

AK
WI

Herausgeber

Thomas Barton
Frank Herrmann
Vera G. Meister
Christian Müller
Christian Seel
Ulrike Steffens

Angewandte Forschung in der Wirtschaftsinformatik 2018

unterstützt durch:



Arbeitskreis Wirtschaftsinformatik an Fachhochschulen (AKWI)
www.akwi.de

Angewandte Forschung in der Wirtschaftsinformatik 2018

Tagungsband zur 31. AKWI-Jahrestagung
vom 09.09.2018 bis 12.09.2018 an der
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

herausgegeben von
Thomas Barton, Frank Herrmann, Vera G. Meister,
Christian Müller, Christian Seel, Ulrike Steffens

unterstützt durch
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg



mana-Buch, Heide

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie, detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über www.dnb.de abrufbar.

Angewandte Forschung in der Wirtschaftsinformatik 2018

Tagungsband zur wissenschaftlichen Fachtagung am 10.09.2018 anlässlich der 31. Jahrestagung des Arbeitskreises Wirtschaftsinformatik an Fachhochschulen (AKWI) vom 09.09.2018 bis 12.09.2018 an der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Herausgeber:

Thomas Barton, Hochschule Worms, barton@hs-worms.de

Frank Herrmann, Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg, frank.herrmann@oth-regensburg.de

Vera G. Meister, Technische Hochschule Brandenburg, vera.meister@th-brandenburg.de

Christian Müller, Technische Hochschule Wildau [FH], christian.mueller@th-wildau.de

Christian Seel, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Landshut, christian.seel@haw-landshut.de

Ulrike Steffens, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, ulrike.steffens@haw-hamburg.de

Mitglieder des Programmkomitees:

Wolfgang Alm (HS Aschaffenburg)

Frank Bensberg (HS Osnabrück)

Stefan Bente (TH Köln)

Brigitte Braun (HAW Hamburg)

Christian Czarnecki (HfT Leipzig)

Jürgen Karla (HS Niederrhein)

Norbert Ketterer (HS Fulda)

Philipp Jenke (HAW Hamburg)

Ute Klotz (HS Luzern)

Frank Morelli (HS Pforzheim)

Gunther Piller (HS Mainz)

Jörg Puchan (HS München)

Harald Ritz (TH Mittelhessen)

Klaus-Peter Schoeneberg (Beuth Hochschule für Technik, Berlin)

Martin Schultz (HAW Hamburg)

Thomas Specht (HS Mannheim)

Rüdiger Weißbach (HAW Hamburg)

Alfred Zimmermann (HS Reutlingen)

Olaf Zukunft (HAW Hamburg).

sowie die Herausgeber

Redaktionsschluss: 01.07.2018

Erscheinungstermin: 10.09.2018



Die Herstellung dieses Tagungsbandes erfolgte mit freundlicher Unterstützung durch:
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Verlag: mana-Buch, Feldblick 24, 25746 Heide, Germany, www.manabuch.de

Druck: Amazon Fulfillment

ISBN: 978-3-944330-59-4

Inhaltsverzeichnis

Geleitwort des Sprechers des Arbeitskreises Wirtschaftsinformatik an Hochschulen für Angewandte Wissenschaften im deutschsprachigen Raum.....	5
Vorwort der Gastgeber	7

Wirtschaftsinformatik in Gesellschaft und Hochschule

Elemente einer „Kritik der Künstlichen Vernunft“ – Anmerkungen zu HAWKINGS Warnung...	10
Digital Transformation (an experience report).....	24
Wirtschaftsinformatik: Von der angewandten Informatik zu angewandten Ökonomie der Digitalisierung.....	34
Testen als Teil der Wirtschaftsinformatik-Ausbildung für Betriebswirte. Konzeptuelle Überlegungen und Erfahrungen aus der Lehre	44
Be agile with COZMO - Agiles Management mit einem programmierbaren Roboter lernen.....	52
Aufbau digitaler Technologie-Kompetenzen in der Lehre – Anwendung von Virtual Reality innerhalb internationaler Projektkooperationen	62
Und was lehrst Du? – Entwurf einer digitalen Plattform für Lehrende	72
Entwurf eines Wissensgraphen für die kollaborative Arbeit in Forschungsgruppen mit Fokus auf qualitative Literaturanalyse.....	83

