die Entwicklung eines Geschäftsmodells, das sowohl für kleinere Unternehmen und Einzelhändler als auch für die Lieferanten entsprechende Vorteile bietet (Leimeister und Krcmar 2004). Des weiteren ist die Motivation zur Nutzung ausschlaggebend (Petkov et al. 2011; Petkov et al. 2012).

In diesem Zusammenhang wurde in diesem Kapitel ein dynamischer Matching-Algorithmus für Crowdsourced-Delivery-Plattformen vorgestellt, der potenziellen Lieferanten passende Pakete zuweist. Der Algorithmus zielt darauf ab, Paketzustellungen in bereits geplante Fahrerrouten zu integrieren, um vorhandene Transportressourcen effektiver nutzen zu können. Der Service kann auf einer offenen Mobilitätsplattform wie der ExCELL Plattform integriert werden, sodass er von Drittentwicklern in anderen Applikationen genutzt werden kann (Pflügler et

al. 2016b; Schreieck et al. 2018b; Schreieck et al. 2016c). Dabei kann der Service mit anderen kombiniert werden, zum Beispiel mit Mitfahrdiensten (Schreieck et al. 2016b) oder Parkplatzdiensten (Pflügler et al. 2016a; Pflügler et al. 2017), wobei der Plattformbetreiber die Nutzung der Services orchestriert (Schreieck et al. 2018a; Schreieck et al. 2017).

17.5 Literaturverzeichnis

Agatz N, Erera A, Savelsbergh M, Wang X (2012) Optimization for dynamic ride-sharing: A review. European Journal of Operational Research 223 (2): S. 295-303.

Agatz NAH, Erera AL, Savelsbergh MWP, Wang X (2011) Dynamic ride-sharing: A simulation study in metro Atlanta. Transportation Research Part B 45 (9): S. 1450-1464.

Amazon.com, Inc (2017) Amazon Flex. https://flex.amazon.com. Abgerufen am 23.02.2017.

Bender M (2016) Piloting Delivery with Uber, Lyft and Deliv. http://blog.walmart.com/business/20160603/piloting-delivery-with-uber-lyft-and-deliv. Abgerufen am 32.02.2017.

Caluzo, Inc. (2014) Hitch Crowdsourced Delivery. http://www.hitchit.co. Abgerufen am 23.02.2017.

Cefkin M, Anya O, Dill S, Moore R, Stucky S, Omokaro O (2014) Back to the Future of Organizational Work: Crowdsourcing and Digital Work Marketplaces, 17th ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work & Social Computing, Baltimore, Maryland, USA.

Dörrzapf L, Berger M, Breitfuss G, Remele E (2016) Crowd Delivery als neues Lieferkonzept zur Stärkung des "Lokalen Marktplatzes", 21st International Conference on Urban Planning, Regional Development and Information Society, Vienna, Austria.

Ebner W, Leimeister JM, Krcmar H (2004) Trust in virtual healthcare communities: design and implementation of trust-enabling functionalities, 37th Annual Hawaii International Conference on System Sciences.

Estellés-Arolas E, González-Ladrón-de-Guevara F (2012) Towards an integrated crowdsourcing definition. Journal of Information Science 38 (2): S. 189-200.

Hodson H (2013) Hand-delivered parcels find their way to you via the crowd. New Scientist 218 (2917): S. 17-18.

Hübner A, Kuhn H, Wollenburg J (2016) Last mile fulfilment and distribution in omni-channel grocery retailing. International Journal of Retail & Distribution Management 44 (3): S. 228-247.

Joerss M, Schröder J, Neuhaus F, Klink C, Mann F (2016) Parcel delivery: The future of last mile. McKinsey & Company.

Leimeister JM, Krcmar H (2004) Revisiting the virtual community business model, Tenth Americas Conference on Information Systems (AMCIS), New York, New York.

MacKenzie I, Meyer C, Noble S (2013) How retailers can keep up with consumers. McKinsey & Company.

Masoud N, Jayakrishnan R (2015) A Real-Time Algorithm to Solve the Peer-to-Peer Ride-Matching Problem in a Flexible Ridesharing System (trans: Studies IoT). University of California, Irvine.

McKinnon AC (2016) Crowdshipping: A Communal Approach to Reducing Urban Traffic Levels? Kühne Logistics University.

Mladenow A, Bauer C, Strauss C (2015) Crowdsourcing in logistics: concepts and applications using the social crowd, 17th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services, Brussels, Belgium.

Peffers K, Tuunanen T, Rothenberger MA, Chatterjee S (2007) A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. Journal of Management Information Systems 24 (3): S. 45-77.

Petkov P, Goswami S, Köbler F, Krcmar H (2012) Personalised eco-feedback as a design technique for motivating energy saving behaviour at home, 7th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Making Sense Through Design.

Petkov P, Köbler F, Foth M, Medland R, Krcmar H (2011) Engaging energy saving through motivation-specific social comparison, CHI'11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems.

Pflügler C, Köhn T, Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2016a) Predicting the Availability of Parking Spaces with Publicly Available Data, INFORMATIK 2016, Klagenfurt.

Pflügler C, Schreieck M, Hernandez G, Wiesche M, Krcmar H (2016b) A concept for the architecture of an open platform for modular mobility services in the smart city. Transportation Research Procedia 19: S. 199-206.

Pflügler C, Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2017) Development and Evaluation of a Game Application for Parking Lot Identification, Intelligent Transport Systems in Theory and Practice mobil.TUM 2017, Munich, Germany.

Rougès J-F, Montreuil B (2014) Crowdsourcing delivery: New interconnected business models to reinvent delivery, 1st International Physical Internet Conference, Québec City, Canada.

Sadilek A, Krumm J, Horvitz E (2013) Crowdphysics: Planned and Opportunistic Crowdsourcing for Physical Tasks, Seventh International AAAI Conference on Weblogs and Social Media, Cambridge, Massachusetts, USA.

Schöder D, Ding F, Campos JK (2016) The Impact of E-Commerce Development on Urban Logistics Sustainability. Open Journal of Social Sciences 4: S. 1-6.

Schreieck M, Hein A, Wiesche M, Krcmar H (2018a) The Challenge of Governing Digital Platform Ecosystems. In: Linnhoff-Popien C, Schneider R, Zaddach M (Hrsg.) Digital Marketplaces Unleashed. Springer, S. 527-538.

Schreieck M, Pflügler C, Dehner C, Vaidya S, Bönisch S, Wiesche M, Krcmar H (2016a) A Concept of Crowdsourced Delivery for Small Local Shops, INFORMATIK 2016, Klagenfurt.

Schreieck M, Pflügler C, Setzke DS, Wiesche M, Krcmar H (2018b) Improving Urban Transportation: an Open Platform for Digital Mobility Services. In: Linnhoff-Popien C, Schneider R, Zaddach M (Hrsg.) Digital Marketplaces Unleashed. Springer, S. 479-489.

Schreieck M, Safetli H, Siddiqui SA, Pflügler C, Wiesche M, Krcmar H (2016b) A Matching Algorithm for Dynamic Ridesharing. Transportation Research Procedia 19: S. 272-285.

Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2016c) Modularization of digital services for urban transportation, Americas Conference on Information System, San Diego, USA.

Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2017) The Platform Owner's Challenge to Capture Value – Insights from a Business-to-Business IT Platform, International Conference on Information Systems, Seoul, Südkorea.

Schwabe G, Krcmar H (2000) Piloting Socio-Technical Innovation, European Conference on Information Systems (ECIS) 2000, Vienna, Austria.

Slabinac M (2015) Innovative Solutions For A "Last-mile" Delivery - A European Experience, 15th International Scientific Conference Business Logistics in Modern Management, Osijek, Croatia.

Soto Setzke D, Pflügler C, Schreieck M, Fröhlich S, Wiesche M, Krcmar H (2017) Matching Drivers and Transportation Requests in Crowdsourced Delivery Systems, Twenty-third Americas Conference on Information Systems, Boston.

18 Anonymisierung von Floating Car Data[130]

S. Pieper, F. Kunde, P. Sauer

Floating Car Data (FCD) können sensible persönliche Informationen wie Adressen, das Freizeitverhalten, Arztbesuche oder Arbeitstätigkeiten beinhalten. Auf der ExCELL Plattform sind umfangreiche Datensätze in Form von FCD vorhanden. Aus den obigen Gründen kann dieser Datenschatz der Allgemeinheit nicht als Open Data zur Verfügung gestellt werden. Die Lösung für dieses Problem besteht in der Anonymisierung der Datensätze, da aus anonymisierten Daten keine Rückschlüsse auf Personen möglich sind. Infolgedessen erkennt und entfernt ein Anonymisierungsservice auf der ExCELL Plattform sensible Bereiche in den FCD ohne die statistische Struktur der Daten zu verändern. Das Ergebnis der Anonymisierung sind Daten, die auf der ExCELL Plattform als Open Data bereitgestellt werden können.

Floating car data (FCD) can exhibit sensible personal information such as addresses, free time activities, medical appointments and work places. On the ExCELL platform exists an extensive data treasure in the form of FCD. For the above reasons, this data set is not available to the public as open data. The solution to this problem is the anonymization of the FCD tracks, so it impossible to expose privacy related data. As a result, an anonymization service on the ExCELL platform detects and removes sensitive areas in FCD without changing the statistical structure. The result of the anonymization process is data that can be provided on the ExCELL platform as open data.

[130] Das Forschungsprojekt ExCELL wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert (Förderkennzeichen: 01MD15001B).

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018
M. Wiesche et al. (Hrsg.), *Management digitaler Plattformen*,
Informationsmanagement und digitale Transformation,
https://doi.org/10.1007/978-3-658-21214-8_18

18.1 Einleitung

Auf der ExCELL Plattform werden Tracking Daten aus diversen Quellen, hierzu zählen auch Floating Car Data (FCD), gesammelt, verarbeitet und über Services der Allgemeinheit zur Verfügung gestellt. Ein zentrales Problem bei der Verarbeitung und Auswertung der Tracking Daten ist die Umsetzung der Grundprinzipien des Datenschutzes. Dies soll vor allem durch eine rechtwirksame Anonymisierung umgesetzt werden. Ansätze dazu und deren Bewertung werden nachfolgend dargestellt.

Tracking Daten können Muster und sensible Benutzerinformationen beinhalten, beispielsweise zu Arztbesuchen, Freizeitaktivitäten, Wohnorten, sensiblen Adressdaten und Arbeitszeiten. Um das Zurückführen von GPS-Tracks auf einzelne Benutzer zu vermeiden, sind wirkungsvolle Anonymisierungsstrategien zu implementieren. Dass dies auch in großen, öffentlich verfügbaren Datensätzen teilweise nicht ausreichend erfolgt, zeigt das Beispiel der Taxidaten aus New York (Douriez et al. 2016). Durch den Einsatz einer schwachen Hashfunktion war es in diesem Fall möglich, den Fahrer des Taxis zu identifizieren. Mit dieser Erkenntnis konnte durch Data Analytics Verfahren das Gehalt der einzelnen Fahrer berechnet werden, was einen enormen Eingriff in die Privatsphäre darstellte.

18.2 Einsatzbereiche für GPS Tracking Daten

Die GPS Tracking Daten stellen eine umfangreiche und ergiebige Datenquelle (Herrera et al. 2010) für folgende Szenarien dar:

- Berechnung von Hot Spots im Stadtgebiet zu unterschiedlichen Zeiten,
- Verkehrsdatenvisualisierung mittels Heat Maps zu unterschiedlichen Zeiten und Events in Echtzeit,
- Filterung optimaler Routen aus den Tracking Daten zur Verbesserung traditioneller Navigationssysteme,
- Ermittlung von Reisezeiten für zeitsensitive Routinganfragen, hierzu zählen Echtzeitanfragen und Routinganfragen zu bestimmten Zeiten sowie
- Stauerkennung und Stauprognose.

Tracking Daten sind demzufolge ein reicher Datenschatz, der im ExCELL Projekt zur Verfügung steht und mit Data Mining Verfahren gehoben werden kann. Darauf basierende Services wie Routenempfehlung und Verkehrsvorhersage können signifikante Verbesserungen für den Nutzer der Plattform erbringen durch die Optimierung von Verkehrsflüssen und Verbesserung der Auslastung der vorhandenen Infrastrukturen.

18.3 Datenstruktur der GPS Tracking Daten

Die allgemeinen Datenfelder für GPS Tracking Daten sind in Tabelle 18-1 blau markiert. Die Basis der GPS Tracking Daten ist das Vorhandensein von Zeitstempel, geographische

Länge, geographische Breite und Geschwindigkeitswert. Zusätzlich zeigt die Tabelle die komplette Datenstruktur für GPS Tracking Daten von einem Taxiunternehmen aus Dresden.

Tabelle 18-1. Aufbau der Taxidaten mit Beispieldaten.

ID	Zeit	Longitude	Latitude	Status bes	Status war	Winkel	Speed
1	2014-01-01 00:00:01	13.8421	51.0084	1	0	257	51

- Die ID ist das Identifikationsmerkmal eines Taxis.
- Zeit ist der Zeitstempel eines Datensatzes,
- Longitude beschreibt die geographische Länge,
- Latitude deklariert die geographische Breite,
- Das Feld Status bes definiert, ob ein Taxi besetzt ist oder nicht,
- Das Feld Status war identifiziert ein wartendes oder fahrendes Taxi,
- Winkel ist der Fahrwinkel des Fahrzeugs,
- Der Wert Speed gibt die Geschwindigkeit an.

Die ID eines Taxis ist datenschutzrechtlich kritisch, auf Grund der Tatsache, dass ein Taxifahrer eindeutig identifiziert werden kann. Wie bereits erwähnt kam in New York City diese Problematik zum Tragen (Douriez et al. 2016). Demzufolge wird die ID auf der ExCELL Plattform zufällig für jede Taxifahrt neu gesetzt, was eine Erkennung und Nachverfolgung von Taxifahrten verhindert. Datenschutzrechtlich besonders bedenklich ist die Kombination aus Positionsdaten und der dazugehörigen Zeit. Aus diesen Datenpunkten können umfangreiche Informationen über Individuen extrahiert werden. Daher sind die GPS Tracking Daten besonders schützenswert, was die Anonymisierung der Datensätze erforderlich macht (Golle und Partridge 2009).

Zusätzlich zu den Floating Car Daten eines Taxiunternehmens stehen im ExCELL Projekt umfangreiche Crowdsourcing Daten zur Verfügung. Diese Daten stammen aus den ExCELL Apps und anderen externen Quellen, wobei eine ähnliche Datenstruktur wie bei den Taxi Tracking Daten gegeben ist. Crowdsourcing Daten besitzen datenschutzrechtlich kritische Felder, wonach eine Anonymisierung nötig ist.

Insgesamt stehen im ExCELL Projekt zwei datenschutzrechtlich bedenkliche Datensätze zur Verfügung. Einerseits handelt es sich um die GPS Tracking Daten eines Dresdner Taxiunternehmens, andererseits generieren die ExCELL Apps Crowdsourcing Daten mit Positionsinformationen. Weitere Datensätze mit GPS Positionsdaten sind vorstellbar.

18.4 Verfügbare Verfahren zur Anonymisierung

Grundsätzlich lässt sich Datenschutz mit Verschlüsselung oder Anonymisierungsverfahren sicherstellen. Als sicheres Anonymisierungsverfahren beziehungsweise Verfahren zur Wahrung des Datenschutzes kann Differential Privacy (Dwork 2008) dienen. Es existieren weitere Methoden wie k-Anonymity (Niu et al. 2014), l-Diversity (Machanavajjhala et al. 2006) und t-Closeness (Li et al. 2007) sowie Kombinationen dieser Verfahren wie Mix Zones (Palanisamy und Liu 2014). Nachfolgend sollen diese Verfahren kurz beschrieben werden:

- **Verschlüsselung:** Eine Variante zur Sicherstellung von Datenschutz ist Verschlüsselung, hierbei werden die sensiblen Datenfelder verschlüsselt abgespeichert und somit unkenntlich für Dritte gemacht (Gulcher et al. 2000). Wenn die GPS Tracking Daten verschlüsselt herausgeben werden, wird der gesamte Informationsgehalt eingeschränkt. Die Daten können nicht mehr veröffentlicht werden. Der Datenschutz ist damit zwar sichergestellt, trotzdem könnten neuartige Rechnerarchitekturen wie Quantencomputer die Entschlüsselung ermöglichen und den Datensatz so korrumpieren. Eine Bereitstellung der Daten als Open Data wird angestrebt, Verschlüsselung ist somit keine Option für ExCELL.
- **Differential Privacy:** Differential Privacy ist ein Paradigma, dass sich aus den Elementen Hashing, Subsampling und Noise Injection zusammensetzt (Dwork 2008). Mittels Hashing werden aus Klarnamen Hashes gebildet, die Rückführung ist nur intern möglich (Ausgangsdatensatz ist vorhanden). Subsampling beschreibt die Reduzierung des Datensatzes, beispielsweise werden bestimmte Attribute entfernt. Die Gesamtstatistik beziehungsweise die Verteilung der Daten wird dadurch nicht beeinflusst. Die letzte Methode bei Differential Privacy ist Noise Injection, also das Einfügen zufälliger Werte. Die zufälligen Werte dienen dazu, ein Rauschen zu erzeugen. Somit wird verhindert, dass Rückschlüsse auf Personen möglich sind. Man weiß nicht, ob der Wert zufällig ist oder aus den Daten ermittelt wurde. Differential Privacy macht diesen mehrstufigen Anonymisierungsprozess, bestehend aus Hashing, Subsampling und Noise Injection, beweisbar und erlaubt die datenschutzkonforme Bereitstellung von Datensätzen. Es ist eine aufwändige Methode, um Data Mining zu erlauben aber gleichzeitig Rückschlüsse auf Personen zu verhindern. Zur Etablierung des Datenschutzes mittels Differential Privacy ist ein großes Maß an Erfahrung erforderlich, damit dieses Verfahren effizient funktioniert. Die Vorteile von Differential Privacy sind die Beweisbarkeit der Anonymisierung und die Zuverlässigkeit der Anonymisierung, wohingegen die Komplexität gegen den Einsatz im ExCELL Projekt spricht.
- **Pseudonymisierung:** Die gewöhnliche Kennung (ID) wird entweder durch ein zufälliges Pseudonym ersetzt oder durch einen komplett unbekannten Wert ausgetauscht (Rass et al. 2008). Häufig wird das Setzen eines zufälligen Pseudonyms als erster Schritt der Anonymisierung angewendet, wodurch Anonymität gewährleistet wird. Ein

Rückschluss auf die reale ID ist trotzdem möglich. Pseudonymisierung allein ist demzufolge nicht ausreichend, um die Privatsphäre von Individuen zu garantieren. Pseudonymisierung wird im ExCELL Projekt zur Unkenntlichmachung der Taxi ID herangezogen.

- **Rauschen:** Durch Rauschen werden die Originalkoordinaten eines GPS Tracks mit zufällig verrauschten Daten modifiziert (Gambs et al. 2010). Zum Beispiel können die verrauschten Daten aus einer gleichverteilten Menge oder aus einer Gauß-Verteilung stammen. Wichtig ist hierbei, dass die Geographie der Daten in Betracht gezogen wird, es macht beispielsweise wenig Sinn, wenn GPS Koordinaten in einem Fluss liegen. Je stärker das Rauschen der Daten, desto besser ist der Originaltrack anonymisiert. Stark verrauschte Daten machen allerdings Datenanalysen schwieriger. Im Gegensatz zu Noise Injection beschreibt Rauschen die Modifikation von vorhandenen Datensätzen, wobei keine neuen Daten eingefügt werden.
- **Aggregation:** Aggregation führt mehrere GPS Tracks zu einer räumlichen Koordinate zusammen. Ein Beispiel ist die Bildung der Durchschnittsgeschwindigkeit für einen Straßenabschnitt mit GPS Koordinaten. Ein Clustering Algorithmus ermöglicht als Vorfilterung die Erkennung von zusammenhängenden Tracks und Bildung entsprechender Cluster. Dadurch werden GPS Tracks erkannt, die im späteren Aggregationsschritt zusammengeführt werden können. Aggregierte Tracks verschleiern die Positionsdaten von Geräten einzelner GPS Tracks (Gambs et al. 2010). Der Nachteil ist, dass durch die Aggregation viele Daten verloren gehen und bestimmte Data Mining Prozesse wie Start- und Zielanalysen nicht oder nur fehlerhaft funktionieren. Aggregation führt zu hohen Dateneinbußen und wird im ExCELL Projekt nicht eingesetzt.
- **Spatial Cloaking:** K-Anonymity zählt zur Gruppe der Spatial Cloaking Anonymisierungsverfahren (Shokri et al. 2010). Zu dieser Gruppe zählen weiterhin die Verbesserungen von k-Anonymity wie l-Diversity und t-Closeness. Grundidee dieses Anonymisierungsverfahrens ist, dass zu jedem Zeitpunkt innerhalb eines räumlichen Bereichs neben einem Individuum mindestens k - 1 andere Individuen vorhanden sind. Somit ist die Identität eines Individuums geschützt, da sich innerhalb des räumlichen Bereichs k – 1 andere Individuen befinden, die die Einzelperson räumlich verschleiern. Der Faktor k bestimmt die Stärke dieser Methode und ist der Hauptparameter (Niu et al. 2014). Die Schwierigkeit bei dieser Anonymisierungsmethode ist rekursive Aufteilung des Raums in unterschiedlich große Bereiche, sodass sich immer k Individuen pro Bereich befinden (Gambs et al. 2010). Die Nachteile sind, dass aufwendige Vorberechnungen zur Erkennung der Bereiche mit k anderen Individuen durchgeführt werden müssen. Außerdem sind in ländlichen Bereichen wenig Fahrten vorhanden, was die Findung von k Individuen erschwert. Spatial Cloaking Verfahren sind für das ExCELL Projekt aus diesen Gründen nicht anwendbar.

- **Mix-Zones:** Mix-Zones bezeichnen Areale, in denen keine Messungen durchgeführt werden, dieses Konzept ist inspiriert durch Mix-Nets (Jakobsson et al. 2002). Einerseits werden Messungen der Positionen in der Mix-Zone verhindert, andererseits verändert sich das Pseudonym jedes Individuums, das die Mix-Zone verlässt (Yang et al. 2013). Der Hauptzeck dieser Methode besteht darin, es einem Angreifer schwierig zu machen, Aktionen eines Individuums miteinander zu verknüpfen (Palanisamy und Liu 2014). Bereiche mit viel Verkehr in einer Stadt sind sehr gute Standorte für Mix-Zones, da viele Teilnehmer in die Mix-Zone eintreten und sie verlassen. Dieses Verfahren ist für den städtischen Bereich sehr gut einsetzbar, versagt aber im ländlichen Raum bei wenig Verkehr.
- **Swapping:** Bei diesem einfachen Verfahren werden GPS Tracks zwischen unterschiedlichen Individuen schlicht ausgetauscht. Beispielsweise könnten die Tracks von Person A und Person B während eines Tages ausgetauscht werden, was ihr Verhalten untypischer und weniger vorhersagbar macht (Gambs et al. 2010).
- **Entfernen sensibler GPS Tracks:** Wenn Bewegungsmuster als besonders sensibel erachtet werden, dann können diese Tracks aus dem Datensatz entfernt werden. Bei dieser Methode gehen wichtige Daten verloren, aber die Privatsphäre einer schützenswerten Person bleibt gewahrt. Darüber hinaus ist es möglich, zusätzliche Positionsdaten hinzuzufügen, um die wahren Bewegungsmuster zu vermischen (Gambs et al. 2010). Das Entfernen oder Hinzufügen von GPS Tracks darf die statistische Verteilung der Daten nicht verändern, was ansonsten zu widersprüchlichen Aussagen führt.

Alle genannten Anonymisierungsverfahren führen zu mehr oder weniger starkem Datenverlust, daher ist es wichtig, eine Metrik zu haben, die den damit verbundenen Datenverlust messbar macht (Bezzi 2010). Ebenso essentiell ist eine Metrik, die die Stärke der Wahrung der Privatsphäre misst (Hoh et al. 2007). Beide Metriken stehen miteinander in Beziehung und definieren die Robustheit der Anonymisierung. Eine Möglichkeit zur Bestimmung des Datenverlusts ist der Vergleich der statistischen Datenverteilung vor und nach der Anonymisierung. Zum Testen der Robustheit von anonymisierten Daten sind Inference Attacken durchführbar (Gambs et al. 2010), hierbei versucht ein Angreifer das Individuum anhand der anonymisierten Positionsdaten herauszufinden.

18.5 Charakteristika der GPS Tracking Daten in Bezug auf die Generierung von Datenschutz

Zur Datenanalyse werden die Taxi-IDs bei Floating Car Data nicht benötigt. Reisezeitenberechnungen oder Datenaggregation kommen ohne die Verwendung der Taxi-ID aus. Die Taxi-ID muss anonymisiert werden, da sonst Rückschlüsse auf einzelne Fahrzeuge und somit Taxifahrer möglich sind.

Weiterhin können zufällige Messwerte fehlen, bei starker Aggregation wie Heat Maps oder Hot Spot Analysen ist das Fehlen bestimmter GPS Koordinaten nicht relevant. Auch die Abfahrts- beziehungsweise Zielorte können variieren. Es ist möglich, dass GPS-Koordinaten hinzugefügt, weggelassen oder zu Regionen aggregiert werden. Heat Maps, Reisezeitenberechnung und Hot Spot Analysen funktionieren auch auf verrauschten Daten. Die Data Mining Prozesse auf der ExCELL Plattform werden durch die Anonymisierung der Ausgangsdaten somit nicht gefährdet.

18.6 Angewandte Datenschutz Verfahren im ExCELL Projekt

Nachfolgend werden einige für das Projekt ExCELL relevante Anonymisierungs-Verfahren vorgestellt, die beiden Methoden leiten sich aus dem Differential Privacy Rahmenwerk (Maruseac und Ghinita 2016) her.

- Hashing beziehungsweise Pseudonymisierung mit zufälligen Werten der Taxi-ID lässt sich zur Verschleierung eines Fahrzeugs einsetzen. Mittels einer Hashfunktion h und eines zufälligen Salt-Wertes s kann die anonymisierte Taxi-ID folgendermaßen berechnet werden: AnonymisierteTaxiID=h(TaxiID,s). Data Mining Verfahren sind aber nicht auf die konkreten Taxi-IDs angewiesen, entscheidender sind Muster und Datenverteilung. Auf einem abgesicherten Server kann eine Datenbanktabelle mit einem Mapping zwischen Fahrzeug-ID und anonymisierter Fahrzeug-ID gespeichert werden.
- Daten in der Nähe der Start und Zieladresse werden gelöscht, dann ist von Subsampling die Rede. Beispielsweise lassen sich zufällige Werte in der Nähe von Start- und Zieladressen in den Datensatz einpflanzen. Der Umkreis von Zwischenhaltepunkten wird aus den Tracking Daten weggeschnitten, damit datenschutzkritische Aktivitäten anonymisiert werden. Eine Eingrenzung der genauen Adresse wird somit erschwert.

18.7 Probleme mit den beschriebenen Verfahren

Bei den Floating Car Data sind die Tracking Daten zu den Start- und Zielpunkten die besonders kritischen Daten und müssen daher speziell behandelt werden. Die gefahrene Strecke kann mit einer hohen Wahrscheinlichkeit auf die Person schließen lassen. Die Person bezeichnet hier den Fahrgast oder den Taxifahrer. Die Strecke muss somit zusätzlich anonymisiert werden.

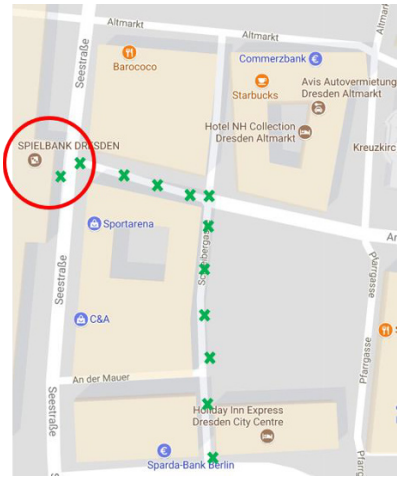


Abbildung 18-1. Ungenügend anonymisierter Track.

Abbildung 18-1 visualisiert einen GPS Track, der Rückschlüsse auf das Verhalten einer Person zulässt. In dem obigen Beispiel ist es mit einer hohen Wahrscheinlichkeit möglich, den Zielort genau einzugrenzen. Im Beispiel besucht die Person eine Spielbank. Diese Informationen darf nicht öffentlich verfügbar sein und ist privat, deshalb sind passende Anonymisierungsverfahren nötig, die datenschutzrelevante Punkte aus den Tracking Daten ausschließen.

Möglich wäre der Austausch einer Teilstrecke mit einer ähnlichen Strecke aus den Daten. So ist nicht sicher, ob die Strecke wirklich gefahren wurde oder nicht. Es muss eine zufällige Verteilung sichergestellt werden. Weiterhin sind alle nötigen Aggregationen realisierbar und keine essentiellen Daten gehen verloren. Zum Beispiel sind die ungefähren Positionen der Start –und Endpunkte für Hot Spot Analysen zugreifbar, durch die Aggregationsart sind besondere Bereiche in der Stadt trotzdem ermittelbar. Auch Heat Map Analysen ändern sich nicht, da nur Teilstrecken getauscht werden.

18.8 Anonymisierungsprozess der ExCELL Plattform

Besonders kritisch bei den GPS Tracks sind Start- und Endpunkte, sowie Zwischenhalte. Im Folgenden wird das verwendete Anonymisierungsverfahren auf der ExCELL Plattform erläutert.

Abbildung 18-2. Anonymisierungsprozess von Floating Car Data.

Abbildung 18-2 illustriert die Anonymisierung auf der ExCELL Plattform. Im ersten Schritt wird ein GPS Track mittels Map Matching auf die realen Straßenabschnitte abgebildet. Dazu werden Zeitstempel für jede gematchte Koordinate interpoliert. Im nächsten Schritt werden Zwischenhalte und Start- beziehungsweise Endpunkte des Tracks identifiziert. Der letzte Schritt besteht in der Verschleierung dieser kritischen Abschnitte, wobei dafür ein definierter Bereich aus dem GPS Track herausgeschnitten wird. Die genaue Position von Zwischenhalten, Start- und Endpunkten ist somit nicht mehr eindeutig identifizierbar.

Diese einfache Anonymisierungsmethode mit zusätzlicher Pseudonymisierung der Tracking ID ist robust gegen vielerlei Angriffe, weil die sensiblen Start- und Endpunkte, sowie Zwischenhalte komplett verschleiert werden. Weiterhin können alle Analysealgorithmen auf den Daten angewendet und ausgeführt werden. Bei einer großen Anzahl von anonymisierten GPS Tracks haben die entfernten Datenpunkte eine geringe Signifikanz, auf Grund der Tatsache, dass bei Tests der anonymisierten Daten weniger als 5 Prozent der Informationen entfernt werden. Eine Reduzierung der Datenmenge um maximal 5 Prozent kann als akzeptabel angesehen werden, damit ein guter Tradeoff zwischen Stärke der Anonymisierung und Informationsverlust garantiert ist (Ghinita et al. 2007).

Es wurde gezeigt, welche Anonymisierungsverfahren einsetzbar sind, mit deren Vor- und Nachteilen. Aus der vorgestellten Analyse der Anonymisierungsvarianten konnten die passenden Methoden für die Datenstruktur der Positionsdaten im ExCELL Projekt ermittelt werden. Im Anschluss werden die eingesetzten Anonymisierungsverfahren beschrieben, wobei die Anwendungsfälle im ExCELL Projekt vorgestellt wurden.

18.9 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde gezeigt, wie Anonymität für Mobilitätsdaten auf der ExCELL Plattform etabliert wird. Dafür werden die GPS Tracks durch einen Anonymisierungsservice

auf reale Straßenkanten abgebildet. Im zweiten Schritt werden Zeitstempel für die Datenpunkte generiert, um Haltpunkte und kritische Bereiche erkennen zu können. Im letzten Schritt werden die Start- und Zielpunkte, sowie Zwischenhaltpunkte verschleiert. Privacy Constraints garantieren die Entfernung von genügend Datenpunkten, um eine Identifizierung von privaten Adressen und Aktivitäten zu verhindern. Außerdem wurden diverse Verfahren zur Anonymisierung von kritischen Datensätzen vorgestellt und bewertet.

18.10 Literaturverzeichnis

Bezzi M (2010) An information theoretic approach for privacy metrics. Trans Data Privacy 3 (3): S. 199-215.

Douriez M, Doraiswamy H, Freire J, Silva CT (2016) Anonymizing NYC Taxi Data: Does It Matter?, IEEE International Conference on Data Science and Advanced Analytics (DSAA).

Dwork C (2008) Differential privacy: A survey of results, International Conference on Theory and Applications of Models of Computation.

Gambs S, Killijian M-O, del Prado Cortez MN (2010) Show me how you move and I will tell you who you are, 3rd ACM SIGSPATIAL International Workshop on Security and Privacy in GIS and LBS.

Ghinita G, Karras P, Kalnis P, Mamoulis N (2007) Fast data anonymization with low information loss, 33rd International Conference on Very Large Data Bases.

Golle P, Partridge K (2009) On the anonymity of home/work location pairs. Pervasive Computing: S. 390-397.

Gulcher JR, Kristjánsson K, Gudbjartsson H, Stefánsson K (2000) Protection of privacy by third-party encryption in genetic research in Iceland. European journal of human genetics: EJHG 8 (10): S. 739.

Herrera JC, Work DB, Herring R, Ban XJ, Jacobson Q, Bayen AM (2010) Evaluation of traffic data obtained via GPS-enabled mobile phones: The Mobile Century field experiment. Transportation Research Part C: Emerging Technologies 18 (4): S. 568-583.

Hoh B, Gruteser M, Xiong H, Alrabady A (2007) Preserving privacy in gps traces via uncertainty-aware path cloaking, 14th ACM Conference on Computer and Communications Security.

Jakobsson M, Juels A, Rivest RL (2002) Making mix nets robust for electronic voting by randomized partial checking, USENIX Security Symposium.

Li N, Li T, Venkatasubramanian S (2007) t-closeness: Privacy beyond k-anonymity and l-diversity, 23rd International Conference on Data Engineering.

Machanavajjhala A, Gehrke J, Kifer D, Venkitasubramaniam M (2006) l-diversity: Privacy beyond k-anonymity, Data Engineering, 2006. ICDE'06. Proceedings of the 22nd International Conference on.

Maruseac M, Ghinita G (2016) Processing uncertain spatial data resulting from differentially-private sanitization. SIGSPATIAL Special 8 (2): S. 26-34.

Niu B, Li Q, Zhu X, Cao G, Li H (2014) Achieving k-anonymity in privacy-aware location-based services, IEEE INFOCOM.

Palanisamy B, Liu L (2014) Effective mix-zone anonymization techniques for mobile travelers. Geoinformatica 18 (1): S. 135-164.

Rass S, Fuchs S, Schaffer M, Kyamakya K (2008) How to protect privacy in floating car data systems, ACM International Workshop on VehiculAr Inter-NETworking.

Shokri R, Troncoso C, Diaz C, Freudiger J, Hubaux J-P (2010) Unraveling an old cloak: k-anonymity for location privacy, 9th Annual ACM workshop on Privacy in the Electronic Society.

Yang D, Fang X, Xue G (2013) Truthful incentive mechanisms for k-anonymity location privacy, INFOCOM, 2013 Proceedings IEEE.

Teil E: Entwicklung von smarten Applikationen für Mobilität von KMU in der Smart City

19 Innovationshemmnisse für kleine und mittlere Unternehmen[131,132]

V. Huck-Fries, C. Pflügler, M. Wiesche, H. Krcmar

Die Adoption von Innovationen in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) mit weniger als 250 Mitarbeitern ist im Vergleich zu Großunternehmen begrenzt. In dieser Studie ist es unser Ziel, Faktoren zu identifizieren, die die Adoption von Innovationen bei KMU behindern. Hierzu führen wir eine Fallstudie zur Nutzung von Mobilitätsinnovationen in 20 KMU durch. Wir finden sechs entscheidende Faktoren, die KMU bei der Einführung von Innovationen behindern: wahrgenommenes Ungleichgewicht von Risiken und Chancen, Kompatibilität mit dem täglichen Arbeitsablauf, fehlende Anpassung an individuelle Geschäftsprozesse, Komplexität bei Infrastrukturinvestitionen, IT-Wissen und Kosten für die Einrichtung. Unsere Studie erweitert das Verständnis der Theorie der Adoption von Innovationen bei KMU. Basierend auf den identifizierten Faktoren hilft diese Studie, Innovationen in die laufenden Geschäftsprozesse zu integrieren und die Adoption von Innovationen zu erhöhen.

Adoption of innovations within small and middle-sized enterprises (SMEs) employing fewer than 250 employees is limited compared to large companies. With this study, our goal is to identify hindering factors influencing adoption of innovation within SMEs. To do so, we conducted a case study on the usage of mobility related innovations within 20 small and medium-sized enterprises. We found six crucial factors hindering SMEs of adoption of innovations: perceived unbalance of risks and chances, compatibility with daily work routine, lacking fit in individual business processes, complexity in infrastructure investments, IT know how and amount of costs for setup. Our study contributes to an extended understanding of the theory of adoption of innovations. Based on the identification of these factors, the study provides practical implications for SMEs to integrate innovations into current business processes. The results foster the adoption of innovation within SMEs.

[131] Aufbauend auf der bereits von Fries et al. (2016) durchgeführten Studie zum Thema Innovationsadaption.

[132] Das Forschungsprojekt ExCELL wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert (Förderkennzeichen: 01MD15001D).

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018
M. Wiesche et al. (Hrsg.), *Management digitaler Plattformen*,
Informationsmanagement und digitale Transformation,
https://doi.org/10.1007/978-3-658-21214-8_19

19.1 Einleitung

Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sind ein integraler Bestandteil der Wirtschaft eines Landes. In der Europäischen Union gehören mehr als 90 % aller Unternehmen zu dieser Gruppe und mehr als 60 % aller Beschäftigten arbeiten für KMU (European Commission 2016). Sie sind eine sehr heterogene Gruppe und arbeiten in ganz unterschiedlichen Sektoren wie Handel, Dienstleistung, Landwirtschaft, Bau und Fertigung. Innovationen ermöglichen es Unternehmen, ihre Produktivität zu steigern und ihre Leistung kontinuierlich zu verbessern (z.B. Sorescu et al. 2003). Trotz der positiven Effekte, die Innovationen mit sich bringen, ist deren Adoption bei KMU sehr gering (Chaudhury und Bharati 2008). Dies wurde bereits in der Literatur analysiert (Chaudhury und Bharati 2008), jedoch bleiben die genauen Ursachen dieser niedrigen Adoptionsrate unklar. Darüber hinaus ist nicht klar, wie diese niedrige Adoptionsrate verbessert werden kann. Wir stellen daher folgende Forschungsfrage:

Welche Faktoren behindern die Adoption von Innovationen in KMU?

Um diese Forschungsfrage zu adressieren, greifen wir auf die Theorie der Innovationsadoption von Rogers (2003) zurück und führen eine Fallstudie über die Adoption von Mobilitätsinnovationen unter KMU durch. Die Fallstudie konzentriert sich auf die Identifizierung von Faktoren, die die Adoption von Innovationen behindern. Diese Faktoren werden nachfolgend verallgemeinert und es wird diskutiert, wie die Einführung von Innovationen verbessert werden kann.

Der weitere Teil dieses Kapitels ist wie folgt aufgebaut: Zuerst stellen wir den theoretischen Hintergrund für KMU, Innovation und Innovationsadoption vor. Zweitens erklären wir unseren Forschungsansatz. Drittens werden die durchgeführte Fallstudie und die Faktoren, die die Adoption von Innovationen behindern, beschrieben. Viertens werden Leitlinien zur Verbesserung der Adoption von Innovationen vorgestellt. Schließlich endet das Kapitel mit Limitationen, möglicher zukünftiger Forschung und einem Fazit.

19.2 Theoretischer Hintergrund

Der folgende Abschnitt gibt einen kurzen Überblick über die Merkmale und Klassifizierung von KMU innerhalb Europas. Darüber hinaus werden Innovationen und die Adoption von Innovationen in KMU beschrieben.

19.2.1 Eigenschaften von KMU

Im Jahr 2012 gab es in der Europäischen Union etwa 22 Millionen KMU, die etwa zwei Drittel der Erwerbsbevölkerung beschäftigten. KMU sind für die Gesamtbeschäftigung wichtig und gelten als Motor der europäischen Wirtschaft (European Commission 2016).

KMU können sowohl aus quantitativen als auch aus qualitativen Perspektiven klassifiziert werden. Quantitative Einordnungen beziehen sich auf Kriterien wie Größe und Umsatz (Schauf

2009). Nach Angaben der Europäischen Kommission umfasst die Kategorie der KMU Unternehmen, die weniger als 250 Mitglieder beschäftigen und einen Umsatz unter 50 Millionen pro Jahr und/oder eine Bilanz haben, die 43 Millionen Euro pro Jahr nicht übersteigt (European Commission 1995). Aus qualitativer Perspektive beziehen sich die Hauptmerkmale von KMU auf die Persönlichkeit des Unternehmers, der das Gesicht und oft Eigentümer des Unternehmens ist, und ein persönliches Verhältnis der Firma zu Kunden, Lieferanten und bedeutenden anderen Personen. Darüber hinaus werden Waren und Dienstleistungen nach individuellen Bedürfnissen der Kunden erbracht und das Verhältnis zwischen Unternehmensführung und Mitarbeitern ist nah und informell. Die Organisation als solche kann schnell auf Umweltveränderungen reagieren (Mugler 2008). Innovationen und die Adoption von Innovationen haben sich in KMU als sehr relevant erwiesen. Deshalb wird im folgenden Abschnitt das Verhältnis von KMU und deren Adoption von Innovationen beschrieben.

19.2.2 Innovationen in KMU

Innovation ist definiert als "eine Idee, Praxis oder Objekt, die von einer Einzelperson oder einer anderen Einheit als neu wahrgenommen wird" (Rogers 2003). Innovationen beziehen sich oft nicht nur auf einzelne Teilbereiche, sondern können ganze Ökosysteme umfassen (Riedl et al. 2009). Zu den Hauptaspekten der Innovation gehören Veränderung und zumindest teilweise Neuheit (z.B. Hauschildt 2007) und die Adoption einer Idee oder eines spezifischen Verhaltens an eine Organisation (Damanpour 1991). Der Akzeptanz der Innovation ist hierbei von entscheidender Bedeutung (Dünnebeil et al. 2012).

Innovationen stehen im unmittelbaren Zusammenhang mit Wirtschaftswachstum. Sie werden als wichtige Beschleuniger des wirtschaftlichen Fortschritts wahrgenommen, was zu einer Steigerung der Produktivität und kontinuierlichen Performance (z.B. Dodgson et al. 2008; Sorescu et al. 2003; Xiao et al. 2013) und der Verbesserung der Ökosystemleistung führt (Riedl et al. 2009). Darüber hinaus wird das Innovationspotenzial als wesentliche Voraussetzung für die Leistungsfähigkeit und Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens angesehen (Andergassen et al. 2009). Mehrere Studien haben auf den Zusammenhang zwischen Innovationspotenzial eines Unternehmens und Marktergebnissen hingewiesen (z.B. Barker und Duhaime 1997; Markides 1997). Darüber hinaus stellten Allocca und Kessler (2006) fest, dass die Fähigkeit zur Entwicklung von Innovationen im Hinblick auf First-Mover-Vorteile, erfolgreiche Produkte und langfristiges Wachstum unerlässlich ist. So kamen die Autoren zu dem Schluss, dass die erfolgreiche Umsetzung von Innovationen in KMU positiv mit Leistung und Wachstum zusammenhängt.

Einerseits haben Ritchie und Brindley (2005) herausgefunden, dass KMU ein großes Potenzial für die Umsetzung von Innovationen in Bezug auf Anpassungsfähigkeit, Anpassungspotenzial und Unternehmergeist vorweisen. Sie sind mit wesentlichen Vorteilen wie mangelnde Bürokratie, Effizienz, Informalität, interne Kommunikationssysteme und Flexibilität und An-

passungsfähigkeit verbunden (Rothwell 1989). Mit dem Einsatz von Wissen können sie Innovationen generieren und Wettbewerbsvorteile erlangen, um mehr Profit zu erwirtschaften (Loh und Koh 2004; Kotelnikov 2007). Augmented Reality bietet beispielsweise vielfältige Möglichkeiten für Handwerksbetriebe, die Wartungsprozesse durchführen (Huck-Fries et al. 2017; Klinker et al. 2018; Klinker et al. 2017).

Andererseits hat sich gezeigt, dass KMU weniger innovativ sind als größere Unternehmen (Tan 2010). Darüber hinaus zeigten Cohen und Kleppler (1996) und Acs und Audretsch (1991), dass Anstrengungen im Bereich Forschung und Entwicklung positiv mit der Unternehmensgröße verbunden sind. Zudem haben Kimberly und Evanisko (1981) festgestellt, dass die Adoption von Innovationen in großen Unternehmen erheblich höher ist, da diese eine Innovation früher als KMU einführen. Ein Grund für eine reduzierte Innovationsaktivität innerhalb von KMU wurde von Winch und Bianchi (2006) erläutert, die zeigten, dass sich KMU einem erhöhtem Druck in Innovationsbemühungen durch eingeschränkte Ressourcen und Fähigkeiten auseinandergesetzt sehen.

19.2.3 Adoption von Innovationen

Im Hinblick auf die Adoption von Innovationen definierte Rogers (2003) dies als "relative Geschwindigkeit, mit der eine Innovation von Mitgliedern eines sozialen Systems übernommen wird" (S. 221). Es wird vor allem durch fünf Merkmale bestimmt, die zum Hauptverständnis der Adoptionsrate beitragen.

Erstens bezieht sich der relative Mehrwert einer Innovation auf die Menge, auf die eine Innovation subjektiv als besser als die bisherige Idee, die verdrängt werden soll, wahrgenommen wird, d.h. das Verhältnis des erwarteten Mehrwerts und die Kosten der Adoption einer Innovation. Dabei umfasst der relative Mehrwert Aspekte wie wirtschaftliche Profitabilität, niedrige anfängliche Kosten, eine Zunahme des Komforts, soziales Prestige und Zeit- und Aufwandsersparnisse.

Zweitens wirkt sich die Kompatibilität auf die Adoptionsrate aus. Das ist die Menge, auf die eine Innovation im Einklang mit den aktuellen moralischen Vorstellungen, den bisherigen Erfahrungen und den Forderungen der zukünftigen Nutzer steht. So ist eine hochkompatible Innovation für die Anwender sicherer, zeigt eine größere Anpassung an die Situation einer Person und wird als vertrauter wahrgenommen. Eine Innovation kann Kompatibilität mit bestehenden soziokulturellen Moralvorstellungen und Überzeugungen, früheren Konzepten und Kundenbedürfnissen für eine Innovation aufweisen.

Drittens wird die Adoptionsrate von der Komplexität beeinflusst, also dem Anteil, für den eine Innovation einfach oder schwer nachzuvollziehen und anzuwenden ist. Während einige Ideen für die Anwender leicht nachzuvollziehen sind, sind es andere nicht. Daher unterstellte Rogers (2003), dass der Grad der Komplexität einer Innovation negativ mit der Adoptionsrate zusammenhängt.

Viertens bezieht sich die Erprobbarkeit auf die Menge, auf die eine Innovation in einer definierten, d.h. eingeschränkten Weise erforscht werden kann. Im Allgemeinen werden Innovationen, die von den Teilnehmern erprobt werden können, schneller angenommen als Innovationen, die dies nicht zulassen. Da die Möglichkeit einer persönlichen Anwendung die Unsicherheit einer neueren Idee reduzieren kann, soll die Erprobbarkeit einer Innovation positiv mit der Adoptionsrate zusammenhängen.

Schließlich soll die Beobachtbarkeit als das Ausmaß, in dem die Ergebnisse einer Innovation für andere sichtbar sind, positiv mit der Adoptionsrate zusammenhängen. Während einige Ideen leicht beobachtbar und den Menschen mitgeteilt werden können, sind andere schwer zu beobachten oder zu beschreiben. So beeinflusst der Grad der Beobachtbarkeit die Adoptionsrate. Die Adoption einer Innovation und innovatives Denken innerhalb von Organisationen ist ein wesentlicher Bestandteil, um einen höheren Kundennutzen zu erzielen (Knox 2002).

Darüber hinaus beeinflussen weitere Aspekte wie die Art der Innovationsentscheidung, die Art der Kommunikationskanäle, die die Innovation in den verschiedenen Phasen des Innovationsentscheidungsprozess verbreiten, die Art des sozialen Systems, in dem sich die Innovation verbreitet und das Ausmaß an Veränderungen an Werbemaßnahmen, die Innovation verbreiten, die Adoptionsrate. Da sich zeigte, dass die wahrgenommenen Attribute einer Innovation zwischen 49 und 87 Prozent der Varianz erklären, konzentrierten wir uns auf diese Hauptaspekte, um die Innovationsadoption in KMU zu untersuchen. Abbildung 19-1 gibt einen Überblick über Variablen, die die Adoptionsrate bestimmen.

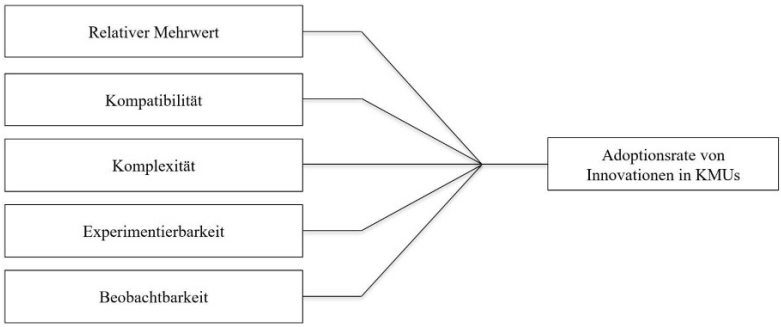


Abbildung 19-1. Variablen, die die Adoptionsrate bestimmen (Rogers 2003).

Die bisherigen Ergebnisse zeigten sowohl die hohe Relevanz der Innovation als auch die gegebenen Besonderheiten innovativer Unternehmen. Trotz der Flexibilität und Anpassungsfähigkeit der KMU ist die Adoption von Innovationen immer noch gering. Deshalb trägt unsere Studie dazu bei diese Forschungslücke zu schließen, indem sie die Faktoren, die die Adoption von Innovationen in KMU behindern, untersucht. Das Ziel dieses Kapitels ist es daher, die folgende Frage zu beantworten: Welche Faktoren behindern die Adoption von Innovationen in KMU?

19.3 Fallstudie: Mobilitätsinnovationen bei KMU

19.3.1 Forschungsmethode

Um Leitlinien für die Adoption von Innovationen bei KMU ableiten zu können, haben wir zunächst eine Fallstudie über Mobilitätsinnovationen bei KMU durchgeführt, um die Faktoren, die die Adoption von Innovationen behindern, zu identifizieren. Da dies ein neuartiger Ansatz in der KMU-Innovationsliteratur ist, haben wir die Fallstudienforschung als Methodik gewählt (Yin 2009). Darüber hinaus unterstützt die Fallstudienforschung die Erhebung von Daten im Feld und ermöglicht Beobachtungen, um Einblicke in eine bestimmte Situation zu bekommen und ein fundiertes Verständnis der Situation zu erlangen (Yin 2006). Deshalb bilden die Leitlinien für die Durchführung der Fallstudienforschung von Yin (2009) und Eisenhardt (1989) die theoretische Grundlage unseres Forschungsansatzes.

Bei der Auswahl unserer Stichprobe konzentrierten wir uns auf eine spezifische Art von KMU: Handwerksbetriebe in Europa. Wir haben diesen Fokus gesetzt, da 1) die Adoption von Innovationen bei Handwerksbetrieben im Vergleich zu anderen KMU niedriger ist (Zentralverband des Deutschen Handwerks e.V. 2014) und 2) die Innovationsleistung in Europa im Vergleich zu anderen Ländern wie den USA und Japan niedriger ist (European Commission 2015). Mit dieser Stichprobe beabsichtigen wir, Ergebnisse von hoher Zuverlässigkeit zu erzielen.

Mobilitätsbezogene Dienstleistungsinnovationen bei KMU wurden als Analyseeinheit basierend auf zwei Aspekten ausgewählt. Erstens hat sich aufgrund der Verschiebung von Produkten zu Dienstleistungen in der aktuellen Wirtschaft auch der Fokus auf Innovationen verschoben (Wang et al. 2010; Plattfaut et al. 2012). Dies hat zu einer höheren Relevanz und einer hohen Anzahl an verfügbaren Dienstleistungsinnovationen geführt. Dabei wird die Dienstleistungsinnovation als besonderer Fall von Innovation im Einklang mit den bisherigen Innovationsdefinitionen als "Neubündelung von Ressourcen, die neue Ressourcen schaffen", für einige Akteure, z.B. dem Kunden, definiert (Lusch und Nambisan 2015). Im Einklang mit den zuvor beschriebenen Innovationsdefinitionen (z.B. Hauschildt 2007) ist der wichtigste Aspekt die Eigenschaft der Neuheit. Der zweite Grund ist, dass Mobilität einen wichtigen Aspekt der täglichen Arbeitsroutine von KMU darstellt. Zum Beispiel arbeiten Handwerker bei ihren Kunden und lokale Ladenbesitzer liefern Waren an ihre Kunden. Darüber hinaus gibt es sehr viele Mobilitätsinnovationen im Business-to-Consumer-Markt, zum Beispiel Car-Sharing-Lösungen wie DriveNow oder Car2go und Ridesharing wie Uber oder BlaBlaCar (Schreieck et al. 2016). Allerdings sind diese im Business-to-Consumer-Markt etablierten Innovationen kaum von KMU angenommen worden. Daher zeigt dies einen Fall, bei der auf dem Markt vorhandene Innovationen nicht von KMU übernommen werden.

Die Datenerhebung für die Fallstudie basiert auf 20 halbstrukturierten Interviews, die zwischen April und September 2015 durchgeführt wurden. Tabelle 19-1 gibt einen Überblick über

die Interviews. Alle Interviews wurden persönlich geführt, aufgezeichnet und transkribiert. Einige weitere Fragen wurden an die Befragten per E-Mail nach der Durchführung des Interviews gesendet, um Unklarheiten zu beseitigen.

Tabelle 19-1. Überblick der durchgeführten Interviews.

Interview #	Tätigkeit	Anzahl der Interviewpartner	Durchschnittliche Länge [min]
1	Konstruktion	1	37 min
2-3	Kurier	2	10 min
4	Pflegedienst	1	28 min
5-9	Gebäudetechnik	5	25 min
10-11	Lager	2	21 min
12-13	Werkstatt	2	25 min
14	Kurier	1	28 min
15	Gebäudereinigung	1	24 min
16	Versicherungsmakler	1	14 min
17-18	Beratung	2	19 min
19-20	Startup	2	9 min

Wir analysierten die durchgeführten Interviews mit einer kodier- und kategoriebasierten Inhaltsanalysetechnik (Mayring 2010). Die Kategorien der Kodierung basierten auf den Merkmalen der Innovationsadoption nach Rogers (2003), da sie die Adoptionsrate der Innovation bestimmen. Diese Merkmale wurden auch in anderen KMU-Innovationsstudien verwendet (Teo et al. 2004; Tan 2010). Das Softwarepaket atlas.ti wurde zur Unterstützung von Kodierung und Analyse verwendet. Auszüge aus den Interviews werden im folgenden illustrativ dargestellt.

19.3.2 Hindernde Faktoren, die mobilitätsbezogene Dienstleistungsinnovationen beeinflussen

In den folgenden Abschnitten werden Faktoren beschrieben, die die Adoption von mobilitätsbezogenen Dienstleistungsinnovationen durch KMU behindern. Diese hindernden Faktoren werden nach den Merkmalen der Innovation nach Rogers (2003) geordnet und sind in Tabelle 19-2 zusammengefasst.

Tabelle 19-2. Identifizierte Faktoren, die die Innovationsadoption behindern (basierend auf Rogers (2003)).

Eigenschaften der Innovationsadoption nach Rogers (2003)	Identifizierte Faktoren, die die Adoption von Innovationen behindern
Relativer Mehrwert	Wahrgenommenes Ungleichgewicht von Chancen und Risiken
Kompatibilität	Kompatibilität mit täglichen Arbeitsabläufen
	Fehlende Passgenauigkeit bei individuellen Geschäftsprozessen
Komplexität	Komplexität bei Infrastrukturinvestitionen
	IT-Wissen
Erprobbarkeit	Höhe der Einrichtungskosten
Beobachtbarkeit	---

19.3.3 Wahrgenommenes Ungleichgewicht zwischen Risiken und Chancen

Ein Faktor, der die Adoption von Innovation behindert, zeigt, dass sich KMU oft nicht auf mögliche positive Aspekte einer Innovation konzentrieren und damit ein Ungleichgewicht von Risiken und Chancen zeigen. Basierend auf der Tatsache, dass vor allem kenntnisbasierte Qualifikationen erforderlich sind und bezahlt werden, setzen sie nicht vorrangig darauf, wie Innovationen ihre täglichen Arbeitsabläufe verbessern könnten. Stattdessen konzentrieren sie sich eher auf negative Aspekte wie Kosten und Aufwand. Zum Beispiel sehen sie keine möglichen Vorteile eines Systems, welches die Position ihrer Autos nachverfolgt, obwohl diese, wie z.B. eine verbesserte Koordination und Information der Endkunden, durchaus vorhanden sind:

> *"Ich erwarte nicht viele Vorteile von der Ortung meiner Autos, weil auch zusätzliche Kosten entstehen."*

Darüber hinaus ist es schwieriger für mobilitätsbezogene Innovationen, einen relativen Mehrwert für KMU im Vergleich zum Business-to-Consumer-Markt zu schaffen, weil sie einen strikten Tagesablauf haben, der keinen Spielraum für Flexibilität zulässt. Allerdings ist ein gewisses Maß an Flexibilität für mobilitätsbezogene Innovationen wie Car-Sharing-Lösungen notwendig:

> *"Zuerst brauchen wir es [ein Auto] zur richtigen Zeit und zweitens will ich nicht warten, bis ein Auto in meiner Umgebung vorhanden ist. Zusätzlich könnte ein vorhandenes Auto 1km entfernt sein, aber ich möchte dorthin nicht zu Fuß gehen."*

19.3.4 Kompatibilität mit dem täglichen Arbeitsablauf

Innovationen müssen mit den täglichen Arbeitsabläufen von KMU kompatibel sein. Auf der einen Seite ist dies in Bezug auf berufliche Merkmale schwierig zu erreichen. Zum Beispiel können Klempner kein Car-Sharing verwenden, da sie ihre gesamte Ausrüstung in ihrem Auto

haben und nicht vorhersagen können, welche Werkzeuge während einer Tätigkeit verwendet werden.

"Sie brauchen ihr Auto dauerhaft vor Ort. Es ist wirklich ihr Werkzeugschrank. Es ist eine fahrende Werkstatt."

Auf der anderen Seite gibt es einige KMU, die das Potenzial haben, Car-Sharing-Lösungen zu nutzen, da sie nicht viel Ausrüstung haben. Deshalb können sie ihre Termine im Voraus planen:

"Diese Dienstleistung [Car Sharing] ist meistens für unser Büro. Wir haben feste Poolautos und jeder kann sie benutzen. [...] Es ist jedoch notwendig, sich an den Buchungsplan zu halten. Es kann immer der Fall auftreten, dass du kein Auto bekommst, weil keines von ihnen frei ist."

Daher muss eine mobilitätsbezogene Dienstleistungsinnovation alle im täglichen Arbeitsablauf benötigten Geräte umfassen, um den Bedürfnissen jedes Berufs gerecht zu werden.

19.3.5 Fehlende Passgenauigkeit bei individuellen Geschäftsprozessen

Ein weiterer Faktor, der die Adoption von Innovationen behindert, zeigt, dass es in den einzelnen Geschäftsprozessen eine fehlende Passgenauigkeit gibt und somit kaum standardisierte Prozesse innerhalb von KMU bestehen. Wenn standardisierte Prozesse überhaupt existieren, werden aufgrund ihrer Flexibilität häufig Ausweichlösungen verwendet (Roeder et al. 2014; Röder et al. 2015). Viele der Aufgaben von KMU sind ad-hoc und haben eine geringe Vorhersagbarkeit. Diese Variabilität macht es zum Beispiel schwierig, Innovationen zu nutzen, die auf Vorhersagbarkeit beruhen:

"Das [Nutzung von Car-Sharing] ist nicht möglich. Alles ist improvisiert und unvorhersehbar."

"Das passiert sehr oft und man muss sehr flexibel sein. Zum Beispiel ruft ein Kunde an und sagt, dass du etwas dringend reinigen musst [...]. Du musst ganz schnell reagieren können."

19.3.6 Komplexität bei Infrastrukturinvestitionen

Ein komplexitätsbezogener behindernder Faktor ist, dass es notwendig ist, eine gewisse Infrastruktur für den Einsatz vieler mobilitätsbezogener Innovationen zu haben. Zum Beispiel erfordert die Nutzung von Car-Sharing ein Smartphone und eine Internetverbindung. Diese Voraussetzungen sind jedoch in KMU oft nicht vorhanden. Die Betriebe nutzen alte Mobiltelefone wegen ihrer Haltbarkeit und arbeiten manchmal an Orten, an denen es keinen mobilen Empfang gibt, wie z.B. im Keller der Gebäude.

"Ein Mobilfunknetz ist sehr wichtig für die effektive Arbeit. Heutzutage ist es nicht möglich, ohne sie zu arbeiten."

19.3.7 IT-Wissen

Ein weiterer Faktor, der die Adoption von Innovationen behindert, zeigt, dass IT-Wissen oder zumindest die Affinität dafür nicht immer in KMU vorhanden ist (Tan 2010). Es sind oft recht kleine Unternehmen mit nur wenigen Mitarbeitern. Der Arbeitgeber muss mehrere Rollen in einer Person kombinieren, ist traditionell aber nur in seinem spezifischen Bereich Experte (dem Handwerk). Er hat oft nicht das Wissen, der Hauptverantwortliche für Informationstechnologien zu sein. In unseren Interviews haben wir festgestellt, dass IT-Wissen mit der Größe der KMU zunimmt.

19.3.8 Höhe der Kosten für die Einrichtung

Im Allgemeinen ist die Höhe der Kosten für die Einrichtung von mobilitätsbezogenen Dienstleistungsinnovationen relativ gering. Die meisten von ihnen können leicht getestet werden und es gibt keine hohen Einrichtungskosten, denn mobilitätsbezogene Innovationen sind im Business-to-Consumer-Markt sehr verbreitet. Zum Beispiel ist es nur notwendig, eine App herunterzuladen und sich zu registrieren, um eine Car-Sharing-Lösung zu testen. Viele andere Innovationen verlangen nur das Herunterladen einer bestimmten App. Allerdings gibt es auch Innovationen, die nicht leicht getestet werden können. Dies sind vor allem Innovationen für spezifische Anwendungsfälle wie die Nachverfolgung von Fahrzeugen für mobile Pflege-Dienstleistungen:

> *"Vor ein paar Jahren hatte ich eine Testversion für einen Monat. Es war ganz nett, weil ich auf meinem Notebook sehen konnte, wo jemand unterwegs war."*

19.3.9 Beobachtbarkeit

Im Allgemeinen ist die Beobachtbarkeit von mobilitätsbezogenen Innovationen recht hoch. Sie sind im Business-to-Consumer-Markt sehr verbreitet und sind daher von KMU leicht zu beobachten. Aus diesem Grund sollte dieses Merkmal von Innovationen im Zusammenhang mit mobilitätsbezogenen Innovationen kein Problem darstellen.

19.4 Diskussion

Die bisherige Fallstudie konzentrierte sich auf mobilitätsbezogene Innovationen für KMU. Wie in Abbildung 19-2 dargestellt, wurden insgesamt sechs Faktoren identifiziert, die die Adoption von Innovationen behindern.

Die Fallstudie zeigte, dass KMU kaum über mögliche Konzepte und Vorteile einer bestimmten Innovation nachdenken. Dies könnte mit der Tatsache zusammenhängen, dass die Eigentümer der KMU die strategische Entscheidung treffen müssen, ob sie eine Innovation einsetzen, aber dafür nicht notwendigerweise über die erforderlichen Kenntnisse oder Fähigkeiten verfügen (Tan 2010). Dies ist in größeren Unternehmen anders, da diese oft Experten haben, die hinzugezogen werden können, bevor sie eine Entscheidung treffen. Als Folge des

Fehlens von Know-how auf hohem Qualifikationsniveau bevorzugen KMU die Nutzung bestehender Technologien (Scott et al. 1996).

Angesichts dieses Nachteils ist eine klare Kommunikation und Erläuterung der Vorteile auf transparente Weise zwingend erforderlich. Es muss ein besonderes Augenmerk auf die Motivation zur Nutzung der Lösung gelegt werden (Petkov et al. 2011; Petkov et al. 2012). Da Innovationen oftmals einen möglichen, aber nicht notwendigerweise direkten Mehrwert bieten, ist es entscheidend, zu kommunizieren, wie sich ein Mehrwert ergeben könnte. Darüber hinaus sollte der Mehrwert möglichst monetär quantifiziert werden, da KMU davon leichter zu überzeugen sind.

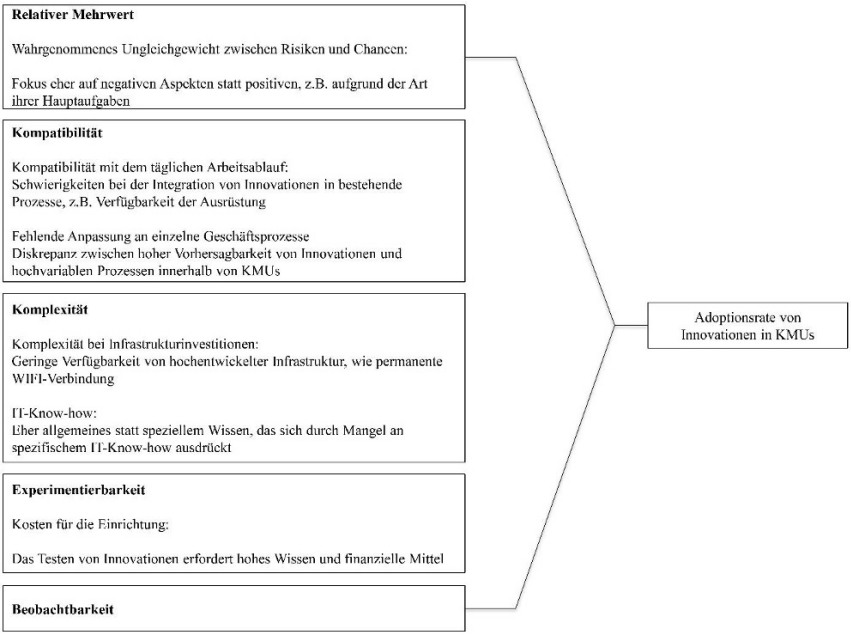


Abbildung 19-2. Identifizierte Faktoren, die die Adoption von Innovationen in KMU beeinflussen.

Die Kompatibilitätseigenschaft der Innovationen nach Rogers (2003) ist ebenso entscheidend für die Adoption von Innovationen bei KMU. Innovationen müssen mit den täglichen Arbeitsabläufen von KMU kompatibel sein, da bestehende Arbeitspraktiken nicht angenommen werden, um eine bestimmte Innovation zu nutzen. Daher müssen auf der Basis der täglichen Arbeitsabläufe von KMU Innovationen so entwickelt werden, dass diese nahtlos mit den bestehenden Arbeitspraktiken im Einklang sind. Da KMU häufig einen Mangel an definierten Standardprozessen aufweisen (Claudia et al. 2013), sollte die Innovation sehr flexibel und leicht an die spezifische Situation eines KMU angepasst werden können.

Das Komplexitätsmerkmal einer Innovation ist ein weiterer entscheidender Faktor. Innovationen für KMU müssen in zweierlei Hinsicht ganz einfach sein: Erstens sollten sie sich nicht auf hohe infrastrukturelle Anforderungen verlassen müssen. KMU haben nicht die neuesten Technologien und es ist nicht üblich, dass jeder Mitarbeiter ein Firmen-Smartphone besitzt. Die Gründe dafür können auf begrenzte finanzielle Mittel zurückgeführt werden, welches bei KMU die Hauptrolle spielt (Oakey 1997).

Darüber hinaus müssen Innovationen hinsichtlich der infrastrukturellen Anforderungen robust sein. KMU arbeiten oft unter erschwerten Bedingungen, in denen der Funkempfang nicht immer garantiert werden kann. Zweitens sollten Innovationen kein hochtechnologisches IT-Wissen erfordern, das bei der Ausbildung von traditionellen KMU-Arbeitsplätzen wie Klempner, Tischler oder mobiler Pflegedienst ein Problem darstellt (Tan 2010). Aus diesem Grund bezieht sich eine Grundanforderung an Innovationen auf eine einfache Bedienoberfläche, um deren jeweiligen Bedürfnissen gerecht zu werden.

Ein weiteres wichtiges Merkmal von Innovationen ist die Erprobbarkeit. Innovationen sollten keine hohen Kosten für die anfängliche Erprobbarkeit und Testbarkeit für einen bestimmten Zeitraum vor der endgültigen Kaufentscheidung haben. Im Gegensatz zu größeren Unternehmen mit Ressourcen zur Einschätzung von Innovationen mit hohen Einrichtungskosten, verfügen KMU nur über einen sehr begrenzten finanziellen Spielraum (Oakey 1997). Durch die Veränderung des Markts der IT Bereitstellung und dem vermehrten Auftreten von Cloud Computing Ansätzen, könnte der Fokus auf neue Formen der IT Bereitstellung ein vielversprechender Weg sein (Böhm et al. 2009; Pflügler et al. 2015). KMU haben aber oft ein niedriges Vertrauen in Cloud Computing, was aber durch den Einsatz von Zertifikaten adressiert werden kann (Lang et al. 2016; Lang et al. 2018).

Es könnte sein, dass eine besondere Innovation eine gewisse Infrastruktur erfordert, was zu hohen Einrichtungskosten führt. Zum Beispiel erfordert die Nachverfolgung von Autos eines KMU GPS-Sender oder Smartphones in den Autos. Anstatt diese Hardware an die KMU zu verkaufen, könnte es besser sein, sie zu vermieten oder eine nutzungsabhängige Gebühr zu verlangen, die bereits die Einrichtungskosten beinhaltet.

19.5 Fazit und Ausblick

Wir tragen zur bestehenden Theorie bei, indem wir das Verständnis von Innovationen in KMU, einem derzeit unterrepräsentierten Forschungsgebiet, vertiefen. Die entwickelten Leitlinien können von Forschern genutzt werden, um das Scheitern der Innovationsadoption in KMU zu erklären. Darüber hinaus tragen wir in unterschiedlicher Weise zur Praxis bei. Die entwickelten Leitlinien können für die Innovationsentwicklung von KMU verwendet werden, da sie zeigen, welche Aspekte berücksichtigt werden sollten. Darüber hinaus sind die Leitlinien für das Marketing von Innovationen nützlich, da sie zeigen, wie KMU überzeugt werden könnten.

Die Ergebnisse unterliegen Limitationen. Eine Limitation bezieht sich darauf, dass wir uns nur auf mobilitätsbezogene Innovationen konzentriert haben, die spezifische Merkmale haben, welche die Verallgemeinerbarkeit unserer Ergebnisse einschränken. Die Fokussierung auf mobilitätsbezogene Innovationen hat jedoch den Vorteil, dass viele verschiedene Arten von KMU betroffen sind.

Eine weitere Limitation könnte sein, dass sich die Interviews auf beispielhafte KMU konzentrierten und daher nicht alle Arten und Zweige von KMU abdecken. Zum Beispiel haben die bisherigen Untersuchungen gezeigt, dass sich im Hinblick auf die Innovationsleistung Dienstleistungsunternehmen stark von produzierenden Unternehmen unterscheiden (Rubalcaba et al. 2010). Allerdings haben wir 20 Interviews in zehn verschiedenen Branchen von KMU durchgeführt. Diese hohe Anzahl von Unternehmen sollte sicherstellen, dass verschiedene Aspekte berücksichtigt wurden.

Zukünftige Forschungsrichtungen beziehen sich auf die zuvor diskutierten Limitationen. Beispielsweise kann untersucht werden, ob die identifizierten Faktoren, die die Adoption von Innovationen behindern, auch für andere, nicht mobilitätsbezogene Innovationen gelten. Darüber hinaus könnten weitere Branchen von KMU analysiert werden, da KMU unterschiedliche Merkmale aufweisen. So könnte es sein, dass bestimmte Faktoren in manchen Branchen relevanter sind als andere. Die stärkere Einbeziehung von Vertrauen ist ein vielversprechender Pfad für weitere Forschung (Ebner et al. 2004). Zukünftige Forschung könnte auch Fallstudien über erfolgreiche und erfolglose Innovationsadoptionen bei KMU durchführen. Darüber hinaus könnte weitere Forschung die hindernden Faktoren technischer Innovationen bei KMU mit einbeziehen, indem die Anforderungen und Erwartungen der Nutzer in den Vordergrund gestellt werden (Rocznik et al. 2017).

19.6 Literaturverzeichnis

Acs Z, Audretsch D (1991) Innovation and Technological Change: An International Comparison. University of Michigan Press: Ann Arbor Michigan. University of Michigan Press, Ann Arbor, Michigan.

Allocca MA, Kessler EH (2006) Innovation Speed in Small and Medium-Sized Enterprises. Creativity & Innovation Management 15 (3): S. 279-295.

Andergassen R, Nardini F, Ricottilli M (2009) Innovation and growth through local and global interaction. Journal of Economic Dynamics and Control 33 (10): S. 1779-1795.

Barker VL, Duhaime IM (1997) Strategic Change In The Turnaround Process: Theory And Empirical Evidence. Strategic Management Journal 18 (1): S. 13-38.

Böhm M, Leimeister S, Riedl C, Krcmar H (2009) Cloud Computing: Outsourcing 2.0 oder ein neues Geschäftsmodell zur Bereitstellung von IT-Ressourcen. Information Management & Consulting 24 (2): S. 6-14.

Chaudhury A, Bharati P (2008) IT Outsourcing Adoption by Small and Medium Enterprises: A Diffusion of Innovation Approach, Americas Conference on Information Systems (AMCIS).

Claudia V, Mirna M, Jezreel M (2013) Characterization of Software Processes Improvement Needs in SMEs, International Conference on Mechatronics, Electronics and Automotive Engineering (ICMEAE).

Cohen WM, Kleppler S (1996) A Reprise Of Size And R&D. Economic Journal 106 (437): S. 925-951.

Damanpour F (1991) Organizational innovation: a meta-analysis of effects of determinants and moderators. Academy of Management Journal 34 (3): S. 555-590.

Dodgson M, Mathews J, Kastelle T, Hu M-C (2008) The evolving nature of Taiwan's national innovation system: The case of biotechnology innovation networks. Research Policy 37 (3): S. 430-445.

Dünnebeil S, Sunyaev A, Blohm I, Leimeister JM, Krcmar H (2012) Determinants of physicians' technology acceptance for e-health in ambulatory care. International Journal of Medical Informatics 81 (11): S. 746-760.

Ebner W, Leimeister JM, Krcmar H (2004) Trust in virtual healthcare communities: design and implementation of trust-enabling functionalities, 37th Annual Hawaii International Conference on System Sciences.

Eisenhardt KM (1989) Building Theories from Case Study Research. The Academy of Management Review 14 (4): S. 532-550.

European Commission (1995) Green paper of innovation. European Commision Belgium.

European Commission (2015) Innovation Union Scoreboard 2015. European Commission. Belgium.

European Commission (2016) User guide to the SME Definition. Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Fries V, Pflügler C, Wiesche M, Krcmar H (2016) The Hateful Six–Factors Hindering Adoption Of Innovation At Small And Medium Sized Enterprises, Americas Conference on Information Systems (AMCIS).

Hauschildt J (2007) Innovationsmanagement. Verlag Vahlen, München.

Huck-Fries V, Wiegand F, Klinker K, Wiesche M, Krcmar H (2017) Datenbrillen in der Wartung: Evaluation verschiedener Eingabemodalitäten bei Servicetechnikern, Informatik 2017.

Kimberly JR, Evanisko MJ (1981) Organizational Innovation: The Influence of Individual, Organizational, and Contextual Factors on Hospital Adoption of Technological and Administrative Innovations. Academy of Management Journal 24 (4): S. 689-713.

Klinker K, Berkemeier L, Zobel B, Huck-Fries V, Wiesche M, Remmers H, Thomas O, Krcmar H (2018) Structure for innovations: A use case taxonomy for smart glasses in service processes, Multikonferenz Wirtschaftsinformatik Lüneburg, Deutschland.

Klinker K, Fries V, Wiesche M, Krcmar H (2017) CatCare: Designing a serious game to foster hand hygiene compliance in health care facilities, 12th International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology, Karlsruhe, Deutschland.

Knox S (2002) The Boardroom Agenda: Developing the Innovative Organisation. Corporate Governance: The International Journal of Business in Society 2 (1): S. 27-36.

Kotelnikov V (2007) Small and Medium Enterprises and ICT. Asia-Pacific Development Information Programme. UN APCICT, Incheon Metropolitan City.

Lang M, Wiesche M, Krcmar H (2016) What are the most Important criteria for Cloud Service Provider Selection? A Delphi Study, Twenty-Fourth European Conference on Information Systems (ECIS), İstanbul, Türkei.

Lang M, Wiesche M, Krcmar H (2018) Perceived Control and Privacy in a Professional Cloud Environment Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS) Big Island, Hawaii, USA.

Loh TC, Koh SCL (2004) Critical elements for a successful enterprise resource planning implementation in small-and medium-sized enterprises. International Journal of Production Research 42 (17): S. 3433-3455.

Lusch RF, Nambisan S (2015) Service Innovation: A Service-Dominant Logic Perspective. MIS Quarterly 39 (1): S. 155-176.

Markides C (1997) Strategic Innovation. Sloan Management Review 38 (3): S. 9-23.

Mayring P (2010) Qualitative Inhaltsanalyse. Gabler, Wiesbaden.

Mugler J (2008) Grundlagen der BWL der Klein- und Mittelbetriebe. Facultas. WUV, Wien.

Oakey R (1997) A Review of Policy and Practice Relating to High-technology Small Firms in the United Kingdom. Manchester Business School, Manchester.

Petkov P, Goswami S, Köbler F, Krcmar H (2012) Personalised eco-feedback as a design technique for motivating energy saving behaviour at home, 7th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Making Sense Through Design.

Petkov P, Köbler F, Foth M, Medland R, Krcmar H (2011) Engaging energy saving through motivation-specific social comparison, CHI'11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems.

Pflügler C, Wiesche M, Krcmar H (2015) Are we already in a mature ITO market? A longitudinal study on the effects of market maturity on ITO vendor project performance, Thirty Sixth International Conference on Information Systems (ICIS), Fort Worth, Texas.

Plattfaut R, Niehaves B, Becker J (2012) Capabilities For Service Innovation: A Qualitative Case Study In The Consulting Industry, Pacific Asia Conference on Information Systems (PACIS).

Riedl C, Boehmann T, Leimeister M, Krcmar H (2009) A framework for analysing service ecosystem capabilities to innovate, European Conference on Information Systems (ECIS), Verona.

Ritchie B, Brindley C (2005) ICT adoption by SMEs: implications for relationships and management. New Technology, Work & Employment 20 (3): S. 205-217.

Rocznik D, Goffart K, Wiesche M, Krcmar H (2017) Towards Identifying User-Centered Requirements for Smart In-House Mobility Services. KI-Künstliche Intelligenz (3).

Röder N, Wiesche M, Schermann M, Krcmar H (2015) Workaround Aware Business Process Modeling, Wirtschaftsinformatik.

Roeder N, Wiesche M, Schermann M, Krcmar H (2014) Why Managers Tolerate Workarounds – The Role of Information Systems, Americas Conference on Information Systems (AMCIS), Savannah.
Rogers EM (2003) Diffusion of Innovations, 5th Edition. Free Press, New York.
Rothwell R (1989) Small Firms, Innovation and Industrial Change. Small Business Economics 1 (1): S. 51-64.
Rubalcaba L, Gago D, Gallego J (2010) On the differences between goods and services innovation Journal of Innovation Economics & Management 1 (5): S. 17-40.
Schauf M (2009) Unternehmensführung im Mittelstand - Rollenwandel kleiner und mittlerer Unternehmen in der Globalisierung. Hampp, Müchen und Mering.
Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2016) Modularization of digital services for urban transportation, Americas Conference on Information System, San Diego, USA.
Scott P, Jones B, Bramley A, Bolton B (1996) Enhancing technology and skills in small-and medium-sized manufacturing firms: problems and prospects. International Small Business Journal 14 (3): S. 85-99.
Sorescu AB, Chandy RK, Prabhu JC (2003) Sources and Financial Consequences of Radical Innovation: Insights from Pharmaceuticals. Journal of Marketing 67 (4): S. 82-102.
Tan TCF (2010) A perception-based model for technological innovation in small and medium enterprises, European Conference on Information Systems (ECIS).
Teo TL, Chan C, Parker C (2004) Factors affecting e-commerce adoption by SMEs: A meta-analysis, Australasian Conference on Information Systems (ACIS).
Wang W, Hsu HS, Yen HR, Chiu H-C, Wei C-P (2010) Developing and Validating Service Innovation Readiness, Pacific Asia Conference on Information Systems (PACIS).
Winch GW, Bianchi C (2006) Drivers and dynamic processes for SMEs going global. Journal of Small Business and Enterprise Development 13 (1): S. 73-88.
Xiao X, Califf CB, Sarker S, Sarker S (2013) ICT Innovation in Emerging Economies: A Review of the Existing Literature and A Framework for Future Research. Journal of Information Technology 28 (4): S. 264-278.
Yin RK (2006) Case Study Methods. In: Green JL CG, Elmore PB. (Hrsg.) Handbook of Complementary Methods in Education Research. Routledge.
Yin RK (2009) Case Study Research: Design and Methods. SAGE Publications, London.
Zentralverband des Deutschen Handwerks e.V. (2014) Digitalisierung der Geschäftsprozesse im Handwerk. Zentralverband des Deutschen Handwerks, Deutscher Handwerkskammertag, Unternehmerverband Deutsches Handwerk, Berlin.

20 Data Canvas und Data-Need Fit – Daten für neue Geschäftsmodelle nutzen[133,134]

K. Mathis, F. Köbler

Nur 4 % der Unternehmen nutzten laut BITKOM Analysen großer Datenmengen als Grundlage neuer Geschäftsmodelle. Um ausgehend von Daten Geschäftsmodelle zu entwickeln, ist zunächst ein Verständnis der verfügbaren Daten nötig. Zu diesem Zweck wurde zum einen der Business Model Canvas als Vorgehensmodell zur Entwicklung von Geschäftsmodellen durch den Data-Need Fit als konzeptionellen Baustein erweitert und zum anderen ein Werkzeug entwickelt – der sog. Data Canvas – um Daten systematisch für die Entwicklung von Geschäftsmodellen heranzuziehen. Der Data Canvas ermöglicht eine zielgerichtete Nutzer- und Kundenforschung insbesondere im Hinblick auf die Nutzer- bzw. Kundenerfahrung (User Experience bzw. Customer Experience) eines Produkts oder einer Dienstleistung. Die Nutzer- bzw. Kundenforschung dient als Grundlage für den Data-Need Fit, also der Identifikation von relevanten Aufgaben der Nutzer oder Kunden, die sich mit den für ein Unternehmen verfügbaren Daten unterstützen lassen.

Today's world is one of growing data, yet few companies have succeeded in leveraging data for novel business models. This chapter aims to provide an evaluated approach to understanding what kind of data is available and to matching data with potential user or customer needs for compelling value propositions. For this purpose, the chapter describes, on the one hand, the Data Canvas as a new method for considering data resources systematically in the development of business models and, on the other hand, the Data-Need Fit as a conceptual tool for the established business model innovation process according to (Osterwalder et al.). Applied within the ExCELL project and within multiple university and industry projects, the Data Canvas proved simple to use. Integrated into a service design process, it may help companies to leverage data as a resource in business model innovation.

[133] Das Forschungsprojekt ExCELL wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert (Förderkennzeichen: 01MD15001A).

[134] Dieses Kapitel basiert auf dem bereits von Mathis und Köbler (2015) veröffentlichten Beitrag zum Data Canvas und Data-Need Fit.

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018
M. Wiesche et al. (Hrsg.), *Management digitaler Plattformen*,
Informationsmanagement und digitale Transformation,
https://doi.org/10.1007/978-3-658-21214-8_20

20.1 Einleitung

Unter dem Schlagwort Big Data werden Entwicklungen zusammengefasst, dass Daten schneller wachsen als die Technologien, um diese zu verarbeiten. Doch trotz der wachsenden Menge an vorhandenen Daten nutzt diese bisher nur ein Bruchteil der Unternehmen, insbesondere kleine und mittlere Unternehmen (KMU), für die Entwicklung neuer, innovativer und nachhaltiger Geschäftsmodelle (BITKOM 2012).

Zur Dokumentation und Entwicklung von Geschäftsmodellen wurden in den letzten Jahren verschiedene Vorgehensmodelle erarbeitet. Insbesondere konnte sich der *Business Model Canvas* von Osterwalder und Pigneur (2010) in der Praxis etablieren. Der Business Model Canvas dient als Vorgehensmodell und Rahmenwerk, um Geschäftsmodelle systematisch zu entwickeln und visualisiert zu dokumentieren. In der Praxis und Literatur finden sich jedoch kaum Vorgehensmodelle, die ausgehend von Daten zur systematischen Konzeption und Entwicklung von Geschäftsmodellen herangezogen werden können.

Zudem zielen bestehende Vorgehensmodelle darauf ab, eine initiale Vision eines Geschäftsmodells am Markt zu validieren und umzusetzen. Jedoch stellt sich für Unternehmen die Frage, wie zunächst Visionen für innovative und nachhaltige Geschäftsmodelle systematisch konzipiert werden können. Methoden, die hierzu, bspw. aus dem *Service Design*, herangezogen werden können, sind stark nutzer- oder kundenzentriert. Sie gehen folglich von Bedürfnissen der Nutzer bzw. Kunden aus. Doch solange weder Zielgruppe noch Wertversprechen (*Value Proposition*) definiert sind, stehen Unternehmen vor dem Dilemma, wie eine zielgerichtete Nutzerforschung hinsichtlich des Produkt- oder Dienstleistungsangebots initiiert und durchgeführt werden kann.

Der Beitrag beschreibt zum einen den *Data-Need Fit* als konzeptionelle Voraussetzung für das etablierte Vorgehensmodell nach Osterwalder et al. (2014), und zum anderen den *Data Canvas* als neues Werkzeug, um Daten systematisch für die Entwicklung von Geschäftsmodellen heranzuziehen. Der Data Canvas kann zusammen mit dem Business Model Canvas und dem *Value Proposition Canvas* verwendet werden und ergänzt damit bestehende Werkzeuge aus dem User Experience bzw. Service Design, die für die Entwicklung von Geschäftsmodellen durch das Vorgehensmodell nach Osterwalder et al. (2014) orchestriert werden (Abbildung 20-1).

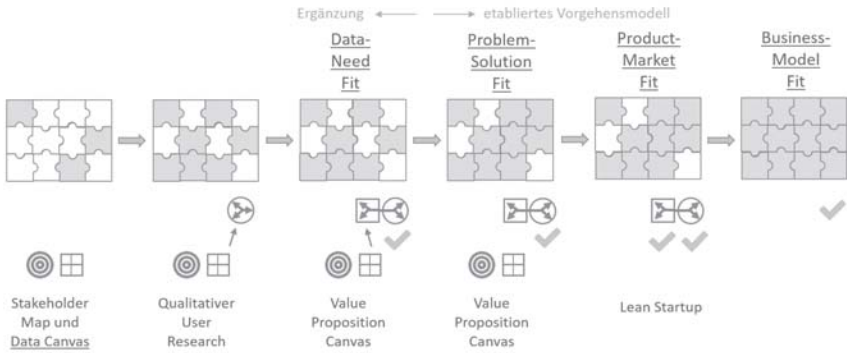


Abbildung 20-1. Verankerung von Data-Need Fit und Data Canvas innerhalb des etablierten Vorgehensmodells nach Osterwalder et al. (2014).

Nach dem Ansatz der *Effectuation* als Entscheidungslogik werden zunächst verfügbare Mittel betrachtet (Sarasvathy 2001; Bettencourt et al. 2014). Insbesondere sind dies (i) Partnerschaften und (ii) Daten, auf die ein Unternehmen zurückgreifen kann. Zur systematischen und ganzheitlichen Erarbeitung und Dokumentation von Akteuren sowie Partnern (*Stakeholdern*) und deren Relationen können etablierte Werkzeuge, wie bspw. die *Stakeholder Map*, herangezogen werden. Mit dem Data Canvas wird ein neues Werkzeug vorgestellt, um Daten systematisch zu erfassen und strukturiert zu dokumentieren und somit ein Verständnis über das Potenzial der Daten für alle Akteure eines Wertschöpfungs- und Erbringungsnetzwerks zu schaffen.

Eine ausgearbeitete *Stakeholder Map* und der Data Canvas können herangezogen werden, um eine zielgerichtete Nutzer- bzw. Kundenforschung zu initiieren und durchzuführen. Ziel dieser primär qualitativen Nutzer- bzw. Kundenforschung ist es, relevante Aufgaben von Nutzern bzw. Bedürfnisse von Kunden zu identifizieren, die mit (verfügbaren) Daten unterstützt werden können. Ein Data-Need Fit tritt ein, wenn eine oder mehrere verfügbare oder noch zu erschließende Datenquellen identifiziert wurden, die relevante Aufgaben von Nutzern bzw. Bedürfnisse von Kunden unterstützen, Probleme lösen oder Nutzen bzw. Wert schaffen können. Ein Data-Need Fit ist eine wichtige Voraussetzung, um das Wertversprechen (*Value Proposition*) zu entwickeln, welches den Kern eines Geschäftsmodells bildet und zudem bestimmt, wie Daten den Nutzern bzw. Kunden in Form eines Produkts oder einer Dienstleistung bereitgestellt werden.

20.2 Übersicht aller Beteiligten in einer Stakeholder Map

Um ein Verständnis über die Akteure (sog. *Stakeholder*) und deren Relationen in einem Wertschöpfungs- oder Erbringungsnetzwerk zu gewinnen, kann bspw. auf die aus dem Service Design stammende Stakeholder Map als Werkzeug zurückgegriffen werden. Methodische Alternativen, die in diesem Schritt angewendet werden können, finden sich zudem in der *e3-value-*

Methode (Gordijn und Akkermans 2001) sowie *Entity-Relationship-Modellen* (Chen 1976). In einer Stakeholder Map werden einzelne Akteure anhand ihrer Relevanz für die Bereitstellung eines Produkts oder Erbringung einer Dienstleistung innerhalb konzentrischer Kreise positioniert. Die Relevanz eines Akteurs nimmt dabei mit der Entfernung zum Mittelpunkt ab.

Im inneren Kreis werden somit Akteure zw. Partner verzeichnet, deren Existenz eine notwendige Bedingung, bspw. für die Anbahnung und Erbringung einer Dienstleistung, darstellt. Weiterführend kann innerhalb der Stakeholder Map vermerkt werden, welche Relationen zwischen den verschiedenen Akteuren bestehen und welche Arten von Strömen (in diesem Fall insbesondere Daten) existieren (Stickdorn und Schneider 2010). Abbildung 20-2 stellt beispielhaft eine Stakeholder Map hinsichtlich identifizierter Akteure und Partner innerhalb des Projekts ExCELL dar.

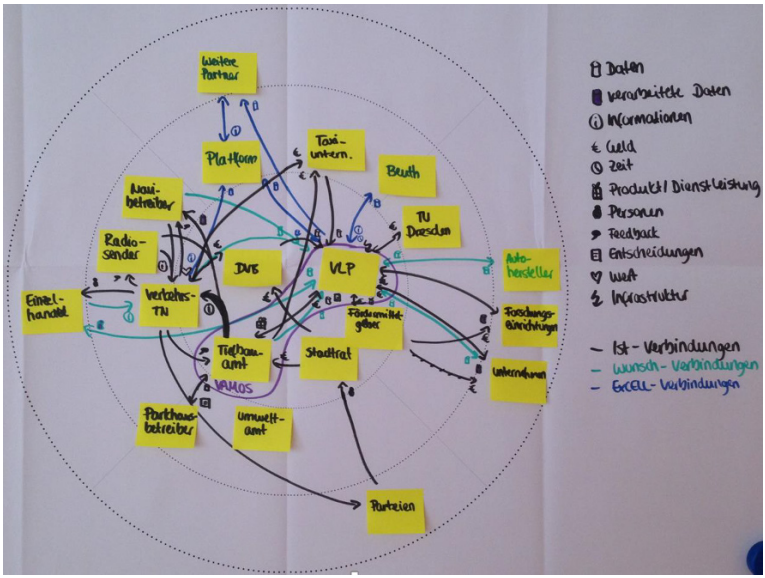


Abbildung 20-2. Darstellung einer Stakeholder Map am Beispiel des ExCELL-Projekts.

Eine Stakeholder Map ermöglicht allen Partnern und Akteuren, die kontextuellen Abhängigkeiten innerhalb eines Wertschöpfungs- und Erbringungsnetzwerkes über die eigene Organisation hinaus zu verstehen.

20.3 Übersicht verfügbarer Daten in einem Data Canvas

Für das Verständnis von Daten hingegen findet sich in der Literatur und Praxis kein etabliertes Werkzeug. Meist stecken Unternehmen und Konzerne in einem Dilemma: Die Mitarbeiter und Abteilungen eines Unternehmens, die einen Überblick über verfügbare Daten haben,

sind oftmals nicht in die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle involviert. Umgekehrt haben diejenigen, die mit der Konzeption und Entwicklung von Geschäftsmodellen betraut sind, nur selten ein Verständnis über (verfügbare) Daten.

Im Rahmen des Forschungsprojekts ExCELL wurde mit dem Data Canvas ein Werkzeug entwickelt, welches strukturiert ein Verständnis über das Potenzial verfügbarer Daten für alle Akteure eines Wertschöpfungs- und Erbringungsnetzwerks schafft.

Durch den Data Canvas (Abbildung 20-3) werden Daten nach zwei Dimensionen strukturiert: (i) der *Herkunft* sowie (ii) der *Aktualisierungsfrequenz* der Daten. *Interne* Daten sind Eigentum des Unternehmens oder der Geschäftsfelder eines Konzerns. *Externe* Daten werden hingegen von Partnern oder externen Bezugsquellen bereitgestellt. *Turnusmäßige Daten* sind je nach Kontext Daten, die in bestimmten zeitlichen Abständen – beispielsweise jährlich – aktualisiert werden. *Kontinuierliche Daten* stehen hingegen mindestens täglich oder in Echtzeit zur Verfügung, da diese bspw. bei der Nutzung eines Produkts oder einer Dienstleistung generiert werden.

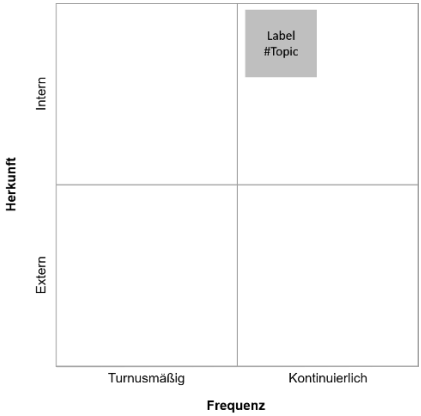


Abbildung 20-3. Dimensionen des Data Canvas.

Zunächst entscheidend für die Entwicklung innovativer und insbesondere nachhaltiger Geschäftsmodelle sind der dauerhafte Zugriff auf die Daten und deren Potenzial zur regelmäßigen Monetarisierung. Grundsätzlich kann internen, kontinuierlichen Daten das größte Potenzial für die Entwicklung von Geschäftsmodellen zugesprochen werden, da Unternehmen volle Kontrolle über diese Daten haben und sie eine regelmäßige Monetarisierung ermöglichen. Bei externen Daten ist es hingegen möglich, dass diese nicht mehr bereitgestellt werden oder verfügbar sind (bspw. durch veränderte Nutzungsbedingungen von technischen Schnittstellen). Zudem haben Wettbewerber meist Zugriff auf die gleichen externen Daten und könnten folglich

ein bestehendes Geschäftsmodell leicht kopieren oder optimieren. Das geringste Potenzial haben externe turnusmäßige Daten. Für sich alleine sind diese Daten aus den genannten Gründen mit Risiken behaftet.

Um die Benutzung des Data Canvas für alle Beteiligten möglichst einfach zu gestalten, empfiehlt es sich, mit Haftnotizen zu arbeiten. Sofern Haftnotizen in unterschiedlichen Formen und Farben vorhanden sind, können diese weiteren Attribute visualisieren. So können bspw. eckige Haftnotizen für strukturierte Datenquellen verwendet werden und runde Haftnotizen für unstrukturierte Datenquellen. Grüne Haftnotizen können für vertrauenswürdige Datenquellen stehen, wie bspw. Verwaltungsdaten. Haftnotizen in gelber oder roter Farbe können für weniger vertrauenswürdige Datenquellen verwendet werden, wie bspw. Daten aus sozialen Medien. Jede Haftnotiz steht für eine Datenquelle, die eindeutig benannt und deren thematischer und kontextueller Bezug notiert wird.

Weitere relevante Dimensionen und Attribute der jeweiligen Datenquelle wie bspw. Grad der Strukturierung oder Grad der Vertrauenswürdigkeit, können je nach Kontext dokumentiert bzw. visualisiert werden.

Anhand eines ausgefüllten Data Canvas können Potenziale und Risiken der verfügbaren Daten bestimmt werden (siehe Abbildung 20-4). Thematische und kontextuelle Schwerpunkte sowie Einschränkungen bei Verwendung und Nutzung der Daten sind hieraus ablesbar. Der Data Canvas ist keine statische Dokumentation, sondern sollte kontinuierlich an mögliche Veränderungen angepasst werden. Dieser kann Anhaltspunkte für weitere noch nicht identifizierte Datenquellen liefern, die entweder Lücken bestehender Daten ergänzen oder zusätzliche Potenziale realisieren. Auch verschiedene Variationen mit unterschiedlichen Attributen und Dimension sind denkbar. Für Mitarbeiter, die für die Nutzererfahrung (User Experience bzw. Customer Experience) eines Produkt- oder Dienstleistungsangebots verantwortlich sind, steckt der Data Canvas den Rahmen für die sich anschließende Nutzer- bzw. Kundenforschung ab.

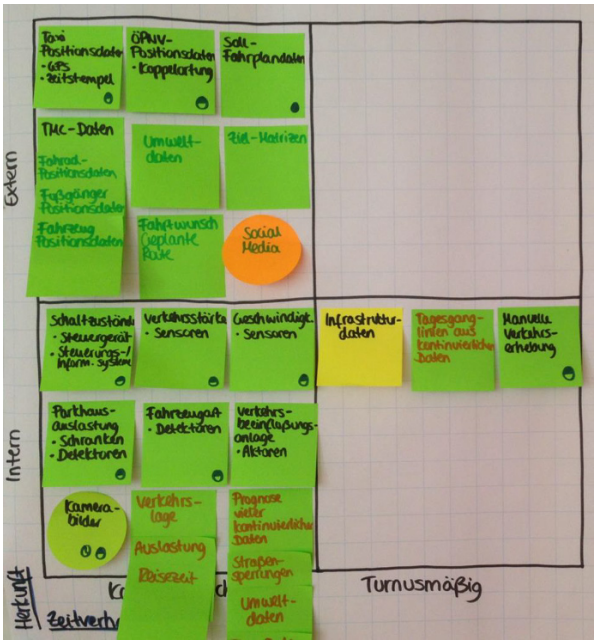


Abbildung 20-4. Beispielhafter Data Canvas (Projekt ExCELL).

20.4 Zielgerichtete Nutzer- und Kundenforschung

Eine ausgearbeitete Stakeholder Map und ein definierter Data Canvas können herangezogen werden, um Zielgruppen einzugrenzen, die am wahrscheinlichsten von den verfügbaren Daten hinsichtlich der Generierung eines Mehrwerts profitieren können.

Nach dem *Jobs-to-be-done Framework* sind beispielsweise zu erledigende Aufgaben der Grund für Kunden, Produkte zu nutzen oder Dienstleistungen in Anspruch zu nehmen (Christensen et al. 2007). Nur wenn Kunden ihre Aktivitäten zur Zielerreichung optimal ausführen können, demzufolge ihre Aufgaben erledigen können, entsteht für sie ein Mehrwert. Nach diesem Verständnis sind Kunden Teil des Wertschöpfungs- und Erbringungsnetzwerkes von Unternehmen. Damit kann es entscheidend sein, Zielgruppen nach ihrer Fähigkeit und Bereitschaft zur Mitwirkung auszuwählen (bspw. ob diese Nutzungsdaten zur Verfügung stellen).

Im Vergleich zu Zielgruppensegmentierungen auf Basis von bspw. Produktkategorien oder demographischen Faktoren ist eine Segmentierung auf Basis von Aufgaben über die Zeit stabiler, da Bedürfnisse und Wünsche sich mit der Zeit ändern, Aufgaben hingegen langfristig konstant bleiben. Vor allem Themen, zu denen besonders hochwertige Daten oder multiple Datenquellen vorhanden sind, sind ein guter Ausgangspunkt, um zielgerichtete Forschungsfragen zu

formulieren. Ziel der Nutzer- und Kundenforschung ist es somit, relevante Aufgaben zu identifizieren, die mit (verfügbaren) Daten unterstützt bzw. bedient werden können.

20.5 Data-Need Fit

Im Rahmen der Geschäftsmodellinnovation werden drei Arten von sogenannten „Fits“ (Osterwalder et al. 2014) unterschieden:

- Ein *Problem-Solution Fit* tritt ein, wenn ein Wertversprechen zumindest in der Theorie relevante Aufgaben, Probleme und Nutzen von Kunden adressiert.
- Ein *Product-Market Fit* ist erreicht, wenn gezeigt werden konnte, dass Kunden tatsächlich kaufbereit sind.
- Ein *Business Model Fit* erfolgt schließlich, wenn das Wertversprechen in ein profitables und skalierbares Geschäftsmodell eingebettet ist.