Wirtschaftsinformatik im Unternehmen

Integrierte ERP-Standardfunktionalitäten für Energiemanagement – Use Cases und praktische Umsetzung am Beispiel von abas ERP	94
Simulation vertikaler Integration: Vom Top-Floor zum Shop-Floor und zurück	104
Crowd-basierte Modellierung - Ein verteilter Ansatz zur Digitalisierung von Expertenwissen in Informationsmodellen	114
Manufacturing-Execution-Systeme und Industrie 4.0 – Beispiele und Erfahrungen mit der Landschaft der SAP UA	124
e ³ f – Entscheidungsunterstützung für energieeffiziente Fertigung	135
Adaptives Auftragsmanagement für eine flexible Produktion	147
Implementierungskonzept für ein digitales Enterprise Asset Management	155
Projektparameter für das Tailoring hybrider Projektmanagementvorgehensmodelle	166
Konfiguration des hybriden Projektmanagements nach Nutzenbetrachtungen	177

Anwendungen und Systeme

Einsatz von Data-Mining-Strategien zur dynamischen Unterstützung der Disposition bei Störfällen im städtischen und regionalen Linienverkehr	188
Empfehlungssysteme für die Produktkonfiguration mit Methoden des maschinellen Lernens	195
Geobasierte Analyse von User Generated Content am Beispiel von Reiseberichten aus Thailand.....	202
Hibernate ORM/OGM Performanceanalyse: Docker-basierte relationale und nicht-relationale Datenbankarchitekturen	215
Ein prozessorientiertes Konzept zur Nutzung von Co-Creation in der Konsumgüterindustrie	225
Akzeptanz von Smart-Home-Anwendungen: Der Einfluss von Vergnügen, Kontrolle und Nutzen auf die Nutzungsabsicht der Anwender	234
Verwendung von Browser-Fingerprinting auf deutschsprachigen Internetseiten.....	244
MRMC – Eine Plattform zur Selektion von Erlösmodellen für mobile Anwendungen	254
Autoren.....	264

Geleitwort des Sprechers des Arbeitskreises Wirtschaftsinformatik an Hochschulen für Angewandte Wissenschaften im deutschsprachigen Raum

Liebe Teilnehmerin, lieber Teilnehmer,

herzlich willkommen zur 31. Jahrestagung des Arbeitskreises Wirtschaftsinformatik an Hochschulen für Angewandte Wissenschaften (AKWI). Sie findet in diesem Jahr an der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg statt. Wie in jedem Jahr leistet unsere wissenschaftliche Fachtagung mit dem jährlich erscheinenden Tagungsband wieder einen wichtigen Beitrag zur Sichtbarkeit der Hochschulen für Angewandte Wissenschaften auf dem Gebiet der angewandten Forschung.

Ich möchte zunächst kurz einige wichtige AKWI-Aktivitäten seit der letzten Jahrestagung Aschaffenburg auflisten:

- Im Rahmen der MKWI-Tagung 2018 an der Leuphana Universität Lüneburg hat wieder unter sehr aktiver Beteiligung des AKWI der Workshop „Wissenstransfer in der Wirtschaftsinformatik“ stattgefunden. Im Rahmen des Workshops wurden Vertreter von Wissenstransfermaßnahmen zusammengeführt und einschlägige Erfahrungen ausgetauscht. Hierbei gilt insbesondere den Kollegen Herrn Prof. Dr. Christian Seel und Herrn Prof. Dr. Georg-Rainer Hofmann unser Dank für die Organisation des Workshops.
- Positive Neuigkeiten gibt es auch wieder von unserem E-Journal „Anwendungen und Konzepte der Wirtschaftsinformatik“ (AKWI) zu berichten. So ist Ende 2017 die Ausgabe Nr. 6 erschienen. Besten Dank an alle Autoren/innen und Gutachter/innen sowie insbesondere an unsere Herausgeber Herrn Prof. Dr. Frank Herrmann (OTH Regensburg), Herrn Prof. Dr. Norbert Ketterer (Hochschule Fulda), Herrn Prof. Konrad Marfurt (Hochschule Luzern) und Herrn Prof. Dr. Christian Müller (TH Wildau).
- In der Buchreihe Angewandte Wirtschaftsinformatik steht Band 3 mit dem Titel „Digitalisierung in Unternehmen: Von den theoretischen Ansätzen zur praktischen Umsetzung“ vor der Fertigstellung. Es ist vorgesehen, dass Band 3 noch rechtzeitig vor unserer Jahrestagung erscheint. Besten Dank an alle Autorenteams und an meine Mit herausgeber Herrn Prof. Dr. Christian Müller (TH Wildau) und Herrn Prof. Dr. Christian Seel (HAW Landshut).

Die wissenschaftliche Tagung hat wieder ca. 30 Beiträge aufzuweisen, die von mindestens zwei Gutachtern/innen beurteilt wurden. Wie im letzten Jahr auf der Jahrestagung in Aschaffenburg besprochen, haben wir den Personenkreis zur Begutachtung erheblich erweitert. Neben den Mitgliedern des Organisationskomitees, das in alphabetischer Reihenfolge aus Prof. Dr. Thomas Barton (HS Worms), Prof. Dr. Frank Herrmann (OTH Regensburg), Prof. Dr. Vera Meister (TH Brandenburg), Prof. Dr. Christian Müller (TH Wildau), Prof. Dr. Christian Seel (HAW Landshut) und Prof. Dr. Ulrike Steffens (HAW Hamburg) besteht, haben folgende Personen bei der Begutachtung der eingereichten Papers mitgewirkt (alphabetische Reihenfolge): Prof. Dr. Wolfgang Alm (HS Aschaffenburg), Prof. Dr. Frank Bensberg (HS Osnabrück), Prof. Dr. Stefan Bente (TH Köln), Prof. Dr. Brigitte Braun (HAW Hamburg), Prof. Dr. Christian Czarnecki (HfT Leipzig), Prof. Dr. habil. Jürgen Karla (HS Niederrhein), Prof. Dr. Norbert Ketterer (HS Fulda), Prof. Ute Klotz (HS Luzern), Prof. Dr. Philipp Jenke (HAW Hamburg), Prof. Dr. Frank Morelli (HS Pforzheim), Prof. Dr. Gunther

Piller (HS Mainz), Prof. Dr. Jörg Puchan (HS München), Prof. Dr. Harald Ritz (TH Mittelhessen), Prof. Dr. Klaus-Peter Schoeneberg (Beuth Hochschule für Technik, Berlin), Prof. Dr. Martin Schultz (HAW Hamburg), Prof. Dr. Thomas Specht (HS Mannheim), Prof. Dr. Rüdiger Weißbach (HAW Hamburg), Prof. Dr. Alfred Zimmermann (HS Reutlingen) und Prof. Dr. Olaf Zukunft (HAW Hamburg).

Die größte Arbeit obliegt stets dem Organisationsteam an der ausrichtenden Hochschule vor Ort. Besten Dank an das Team der HAW Hamburg. Stellvertretend möchte ich mich hier insbesondere bei Frau Prof. Dr. Ulrike Steffens bedanken!

Ich bin sehr zuversichtlich, dass der Tagungsband sowohl von Kolleginnen und Kollegen aus Hochschulen als auch von Praktikerinnen und Praktikern in Unternehmen sowie von Studierenden der Wirtschaftsinformatik angenommen wird.

Ich freue mich darauf, dass wir in diesen Tagen wieder eine sehr interessante Jahrestagung erleben werden mit fachlich fundierten Vorträgen, erkenntnisreichen Diskussionen, wichtigen Anregungen und tollen Begegnungen in einer sehr angenehmen Atmosphäre.

Die nächsten Jahrestagungen des AKWI werden an der Hochschule Aachen (2019) und an der Hochschule Karlsruhe (2020) stattfinden.

Nach vier Jahren als stellvertretender und drei Jahren Tätigkeit als Sprecher des AKWI möchte ich für das langjährige mir entgegengebrachte Vertrauen herzlich danke sagen!



Prof. Dr. Thomas Barton (Hochschule Worms, Sprecher des AKWI)

Vorwort der Gastgeber

Wir freuen uns, Ihnen im vorliegenden Tagungsband die wissenschaftlichen Beiträge zur 31. Jahrestagung des Arbeitskreises Wirtschaftsinformatik an Hochschulen für Angewandte Wissenschaften präsentieren zu können, die von Sonntag, den 9. September bis Mittwoch, den 12. September 2018 an der Hochschule für Angewandte Wissenschaften in Hamburg (HAW Hamburg) stattfindet.

Auch wenn der Studiengang Wirtschaftsinformatik an der HAW Hamburg, zu dem Studierende erstmalig im Wintersemester 2012/13 aufgenommen wurden, ein vergleichsweise junger Studiengang ist, hat die Wirtschaftsinformatik bei uns an der HAW und auch insgesamt bei uns in Hamburg dennoch ein gesundes und produktives Umfeld.