Bei der Entwicklung von Geschäftsmodellen auf Basis von Daten sollte zusätzlich ein *Data-Need Fit* erfüllt sein. Dieser tritt ein, wenn eine oder mehrere (verfügbare) Datenquellen identifiziert wurden, die relevante Aufgaben von Kunden unterstützen, Probleme lösen oder Nutzen bzw. einen Mehrwert schaffen können.

Der Value Proposition Canvas kann bspw. als Werkzeug herangezogen werden, um aus einem ausgearbeiteten Data Canvas und den Ergebnissen der durchgeführten Nutzer- und Kundenforschung einen Data-Need Fit zu identifizieren. Die Ergebnisse der Nutzerforschung werden dabei im rechten Teil des Value Proposition Canvas, dem sogenannten Kundenprofil, in Form von Aufgaben, Problemen und Nutzen dokumentiert. Anschließend wird der linke Teil des Value Proposition Canvas, die so genannte *Value Map*, erarbeitet. An der Stelle von Produkten oder Dienstleistungen nutzt man in diesem Schritt, die im Data Canvas identifizierten Datenquellen. Auf dieser Seite wird somit vermerkt, wie die Datenquellen einen Nutzen bieten oder zur Problemlösung beitragen können. Ein Data-Need Fit ist gefunden, wenn dieser Nutzen und die Lösung der Probleme von Nutzern als wertvoll eingestuft werden.

20.6 Von einem Data-Need Fit zu einem Geschäftsmodell

Ein Data-Need Fit ist eine wichtige Voraussetzung, um ein Wertversprechen (Value Proposition) zu entwickeln. Das Wertversprechen bildet den Kern eines Geschäftsmodells und legt fest, wie Daten den Nutzern in Form eines Produkts oder einer Dienstleistung bereitgestellt werden. Die Erarbeitung einer zweiten Value Map des Value Proposition Canvas kann dazu verwendet werden, das zu entwickelnde Produkt- oder Dienstleistungsangebot zu beschreiben. Wenn dieses auf Basis der Erkenntnisse aus der Nutzer- und Kundenforschung relevante Probleme der Nutzer löst und Nutzen schafft, ist ein Problem-Solution Fit gefunden. Weitere Elemente des Business Model Canvas resultieren teils aus dem Produkt- oder Dienstleistungsangebot selbst oder können variabel gehalten werden.

Da der Business Model Canvas zunächst nur auf Annahmen basiert, sollten diese möglichst frühzeitig mit Nutzern und Kunden überprüft werden, um das Risiko eines späten Scheiterns zu minimieren. Etablierte Vorgehensmodelle, wie der *Lean Startup* Ansatz bieten ein systematisches Vorgehen, um bspw. mittels eines sogenannten Minimum Viable Product (MVP) die kritischsten Annahmen zu überprüfen (Ries 2011).

20.7 Kritische Beurteilung und Reflexion

Mit dem Data Canvas wurde ein Werkzeug entwickelt, welches einen strukturierten und sogleich flexiblen Ansatz darstellt, um relevante Datenquellen zu identifizieren und das Verständnis über verfügbare Daten zu verbessern. Dies ermöglicht, deren Potenziale und Risiken für die Entwicklung von innovativen und nachhaltigen Geschäftsmodellen besser einschätzen zu können. Der Data Canvas fördert eine zielgerichtete Nutzer- und Kundenforschung insbesondere im Hinblick auf die Nutzer- und Kundenerfahrung (User Experience und Customer Experience) eines Produkts oder einer Dienstleistung. Die Nutzer- und Kundenforschung dient als Grundlage für den Data-Need Fit, also der Identifikation von relevanten Aufgaben der Nutzer, die sich mit den für ein Unternehmen verfügbaren Daten unterstützen lassen. Der Data-Need Fit wurde als eine konzeptionelle Voraussetzung für das etablierte Vorgehensmodell nach (Osterwalder et al. 2014) vorgestellt, um Daten systematisch für die Entwicklung von für die Nutzer relevanten Produkt- und Dienstleistungsangeboten mit nachhaltigen Geschäftsmodellen heranzuziehen.

Der Data Canvas wurde in einer Vielzahl von Seminaren und forschungsnahen Projekten an Universitäten (bspw. an der Universität St. Gallen und der Technischen Universität München) sowie in einer Vielzahl von Kundenprojekten kleiner und mittlere Unternehmen (KMU) sowie Konzernen eingesetzt und kritisch reflektiert. So wurden bspw. die Dimensionen des Data Canvas für spezifische Projektszenarien und -kontexten angepasst. Die einfache Dokumentation und Visualisierung teils sehr komplexer Sachverhalte, konnte bspw. nicht nur für die Geschäftsmodellinnovation herangezogen werden, sondern auch als Basis für die Ableitung von unternehmensinternen Roadmaps im Bereich Data-Driven Marketing angewendet werden.

20.8 Literaturverzeichnis

Bettencourt L, Lusch R, Vargo S (2014) A Service Lens on Value Creation: Marketing's Role in Achieving Strategic Advantage. California Management Review 57 (1): S. 44-66.

BITKOM (2012) Big Data im Praxiseinsatz – Szenarien, Beispiele, Effekte. Leitfaden. http://www.bitkom.org/files/documents/BITKOM_LF_big_data_2012_online%281%29.pdf Abgerufen am 30.10.2014.

Chen P (1976) The Entity-Relationship Model – Toward a Unified View of Data. ACM Transactions on Database Systems 1 (1): S. 9-36.

Christensen C, Anthony S, Berstell G, Nitterhouse D (2007) Finding the Right Job for Your Product. MIT Sloan Management Review 48 (3): S. 38-47.

Gordijn J, Akkermans H (2001) Designing and Evaluating E-Business Models. IEEE Intelligent Systems 16 (4): S. 11-17.

Mathis K, Köbler F (2015) Data Canvas und Data-Need Fit – Daten für neue Geschäftsmodelle nutzen. In: Fischer H, Endmann A, Krökel M (Hrsg.) Mensch und Computer 2015 – Usability Professionals. De Gruyter, Berlin, S. 42- 50.

Osterwalder A, Pigneur Y (2010) Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers. John Wiley & Sons., Hoboken, United States.

Osterwalder A, Pigneur Y, Bernada G, Smith A (2014) Value Proposition Design: How to Create Products and Services Customers Want. John Wiley & Sons, Hoboken, United States.

Ries E (2011) The Lean Startup: How Constant Innovation Creates Radically Successful Businesses. Penguin Books Limited, London, United Kingdom.

Sarasvathy S (2001) Causation and Effectuation: Toward A Theoretical Shift from Economic Inevitability to Entrepreneurial Contingency. Academy of Management Review 26 (2): S. 243-264.

Stickdorn M, Schneider J (2010) This is Service Design Thinking: Basics, Tools, Cases. 2. Aufl. BIS Publishers, Amsterdam, Netherlands.

21 Design Thinking als Vorgehensmodell für die Konzeption, Gestaltung und Evaluierung digitaler Produkte und Dienstleistungen[135]

F. Köbler, A. Eiting

Design Thinking ist ein Vorgehensmodell, welches grundlegend einen Prozess organisiert und die Anwendung von Methoden in Phasen orchestriert. Methoden sind hierbei aus unterschiedlichen Disziplinen wie Sozial- und Geisteswissenschaften, Architektur und Design sowie der gestaltungsorientierten Informatik entliehen und werden eingesetzt, um zum einen ein intersubjektives Verständnis hinsichtlich einer Problemstellung zu entwickeln und zum anderen aus diesem Verständnis eine Lösung zu gestalten. Der Beitrag beschreibt und reflektiert eine etablierte Interpretation des Vorgehensmodells.

Design Thinking is a process model that organises a process by applying methods in different phases. Methods from different disciplines such as social sciences, the humanities, architecture, design and design orientated computer science are borrowed and applied. They simultaneously generate an intersubjective understanding of the problem and help to derive a solution based upon this understanding. This chapter describes and evaluates an established interpretation of the process model.

[135] Das Forschungsprojekt ExCELL wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert (Förderkennzeichen: 01MD15001A).

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018
M. Wiesche et al. (Hrsg.), *Management digitaler Plattformen*,
Informationsmanagement und digitale Transformation,
https://doi.org/10.1007/978-3-658-21214-8_21

21.1 Design Thinking – ein Vorgehensmodell

Innovationen, insbesondere die nutzer- und kundenzentrierte Konzeption, Entwicklung und Etablierung von neuartigen digitalen Produkten und Dienstleistungen sowie nachhaltigen Geschäftsmodellen in einer komplexen und sich stetig veränderten digitalisierten Welt, stellen Unternehmen aller Größen sowie Branchen und Industrien vor enorme Herausforderungen. Um diese komplexen Problemstellungen zu lösen, kann auf Vorgehensmodelle und Methoden zurückgegriffen werden, die in gestaltungs- und anwenderorientierten Disziplinen, wie bspw. Ingenieurswissenschaften oder der Architektur, entwickelt worden sind und kontinuierlich verbessert werden. Ein Vorgehensmodell, welches Ansätze und Denkweisen verschiedenster Disziplinen kombiniert und in der jüngsten Vergangenheit entwickelt sowie kontinuierlich evaluiert wurde, stellt dabei *Design Thinking* dar. Eine Definition des Hasso-Plattner-Instituts Potsdam (HPI) lautet wie folgt:

> *„Design Thinking ist eine systematische Herangehensweise an komplexe Problemstellungen aus allen Lebensbereichen. Der Ansatz geht weit über die klassischen Design-Disziplinen wie Formgebung und Gestaltung hinaus. Im Gegensatz zu vielen Herangehensweisen in Wissenschaft und Praxis, die von der technischen Lösbarkeit die Aufgabe angehen, stehen Nutzerwünsche und -bedürfnisse sowie nutzerorientiertes Erfinden im Zentrum des Prozesses. Design Thinker schauen durch die Brille des Nutzers auf das Problem und begeben sich dadurch in die Rolle des Anwenders“ (Hasso-Plattner-Institut 2017).*

Diesem Verständnis folgend zielt Design Thinking im Vergleich zu anderen gestaltungsorientierten Vorgehensmodellen damit sehr stark auf die Generierung eines Problemverständnisses ab. Dieses Problemverständnis stellt, bezogen auf die Konzeption und Entwicklung von digitalen Produkten und Dienstleistungen, die Sammlung, Dokumentation sowie Priorisierung nutzer- und systemspezifischer Anforderungen der Zielgruppe dar. Die Anforderungen umfassen wiederum spezifische und kontextabhängige Bedürfnisse und Bedarfe eines Kunden oder Nutzers, die idealtypisch innerhalb der Anforderungserhebung mit Hilfe einer Vielzahl von unterschiedlichen Erhebungs- und Auswertungsmethoden ganzheitlich und präzise aufgenommen, bewertet und dokumentiert werden. Ein ganzheitliches Verständnis bildet mithin die Grundlage für die systematische Konzeption und Entwicklung der Lösung, die iterativ entlang der priorisierten Anforderungen umgesetzt und evaluiert wird.

Insbesondere die Aktivitäten und Methoden, die für die Konzeption, Entwicklung und Evaluierung der Lösung durchlaufen und eingesetzt werden können, können durch weitere Vorgehensmodelle, wie bspw. *Lean Start Up* (Ries 2011), oder unterschiedliche Vorgehen aus dem *Agilen Projektmanagement*, wie bspw. *SCRUM* (Schwaber 2004), systematisch gesteuert werden.

Der Beitrag erläutert und beschreibt im Weiteren die Grundzüge von Design Thinking als Vorgehensmodell und zeigt exemplarisch auf, wie das Vorgehensmodell innerhalb des Projekts ExCELL Anwendung fand. Der Beitrag schließt mit einer kritischen Bewertung und Reflexion.

21.2 Design Thinking als Double Diamond

Design Thinking ist ein Vorgehensmodell, welches grundlegend einen Prozess organisiert und die Anwendung von verschiedenen Methoden in Phasen orchestriert. Methoden wiederum können durch die Kombination von verschiedenen Werkzeugen operationalisiert werden (vgl. Abbildung 21-1). Design Thinking ist folglich keine Methode, wird aber fälschlicherweise in der Praxis oft so benannt. Zudem wird in vielen Fällen von sogenannten Design Thinking-Methoden gesprochen. Diese Methoden, wie beispielweise semi-strukturierte Interviews, sind nicht im Zuge von Design Thinking erfunden worden, sondern aus unterschiedlichen wissenschaftlichen Disziplinen (u.a. Sozial- und Geisteswissenschaften) entliehen worden, und können konsequenterweise eher als Design Thinking *kompatible* Methoden bezeichnet werden, die über das phasenspezifische Vorgehensmodell orchestriert werden.

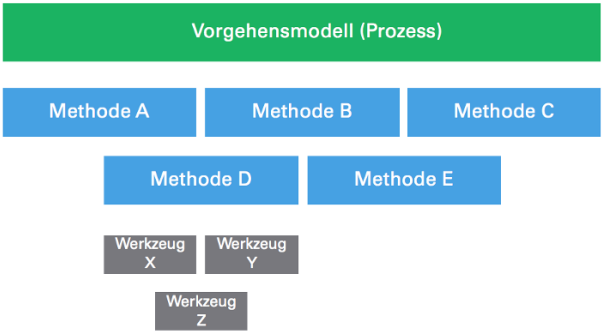


Abbildung 21-1. Vorgehensmodell, Methoden, Werkzeuge.

In den letzten Jahren wurden eine Vielzahl von unterschiedlichen Interpretationsansätzen des Design Thinking-Vorgehensmodells durch Unternehmen und praxisnahe akademische Institutionen sowie Universitäten erarbeitet und publiziert. Die Ansätze unterscheiden sich zumeist nur in Nuancen sowie ihrer Darstellung und Visualisierung. Der grundlegende und charakteristische phasenartige Prozess aus einer Abfolge von (i) divergierenden und (ii) konvergierenden Phasen ist hingegen innerhalb aller Ausführungen und Varianten gleich. Einer divergierenden Phase folgt eine konvergierende Phase, die nach Durchlauf eine weitere Iteration anstoßen kann. Eine etablierte Interpretation des Design Thinking Vorgehensmodells stellt dabei der *Double Diamond* des Design Council (2007) dar, welcher grundlegend eine Abfolge von zwei Iterationen divergierender und konvergierender Phasen beschreibt, die zum einen auf den *Problemraum* und zum anderen auf den *Lösungsraum* fokussieren (vgl. Abbildung 21-2).

Ein Verständnis über den Problemraum wird dabei durch die methodengestützte Analyse und Synthese der konkreten Problemstellung erzeugt, welches die Grundlage für die systematische Konzeption, Entwicklung und Evaluierung einer Lösungsvariante darstellt, die wiederum im potenziellen Lösungsraum liegt. Die Aktivtäten innerhalb des ersten Diamanten zielen somit

darauf ab, die *richtigen* Dinge zu tun. Folglich verfolgen die Aktivitäten innerhalb des zweiten Diamanten das Ziel, die Dinge *richtig* zu tun.

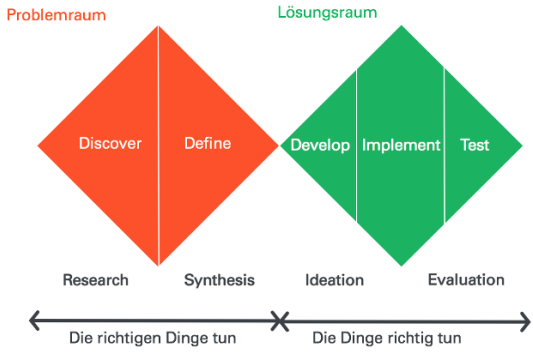


Abbildung 21-2. Design Thinking als Double Diamond.

Im Vergleich zu anderen gestaltungsorientierten Vorgehensmodellen zielt Design Thinking sehr stark auf die Generierung eines kontextspezifischen und ganzheitlichen Problemverständnisses ab. Insbesondere bei der Konzeption und Entwicklung von digitalen Produkten und Dienstleistungen sollte dies durch die systematische Sammlung, strukturierte Dokumentation sowie Priorisierung von nutzer- und systemspezifischen Anforderungen der Zielgruppe erfolgen. Diese nutzer- und systemspezifischen Anforderungen stellen individuelle und kontextabhängige Bedürfnisse und Bedarfe der Zielgruppe dar. Für die empirische Ableitung dieser Nutzerbedürfnisse kann auf eine Vielzahl von Erhebungs- und Auswertungsmethoden, die auf qualitativen und/oder quantitativen Daten basieren, zurückgegriffen werden.

In zahlreichen Projekten kann indes beobachtet werden, dass zumeist ausgehend von der Lösung gedacht wird, was zur Folge hat, dass die zu entwickelnden Lösungen die Anforderungen der Nutzer nicht erfüllen und somit von der Zielgruppe nicht adaptiert und genutzt werden.

21.3 Anwendung innerhalb des Projekts ExCELL

Innerhalb des Projekts ExCELL wurde durch Design Thinking die Herleitung und Priorisierung nutzer- und systemspezifischer Anforderungen sowie die Konzeption, Entwicklung und Evaluierung (i) der ExCELL Plattform (Pflügler et al. 2016; Schreieck et al. 2018) sowie (ii) der exemplarischen plattform-kompatiblen Anwendungen (Handwerker- und Pflegedienst-Lösung) strukturiert und gesteuert.

Abbildung 21-3 skizziert die Verankerung der verwendeten Methoden innerhalb des Vorgehensmodells je divergierender und konvergierender Phase anhand der *TerminMeister* Lösung, welche auf kleinere und mittlere Handwerksunternehmen als primäre Zielgruppe und hier insbesondere die Bürokräfte, Handwerker sowie deren Endkunden als Nutzer abzielt. In der

divergierenden Phase *Discover* kamen beispielweise semi-strukturierte Interviews und Beobachtungen (Shadowing) von Handwerkern und Bürokräften zur Sammlung und Auswertung von primären Daten (in der Abbildung mit der Ziffer 1 verdeutlicht) zum Einsatz. Mit Hilfe von Recherche (*Desk Research*) basierend auf Studien und Statistiken wurden zudem sekundäre Daten (in der Abbildung mit der Ziffer 2 verdeutlicht) gesammelt und ausgewertet.

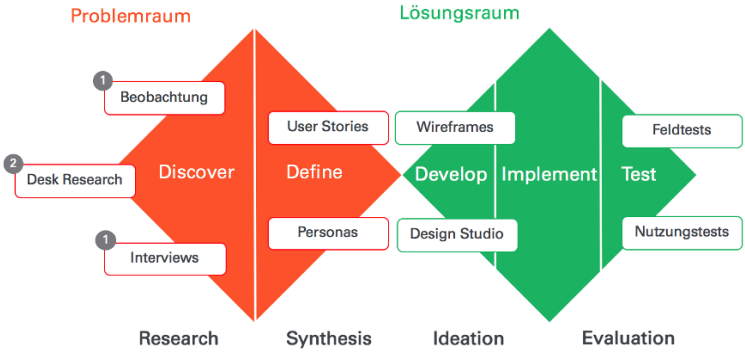


Abbildung 21-3. Beispielhafte Verankerung von Methoden innerhalb des Double Diamond.

In der konvergierenden Phase *Define* mündeten zunächst die Erkenntnisse zu Problemen, Bedarfen und Bedürfnisse der Zielgruppe in Personas und Szenarien (vgl. Kapitel 22). In einem nächsten Schritt wurden konkrete Anforderungen in Form von User Stories systematisch dokumentiert und priorisiert. Die Anforderungen wiederum wurden anschließend in der konvergierenden Phase *Develop* in Wireframes überführt, die auf einem konzeptionellen Abstraktionsgrad (beispielweise Informationsarchitektur und User Flow) die Lösung definieren. Die Durchführung eines Design Studio mit unterschiedlichen Stakeholdern resultierte in initialen, gestalterischen Lösungsvarianten.

Die Implementierung der Lösung wurde durch das agile Projektmanagement SCRUM (Schwaber 2004) auf Basis von iterativ ablaufenden Sprints gesteuert. Der konzeptionelle und technische Output nach dem initial durchlaufenen Sprint stellt ein *Minimum Viable Product* (MVP) dar, ein minimal überlebensfähiges Produkt (Ries 2011), welches durch Nutzungstests frühzeitig evaluiert wurde. Die Erkenntnisse der Nutzungstests wurden schließlich als neue oder geänderte Anforderungen in den nächsten Sprint übernommen. Somit konnte eine nutzerzentrierte Konzeption und Entwicklung der Lösung sichergestellt werden.

21.4 Kritische Bewertung und Reflexion

Design Thinking ist ein validiertes und praxisorientiertes Vorgehensmodell insbesondere zur Konzeption, Entwicklung und Evaluierung von softwaretechnischen bzw. digitalen Produkten und Dienstleistungen, welches in komplexen Projektumgebungen und Organisationsstruk-

turen eingesetzt wird. Es liefert einen gut funktionierenden Rahmen zur Sammlung von Problemen und Bedürfnissen bei den bestehende und oftmals eingefahrene Strukturen und Problemverständnisse hinterfragt und neu beleuchtet werden. Durch die erst danach stattfindende Verdichtung zur konkreten zu lösenden Problemstellung, wird sichergestellt, dass die im zweiten Teil des Vorgehensmodells erarbeiteten Lösungen tatsächlich den Kern der Herausforderung adressieren. Jedoch stellt die Einführung und Verwendung von Design Thinking als Vorgehensmodell zur Steuerung komplexer Projekte Unternehmen meist vor große Herausforderungen. Diese resultieren zumeist aus den historisch gewachsenen, siloartigen Organisationsstrukturen. Dies gilt insbesondere für größere Unternehmen. Zum einen müssen diese Strukturen aufgebrochen werden und zum anderen sollten Mitarbeiter – beispielweise durch ein adäquates Change Management – an die interdisziplinäre Arbeitsweise herangeführt oder ihnen die Angst davor genommen werden.

Zudem kann es in Projekten, die durch einen Auftraggeber initiiert und durch einen Auftragnehmer bearbeiten werden, zu kritischen und kontroversen Projektsituation kommen, da Kunden (Auftraggeber) zumeist „betriebsblind von der Lösung her denken“, die entweder durch ein Vorprojekt „verkauft“ wurde oder top-down erzwungen wird. Eine methodische Aufarbeitung des Problemraums, beispielweise in Form einer systematischen und nutzerzentrieten Erhebung von Anforderungen, wird meist vernachlässigt oder ex post durchgeführt, um eine spezifische Lösung zu begründen.

Im Rahmen des Projekts ExCELL kann konstatiert werden, dass die innerhalb des Vorgehensmodells angewendeten Methoden das Konsortium vor die Herausforderung stellte, durch die sehr offene und ganzheitliche Herangehensweise in der Problemidentifikation (Problemraum) viele Stakeholder – sowohl unternehmensintern als auch extern der Handwerksbetriebe und Pflegedienste – zu berücksichtigen. Dies bot zwar die Möglichkeit, sich von eingefahrenen Denkmustern in den betrachteten Branchen zu lösen und die zugrundeliegenden Probleme tatsächlich zu adressieren, war allerdings gleichzeitig auch sehr zeit- und ressourcenaufwendig. Bei externen Stakeholdern (Kunden und Patienten) hat sich das Recruiting von Teilnehmern für Interviews oder Workshops als sehr schwierig erwiesen. Im Fall von internen Stakeholdern (Handwerker und Pflegekräfte) war es entscheidend, diese frühzeitig zu integrieren, um deren Wohlwollen und Bereitschaft zur Kooperation sicherzustellen. Dies brachte aber erneut Ressourcenanforderungen mit sich und machte eine offene im Unternehmen kommunizierte Priorisierung von Tasks zugunsten des Projekts notwendig.

Im Fall von ExCELL kann somit abschließend festgehalten werden, dass sich Design Thinking als sehr hilfreichen und als ein zielführendes Vorgehensmodell bei komplexen Problemstellungen bestätigt hat. Insbesondere die nutzerzentrierte Herangehensweise hat zur Generierung einer Vielzahl von Ideen und Ansätzen für die erfolgreiche Entwicklung der Lösungen geführt. Dennoch muss auch hier eingeräumt werden, dass ein hoher Zeit- und Ressourcenaufwand mit der Durchführung und Analyse des User Research einherging. Insbesondere in einem

Umfeld wie Handwerksbetrieben und KMU war der Zugang zu Interviewpartnern und Interessierten nicht immer leicht zu realisieren.

21.5 Literaturverzeichnis

Design Council (2007) 11 Lessons: Managing Design in 11 Global Brands. www.designcouncil.org.uk/sites/default/files/asset/document/ElevenLessons_Design_Council%20%282%29.pdf. Abgerufen am 12.12.2017.

Hasso-Plattner-Institut (2017) HPI Academy: Education for Professionals – Was ist Design Thinking? https://hpi-academy.de/design-thinking/was-ist-design-thinking.html. Abgerufen am 12.12.2017.

Pflügler C, Schreieck M, Hernandez G, Wiesche M, Krcmar H (2016) A concept for the architecture of an open platform for modular mobility services in the smart city. Transportation Research Procedia 19: S. 199-206.

Ries E (2011) The Lean Startup: How Constant Innovation Creates Radically Successful Businesses. Penguin Books Limited, London, United Kingdom.

Schreieck M, Pflügler C, Setzke DS, Wiesche M, Krcmar H (2018) Improving Urban Transportation: an Open Platform for Digital Mobility Services. In: Linnhoff-Popien C, Schneider R, Zaddach M (Hrsg.) Digital Marketplaces Unleashed. Springer, S. 479-489.

Schwaber K (2004) Agile Project Management with Scrum. Microsoft Press, Redmond, Washington, USA.

22 Human Centered Design – Personas, Customer Journeys und Informationsarchitektur[136]

D. Tagabergenova, F. Köbler

Die Konzeption, Gestaltung und Entwicklung von (digitalen) Produkten und Dienstleistungen sowie die Realisierung von neuartigen Geschäftsmodellen bzw. die Umsetzung von Marketingkampagnen, die diese Produkte und Dienstleistungen für eine Zielgruppe bewerben, stellen in einer zunehmend digitalisierten und komplexeren Welt, eine komplizierte Problemstellung dar. Um diese Problemstellung zu lösen, müssen die Bedarfe und Bedürfnisse einer Nutzer- bzw. Zielgruppe und folglich ihre Anforderungen an (digitale) Produkte und Dienstleistungen systematisch erhoben und strukturiert werden. Dieser Beitrag beschreibt und reflektiert Methoden und Werkzeuge, die innerhalb des Projekts ExCELL angewendet wurden, um Bedürfnisse sowie konkrete Anforderungen einer Ziel- bzw. Nutzergruppe an eine softwaretechnische Lösung (bspw. mobile Anwendung) zu sammeln, zu strukturieren und über den Projektverlauf zu dokumentieren. Dabei stellt das Konzept der Customer Journeys die Basis zur Strukturierung der Bedürfnisse dar, die mit Hilfe von Personas je Zielgruppe verdichtet und schließlich priorisiert werden. Basierend darauf können Bedürfnisse in Anforderungen übersetzt und in eine Informationsarchitektur übertragen werden.

The conceptualization, design and development of new (digital) products and services as well as the realization of new business models is becoming more and more complex in an increasingly digital environment. Same is true for the realization of marketing campaigns addressing the target groups of such new business models or products and services. In order to resolve these complex problems, one has first to collect and analyze the needs and wishes of the user or target groups of such new business solutions. This chapter introduces and reflects on methods and tools, that were applied within the ExCELL project in order to collect, structure and document needs and requirements for the software solution (e.g. a mobile solution). The concept of the Customer Journeys is primary used to structure needs of user groups. Personas help to condense and prioritize this information. Based on that, needs can be translated into requirements and finally transformed into an information architecture.

[136] Das Forschungsprojekt ExCELL wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert (Förderkennzeichen: 01MD15001A und 01MD15001F).

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018
M. Wiesche et al. (Hrsg.), *Management digitaler Plattformen*,
Informationsmanagement und digitale Transformation,
https://doi.org/10.1007/978-3-658-21214-8_22

22.1 Einführung

Die Konzeption, Gestaltung und Entwicklung von (digitalen) Produkten und Dienstleistungen sowie die Realisierung von neuartigen Geschäftsmodellen bzw. die Umsetzung von Marketingkampagnen, die diese Produkte und Dienstleistungen für eine Zielgruppe bewerben, stellen in einer zunehmend digitalisierten und komplexeren Welt, eine komplizierte Problemstellung dar.

Um diese Problemstellung zu lösen, müssen die Bedarfe und Bedürfnisse einer Nutzer- bzw. Zielgruppe und folglich ihre Anforderungen an (digitale) Produkte und Dienstleistungen systematisch erhoben und strukturiert werden.

Die Sammlung, Dokumentation und Priorisierung nutzer- und systemspezifischer Anforderungen einer Nutzer- bzw. Zielgruppe ist essentiell, um ein ganzheitliches Verständnis hinsichtlich des Problemraums (siehe Kapitel 20) zu erzeugen, das wiederum eine notwendige Voraussetzung darstellt, nutzer- bzw. kundenzentrierte Produkte und Lösungen zu entwickeln.

Dieser Beitrag beschreibt und reflektiert Methoden und Werkzeuge die innerhalb des Projekts ExCELL angewendet wurden, um insbesondere die Bedarfe und Bedürfnisse sowie konkrete Anforderungen einer Ziel- bzw. Nutzergruppe an eine softwaretechnische Lösung (bspw. mobile Anwendung) zu sammeln, zu strukturieren und über den Projektverlauf zu dokumentieren.

22.2 Personas

22.2.1 Definition und Beschreibung

Um ein ganzheitliche Verständnis hinsichtlich der Bedürfnisse bzw. Anforderungen zu realisieren kann auf unterschiedliche Methoden und Werkzeuge zurückgegriffen werden. Eine Methode bzw. Werkzeug sind hierbei *Personas und Szenarien*. Personas stellen exemplarische idealtypische Stellvertreter der relevanten Zielgruppe und/oder Zielgruppen in Form von Steckbriefen dar. Personas sind in Szenarien eingebettet, die wiederum Nutzungskontexte und -intentionen der jeweiligen Persona beschreiben und dokumentieren.

> *„Ursprünglich wurden Personas in erster Linie als Werkzeug für Design Inspiration entwickelt (Cooper, 1999), aber heute werden sie zumeist eingesetzt um Informationen über wichtige, reale Nutzergruppen zu präsentieren“ (Chapman et al. 2008; übersetzt aus dem Englischen).*

In Konzeptions- und Entwicklungsprojekten kann durch die Definition und Beschreibung von Personas somit die geplante Funktionalität und deren gestalterische und technische Umsetzung im Vorfeld der Implementierung reflektiert, und die Entwicklung von nutzergerechten Anwendungen bzw. Lösungen im Sinne der Zielgruppe und Nutzer über den gesamten Konzeptions-, Gestaltung- und Entwicklungsprozess (insbesondere innerhalb stark interdisziplinä-

rer Teams) gewährleistet werden. Personas und Szenarien werden zudem in Projekten eingesetzt, um bspw. Marketingstrategien auszuarbeiten und die operative Aussteuerung konkretere Maßnahmen entlang definierter Personas und Szenarien zu steuern.

22.2.2 Methodisches Vorgehen

Innerhalb des Projekts ExCELL wurden in einem ersten Schritt relevante und potenzielle Nutzergruppen auf Basis empirischen Erkenntnisse identifiziert und in die in Abbildung 22-1 dargestellten Interessens- und Nutzergruppen kategorisiert und folglich im Hinblick für die initiale Iteration des Projekts priorisiert.

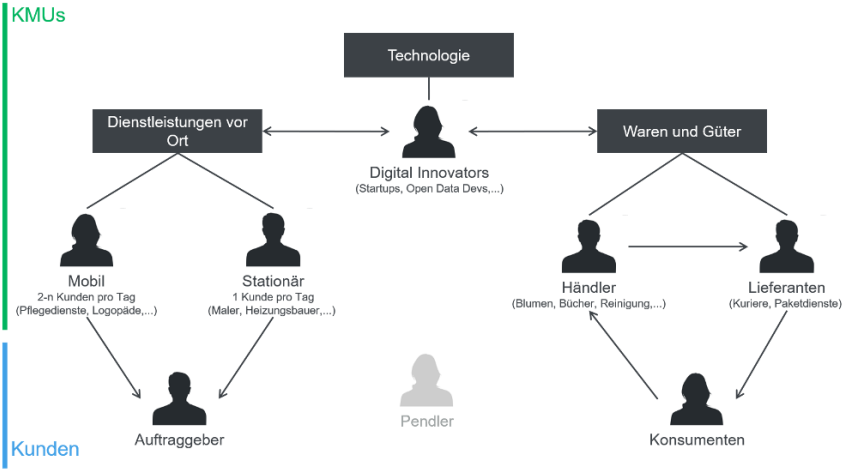


Abbildung 22-1. Kategorisierung potenzieller Interessens- und Nutzergruppen.

Die Priorisierung resultierte in die Fokussierung auf die Gruppen *Dienstleister*, *Softwareentwickler* und *Pendler/Auftraggeber von Dienstleistern* für die erste Iteration des Projekts. Für die priorisierten Zielgruppen wurden basierend auf den Ergebnissen und Erkenntnissen der durchgeführten explorativen Primärforschung, in Form von Beobachtungen (*Shadowing*) und *semi-strukturierten Interviews* und der durchgeführten Sekundärforschung (auf Basis von relevanten Studien und Berichten) sog. *Persona Skeletons* abgeleitet.

> *„Persona Skeletons sind Listen grundlegender Eigenschaften, welche man von den Nutzern aus jeder Kategorie ableitet (...)“ (Seyring 2012; übersetzt aus dem Englischen).*

Die Beschreibung der Personas erfolgte anhand von Attributen, die sich aus Mustern hinsichtlich bestimmter Merkmale und Charakteristiken ergeben, die auf den Ergebnissen der durchgeführten Primär- und Sekundärforschung basieren und in verschiedenen Workshops diskutiert, segmentiert und priorisiert wurden. Anhand der der folgenden Attribute wurden die Personas in der ersten Iteration des Projekts ExCELL beschrieben und dokumentiert:

- Stammdaten (Vorname, Alter, Beruf, Wohnort, Familienstand, Bildung)
- Berufliche Situation
- Beruflicher Werdegang
- Tätigkeiten im aktuellen Beruf
- Mobilität/Verkehr im Beruf
- Verhältnis zu Kunden/Kollegen/Partnern
- Einfluss Digitalisierung im Beruf
- Störfaktoren im Beruf
- Lebenssituation privat
- Mobilität privat
- Digitalisierung privat
- Einstellung zum Datenschutz

In einem nächsten Schritt wurden auf Basis dieser *Persona Skeletons* detaillierte Beschreibungen von relevanten Personas ausgearbeitet und anhand der Ergebnisse und Erkenntnisse der durchgeführten explorativen Primärforschung evaluiert.

Für die Konzeption und Entwicklung von nutzerzentrierten Produkten und softwaretechnischen Lösungen müssen die Erkenntnisse zu der (definierten) Nutzer- bzw. Zielgruppe, die in Form (statischer) Beschreibungen (der Personas) dokumentiert werden, durch zusätzliche Erkenntnisse zu dynamischen und sich veränderten Szenarien – teilweise sehr komplexen – Nutzungskontexte und -intentionen ergänzt und erweitert werden.

Folglich wurde in einem finalen Schritt für die ausgearbeiteten Personas korrespondierende Szenarien durch Anwendung der *Jobs-to-be-Done* Methode (Christensen et al. 2016) ausgearbeitet, um die jeweiligen Bedarfe und Bedürfnisse der Nutzer, hinsichtlich der effizienten und effektiven Erledigung einer Aufgabe innerhalb eines spezifischen Kontexts, zu dokumentieren. Auf Basis der entwickelten Personas und Szenarien können wiederum spezifische Anforderungen an (digitale) Produkte oder Dienstleistungen, bspw. in Form von *User Stories,* abgeleitet werden.

22.2.3 Praxisbeispiel

Abbildung 22-2 und Abbildung 22-3 stellen beispielhaft die Persona *Bernhard – der kundige Malermeister* aus der Zielgruppe *Dienstleistung vor Ort (mobil)* dar.

Bernhard – der kundige Malermeister

40 Jahre, männlich

- Verheiratet, 2 Kinder
- Wohnt in Klotzsche
- Arbeitet als Malermeister in einem Betrieb in Dresden
- Aufgewachsen in der DDR
- 30.000,- (Brutto) p.a.

Berufliche Situation

- Bernhard ist als Malermeister in einem kleinen Betrieb in Klotzsche tätig.
- Als Meister hat er auf den Baustellen meist die Verantwortung und übernimmt die Koordination der anderen Maler.
- Er ist als Farbenspezialist bekannt, und so ist es eine seiner Hauptaufgaben, auf diesem Gebiet zu unterstützen und diesbezüglich auch die Materialbeschaffung im Betrieb zu überwachen.
- Hauptsächlich macht er Innenarbeiten und Fassadengestaltungen.

Beruflicher Werdegang

- Nach seinem Realschulabschluss machte er eine Lehre zum Maler in Dresden.
- Anschließend arbeitete er einige Jahre in diesem Beruf, bevor er beschloss, seinen Meister zu machen.
- Mit dem Meistertitel in der Tasche war er auf der Suche nach neuen Herausforderungen und fand eine neue Anstellung in der Malerei in Klotzsche.
- Schon während seiner Ausbildung war er fasziniert von der Vielzahl verschiedener Farbarten und deren unterschiedliche Anwendungen. So verfolgt er auf diesem Gebiet alle neuen, internationalen Entwicklungen, ist immer auf dem aktuellsten Stand.

Relevante Szenarien

- Da Bernhard Spezialist für Farben ist, ist er in seinem Betrieb dafür zuständig, das entsprechende Material zu beschaffen. Manchmal kommt es dabei zu Lieferengpässen bzw. Schwierigkeiten, das Material pünktlich zu den Baustellen zu bringen.
- Bernhard ist als Meister angestellt, deshalb hat er häufig auf den Baustellen die Verantwortung über die korrekte Durchführung der Arbeiten.

Mobilität/Verkehr im Beruf

- Da die meisten Kunden des Betriebes aus Dresden stammen, fährt Bernhard jeden Morgen mit seinem Team in die Stadt und kehrt erst abends wieder zurück.
- Obwohl sie immer früh losfahren, geraten sie meist in den Berufsverkehr und so kommt es hin und wieder vor, dass sie Termine nicht pünktlich einhalten könnten.
- Ein großer Risikofaktor sind dabei auch die Brücken über die Elbe.
- Ist ein Kunde direkt in der Innenstadt, kann es durchaus zu Parkplatzproblemen kommen. Hier nimmt Bernhard Strafzettel in Kauf, die er dann seinem Chef weitergibt, was oft zu Konflikten führt.

Lebenssituation privat

- Bernhard wuchs in der DDR auf und hat zwei ältere Brüder.
- Er ist verheiratet und hat zwei Söhne, die beide bereits die Grundschule besuchen.
- Vor ein paar Jahren hat er sich den Traum vom Eigenheim mit Garten in einem Vorort von Dresden erfüllt.
- In seiner Freizeit entspannt er am liebsten mit der Familie oder spielt Fußball in der Altherrenmannschaft des VfB Hellerau-Klotzsche.

Digitalisierung (beruflich und privat)

- Bernhard und seine Kollegen nutzen ihre privaten Smartphones für berufliche Zwecke. Nur der Chef hat ein betriebliches Smartphone.
- Weder er noch seine Kollegen verwenden eine App, die die aktuelle Verkehrslage anzeigt. Im Auto ist ein Navigationsgerät montiert, mit dem man aber keine Routen darstellen kann
- Privat besitzt er zudem ein Tablet, das er gerne für Recherchen rund um das Thema Farben nutzt.

Abbildung 22-2. Exemplarische Persona ‚Bernhard – der kundige Malermeister'.

Bernhard – der kundige Malermeister

40 Jahre, männlich

- Verheiratet, 2 Kinder
- Wohnt in Klotzsche
- Arbeitet als Malermeister in einem Betrieb in Dresden
- Aufgewachsen in der DDR
- 30.000,- (Brutto) p.a.

Störfaktoren im Beruf

- Ein großes Problem für Bernhard ist die Kommunikation mit den Kunden. Da er die Verantwortung hat, würde er gerne die Kunden besser informieren können, wann genau er und das Team eintreffen oder mit wieviel Verzögerung zu rechnen ist.
- Die Kommunikation mit dem Büro des Betriebes findet auch sehr sporadisch statt. So ist dieses sehr selten über den Fortgang der Arbeiten informiert.

Kunden/Kollegen/Partner

- Die Kollegen schätzen Bernhard aufgrund seiner langjährigen Erfahrung und seinem Expertenwissen sehr. Er ist neben dem Chef der einzige Meister im Betrieb und hat vor allem für die Lehrlinge Vorbildfunktion.
- Die Kunden sind zufrieden mit der Arbeit, die Bernhard und sein Team leisten. Jedoch sind sie oft verärgert über die Unpünktlichkeit, was dann immer Bernhard als erstes zu spüren bekommt.

Mobilität Privat

- Bernhard und seine Frau nutzen ein gemeinsames Auto.
- Wenn er bei der Arbeit ist, braucht dieses meist seine Frau, um die Kinder zum Sport zu bringen oder Einkäufe zu erledigen.
- Im Gegensatz zu seinen beruflichen Fahrzeugen ist es Bernhard sehr wichtig, dass das Auto gepflegt und sauber ist. Deshalb mag er es gar nicht, wenn seine Kinder mit dreckigen Schuhen einsteigen oder im Auto gegessen wird.

Verkehrsmittel (beruflich)

- Der Fuhrpark des Betriebes besteht aus drei Fahrzeugen und der Chef möchte die Kosten dafür möglichst gering halten.
- Die Fahrzeuge dienen als Werbeträger und Aushängeschild des Betriebes.
- Eines dieser Fahrzeuge wird vom Chef selbst genutzt, um Angebote bei den Kunden abzugeben.
- Die anderen beiden Autos sind Baustellenfahrzeuge und werden von den Mitarbeitern auch dementsprechend behandelt. Sie sind immer verdreckt und auch beim Fahren wird wenig Rücksicht genommen.

Datenschutz

- Für das Thema Datenschutz ist er sensibilisiert und hat diesbezüglich auch große Bedenken.
- Neuen Technologien steht er auch eher kritisch gegenüber.

Abbildung 22-3. Exemplarische Persona ‚Bernhard – der kundige Malermeister'.

Bernhard – Szenario Beschaffung Farben für Außenauftrag

Aufgabenstellung
Für die Durchführung eines Außenauftrages hat Bernhard die Verantwortung über die Beschaffung der relevanten Farben. Auf einer größeren Baustelle sind einige Farben fast nicht mehr verfügbar. Bernhard muss für diese Farben Nachschub beschaffen.

Vorgehen und Ziel
Sein Ziel ist es, nicht nur möglichst frühzeitig zu erkennen, wenn Farbmengen nicht mehr zur Verfügung stehen, sondern auch, welche Farben dies betrifft, um weitere Arbeiten nicht zu verzögern. So muss er vor Ort die Farbarten erkennen und diese dann bei einem Baumarkt anfordern, der sich möglichst in der Nähe der Baustelle befindet und zudem die Farbarten bereitstellen kann.

Define	Locate	Prepare	Confirm	Execute	Monitor	Modify	Conclude
Vorgehen und Ziele bestimmen	Gegenstände und Informationen sammeln	Unmittelbare Vorbereitung vor Ort	Versicherung, dass alles zur Durchführung bereit ist	Durchführung der Aufgabe	Überprüfung während der Durchführung	Ggf. Anpassung der Durchführung	Abschluss und finale Prüfung der Aufgabe
Aufgaben /Sichtung verfügbare Farbmenge /Abgleich mit Dokumenten /Identifikation von verwendeten Farben /Kommunikation mit Büro Kontext /auf Baustelle Ressourcen /Laptop /Dokumente /Smartphone Hürden /Eingeschränkte Verfügbarkeit von Daten/Dokumente /Eingeschränkte Erreichbarkeit Büro /Eingeschränkte Erreichbarkeit Kunde /Geringe Netzabdeckung, Batteriestand	Aufgaben /Identifikation fehlende Farbarten /Bestimmung Menge der Nachbestellung /Überprüfung der Farbarten mit Planung Kontext /auf Baustelle Ressourcen /Laptop /Dokumente /Ggf. Smartphone Hürden /Eingeschränkte Verfügbarkeit von Daten /Eingeschränkte Erreichbarkeit Büro /Eingeschränkte Erreichbarkeit Kunde /Geringe Netzabdeckung, Batteriestand	Aufgaben /Auffinden von Baumarkt in der Nähe /Recherche zu Leistungsprofil des Baumarktes /Überprüfung Lagerbestand und Leistungsportfolio Baumarkt (Anruf) Kontext /auf Baustelle /im Auto Ressourcen /Laptop /Smartphone /Stadtplan /Dokumente Hürden /Eingeschränkte Verfügbarkeit von Daten zu Baumarkt /Eingeschränkte Erreichbarkeit Baumarkt /Eingeschränkte Erreichbarkeit Büro /Geringe Netzabdeckung, Batteriestand	Aufgaben /Abgleich Bedarf und Leistungsportfolio Baumarkt /Planung Route zu Baumarkt /Abschätzung der benötigte Zeit /Finale Klärung mit Büro /Kommunikation mit Mitarbeitern Kontext /auf Baustelle /im Auto Ressourcen /Laptop /Smartphone /Dokumente Hürden /Eingeschränkte Erreichbarkeit Baumarkt /Eingeschränkte Erreichbarkeit Büro /Geringe Netzabdeckung, Batteriestand	Aufgaben /Durchführung Fahrt zu Baumarkt /Bestellung Farben in spezifischen Mischverhältnissen /Dokumentation Kauf Kontext /im Auto /im Baummarkt Ressourcen /Smartphone /Navi /Dokumente /Ggf. Laptop Hürden /Eingeschränkte Erreichbarkeit Büro /Geringe Netzabdeckung, Batteriestand /Verzögerung durch Stau /Richtiges Produkt nicht oder nicht ausreichend verfügbar	Aufgaben /Überprüfung der richtigen Mischverhältnisse /Ggf. Kommunikation mit Mitarbeitern zum Stand Kontext /im Baumarkt Ressourcen /Dokumente /Smartphone /Laptop Hürden /Eingeschränkte Erreichbarkeit Büro /Eingeschränkte Verfügbarkeit von Daten /Geringe Netzabdeckung, Batteriestand	Aufgaben /Nachbestellung von weiteren Farben /Nachbestellung von vorhandenen Farben /Ggf. Kommunikation mit Mitarbeitern zum Stand Kontext /im Baumarkt Ressourcen /Smartphone /Laptop /Dokumente Hürden /Eingeschränkte Verfügbarkeit von Daten /Geringe Netzabdeckung, Batteriestand /Eingeschränkte Erreichbarkeit Mitarbeiter	Aufgaben /Planung Route zur Baustelle /Durchführung Fahrt zur Baustelle /Überprüfung Farbwahl /Dokumentation Farbmenge /Übergabe an die Mitarbeiter Kontext /im Auto /auf Baustelle Ressourcen /Laptop /Dokumente /Navi Hürden /Eingeschränkte Verfügbarkeit von Daten /Eingeschränkte Erreichbarkeit Büro /Geringe Netzabdeckung, Batteriestand

Abbildung 22-4. Exemplarisches Szenario auf Basis des Jobs-to-be-Done Rahmenwerks.

Abbildung 22-4 stellt ein zur Persona *Bernhard* korrespondierendes Szenario auf Basis des *Jobs-to-be-Done* Rahmenwerks dar, um die spezifischen Bedarfe und Bedürfnisse hinsichtlich der effizienten und effektiven Erledigung einer Aufgabe innerhalb eines spezifischen Kontexts, zu dokumentieren.

22.2.4 Reflexion und kritische Beurteilung

Personas und Szenarien können in Konzeptions- und Entwicklungsprojekten herangezogen werden, um die geplante Funktionalität und deren gestalterische und technische Umsetzung im Vorfeld der Implementierung zu reflektieren, und die Entwicklung von nutzergerechten Anwendungen bzw. Lösungen im Sinne der Ziel- und Nutzergruppe über den gesamten Konzeptions-, Gestaltung- und Entwicklungsprozess auszurichten. Personas und Szenarien können zudem dazu beitragen innerhalb interdisziplinärerer, abteilungsübergreifender und größeren Projektteams ein gemeinsames Verständnis (*Shared Understanding*) hinsichtlich der Bedarfe und Bedürfnisse der Nutzer- bzw. Zielgruppe über den gesamten Projektverlauf zu generieren.

Da Personas und Szenarien eine Methode bzw. ein Werkzeug darstellen, um empirische Erkenntnisse und Wissen zu strukturieren und zu dokumentieren, können die Methoden, die zur Datenerhebung eingesetzt werden, wie bspw. Shadowing oder semi-strukturierte Interviews, und die Analyse dieser Daten, mit erheblichen Aufwänden verbunden sein und Kapazitäten binden. Jedoch besteht die Notwendigkeit Personas und Szenarien im besten Fall auf einer belastbaren und empirischen Datengrundlage abzuleiten.

22.3 User und Customer Journey Map

22.3.1 Definition und Beschreibung

Der Begriff *Customer Journey* (dt. Kundenreise) stammt aus dem Marketing und beschreibt den Weg eines Kunden entlang aller relevanter Berührungspunkte (*Touchpoints*) mit einem Unternehmen, dessen Produkten oder Dienstleistungen. Customer Journeys können definierten Personas und Szenarien zugeordnet werden und/oder aus diesen abgeleitet werden.

Ziel ist es den Kunden entlang der Customer Journey auf ein Produkt oder eine Dienstleistung (*Service*) aufmerksam zu machen, zu informieren, zu überzeugen und am Ende zu einer Kaufentscheidung zu motivieren. *Customer Journey Maps* können bspw. als Werkzeug zur Visualisierungen herangezogen werden und helfen dabei Kunden und insbesondere ihre (Kauf-) Entscheidungen besser zu verstehen, bzw. das Produkt oder die Dienstleistung hinsichtlich der Bedürfnisse zu optimieren. Sie helfen ebenso zu verstehen, welche Aufgaben Kunden mit dem Produkt bewältigen und erledigen, welche *Pain Points* sie haben und wie sie das Produkt oder die Dienstleistung tatsächlich nutzen bzw. in Anspruch nehmen. Insbesondere kann durch Customer Journey Maps zudem die subjektive *Nutzer- bzw. Kundenerfahrung* mit einem (digitalen) Produkt oder Dienstleistung, die sog. *User bzw. Customer Experience,* über einen Verlauf dokumentiert werden. Die hieraus ableitbaren Erkenntnisse können in unterschiedliche Abteilungen innerhalb eines Unternehmens, wie z.B. Marketing, Sales und/oder Produktentwicklung zur Weiterentwicklung und Optimierung herangezogen werden.