An der HAW sind derzeit knapp 1.200 Studierende für Informatikstudiengänge eingeschrieben, davon etwa 170 für den Bachelor in Wirtschaftsinformatik. Wie alle Hochschulen für Angewandte Wissenschaften legen auch wir großen Wert auf eine moderne und vor allen Dingen praxisorientierte Ausbildung, die wir laufend an modernen didaktischen Standards ausrichten und in guter Kooperation mit in der Metropolregion angesiedelten Unternehmen durchführen.

Auch im Jahr 2018 ist das Thema der digitalen Transformation nach wie vor viel diskutiert, was sich auch in vielen Beiträgen in diesem Tagungsband deutlich widerspiegelt. Die HAW hat erkannt, dass die digitale Transformation alle Bereiche der Gesellschaft erreicht und diese beschäftigen muss. Sie räumt diesem Thema daher in einem interdisziplinären Diskurs über alle Fakultäten hinweg unter Vermittlung ihrer Vizepräsidentin für Digitalisierung, Frau Prof. Dr. Olga Burkova, einen breiten Raum ein.

Für das Department Informatik an der HAW Hamburg liegt klar auf der Hand, dass die Informatik, und gerade die Wirtschaftsinformatik, an einer der gesellschaftlichen Schnittstellen hier einen relevanten Beitrag leisten kann und muss, da eine positive Gestaltung der digitalen Transformation nur auf der Grundlage einer fundierten Sachkenntnis erfolgen kann. Das Department beteiligt sich daher u.a. auch an der durch die Behörde für Wissenschaft, Forschung und Gleichstellung unterstützte Initiative ahoi.digital, in der InformatikprofessorInnen an den verschiedenen Hamburger Hochschulen in enger Kooperation gemeinsam Informatikinhalte und -kompetenzen in Ausbildung, Forschung und Transfer voranbringen.

Aus dem geschilderten Umfeld heraus sind wir immer neugierig zu sehen, wie Forschung und Lehre in der Wirtschaftsinformatik an anderen Standorten ausgeprägt sind. Schon die eingereichten und hier präsentierten Beiträge reflektieren die inhaltliche Spannbreite und das Innovationspotential an den Hochschulen für angewandte Wissenschaften. Wir blicken daher mit Vorfreude auf unsere gemeinsamen Veranstaltungstage hier in Hamburg und bedanken uns bei den Kolleginnen und Kollegen des AKWI für die Gelegenheit, hierfür Ausrichter sein zu können.

Hamburg, im Juni 2018

Prof. Dr. Ulrike Steffens

in Vertretung für alle an der Organisation beteiligten Kolleginnen und Kollegen an der HAW Hamburg

Wirtschaftsinformatik in Gesellschaft und Hochschule

Elemente einer „Kritik der Künstlichen Vernunft“ – Anmerkungen zu HAWKINGS Warnung

Georg Rainer Hofmann

Zusammenfassung

Es wächst ein gewisses Unbehagen angesichts der zunehmenden Automatisierung in Beruf und Alltag. In zahlreichen akademischen Publikationen und in der öffentlichen Diskussion wird intensiv vor Maschinen neuen Typs gewarnt, nicht zuletzt diese Aussage von HAWKING zitierend und aufgreifend:

Computer werden intelligenter sein als Menschen, es besteht also die Gefahr, dass die Geräte eigene Intelligenz entwickeln und die Welt dominieren werden. (Stephen William Hawking, 2001)

Es werden Befürchtungen vorgebracht, dass die maschinelle Künstliche Intelligenz (KI) den Menschen in absehbarer Zeit überlegen sein und die Gesellschaft von Maschinen beherrscht werden wird – in einem *imperium computatrum*. Zu fragen ist: Bestehen diese Befürchtungen zu Recht?

Der Aufsatz versteht sich auch als ein Beitrag zum Wissenstransfer sowohl im Metier des Information Managements als auch der Erkenntnistheorie. Es wird zunächst eine Reihe von wissenschaftlich begründeten und verfügbaren, aber nicht unbedingt allgemein bekannten Aspekten dargelegt. In der Konklusion kommt der Aufsatz zu der Erkenntnis, dass die populäre Diskussion vor eher den falschen Phänomenen warnt und macht konsequenterweise aufmerksam auf einige reale Gefahren der zunehmenden nicht-sinnhaften Automatisierung. Der drohenden Dominanz durch sinnlose oder unausgereifte Prozesse und Maschinen im Alltag und im Berufsleben muss entsprechend entgegen getreten werden.