Im Rahmen der (digitalen) Produktentwicklung spricht man eher von User Journeys (dt. Nutzerreisen) als Customer Journeys, da es hier weniger um die Abbildung von Kaufentscheidungen geht, als vielmehr um die Abbildung des Nutzerverhaltens mit dem softwaretechnischen System entlang bestimmter Touchpoints. Beide Werkzeuge, Customer Journeys wie auch User Journeys, werden auf der Dokumentation, Visualisierung und Strukturierung der aus Marktforschung und/oder User Research gewonnen Erkenntnisse aufgebaut. User Journeys beinhalten wiederum eine oder mehrere *User Stories*, eine konkrete Anforderung an ein softwaretechnisches System, welche eine konkrete Aktivität und einen konkreten Nutzen bzw. ein spezifisches Ziel der Interaktion mit dem System beschreibt.

Ein Nutzertyp, welcher bspw. durch eine Persona repräsentiert wird, wird in einer spezifischen User Journey abgebildet. Die Erstellung einer spezifischen User Journey kann kompli-

ziert sein, da diese eine hohe kontextuelle Komplexität beschreiben kann. Es ist essentiell wichtig eine kunden- bzw. nutzerzentrierte Perspektive abzubilden, um wichtige *Added Values* und *Pain Points* zu erkennen.

22.3.2 Methodisches Vorgehen

Die Herleitung von Customer bzw. User Journeys (Journeys) sollte alle Annahmen und Hypothesen sowie Erkenntnisse aus der Analysephase einbeziehen und auf einer empirisch belastbaren Datengrundlage erfolgen. Journeys können in unterschiedliche Phasen aufgeteilt werden, hierzu wurden in der Vergangenheit unterschiedliche Rahmenwerke ausgearbeitet und zur Verfügung gestellt, die zur Strukturierung herangezogen werden können, wie bspw. der *Customer Decision Journey* von McKinsey (Edelman und Singer 2015). Diese Rahmenwerke unterscheiden meist in eine Kundenakquise und -bindungsphase (Loyalty Loop), die wiederum in unterschiedliche Phasen unterteilt werden können.

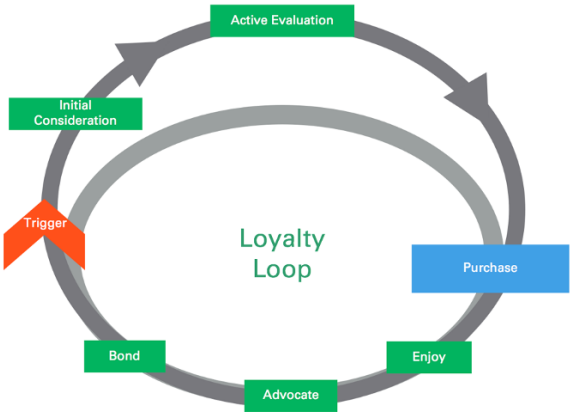


Abbildung 22-5. Customer Decision Journey Rahmenwerk in Anlehnung an McKinsey (Edelman und Singer 2015).

Innerhalb einer Customer Journey hat ein Neu- bzw. Bestandskunde eine Vielzahl von Berührungspunkten (Touchpoints) eines Unternehmens oder entlang eines Wertschöpfungsnetzwerks unterschiedlicher Unternehmen. Touchpoints können unterschiedliche nicht-digitale oder digitale Kanäle und Berührungspunkte, bspw. Online Display Anzeigen, Smartphones/Apps, Landingpages aber auch bspw. Plakatwerbung, sein. Im Rahmen der Produktentwicklung und bei der Erstellung von User Journeys repräsentieren Touchpoints meist die Interaktion mit dem (digitalen) Produkt oder der softwaretechnischen Lösung selbst. Durch einen *Trigger* wird die Interaktion mit einem digitalen Produkt oder der softwaretechnischen Lösung initiiert.

In einem weiteren Schritt kann zudem auf einer emotionalen Ebene, die Gefühlslage und die Erlebnisse eines Kunden bzw. Nutzers entlang einer Journey beschrieben und in einer

Customer Journey Map verankert und dokumentiert werden. So werden positive Emotionen als *Happy Moments* und negative Emotionen als *Pain Points* festgehalten. Letztere liefern zudem eine entscheidende Hilfestellung bei der Identifizierung von *Opportunities* für die Konzeption bzw. Optimierung von Produkten oder Dienstleistungen.

Nachdem eine oder mehrere Customer Journey Maps erstellt wurden, sollten diese hinsichtlich ihrer empirischen Belastbarkeit durch einen iterativen Evaluierungsprozess mit Kunden bzw. Nutzern optimiert werden. Die Evaluierung der abgeleitet Customer Journeys kann bspw. mittels semi-strukturierten Interviews oder moderierten *Customer Journey Walkthroughs* mit Vertretern spezifischer Nutzer- bzw. Zielgruppen erfolgen, um weitere empirisch belastbare Erkenntnisse zu gewinnen.

Zur Erstellung von Customer bzw. User Journeys bedarf es keiner speziellen Software, diese können mit Hilfe von Stift und Papier, mit Post-Its oder etablierten Graphik- und Visualisierungstools erstellt werden.

22.3.3 Praxisbeispiel

In Abbildung 22-6 ist beispielhaft der Prozess zur Planung von (wöchentlichen oder monatlichen) Schichten innerhalb eines Pflegediensts (KMU) in Form einer Journey skizziert und dokumentiert. Die dargestellte Journey beschreibt zum einen entlang der x-Achse, die operativen Arbeitsschritte, die die jeweilige Rolle bzw. der Nutzer – in diesem Beispiel die Schichtleitung eines Pflegediensts – erledigen muss, um eine Aufgabenstellung (bspw. Erstellung eines wöchentlichen Schichtplans unter Berücksichtigung relevanter Einschränkung) zu erfüllen. Zum anderen werden entlang der y-Achse Bedarfe (*Needs*), Probleme (*Problems*) und Problemlösungen (*Pain Reliver*) innerhalb des jeweiligen Arbeitsschrittes aus einer Menschen- bzw. Nutzer-zentrieten Perspektive. So müssen bei der Schichtplanung bestimmte Einschränkungen (*Constraints*) berücksichtig werden, wie bspw. Terminwünsche von Patienten oder krankheits- bzw. urlaubsbedingt Ausfälle von Mitarbeitern, die wiederum Informationsbedarfe eines Schichtleiters auslösen und in Fällen in komplexe Problemstellungen resultieren, die aufgelöst werden müssen.

COORDINATOR PHONE, PAPER, DESKTOP	SHIFT MANAGEMENT		
Goals	Shift planning for the upcoming week / month		
Phase	Shift management	Shift communication	Shift adjustment
Needs	- Collect clients inquires - Overview on staff capacity - Create shifts based on clients location / refund of travel costs (depending on state) - Staff criteria: skills, gender, capacity - Clients criteria: preferred / mandatory timeslot, collection of clients medicines - Feedback round about client's appointments - Keep the schedule flexible for changes	- Communicate shift planning with staff - Confirm open appointments with clients	- Adjust planning based on staff feedback / appointment changes from clients
Problems	- Paper/Excell based schedules and notes - Preparation and handover of paper documents - Location based planning based on coordinator experience - Low staff capacity	- Incoming / outgoing calls to clients and staff - Paper / notes based - Age of clients makes hard to use new communications channels (phone calls easiest way)	- Incoming / outgoing calls to clients and staff - Preparation and handover of paper documents
Pain reliever	- Auto collection of staff data - Auto collection of clients inquires Suggestion for staff assignment to client appoinments - Shift planning based on geolocation + staff criteria + client criteria	- Automated communication to staff & clients	- Automated communication to staff & clients

Abbildung 22-6. Exemplarische Journey am Beispiel des Schichtplanungsprozesses bei Pflegediensten.

Insbesondere die Journey, die den Schichtplanungsprozess dokumentiert, wurde iterativ mit Hilfe von moderierten User Journey Walkthroughs mit Vertretern der Zielgruppe evaluiert, da diese relevanten Anforderungen speziell hinsichtlich möglicher Einschränkungen (*Constraints*) an den Travelling Salesman Algorithmus (siehe Kapitel 15) beschreibt.

22.3.4 Reflexion und kritische Beurteilung

Customer bzw. User Journeys sind ein etabliertes Werkzeug, um zum einen komplexe Entscheidungs-, Aktivitäts- bzw. Interaktionenprozesse von Menschen zu abstrahieren und können zum anderen innerhalb von interdisziplinären Teams oder Abteilungen herangezogen werden, um Wissen zu explizieren und über den Projektverlauf ein gemeinsames Verständnis (*Shared Understanding*) zu generieren.

Innerhalb von Projekten, die entlang des Design Thinking Vorgehensmodells (siehe Kapitel 21) strukturiert sind, können Journeys als Werkzeug eingesetzt werden, um die Erkenntnisse aus einem durchgeführten User Research, bspw. durch Shadowing und semi-strukturierten Interviews (*divergierende Phase – Problemraum),* zu strukturieren und zu verdichten (*konvergierenden Phase – Problemraum)*, um somit die IST-Situation (*IST Journey*) zu dokumentieren. Zudem können Journeys verwendet werden, um innerhalb der *divergierenden Phase* (*Lösungsraum*) erste Lösungsvarianten (*SOLL Journey*) zu skizzieren.

Herausforderungen bei der Ableitung und Anwendung von Customer bzw. User Journeys liegen zum einen in der Wahl des richtigen Abstraktionsgrads, da gleichzeitig ein ganzheitlicher

Entscheidungs-, Aktivitäts- bzw. Interaktionenprozesse und komplexe Teilschritte und -aktivitäten beschrieben werden müssen. So führt ein zu hoher Abstraktionsgrad dazu, dass Interaktionen des Nutzers im Detail nicht verstanden werden und somit keine konkreten Ansatzpunkte zur Verbesserung der Journey identifiziert werden können; ein zu niedriger Abstraktionsgrad erschwert wiederum den Blick auf den Gesamtzusammenhang und birgt die Gefahr für das Team, sich in den Details zu verlieren. Zum anderen in der Abschätzung des Kosten-Nutzenverhältnisses aus einer Kapazität- und Aufwandsperspektive, da Anpassungen und Aktualisierungen von komplexeren Journeys mit hohen zeitlichen Aufwänden verbunden sein können. Eine kontinuierliche Aktualisierung kann jedoch entscheidend sein, um den Wissensstand und ein gemeinsames Verständnis (*Shared Understanding*) über Abteilungen und Teams entlang des gesamten Projektverlaufs zu realisieren, um sich einer optimalen kunden- bzw. nutzerzentrieten Lösung anzunähern.

22.4 Informationsarchitektur

22.4.1 Definition und Beschreibung

Eine Informationsarchitektur (IA) ist eine visuelle Darstellung der Inhaltsstruktur einer softwaretechnischen Lösung (bspw. einer Website) sowie deren Interaktionslogik und meist Teil des fachlichen Grobkonzepts und bietet als visuelles Hilfsmittel einen Überblick über die Funktionen und Komponenten einer softwaretechnischen Lösung. Eine Informationsarchitektur bildet zudem die Basis für ein Navigationskonzept und das *Look & Feel* eines (digitalen) Produkts bzw. softwaretechnischen Lösung und hat einen direkten Einfluss auf die Nutzererfahrung (*User Experience*).

Die Informationsarchitektur eines (digitalen) Produkts bzw. softwaretechnischen Lösung kann als „Bauzeichnung“ eines digitalen Artefakts verstanden werden, und ist stark an eine technische Zeichnung einer Bauplanung in der Architektur angelehnt, da diese strukturellen Merkmale und nicht zeitliche Abläufe beschreibt. Das Ziel einer nutzerzentrierten IA ist es, dass Inhalte von Nutzern schnell und leicht gefunden werden, und dass das Navigieren zwischen Elementen (bspw. Unterseiten einer Website) einer in sich konsistenten und geschlossenen sowie nachvollziehbaren Logik folgt.

22.4.2 Methodisches Vorgehen

Innerhalb von Projekten, die entlang des Design Thinking Vorgehensmodells strukturiert sind, stellt die Ableitung und Erstellung einer Informationsarchitektur ein Werkzeug dar, welches zum einen in einer initialen *konvergierenden Phase* (*Problemraum*) zur Strukturierung von Erkenntnissen aus einem durchgeführten User Research herangezogen werden kann, bzw. zum anderen in der *divergierenden Phase* (*Lösungsraum*) eingesetzt werden, um erste Lösungsalternativen zu beschreiben.

Die Ableitung und Erstellung einer Informationsarchitektur sollte immer auf empirisch belastbaren Erkenntnissen basieren, die bspw. aus der Analyse von Beobachtungen, semi-strukturierten Interviews oder Nutzungstests, um Aktivitäten innerhalb komplexer Anwendungsfällen und somit Interaktionen potenzieller Nutzer einer softwaretechnischen Lösung optimal abzubilden.

Das Vorgehen zur Ableitung und Erstellung einer Informationsarchitektur soll im Folgenden anhand einer Website aufgezeigt werden, und kann grundsätzlich nach zwei Ansätzen unterschieden werden: *Top-Down*- und *Bottom-Up-Ansatz*.

Beim *Top-Down Ansatz* geht man davon aus, dass der Nutzer zunächst auf einer Startseite seine Journey auf einer Webseite startet und von dieser aus durch die Webseite (bspw. ein Online Shop) navigiert (vgl. Abschnitt 22.3). Der Fokus liegt hierbei darauf, dass die Startseite möglichst ganzheitlichen und einfach die zugrundliegende Struktur der gesamten Webseite vermittelt, sodass Inhalte schnell und intuitiv durch den Nutzer gefunden werden. Dieser Ansatz wird oftmals bei Erstellung von Informationsarchitekturen von mobilen Applikationen (Apps) gewählt, da die Interaktion mit einer mobilen Applikation meist durch das Öffnen dieser initiiert wird und keine Quereinstiege möglich sind.

Bei der Anwendung eines *Bottom-Up Ansatz* geht man davon aus, dass der Nutzer auf einer beliebigen Unterseite einer Webseite landen kann und sich von hieraus zurechtfinden muss. Dieser Fall kann sehr häufig eintreten, da Nutzer nicht direkt eine Webseite über eine spezifische, sogenannte Uniform Resource Locator (URL)-Adresse aufrufen, sondern durch die Nutzung einer Suchmaschine, gezielt auf eine Unterseite geleitet werden. In diesem Fall ist es wichtig, dass die IA einer Webseite so ausgelegt ist, dass ein Nutzer sich von einem beliebigen Punkt innerhalb der Struktur einfach und intuitiv zum nächsten gewünschten Punkt navigieren kann, ohne beispielsweise die Notwendigkeit zu haben, zur Startseite zurückzukehren.

Informationsarchitekturen werden meist in Tabellen und *Box-and-Arrow* Diagrammen abgebildet. Hierfür können Stift und Papier, Karteikarten oder Sketchingtools wie bspw. draw.io genutzt werden. *Card-Scoring* Methoden können angewendet werden, um iterative mit Nutzern und/oder Stakeholdern (bspw. Product Owner) sich über Konsensfindung einer optimalen Lösung anzunähern.

So ist die Struktur einer softwaretechnischen Lösung (bspw. einer Webseite) für den Nutzer nicht direkt greifbar, jedoch hat dieser von vornherein eine bestimmte Erwartungshaltung an Inhalte, Navigation, Struktur und Funktionalität. Die Informationsarchitektur hat somit direkten Einfluss auf die Güte der Nutzererfahrung (*User Experience*), die ein Nutzer durch seine Interaktion mit der softwaretechnischen Lösung macht.

22.4.3 Praxisbeispiel

Im Folgenden wird die Informationsarchitektur der im Projektverlauf konzipierten und entwickelnden mobilen Applikation der Handwerker-Lösung beispielhaft dargestellt und erläutert.

Die mobile Applikation unterstützt insbesondere Handwerker im Kundendienst, die Dienstleistungen vor Ort erbringen, bei der Koordination von Touren und Terminen sowie bei der Planung von Routen, indem die aktuelle Verkehrslage in Echtzeit berücksichtigt wird. Die Informationsarchitektur basiert auf den dokumentierten und priorisierten User Stories, die die konkreten Anforderungen an die Lösung aus der Nutzersicht (insbesondere der Handwerker) beschreiben, und durch extensives User Research abgeleitet wurden.

Die Visualisierung der Informationsarchitektur wurde mit *draw.io* erstellt und ist in Abbildung 22-7 dargestellt.

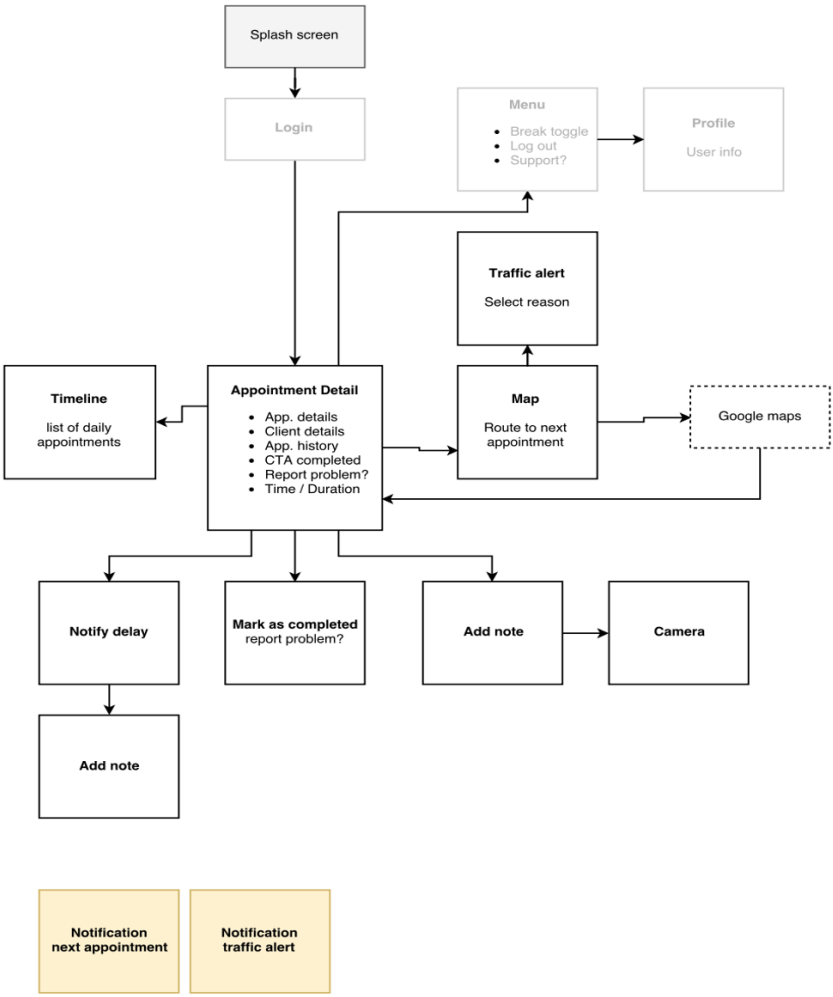


Abbildung 22-7. Informationsarchitektur der mobilen Applikation der Handwerker-Lösung.

Die Informationsarchitektur wurde so gestaltet, dass die Terminverwaltung den zentralen Ausgangpunkt für alle weiteren möglichen Interaktionen bildet. In dieser Sicht (*View*) werden Details zu den Terminen, ihre Historie und Kunden verwaltet, und alle existierenden Interaktionen getriggert. So kann ein Nutzer bspw. mit Hilfe der mobilen Anwendung eine Verspätung in seinem Zeitplan kommunizieren, einen Termin als erledigt markieren oder eine Notiz zu dem Termin hinterlegen.

22.4.4 Reflexion und kritische Bewertung

Der Informationsarchitektur kommt eine sehr wichtige und relevante Rolle im gesamten Konzeptions- und Entwicklungsprozess softwaretechnischer Lösungen insbesondere in agilen Projektumgebung zu.

So ist die Informationsarchitektur einer softwaretechnischen Lösung für einen Nutzer nicht augenscheinlich erkennbar und direkt „greifbar“, sie ist jedoch die Basis einer guten Nutzererfahrung (User Experience), da die Informationsarchitektur den grundlegenden strukturellen „Bauzeichnung“ eines digitalen Artefakts auf Basis nutzerzentrierter Anforderungen bildet.

Bei der Ableitung und Erstellung der Informationsarchitektur ist es daher wichtig durch fundierte User Research den Nutzer und seine Anforderungen zu verstehen und diese in allen konzeptionellen Gewerken, die eine Lösung definieren, einfließen zu lassen. Somit sollte eine Informationsarchitektur entlang eines agilen Entwicklungsprozesses sich einer optimalen Lösung, in Einbezug aller an der Entwicklung beteiligten Stakeholder (bspw. Product Owner, Entwicklern) und insbesondere Nutzern, iterativ annähern.

22.5 Literaturverzeichnis

Chapman CN, Love E, Milham RP, ElRif P, Alford JL (2008) Quantitative Evaluation of Personas as Information. Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting 52 (16): S. 1107-1111.

Christensen CM, Hall T, Dillon K, Duncan D (2016) Know Your Customers'"Jobs to Be Done". Harvard Business Review 9: S. 54-62.

Edelman DC, Singer M (2015) Competing on Customer Journeys. Harvard Business Review 93 (11): S. 88-100.

Seyring M (2012) Managing the Fuzzy Front-End of Innovation. In: Dornberger U, Suvelza A (Hrsg.). International SEPT Program, the Leipzig University, Leipzig, Germany.

23 Wireframes und Click-Prototypen als Gestaltungsmethode[137]

D. Tagabergenova

Im Fokus von diesem Kapitel stehen Wireframes und Click-Prototypen. Diese zwei Gestaltungsmethoden ergänzen sich und nehmen eine wichtige Rolle im der Entwicklung von digitalen Produkten ein. Wireframes sind zweidimensionale konzeptionelle Abbildungen des zukünftigen Produkts mit einem hohen Abstraktionsgrad. Sie dienen dazu, um Struktur und Funktionalitäten herauszuarbeiten. Click-Prototypen simulieren dagegen realitätsnahe Nutzererfahrungen, ohne dabei viel Zeit und Ressourcen in die Entwicklung zu investieren. Beide Gestaltungsmethoden helfen dabei schnell einen Prototyp zu erstellen und diesen innerhalb mehrerer Iterationsrunden immer weiter zu optimieren. Anhand einer prototypisch entwickelten Applikation für den Handwerksbetrieb wird sukzessive die Entwicklung und Anwendung von Wireframes und Click-Prototypen in der Praxis veranschaulicht.

The focus of this chapter is on wireframes and click-prototypes. The two design tools complement each other and take an important role within the development of a digital product. Wireframes are two-dimensional conceptual representations of the future product with a high level of abstraction. They are mostly used to identify the structure and functionalities. Click-prototypes instead simulate user experiences close to realistic conditions through mockups without investing lots of time and resources in the development process. Both tools help to quickly prototype within several iteration rounds while continuously improving the product. A practical example within the craft business is used to demonstrate the development and use of wireframes and click prototypes.

[137] Das Forschungsprojekt ExCELL wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert (Förderkennzeichen: 01MD15001F).

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018
M. Wiesche et al. (Hrsg.), *Management digitaler Plattformen*,
Informationsmanagement und digitale Transformation,
https://doi.org/10.1007/978-3-658-21214-8_23

23.1 Einleitung

Neue Technologien im Bereich IoT, Augmented Reality oder Virtual Reality ermöglichen neue Produktkonzepte, welche mehrere Bedürfnisse und Emotionen gleichzeitig ansprechen (Klinker et al. 2017; Rocznik et al. 2017). Dies führt zu einem steigenden Grad an Komplexität in der Entwicklung eines digitalen Produkts (Christoforakos und Diefenbach 2017). Dem kann mit einem schnellen Prototyping entgegengewirkt werden. Wireframes und Click-Prototypen sind zwei Gestaltunsgmethoden, die in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle einnehmen. Hierbei handelt es sich um sich ergänzende Werkzeuge, wobei ersteres einen statischen und letzteres einen dynamischen Charakter trägt. Die zwei Gestaltungsmethoden werden vor allem in der Konzeptionsphase angewandt und dienen dazu, noch vor dem eigentlichen Entwickeln eines Produkts ein erstes Feedback vom Nutzer zu erhalten.

Dieser Beitrag ist in zwei Abschnitte unterteilt. In logischer Konsequenz wird im ersten Abschnitt das Wireframe-Werkzeug vorgestellt, wobei zunächst mit einer Definition und Begriffsabgrenzung eingeleitet wird. Anschließend wird die Methodik vorgestellt und darauf ein Praxisbeispiel aufgebaut. Abschließend wird der Nutzen von Wireframes reflektiert. In gleicher Weise wird anschließend der Click-Prototyp vorgestellt. Ziel ist es dem Leser einen Überblick über die zwei Gestaltungsmethoden zu geben und diese in einen realen Kontext einzubetten.

23.2 Wireframes

23.2.1 Definition und Beschreibung

Der Begriff Wireframe (dt. Drahtgerüst / Drahtmodell), unter anderen auch als „Page Schematics“, „Screen Blueprint“ bezeichnet, steht für einen konzeptionellen Entwurf und dient dazu eine Webseite oder Applikation in einem frühen Stadium des Entwicklungsprozesses abzubilden. Gestaltungselemente wie Layout und Inhalt sowie detaillierte graphische Elemente spielen an dieser Stelle noch keine wesentliche Rolle. Vielmehr stehen die Navigation und die Funktionalitäten der Webseite oder Applikation im Vordergrund. Das Abstrahieren von konkreten graphischen Darstellungen erlaubt es, Zusammenhänge und Nutzerabläufe leichter zu identifizieren und priorisieren, ohne sich in Details zu verlieren, die erst zu einem späteren Zeitpunkt des Gestaltungsprozesses eine Rolle spielen (Caddick und Cable 2011).

Wireframes werden vor allem in der Planungs- und Konzeptionsphase genutzt, um die Informationshierarchie sowie Struktur einer Webseite oder App in Form eines Grundgerüsts abzubilden. Eine der Grundvoraussetzungen für die Erstellung eines Wireframes ist, dass die Anforderungen der Nutzer bzw. des Projektes erarbeitet wurden und Erkenntnisse aus etwaigen vorhergehenden Nutzerstudien (Personas, Customer Journey) in das Ergebnis mit einfließen (siehe Kapitel 21).

Wireframes sind ein wichtiges Hilfsmittel im Entwicklungsprozess eines digitalen Produkts. Sie liefern den Rahmen für die spätere graphische Gestaltung und dienen dazu, weitere Schritte im Design- und Entwicklungsprozess festzulegen. Durch den hohen Abstraktionsgrad und Fokus auf das Wesentliche können Entwicklungskosten reduziert werden, indem schon früh eine Diskussionsgrundlage für das Team geschaffen wird. Eine iterative Überprüfung der Webseite oder Web-Applikation in der Konzeptionsphase erleichtert zudem die Kommunikation zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer und erlaubt es, frühzeitig gemeinsame Ziele und Meilensteine des Projekts abzustecken.

Die Abbildung der Struktur einer Webseite hilft, Nutzerabläufe optimal zu gestalten und Inhalte zu priorisieren. Dabei steht die Anordnung der Elemente einer Webseite und die Interaktion zwischen der Webseite und dem Nutzer im Vordergrund. Ziel ist es einen möglichst benutzerfreundlichen Fluss abzubilden ohne dabei durch Farben und Graphiken von den eigentlichen Funktionalitäten abzulenken.

23.2.2 Methodisches Vorgehen

Ein Wireframe kann mit Hilfe von digitalen Tools wie draw.io, Sketch, Axure oder Invision, aber auch in analoger Form auf Whiteboards, Postits visualisiert werden. Die Wahl des richtigen Werkzeugs hängt stark von den Anforderungen des Projekts und den Präferenzen des Teams ab. Das Grundgerüst eines Wireframes besteht zumeist aus folgenden Elementen: Header, Body, Footer und Links. Dabei werden Box-Elemente als Platzhalter genutzt und das Layout einer Seite darzustellen. Inhalte werden meist durch Blindtexte („Lorem Ipsum“) und Bilder abgebildet bzw. simuliert.

Bei der Erstellung eines Wireframes wird zwischen Low- und High-Fidelity Wireframes unterschieden. Das Hauptunterscheidungsmerkmal ist der Abstraktionsgrad. Während bei Low-Fidelity Wireframes auf Content und Details verzichtet wird und einzelne Elemente in schwarz-weiß gehalten sind, weist ein High-Fidelity Wireframe bereits eine höhere Detailgenauigkeit auf (Berenbrink et al. 2013). Hier sind Logos, Menüleisten und Proportionen schon viel weiter ausgearbeitet und es wird an dieser Stelle bereits mit unterschiedlichen Graustufen gearbeitet, wodurch das graphische Design zu großen Teilen schon offenbart wird.

Low-Fidelity Wireframes werden meist zu Beginn eines Projekts benutzt, da sie sehr schnell in Form einer Skizze oder auf dem Whiteboard erstellt werden können und ein gutes Werkzeug sind, um die Kommunikation und den Ideenaustausch innerhalb des Teams zu fördern. In der Praxis zeigt sich zudem, dass ein besseres Feedback vom Kunden gerade mit Low-Fidelity Frameworks erzielt wird, da den Teilnehmern des Projekts bewusst ist, dass es sich hierbei um erste Entwürfe handelt.

High-Fidelity Wireframes werden meist erst nach etlichen Iterationsrunden gegen Ende der Konzeptionsphase und vor dem eigentlichen Prototyping entwickelt, da sie schon einen hohen

Grad an Details aufweisen. Der graphischen Gestaltung wird eine größere Bedeutung zugeordnet, ohne dabei die Funktionalitäten der Webseite und Applikation aus den Augen zu verlieren. Ein Vorteil von High-Fidelity Wireframes ist, dass sie dem Team und dem Kunden eine klare Vorstellung von dem erwarteten Ergebnis geben. Der Nachteil ist, dass die Erstellung solcher Wireframes deutlich mehr Zeit in Anspruch nimmt und damit auch mit höheren Kosten verbunden ist. Zudem bringt ein hoher Grad an Details eine zusätzliche Komplexitätsebene ein, welche es oftmals gerade Kunden nicht erlaubt sich auf die wesentlichen Funktionsaspekte zu fokussieren.

23.2.3 Praxisbeispiel

Das folgende Praxisbeispiel veranschaulicht die Anwendung von Wireframes in der agilen Softwareentwicklung am Beispiel einer Prototyp-Applikation für den Handwerksbetrieb.

Die Applikation wurde im Rahmen des vom BMWi geförderten Smart-Data-Projektes „Echtzeitanalyse und Crowdsourcing für eine selbstorganisierte City-Logistik“ (ExCELL) entwickelt und dient als ein Anwendungsbeispiel der Plattform, die integrierte Mobilitätsdienstleistungen für KMU ermöglicht. Die Plattform integriert dabei vorhandene Daten zu Straßenverkehr und ÖPNV mit Crowdsourcing-Daten, um Echtzeit-Informationen für intelligente Mobilitätsdienste bereitzustellen. Zum Projektumfang gehört die Umsetzung mehrerer konkreter Applikationen auf der Plattform, die die innerstädtischen Logistikprozesse von KMU optimieren. In insgesamt drei Iterationen werden die Projektergebnisse dabei über den Zeitverlauf immer weiter verfeinert und verbessert.

Die Prototyp-Applikation für den mittelständischen Handwerksbetrieb unterstützt Handwerker, die Dienstleistungen vor Ort erbringen, bei der Koordination von Touren und Terminen sowie bei der Planung von Routen, indem die aktuelle Verkehrslage in Echtzeit berücksichtigt wird. Die einzelnen Funktionalitäten der App wie z. B. die Erstellung von Terminen oder die Auflistung der aktuellen Verfügbarkeiten von Mitarbeitern wurden in der Konzeptionsphase festgelegt. Wireframes waren in dieser Phase ein zentrales Werkzeug und dienten dazu die Grundstruktur der Applikation abzubilden. Ziel war es die einzelnen Anforderungen und Funktionalitäten der App sowie deren Navigation festzulegen. Mithilfe der Wireframes konnten zudem die Erwartungen der einzelnen Beteiligten im Team, welches unter anderem aus wissenschaftlichen Hochschulmitarbeitern bestand, die kaum Erfahrung mit der Entwicklung von Apps hatten, diskutiert und koordiniert werden.

Die Wireframes wurden mit Sketch entworfen. Die Designer haben sich für High-Fidelity Wireframes mit einem geringen Abstraktionsgrad entschieden, um ein möglichst reales Nutzererlebnis abzubilden. Zudem war dem Team an dieser Stelle bereits bekannt, dass die Wireframes später zu Click-Prototypen weiterentwickelt werden würden. Die hohe Detailtiefe und das ausgearbeitete graphische Design der Wireframes erlaubten es ein aussagekräftiges Feedback von den Beteiligten einzuholen. So konnte beispielsweise ein gutes Verständnis dafür geschaffen werden, wie Termine in der App abgebildet werden, wann Termine als abgeschlossen gelten

und wie Verspätungen und Verkehrsstaus innerhalb der Applikation kommuniziert werden. Die hohe Detailtiefe lenkte jedoch auch von wesentlichen funktionalen Aspekten der Applikation ab. So stuften die Befragten die Applikation als zu farblos und grau ein, ohne dem bewusst zu sein, dass die Grautöne lediglich eine erste Indikation für die spätere reale Farbskala waren. In elf Iterationsrunden wurde Feedback von den Beteiligten eingesammelt und die Funktionalitäten und Navigation mit Hilfe der Wireframes weiter optimiert. An dieser Stelle wurde auch überprüft, ob die vorher erarbeitete Informationsarchitektur und die User Journeys in der Applikation alle so abgebildet werden konnten wie ursprünglich erarbeitet (siehe Kapitel 21).

In Abbildung 23-1 wird beispielhaft ein Teil der User Journey abgebildet, in welcher der Handwerker wissen möchte, wann sein nächster Termin ist und wie er dort am besten hinkommt. Im ersten Wireframe ist zu erkennen, dass der nächste Termin bei MeinDentist ist. Der Handwerker möchte nun erfahren wie er am besten in die Kollwitzer Str. 48 kommt. Er gelangt zum zweiten Wireframe, wo er eine Kartenansicht mit den aktuellen Routeninformationen und Verkehrslage erhält. Der Handwerker folgt der Wegbeschreibung und kommt pünktlich beim Termin an. Alles läuft nach Plan. Nachdem der Termin erfolgreich abgeschlossen wurde, kann dieser vom Handwerker als “Erfolgreich abgeschlossen” markiert werden. Siehe hierzu Wireframe 3.

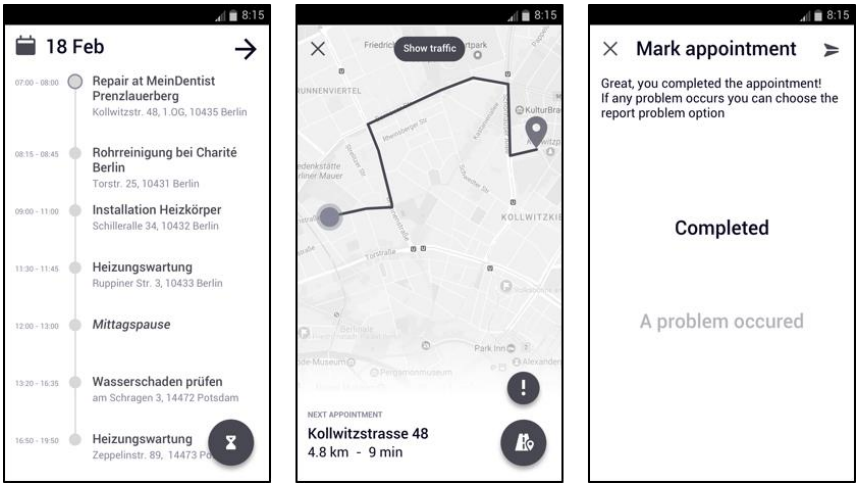


Abbildung 23-1. Wireframes für Terminübersicht in Handwerker-App.

In Abbildung 23-2 wird ein Alternativ-Szenario abgebildet. Der Handwerker folgt seinem Zeitplan und fährt zu MeinDentist (siehe Wireframe 1). Vor Ort gibt es aber eine ungeplante Verspätung. Da der Termin bei MeinDentist länger dauert als geplant, möchte der Handwerker dies in seiner App hinterlegen und damit seinen Zeitplan aktualisieren. Der zweite Wireframe zeigt, wie Verspätungen im Zeitplan eingetragen werden können. Der Handwerker wählt in

dieser User Story eine Verspätung von 15min aus. Das dritte Wireframe zeigt wieder den Zeitplan inklusive der 15min Verspätung an, welche Folgewirkung auf den anschließenden Termin bei der Berliner Charité haben.

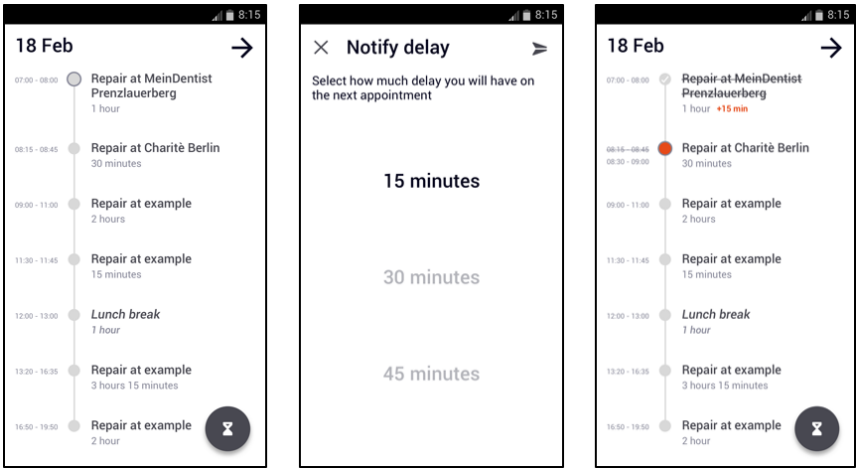


Abbildung 23-2.Wireframes für Terminübersicht mit Verspätung in Handwerker-App.

Die zwei oben beschriebenen Szenarien zeigen, wie High-Fidelity Wireframes es ermöglichen ganze Szenarien abzubilden, ohne dabei die einzelnen Benutzeroberflächen durch Klickpfade verknüpft zu haben. In diesem Praxisbeispiel spielt es für die Designer noch keine so große Rolle, wie der Handwerker von Wireframe 1 zu Wireframe 2 und Wireframe 3 gelangen kann. Dies wurde im nachfolgenden Schritt ergänzt, nachdem klar war welche User Stories und damit auch Funktionalitäten in der Applikation abgebildet werden sollen.

23.2.4 Reflexion

Ein Wireframe hilft dem Team über den gesamten Entwicklungsprozess der Webseite und Applikation hinweg den Blick auf die wesentlichen Funktionalitäten zu behalten und Inhalte richtig zu priorisieren. Ziel ist es, dem Nutzer die Aufnahme von Informationen und die Navigation der Webseite zu erleichtern, indem eine klare Struktur mit einem klar ersichtlichen Menü und Navigationselementen definiert wurde. Der Einsatz von Wireframes im Entwicklungsprozess erlaubt es bereits in einem frühen Stadium Nutzungserlebnis zu simulieren und damit erste Feedback-Gespräche mit Nutzern zu führen. Dies kann aber auch von Nachteil sein, da, wie im Praxisbeispiel auch ersichtlich, gerade durch High-Fidelity Wireframes falsche Erwartungen in Bezug auf Optik und Funktionalität von Seiten des Kunden aufgebaut werden können, welche später die Kundenzufriedenheit schmälern. Zudem kann bei einem hohen Grad an Details die Aufmerksamkeit auf unwichtige Dinge gelenkt werden, was zu Zeitverlust und Ablenkung vom Wesentlichen führt.

23.3 Click-Prototypen

23.3.1 Definition und Beschreibung

Die Entwicklung einer Webseite oder Applikation durchläuft von der Ideenfindung bis hin zu der Produktentwicklung und Implementierung verschiedene Phasen. Die Konzeptionsphase ist geprägt von der Ausarbeitung eines Wireframe, welcher anschließend zu einem Click-Prototyp ausgebaut wird. Nachdem im vorhergehenden Abschnitt die Definition und Methodik von Wireframes genauer erläutert wurde, geht es in diesem Abschnitt um die Begriffsabgrenzung von Click-Prototypen und dessen Anwendung in der Praxis.

Click-Prototypen, auch interaktive Prototypen genannt, stellen graphische miteinander verknüpfte Benutzeroberflächen dar und dienen vor allem dazu, in einer frühen Phase die Webseite oder Applikation auf ihr Nutzererlebnis zu testen. Dabei stehen die Navigation, das Konzeptverständnis und der Interaktionsfluss von Nutzern im Vordergrund. Die Ausarbeitung eines Prototyps ist ein essentieller Schritt in der Entwicklung einer Webseite oder Applikation. Es hilft dabei die anfängliche Idee und das daraus resultierende Konzept in einer frühen Entwicklungsphase zu validieren. Mit Hilfe eines Click-Prototyps können erste Feldtests durchgeführt und wertvolles Feedback von zukünftigen Nutzern eingeholt werden (Bekavac et al. 2011). Click-Prototypen erlauben es zudem zu prüfen, ob der Nutzer mit der Webseite so interagiert, wie es ursprünglich in den User-Stories erarbeitet und vorgesehen wurde. Zudem erhalten Nutzer und Auftraggeber einen ersten Eindruck von dem Design und der User Experience einer Webseite und Applikation.

Die frühzeitige Abbildung des zukünftigen Nutzererlebnisses mit Hilfe von graphischen Elementen, ersten Funktionalitäten und einer vordefinierten Navigation erlaubt es das Risiko einer Fehlentwicklung deutlich zu senken. Dabei können Fehler im Konzept, in der Struktur der Webseite oder Applikation innerhalb des Teams oder auch vom Auftraggeber schnell identifiziert werden. Abhängig ob es sich um einen High- oder Low-Fidelity Prototypen handelt, kann an dieser Stelle auch die graphische Darstellung an Kundenwünsche adjustiert werden. All dies führt zu einer Senkung von Kosten und einem effizienten Entwicklungsprozess.

23.3.2 Methodisches Vorgehen

Click-Prototypen müssen nicht gleich mit HTML oder CSS programmiert werden. In der Praxis reicht es schon aus, wenn ein Nutzer sich von einer Benutzeroberfläche zur nächsten durchklicken kann. Obwohl es durchaus möglich wäre einen Click-Prototypen auf Papier zu erstellen, ist es weitaus üblicher hierfür eine Software wie Sketch, Axure RP, Invision oder Adobe Fireworks zu nutzen. Die Auswahl des Visualisierungs-Werkzeugs bleibt dem Designer überlassen, wichtig ist es die Nutzererfahrung so schnell wie möglich an den Nutzer zu bringen.

Schnelligkeit und Flexibilität sind ein wichtiges Kriterium bei der Auswahl des Werkzeugs, da ein Nutzer-Feedback zur Funktionalität, Nutzererfahrung, Konzeptverständnis und Interaktionsfluss wertvolle Informationen für den weiteren Entwicklungsprozess liefert. Der

Designer muss daher abwägen, wie detailliert das Design des Click-Prototypen ausgearbeitet sein soll. Ähnlich wie bei Wireframes simulieren High-Fidelity Click-Protoypen mit einer detaillierten graphischen Ausarbeitung ein sehr realistisches Nutzererlebnis, während Low-Fidelity Click-Protoypen den Fokus auf Funktionalität und Nutzerfluss setzen. Low-Fidelity Click-Prototypen haben den Vorteil, dass sie schnell entworfen werden können und damit an Entwicklungskosten und Zeit einsparen. High-Fidelity Click-Prototypen haben eine hohe Detailtiefe und erlauben es den Design-Aspekt in den Feldtest mit einfließen zu lassen. Dies birgt aber auch Nachteile. In der Praxis passiert es häufig, dass das Augenmerk bei High-Fidelty Click-Prototypen zu sehr auf dem graphischen Design liegt. Die Verknüpfung zwischen den einzelnen Seiten und damit auch die Analyse der Nutzerabläufe und Nutzererfahrung wird dadurch vernachlässigt. Zudem können falsche Erwartungen beim Auftraggeber erweckt werden, indem der Fokus auf das Wesentliche verloren geht.

23.3.3 Praxisbeispiel

Im Folgenden wird an einem praktischen Beispiel gezeigt, wie Click-Prototypen im realen Kontext angewandt und entwickelt werden. Da Wireframes und Click-Prototypen zwei sich ergänzende Gestaltungsmethoden darstellen, ist es sinnvoll auf dem Praxisbeispiel aus Abschnitt 2.3, der Handwerker-Applikation, aufzubauen. Zu Beginn der Konzeptionsphase lag der Fokus auf der Entwicklung von Wireframes, um die statische Grundstruktur der Applikation und ihre Funktionalitäten abzubilden. Darauf aufbauend wurden dann die Click-Prototypen gebaut, mit dem Ziel die Nutzererfahrung und Navigation der Applikation zu testen.

Der Abstraktionsgrad und damit die Detailgenauigkeit von Click-Prototypen kann in der Praxis beliebig variieren. Wichtig ist es die Zielsetzung für das Prototyping nicht aus den Augen zu verlieren. So muss zu Beginn klar sein, ob der Prototyp innerhalb des Teams beispielsweise als Diskussionsgrundlage für die weitere Entwicklung dient oder ob damit Feldtests durchgeführt und damit auch reales Feedback von zukünftigen Nutzern eingesammelt wird. Bei der Entwicklung der Handwerker-Applikation war den Designern bereits bei der Erstellung der Wireframes bekannt gewesen, dass diese weiter zu Click-Prototypen weiterentwickelt werden, welche dann wiederum für Feldtest eingesetzt werden würden. Die Anforderung einer hohen Detailtiefe war daher schon recht früh im Projekt bekannt gewesen. Die Click-Prototypen wurden mit der Invision App gebaut und basieren auf den im Abschnitt 23.3 vorgestellten High-Fidelity Wireframes. Der Feldtest wurde auf einem Android-basierten mobilen Endgerät durchgeführt und durchlief mehrere Iterationsrunden.

In Abbildung 23-3 wird ein Ausschnitt des Click-Prototypen angezeigt. Dieser simuliert einen Heizungswartungstermin bei der Firma MeinDentist und zeigt dem Handwerker im Außendienst auf seinem mobilen Endgerät neben der Route (inklusive aktueller Verkehrslage) weitere Details des Termins wie Adresse, Uhrzeit und andere terminspezifische Einträge an.

Abbildung 23-3. Click-Prototypen für Terminübersicht in Handwerker-App.

Der Handwerker hat nun die Möglichkeit auf die Karte zu klicken, um weitere Informationen zur Route zu erhalten. So wird in Abbildung 23-4 neben der Route auf der Karte auch die Zeit und Entfernung in km angezeigt.

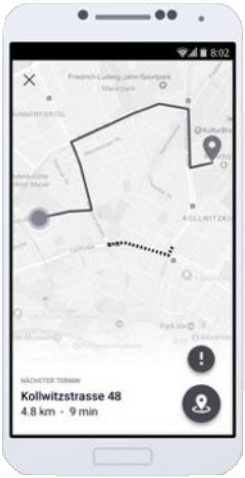


Abbildung 23-4. Click-Prototypen für Routenübersicht in Handwerker-App.

Der Handwerker kann zum Hauptmenü zurückkehren indem er auf das kleine Kreuz oben links klickt. Abbildung 23-5 zeigt, dass im Hauptmenü der Termineintrag vom Handwerker bearbeitet werden kann.

Abbildung 23-5. Click-Prototypen für Terminübersicht mit Bearbeitungsansicht in Handwerker-App.

Hier kann auch eine Verspätung eingetragen werden bzw. der Termin als erledigt markiert werden (siehe Abbildung 23-6).

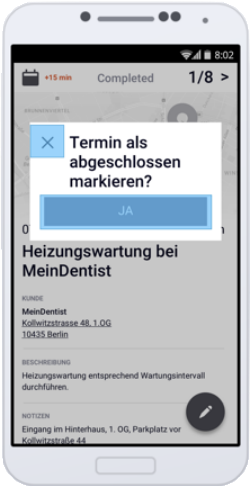


Abbildung 23-6. Click-Prototypen für abgeschlossene Termine in Handwerker-App.

Wie aus dem Praxisbeispiel ersichtlich wird, simulieren Click-Prototypen durch ihren interaktiven Charakter ein realitätsgetreues Nutzererlebnis und werden für Feldtest eingesetzt, um wertvolles Feedback von Nutzern zu erhalten.

Feldtest mit Click-Prototypen gehören zu den besten Optionen, um auf einfache und schnelle Weise die Usability, das Konzeptverständnis und das Geschäftsmodell einer Applikation zu testen. Die Ergebnisse des Feldtests geben Aufschluss über den Inhalt, die Hierarchie, die Nutzererfahrung und den Interaktionsfluss der Applikation und erlauben es Anpassungen und Veränderungen in der Struktur, Funktionalität und Navigation zu treffen, ohne dass es zu diesem Zeitpunkt eines Programmcodes bedarf.

Um gute Ergebnisse im Feldtest zu erreichen, erfordert dies dennoch einen erheblichen Aufwand an Ressourcen und Zeit. Ein guter Click-Prototyp beinhaltet alle wesentlichen graphischen Elemente, ohne dabei zu viel Zeit in anspruchsvolle Graphiken und Animation zu investieren. Er steuert Nutzerflüsse gezielt, um Komplikation in den Abläufen zu minimieren. Die größte Herausforderung bei der Erstellung eines Click-Prototypen besteht darin, den Nutzer durch ein Anwendungsszenario zu führen, in welchem dieser mit Aufgaben konfrontiert wird, welche alle notwendigen Funktionalitäten der Applikation abdecken. Da der Nutzer im Rahmen der Feldtest gezielt durch die verschiedenen Szenarien geführt wird, spielen Navigations-Elemente und Call-To-Action Buttons eine essentielle Rolle bei der Erstellung von Click-Prototypen. Ziel ist es im Rahmen der Feldtests mit Hilfe der Click-Prototypen möglichst viele Erkenntnisse zu sammeln, welche dann auf ähnliche Verhaltensmuster analysiert, priorisiert und gegebenenfalls zu Sprints zusammengefasst werden können.

23.3.4 Reflexion

Ein Click-Prototyp hilft vor allem zu prüfen, ob die identifizierten Bedürfnisse von Nutzern mit Hilfe der gebauten Applikation bedient und befriedigt werden können. Im Vordergrund steht dabei die Interaktion des Nutzers mit der App sowie die User Experience. Click-Prototypen dienen aber nicht nur dazu, um zu überprüfen ob alle Funktionalitäten in die Applikation integriert wurden, sondern erlauben auch einen Dialog mit dem Nutzer. Dies kann Aufschluss darüber geben, ob bestimmte Funktionalitäten überflüssig sind bzw. noch ergänzt werden müssen. Da Click-Prototypen um ein vielfaches schneller gebaut werden können, als eine echte Applikation, welche mit einem Code hinterlegt ist, macht es in der Praxis zudem Sinn, mehrere Varianten eines Click-Prototypen zu erstellen und sich nach dem Feldtest für die Lösung mit dem besten Feedback zu entscheiden.

In der Praxis zeigt sich zudem, dass neue technische Entwicklungen bei den Programmiersprachen die Entwickler immer wieder vor neue Herausforderungen stellen. Die Rolle des Designers ist es die Komplexität in Abläufen zu reduzieren, indem mit Hilfe von Wireframes und Click-Prototypen Probleme von Funktionalitäten und bei der Navigation noch vor der Implementierung erkannt und gelöst werden. Dieser ergebnisorientierte Ansatz hilft dabei, ein qualitativ hochwertiges Ergebnis zu erzielen und dabei an Kosten und Zeit einzusparen, ohne den Workflow innerhalb des Teams zu stark zu beeinträchtigen.

23.4 Literaturverzeichnis

Bekavac B, Schneider R, Schweibenz W (2011) Benutzerorientierte Bibliotheken im Web: Usability-Methoden, Umsetzung und Trends, vol 45. Walter de Gruyter.

Berenbrink V, Purucker J, Bahlinger T (2013) Die Bedeutung von Wireframes in der agilen Softwareentwicklung. HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik 50 (2): S. 28.

Caddick R, Cable S (2011) Communicating the user experience: A practical guide for creating useful UX documentation. John Wiley & Sons.

Christoforakos L, Diefenbach S (2017) Erfolgreiches Prototyping im Ideenstadium der Produktentwicklung. Mensch und Computer 2017-Usability Professionals: S. 329.

Klinker K, Fries V, Wiesche M, Krcmar H (2017) CatCare: Designing a serious game to foster hand hygiene compliance in health care facilities, 12th International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology, Karlsruhe, Deutschland.

Rocznik D, Goffart K, Wiesche M, Krcmar H (2017) Towards Identifying User-Centered Requirements for Smart In-House Mobility Services. KI-Künstliche Intelligenz (3).

Teil F: Applikationsökosystem auf der Mobilitätsplattform

24 Ideengenerierung durch Accelerator und Entwicklerportale[138]

M. Schreieck, C. Pflügler, M. Wiesche, H. Krcmar

Auf Mobilitätsplattformen sollen innovative Mobilitätsdienste entstehen. Diese werden nicht nur vom Plattformbetreiber selbst, sondern auch von dritten Parteien entwickelt. Diese Offenheit fördert Innovation auf der Plattform. In diesem Kapitel beschreiben wir zunächst, wie im Projekt ExCELL mit verschiedenen Methoden Ideen für die ExCELL Plattform generiert wurden. Weiterhin beschreiben wir, nach welchen Kriterien die Ideen bewertet wurden und welche am Ende im Projekt prototypisch umgesetzt wurden. Das Kapitel dient damit als Inspiration wie bereits in einer frühen Phase einer Plattform Ideen für Anwendungen und Dienste generiert werden können. Abschließend zeigen wir, wie Entwicklerportale zur Verstetigung von Mobilitätsplattformen beitragen, indem sie einen Rahmen für kontinuierliche Ideengenerierung bieten.

Innovative mobility services should be built on Mobility platforms. Those will not only be developed by the platform host itself, but also from third party providers. By doing so, innovation will be encouraged on the platform. This chapter will be about how ideas for ExCELL platforms were generated using different methods within the ExCELL project. Furthermore, we describe which criteria was used for evaluating the ideas and based on that, which one was implemented as a prototype in the end. This chapter should be seen as an inspiration how a platform, which is in an early stage of development, can be used for generating ideas for applications and services. In the end, we will show how developer portals contribute continuity to mobility platforms by providing a framework for continuous idea generation.

[138] Das Forschungsprojekt ExCELL wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert (Förderkennzeichen: 01MD15001D).

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018
M. Wiesche et al. (Hrsg.), *Management digitaler Plattformen*,
Informationsmanagement und digitale Transformation,
https://doi.org/10.1007/978-3-658-21214-8_24

24.1 Einleitung

Ziel von Mobilitätsplattformen im Allgemeinen und der ExCELL Plattform im Speziellen ist es, dass innovative Mobilitätsdienste auf der Plattform entstehen (Pflügler et al. 2016; Schreieck et al. 2018b; Schreieck et al. 2016b). Diese können dabei nicht nur vom Plattformbetreiber selbst zur Verfügung gestellt werden, sondern sollen auch von Drittanbietern entwickelt werden. Durch das Einbeziehen von Drittanbietern können nicht nur mehr Ideen für innovative Mobilitätsdienste generiert werden, es kann gleichzeitig auch eine größere Breite an Ideen erzielt werden(Schreieck et al. 2018a; Schreieck et al. 2017d). So sind beispielsweise Android und iOS als Plattformen für Applikation auf Smartphones erfolgreich geworden. Ohne externe Applikationsentwickler wäre ein derartiger Erfolg nicht möglich gewesen (Manner 2014; Hein et al. 2016).

Um die Entwicklung innovativer Lösungen auf Plattformen zu fördern, ist es wichtig, den richtigen Rahmen für die Generierung von Ideen zu schaffen. Drittentwickler müssen nicht nur mit den technologischen Rahmenbedingungen vertraut gemacht werden, ihnen muss auch der Raum gegeben werden, ihre Ideen einzubringen, auszuprobieren und weiterzuentwickeln. Dazu eignen sich Formate wie Hackathons und Entwicklerkonferenzen, die von den etablierten Betreibern erfolgreich eingesetzt werden, wie beispielsweise die „Apple World Wide Developer Conference“ (Foerderer 2017). Aber auch junge Plattformökosysteme sind auf solche Veranstaltungen angewiesen, um frühes Feedback von Kunden und Partnern zu erhalten. So öffnete beispielsweise die Deutsche Bank im Oktober 2016 ihr „Open API Ecosystem“ mit einem Hackathon.

Im Projekt ExCELL wurden frühzeitig zwei Ansätze getestet und evaluiert, die zur Generierung von Ideen für innovative Mobilitätsdienste verfolgt wurden. Zum einen haben die Konsortialpartner selbst im Rahmen von Ideenworkshops zahlreiche innovative Konzepte gesammelt. Diese Ideen flossen dann teilweise in die Entwicklung von mobilen Applikationen ein, teilweise wurden sie prototypisch umgesetzt. Zum anderen wurden im Rahmen von „Accelerator-Veranstaltungen“ Innovationsprojekte mit externen Teilnehmern durchgeführt. Dabei entwickelten die Teilnehmer zahlreiche Ideen für Mobilitätsdienste, die vielversprechendsten wurden dann prototypisch umgesetzt. Durch die Implementierung eines Entwicklerportals wird die Ideengenerierung mit Externen verstetigt (Schreieck und Wiesche 2017).

In diesem Kapitel soll zunächst die Generierung von Ideen auf der ExCELL Plattform durch das Konsortium und externe Beteiligte beschrieben werden. Im zweiten Schritt wird dann die Bewertung der Ideen beschrieben. Durch eine systematische und frühzeitige Bewertung der Ideen kann sichergestellt werden, dass die verfügbaren Ressourcen möglichst effizient für die Entwicklung innovativer Mobilitätsdienste eingesetzt werden. Damit soll das Kapitel auch für andere Projekte eine Hilfestellung sein, in denen auf digitalen Plattformen Innovation erzeugt werden soll.

24.2 Ideengenerierung

Im Rahmen des Forschungsprojektes ExCELL wurden einerseits mehrere Workshops durchgeführt, bei denen basierend auf den Ergebnissen aus Interviews mit potenziellen Nutzern und den daraus entwickelten Personas (vgl. Nielsen und Storgaard Hansen 2014) Anwendungsideen generiert wurden. Dabei wurden im Sinne eines datengetriebenen (*data-driven*) Vorgehens die auf der ExCELL Plattform verfügbaren Daten als Kontext für die Ideengenerierung herangezogen (Zolnowski et al. 2017). In diesem Rahmen wurde das im ExCELL Projekt entwickelte Data Canvas genutzt (Mathis und Köbler 2015). Die Workshops wurden im Projektkonsortium durchgeführt und waren Grundlage für die darauffolgende Entwicklung von prototypischen Applikationen, die für die ExCELL Plattform entworfen wurden.

Andererseits wurden mehrere Accelerator-Veranstaltungen durchgeführt, im Rahmen derer externe Beteiligte Ideen generieren und ausgewählte Ideen prototypisch umsetzen konnten. Auch bei diesen Accelerator-Veranstaltungen wurden die auf der ExCELL Plattform verfügbaren Daten als Grundlage genutzt. Durch kurze Hackathons zu Beginn der Veranstaltungen wurden die Daten von den Teilnehmern analysiert. Dadurch entwickelten die Teilnehmer ein Verständnis dafür, wie die Daten für die eigenen Ideen genutzt werden können und für welche Daten externe Quellen genutzt werden müssen.

24.2.1 Ideengenerierung in Projektworkshops

Die Projektworkshops kombinierten Präsenztermine mit digitaler Kollaboration zur Weiterentwicklung der Ideen. Bei den Präsenzterminen wurden insbesondere Kreativitätsmethoden wie Brainwriting (Heslin 2009), Brainstorming (Rawlinson 2017) und Gruppendiskussionen eingesetzt. Über digitale Kollaboration wurden die initialen Ideen dann iterativ von den verschiedenen Partnern kommentiert und weiterentwickelt. Dabei entstanden vier Ideen, die am Ende als am vielversprechendsten identifiziert wurden: ein Termin- und Routenplaner für Handwerker, ein Einsatzplaner für Pflegedienste, eine Plattform für Transportdienste und eine Verkehrsinformations-App für Pendler. Diese Ideen werden in den folgenden Abschnitten beschrieben.

24.2.1.1 Termin- und Routenplaner für Handwerker

Dieser Idee liegen die in Handwerksbetrieben erfassten Daten zugrunde. Interviews mit Handwerkern ergaben, dass Terminplanung in Handwerksbetrieben meist zentral im Büro erfolgt (Fries et al. 2016). Dabei müssen Termine kurzfristig erstellt werden. Es wird in der Regel keine oder nur geringe Rücksicht auf die Entfernungen zwischen den verschiedenen Orten der Leistungserbringung genommen.

Darauf aufbauend umfasst die Applikationsidee eine dynamische Planung von Terminen und den zugehörigen Routen auf Basis der aktuellen Termine und der Verkehrslage. Dies beinhaltet eine Visualisierung, die anzeigt, wo sich der betreffende Handwerker gerade befinden. Dies ist für die Bürokraft hilfreich, um eventuelle Verspätungen zu bemerken. Der Standort des

Handwerkers kann aber auch mit Kunden geteilt werden, um die Ankunftszeit des Handwerkers verlässlich kommunizieren zu können.

Die Zielgruppe der Applikationsidee sind Handwerker. Viele Handwerksbetriebe erbringen ihre Leistung beim Kunden und müssen deshalb die Anfahrt zu den Terminen einplanen. Nur wenige Handwerksbetriebe wie Friseurbetriebe erbringen die Leistung größtenteils in ihren eigenen Räumlichkeiten. Laut IHK gibt es im Kammerbezirk Dresden beispielsweise 4.590 Betriebe aus dem Baugewerbe, 3.550 Betriebe aus dem Grundstücks- und Wohnungswesen und 5.960 Betriebe zur Gebäudebetreuung (IHK Dresden 2016). Nahezu alle diese Betriebe erbringen die Leistung beim Kunden. Besonders relevant für diese Idee sind Betriebe, die pro Tag mehrere Termine wahrnehmen. So ist die Planung von Terminen und Routen für Handwerker wichtiger, die zum Beispiel über den Tag verteilt Heizungen bei Kunden warten als für Betriebe die über Wochen auf der gleichen Großbaustelle beschäftigt sind.

Ähnliche Lösungen umfassen die Software TopZeiterfassung (bluesolution 2016), X-Route (x-route 2016) und Driverslog Pro (probasys Software GmbH 2016). Diese Lösungen beinhalten zwar entweder Zeiterfassung oder Routenplanung, bringen aber nicht beides zusammen. Außerdem fehlt bei der Routenplanung die Berücksichtigung der Verkehrslage. Da die aktuelle und prognostizierte Verkehrslage im Projekt ExCELL für den Großraum Dresden vorliegen, ist es möglich, mit dieser Anwendungsidee über bestehende Lösungen hinauszugehen.

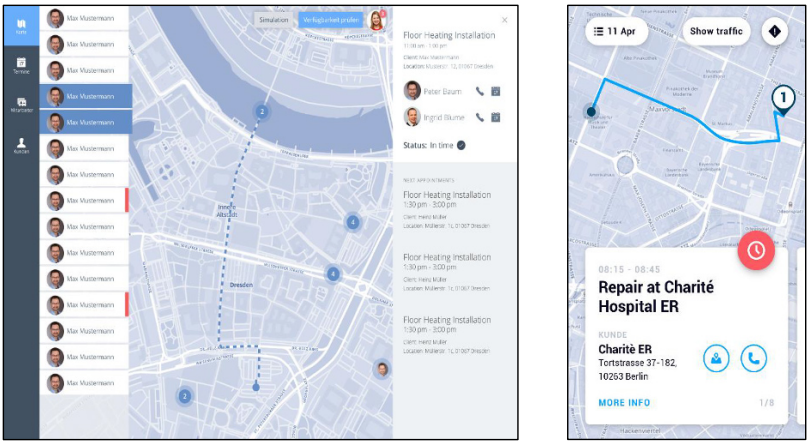


Abbildung 24-1. Screenshots des Prototyps des Termin- und Routenplaners für Handwerksbetriebe (links: Webanwendung, rechts: mobile Anwendung).

24.2.1.2 Einsatzplaner für Pflegedienste

Basierend auf der Idee eines Termin- und Routenplaners für Handwerksbetriebe entstand die Idee eines Einsatzplaners für Pflegedienste. Die Ausgangssituation von Pflegediensten ähnelt der von Handwerksbetrieben: Die Leistung wird über den Tag verteilt bei verschiedenen

Kunden erbracht, die Anfahrt erfolgt dabei meist mit dem Auto. Jedoch gibt es einen grundlegenden Unterschied zwischen den beiden Anwendungsfällen: Während Handwerker ihre Termine oft kurzfristig aufgrund von Kundenanfragen bekommen, können Pflegedienste ihre Termine länger im Voraus planen. Pflegedienste können damit einen Schichtplan erstellen, der zum Beispiel für eine Woche im Voraus den Einsatz der Pflegekräfte festlegt. Es kommt natürlich auch bei Pflegekräften zu kurzfristigen Planungsänderungen, grundsätzlich wird aber mit einem festen Plan gearbeitet.

Damit ist der Termin- und Routenplaner für Handwerksbetriebe nur bedingt auf Pflegedienste übertragbar. Es muss zunächst ein zentrales Modul ergänzt werden – der Einsatzplaner, der den optimalen Einsatzplan für die Pflegekräfte zum Beispiel für die kommende Woche erstellt. Dabei kann wiederum die prognostizierte Verkehrslage berücksichtigt werden.

Bestehende Lösungen sind Easypep (Easypep 2015), Humanity (Humanity 2017) und Snap Schedule (Snap Schedule 2017). Ähnlich wie beim Termin und Routenplaner für Handwerker berücksichtigen hier alle Lösungen nur die Zeiterfassung und konzentrieren sich vor allem auf die Schichtplanung. Bei keiner Lösung wird die Routenplanung und die prognostizierte Verkehrslage mit einbezogen bzw. werden Zeiterfassung und Routenplanung nicht zusammengebracht.

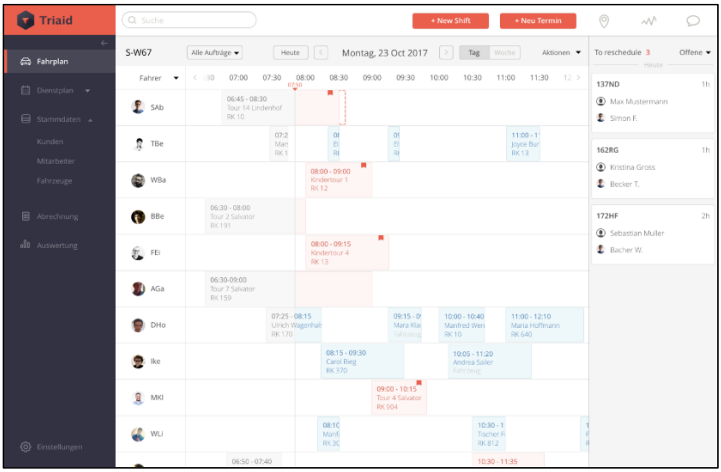


Abbildung 24-2. Screenshots des Prototyps des Einsatzplaners für Pflegedienste.

24.2.1.3 Plattform für Transportdienste

In Städten werden zahlreiche Güter zugestellt, aber auch zahlreiche Leerfahrten vorgenommen. Professionelle Transportdienstleister wie Fahrradkuriere aber auch die Crowd kann Lieferungen durchführen. Fahrradkuriere, die im Rahmen der Anforderungserhebung des ExCELL Projektes befragt wurden, zeigten Interesse an einer solchen Plattform. Die Applikationsidee

umfasst das Zusammenbringen von Transportgesuchen und Transportdienstleistung sowie unterstützende Funktionen wie Routenplanung für Transportdienstleister oder das Angebot einer Versicherung für die transportierte Ware.

Die Zielgruppe besteht einerseits aus professionellen Transportdienstleistern, aber auch aus anderen kleinen und mittleren Unternehmen, die Fahrten innerhalb von Städten durchführen. Laut IHK gibt es im Kammerbezirk Dresden 3.227 Betriebe aus dem Wirtschaftszweig Verkehr und Lagerei (IHK Dresden 2014). Diese Betriebe könnten Lieferdienste übernehmen und dabei durch die Crowd unterstützt werden. Denkbar ist dabei auch, dass Betriebe außerhalb der Logistik Zustellungen übernehmen. In Interviews zeigten sich zum Beispiel die Inhaber von Blumenläden grundsätzlich daran interessiert für eine entsprechende Vergütung auch anderen Güter zuzustellen. Auch Pflegedienste und Reinigungsdienstleister zeigten hier Interesse, da beide Gruppen bereits jetzt auf Anfrage auch Besorgungsgänge für Medikamente oder Post übernehmen.

Ähnliche Lösungen umfassen die Software Deliv (Deliv 2016) und Checkrobin (Checkrobin 2016). Checkrobin ist allerdings nur eine Suchmaschine für schon bekannte Logistik Unternehmen, die den günstigsten Preis für eine Zustellung findet. Die Lösung von Deliv fokussiert sich auf Zustellungen am selben Tag und arbeitet mit eigenen ausgewählten Partner als Kuriere. Keine der beiden Lösungen umfasst die Zusammenarbeit mit lokalen kleinen und mittleren Logistik Betrieben. Auch Unternehmen außerhalb der Logistik Zustellung, die aber als Zusteller fungieren können, werden nicht in Betracht gezogen.

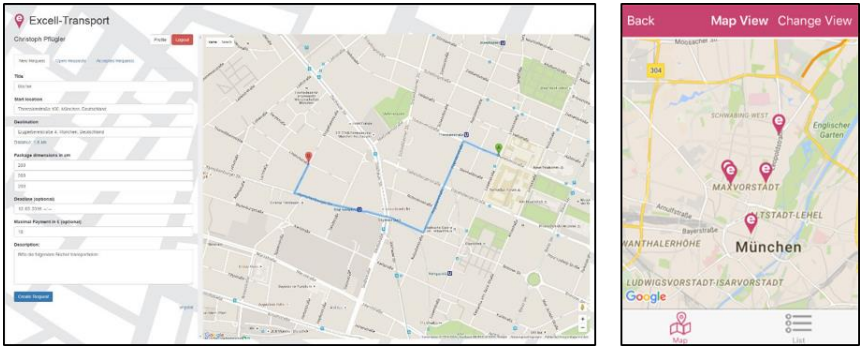


Abbildung 24-3. Screenshots des Prototyps der Plattform für Transportdienste (links: Webanwendung, rechts: mobile Anwendung).

Auch wenn das grundlegende Konzept bei allen bereits existierenden Crowdsourced-Delivery-Diensten sehr ähnlich ist, unterscheiden sie sich in diversen Details (David Soto Setzke 2017). Hierzu gehören beispielsweise der geographische Einzugsbereich, die Auftraggeber, die auf der Plattform Lieferaufträge erstellen, und die Anforderungen an potenzielle Lieferanten. Die Tabelle 24-1 zeigt eine Übersicht einiger ausgewählter Crowdsourced-Delivery-Dienste weltweit und fasst ihre Unterschiede zusammen.

Tabelle 24-1. Übersicht ausgewählter Crowdsourced-Delivery-Dienste weltweit.

Name	Geographischer Einzugsbereich	Auftraggeber	Anforderungen an Lieferanten
Bistip	Unbegrenzt	Privatpersonen	Keine
Blitzbringer	Frankfurt am Main	Privatpersonen	Keine
Deliv	17 US-Regionen	Privatpersonen & Unternehmen	Keine
Deliveroo	6 deutsche Städte (auch weltweit aktiv)	Gastronomieunternehmen	Besitz eines Smartphones
Foodora	19 deutsche Städte (auch weltweit aktiv)	Gastronomieunternehmen	Besitz eines Smartphones
Friendshipper	Unbegrenzt	Privatpersonen	Keine
Instacart	Verschiedene US-Staaten	Lebensmittelläden	Keine
Kanga	Atlanta (USA)	Privatpersonen & Unternehmen	Keine
PiggyBee	Unbegrenzt	Privatpersonen	Keine
Postmates	Verschiedene US-Städte	Unternehmen (hauptsächlich Gastronomie)	Keine
TaskRabbit – Deliver Now	Unbegrenzt	Privatpersonen	Keine
uberRUSH	Drei US-Städte	Privatpersonen	Mind. 1 Jahr Fahrpraxis
Zipments	New York City	Privatpersonen & Unternehmen	Keine

In den Metropolen San Francisco, Chicago und New York ist das Beförderungsunternehmen Uber mit einem eigenen Crowd-basierten Lieferdienst namens uberRUSH gestartet. Benutzer erstellen über eine App Lieferaufträge, die dann Uber-Fahrern vorgeschlagen werden, die sich gerade in der Nähe befinden.

In Deutschland steckt das Thema „Crowdsourced Delivery“ noch in den Kinderschuhen. Zu den bekanntesten Vertretern hierzulande zählen die konkurrierenden Essenslieferdienste Foodora und Deliveroo. Auf beiden Plattformen können Benutzer über eine Webseite oder eine mobile App Speisen aus nahegelegenen Restaurants bestellen, die anschließend durch einen Lieferanten zugestellt werden. Als Lieferanten können sich alle volljährigen Privatpersonen bewerben. Die Dienste werden heute in verschiedenen deutschen Städten und teilweise auch weltweit in anderen Ländern angeboten.

Einen etwas allgemeineren Ansatz verfolgt das Startup Blitzbringer. Über eine Webseite können Privatpersonen lokale Produkte aus dem Einzelhandel bestellen und einen beliebigen Lieferort angeben – also beispielsweise im Sommer auch den Park um die Ecke oder den Badesee. Lieferanten empfangen über ihr Smartphone dann die gewünschten Produkte und die GPS-Koordinaten des Lieferorts. Das Unternehmen möchte mit seiner Plattform das Bewusstsein für die lokale Verfügbarkeit von Produkten stärken und durch nachhaltige Kooperation den

Einzelhandel weiter stärken. Bezüglich potenziellen Lieferanten richtet sich Blitzbringer ausdrücklich an finanziell schwache oder sozial benachteiligte Personengruppen. Momentan wird der Dienst allerdings nur im Stadtgebiet Frankfurt am Main angeboten.

24.2.1.4 Verkehrsinformations-App für Pendler

In Dresden und vielen weiteren Städten sind täglich zahlreiche Pendler mit PKWs unterwegs. Einfallstraßen und speziell in Dresden auch die Brücken über die Elbe sind dabei anfällig für Verkehrsbehinderungen. Die Dresdner Verkehrsdaten des VAMOS-Systems bieten großes Potenzial für die Optimierung von Routen, da neben Echtzeit-Verkehrsdaten auch Prognosewerte errechnet werden.

Aufbauend auf dieser Datenlage umfasst die Applikationsidee als wichtigste Funktion sogenannte *Alerts*. Nutzer können ihre täglichen Pendelstrecken in der mobilen Applikation hinterlegen. Wenn auf der eingespeicherten Strecke Behinderungen zu erwarten sind, wird ein Vorschlag für Alternativrouten errechnet. Je nach Einstellungen des Nutzers könnten dabei im Sinne eines intermodalen Ansatzes auch andere Verkehrsmittel als PKWs berücksichtigt werden. Die Verkehrsinformations-App ließe sich auch mit der Weckfunktion von Smartphones verbinden, um die Weckzeit dynamisch an Verkehrsbehinderungen anzupassen.

Die Zielgruppe der Applikationsidee sind Pendler, im ersten Schritt in Dresden. Die App könnte aber auch von kleinen und mittleren Unternehmen, die in Dresden unterwegs sind, genutzt werden. In Dresden gibt es ca. 86.000 Einpendler und 48.000 Auspendler (Landeshauptstadt Dresden 2016).

Ähnliche Lösungen umfassen Google Maps Traffic/Google Now (Google 2016), INRIX Traffic App (INRIX 2016) und BayernInfo Maps (BayernInfo 2016). Alle Lösungen umfassen eine Routenermittlung, Verkehrsermittlung und eine automatisierte Umleitung, aber keine Applikation besitzt einen integrierten, intelligenten Alarm, der bei Beeinträchtigungen auf der Route die Routeninformationen anpasst und ggf. andere Verkehrsmittel automatisch berücksichtigt. Dabei hebt sich die Applikationsidee von den bestehenden Lösungen ab und ist besonders für Pendler ideal.

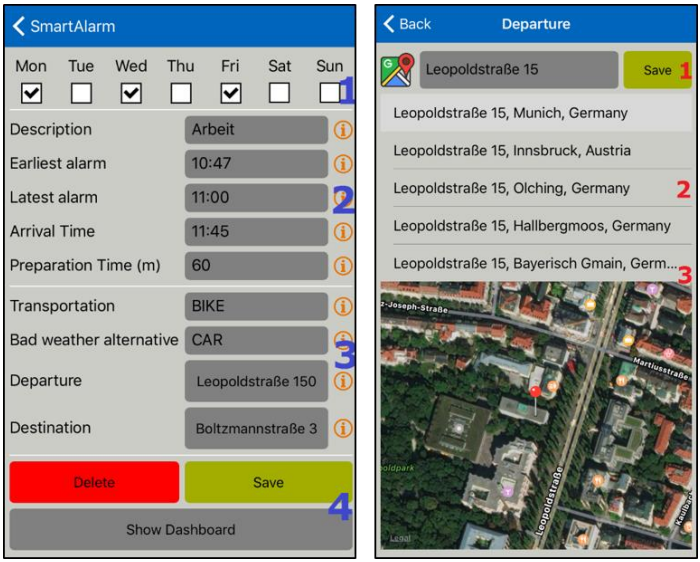


Abbildung 24-4. Screenshots des Prototyps der Verkehrsinformations-App für Pendler.

24.2.1.5 Informations-App für ankommende Geflüchtete in Deutschland

Im Sommer 2015 hat es ein sehr großes Aufkommen an Flüchtlinge in Europa gegeben (Eurostat 2016). Flüchtlinge haben nach dem Ankommen in einem neuen Land keine Informationen über ihre neue Umgebung. Damit befinden sich Flüchtlinge in einem Informations-Defizit, da sie keinen Zugang zu Informationen bekommen. Zusätzlich haben die verschiedenen Informationsquellen eine hohe Heterogenität und sind sehr dynamisch und in einigen Fällen sehr schnell veraltet (Schreieck et al. 2017e). Dieses Informationsdefizit ist eine direkte Folge von dem komplexen Ecosystem, die die Flüchtlinge begegnen müssen (Schreieck et al. 2016a).

Aufbauend auf diesem Informationsdefizit umfasst die Applikationsidee das Bereitstellen von wichtigen Informationen für Flüchtlinge. Diese Informationen können sein: Informationen über die Registrierung, Anforderungen an Flüchtlinge von der Regierung, Kontaktstellen, Sprache, Gesundheitspflege, Schulbildung und Arbeit, Familie und Alltag (Schreieck et al. 2017c; Schreieck et al. 2016a). Die App komprimiert somit Allgemeine Informationen, aber auch spezielle Informationen die in den jeweiligen Gemeinden wichtig sind (Schreieck et al. 2016a). Beim Öffnen der App wählt der Benutzer, je nach Standort, die zugehörige Gemeinde aus. Die angebotenen Informationen in der App sind auch offline verfügbar.

Die App ist in vielen verschiedenen Sprachen benutzbar. Neben den gängigen Sprachen Englisch, Französisch und Deutsch ist die App auch in Arabisch und Farsi zu benutzten (Schreieck et al. 2017c). Dabei sind die primäre Zielgruppe Flüchtlinge aus den arabischen

Ländern. Die App kann daneben von jedem Flüchtling unabhängig vom Herkunftsland benutzt werden.

Ähnliche Lösungen umfassen die von der Bundesagentur für Migration und Flüchtlinge entwickelte App „Ankommen“ (BAMF 2017) und die Welcome App Germany (Welcome App Germany 2016). Die App „Ankommen“ bietet bereits ein breites Spektrum von allgemeinen Informationen über das Asylverfahren und das Leben im Deutschland, sowie eine integrierte Lösung, um Deutsch zu lernen.

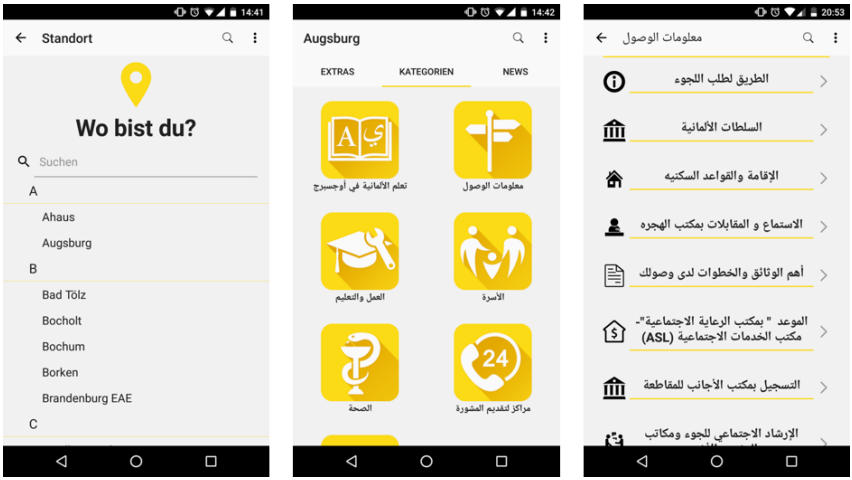


Abbildung 24-5. Screenshots des Prototypens der Informations-App für Flüchtlinge.

24.2.2 Ideengenerierung in Accelerator-Veranstaltungen

Neben Workshops im Projektkonsortium wurden Accelerator-Veranstaltungen durchgeführt. Im Rahmen dieser Veranstaltungen entwickelten Teilnehmer, die nicht direkt dem Projekt angehören zahlreiche Ideen, die auf Basis der ExCELL Plattform umgesetzt werden könnten. Das Format wurde an der Technischen Universität München getestet und evaluiert. Es wurde darauf geachtet, dass den Teilnehmern entsprechende IT Tools zur Ideenentwicklung zur Verfügung standen (Klinker et al. 2018). Ein Überblick über die generierten Ideen ist in Tabelle 24-2 dargestellt.

Tabelle 24-2. Überblick über die in den Accelerator-Veranstaltungen generierten Ideen.

Name	Beschreibung der Idee
Enjoy My Meal	Enjoy my meal ist eine Plattform, um Leute, die gerne mit anderen kochen, mit anderen, die nicht die Fähigkeit oder Zeit zum Kochen haben, verbindet. Ein Koch kann eine Mahlzeit posten, andere können das Essen über die Anwendung buchen und es in einem bestimmten Zeitraum abholen. Die Anwendung implementiert eine Zahlung und Bewertung, um eine starke Community und sicheres Vorgehen zu ermöglichen.
AmbiMood	AmbiMood ist eine tragbare Datenverarbeitungslösung, die persönliche (Gesundheits-) Daten aufzeichnet, um Dritt-Partei-Geräten zu ermöglichen, entsprechend der Stimmung oder Gesundheit des Benutzers zu reagieren. Mögliche Anwendungsbereiche sind Smart Mobility oder Smart Living.
TrashOverflow	TrashOverflow ist eine Anwendung, um bedarfsabhängige Müllsammlungen und ökologische Analysen zu realisieren. Die Anwendung verfolgt voll beladene Mülltonnen (mit z.B. Barcodes) in einer Stadt, um Müllsammelrouten zu optimieren. Darüber hinaus kann das Abfallbeseitigungsverhalten von Bürgern durch ökologische Analyse erkannt werden, was Vorhersagen des zukünftigen Abfallverhaltens ermöglicht, um eine bessere Umweltpolitik und Maßnahmen zu erreichen.
IoT Access Control	Bei IoT Geräten spielt die Datenprivatsphäre eine große Rolle. Allerdings haben Unternehmen die volle Kontrolle über die gesammelten Konsumentendaten durch die verbundenen IoT Geräte. Dadurch kann das Nutzerverhalten für unerwünschte Zwecke missbraucht werden (z.B. Werbung). IoT Access Control ist eine zentralisierte Plattform, die mit allen IoT Geräten im privatem Haushalt verbunden ist (z.B. Kühlschrank, Toaster, Auto, TV, Trockner). Es bietet für das Problem der Datenprivatsphäre eine Lösung, indem die Berechtigungskontrolle der Geräteinteraktion über die Plattform abgewickelt wird. Ähnliche Lösungen gibt es schon für das Smartphone. Der Benutzer kann hier die Verfolgung der Benutzerdaten durch einige Dienste aktivieren/ deaktivieren (z.B. Ortungsdienst von Facebook).
Smart Advices	Die Smart City ist komplex und involviert eine Vielzahl von Interessengruppen, welche sehr schwer zu verbinden sind. Dadurch müssen Änderungen in einer Smart City richtig adressiert werden. Smart Advices bietet eine Lösung, um Korrelationen zwischen Daten zu entdecken. Würde man z.B. in einer bestimmten Straße den Verkehr reduzieren wollen, wäre der alte Ansatz einen Tunnel zu bauen. Durch Smart Advices werden alle Informationen gruppiert und analysiert. Smart Advices erkennt dann z.B., dass es eine Korrelation zwischen der Lage des nächsten Supermarkts und dem Verkehr gibt. Dadurch wird vorgeschlagen keinen Tunnel, sondern einen zusätzlichen Supermarkt an dieser Stelle zu bauen. Es gibt schon bestehende Lösungen, wie Big Data Analysen & Data Mining, welche allerdings nur ein Werkzeug und keinen Dienst darstellt. Weitere bestehende Lösungen sind die Energieverbrauchsanalysen, die sich aber nur mit der Energie befassen und die Forschungen zur Stadtplanung basierend auf Big Data, welche aber keine Cluster/- und Korrelationsanalysen durchführen, sondern sich lediglich auf den Verkehr beschränken.
Your City	Der Dienst heißt YourCity und hilft Menschen, Dienste in ihrer Umgebung zu finden. Darüber hinaus können die Nutzer an bestimmten Orten auch Vorschläge für neue Dienste machen und so aktiv die Verbesserung der Stadt unterstützen. Wenn ein Vorschlag genügend Unterstützer gefunden hat (basierend auf dem Kontext des Dienstes), wird YourCity darauf achten, dass der Vorschlag in die Realität umgesetzt wird.

Tabelle 24-2. Überblick über die in den Accelerator-Veranstaltungen generierten Ideen (Fortsetzung).

Name	Beschreibung der Idee
InCarCo	Ein Service, der Fahrern die Möglichkeit gibt, miteinander zu interagieren und Verkehrsinformationen, Verkehrsunfälle, Wetter und andere wertvolle Informationen auszutauschen und das Fahrerlebnis zu verbessern und im Notfall eine Sicherheitslösung bereitzustellen.
Community-Courier	Ein Service zum Transport von Paketen mit minimalen Kosten und kurzfristiger Lieferung. Basierend auf der Community können Benutzer Pakete im Austausch gegen Geld mit einer Lieferzeit transportieren, die schneller ist als jeder andere Lieferservice bieten kann. Ein ähnlicher Ansatz wurde von Amazon entwickelt.
WhoElse	Menschen nutzen diese Mitfahrerplattform, um täglich zu pendeln. Infolgedessen werden Verkehrsstaus reduziert, das Umweltbewusstsein verbessert und die Kosten und Zeit für Pendler minimiert.
Localove	Localove ist ein Dienst, um Exklusive Inhalte von seinen favorisierten Fashion-Bloggern zu erhalten. Dabei kann man seine eigene persönliche Linie verfolgen, um trendige Outfits und exklusive Geschäfte zu finden.
City Participation Platform	Die Smart City funktioniert nicht auf autoritäre Weise. Sie arbeitet mit Vertrauen, Transparenz und mehr Demokratie. Privater und öffentlicher Sektor arbeiten bei großen Projekten zusammen. Mit der städtischen Partizipationsplattform (App, Web) werden die Bewohner durch Livestreams, Dokumente und Umfragen über aktuelle politische Entscheidungen informiert, die sich auf die städtische Infrastruktur beziehen. Die Bewohner können entscheiden, kommentieren, crowdfunden oder für Ideen und Konzepte abstimmen. Die Entscheider sehen, ob die Stimmen und Kommentare von einer repräsentativen Gruppe kommen und schätzen daher ihre Relevanz ein.
Placa	Ein einfacher Anwendungsfall könnte wie folgt lauten: Sie sind ein Tourist in einer Stadt. Sie installieren die offizielle Stadt-App und gehen z.B. zu einer berühmten Kirche. Wenn Sie sich in der Nähe der Kirche befinden, erhalten Sie eine Benachrichtigung auf Ihrem Smartphone mit Details zu dieser Kirche, ihrer Geschichte und anderen interessanten Fakten und Orten, die Sie besuchen können (inkl. Wegbeschreibungen). Außerdem können Sie den Inhalt herunterladen, sodass keine zusätzliche Internetverbindung erforderlich ist.
SecuriKid	Kinder gehen (in erster Linie) alleine zur Schule. Wenn sie nicht von Erwachsenen begleitet werden, liegt es im Interesse der Eltern, dass die Kinder eine Route nehmen, die so sicher wie möglich ist. SecuriKid ermittelt die sicherste Route unter der Berücksichtigung, dass Kinder Straßen so wenig wie möglich überqueren müssen. Zur gleichen Zeit enthält die vorgeschlagene Route keine isolierten Straßen und Straßen mit einer hohen Unfallrate werden vermieden.
Games On Wheels	Unsere Idee war es, ein Spiel zu entwickeln, das nur mit anderen Leuten geteilt werden kann, die im gleichen Verkehrsmittel, z.B. nur ein paar Plätze weiter, sitzen. Bevor man das Spiel beginnt, muss man eingeben, wie lange man im Zug bleiben wird bzw. an welcher Station man aussteigt. Somit ist die maximale Zeit für das Spiel festgelegt. Um ein Beispiel zu nennen: Wenn man am Marienplatz in den Zug steigt und zum Garching-Forschungszentrum fährt, hat man 25 Minuten für ein Spiel. Unsere App würde sich mit einem Partner verbinden, der die gleiche Fahrt angegeben hat, und man könnte das Spiel nur für diese Zeitdauer spielen.

Tabelle 24-2. Überblick über die in den Accelerator-Veranstaltungen generierten Ideen (Fortsetzung).

Name	Beschreibung der Idee
Mobility Agenda	Wir haben uns darauf konzentriert, die täglichen Aufgaben in einen festen Kalenderplan zu integrieren, d.h. wenn man zum Supermarkt geht, berechnet die App automatisch Zeit und Ort (falls keiner angegeben wurde), um diese Aufgabe auszuführen. Die App würde sowohl dabei helfen, den idealen Zeitplan zu finden, als auch den Benutzer davor zu bewahren, seine Aufgaben zu vergessen (z.B. Geld abzuheben). Die Idee war, dass die App nicht einfach die Aufgabe irgendwo hinzufügt, sondern einen intelligenten Algorithmus verwendet, um die ideale Zeit und den idealen Ort zu berechnen und Aufgaben weiter zu verteilen. Um ein kurzes Beispiel zu geben, nehmen wir an, dass man zwei Aufgaben für den Tag hinzugefügt hat: In die Innenstadt einkaufen gehen (sagen wir zu einem bestimmten Geschäft) und zum Friseur zu gehen. Unsere App würde wissen, zu welcher Zeit das Stadtzentrum besonders überfüllt sein wird, z.B. zwischen 8-10 Uhr, wenn Pendler viel Verkehr verursachen. Daher würde die App vorschlagen, dass man zuerst zu einem Friseur in der Nähe geht und nicht vor 11 Uhr in die Stadt gehen sollte.
Home Mechanist	Bei "Home Mechanist" kommt der Mechaniker direkt zum Kunden, um das Auto zur Werkstatt zu bringen. Für den Fall, dass die Reparatur länger dauert, kann der Mechaniker auch ein Ersatzfahrzeug zum Austausch zu dem Kunden mitbringen. Der Kunde muss daher nicht zur Werkstatt fahren und kann den Dienst einfach mit seinem Mobiltelefon anrufen, um einen Termin zu vereinbaren.
The Black Box	Die Idee hinter "The Black Box" ist es, ein Handy als „Fahrtenschreiber“ im Auto einzusetzen. Mit den integrierten Sensoren im Smart Device können wichtige Daten zum Fahrverhalten nachverfolgt und verarbeitet werden. Diese Daten können die "durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit", "Bremsfrequenz", "durchschnittliche Beschleunigung", "gemeinsame Strecken" und so weiter sein. Die gesammelten Daten können dann als Zertifikat für das Fahrverhalten verwendet werden. Zum Beispiel kann es, nachdem das Fahrkönnen nachgewiesen wurde, dazu verwendet werden, um die Versicherungskosten des Autos zu senken. Es kann auch dazu verwendet werden dem Fahrer dabei zu helfen einen Führerschein in einem anderen Land zu bekommen (wenn die App international als Standard akzeptiert wird). In diesem Fall muss der Benutzer nur einen kleinen Test in diesem Land machen und muss nicht die kompletten Fahrstunden noch einmal absolvieren.
City Watch	Citywatch ist ein community-basiertes Konzept, das die Berichterstattung über verschiedene Themen in der Gemeinschaft ermöglicht. Diese Themen können falsches Parken, Stau, Straßenarbeiten und neue Parkplätze sein. Die Vielzahl der Themen, die gemeldet werden können, sollte dazu beitragen, dass die App zu einem multidimensionalen Portal für eine intelligente Stadt wird. Benutzer können nicht nur wichtige Informationen von anderen Benutzern erhalten, sie können auch zur Gesellschaft beitragen, indem sie an die Gemeinschaft berichten. Darüber hinaus ermöglicht die App auch einen benutzerspezifischen Bericht, z.B. einem Benutzer mitteilen, dass er zu nah an einem anderen Auto parkt. Das Konzept kann in Zusammenarbeit mit der Stadtregierung weiterentwickelt werden.
Parking Spot Detection	Eines der entscheidenden Probleme der innerstädtischen Mobilität ist das Fehlen eines intelligenten Parkplatzerkennungssystems. Es gibt mehrere Ansätze, die alle ein großes Problem gemeinsam haben: Die Benutzer müssen die Informationen manuell eingeben. Unser Ansatz besteht darin, Parkplätze entlang der Straße zu erkennen, indem wir die am Fahrzeug installierten Sensoren verwenden. Auf diese Weise könnten wir eine dynamische Karte der innerstädtischen Parkmöglichkeiten generieren.

Tabelle 24-2. Überblick über die in den Accelerator-Veranstaltungen generierten Ideen (Fortsetzung).

Name	Beschreibung der Idee
Road Condition Warnings	Durch die Verwendung von Sensoren, die an einem Auto angebracht sind, können mehrere Rückschlüsse auf die Wetter/- Straßenbedingungen gezogen werden. Diese Informationen können von einem großen Data Warehouse gesammelt werden und Warnungen für andere Fahrer, die in das gleiche Gebiet fahren, abgeleitet werden. Angefangen von schlechten Wetterbedingungen, die durch Regen-, Licht-, Wischer- und Temperatursensoren wahrgenommen werden, und schlechten Straßenverhältnissen, die über ABS und Vibrationssensoren empfangen werden, bis hin zu Staus, die durch Geschwindigkeit und Entfernung zu vorausfahrenden Autos erkannt werden, können fast alle relevanten Informationen vollautomatisch generiert werden.
PrOwl	Diese Idee ist ein soziales Netzwerk mit ortsbezogener Interaktion. Ein soziales Netzwerk bedeutet, dass jeder Benutzer ein eigenes Profil hat. Zum Beispiel realisiert durch Facebook-Integration. Darüber hinaus kann sich jeder in Gruppen organisieren und sich als Freunde verbinden. Ortsbasierte Interaktion bedeutet, dass verschiedene Medientypen auf einer Karte abgelegt und später von einem anderen Benutzer übernommen werden können. Als Medientypen dachten wir an klassische Elemente wie Text, Sprache, Bild oder Video, aber auch an spezifische Ereignisse, Verkehrsinformationen (z.B. Radarfallen) oder Sichtverhältnisse.
Take me Home	Die Idee "Take me Home" entstand aus dem Problem, dass man, wenn man auf eine Party geht, nicht weiß, wie man nach Hause kommt. Wenn man auf einer Party ist und etwas trinken möchte, hat man oft das Problem selbstständig nach Hause zu kommen. Die Alternativen, wie Taxis oder öffentliche Verkehrsmittel, sind entweder unkommerziell oder teuer. Unsere Lösung konzentriert sich auf Menschen, die ein eigenes Auto haben und mit ihrem Auto zu einer Party fahren wollen. Für diese Situation bieten wir einen Service an, bei dem man im Voraus einen Fahrer buchen können, der Sie und Ihr Auto nach Hause fährt.
My Garage	Die Idee war es Autofahrern einen Service anzubieten, damit sie leichter eine Werkstatt finden können, wenn sie eine Panne haben, unabhängig davon, ob sie eine Pannenversicherung haben oder nicht. Der Ausgangspunkt der Idee war, einen Service zu schaffen, den der "ADAC" seinen Mitgliedern anbietet und diesen Service für jedermann zugänglich zu machen. Um das zu erreichen, sollte "My Garage" eine Plattform sein, um Werkstatt- und Autobesitzer zusammenzubringen. Die Werkstattbesitzer können ein Konto für ihre Garage auf der Plattform erstellen und spezifische Dienste angeben wie z.B. Abschleppen für die Autohersteller, die sie unterstützen. Im Gegenzug können die Autobesitzer ein Konto mit spezifischen Informationen über ihr Auto erstellen, um diese mit Werkstätten zusammenbringen zu können, die in der Lage sind, das bestimmte Auto zu reparieren.
Tramp Like a Champ	Diese Idee besteht darin, eine innovative Tramping-Anwendung zu schaffen. Mit unserem Service möchten wir Menschen zusammenbringen, die eigenständig unterwegs sind und neue Leute treffen wollen, die von A nach B kommen möchten. Dazu können Menschen ein Konto auf unserer Plattform erstellen und Ihre Interessen eingeben, z.B. einen anderen Benutzer zu finden, welcher wahrscheinlich eine Fahrgemeinschaft bilden möchte. Da es sich beim Trampen um eine flexible Aktivität handelt, dachten wir an Menschen, die die Route eingeben, die sie fahren werden. Andere Leute, die per Anhalter fahren, können ihren Standort teilen und auf Basis der eingegebenen Interessen können wir mögliche Übereinstimmungen finden, an die fahrende Person im Auto schicken, die dann andere Leute aufsammeln kann.

Tabelle 24-2. Überblick über die in den Accelerator-Veranstaltungen generierten Ideen (Fortsetzung).

Name	Beschreibung der Idee
Traffic coordination for big events	Infrastruktur und vorhandene Ressourcen eignen sich gut für das allgemeine Verkehrsaufkommen. Peaks erfordern zusätzliche Systeme und Unterstützung. Die Koordination und Kommunikation der üblichen und zusätzlichen Ressourcen muss verbessert werden. Traffic coordination for big events würde dann z.B. bei Fußballspielen, Massendemonstrationen und dem Oktoberfest in München zum Einsatz kommen, in dem eine zusätzliche Unterstützung der vorhandenen Systeme gewährleistet wird.
Travel time reduction	Kosten und Zeit im Verkehr nehmen von Jahr zu Jahr zu. Neben einer unflexiblen Infrastruktur konzentriert sich der Verkehr nur auf wenige Stunden des Tages. Betroffene und Branchen setzen den Wunsch nach einem effizienteren und flexibleren Transport. Ein einfaches Anwendungsbeispiel wäre das Pendeln zur Arbeit effizienter zu gestalten. Aber auch vor allem bei zeitkritischen Transporten, wie z.B. beim Krankentransport, spielt die Travel Time Reduction eine große Rolle.
Subway Repair	Wenn man einen Defekt an einem Zug meldet, ist der aktuelle Prozess den Bericht der Verkehrskontrolle zu melden, die Probleme dann an die Instandhalter per Fax sendet. Dieser Prozess ist langsam und kostspielig. Subway Repair bietet eine Lösung, um Reparaturarbeiten an Zügen oder Notfallarbeiten schneller durchzuführen, indem der Meldeprozess optimiert wird.
Cyclist safety	Verfolgen Sie die Daten von Radfahrern, um Unfallherde zu identifizieren. Die Daten können den Gemeinden helfen, das Risiko schwerer Verkehrsunfälle von Radfahrern zu verringern und den Bedarf an zusätzlichen Fahrradwegen zu ermitteln.

24.3 Ideenbewertung

Die in Workshops und Acceleratorveranstaltungen generierten Ideen wurden strukturiert bewertet, um die vielversprechendsten Ideen zu identifizieren. Ein wichtiges Kriterium hierbei war die Motivation der Nutzer die Lösungen auch tatsächlich zu verwenden (Petkov et al. 2011; Petkov et al. 2012). Für vielversprechende Ideen wurden anschließend Prototypen entwickelt um diese Innovation zu pilotieren (Schwabe und Krcmar 2000). Die Umsetzung erfolgte mittels agilen Projektemanagementmethoden, wie beispielsweise SCRUM, da diese gewisse Vorteile gegenüber traditionellen Ansätzen bieten (Pflügler et al. 2018). Im ersten Schritt wurden Bewertungskriterien abgeleitet, die dann im zweiten Schritt in eine multikriterielle Bewertung einflossen.

24.3.1 Bewertungskriterien

Die Ideen wurden anhand von vier Themen bewertet, die wiederum in insgesamt 12 Unterkriterien heruntergebrochen wurden. Die Bewertungskategorien decken dabei das adressierte Problem, den Lösungsansatz, das mit dem Lösungsansatz verknüpfte Geschäftsmodell sowie den Gesamteindruck ab.

Tabelle 24-3. Zusammenfassung der Kriterien für die Ideenbewertung.

Thema	Kriterium	Beschreibung
Adressiertes Problem	Verständlichkeit (Comprehensibility)	Das Problem wurde verständlich geschildert.
	Nachvollziehbarkeit (Traceability)	Es handelt sich um ein nachvollziehbares Problem.
	Themenbezug (Related to topic?)	Es handelt sich um ein Problem der Smart City.
Lösungsansatz	Verständlichkeit (Comprehensibility)	Der Lösungsansatz wurde verständlich beschrieben.
	Nachvollziehbarkeit (Traceability)	Es ist nachvollziehbar, warum dieser Lösungsansatz gewählt wurde.
	Problembezug (Related to topic?)	Der Lösungsansatz löst das beschriebene Problem.
	Innovativität (Innovativeness)	Der Lösungsansatz ist innovativ.
Geschäftsmodell	Angemessenheit (Adequacy)	Das Geschäftsmodell passt zum Lösungsansatz.
	Wirtschaftlichkeit (Profitability)	Auf Basis des Geschäftsmodells halte ich das Projekt für wirtschaftlich.
Gesamteindruck	Erfolgsaussichten (Chances of success)	Ich finde das Projekt erfolgversprechend.
	Förderung (Investment)	Als Investor würde ich das Projekt unterstützen.

24.3.2 Zusammenfassende Bewertung

In Workshops mit Teilnehmern aus Industrie und Praxis wurden die Ideen nach den oben aufgeführten Kriterien bewertet. In Tabelle 24-4 sind die Durchschnittswerte aller Bewertungskriterien für alle Ideen zusammengefasst. In der letzten Spalte ist der Durchschnittswert über alle Kriterien aufgeführt, der damit Rückschlüsse auf die Qualität der jeweiligen Idee zulässt.

Die drei Ideen mit der im Durchschnitt besten Bewertung sind ganz unterschiedlichen Anwendungskontexten zuzuordnen. *My Garage* ist eine Applikation, die Reparatur und Wartung von PKWs für den Fahrzeugbesitzer angenehmer machen soll, im Pannenfall und darüber hinaus. Die Lösung stieß auf großes Interesse, da die Suche einer passenden Werkstatt für viele Fahrzeugbesitzer intransparent ist. Im Zeitraum des Projektes ExCELL entstanden zahlreiche Lösungen in diesem Anwendungsfeld wie zum Beispiel caroobi, ein Berliner Startup, das 2016 an den Start ging und in das BMW im Jahr 2017 investierte (Kyriasoglou 2017).

The Black Box nutzt Fahrzeug- und Fahrdaten für unterschiedliche Zwecke, zum Beispiel um flexible Versicherungsprämien zu ermöglichen, die das Fahrverhalten des Versicherungsnehmers berücksichtigen. Während die Lösung noch vorsah, die Daten über ein Smartphone des Fahrers zu erheben, sind mittlerweile viele Daten direkt über das Fahrzeug nutzbar. Dies bliebt jedoch dem Fahrzeughersteller vorbehalten, der wiederum dritten Parteien Zugriff auf

die Daten gewähren kann. Diesen Ansatz verfolgt zum Beispiel BMW mit dem Angebot BMW CarData (BMW Group 2017).

Die dritte Idee, *Localove*, zielt darauf ab, das Shoppingverhalten für Kleidung insbesondere in Städten zu beeinflussen und damit auch die Verkehrslage zu verbessern. Statt zunehmend online zu shoppen und einen großen Teil der Bestellung wieder zurückzuschicken, sollen Nutzer der App wieder in lokalen Geschäften einzukaufen. Localove macht sich hierbei den Trend der Fashionblogger zu Nutze, die mit ihren Posts oftmals eine große Reichweite haben. Durch Kooperationen zwischen Fashionbloggern und lokalen Geschäften können Nutzer von Localove die Outfits der Blogger vor Ort einkaufen und auf bestimmten Routen alle hierfür notwendigen Geschäfte besuchen. Damit wird Shopping wieder zum interaktiven Erlebnis in der Realwelt, durch Localove bleiben die Nutzer aber vernetzt und können ihre Einkäufe direkt mit anderen Nutzern teilen.

Tabelle 24-4. Zusammenfassende Bewertung aller Ideen.

	Adressiertes Problem			Lösungsansatz				Geschäftsmodell		Gesamteindruck		Durch-schnitt
Ideen	**Verständ-lichkeit**	**Nachvoll-ziehbarkeit**	**Themen-bezug**	**Verständ-lichkeit**	**Nachvoll-ziehbarkeit**	**Themen-bezug**	**Innovativi-tät**	**Angemes-senheit**	**Wirtschaft-lichkeit**	**Erfolgs-aussichten**	**Förderung**	
Enjoy My Meal	5	3	4	5	5	5	4	5	4	4	4	4
AmbiMood	5	3	3	3	4	5	3	5	4	3	3	4
TrashOverflow	2	5	5	2	2	3	3	5	2	4	4	3
IoT Access Control	5	5	5	4	3	5	3	2	2	1	1	3
Getting Smart Advices	5	5	5	4	5	5	2	3	4	4	5	4
Your City	5	5	5	3	4	4	3	5	5	4	4	4
InCarCo	3	1	1	1	2	3	3	4	3	2	2	2
CommunityCourier	5	5	2	4	5	5	5	5	1	3	4	4
WhoElse	5	5	4	5	5	5	1	5	1	1	1	3
Localove	1	2	3	3	2	2	3	4	3	2	2	2
City Participation	5	5	4	4	5	5	4	5	5	5	5	5
Placa	3	4	4	4	4	5	2	4	3	3	3	4
SecuriKid	4	2	5	3	2	4	3	2	2	1	1	3
GamesOnWheels	5	5	3	5	4	5	2	4	5	4	5	4
Mobility Agenda	5	3	5	3	4	5	4	5	4	5	5	4
Home Mechanist	3	4	4	4	3	4	1	5	2	3	2	3
The Black Box	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5
City Watch	4	5	5	5	5	4	3	5	5	3	3	4
Parking Spot Detection	5	5	5	5	5	5	5	4	3	2	3	4
Road Cond. Warnings	4	3	5	5	5	5	3	5	5	4	3	4
PrOwl	2	3	4	5	4	4	5	5	4	3	4	4
Take me Home	5	3	4	1	1	2	2	5	5	3	2	3
My Garage	5	5	5	5	5	5	2	5	5	5	5	5
Tramp Like a Champ	4	5	5	5	5	5	2	4	3	2	1	4
Traffic Coordination	4	5	4	1	2	2	3	3	3	2	3	3
Travel Time Reduction	5	4	4	2	2	3	3	3	3	4	4	3
Subway Repair	4	4	3	1	2	4	3	3	2	3	2	3
Cyclist Safety	4	5	4	3	4	3	2	1	2	3	3	3

24.4 Entwicklerportale zur Verstetigung der Ideengenerierung

Entwicklerportale bilden die Schnittstelle zwischen dem Betreiber einer Plattform und Drittentwicklern. Auf diesen Portalen stellt der Plattformbetreiber den Drittentwicklern Ressourcen, APIs, Dokumentation und oft auch Beispielimplementierungen zur Verfügung (Schreieck et al. 2017a; Schreieck et al. 2017b). Dadurch werden die Drittentwickler unterstützt, Applikationen zu implementieren. Durch eine Registrierungsprozess, den Drittentwickler durchlaufen müssen und einen Prüfprozess für die entwickelten Applikationen lassen sich Kontrollmechanismen auf der Plattform implementieren (Wiesche et al. 2013; Wiesche et al. 2011).

24.4.1 Entwicklerportale in der Praxis

Das **Schiphol Entwicklerportal** bietet Informationen über Flüge von und zum Flughafen Schiphol, dem größten Flughafen der Niederlande. Es ist möglich Anfragen zum Start und Ziel von Flügen, zu den jeweiligen Fluglinien, zum Flugzeugtyp und zu vielen weiteren Daten zu senden. Die Schiphol Fluginformationen werden von den Fluglinien durch das Central Information System Schiphol (CISS) gehandhabt. Die angebotenen Informationen des Fluges beziehen sich auf die Fluggäste des Fluges aber auch auf Frachtflüge, sowie Charter und Linienflüge. Wie jede andere API hat die Schiphol API ihre eigenen Geschäftsbedingungen. Es ist anzumerken, dass der End-Nutzer der Daten ein Passagier sein muss und es nicht erlaubt ist die Daten mehr als 24 Stunden zu speichern, zu verkaufen oder die Daten für eine kommerzielle Analyse zu benutzen.

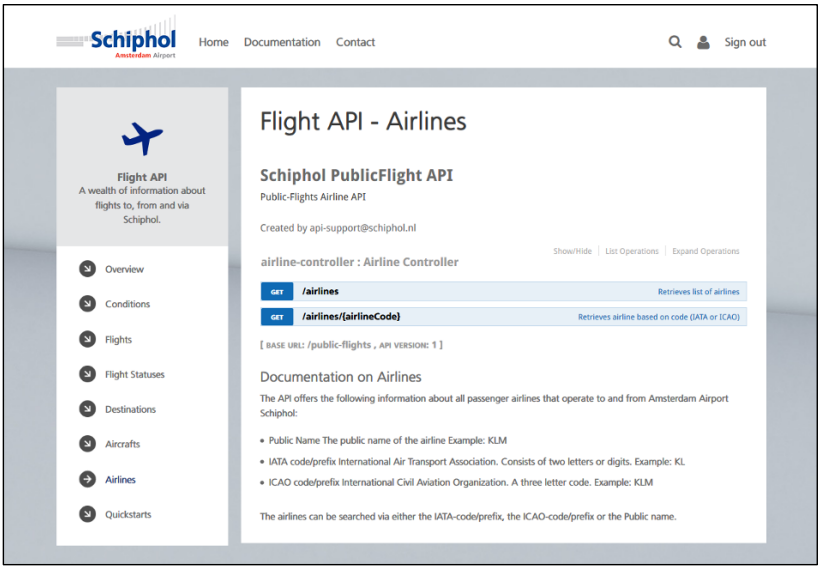


Abbildung 24-6. Schiphol Entwicklerportal.

Das Entwicklerportal der **Deutschen Bank** erlaubt es externen Entwicklern die API der Bank zu nutzen, um neue Applikationen zu entwickeln. Entwickler können Anfragen senden und Informationen über den Namen, das Geburtsdatum, sowie die Adresse, Kontonummern, Lastschriften und Transaktionen des Nutzers abrufen. Durch die API sind die Entwickler in der Lage die gesamten Transaktionen der letzten 12 Monate eines Nutzers zu sehen. Eine spezielle Funktion ist, dass man durch eine Anfrage ganz leicht verifizieren kann, ob ein Kunde über 18 Jahre alt ist. Bei allen Kundendaten der Deutschen Bank werden nur die Daten verwendet, bei welchen der Kunde seine Einwilligung gegeben hat.

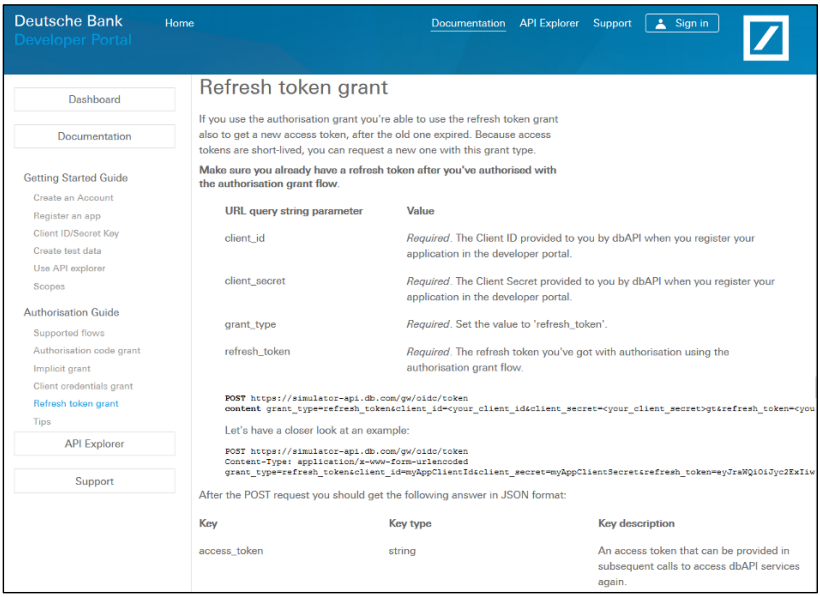


Abbildung 24-7. Deutsche Bank Entwicklerportal.

TripAdvisor bietet Zugriff auf eine Vielzahl von APIs für verschiedene Arten von Partnern. Von Reisebüros bis hin zum privaten Gastronomiesektor sind die Partner in der Lage die „Connectivity Solution“ zu verwenden und dem Nutzer von TripAdvisor Buchungen zu ermöglichen. Allerdings dürfen nur Reise-Webseiten und Anwendungen die API benutzten. Die „Content API“ erlaubt es dem Entwickler Anfragen über Informationen einzelner Hotels, Restaurants usw. zu senden. Diese Anfragen beinhalten Bewertungen, den Standort und weitere Informationen. TripAdvisor verlangt, dass sobald ihre Inhalte irgendwo angezeigt werden, dass das TripAdvisor Logo angezeigt wird.

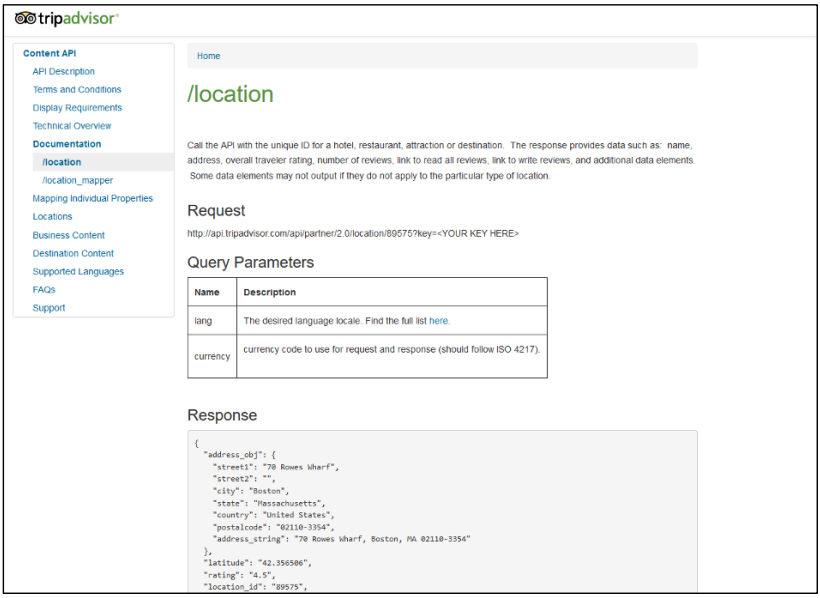


Abbildung 24-8. Tripadvisor Entwicklerportal.

In der Tabelle 24-5 werden die drei Entwicklerportale verglichen und einige ihrer Eigenschaften dargestellt.

Tabelle 24-5. Vergleich der Entwicklerportale.

Entwickler-portal	Entwicklung	Zugriffsberech-tigung	Onboarding Prozess	Nutzeridentitä-ten
TripAdvisor	Akamai Cloud	Privat	Admin-Geneh-migung	Single Sign On
Schiphol Airport	Azure	Öffentlich	Selbstregistrie-rung	Built in Directory
Deutsche Bank	Privat	Privat	Admin Genehmi-gung	Built in Directory

24.4.2 Entwicklerportal im Projekt ExCELL

Auch im Projekt ExCELL wird ein Entwicklerportal[139] bereitgestellt, das die Grundlage für die Interaktion zwischen externen Entwicklern bildet. Das Portal wurde von der FELD M GmbH konzipiert und von der Form & Code GmbH umgesetzt. Das Portal ist öffentlich zugänglich. Zum Abrufen der Servicedokumentationen und zum Testen der Schnittstellen ist ein Login erforderlich. (Single Sign On, vergleiche Tabelle 24-5)

[139] abrufbar unter www.excell-mobility.de/developer.

Im Entwicklerportal sind die *Services* der ExCELL Plattform abrufbar. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Kapitels waren die Services *Integration Layer*, *Scheduling*, *Crowdsourcing*, *Monitoring*, *Routing*, *Tracking*, *Heatmap*, *Anonymization* und *Geocoding* verfügbar, weitere Services befanden sich in Arbeit. Ein Auszug der verfügbaren Services ist in Abbildung 24-9 dargestellt. Das grüne Herz in der linken oberen Ecke einer Service-Beschreibung zeigt dabei auf den ersten Blick, ob ein Service gerade live ist und genutzt werden kann.

Abbildung 24-9. Auszug aus den Services auf dem Entwicklerportal der ExCELL Plattform.

Für jeden der genannten Services ist im Entwicklerportal eine Dokumentation der zugrundeliegenden Schnittstelle abrufbar (Abbildung 24-10). Dabei wird auf das API Framework Swagger zurückgegriffen (Swagger 2017), das standardisierte Dokumentation ermöglicht und auch das Testen der Schnittstellen erleichtert. Nach einem Login können Nutzer des Entwicklerportals zu jeder Schnittstelle das Format von API-Anfragen nachvollziehen und Testanfragen senden. Eine ähnliche Umsetzung findet sich zum Beispiel beim oben beschriebenen Entwicklerportals des Flughafen Schiphols.

Um diese Funktionen zu nutzen, müssen sich Entwickler auf der Plattform registrieren. Die Registrierung ist dabei kostenlos, soll aber ein Mindestmaß an Nachvollziehbarkeit und damit Sicherheit auf der Plattform bieten. Es hat sich außerdem gezeigt, dass kleine Hürden wie eine Registrierung Nutzer abhalten, die keine ernsthafte Nutzung der Plattform planen. Durch den Login gelangt der Entwickler auch zu seinem Dashboard, auf dem er nachvollziehen kann, wieviel API-Aufrufe auf welchen Service seine Anwendungen getätigt haben. Bei kommerziellen

Anwendungen ist es möglich, Preise für API-Aufrufe zu hinterlegen und diese zum Beispiel monatlich in Rechnung zu stellen.

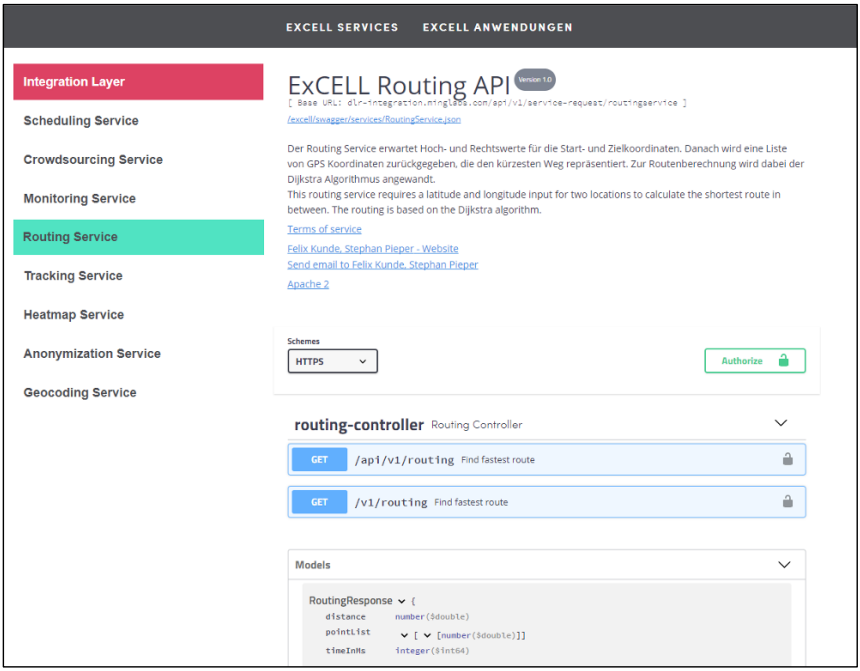


Abbildung 24-10. Service-Dokumentation im Entwicklerportal der ExCELL Plattform.

In einem zweiten Reiter des Entwicklerportals werden die Anwendungen aufgeführt, die basierend auf den ExCELL Services entwickelt wurden und den Nutzern der Plattform zur Verfügung gestellt werden sollen. Im ersten Schritt ist hier die Anwendung Terminmeister[140] für Handwerksbetriebe gelistet, die im Rahmen des Projektes entstand und von MING Labs GmbH entwickelt wurde. Als zweite Anwendung wird die Anwendung ParkenDD im Entwicklerportal gelistet. Diese Anwendung greift auf Parkplatzdaten aus dem Dresdner VAMOS System zurück und liefert dem Nutzer Informationen über freie Parkplätze in den Parkhäusern und beschrankten Parkplätzen der Stadt (ParkenDD 2017).

[140] https://www.terminmeister-app.de/

Abbildung 24-11. Auszug aus den Applikationen im Entwicklerportal der ExCELL Plattform.

24.5 Fazit und Ausblick

Das Kapitel beschreibt einen zentralen Baustein der Voraussetzung für ein florierendes Applikationsökosystem auf Mobilitätsplattformen ist – die Generierung innovativer Ideen. Wir zeigen, dass zum einen Ideenworkshops mit zentralen Akteuren der Plattform zielführend sein können. Diese Akteure haben tiefe Einblicke in die Plattform und können deshalb Applikationsideen generieren, die auch zur Plattform passen. Da diese Akteure aber nicht alle Zielgruppen kennen und auch nur beschränkte Kapazitäten haben, ist es sinnvoll zum anderen eine breite Gruppe an Applikationsentwicklern mit einem offenen Plattformkonzept anzusprechen. Wir zeigen, wie durch dieses Vorgehen bereits in einem frühen Stadium der Plattform zahlreiche Ideen generiert werden können. Im Rahmen von Accelerator-Veranstaltungen konnten unterschiedlichste Ideen generiert werden, zum Beispiel aus Feldern wie Mitfahrgelegenheiten, Parken oder Shopping. Neben der Generierung der Ideen ist auch die Bewertung der Ideen wichtig, um zu vermeiden, dass Ressourcen für wenig vielversprechende Lösungen aufgebracht werden. Dabei ist es wichtig, eine möglichst breite, heterogene Gruppe für die Bewertung der Ideen gewinnen zu können.

Zur Verstetigung der Ideengenerierung haben sich Entwicklerportale etabliert. Diese bilden für viele existierende Plattformen die Schnittstelle zu externen Entwicklern. Es ist dabei wichtig, dass das Portal den Entwicklern viel Raum für eigenen Ideen lässt und nicht durch stark formalisierte Prozesse Kreativität bereits im Keim erstickt. Im Projekt ExCELL wurde ein Entwicklerportal erstellt, dass externen Entwicklern Zugang zu Services und Anwendungen der ExCELL Plattform bietet. Erste Kollaboration sind auf der Plattform bereits entstanden und sind die Grundlage für eine Verstetigung der Projektergebnisse.

24.6 Literaturverzeichnis

BAMF (2017) ankommenapp.de, ein Wegbegleiter für ihre ersten Wochen in Deutschland. http://ankommenapp.de/APP/DE/Startseite/startseite-node.html. Abgerufen am 20.12.2017.

BayernInfo (2016) BayernInfo Maps. http://www.bayerninfo.de/BI-App. Abgerufen am 13.03.2016.

bluesolution (2016) TopZeiterfassung. https://bluesolution.de/topzeiterfassung/. Abgerufen am 13.03.2016.

BMW Group (2017) BMW Group startet BMW CarData: neue und innovative Services für den Kunden – sicher und transparent. München.

Checkrobin (2016) checkrobin.com ist die erste Mitfahrgelegenheit für Pakete! https://www.checkrobin.com/. Abgerufen am 13.03.2016.

David Soto Setzke (2017) Smart Data im Bereich Mobilität: Crowdsourced Delivery. http://www.smartdata-blog.de/2017/03/16/crowdsourced-delivery/. Abgerufen am 23.11.2017.

Deliv (2016) Same Day Delivery. http://www.deliv.co/. Abgerufen am 13.03.2016.

Easypep (2015) Dienstplanung. https://easypep.de/de. Abgerufen am 17.06.2017.

Eurostat (2016) Asylum statistics. http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Asylum_statistics. Abgerufen am April 27, 2016.

Foerderer J (2017) Relational Third Party Governance: Evidence From Apple's World Wide Developer Conference, Platform Strategy Research Symposium.

Fries V, Pfluegler C, Wiesche M, Krcmar H (2016) The Hateful Six-Factors Hindering Adoption of Innovation at Small and Medium-Sized Enterprises, 22nd Americas Conference on Information Systems, San Diego, CA.

Google (2016) Google Maps. https://www.google.de/maps. Abgerufen am 13.03.2016.

Hein A, Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2016) Multiple-case analysis on governance mechanisms of multi-sided platforms, Multikonferenz Wirtschaftsinformatik, Ilmenau.

Heslin PA (2009) Better than brainstorming? Potential contextual boundary conditions to brainwriting for idea generation in organizations. Journal of Occupational and Organizational Psychology 82 (1): S. 129-145.

Humanity (2017) Medical Shift Planning. https://www.humanity.com/medical. Abgerufen am 22.11.2017.

IHK Dresden (2014) Jahresbericht 2014. http://www.dresden.ihk.de/. Abgerufen am 13.03.2016.

IHK Dresden (2016) IHK.Kompakt. http://www.dresden.ihk.de/servlet/link_file?link_id=34501&publ_id=64&ref_knoten_id=2711&ref_detail=publikation&ref_sprache=deu. Abgerufen am 13.03.106.

INRIX (2016) INRIX Traffic. http://inrix.com/mobile-apps/. Abgerufen am 13.03.2016.

Klinker K, Wiesche M, Krcmar H (2018) Supporting Creative Processes with IT: A literature review Multikonferenz Wirtschaftsinformatik Lüneburg, Deutschland.

Kyriasoglou C (2017) BMW investiert erstmals in ein deutsches Startup. Gründerszene.

Landeshauptstadt Dresden (2016) Statistik des Monats -Pendler. http://www.dresden.de/de/leben/stadtportrait/statistik/statistik-des-monats/Pendler.php. Abgerufen am 13.03.2016.

Manner J (2014) Steuerung plattformbasierter Servicemarktplätze.

Mathis K, Köbler F (2015) Data Canvas und Data-Need Fit – Daten für neue Geschäftsmodelle nutzen. In: Fischer H, Endmann A, Krökel M (Hrsg.) Mensch und Computer 2015 – Usability Professionals. De Gruyter, Berlin, S. 42- 50.

Nielsen L, Storgaard Hansen K (2014) Personas is applicable: a study on the use of personas in Denmark, ACM CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Toronto, Kanada.
ParkenDD (2017). https://parkendd.de/. Abgerufen am 17.10.2017.
Petkov P, Goswami S, Köbler F, Krcmar H (2012) Personalised eco-feedback as a design technique for motivating energy saving behaviour at home, 7th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Making Sense Through Design.
Petkov P, Köbler F, Foth M, Medland R, Krcmar H (2011) Engaging energy saving through motivation-specific social comparison, CHI'11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems.
Pflügler C, Schreieck M, Hernandez G, Wiesche M, Krcmar H (2016) A concept for the architecture of an open platform for modular mobility services in the smart city. Transportation Research Procedia 19: S. 199-206.
Pflügler C, Wiesche M, Krcmar H (2018) Subgroups in Agile and Traditional IT Project Teams, 51st Hawaii International Conference on System Sciences.
probasys Software GmbH (2016) DriversLog. http://www.driverslog.de/fahrtenbuch.html. Abgerufen am 13.03.2016.
Rawlinson JG (2017) Creative thinking and brainstorming. Routledge.
Schreieck M, Finke R, Wiesche M, Krcmar H (2017a) Sandbox vs. Toolbox–Analysis of Boundary Resources in B2B Software Platforms, European Workshop on Software Ecosystems (EWSECO), Darmstadt.
Schreieck M, Hakes C, Wiesche M, Krcmar H (2017b) Governing Platforms in the Internet of Things, International Conference on Software Business, Essen, Germany.
Schreieck M, Hein A, Wiesche M, Krcmar H (2018a) The Challenge of Governing Digital Platform Ecosystems. In: Linnhoff-Popien C, Schneider R, Zaddach M (Hrsg.) Digital Marketplaces Unleashed. Springer, S. 527-538.
Schreieck M, Pflügler C, Setzke DS, Wiesche M, Krcmar H (2018b) Improving Urban Transportation: an Open Platform for Digital Mobility Services. In: Linnhoff-Popien C, Schneider R, Zaddach M (Hrsg.) Digital Marketplaces Unleashed. Springer, S. 479-489.
Schreieck M, Wiesche M (2017) How established companies leverage IT platforms for value co-creation – Insights from banking, Twenty-fifth European Conference on Information Systems, Guimarães, Portugal.
Schreieck M, Wiesche M, Hein A, Krcmar H (2016a) Governance of nonprofit platforms – Onboarding mechanisms for a refugee information platform, SIG GlobDev Ninth Annual Workshop, Dublin.
Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2016b) Modularization of digital services for urban transportation, Americas Conference on Information System, San Diego, USA.
Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2017c) Governing nonprofit platform ecosystems – an information platform for refugees. Information Technology for Development 23 (3): S. 618-643.
Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2017d) The Platform Owner's Challenge to Capture Value – Insights from a Business-to-Business IT Platform, International Conference on Information Systems, Seoul, Südkorea.
Schreieck M, Zitzelsberger J, Siepe S, Wiesche M, Krcmar H (2017e) Supporting Refugees in Everyday Life – Intercultural Design Evaluation of an Application for Local Information, Twenty First Pacific Asia Conference on Information Systems, Langkawi, Malaysia.
Schwabe G, Krcmar H (2000) Piloting Socio-Technical Innovation, European Conference on Information Systems (ECIS) 2000, Vienna, Austria.
Snap Schedule (2017) Employee Scheduling Software.

Swagger (2017) The world's most popular API tooling. https://swagger.io/. Abgerufen am 17.10.2017.

Welcome App Germany (2016) Welcome App, Orientierungs- und Integrationshilfe für Migranten für und Flüchtlinge in Deutschland. http://welcome-app-concept.de/de/. Abgerufen am 20.12.2017.

Wiesche M, Bodner J, Schermann M (2013) Antecedents of IT-enabled organizational control mechanisms, 20th European Conference on Information Systems (ECIS).

Wiesche M, Schermann M, Krcmar H (2011) Understanding the Role of Information Technology for Organizational Control Design: Risk Control as New Control Mechanism. In: Blinn N, Schirmer I, Kautz K (Hrsg.) Governance and sustainability in information systems. Managing the transfer and diffusion of IT. Springer, S. 135-152.

x-route (2016) Fahrtkosten-Kalkulator für Handwerk, Dienstleistung & Co. http://xroute.de/. Abgerufen am 13.03.2016.

Zolnowski A, Christiansen T, Gudat J (2017) Business Model Transformation Patterns of Data-Driven Innovations, Twenty-Fourth European Conference on Information Systems (ECIS), Istanbul, Türkei.

25 Bike Now: Eine mobile App für das Crowdsourcing von Floating Bike Data[141,142]

S. Fröhlich, S. Pape, J. Krimmling

Der städtische Radverkehr in Deutschland nimmt zu. Die Radverkehrsinfrastruktur ist darauf oft nicht vorbereitet und die auf den motorisierten Individualverkehr (MIV) optimierte Verkehrssteuerung trägt nicht zur Attraktivität des Radverkehrs bei. BikeNow ist ein Prototyp eines Fahrerinformationssystems für Radfahrende. Den Radfahrenden wird auf dem Smartphone eine Geschwindigkeitsempfehlung angezeigt, bei deren Einhalten sie während einer Freigabe am nächsten lichtsignalanlagengesteuerten Knotenpunkt ankommen. Ein Warten bei Rot entfällt. Gleichzeitig werden mit dem System anonymisierte Bewegungsdaten der Radfahrenden gesammelt und für verkehrliche Auswertungen zur Verfügung gestellt.

The number of cyclists in German cities is increasing. Most often the infrastructure is not prepared for this change. Traffic control systems are optimized for motorized private transport and therefore not attractive for cyclists. BikeNow is a driver information system prototype for cyclists, where cyclists get speed recommendations displayed on their smartphone. If they follow these recommendations, they will approach the next traffic light on a green signal and don't need to wait. Tracking data is collected, anonymised and transmitted in the background. An intelligent transportation system (ITS) can use the Floating Bike Data to analyse and optimize bicycle traffic in the city.

[141] Das Forschungsprojekt ExCELL wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert (Förderkennzeichen: 01MD15001E).

[142] Aufbauend auf der Entwicklung der Anwendung *BikeNow* (Fröhlich et al. 2016).

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018
M. Wiesche et al. (Hrsg.), *Management digitaler Plattformen*,
Informationsmanagement und digitale Transformation,
https://doi.org/10.1007/978-3-658-21214-8_25

25.1 Einleitung

Mobilität ist im Wandel begriffen. Besonders in Ballungszentren gewinnt der Radverkehr an Bedeutung und verzeichnete in den letzten Jahren bundesweit einen hohen Zuwachs, bezogen auf die Anzahl der zurückgelegten Wege. So beträgt der Radverkehrsanteil in Deutschland 10 %, in den Landeshauptstädten bis zu 25 % am Gesamtverkehr. Dresden liegt mit einem Modal Split für den Radverkehr von 16 % im Mittelfeld (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur 2014).

Häufig ist die Radverkehrsinfrastruktur den Anforderungen des steigenden Radverkehrs nicht gewachsen. Besonders in Städten, in denen der verkehrspolitische Fokus auf der Beschleunigung des MIV liegt, spielt der Radverkehr nur eine nachgeordnete Rolle bei der Planung und Realisierung von Verkehrsinfrastrukturmaßnahmen. Dabei bestehen beim Radverkehr nicht nur Defizite bezüglich des Radwegenetzes. Bei der Signalisierung an Knotenpunkten gibt es aus Sicht des Radverkehrs ebenfalls noch Potenziale (ADFC 2016).

Auch im Bereich Fahrerunterstützung durch Informations- und Assistenzsysteme hat der MIV einen großen Vorsprung vor dem Radverkehr. Während für Kraftfahrzeuge Systeme von einfacher Navigation über die Anzeige von Fahrzeugtelemetriedaten bis hin zum Spur- und Abstandhalteassistenten Stand der Technik sind, beschränken sich die Unterstützungssysteme für den Radverkehr im Wesentlichen auf Navigationssysteme und Trackinganwendungen für Radsportler. Mit der wachsenden Verbreitung von Pedelecs und E-Bikes und dem steigenden Anteil des Radverkehrs am Gesamtverkehr wächst auch der Markt für Informations- und Assistenzsysteme für Radfahrende.

25.2 Crowdsourcing von Radverkehrsdaten

Crowdsourcing ist eine Möglichkeit der Verkehrsdatengewinnung. Eine gängige Methode dafür ist die Verwendung von Apps für Smartphones und Tablets, mit denen Daten über die Nutzung der verschiedenen Verkehrsträger gewonnen werden können. In diesem Kapitel liegt der Fokus auf dem Radverkehr.

In den App-Stores für Android und iOS ist eine Vielzahl von Apps zu finden, die Radfahrende unterstützen. Sie lassen sich überwiegend in die Kategorien Fitness- und Routingapps einordnen. Letztere bieten ein Fahrradrouting, das meist auf Daten von OpenStreetMap[143], Google[144] oder ähnlichen Anbietern beruht. Die mit diesen Apps gewonnenen Daten sind oft weder auf die Gewinnung von Verkehrsinformationen ausgelegt noch öffentlich zugänglich. Beispiele hierfür sind Komoot (Komoot 2017) und Runtastic (Runtastic 2017).

In verschiedenen Forschungsprojekten wurden Anwendungen zur Radverkehrsdatenerhebung geschaffen, mit denen Radfahrende ihre Daten gezielt für Analysezwecke aufzeichnen

[143] https://www.openstreetmap.org
[144] https://www.google.de/maps

und zur Verfügung stellen können. Als Beispiele sollen hier MOVEBIS (Technische Universität Dresden - Professur für Verkehrsökologie 2017), Cyface (Hara 2017) und Bike-Track (Moser und Mang 2017) genannt werden.

25.3 Hintergründe zur BikeNow App

Abbildung 25-1. Kartenausschnitt von Dresden (Kartenquelle: OSM).

An der Technischen Universität Dresden (TU Dresden) wird in einer Kooperation des Lehrstuhls Rechnernetze (Fakultät Informatik) und des Lehrstuhls Verkehrsleitsysteme und -prozessautomatisierung (Fakultät Verkehrswissenschaften "Friedrich List") das Informationssystem BikeNow für Radfahrende entwickelt. Dieses berechnet eine Geschwindigkeitsempfehlung für Radfahrende, bei deren Einhaltung der nächste mit einer Lichtsignalanlage (LSA) gesteuerte Knotenpunkt während einer Grünphase erreicht wird. Berechnungsgrundlagen für die Geschwindigkeitsempfehlung sind die aktuelle Position und Geschwindigkeit des Radfahrenden und eine Prognose für die Freigabezeiten der nächsten LSA.

Der Prototyp ist voll funktionstüchtig als Android-App implementiert und über RESTful-Webservices mit verschiedenen Servern verbunden. Aktuell gibt es eine Route, die als Teststrecke genutzt wird. Diese befindet sich in Dresden zwischen Albertplatz und Nürnberger Platz und verbindet den Campus der TU Dresden mit der Dresdner Neustadt.

25.3.1 Ziele von BikeNow

Ein Ziel ist es, den Radverkehr attraktiver zu machen und mehr Menschen zum Radfahren zu bewegen. Das hat nicht nur positive Auswirkungen auf den Modal Split – den Anteil eines Verkehrsträgers am Gesamtverehr – und damit auf die verkehrsbedingten Emissionen, sondern

fördert auch die Gesundheit der Radfahrenden. Häufige verkehrsbedingte Unterbrechungen von Radfahrten senken die Attraktivität des Radverkehrs. Dieses Hemmnis wird mit der BikeNow-App adressiert, indem die Radfahrenden mit Informationen über die Schaltzeiten an den nächsten LSA-gesteuerten Knotenpunkten versorgt und ihnen Geschwindigkeitsempfehlungen gegeben werden. Dabei kann die Geschwindigkeit so angepasst werden, dass der Knotenpunkt entweder noch vor Ende der Freigabezeit (Grünphase) oder erst nach Beginn der Freigabezeit erreicht wird. So kann die Anzahl der Halte verringert und der Komfort beim Radfahren gesteigert werden. Für Radfahrende, die durch die Geschwindigkeitsempfehlungen ihre Geschwindigkeit erhöhen und den Knotenpunkt noch vor Ende der Freigabezeit passieren, kann sich zudem die Reisezeit verkürzen.

Ein weiteres Ziel ist die Erhebung von anonymisierten Floating Bike Data bzw. Floating Bicycle Data (FBD) (Fröhlich et al. 2016). Unter Floating Bike Data werden die Fahrprofile und die Trackingdaten der Radfahrenden verstanden. Aus diesen sollen durch Analysen Erkenntnisse über den aktuellen Radverkehr gewonnen werden. Eine Integration von Echtzeit-FBD in das Dresdner Verkehrsmanagementsystem soll dieses ergänzen und Aspekte der Radverkehrslenkung, -steuerung und –optimierung ermöglichen.

Schließlich soll der Radverkehr im Gesamten verbessert werden. Das geschieht direkt durch besser informierte Verkehrsteilnehmer und indirekt durch ein besseres Verständnis des Radverkehrs und einer breiteren Datengrundlage, die sowohl für die Evaluation des Radverkehrs als auch für die Planung und Realisierung von Radverkehrsinfrastrukturmaßnahmen dienen kann.

25.3.2 Anreize zur Nutzung von BikeNow

Mit der BikeNow-App sollen Radverkehrsdaten in Form von Floating Bike Data gewonnen werden, welche die Radfahrenden durch die Nutzung der App erheben und bereitstellen. Diese Art der Datenerhebung kann als Crowdsourcing betrachtet werden, für den die Nutzer mit Anreizen („Incentives“) zur Teilnahme motiviert werden müssen. Im gewählten Ansatz dienen ein erhöhter Komfort beim Radfahren und eine möglicherweise verkürzte Reisezeit als Incentives. Eine weitere Motivation zur Bereitstellung von Daten kann sein, dass durch die Auswertung der FBD eine Verbesserung des gesamten Radverkehrs erreicht werden kann.

25.3.3 Datengrundlage

Für die Berechnung der Geschwindigkeitsempfehlung für die nächste auf der Fahrtroute liegende Lichtsignalanlage werden verschiedene Daten benötig. Diese sind:

- die aktuelle Position, Geschwindigkeit und Fahrtrichtung des Radfahrenden
- die Fahrtroute und die nächste auf der Route liegende LSA
- die zukünftigen Schaltzeiten der nächsten LSA

Die Fahrtroute ist in der aktuellen Version des Prototyps fest vorgegeben. Vor der Fahrt wird lediglich die Fahrtrichtung ausgewählt. In zukünftigen Versionen kann die Route über ein

Routing von den Radfahrenden selbst bestimmt werden. Durch Kenntnis der aktuellen Position auf der Route kann der Standort der nächsten LSA ermittelt werden. Die Standorte sind in einer Datenbank im Backend hinterlegt.

Die zukünftigen Schaltzeiten der Lichtsignalanlagen werden in Dresden durch das Verkehrsmanagementsystem VAMOS (siehe Kapitel 7) in Form von Grünzeitprognosevektoren bereitgestellt. Ein Grünzeitprognosevektor hat eine zeitliche Auflösung von einer Sekunde und einen Prognosehorizont von mehreren Minuten. Er enthält Informationen über den Standort der LSA und über die Wahrscheinlichkeit für eine Freigabe der einzelnen Signalgeber für jede Sekunde innerhalb des Prognosehorizontes. Bei Freigabewahrscheinlichkeiten über 85 % wird angenommen, dass der Signalgeber grün zeigt. In Abbildung 25-2 ist ein Grünzeitprognosevektor von Signalgeber K12 am Georgplatz in Dresden abgebildet. Dargestellt ist die Wahrscheinlichkeit einer Freigabe über der Zeit in Sekunden. In Grün dargestellt sind die prognostizierten Werte, die tatsächliche geschaltete Grünphase ist durch den schwarzen Rahmen gekennzeichnet.

Die aktuelle Position, Geschwindigkeit und Fahrtrichtung erfasst die App mit Hilfe der im Smartphone vorhandenen GPS-Sensoren. Ist der nächste LSA-gesteuerte Knotenpunkt mehr als 100 Meter entfernt, wird die Position alle 5 Sekunden bestimmt. Ab einen Abstand von 100 Metern wird das Erfassungsintervall auf 1 Sekunde verkleinert. Damit ist ein guter Kompromiss zwischen der benötigten Ortungsgenauigkeit bei der Annäherung an die LSA und dem Energieverbrauch der Positionsbestimmung des batteriebetriebenen Smartphones gefunden.

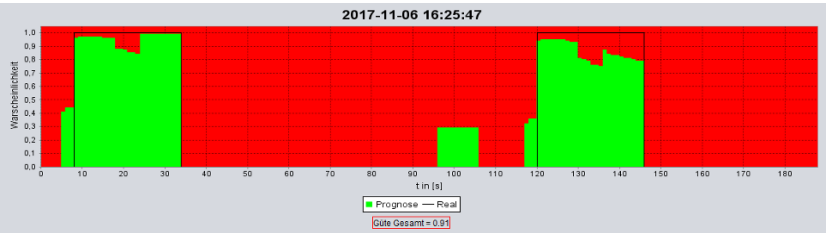


Abbildung 25-2. Grünzeitprognosevektor für Signalgeber K12 am Georgplatz in Dresden.

25.4 Systemstruktur von BikeNow

Die Systemstruktur des voll funktionsfähigen Prototyps ist in Abbildung 25-3 dargestellt. Das System BikeNow nutzt Informationen des Verkehrsmanagementsystems VAMOS mit den daran angeschlossenen Lichtsignalanlagen und besteht aus einem Gatewayserver, der BikeNow-App und einem Crowdsourcing-Server (CS-Server). Der Prototyp ist implementiert und wird für Test- und Analysezwecke genutzt. BikeNow nutzt die in VAMOS erstellten Grünzeitprognosevektoren für Dresden. Auf deren Grundlage wird im Endgerät die Berechnung der Geschwindigkeitsempfehlung durchgeführt.

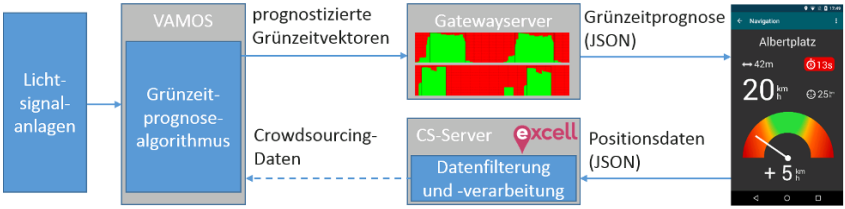


Abbildung 25-3. Systemstruktur von BikeNow.

25.4.1 Gatewayserver

Der Gatewayserver ist eine notwendige Zwischenstufe für die Kapselung des VAMOS. Dieses läuft als Echtzeitverkehrsmanagementsystem im Produktivbetrieb und unterliegt daher strengen Sicherheitsvorschriften, die es nicht erlauben, aus dem Internet direkt auf das System zuzugreifen. Die Grünzeitprognosevektoren werden über eine sichere Verbindung aus dem System auf den Gatewayserver übertragen, ohne dass es einen Rückkanal gibt. Auf dem Gatewayserver werden die Prognosen gespeichert und per Push-Nachricht an die registrierten Smartphones übertragen.

25.4.2 Das BikeNow-Frontend

Die BikeNow-App wird auf dem Smartphone der Radfahrenden ausgeführt und dient der Erfassung und Übermittlung der Positionsdaten sowie der Berechnung und Visualisierung der empfohlenen Geschwindigkeit. Für die nächsten Knotenpunkte, die auf der im Smartphone hinterlegten Route liegen, registriert sich die App am Gatewayserver. Dieser übermittelt dann per Push-Nachricht die aktuellen Grünzeitprognosen für die Signalgeber der entsprechenden Knotenpunkte. Dabei wird die Fahrtrichtung anhand der Routenplanung berücksichtigt: Verläuft die Route geradeaus über einen Knotenpunkt, werden die Daten des Signalgebers übermittelt, der diese Richtung signalisiert. Ist laut Routing ein Abbiegen vorgesehen, wird, sofern ein Extrasignalgeber vorhanden ist, der Prognosevektor des Signalgebers genutzt, der die entsprechende Richtung signalisiert. Nach dem Überqueren des Knotenpunktes meldet sich die App für den passierten Knotenpunkt ab und für die nächsten Knotenpunkte an. Damit wird sichergestellt, dass nur aktuell relevante Daten vom Server an das Smartphone übertragen werden. Die während der Fahrt ermittelten Positionsdaten werden lokal gespeichert und im Intervall von einer Minute an den CS-Server übermittelt.

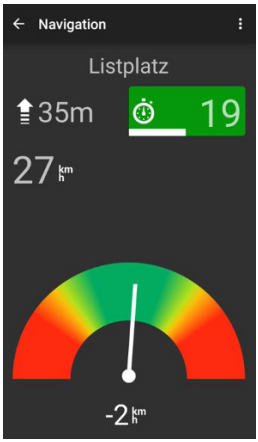


Abbildung 25-4. Fahrtansicht der App BikeNow.

Eine Kombination aus Grünzeitprognosevektor und aktueller Geschwindigkeit, Position und Fahrtrichtung ermöglicht die Berechnung einer maximalen und einer minimalen Geschwindigkeit, mit der das nächste Freigabefenster erreicht werden kann. Mit der minimalen Geschwindigkeit erreicht der Radfahrende den Knotenpunkt am Ende der Grünphase und kann den Knoten gerade noch vor Ende der Freigabezeit passieren. Analog dazu wird bei Einhalten der maximalen Geschwindigkeit der Knoten am Anfang der Freigabezeit erreicht, also dann, wenn von Rot auf Grün geschalten wird. Es ist auch möglich, eine Höchstgeschwindigkeit festzulegen. So wird vermieden, dass Geschwindigkeiten vorgeschlagen werden, welche die Nutzenden nicht erreichen. Ist eine Freigabe aufgrund der festgelegten Höchstgeschwindigkeit nicht zu schaffen, wird automatisch das nächste Freigabefenster für die Berechnung der Geschwindigkeitsempfehlung genutzt.

Die Fahrtansicht des Displays ist in Abbildung 25-4 dargestellt. Oben in der Mitte ist der Name der nächsten Kreuzung zu lesen. Darunter ist, mit einem Pfeil markiert, die Entfernung bis zur Haltelinie angegeben. In einem farbig hiterlegten Feld rechts ist die verbleibende Zeit bis zum Umschalten des Signalgebers in Sekunden angezeigt. Ist das Kästchen grün hinterlegt bezieht sich die Zeit auf die aktuelle Grünphase, ist es rot hinterlegt wird die aktuelle Rotphase angezeigt. Unter der Entfernungsangabe wird die aktuell gefahrene Geschwindigkeit in Kilometer pro Stunde (km/h) angegeben. Im unteren Bereich des Bildschirms wird die relative Geschwindigkeitsempfehlung in einer dem Tachometer nachempfundenen Anzeige dargestellt. Die Skala ist am linken und rechten Rand rot und in der Mitte grün. Befindet sich der Zeiger im grünen Bereich, wird der nächste Knotenpunkt während der Freigabe erreicht. Analog dazu erreichen die Radfahrenden den Knoten in einer Rotphase, wenn der Zeiger im roten Bereich ist. Ist der Zeiger links, sollte die Geschwindigkeit erhöht werden, befindet sich der Zeiger im

rechten Bereich, liegt die aktuelle Geschwindigkeit zu weit über der empfohlenen Geschwindigkeit. Unter der Instrumentendarstellung wird angezeigt, wie die aktuelle Geschwindigkeit verändert werden sollte, um mit der empfohlenen Geschwindigkeit zu fahren. Wird zum Beispiel -2 km/h angezeigt, sollte die Geschwindigkeit um 2 km/h reduziert werden.

25.4.3 Crowdsourcing-Server

Der CS-Server ist im Rahmen des BMWi-geförderten Forschungsprojektes ExCELL entstanden. Über eine RESTful Webserviceschnittstelle werden die Positionsdaten der Radfahrenden von der App an den CS-Server übermittelt. Neben der aktuellen Position werden auch Daten zur Höhe, Geschwindigkeit, Fahrtrichtung und GPS-Genauigkeit übertragen. Die dabei von der App verwendete Nutzeridentifikationsnummer wird bei jedem Start der App neu und zufällig generiert, so dass jede Fahrt eine eigene ID erhält und verschiedene Fahrten nicht miteinander verknüpft werden können. Auf dem Server werden weitere Anonymisierungsmaßnahmen durchgeführt, um den Datenschutz zu gewährleisten. Anschließend erfolgt ein Mapmatching auf ein hinterlegtes Radwegenetz, bevor die Daten für weitere Analysen in einer Datenbank abgelegt werden. Die Crowdsourcingdaten, die so durch die Nutzung der App erhoben und auf dem CS-Server gespeichert werden, stehen in Zukunft als Floating Bike Data im VAMOS zur Anzeige, Evaluation, Analyse und für das Radverkehrsmanagement zur Verfügung.

25.5 Entwicklung und Evaluation der Nutzerschnittstelle

Die Gestaltung der Nutzerschnittstellen bei Fahrerassistenzsystemen unterliegt der Anforderungen, möglichst viele Informationen darstellen zu können und dabei die Ablenkung vom Verkehrsgeschehen minimal zu halten. Um dieser Anforderung Rechnung zu tragen, wurde die Nutzerschnittstelle für BikeNow in einem zweistufigen Prozess im User-Centered Design (Norman und Draper 1986) entwickelt und evaluiert (Dinter 2016). Erste Entwürfe wurden in einer Vorstudie bewertet, die online als Webumfrage für 2 Wochen durchgeführt wurde. Die Umfrage ist mit 79 Teilnehmenden zwar noch nicht repräsentativ, liefert aber dennoch gute Anhaltspunkte für die Entwicklung. Es wurden die drei folgenden Themenbereiche abgedeckt:

- relevante Nutzerschnittstellenelemente während der Fahrt,
- Verständnis der bisher entwickelten Nutzerschnittstellen und
- allgemeine Fragen über die teilnehmenden Personen und deren Fahrverhalten.

Anhand der Umfrageergebnisse konnte ein grober Einblick in die Zielgruppe gewonnen werden.

Dem Großteil der Befragten (53,1 %) ist es sehr wichtig zu wissen, wie viel Zeit bis zum Phasenwechsel am nächsten Knotenpunkt bleibt. Auch ein Geschwindigkeitsindikator ist für die Meisten essentiell (48,1 % Sehr wichtig, 31,6 % wichtig), die momentane Geschwindigkeit ist vielen Teilnehmern wichtig (35,4 %). Die Anzeige der Zielgeschwindigkeit, die zum Erreichen der Ampel während der Grünphase benötigt wird, wird ebenfalls als sehr wichtig (40,5 %) bis

wichtig (31,6 %) erachtet. Die Anzeige der Distanz bis zum nächsten Knotenpunkt dagegen wird von 31,6 % als wichtig und von 26,6 % als unwichtig bewertet.

Die Bewertung der bisher entwickelten Nutzerschnittstellen lieferte Erkenntnisse über die Form, Farbe und Positionierung der verwendeten Elemente der Nutzerschnittstelle. So konnten verwirrende oder zu komplexe Anzeigeelemente identifiziert und verändert werden.

Das Alter der Befragten reicht von 14 bis 59 Jahren mit einem Mittelwert von 29,4 Jahren. 69,6 % sind männlich, 24 % weiblich. 40,5 % nutzen ein Stadtfahrrad, 36,7 % ein Rennrad und 15,2 % ein Mountainbike. Zum Fahrverhalten wurde gefragt, wie schnell gefahren wird. Eine Mehrheit von 54,4 % der Befragten fährt zügig, 41,7 % wollen sogar so schnell wie möglich fahren. Eine kleine Gruppe von nur drei Personen gab an, gemütlich zu fahren. 62 % der Befragten fährt täglich mit dem Rad oder zumindest 2-3 Mal in der Woche (30,4 %).

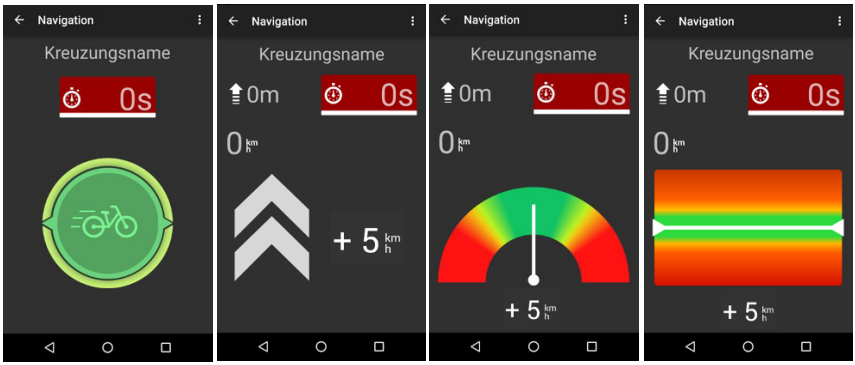


Abbildung 25-5. Vier Varianten der Nutzerschnittstelle a) minimal b) Pfeil c) Tacho d) Rechteck.

Basierend auf den Erkenntnissen der Vorstudie wurde ein Prototyp implementiert, der in einem Praxistest von 14 Personen auf Anwendbarkeit getestet wurde. Dabei wurde die Strecke zwischen Albertplatz und Nürnberger Platz in Dresden mit verschiedenen Fahrrädern befahren, an deren Lenker ein Smartphone mit der zu testenden App montiert war. Ziel der Untersuchung war es herauszufinden, welche der vier in Abbildung 25-5 dargestellten Fahrtansichten die verständlichste und am besten nutzbare ist, und welche Verbesserungspotenziale bestehen. Für jede Testfahrt wurde eine Ansicht gewählt. Nach den jeweiligen Fahrten wurden Interviews durchgeführt, in denen die Methode "thinking aloud" angewandt wurde, bei der die Testpersonen ihre Gedanken zur Fragestellung ungefiltert laut äußerten. Zusätzlich wurde eine kurze Befragung durchgeführt, um den System-Usability-Score zu ermitteln. Dieser Wert basiert auf einer Skala, die auf John Brooke (Brooke 1986) zurückgeht und dient dazu, eine Aussage über die Benutzbarkeit eines Gesamtsystems treffen zu können. Ab einem Wert von 68 Punkten und höher gilt ein System mindestens als gut gebrauchstauglich. Die Auswertung ergab Werte zwischen 75 und 95 Punkten und erreicht einen Durchschnitt von 83,9 Punkten, was einen sehr guten Wert darstellt.

Zehn der 14 Testpersonen waren männlich, 4 weiblich. Die Mehrheit von 57 % gab an, dass die Tachodarstellung (Abbildung 25-5 c) die verständlichste sei, gefolgt von der Pfeilansicht (Abbildung 25-5 b) mit 29 %. Die Hälfte der Testpersonen fühlte sich durch die Nutzung der Anwendung vom Straßenverkehr abgelenkt. In weiteren Entwicklungen ist das ein Punkt, der Berücksichtigung finden wird.

25.6 Potenziale für Datenanalysen

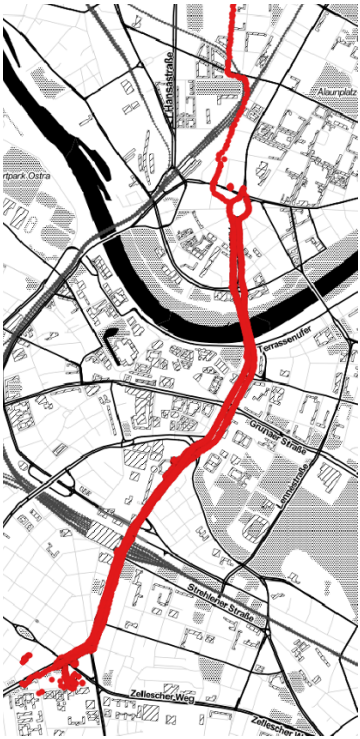


Abbildung 25-6. Darstellung aufgezeichneter Routen (Kartenquelle: OSM).

Floating Bike Data bieten die Möglichkeit vielfältiger Analysen. Die durch die Geschwindigkeitsempfehlung beeinflussten BikeNow-FBD könnten mit unbeeinflussten FBD aus anderen Quellen (z.B. Strava[145]) verglichen werden. Dabei sind Erkenntnisse darüber zu erwarten, in welchem Umfang eine Reisezeitverkürzung durch das Nutzen der BikeNow App möglich ist. Knotenpunkte, an denen besonders viele Rotlichtverstöße registriert werden und Knotenpunkte mit besonders langen Wartezeiten für Radfahrende könnten mit dem Ziel untersucht werden, die Signalprogramme für Radfahrende zu optimieren. In Abbildung 25-6 sind mehrere

[145] https://www.strava.com

aufgezeichnete Tracks von Teststreckenbefahrungen visualisiert. Es wird erwartet, dass durch die Nutzung des noch zu implementierenden freien Routings Tracks aus dem gesamten Stadtgebiet erfasst und dargestellt werden können. Diese tatsächlich von Radfahrenden genutzten Routen sind bisher schwer zu ermitteln und bieten einen wertvollen Wissenszuwachs. Mit der Kenntnis der temporalen und räumlichen Verteilung der durch Radfahrende zurückgelegten Wege können verschiedene Aspekte und Abhängigkeiten des Radverkehrs untersucht werden. So sind zum Beispiel neben dem Einfluss der Qualität des Radwegenetzes und des Wetters auch Untersuchungen zum Einfluss der Verkehrsdichte des MIV möglich. Aus den Erkenntnissen könnte beispielsweise ein verbessertes Radverkehrsrouting unter Berücksichtigung verschiedener Kriterien wie der aktuellen MIV-Verkehrslage resultieren.

In Abbildung 25-7 ist ein aufgezeichnetes Geschwindigkeitsprofil einer Testfahrt zu sehen. Neben den beiden Datenlücken am Pirnaischen Platz und am Wiener Platz ist die Unstetigkeit des Fahrprofils deutlich zu erkennen. Mit Hilfe solcher Fahrprofile können Verbesserungspotenziale identifiziert werden. Verlustzeiten an LSA können ermittelt und als Gütekriterium für die Bewertung des Radverkehrs genutzt und in Routingalgorithmen integriert werden. Eine Verstetigung der Fahrgeschwindigkeit kann die Qualität des Radverkehrs steigern.

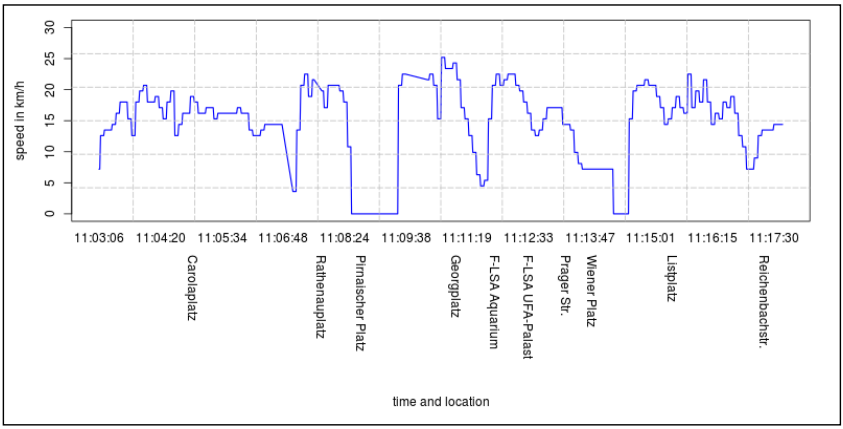


Abbildung 25-7. Geschwindigkeitsprofil einer Testfahrt.

Aus den gesammelten Radverkehrsdaten können ferner Handlungsempfehlungen für Baulastträger abgeleitet und zur Unterstützung in der Bewertung und Planung der Radverkehrsinfrastruktur genutzt werden.

25.7 Fazit und Ausblick

Mit dem aktuellen Prototyp konnte gezeigt werden, dass das hier vorgestellte System der BikeNow-App funktioniert. Mit den Nutzertests und -befragungen konnte die Nutzbarkeit nachgewiesen und Entwicklungspotenziale erkannt werden. Der erbrachte Nachweis des Nut-

zens motiviert eine weitere Entwicklung des Gesamtsystems. In dieser sollen nicht nur die erkannten Verbesserungspotenziale berücksichtigt, sondern auch die folgenden systematischen Erweiterungen und Veränderungen durchgeführt werden.

Die Nutzerschnittstelle wird in Zukunft weiterentwickelt. Eine Informationsweitergabe über Vibrationen oder akustische Signale könnte die visuelle Schnittstelle ergänzen oder als wählbare Alternative zur Verfügung stehen. Damit soll die Ablenkung im Straßenverkehr weiter verringert werden.

Für den Prototyp stehen Daten nur auf der Teststrecke zwischen Albertplatz und Nürnberger Platz zur Verfügung. Diese technisch bedingte Einschränkung wird aufgehoben. Zukünftig können für alle Dresdner Lichtsignalanlagen, bei denen die entsprechenden Daten vorhanden sind, Grünzeitprognosen abgerufen und damit Geschwindigkeitsempfehlungen berechnet werden.

Die aktuellen Grünzeitprognosevektoren sind Prognosen, die mit einer Wahrscheinlichkeit zutreffen und – je nach Art der Anlage und Randbedingungen wie kreuzendem ÖPNV – verschiedene Prognosegüten aufweisen. Für einige Anlagen im Stadtgebiet Dresden werden Steuereingriffe direkt aus dem Verkehrsmanagementsystem VAMOS vorgenommen. Für diese Anlagen sind die Schaltzeiten mit einem zeitlichen Horizont von mindestens 30 Sekunden bis maximal 90 Sekunden im System bekannt und können an die Endgeräte übertragen werden. Die Prognosen werden damit durch reale Daten ersetzt, wodurch eine signifikante Qualitätssteigerung zu erwarten ist.

Floating Bike Data können ins VAMOS integriert werden und damit die Grundlage für ein Radverkehrsmanagement liefern, welches in Echtzeit auf die Verkehrsbedingungen des MIV sowie des Radverkehrs reagieren und beispielsweise in die aktuelle Signalisierung an den Knotenpunkten eingreifen kann. Radfahrende können besser über die aktuellen Verkehrszustände informiert werden.

Eine Analyse der Crowdsourcingdaten kann Erkenntnisse zu einer Übertragbarkeit in Städte ohne ein System, das mit VAMOS vergleichbar ist, bringen. So können existierende Algorithmen zur Erkennung von Signalumläufen an Lichtsignalanlagen validiert oder falsifiziert werden. Auf den gewonnenen Erkenntnissen können entsprechende Konzepte für eine Übertragung des Systems in andere Städte erarbeitet werden.

Die anonymisierten und aufbereiteten Daten können als OpenData zur Verfügung gestellt werden. Eine anschauliche Visualisierung kann dabei helfen, eine FBD-Community aufzubauen und weitere Radfahrende zur Teilnahme am Crowdsourcing zu motivieren. Die Daten können für die Bewertung und Planung der Radverkehrsinfrastruktur genutzt werden.

25.8 Literaturverzeichnis

ADFC (2016) Fahrradklimatest. http://www.fahrradklima-test.de/. Abgerufen am 17.06.2017.

Brooke J (1986) SUS - A quick and dirty usability scale. Redhatch Consulting Ltd.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2014) Radverkehr in Deutschland - Zahlen, Daten, Fakten. https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/radverkehr-in-deutschland.html. Abgerufen am 23.07.2017.

Dinter S (2016) Entwurf der Nutzerinteraktioon für ein Assistenzsystem für Radfahrer zur freigabezeitoptimalen Annäherung an Lichtsignalanlagen - Bachelorarbeit. Dresden, Deutschland.

Fröhlich S, Springer T, Dinter S, Pape S, Schill A, Krimmling J (2016) BikeNow: A Pervasive Application for Crowdsourcing Bicycle Traffic Data. Ubicomp/ISWC'16 Heidelberg.

Hara TC (2017) Cyface - Professur für Rechnernetze - Technische Universität Dresden. https://tu-dresden.de/ing/informatik/sya/professur-fuer-rechnernetze/forschung/cyface. Abgerufen am 11.11.2017.

Komoot (2017) Alles was du brauchst, um die Natur zu erleben. https://www.komoot.de/. Abgerufen am 11.11.2017.

Moser M, Mang S (2017) Bike Track App | ADFC Speyer. http://speyer.adfc-rheinland-pfalz.de/track-bike/. Abgerufen am 11.11.2017.

Norman DA, Draper SW (1986) User Centered System Design; New Perspectives on Human-Computer Interaction. L. Erlbaum Associates Inc., Hillsdale, NJ, USA.

Runtastic (2017) Runtastic: Laufen, Radfahren & Fitness GPS-Tracker. https://www.runtastic.com/. Abgerufen am 11.11.2017.

Technische Universität Dresden - Professur für Verkehrsökologie (2017) MOVEBIS. https://tu-dresden.de/bu/verkehr/ivs/voeko/forschung/forschungsprojekte/movebis. Abgerufen am 11.11.2017.

26 Eine mobilen App zur crowdbasierten Erfassung von freien Parkplätzen durch Gamification[146]

C. Pflügler, M. Schreieck, M. Wiesche, H. Krcmar

Da Metropolen immer mehr Einwohner anziehen, haben Autofahrer Probleme, einen Parkplatz zu finden, was unnötigen Verkehr verursacht. Zwei Ansätze werden bereits angewendet, um das Problem zu mildern, wobei beide Mängel aufweisen. Auf der einen Seite verursachen infrastrukturbasierte Lösungen hohe Kosten. Auf der anderen Seite benötigen Crowdsourcing-basierte Lösungen keine großen Investitionen, aber es fehlt an Ermutigung und Anreiz für die Bürger, daran teilzunehmen. In diesem Kapitel wird die Verwendung von Gamification als Anreiz für das Crowdsourcing von Parkinformationen untersucht. Wir geben zunächst einen Überblick über Motivationstheorien, Gamification-Elemente und Anreiztypen. Basierend darauf haben wir einen Anwendungsprototyp entwickelt, der vom Tamagotchi-Ansatz inspiriert wurde. Benutzer können sich in dem entwickelten Prototyp-Spiel durchsetzen, indem sie sich um ein digitales Wesen kümmern – auch durch Crowdsourcing von Parkinformationen. Wir haben eine Umfrage durchgeführt, um die Attraktivität und Effektivität des Prototyps zu bewerten. Die Ergebnisse zeigten, dass unser Prototyp als angenehm empfunden wird. Der Einsatz von Glücksspielen scheint daher eine vielversprechende Möglichkeit zu sein, Menschen zum Informationsaustausch über kostenlose Parkplätze zu motivieren.

As metropolises and urban areas attract more population, drivers have more trouble finding a parking lot, which causes unnecessary traffic. Two approaches are already applied to mitigate the problem, both having their shortcomings. On the one hand, infrastructure-based solutions bear high costs, on the other hand crowdsourcing-based solutions do not require a lot of investment, but lack encouragement and incentive for citizens to participate. The purpose of this paper is to investigate the use of gamification in incentivizing crowdsourcing of parking information. Therefore, we first studied existing solutions to find parking lots. We then provide an overview of motivational theories, gamification elements, and incentive types. Based on that, we developed an application prototype inspired by the Tamagotchi approach. Users can succeed in the developed prototype game by taking care of a digital being – which includes participating in the crowdsourcing of parking information. We ran a survey to evaluate the attraction and effectiveness of the prototype. The results showed that our prototype is perceived to be enjoyable. Therefore, using gamification seems to be a promising way to motivate people to share information about free parking lots.

[146] Das Forschungsprojekt ExCELL wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert (Förderkennzeichen: 01MD15001D).

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018
M. Wiesche et al. (Hrsg.), *Management digitaler Plattformen*,
Informationsmanagement und digitale Transformation,
https://doi.org/10.1007/978-3-658-21214-8_26

26.1 Einleitung

Der zunehmende Verkehr ist zu einem ernsthaften Problem geworden. Die Anzahl der Autos auf der ganzen Welt nimmt stetig zu (Schrank und Lomax 2007). Es ist wahrscheinlich, dass der Verkehr in der Zukunft noch wachsen wird (Zhang und Batterman 2013). Die Suche nach einem kostenlosen Parkplatz ist unter diesen Umständen vor allem in Städten schwierig (Pflügler et al. 2016a). Bis zu 40 % des Verkehrsaufkommens während der Stoßzeiten entstehen durch Parkprobleme, die sich negativ auf den Fahrer und seine Umgebung auswirken (Giuffrè et al. 2012). Der daraus resultierende Stau kann die Geschwindigkeit senken und die Reisezeit erhöhen. Da der Autofahrer sich darauf konzentriert, ein freies Los zu finden, können Autofahrer leicht gestresst oder verzweifelt werden, wenn das Parken länger dauert als geplant. Daher kann die Aufmerksamkeit der Fahrer gegenüber Fußgängern und Fahrzeugen sinken, was zu einem höheren Risiko eines Verkehrsunfalls führt (Shoup 2006). Die National Highway Traffic Safety Administration der USA berichtete, dass etwa 25 % aller Autounfälle durch Ablenkung verursacht werden (Young et al. 2007). Staus haben nicht nur einen negativen Einfluss auf den Fahrer und sein Verhalten, sondern auch die Schadstoffemissionen (Schrank und Lomax 2007).

Zwei wichtige Elemente beim Parken eines Autos sind der Standort und die Verfügbarkeit des Parkplatzes. Ansätze wie SFPark (SFMTA - Municipal Transportation Agency 2017) lösen das Problem durch die Einführung von Überwachungssystemen für die Verfügbarkeit von Parkplätzen in Echtzeit. Ein solches System ist eine gute Lösung für das Parkproblem (Hoh et al. 2012), aber es erfordert viel Aufwand und Budget für die Entwicklung, Installation, Integration und Wartung. Neben infrastrukturbasierten Ansätzen existieren mehrere Projekte, die auf Crowdsourcing basieren (Morschheuser et al. 2016). Crowdsourcing-basierte Ansätze fanden aufgrund niedriger Entwicklungs- und Integrationskosten im Vergleich zu anderen Lösungen erhebliche Beachtung (Hoh et al. 2012). Sie leiden jedoch unter kleinen Gemeinschaftsgrößen und mangeln an Benutzermotivation.

Gamification, definiert als die Verwendung von Spiel-Designelementen in Nicht-Spielkontexten, wurde bereits in Bereichen wie Gesundheit, Bildung und Finanzen angewendet (Deterding et al. 2011). Das Hauptziel dieses Kapitels ist es zu untersuchen, ob es möglich ist, Gamification anzuwenden, um Daten zu freien Parkplätzen zu sammeln (Schwabe und Krcmar 2000). Außerdem wird ein Prototyp entwickelt, der die Anwendbarkeit überprüft. Wir werden prüfen, inwieweit unterschiedliche Methoden der Anreizgestaltung für diese Anwendung geeignet sind. Der Hauptzweck der entwickelten Anwendung ist die Sammlung von Daten über den Standort und die Verfügbarkeit von Parkplätzen. Wir nutzen eine umfragebasierte Bewertung um Feedback zum Prototyp zu erhalten und dessen Wirksamkeit zu messen. Zur Durchführung der Prototyp-Evaluierung wird Unified Theory of Acceptance and Use of Technology 2 (UTAUT2) nach Venkatesh et al. (2012) verwendet (Rocznik et al. 2017).

Der Rest des Kapitels ist wie folgt strukturiert: Abschnitt 26.2 gibt einen Überblick über verschiedene Arten von Motivation und Motivationstheorien und diskutiert Gamification, typische Spielelemente und ihre Motivationswirkungen, Strategien der erfolgreichen Gamification und bestehende Lösungen beim Finden von Parkplätzen. In Abschnitt 26.3 werden unsere Motivation und Strategie hinter dem Prototyp, das Spielkonzept, die zur Realisierung des Spiels verwendete Software sowie technische Details zu Design und Funktionalität der entwickelten Anwendung erläutert. Abschnitt 26.4 befasst sich mit der Bewertungsmethodik und erläutert die Ergebnisse unserer Umfrage, die dann in Abschnitt 26.5 zusammen mit den Einschränkungen unserer Arbeit diskutiert werden.

26.2 Theoretischer Hintergrund

Für das Crowdsourcing ist es wichtig, eine aktive Benutzergemeinschaft aufrechtzuerhalten (Schreieck et al. 2016a). In diesem Abschnitt werden daher die wichtigsten Aspekte der Motivation und Motivationstheorien behandelt, die in früheren Forschungsarbeiten zur Verfügung gestellt wurden. Darüber hinaus diskutieren wir die Theorie der Gamification.

26.2.1 Motivation

Motivation ist ein auslösender Mechanismus, der das Verhalten (Motilität) reguliert. Daher können wir zwischen drei Hauptaspekten der Motivation unterscheiden, die auf das Erreichen eines Ziels ausgerichtet sind: Initiierung, Richtung und Aufrechterhaltung.

Um einen besseren Einblick über Motivationsauslöser zu bekommen, klassifiziert die Psychologie Literatur die Motivation in zwei Typen: intrinsisch und extrinsisch.

Die intrinsische Motivation kommt aus dem eigenen Interesse und der Bereitschaft einer Person, eine bestimmte Aktivität ohne zusätzlichen Anreiz durchzuführen (Ryan und Deci 2000a). Hauptgründe für die Selbstverwirklichung von Aktivitäten sind Freude, Zufriedenheit und Interesse (Levesque 2011). Ryan und Deci (2000b) untersuchten die Ursachen für Selbstmotivation und Persönlichkeitsintegration. Ihren Erkenntnissen zufolge gibt es drei psychologische Bedürfnisse, die eine erhöhte Selbstmotivation und bedingtes Wohlbefinden gewährleisten, wenn sie zufrieden sind. Dies sind die Bedürfnisse nach Kompetenz, Autonomie und Verbundenheit.

Im Gegensatz zur intrinsischen Motivation, die sich aus dem Wunsch ergibt, aus eigener Bereitschaft eine Handlung auszuführen, bezieht sich extrinsische Motivation auf das Durchführen einer Aktivität, um eine Belohnung zu erhalten oder eine Bestrafung zu vermeiden (Levesque 2011). Oft spielt hier der Vergleich mit anderen sozialen Kontakten eine große Rolle (Petkov et al. 2011; Petkov et al. 2012). Im Allgemeinen haben Menschen, die sich aus intrinsischer Motivation heraus verhalten, mehr positive Gefühle und Ergebnisse erlebt als Menschen, die aus extrinsischer Motivation handeln (Levesque 2011). Während intrinsische Motivation in der Regel mit besseren Leistungen, einer höheren Kompetenz und einem höheren

Wohlbefinden verbunden ist, hängt extrinsische Motivation meist mit negativen Folgen wie Angstzuständen, Burnout und einem geringeren Wohlbefinden zusammen. Es wurde beobachtet, dass mehr Druck auf Schüler, Hausaufgaben zu machen und ihre Noten zu verbessern zu schlechteren Ergebnissen ohne Leistungsverbesserungen führt (Levesque 2011). Infolgedessen argumentieren wir, dass beide Arten von Motivation in Betracht gezogen werden müssen, wenn Menschen dazu motiviert werden, eine gewünschte Handlung wirksam durchzuführen. Es ist jedoch wichtiger, die Befriedigung von Kompetenz, Autonomie und Verbundenheit zu betonen, um die intrinsische Motivation zu steigern, anstatt sich auf äußere Einflüsse zu verlassen, die auf extrinsische Motivation hindeuten.

Zusammenfassend können wir feststellen, dass die intrinsische Motivation einen größeren Einfluss auf die Leistung hat als extrinsische Motivation. Obwohl extrinsische Motivationsmechanismen nützlich sein können, wenn Menschen mit vergleichsweise geringem Aufwand für einen kurzen Zeitraum motiviert werden, sind intrinsisch motivierte Menschen tendenziell eher loyal und einer bestimmten Aufgabe gewidmet. Das erworbene Hintergrundwissen hilft, geeignete Motivationsmechanismen entsprechend der ausgewählten Zielgruppe zu ermitteln.

26.2.2 Gamification

Gamification hat in den letzten Jahren viel Interesse in verschiedensten Bereichen geweckt (Klinker et al. 2017). Ursprünglich aus der digitalen Medienbranche stammend, wurde der Begriff 2008 erstmals verwendet. Die weit verbreitete Einführung begann 2010 (Deterding et al. 2011). Gamification ist definiert als die Verwendung von Spiel-Designelementen in Nicht-Spielkontexten (Deterding et al. 2011). Da Spiele in erster Linie zum Zwecke der Unterhaltung konzipiert sind, schlägt Gamification die Verwendung von Spielelementen vor, die in Spielen angewendet werden, um andere Kontexte anziehender, unterhaltsamer und ansprechender zu machen. Die zunehmende Bedeutung mobiler Geräte in unserem täglichen Leben ermöglicht es Benutzern, Spiele von überall aus zu spielen. Der schnelle und einfache Zugriff auf Spiele und gamifizierte Anwendungen von Smartphones machen dieses Konzept somit noch attraktiver für Unternehmen, wenn sie ein neues Produkt auf den Markt bringen. Anwendungen mit Spielelementen existieren bereits in Bereichen wie Gesundheit, Bildung, Finanzen und anderen Feldern (Deterding et al. 2011). Die folgende Auflistung enthält einen kurzen Überblick über typische Spielelemente, die bei der Entwicklung von Spielen oder gamifizierten Anwendungen verwendet werden können. Spielelemente haben jeweils motivationale Effekte aus der psychologischen Perspektive. Mehrere Forschungspublikationen, die dieses Thema untersuchen, wurden bereits veröffentlicht, wie beispielsweise von Sailer et al. (2013) oder Richter et al. (2015). Gamification besteht aus folgenden Elementen:

Punkte: Punkte sind einfache Darstellungen von Feedback und Belohnungen. Punkte werden als Scoring-System, als Indikator für den Fortschritt, als Mittelwert zum Vergleich von Rängen oder als Währung verwendet. Aus technischer Sicht werden Punkte meist als numerische Zähler realisiert. Ihre vordergründige Aufgabe besteht darin, Feedback zur Leistung zu

geben. Nach der kognitiven Bewertungstheorie von Ryan und Deci (2000a) unterstützt positives Feedback das Gefühl von Kompetenz und erhöht die intrinsische Motivation. Sofortiges Feedback ist auch eine entscheidende Voraussetzung, damit die Anwendung den Nutzer in den Fluss kommen. Ein Fluss ist wichtig, damit die Anwender in einen Fluss kommen, damit diese langfristig mitgezogen werden. Punkte können auch die Einschätzung von Fähigkeiten fördern, was wiederum eine notwendige Bedingung für den Fluss ist. Darüber hinaus können Punkte zu einer wahrgenommenen Selbstwirksamkeit in einer bestimmten Aktivität führen (Richter et al. 2015). Die Selbstwirksamkeitserwartung macht die Motivation der Menschen authentisch, was zu einer besseren Leistung, Ausdauer und Kreativität führt (Ryan und Deci 2000b). Darüber hinaus können Punkte den Ruf verbessern und sich positiv auf den sozialen Status innerhalb der Gemeinschaft auswirken. So können sie das Bedürfnis nach Verbundenheit befriedigen, dass in der Selbstbestimmungstheorie behandelt wird.

Bestenlisten: Bestenlisten oder Ranglisten sind Listen von Spielern, die nach einem bestimmten Attribut sortiert sind. Attribute, mit denen Benutzer sortiert werden, können z.B. die Anzahl der Punkte oder Zeit, die für die Ausführung einer Aufgabe benötigt wird, sein. In den meisten Fällen sind Benutzer, die in einer Rangliste gezeigt werden, die erfolgreichsten in der Gemeinschaft. Mithilfe von Ranglisten können Benutzer ihre Positionen auf der Liste mit anderen vergleichen und herausfinden, wie viel Aufwand erforderlich ist, um in der Rangliste aufzusteigen. Bestenlisten können in direkter Beziehung zu Punkten stehen, wenn Punkte zum Definieren von Rängen verwendet werden. Bestenlisten können deshalb einige Motivationsmechanismen nutzen, die für Punkte gelten. Darüber hinaus kann der Vergleich der eigenen Punktzahl mit anderen den Wettbewerb fördern und die Nutzer dazu motivieren, ihre Position auf der Liste zu verbessern, was die von Maslow et al. (1970) vorgeschlagene Befriedigung der Wertschätzung entsprechen würde. Ranglisten, die Team-Scores zeigen, können aufgrund gemeinsamer Ziele und Eigenschaften, die in der Gruppe bewertet werden, die Gemeinschaft der Teammitglieder fördern.

Abzeichen: Abzeichen sind visuelle Darstellungen der Leistungen der Spieler (Sailer et al. 2013). Erfolge bedeuten normalerweise, dass eine Reihe von gewöhnlichen Aktivitäten oder einzelne außergewöhnliche Leistungen vorliegen. Die Festlegung klarer Ziele ist eine weitere relevante Bedingung. Dazu passen Abzeichen perfekt. Sie legen nicht nur klare und erreichbare Ziele fest, sondern erinnern auch Spieler an vergangene Erfolge und zeigen Nachweise früherer Erfolge, die das Selbstwertgefühl und das Selbstvertrauen stärken. Dies verkörpert das vierte Bedürfnis nach Maslow et al. (1970). Abzeichen können auch das Bedürfnis nach Zugehörigkeit oder Stärkung des Gefühls für soziale Verbundenheit durch Betonung von Status und Macht befriedigen. Schließlich füllen die Abzeichen die Spieler mit Neugier und erhöhen ihr Interesse, was die Sammlung und Exploration fördert und zu Loyalität und Bindung an das Spiel führen kann.

Level-Systeme: Ein weiteres nützliches Element zum Anzeigen des gesamten Spielfortschritts ist ein Level-System. Um in diesem System voranzukommen, erhält ein Benutzer Erfahrungspunkte zum Ausführen von Aufgaben. Diese Erfahrungspunkte können mit anderen Belohnungen einhergehen. Nach Erreichen eines bestimmten Schwellenwerts wird das Level des Benutzers erhöht (Fecher 2012). Level-Systeme werden in erster Linie zur Darstellung von Fortschritten und zum Feedback zur Entwicklung eines Spielers verwendet. Beide Maßnahmen können daher zur Stärkung des Kompetenzgefühls beitragen. Das Konzept der Level deutet auf Können hin, bietet eine moderate Herausforderung und fördert die Beherrschung, was alles Faktoren sind, die zur Entwicklung des Flusses beitragen. Der Status, der durch die Levels repräsentiert wird, und die Fähigkeit, mit zunehmender Schwierigkeit fertig zu werden, tragen dazu bei, Macht und Fähigkeiten zu demonstrieren, die das Bedürfnis nach Wertschätzung erfüllen. Levels können auch als Zielsetzungswerkzeug fungieren und das Spiel weiter fördern. Die Spieler sind daher motiviert, im Spiel voranzukommen und ihre Fähigkeiten an höhere Anforderungen anzupassen, um ein optimales Flusserlebnis zu gewährleisten.

Quests: Quests sind Aufgaben, Missionen oder Verträge innerhalb des Spielkontextes, die Spieler ausführen können. Der Erfolg in einer Quest gibt dem Spieler immer eine Belohnung für seine Zeit und seine geleistete Arbeit. Quests tragen zum Fortschritt im Spiel bei. Sie können entweder die Hauptgeschichte entwickeln oder kleine Geschichten außerhalb des Spielplans verkörpern (sogenannte Nebenquests). Es gibt vier Aspekte, die eine Quest darstellen (Fecher 2012). Erstens gibt es ein klar definiertes Ziel, das erfüllt werden muss. Zweitens wird jede Quest von einem bestimmten Akteur angeboten, der das Ziel und die Belohnung für das Erreichen des Ziels festlegt. Drittens muss eine Quest erklären, wie ein Spieler das gegebene Ziel erreichen kann. Und schließlich muss jede Quest eine Belohnung anbieten. Während die meisten Quests einzeln durchgeführt werden können, können einige Quests für Gruppen entworfen werden. In diesem Fall ist die Durchführung einer solchen Quest für einen einzelnen Spieler entweder nicht möglich oder zu schwierig. Daher haben die meisten Gruppenquests außergewöhnliche Belohnungen, die die Spieler dazu motivieren, sie zu erledigen. Quests unterstützen das Gefühl des Flusses und sorgen für Transparenz. Spieler beenden normalerweise Quests, weil sie die Spielgeschichte verfolgen, ihre Erfahrung erhöhen oder eine Belohnung erhalten möchten (Fecher 2012). Das Gefühl von Wichtigkeit und Selbstwirksamkeit wird auch durch Quests vermittelt. Durch die Teilnahme an Gruppen-Quests können die Spieler soziale Beziehungen spüren, wenn sie mit anderen Mitgliedern der Gemeinschaft interagieren.

Stories: Stories sind ein gutes Mittel, um dem Spielkontext zusätzliche Atmosphäre zu verleihen. Sie erklären den Hintergrund der Spieleinstellungen, Beziehungen und Bedingungen innerhalb des Spiels an Benutzer. Die Nutzung von Stories bietet viele Vorteile, die zum Zweck der Gamification genutzt werden können. Stories können aufgrund ihrer emotionalen Tiefe bestimmte Gefühle wecken und damit die emotionale Verbindung zwischen Spieler und Spiel verstärken. Wie von Richter et al. (2015) vorgeschlagen, tendieren Spieler dazu, motivierter zu

sein, wenn Gamification positive Gefühle verstärkt. Stories können auch Interesse für den Situationskontext wecken. Ryan und Deci (2000b) behaupteten, dass Interesse, Aufregung und Vertrauen zu einer gesteigerten Leistung, höherem Selbstwertgefühl und allgemeinem Wohlbefinden führen.

Avatare: Ein Avatar ist ein Spielcharakter, den die Spieler beim Spielen kontrollieren können. Spieler können normalerweise das Aussehen, die Eigenschaften oder Fähigkeiten dieses virtuellen Charakters oder dieser Kreatur gestalten und verbessern. Diese Attribute werden proportional zum Level des Charakters oder mit Hilfe von Spielelementen aktualisiert (Fecher 2012). Das Konzept eines Avatars vereint eine ganze Reihe von Motivationseffekten. In erster Linie lassen Entscheidungen über die innere und äußere Entwicklung des Avatars viel Raum für Kreativität und Selbstausdruck und erfüllen damit die letzte Notwendigkeit in der Theorie von Maslow et al. (1970) - das Bedürfnis nach Selbstverwirklichung. In Anbetracht der Tatsache, dass es viele Möglichkeiten gibt, Aussehen und Fähigkeiten zu gestalten, kann ein Avatar die Autonomie fördern und sich positiv auf den Fluss auswirken, da Möglichkeiten zur Beherrschung angeboten werden. Das Gefühl des Flusses ist auch möglich, wenn ein Avatar die richtige Herausforderung trifft. Eine Erfahrung positiver Gefühle und sozialer Bezüge ist zu spüren, wenn Avatare konfigurierbar und aussagekräftig sind.

26.2.3 Theorien der erfolgreichen Gamification

Da verschiedene Menschen je nach ihren Bedürfnissen, Werten und Zielen unterschiedliche Dinge als motivierend oder lohnend betrachten (Richter et al. 2015), ist es wichtig, ein umfassendes Verständnis sowohl der Zielgruppe als auch der Motivationsmechanismen zu haben. Darüber hinaus können unterschiedliche Elemente unterschiedliche Ergebnisse in Wechselwirkung miteinander erzeugen. Aus diesem Grund ist es auch wichtig, auf die allgemeinen Erkenntnisse der Gamification hinzuweisen, um erfolgreich zu sein. Es gibt einige Aspekte, die für den allgemeinen Erfolg der Gamification unabdingbar sind. Webb (2013) schlägt einen effektiven Ansatz für die Einführung von Gamification vor. Webb schlägt vor, zunächst die Geschäftsziele zu identifizieren und zu verstehen, wie Gamification dazu beitragen kann, diese Ziele zu erreichen. Die Entwicklung eines entsprechenden Geschäftsmodells ist bei Lösungen, die auf einer virtuellen Community basieren, entscheidend (Leimeister und Krcmar 2004). Die Methode zur Messung des Erfolgs der Gamification sollte definiert werden. Außerdem ist es wichtig, das Verhalten, die Motivation und die Erwartungen der Benutzer zu verstehen, bevor Spielelemente spontan hinzugefügt werden, was für Benutzer möglicherweise nicht ansprechend ist.

Um etwas über die Eigenschaften des Spielers zu erfahren, identifizierten Bartle et al. (1996) vier Arten von Menschen, die Spiele spielen: Leistungsträger, Entdecker, Killer und Sozialisierer. Um eine erfolgreiche Gamification durchzuführen, müssen Spielelemente auf den

spezifischen Fall und die Zielgruppe im Entwicklungsprozess abgestimmt werden. Dieser Prozess sollte eine iterative Praxis von Forschung, Design und Bewertung sein (Aparicio et al. 2012).

26.2.4 Verwandte Arbeiten

In diesem Abschnitt werden wir einige existierende gamifizierte Anwendungen genau untersuchen, um zu sehen, ob und wie die genannten Theorien genutzt werden und welche Ergebnisse sie erzielen. Die prominentesten Anwendungen auf Android werden berücksichtigt. Fünf haben Crowdsourcing genutzt, und zwei davon umfassen Gamification-relevante Elemente: Parkopedia und Parkonaut. Letztere nutzt einfach Punkte als Anreiz, während Parkopedia eher Spielelementen basiert. Da Parkopedia eine höhere Downloadzahl als Parkonaut hat, können wir die Aussage von Hamari et al. (2014) unterstützen, dass Gamification positive Effekte erzeugen kann, wenn wir die Anzahl der Downloads als Maß zu Rate ziehen.

Abgesehen von der Parkplatzanwendung existieren noch andere erfolgreiche gamifizierte Crowdsourcing-Anwendungen. Foursquare und Swarm sind zwei Beispiele für erfolgreiche Anwendungen, die den Nutzern mit über 10 Millionen Downloads von der Google Play-Plattform interessante Standorte vorschlagen. Nike + Run Club ist ein weiteres Beispiel, das Herausforderungen, Quests, Level, Abzeichen und Ranglisten nutzt, um Benutzer zu körperlichen Trainingsaktivitäten zu motivieren. Schließlich ist Pou ein Tamagotchi-Spiel mit mehr als hundert Millionen Downloads von Google Play, bei dem die Benutzer sich um eine virtuelle Kreatur kümmern, ihre Erscheinung ändern und Mini-Spiele spielen können. Pou verwendet Avatare, Punkte, Abzeichen, Level und Ranglisten und kann mit sozialen Netzwerken verbunden sein. Um eine Anwendung erfolgreich zu gestalten, ist es wichtig, transparente Ziele zu setzen, die Zielgruppe zu verstehen, geeignete Spielelemente auszuwählen und die durch die Gamification-Strategie vorgeschlagenen Ergebnisse aufgrund der Gamification zu bewerten.

26.3 Systemdesign

In diesem Abschnitt werden die wichtigsten Informationen zum Spiel und seinem Entwicklungsprozess erläutert. Wir haben die von Webb (2013) vorgeschlagene Strategie für erfolgreiche Gamification angewandt und einen Spielprototyp entwickelt. Das Hauptziel der Anwendung besteht darin, Informationen über den Standort und die Verfügbarkeit von Parkplätzen über Crowdsourcing zu sammeln. Das Ziel dieser wissenschaftlichen Arbeit ist es nicht, das Parkempfehlungssystem selbst zu entwickeln, sondern einen Weg zu schaffen, um die notwendigen Daten zu sammeln und die Auswirkungen der Gamification im Prozess zu evaluieren. Wir haben die in diesem Beitrag diskutierte Strategie der erfolgreichen Gamification angewandt, um ein besseres Verständnis des Projekts und der erwarteten Ergebnisse zu erhalten. Im Folgenden werden die Schlüsselkonzepte der Strategie, die unseren Entwicklungsprozess maßgeblich beeinflusst hat, erörtert.

Wie bereits erwähnt, ist es unser vorrangiges Ziel, qualitativ hochwertige Daten zu Parkmöglichkeiten hinsichtlich ihrer Positionierung und Zeit, zu der sie verfügbar sind, zu sammeln. Um dieses Ziel zu erreichen, ist es wichtig, eine Gemeinschaft aktiver Nutzer zu etablieren und zu erhalten. Somit sind Aufbau, Aufrechterhaltung und Erweiterung einer Nutzerbasis unsere sekundären Ziele. Nach Prüfung und Auswertung der Ergebnisse unserer Studie sollte abschließend beurteilt werden können, ob ein gamifizierter Ansatz bei der Lösung des Parkproblems hilfreich sein kann. Der Erfolg hängt stark von der Anzahl der aktiven Benutzer ab.

Parkplatzbezogene Anwendungen zielen normalerweise auf Autofahrer als potenzielle Benutzer ab, da sie den größten Nutzen aus dem System ziehen. Dies schränkt jedoch die Popularität der Anwendung ein. Minderjährige dürfen nicht fahren, und da die Nutzung von mobilen Geräten während der Fahrt verboten ist, haben Autofahrer als Zielgruppe beim Fahren Einschränkungen. In Anbetracht dieser Überlegungen haben wir uns dafür entschieden, uns nicht auf Autofahrer als unsere Hauptnutzer zu konzentrieren. Die von uns entwickelte Anwendung konzentriert sich auf Menschen, die oft auf der Straße unterwegs sind und freie Zeit haben, um Daten bezüglich freier Parkplätze zu teilen. Unser Projekt zielt darauf ab, Menschen zu motivieren, Daten außerhalb ihrer Häuser zu sammeln, während sie z.B. auf dem Weg zur Arbeit sind, einkaufen gehen, mit dem Hund spazieren gehen, Sport treiben oder aus einem anderen Grund Parkmöglichkeiten vorfinden. Die mobile Anwendung Pokemon GO, die während der Entwicklung unseres Prototyps veröffentlicht wurde, bewies eindeutig, dass Benutzer motiviert werden können, rauszugehen, körperlich aktiv zu werden und bestimmte Aufgaben auszuführen, um in einem Spiel Fortschritte zu erzielen. In Anbetracht der von Bartle (1996) vorgeschlagenen vier Spielertypen konzentrieren wir unsere Aufmerksamkeit auf Entdecker und Leistungserbringer, da ihre Eigenschaften am besten zu dem von unserer Anwendung erwarteten Verhalten passen.

Nachdem die Geschäftsziele ausgewählt und die Zielgruppe festgelegt wurde, haben wir für unser Anwendungsdesign geeignete Spielelemente in Bezug auf unser theoretisches Wissen ausgewählt, um die Nutzer angemessen zu adressieren. Unser primäres Spielelement ist ein Avatar, der sich positiv auf die Fluss-Erfahrung der Nutzer auswirkt und klare Ziele setzt. Das zweite Schlüsselelement wird durch Punkte repräsentiert, die dem Benutzer ein direktes Feedback zu seinen Aktionen geben und zusätzlich für Belohnungen verantwortlich sind. Wir haben uns auch entschieden, ein Level-System zu implementieren, um den Fortschritt im Spiel anzuzeigen. Schließlich wollten wir eine einfache Art von Abzeichen einführen, um die Erfolge der Nutzer nachzuverfolgen. Für die Zukunft können Bestenlisten genutzt werden, um das Bedürfnis nach Dominanz und Demonstration von Macht zu befriedigen, die normalerweise Killer-Typen von Benutzern charakterisieren.

Für die Zwecke unserer Studie haben wir eine 2D-Spielanwendung für Android- und iOS-Mobilgeräte nach dem Tamagotchi-Prinzip entwickelt. Dem Benutzer wird somit eine virtuelle

Kreatur - in diesem Fall ein Hund - zur Verfügung gestellt, um die er sich kümmert, ihr Aussehen verbessert und mit ihr interagieren soll, um ihr Verhalten und ihren Zustand zu beeinflussen. Wir haben uns für einen Hund entschieden, der die Tamagotchi repräsentiert, weil er Hundebesitzer ansprechen kann, die mit einem Hund spazieren gehen und somit Parkdaten sammeln können. Um den Hund zu pflegen, braucht der Benutzer Münzen. Münzen werden für das Teilen von Parkplätzen vergeben. Um einen Parkplatz gemeinsam nutzen zu können, müssen Benutzer standortbasierte Dienste auf ihren mobilen Geräten aktivieren und ein Bild von einem verfügbaren Parkplatz machen. Nach der Aufnahme eines Bildes wird der Standort des Benutzers in Form von GPS-Koordinaten an eine externe API übermittelt, die sie mit einem entsprechenden Zeitstempel speichert. Um eine hohe Datenqualität zu gewährleisten, müssen die Benutzer davon ausgehen, dass die Bilder, die sie einreichen, später überprüft werden. Um ein neues Bild aufzunehmen, müssen die Benutzer neue Koordinaten erhalten, indem sie sich 28 Meter von ihrer letzten Position entfernt bewegen, um sicherzustellen, dass sie das System nicht für die mehrmalige Meldung des gleichen Parkplatzes missbraucht wird. Das Spiel wurde in Unity Engine implementiert. Unity Engine ist ein kostenloses, plattformübergreifendes Framework zur Entwicklung von 2D- und 3D-Spielen.

Mithilfe von Anwendungsfalldiagrammen ist es möglich, die Interaktion des Benutzers mit dem System darzustellen. Derzeitige Aktivitäten, die Benutzer durchführen können, wenn sie mit unserem Prototyp arbeiten, werden in dem Anwendungsfalldiagramm in Abbildung 26-1 gezeigt. Es ist unter den Anwendungsfällen zu beobachten, dass der Benutzer den Hund durch Gehen, Waschen und Füttern, das Aussehen des Hundes durch den Kauf von Gegenständen, und das Teilen von Parkplatzinformationen durch das Senden von Bildern von verfügbaren Parkplätzen und das erfolgreiche Hochladen entsprechender Koordinaten, verändern kann, um Münzen zu sammeln. Die Möglichkeit, sich bei Facebook anzumelden, erlaubt es den Nutzern, ihre Erfolge zu sehen. Der finale Anwendungsfall impliziert eine Interaktion mit dem Spiel, die weder das Tamagotchi noch den Spielfortschritt beeinflusst.

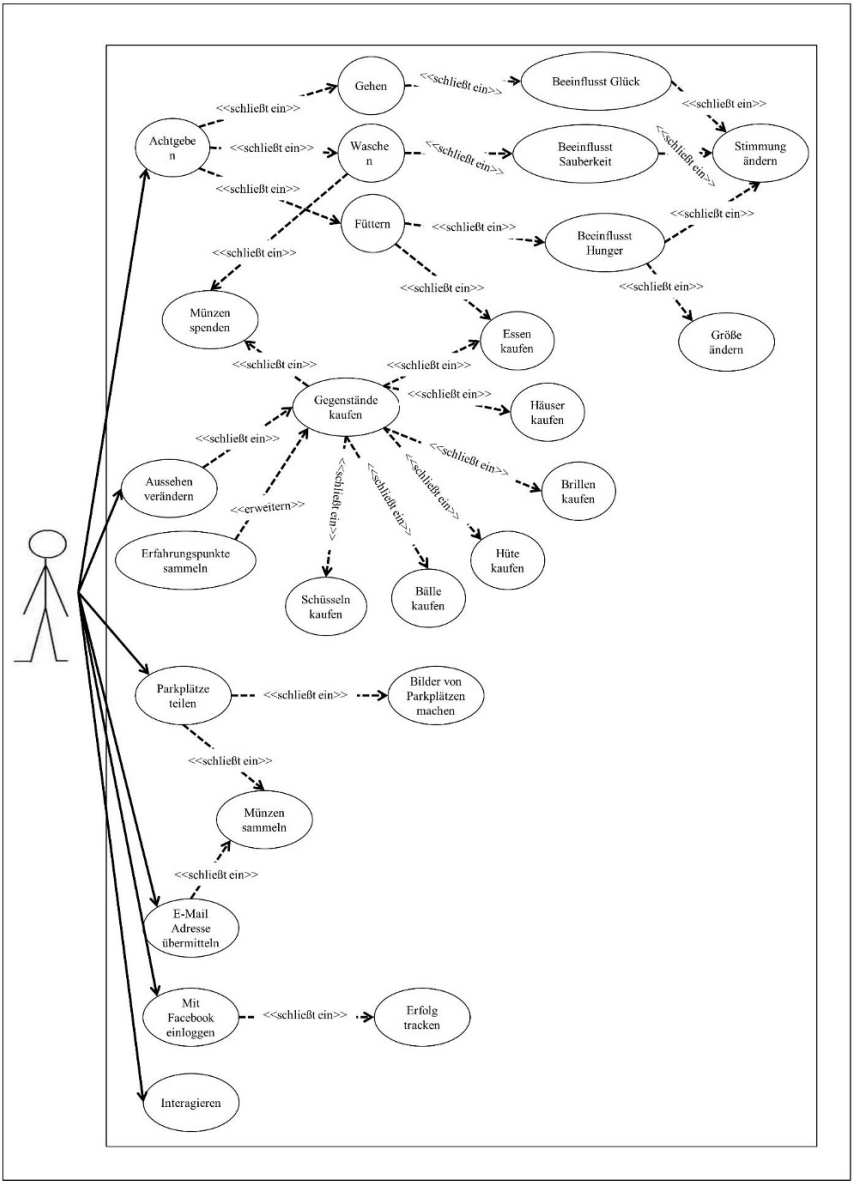


Abbildung 26-1. Nutzeraktivitäten.

26.4 Bewertung

Nach der Veröffentlichung der neuesten Version unseres Prototypen im Google Play und Apple Store haben wir eine Bewertung durchgeführt, um den Prototyp hinsichtlich seiner Akzeptanz und zukünftigen Nutzung zu bewerten. Zu diesem Zweck haben wir die von Venkatesh et al. (2012) vorgeschlagene vereinheitlichte Theorie der Akzeptanz und Nutzung von Technologie 2 (UTAUT2) angenommen, die zu unserem Anwendungsfall passt. Dieses Kapitel erläutert die angewandte Methodik und stellt die Ergebnisse der Studie vor.

UTAUT2 ist eine Theorie zur Vorhersage von Verhaltensabsichten bei Verwendung einer Technologie. Diese Theorie zielt unter anderem darauf ab, die Akzeptanz von Benutzern im Hinblick auf Informationssysteme zu evaluieren. Nach Überprüfung und Vergleich existierender Modelle, haben Venkatesh et al. (2012) eine einheitliche Theorie entwickelt, die wesentliche Aspekte von Akzeptanzdeterminanten der Benutzer aus anderen Theorien integriert (Venkatesh et al. 2003; Venkatesh et al. 2012; Sundaravej 2010). Das entwickelte Modell ermöglicht es, organisatorische Merkmale einer Technologie zu bewerten, die Einfluss auf den zukünftigen Erfolg oder Misserfolg des Systems haben kann.

Die Theorie besteht aus vier Schlüsselkonstrukten, die die Absicht auf den Einsatz von Technologie beeinflussen: Leistungserwartung (PE), Aufwandserwartung (EE), sozialer Einfluss (SI) und Vereinfachung von Bedingungen (FC). Die Leistungserwartung stellt Vorteile dar, die Benutzer bei der Verwendung einer Technologie erwerben. Die Aufwandserwartung gibt den Aufwand an, der mit der Verwendung von Technologie verbunden ist. Sozialer Einfluss impliziert, in welchem Maße Menschen aus dem Umfeld der Nutzer einen Einfluss auf den Einsatz der Technologie haben. Schließlich beziehen sich die vereinfachten Bedingungen auf die Ressourcen und Möglichkeiten der Nutzer, die von der Technologie benötigt werden. Der Theorie zufolge helfen die ersten drei Konstrukte, die Verhaltensabsicht zur Verwendung einer Technologie zu bewerten. In Kombination mit vereinfachten Bedingungen bestimmt die Verhaltensabsicht den Einsatz von Technologien (Venkatesh et al. 2012). Wie die Theorie impliziert, stellt die Verhaltensabsicht eine abhängige Variable dar, die durch unabhängige Variablen, d. H. andere Konstrukte, beeinflusst wird.

Da die Theorie ursprünglich für den Unternehmenskontext entwickelt wurde, erweiterte Venkatesh et al. (2012) mit einer weiteren Studie das Modell, um es im Kontext von Verbrauchern anwendbar zu machen. Dieses Modell eignet sich besser für die Bewertung einer Endbenutzererfahrung. UTAUT2 enthält drei zusätzliche Konstrukte: hedonische Motivation (HM), Preisbewusstsein (PV) und Gewohnheit (HT). Zusätzlich zu den neuen Konstrukten wirken sich individuelle Unterschiede wie Alter, Geschlecht und Erfahrung auf die Vereinfachung von Bedingungen aus, die Verhaltensabsicht und Technologieeinsatz beeinflussen. Freiwilligkeit, die ursprünglich ein Teil von UTAUT war, wurde in UTAUT2 nicht berücksichtigt.

Der Prozess der Datenprüfung ist wie folgt. Die Standardabweichung der Antworten wurde extrahiert, um zu verhindern, dass Teilnehmer alle Fragen in einer Reihe beantworten oder die

Antworten entfernen, die keine aussagekräftigen Erkenntnisse enthalten, da der Teilnehmer nicht ausreichend involviert war. Es wurde kein solcher Fall gefunden. Fehlende Daten für eine Antwort haben fünf Fragen beinhaltet, die uns nicht dazu bewogen haben, die komplette Stichprobe zu entfernen. Außer dem Alter wurden auch keine weiteren Ausreißerdaten gefunden. Insgesamt wurde die Umfrage unverändert gelassen. Tabelle 26-1 zeigt die demographische Verteilung der Teilnehmer der Umfrage.

Tabelle 26-1. Demographische Daten der Teilnehmer.

Eigenschaft		Häufigkeit	Anteil
Geschlecht	Männlich	29	62 %
	Weiblich	18	38 %
Alter	Unter 20	3	6 %
	20 – 29	37	79 %
	30 – 40	6	13 %
	40 und älter	1	2 %
Erfahrung mit der App	Gering	23	49 %
	Mittel	17	36 %
	Hoch	7	15 %

Tabelle 26-2 beschreibt die genauen Fragen der Umfrage, die Standardabweichung, den Durchschnitt und die Anzahl der Antworten für jede Frage. Fehlende Daten wurden durch den Mittelwert ersetzt, bevor der Partial Least Squares-Algorithmus mit der SmartPLS-Software ausgeführt wurde. Das Strukturmodell, wie in Abbildung 26-2 gezeigt, wurde durch den Algorithmus, inspiriert von der UTAUT2, berechnet. Basierend auf dieser Einschränkung und den mehrfachen Durchläufen der PLS-SEM-Algorithmen haben wir uns entschieden, das UTAUT-Modell auf das zu beschränken, was in Abbildung 26-2 zu sehen ist. FC, PV, HM, Alter, Geschlecht und Erfahrung wurden entfernt, um dieses Ziel zu erreichen. Sie sind in dieser Studie weniger wichtig, zum Teil weil es ein hypothetischer freier Prototyp ist, der auf einem Smartphone läuft, dass die meisten Leute verwenden und als selbstverständlich erachten.

Tabelle 26-2. Fragen, Durchschnitt und Standardabweichung der Antworten, Anzahl der Teilnehmer.

Fragen		Durch-schnitt	STD Abw.	N
PE1	Ich finde ParkMyDog nützlich in meinem täglichen Leben	2,83	1,88	47
PE2	Mit ParkMyDog kann ich Aufgaben schneller erledigen.	2,76	1,94	46
PE3	ParkMyDog erhöht meine Produktivität.	2,62	1,80	47
EE1	Meine Interaktion mit ParkMyDog ist klar und verständlich.	5,47	1,29	47
EE2	Es ist einfach für mich, geübt im Umgang mit ParkMyDog zu werden.	5,83	1,36	47
EE3	Ich finde ParkMyDog einfach zu benutzen.	6,06	1,24	47
EE4	ParkMyDog zu lernen ist für mich einfach.	6,09	1,32	47
SI1	Leute, die mir wichtig sind, denken, dass ich ParkMyDog benutzen sollte.	2,64	1,88	44
SI2	Leute, die mein Verhalten beeinflussen, denken, dass ich ParkMyDog benutzen sollte.	2,57	1,81	46
SI3	Menschen, deren Meinungen ich wertschätze, schlagen vor, dass ich ParkMyDog benutze.	2,74	1,87	46
FC1	Ich habe die notwendigen Ressourcen, um ParkMyDog zu nutzen.	6,26	1,47	46
FC2	Ich habe das notwendige Wissen um ParkMyDog zu benutzen.	6,67	0,78	46
FC3	ParkMyDog ist mit anderen Systemen kompatibel, die ich verwende.	5,59	2,10	46
FC4	Ich kann Hilfe bekommen, wenn ich Schwierigkeiten habe, ParkMyDog zu benutzen.	3,20	2,40	45
HM1	ParkMyDog macht Spaß.	4,49	1,87	47
HM2	ParkMyDog zu benutzen macht Spaß.	4,30	1,88	47
HM3	ParkMyDog zu benutzen ist sehr unterhaltsam.	4,04	1,84	47
PV1	ParkMyDog ist preiswert.	6,11	1,86	47
PV2	ParkMyDog ist ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis.	5,50	2,08	46
PV3	Zum aktuellen Preis bietet ParkMyDog einen guten Wert.	4,91	2,27	47
HT1	ParkMyDog zu benutzen ist für mich zur Gewohnheit geworden.	2,35	1,72	46
HT2	Ich bin süchtig nach ParkMyDog.	2,09	1,71	47
HT3	Ich muss ParkMyDog benutzen.	2,06	1,72	47
BI1	Ich beabsichtige, ParkMyDog auch in Zukunft weiter zu nutzen.	2,89	2,17	47
BI2	Ich werde immer versuchen, ParkMyDog in meinem täglichen Leben zu nutzen.	2,62	1,95	47
BI3	Ich plane, ParkMyDog häufig weiter zu nutzen.	2,49	1,92	47

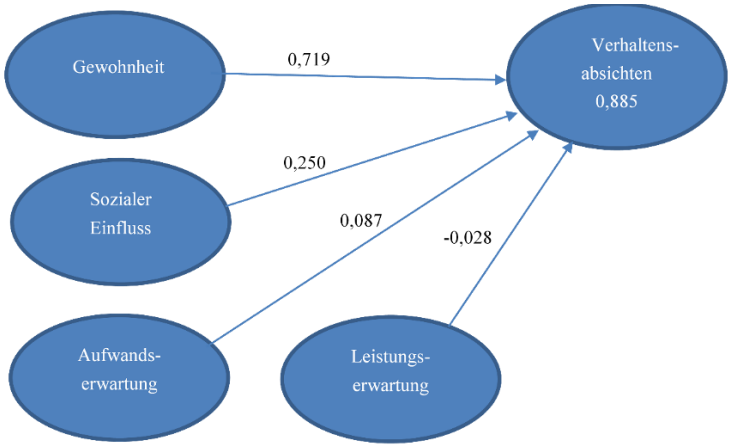


Abbildung 26-2. Das Konstruktmodell für PLS.

Bezüglich der Faktorbelastungen scheint die Gewohnheit die stärkste Kausalität gegenüber den Verhaltensabsichten zu haben. Auch der soziale Einfluss richtet sich danach. Und die Faktoren zwischen Konstrukten zeigen außer der Gewohnheit keinen aussagekräftigen Wert. Dies bedeutet, dass bei gewöhnlicher Verwendung der App die Absicht besteht, diese weiter zu verwenden. Zusätzlich beträgt die Zuverlässigkeit der Verhaltensabsichten mehr als 0.8, was auf eine zuverlässige Schätzung hindeutet. Insgesamt glauben wir, dass dies zeigt, dass wir mit einer ausreichenden Attraktivität gegenüber einer gamifizierten Anwendung eine aktive Benutzerbasis aufrechterhalten können, die dazu beiträgt, Daten aus Gewohnheit zu sammeln. Wie wir von Anfang an erwartet haben, kann die soziale Beeinflussung hier eine wichtige Rolle spielen. Obwohl die sozialen Medien und sozialen Merkmale der Anwendung ausgelassen wurden, ist der soziale Einfluss der zweitstärkste Zusammenhang mit dem Verhalten der Nutzer.

26.5 Ausblick und Fazit

Der wichtigste Aspekt, der in Zukunft zu berücksichtigen ist, ist die Gültigkeit der Daten. Um Parkflächen präzise vorherzusagen, müssen die gesammelten Daten von hoher Qualität sein, d.h. Kontrollmechanismen zur Datenprüfung müssen umgesetzt werden (Wiesche et al. 2011, 2013). Obwohl wir einige Maßnahmen eingeführt haben, um schädliches Benutzerverhalten zu verhindern, gibt es immer noch keine Garantie dafür, dass Benutzer Bilder von echten Parkplätzen machen. Der nächste Schritt könnte die Übertragung von Bildern an die externe API sein, wo sie manuell oder automatisch untersucht werden. Es ist auch möglich, die Gemeinschaft entscheiden zu lassen, ob geteilte Bilder Parkplätze enthalten, die dann belohnt werden können. Das Spieldesign ist auch ein wichtiges Thema, das in Zukunft beachtet werden muss. Darüber hinaus gibt es viele Möglichkeiten, die Attraktivität der Software zu verbessern. Wir haben das Spiel mit einfachen Graphiken implementiert, um den Entwicklungsprozess zu

vereinfachen. Das Spiel benötigt jedoch professionelle Designer, um Graphiken zu erstellen, die besser auf die Interessen der Zielgruppe zugeschnitten sind. Generell bietet unser Prototyp Einblicke in verschiedene Spiel- und Softwareentwicklungsthemen. Während einige von ihnen ausgereifter sind, wie die Anpassung der Tamagotchi, wurden anderen weniger Aufmerksamkeit geschenkt wie die Integration sozialer Beziehungen innerhalb und außerhalb der Gemeinschaft. Wir haben unser Spiel mit Facebook verbunden, aber hinter der Facebook SDK steckt mehr Potenzial als ein bloßer Login. In Zukunft können Benutzer Bilder von ihrem eigenen Tamagotchi auf Facebook oder anderen sozialen Medien teilen und so mehr Nutzer gewinnen. Mit einer größeren Nutzerbasis könnten die gewonnen Daten im nächsten Schritt in eine Mobilitätsplattform eingespeist werden, um so wiederum anderen Services und Applikationen zur Verfügung zu stehen (Pflügler et al. 2016b; Schreieck et al. 2018; Schreieck et al. 2016b).

Im Hinblick auf Gamification haben wir festgestellt, dass die Mehrzahl der untersuchten Anwendungen entweder nicht vollständig die Vorteile aus der Einführung von Spielelementen nutzt oder diese gar nicht erst umgesetzt hat. Deshalb haben wir mit Hilfe von Unity Engine einen Prototyp einer mobilen Anwendung entwickelt, um Daten auf Parkplätzen mit Hilfe von Spielelementen zu sammeln. Diese Studie zeigt, wie Gamification im Rahmen des Parkens zur Standortbestimmung und Verfügbarkeit von Parkplätzen eingesetzt werden kann. Die Einführung von Spielelementen in einen Nicht-Spielkontext erfordert eine gründliche Analyse ihrer Motivations- und Verhaltenswirkungen. Gamification kann so dazu beitragen, die im Projekt festgelegten Ziele zu erreichen und die Benutzererfahrung zu verbessern. Die intrinsische Motivation führte zu besseren Ergebnissen als extrinsische Motivation. Eine Kombination beider scheint jedoch gerechtfertigt zu sein. Diese Erkenntnisse lassen sich über den Projektkontext hinaus für die Anwendung von Gamification anwenden, zum Beispiel bei Non-Profit Projekten (Schreieck et al. 2017) oder zur Verbesserung flexibler Dienstleistungsprozesse mit Augemented Reality (Klinker et al. 2018a; Klinker et al. 2018b).

26.6 Literaturverzeichnis

Aparicio AF, Vela FLG, Sánchez JLG, Montes JLI (2012) Analysis and application of gamification, 13th International Conference on Interacción Persona-Ordenador.

Bartle R, Hearts C, Diamonds S (1996) Players Who Suit MUDs, 1996.

Deterding S, Dixon D, Khaled R, Nacke L (2011) From game design elements to gamefulness: defining gamification, 15th international academic MindTrek conference: Envisioning future media environments.

Fecher M (2012) Gamification in der Softwareentwicklung: Chancen und Möglichkeiten, IEEE GSC.

Giuffrè T, Siniscalchi SM, Tesoriere G (2012) A novel architecture of parking management for smart cities, Procedia-Social and Behavioral Sciences.

Hamari J, Koivisto J, Sarsa H (2014) Does gamification work?--a literature review of empirical studies on gamification, 47th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS).

Hoh B, Yan T, Ganesan D, Tracton K, Iwuchukwu T, Lee J-S (2012) TruCentive: A game-theoretic incentive platform for trustworthy mobile crowdsourcing parking services, 15th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems.

Klinker K, Berkemeier L, Zobel B, Huck-Fries V, Wiesche M, Remmers H, Thomas O, Krcmar H (2018a) Structure for innovations: A use case taxonomy for smart glasses in service processes, Multikonferenz Wirtschaftsinformatik Lüneburg, Deutschland.

Klinker K, Fries V, Wiesche M, Krcmar H (2017) CatCare: Designing a serious game to foster hand hygiene compliance in health care facilities, 12th International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology, Karlsruhe, Deutschland.

Klinker K, Wiesche M, Krcmar H (2018b) Supporting Creative Processes with IT: A literature review Multikonferenz Wirtschaftsinformatik Lüneburg, Deutschland.

Leimeister JM, Krcmar H (2004) Revisiting the virtual community business model, Tenth Americas Conference on Information Systems (AMCIS), New York, New York.

Levesque RJ (2011) Intrinsic and extrinsic motivation. In: Encyclopedia of Adolescence. Springer, S. 1478-1479.

Maslow AH, Frager R, Fadiman J (1970) Motivation and personality, vol 2. Harper & Row New York.

Morschheuser B, Hamari J, Koivisto J (2016) Gamification in crowdsourcing: a review, 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS).

Petkov P, Goswami S, Köbler F, Krcmar H (2012) Personalised eco-feedback as a design technique for motivating energy saving behaviour at home, 7th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Making Sense Through Design.

Petkov P, Köbler F, Foth M, Medland R, Krcmar H (2011) Engaging energy saving through motivation-specific social comparison, CHI'11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems.

Pflügler C, Köhn T, Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2016a) Predicting the Availability of Parking Spaces with Publicly Available Data, INFORMATIK 2016, Klagenfurt.

Pflügler C, Schreieck M, Hernandez G, Wiesche M, Krcmar H (2016b) A concept for the architecture of an open platform for modular mobility services in the smart city. Transportation Research Procedia 19: S. 199-206.

Richter G, Raban DR, Rafaeli S (2015) Studying gamification: the effect of rewards and incentives on motivation. In: Gamification in Education and Business. Springer, S. 21-46.

Rocznik D, Goffart K, Wiesche M, Krcmar H (2017) Towards Identifying User-Centered Requirements for Smart In-House Mobility Services. KI-Künstliche Intelligenz (3).

Ryan RM, Deci EL (2000a) Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. Contemporary Educational Psychology 25 (1): S. 54-67.
Ryan RM, Deci EL (2000b) Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. American Psychologist 55 (1): S. 68.
Sailer M, Hense J, Mandl H, Klevers M (2013) Psychological Perspectives on Motivation through Gamification. IxD&A 19: S. 28-37.
Schrank DL, Lomax TJ (2007) The 2007 urban mobility report. Texas Transportation Institute, Texas A & M University.
Schreieck M, Pflügler C, Dehner C, Vaidya S, Bönisch S, Wiesche M, Krcmar H (2016a) A Concept of Crowdsourced Delivery for Small Local Shops, INFORMATIK 2016, Klagenfurt.
Schreieck M, Pflügler C, Setzke DS, Wiesche M, Krcmar H (2018) Improving Urban Transportation: an Open Platform for Digital Mobility Services. In: Linnhoff-Popien C, Schneider R, Zaddach M (Hrsg.) Digital Marketplaces Unleashed. Springer, S. 479-489.
Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2016b) Modularization of digital services for urban transportation, Americas Conference on Information System, San Diego, USA.
Schreieck M, Wiesche M, Krcmar H (2017) Governing nonprofit platform ecosystems – an information platform for refugees. Information Technology for Development 23 (3): S. 618-643.
Schwabe G, Krcmar H (2000) Piloting Socio-Technical Innovation, European Conference on Information Systems (ECIS) 2000, Vienna, Austria.
SFMTA - Municipal Transportation Agency (2017) SFpark. http://sfpark.org/. Abgerufen am 15.10.2017.
Shoup DC (2006) Cruising for parking. Transport Policy 13 (6): S. 479-486.
Sundaravej T (2010) Empirical validation of unified theory of acceptance and use of technology model. Journal of Global Information Technology Management 13 (1): S. 5-27.
Venkatesh V, Morris MG, Davis GB, Davis FD (2003) User acceptance of information technology: Toward a unified view. MIS Quarterly: S. 425-478.
Venkatesh V, Thong JY, Xu X (2012) Consumer acceptance and use of information technology: extending the unified theory of acceptance and use of technology. MIS Quarterly 36 (1): S. 157-178.
Webb EN (2013) Gamification: when it works, when it doesn't, International Conference of Design, User Experience, and Usability.
Wiesche M, Schermann M, Krcmar H (2011) Understanding the Role of Information Technology for Organizational Control Design: Risk Control as New Control Mechanism. In: Blinn N, Schirmer I, Kautz K (Hrsg.) Governance and sustainability in information systems. Managing the transfer and diffusion of IT. Springer, S. 135-152.
Wiesche M, Schermann M, Krcmar H (2013) From Detecting Deviations to Preventing Shocks: The Value of IT for Management Controls, JMAR Research Conference.
Young K, Regan M, Hammer M (2007) Driver distraction: A review of the literature. Distracted Driving: S. 379-405.
Zhang K, Batterman S (2013) Air pollution and health risks due to vehicle traffic. Science of the Total Environment 450: S. 307-316.

Teil G: Handlungsempfehlungen

27 Handlungsempfehlungen zur Etablierung einer Mobilitätsplattform[147]

S. Pieper, F. Kunde, P. Sauer

Im nachfolgenden Abschnitt werden aus den Erfahrungen, die innerhalb von drei Jahren Forschungs- und Entwicklungstätigkeit im Projekt ExCELL entstanden sind, thesenartig zusammengetragen und als Handlungsempfehlungen für eine Übertragung auf andere Städte und Kommunen herausgearbeitet. Es werden Herausforderungen und Kriterien einer Mobilitätsplattform wie Transparenz, Offenheit und Datenschutz beschrieben. Zusätzlich werden Empfehlungen für die Datenverwaltung über Import- und Exportschnittstellen und die Microservice Architektur erläutert.

In the following section, we have examined the experiences and findings that emerge within three years of research and development activities in the ExCELL project. Therefore, we have created a proposal for the transfer of the mobility platform to other cities and communes. Transparency, openness and privacy describe the challenges and criteria of a mobility data platform. In addition, we explain recommendations for the data management via import and export interfaces and a micro service architecture.

[147] Das Forschungsprojekt ExCELL wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert (Förderkennzeichen: 01MD15001A-G).

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018
M. Wiesche et al. (Hrsg.), *Management digitaler Plattformen*,
Informationsmanagement und digitale Transformation,
https://doi.org/10.1007/978-3-658-21214-8_27

Nachfolgend werden verschiedene Implikationen des Projektes ExCELL skizziert. Diese spannen den Bogen von der Betrachtung der zu verarbeitenden Daten, über die offene Plattformstruktur bis hin zu Geschäftsmodellen und der Übertragung der Konzepte auf andere Städte und Kommunen.

27.1 Integration von Mobilitätsdaten vereinfachen

Mit Blick auf die im Projekt ExCELL verarbeitenden Daten ist festzustellen, dass Mobilitätsdaten inhärent heterogen sind. Sie liegen in diversen Datentypen wie CSV, PDF, proprietären Formaten von kommerziellen Anbietern, Textdaten und JSON vor. Daneben werden Mobilitätsdaten in strukturierter Form in relationalen Datenbanken abgelegt. Als zusätzliche Herausforderung müssen Daten aus den vielfältigsten Systemen integriert und verarbeitet werden, dazu zählen Sensormessungen aus dem Straßenverkehr, Baustellendaten der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Verkehrslagedaten sowie Stauinformationen, Wetterdaten und allgemeine Verkehrsstatistikdaten. Aus den genannten Gründen ist der Aufwand für die Datenintegration und Datenbereinigung hoch, wodurch eine große Bedeutung der Entwicklung von Extract, Transform, Load (ETL) Prozessen und einer einheitlichen Plattform für die Datennutzung zukommt. Das Ziel des Projektes ExCELL ist die Etablierung einer solchen Mobilitätsplattform.

27.2 Mehr offene Datensätze im Bereich Mobilität schaffen

Bisher wird das Feld der Mobilitätsdaten ausnahmslos Firmen wie Google, HERE oder Uber überlassen. Verkehrsdaten werden zwar zunehmend einer breiten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt, allerdings handelt es sich oft lediglich um Live-Schnittstellen für Parkhäuser oder Fahrplandaten des ÖPNV. Um die Dynamik des Verkehrs besser zu verstehen und eigene Modelle zu entwickeln, bedarf es einer exakten Datenbasis, die zumindest Angaben der Hauptverkehrsachsen der Stadt über einen mehrjährigen Zeitraum abdeckt. Technologisch gesehen lässt sich also schon heute eine offene Alternative zu den Marktführern aufbauen. Leider fehlt es dafür aber an einer vergleichbaren Menge an zusammenhängenden offenen Datensätzen. Plattformen wie mCLOUD[148] oder der Mobilitätsdatenmarktplatz MDM[149], beide Plattformen wurden vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) gefördert, bieten bisher leider nur Stückwerk und damit zu wenig, um komplexere Verkehrsmodelle abzuleiten. Natürlich ist eine großräumige Abdeckung durch Trackingdaten, wie sie Google durch Millionen von Android-Smartphones generiert, auf kurze Sicht nicht zu erreichen. Aber zumindest stationäre Verkehrssensorik existiert in vielen deutschen Städten und könnte längst genutzt werden. Rechtsbindende Beschlüsse der Länder könnten helfen, das Vorhaben voran zu treiben. Die INSPIRE-Initiative zur Harmonisierung von Geodateninfrastrukturen in Europa zeigt auf,

[148] https://www.mcloud.de/
[149] http://www.mdm-portal.de/

wie es funktionieren kann. Mit DATEX[150] II steht bereits das passende Austauschformat dafür bereit. Aus den oben genannten Gründen muss die ExCELL Plattform offene Datensätze bundesländerübergreifend integrieren und technologisch verarbeiten können.

27.3 Eine einheitliche Plattform für offene Mobilitätsdatensätze erstellen

In Deutschland gibt es eine große Anzahl von Open Data Plattformen, diese liegen oftmals bis auf Stadtebene vor. Ein Beispiel für ein städtisches Datenportal ist die Webseite der Stadt Bonn[151]. Für offene Daten auf Bundesebene existiert das GovData Portal[152]. Vorteilhaft ist, dass mittlerweile viele Städte und Gemeinden offene Datensätze für ihre Bürger und Softwareentwickler zur Verfügung stellen. Leider sind die Daten oftmals in unterschiedlichen Formaten in den Portalen abrufbar. Es fehlt eine einheitliche Plattform für alle offenen Datensätze in Deutschland, wie in Kapitel 2 dargelegt. Die ExCELL Plattform könnte diese Lücke füllen und eine standardisierte Schnittstelle zu offenen Mobilitätsdaten anbieten. Einen Vorstoß in diese Richtung hat die Universität Paderborn mit den Projekten Linked Data Services for Mobility (LIMBO)[153] und Open Data Portal Germany (OPAL)[154] bereits getan. LIMBO zielt darauf ab, Mobility Data Space aufzubauen, um Daten des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur für möglichst viele Anwendungen und Dritte barrierearm zur Verfügung zu stellen. OPAL legt den Fokus auf die Entwicklung eines Portals für offene Daten aus Deutschland. Die ExCELL Plattform muss im Gegensatz zu bereits bestehenden Plattformen offene Schnittstellen und einen einfachen Zugang zu den Daten und Services zulassen.

27.4 Grundfunktionalitäten einer Plattform durch Microservices anbieten

Auf der ExCELL Plattform liefern Services wie Geocoding, Routing, Tourenplanung, Tracking usw. die Grundfunktionalitäten für Entwickler. Externe Entwickler können aus diesen Grundservices neue Dienste oder Applikationen wie in einem Baukastenprinzip zusammensetzen, wodurch die Einstiegshürden bei der Benutzung der Plattform signifikant verringert werden. Essentiell bei dieser Art der Plattformnutzung sind eine gute Dokumentation der Services und eine einfache Integration neuer Services durch externe Entwickler. Die positiven Nebeneffekte einer Microservice-Struktur sind der modulare Aufbau der Services und die Einfachheit der einzelnen Dienste.

[150] http://www.datex2.eu/
[151] https://opendata.bonn.de/
[152] https://www.govdata.de/
[153] https://cs.uni-paderborn.de/de/ds/research/research-projects/active-projects/limbo/
[154] https://cs.uni-paderborn.de/de/ds/research/research-projects/active-projects/opal/

27.5 Drittentwickler für die Mobilitätsplattform gewinnen

Für Drittentwickler stellt die Mobilitätsplattform ein komfortables Developer Portal[155] zur Verfügung. Mit Hilfe dieses Portals können die Entwickler bestehende Services testen, umfangreiche Informationen zu den einzelnen Services abrufen, neue Services vorschlagen aber auch vorhandene Applikationen auf der Plattform verwenden. Das Developer Portal ist damit die erste Anlaufstelle für Open Data Hacker und interessierte Softwareentwickler, die mit den Services und Daten auf der Plattform interagieren wollen. Um das Portal lässt sich eine Open Source Community aufbauen, die neue Daten in die Plattform integrieren und weitere Microservices entwickeln. Als Basistechnologie für die Verwaltung der Community ist GitHub[156] einsetzbar, da viele Entwickler ohnehin über einen GitHub-Account verfügen. Dies bewirkt eine Vereinfachung beim Austausch zwischen den Entwicklern und der gesamten Organisation des Portals. Drittentwickler versprechen enorme Vorteile für die ExCELL Plattform, indem innovative Ideen und neue Services generiert werden.

27.6 Transparenz der Mobilitätsplattform sicherstellen

Zur Sicherstellung von Transparenz ist die ExCELL Plattform gänzlich Open Source, darüber hinaus müssen jegliche auf der Plattform verarbeiteten bzw. hochgeladenen Datensätzen als Open Data der Allgemeinheit bereitgestellt werden. Somit muss die Plattform generische Input- und Output-Schnittstellen anbieten. Einerseits müssen Datensätze anonymisiert in die Plattform importiert werden können, andererseits ermöglicht eine Export-Schnittstelle das Herunterladen der offenen Datensätze. Die Bereitstellung aller Webservices und ETL Prozesse als Open Source hat die Vorteile, dass Entwickler die Webservices und damit die ExCELL Plattform erweitern können und eine verbesserte Qualitätssicherung gegeben ist. Eine offene Plattform verhindert den Weg zu klassischen geschlossenen (und nicht zwangsläufig erfolgreichen) Insellösungen. Das Ziel einer transparenten Plattform ist es, die Daten miteinander zu vernetzen und so langfristig verfügbar zu machen.

27.7 KMU den Aufwand bei der Digitalisierung abnehmen

Wie bereits in Kapitel 1 ausgeführt, erweisen sich etablierte KMU im Bereich der Digitalisierung und Innovation als träge im Vergleich zu hoch innovativen Startups und häufig auch im Vergleich zu Großkonzernen. Gerade Handwerksunternehmen und Pflegeeinrichtungen sind sehr stark im Tagesgeschäft eingebunden und haben demnach keine Zeit, innovative Projekte in Richtung Digitalisierung anzustoßen. Die ExCELL Plattform ist eine Möglichkeit für KMU, von der Innovationskraft eines erfolgreichen Forschungsprojekts zu profitieren, Services

[155] https://www.excell-mobility.de/developer/
[156] https://github.com/

und Applikationen der Plattform lassen sich effizient in den Arbeitsalltag integrieren und nutzen. Die Plattform muss dafür Best Practices und Beispielanwendungen für diverse Anwendungsfälle bereitstellen, damit KMU einen Nutzen daraus ziehen können.

27.8 Branchenspezifische Lösungen für KMU entwickeln

Der Digitalisierungsstand der KMU hängt stark von deren Größe ab, wie in Kapitel 19 skizziert. Handwerksbetriebe verhalten sich dabei anders als Pflegedienste, Pflegedienste benötigen oftmals eine Lösung für alle Aufgaben im Unternehmen, angefangen bei der Planung von Touren, über Buchung und Abrechnung der Pflegeleistungen. Handwerksbetriebe brauchen im Arbeitsalltag oftmals eine Lösung zur effizienten Verwaltung von Kundenterminen. Für diesen Zweck existiert auf der ExCELL Plattform eine Lösung zur Planung von Kundenterminen namens TerminMeister[157]. Aus Interviews mit assoziierten Partnern ließ sich ermitteln, dass im Logistikbereich Individuallösungen gefordert sind. Letztendlich müssen so stark verzahnte Dienste wie die Logistik in die internen Prozesse eingewoben werden. Derartige Anpassungen bedingen einen hohen Consulting-Aufwand. KMU sind divers, es gibt keine Silver Bullet, die die gesamte Komplexität in KMU abdeckt. Folgerichtig muss die ExCELL Plattform allgemeine Services und Applikationen anbieten, die für ein großes Spektrum an KMU nutzbar sind. Diese Services müssen sich intelligent verknüpfen und anpassen lassen, damit ein Mehrwert der ExCELL Plattform für KMU demonstriert werden kann.

27.9 Auf Anforderungen von Städten und Kommunen eingehen

Aus Gesprächen mit städtischen Mitarbeiten aus deutschen Ballungszentren wurde deutlich, dass der Planungshorizont von Städten viel weiter gefasst ist, als bei KMU. Städte planen Projekte mit einem zeitlichen Rahmen von 15 Jahren, wohingegen KMU nicht weiter als vier Jahre im Voraus planen. Diese Unterschiede im Planungshorizont führen zu unterschiedlichen Bewertungen von Technologien und Trends. Für die Städte ist die Digitalisierung und das Thema Smart City ein wichtiges Zukunftsthema und wird in den Planungen konkret berücksichtigt. KMU sind dagegen stark im Tagesgeschäft eingespannt, somit werden diese Zukunftsfelder bei der Planung häufig vergessen. Großkonzerne treiben außerdem die Entwicklung im Bereich Smart City voran, weil hier ein wahrer Datenschatz vorhanden ist, der firmeninterne Geschäftsmodelle verbessern oder neue Geschäftsfelder erschließen kann. Für die Stadt Wolfsburg und den dort ansässigen Volkswagen-Konzern ist die Digitalisierung und das Thema Smart City beispielsweise von zentraler Bedeutung. Die ExCELL Plattform muss demnach konkrete Lösungen für beide Kundengruppen anbieten, um die Zufriedenheit zu erhöhen.

[157] https://terminmeister-app.de/

27.10 Datenschutz der Endnutzer berücksichtigen

Die neuen Richtlinien zum europäischen Datenschutz treten im Mai 2018[158] in Kraft. Die EU-Datenschutz-Grundverordnung (EU-DSGVO) stärkt einerseits natürliche Personen und deren Recht auf Schutz personenbezogener Daten und andererseits den freien Verkehr personenbezogener Daten. Datenschutz ist ein schwieriges Thema für KMU, dies wird sich mit der Einführung der DSGVO weiter intensivieren. Die großen Plattformen der GAFA-Unternehmen[159] sind allesamt nicht in europäischer Hand, demzufolge wachsen besonders in Deutschland die Bedenken hinsichtlich der vier großen Unternehmen Google, Facebook, Apple und Amazon. Wobei die Unternehmen eine riesige Marktmacht besitzen und Lock-in- sowie Netzwerkeffekte die Endnutzer an diese Plattformen binden. Gute Dienste entscheiden über die Nutzung von Plattformen und es wird genutzt, was vorhanden ist. Trotzdem existiert in den Städten und bei den Endnutzern eine Sensibilisierung in Bezug auf Datenweitergabe und Datenschutz. Es findet ein Paradigmenwechsel in der Nutzung von Diensten statt, Datenschutz ist ein essentieller Wettbewerbsfaktor in Deutschland und spielt eine immer wichtigere Rolle. KMU und Großkonzerne müssen sich diesen Gegebenheiten anpassen. In der Vergangenheit kam es bei den großen Unternehmen häufig zu Datenschutzskandalen und Hackerangriffen. ExCELL kann hier ansetzen und eine Marktmacht gewinnen, da die Themen Datenschutz und Privatsphäre mit der neuen Datenschutz-Grundverordnung im Mai 2018 fokussiert werden. Die ExCELL Plattform anonymisiert sensible Datensätze und erlaubt somit die sichere Weitergabe von Daten.

27.11 Die ExCELL Plattform auf andere Städte übertragen

Ausgehend von der prototypischen Musterstadt Dresden mit ihrem hochgradig optimierten Sensornetz konnten die Anforderungen für eine Übertragung auf andere Städte und Kommunen gesammelt werden. Dresden besitzt mit dem hochverzahnten und intelligenten Verkehrsmanagementsystem VAMOS eine Spitzenposition in Deutschland, siehe dazu den ADAC Monitor 2017[160]. Andere Städte und Gemeinden können einen solchen Datenschatz nicht vorweisen. Ungeachtet dessen besitzen andere Städte in Deutschland eine gute Abdeckung mit Verkehrssensoren, dazu zählen beispielsweise Wolfsburg, Köln sowie Darmstadt etc., lediglich die Datenintegration und Datenauswertung ist in diesen Städten nicht auf dem gleichen Niveau wie in Dresden. Auf Grund ähnlicher Datenstrukturen der stationären Sensordaten sowie der Floating Car Daten sind wenige Anpassungen bei den, auf der ExCELL Plattform verfügbaren, Data Mining Algorithmen erforderlich. Der modulare Aufbau basierend auf Microservices ist die Grundlage für eine einfache Übertragbarkeit auf andere Städte und Verringerung der Zugangshemmnisse auf die Plattform, da generische Import- und Export-Schnittstellen bereitstehen, um neue Datensätze zu integrieren und zu verarbeiten. Kommunen können Webservices auf der Plattform nutzen, daraus neue Applikationen entwickeln und auf Grund der transparenten

[158] https://www.bitkom.org/Presse/Anhaenge-an-PIs/2016/160909-EU-DS-GVO-FAQ-03.pdf
[159] http://t3n.de/news/gafa-oekonomie-apple-825842/
[160] https://www.adac.de/_mmm/pdf/fi_monitor_mobil_zusammenfassung_308132.pdf

Struktur der ExCELL Plattform weitere Webservices programmieren. Als Accelerator dienen die Daten der Städte und Kommunen, wodurch weitere Partner auf die Plattform gelockt werden und einen Mehrwert generieren. Daten, als das neue Öl oder auch Baumwolle[161], der digitalen Welt werden den Motor der innovativen Zukunft deutscher Städte und Kommunen weiter antreiben.

[161] https://www.golem.de/news/big-data-daten-sind-wie-baumwolle-1412-110692.html

Teil H: Anhang

28 Veröffentlichungen

Im Rahmen des Projektes ExCELL entstanden 35 wissenschaftliche Publikationen. Darüber hinaus befinden sich derzeit noch zahlreiche Artikel im Begutachtungsprozess.

1. **Böck, M., Köbler, F., Anderl, E., & Le, L. (2016).** Social Media-Analyse–Mehr als nur eine Wordcloud? HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, 53(3), S. 323-338.
2. **Böck, M., Köbler, F., Anderl, E., & Le, L. (2016).** Social Media-Analyse–Mehr als nur eine Wordcloud? HMD Best Paper Award 2016, Springer Vieweg, Wiesbaden.
3. **Fries, V., Pflügler, C., Wiesche, M., Krcmar, H. (2016).** The Hateful Six – Factors Hindering Adoption of Innovation at Small and Medium Sized Enterprises. Twenty-Second Americas Conference on Information Systems (AMCIS), San Diego, USA.
4. **Fröhlich, S., Springer, T., Dinter, S., Pape, S., Schill, A., Krimmling, J. (2016).** BikeNow: a pervasive application for crowdsourcing bicycle traffic data. In Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing, S. 1408-1417. New York, USA.
5. **Hein, A., Schreieck, M., Wiesche, M., Krcmar, H. (2016).** Multiple-Case Analysis on Governance Mechanism of Multi-Sided Platforms. Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (MKWI), Ilmenau.
6. **Köbler, F. (2017).** Smart Data verkürzen Fahrzeiten. Internationales Verkehrswesen (69) 2, S. 89.
7. **Krcmar, H., Räß, G., Wiesche, M., Pflügler, C., Schreieck, M. (2017).** Digitalisierung im Handwerk – IT-Einsatz für mehr Effizienz entlang der Prozesskette. Technische Universität München, Handwerkskammer für München und Oberbayern.
8. **Kunde, F., Hartenstein, A., Pieper, S., Sauer, P. (2017).** Traffic prediction using a Deep Learning paradigm. 1st International Workshop on Big Geo Data Quality and Privacy (BIGQP), Venedig, Italien.
9. **Kunde, F., Hartenstein, A., Sauer, P. (2017).** Spatio-Temporal Traffic Flow Forecasting on a City-Wide Sensor Network. In: Ivan, I.; Horák, J; Inspektor, T. (Eds.). Dynamics in GISciene. Proceedings of GIS Ostrava, S. 253-265. Springer, Berlin, Heidelberg.
10. **Kunde, F., Pieper, S., Sauer, P. (2016).** ExCELL – eine Plattform für die Vorhersage und Analyse von Verkehrsdaten. In: Gross, M., von Klinski, S. (Hrsg.): Research Day 2016 – Stadt der Zukunft, S. 76 – 83, Mensch und Buch Verlag, Berlin.
11. **Kunde, F., Sauer, P. (2017).** Raum-zeitliche Mustererkennung in Sensordaten mit Deep Learning. FOSSGIS2017, Passau.

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018
M. Wiesche et al. (Hrsg.), *Management digitaler Plattformen*,
Informationsmanagement und digitale Transformation,
https://doi.org/10.1007/978-3-658-21214-8

12. **Kunde, F., Sauer, P. (2017).** pgMemento–A Generic Transaction-Based Audit Trail for Spatial Databases. 15th International Symposium on Spatial and Temporal Databases 2017, S. 416-420. Springer, Berlin, Heidelberg.

13. **Lang, M., Pflügler, C., Schreieck., Wiesche, M., Krcmar, H. (2016).** Datenschutz durch maschinenlesbare Zertifizierung mittels XBRL. Smart-Data-Begleitforschung: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.

14. **Mathis, K., Köbler, F. (2015).** Data Canvas und Data-Need Fit – Daten für neue Geschäftsmodelle nutzen. Mensch und Computer 2015, Stuttgart.

15. **Mathis, K., Köbler, F. (2016).** Data-Need Fit – Towards data-driven business model innovation. Proceedings of the ServDes.2016 Conference.

16. **Pflügler, C., Köhn, T., Schreieck, M., Wiesche, M., Krcmar, H. (2016).** Predicting the Availability of Parking Spaces with Publicly Available Data. In: Mayr, H. C. & Pinzger, M. (Hrsg.), Informatik 2016. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V., S. 361-374.

17. **Pflügler, C., Schreieck, M., Hernandez, G., Wiesche, M., Krcmar, H. (2016).** A Concept for the Architecture of an Open Platform for Modular Mobility Services in the Smart City. Transportation Research Procedia 19, S. 199-206.

18. **Pieper, S., Kunde, F., Waterloo, S., Sauer, P. (2017).** Bereinigung unvollständiger und fehlender Messreihen für Verkehrsvorhersagen. Research Day 2017, Beuth-Hochschule Berlin.

19. **Sauer, P., Pieper, S., Kunde, F., Waterloo, S. (2017).** Correction of Incomplete and Incorrect Time Series for Traffic Prediction. In: Milosz, M.; Tukeyev, U. (Hrsg.). Varia Informatica 2017. S. 217-226. PIPS.

20. **Schreieck, M., Finke, R., Wiesche, M., Krcmar, H. (2017).** Sandbox vs. Toolbox – Analysis of Boundary Resources in B2B Software Platforms. 6th European Workshop on Software Ecosystems (EWSECO), Darmstadt.

21. **Schreieck, M., Hakes, C., Wiesche, M., Krcmar, H. (2016).** Analysis of Platform Governance in the Internet of Things. 5th European Workshop on Software Ecosystems (EWSECO), Walldorf.

22. **Schreieck, M., Hakes, C., Wiesche, M., Krcmar, H. (2017).** Governing Platforms in the Internet of Things. 8th International Conference on Software Business (ICSOB), Essen.

23. **Schreieck, M., Hein, A., Wiesche, M., Krcmar, H. (2018).** The Challenge of Governing Digital Platform Ecosystems. In: Linnhoff-Popien, C., Schneider, R., Zaddach, M. (Hrsg.) Digital Marketplaces Unleashed, 527-538. Springer, Berlin, Heidelberg.

24. **Schreieck, M., Pflügler, C., Dehner, C., Vaidya, S., Bönisch, S., Wiesche, M., Krcmar, H. (2016).** A Concept of Crowdsourced Delivery for Small Local Shops. In: Mayr, H. C. & Pinzger, M. (Hrsg.), Informatik 2016. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V., S. 375-384.

25. **Schreieck, M., Pflügler, C., Soto Setzke, D., Wiesche, M., Krcmar, H. (2018).** Improving Urban Transportation: An Open Platform for Digital Mobility Services. In: Linnhoff-Popien C., Schneider R., Zaddach M. (Hrsg.) Digital Marketplaces Unleashed, S. 479-489. Springer, Berlin, Heidelberg.

26. **Schreieck, M., Pflügler, C., Wiesche, M., Krcmar, H. (2016).** Forderung 2: Verfahren zur Wertermittlung von Datensätzen schaffen. Smart-Data-Begleitforschung: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.

27. **Schreieck, M., Safetli, H., Siddiqui Sajjad, A., Pflügler, C., Wiesche, M., Krcmar, H. (2016).** A Matching Algorithm for Dynamic Ridesharing. Transportation Research Procedia 19, S. 272-285.

28. **Schreieck, M., Wiesche, M. (2017).** How Established Companies Leverage IT Platforms for Value Co-Creation – Insights from Banking. Twenty-Fifth European Conference on Information Systems (ECIS), Guimarães, Portugal.

29. **Schreieck, M., Wiesche, M., Hein, A., Krcmar, H. (2016).** Governance of nonprofit platforms – Onboarding mechanisms for a refugee information platform. SIG GlobDev Ninth Annual Workshop, Dublin, Irland.

30. **Schreieck, M., Wiesche, M., Krcmar, H. (2016).** Design and Governance of Platform Ecosystems – Key Concepts and Issues for Future Research. Twenty-Fourth European Conference on Information Systems (ECIS), Istanbul, Türkei.

31. **Schreieck, M., Wiesche, M., Krcmar, H. (2016).** Modularization of Digital Services for Urban Transportation. Twenty-Second Americas Conference on Information Systems (AMCIS), San Diego, USA.

32. **Schreieck, M., Wiesche, M., Krcmar, H. (2017).** Governing nonprofit platform ecosystems – an information platform for refugees. Information Technology for Development 23(3), S. 618-643.

33. **Schreieck, M., Wiesche, M., Krcmar, H. (2017).** The Platform Owner's Challenge to Capture Value – Insights from a Business-to-Business IT Platform. Thirty-Eighth International Conference on Information Systems (ICIS), Seoul, Südkorea.

34. **Schreieck, M., Zitzelsberger, J., Siepe, S., Wiesche, M., Krcmar, H. (2017).** Supporting Refugees in Every Day Life – Intercultural Design Evaluation of an Application for Local Information. Twenty-First Pacific Asia Conference on Information Systems (PACIS), Langkawi, Malaysia.

35. **Soto Setzke, D., Pflügler, C., Schreieck, M., Fröhlich, S., Wiesche, M., Krcmar, H. (2017).** Matching Drivers and Transportation Requests in Crowdsourced Delivery Systems. Twenty-third Americas Conference on Information Systems (AMCIS), Boston, USA.

29 Die Autoren

Marcel Altendeitering, fortiss GmbH, München, altendeitering@fortiss.org

Alexander Eiting, FELD M GmbH, München, alexander.eiting@feld-m.de

Sven Fröhlich, Technische Universität Dresden, Institut für Verkehrstelematik, Dresden, sven.froehlich@tu-dresden.de

Christian Gassel, Technische Universität Dresden, Institut für Verkehrstelematik, Dresden, christian.gassel@tu-dresden.de

Alexander Hartenstein, Beuth Hochschule für Technik Berlin, ahartens@gmail.com

Andreas Hein, Technische Universität München, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, München, andreas.hein@in.tum.de

Gabriel Hernandez Valdivia, FlixBus DACH GmbH, Berlin, gabriel.hernandezvaldivia@gmail.com

Veronika Huck-Fries, Technische Universität München, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, München, veronika.fries@in.tum.de

Dr. Felix Köbler, FELD M GmbH, München, felix.koebler@feld-m.de

Fabian Kolbe, Allianz Group, München, fabian.kolbe@allianz.de

Prof. Dr. Helmut Krcmar, Technische Universität München, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, München, krcmar@in.tum.de

Prof. Dr. Jürgen Krimmling, Technische Universität Dresden, Professur Verkehrsleitsysteme und -prozessautomatisierung, Institut für Verkehrstelematik, Dresden, juergen.krimmling@tu-dresden.de

Felix Kunde, Beuth Hochschule für Technik Berlin, felix.kunde@beuth-hochschule.de

Katrin Mathis, Digitale Konzepte mit mehr Wert, Freiburg, info@katrin-mathis.de

Vivien Neumann, Technische Universität München, vivien.neumann@tum.de

Sebastian Pape, Technische Universität Dresden, Institut für Verkehrstelematik, Dresden, sebastian.pape@tu-dresden.de

Christoph Pflügler, Technische Universität München, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, München, chritoph.pfluegler@in.tum.de

Stephan Pieper, Beuth Hochschule für Technik Berlin, stephan.pieper@beuth-hochschule.de

Prof. Dr. Petra Sauer, Beuth Hochschule für Technik Berlin, Fachbereich VI (Informatik und Medien), Fachgebiet Datenbanken, Berlin, sauer@beuth-hochschule.de

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018
M. Wiesche et al. (Hrsg.), *Management digitaler Plattformen*,
Informationsmanagement und digitale Transformation,
https://doi.org/10.1007/978-3-658-21214-8

Maximilian Schreieck, Technische Universität München, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, München, maximilian.schreieck@in.tum.de

David Soto Setzke, Technische Universität München, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, München, david.soto.setzke@in.tum.de

Dina Tagabergenova, MING Labs GmbH, München, dina.tagabergenova@minglabs.com

Salka Waterloo, Beuth Hochschule für Technik Berlin, salka.waterloo@gmail.com

Dr. Manuel Wiesche, Technische Universität München, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, München, wiesche@in.tum.de

Andreas Wolf, Beuth Hochschule für Technik Berlin, andreas.wolf.ke@gmail.com