1 Aus HAWKINGS Warnung abgeleitete Fragen

Aus dem obigen Zitat von HAWKING – belegt u.a. bei [Hans01] – lassen sich mehrere Teilfragen ableiten:

- Was ist maschinelle Künstliche Intelligenz (KI) und welche Eigenschaften können ihr zugesprochen werden?
- Was genau stellt das Wissen und Können der KI dar – inwiefern ist es natürlicher Intelligenz überlegen?
- Was könnte die konkrete Gefahr einer „maschinellen Dominanz“ sein, vor der die „KI-Furcht“ berechtigt ist?

Die Beantwortung dieser Teilfragen soll eine Antwort auf die sich ergebende Generalfrage ermöglichen, ob der „normale Mensch“ einer drohenden Beherrschung seiner Existenz durch „die Maschinen“ (noch) ausweichen kann. Weiter soll gezeigt werden, welche konkreten Maßnahmen gegebenenfalls hierfür zu ergreifen wären. Respektive, sollte maschi-

nelle Dominanz schon – auch teilweise – eingetreten sein, wie diesem Zustand abzuhelpfen wäre.

2 Eine Projektion der menschlichen Psyche: Der (Pseudo-) Anthropomorphismus der Roboter

Wir nähern uns der Problematik, indem wir uns die Tatsache bewusst machen, dass Menschen ihre Mitmenschen – als solche! – sehr effizient erkennen können [Jime11]. Dies muss(!) auch der Fall sein, denn es ist eine schiere Überlebensnotwendigkeit, andere Menschen sehr schnell zu erkennen, und auch rasch empathisch taxieren zu können:

- Ist da irgendeine andere Person in meiner unmittelbaren Nähe?
- Wer ist dieser Gegenüber – ist mir diese Person bekannt?
- Was ist die psychische Verfassung dieser Person – ist sie mir „wohl“ oder „übel“ gesonnen?
- Ist mir diese Person physisch oder psychisch über- oder unterlegen?

Der Mensch hat im Laufe der Evolution die Fähigkeit der schnellen Identifikation und Einschätzung menschlicher Gesichter als einen unmittelbaren Reflex des Erkenntnisapparates herausgebildet. Diese Wahrnehmungsfähigkeit ist hochspezialisiert, und der Erkennung der meisten anderen Gegenstände und Objekte weit überlegen [Jime11]. Das Erkennen von einem „übel gesonnenen und überlegenen“ Gegenüber ist der Auslöser der Furcht, aus der ein – eventuell überlebensnotwendiges – Flucht- oder Abwehrverhalten resultiert.

Aber, diese Fähigkeit kann übersteuern, und der Mensch erkennt auch Nicht-Menschen als Menschen. Es entstehen menschenähnliche – pseudo-anthropomorphe – Projektionen. Die Projektion von Gesichtern und Gefühlen in unbelebte Objekte (speziell, bspw., die „Gesichter“ von Autos) kann durchaus unterhaltsame Formen annehmen [Lisc13]. So soll es sogar Menschen geben, die ihrem Auto des Morgens gut zureden, um den Kaltstart des Motors zu erleichtern, oder die Return-Taste am PC besonders fest drücken, um den Computer zu höherer Leistung zu ermuntern. Wir erkennen diese Übersteuerung auch, wenn Haustiere vermenschlicht werden, etwa in der Form von „mein Hund versteht mich ganz genau“, etc. Die Übersteuerung des Erkennens von übel Gesonnenen und Überlegenen hat Legionen von pseudo-anthropomorphen Monstern in der Literatur hervor gebracht [Fils17]. Anthropomorphismen werden in der Technik – und auch der Kunst – aktiv gestaltet. So erhalten Roboter oft ein „menschliches Antlitz“, sie erscheinen als automatisierte und mechanisierte Figuren, verfügen über „Augen“, „Gliedmaßen“, etc., obwohl diesen mechatronischen Elementen nicht unbedingt und immer eine sinnvolle konstruktive Funktion zugewiesen ist. In die Roboter wird ein pseudo-anthropomorphes „Wesen“ offenbar hineinprojiziert – und entsprechend technisch gestaltet. Im Zitat von HAWKING finden wir anthropomorphe Elemente; der Künstlichen Intelligenz wird eine „Entwicklung“, eine „überlegene Dominanz“ und implizit eine Böswilligkeit unterstellt – denn sonst müsste ja vor ihr nicht gewarnt werden.

Wir erkennen damit in HAWKINGS Zitat eine psychische Projektion: Roboter werden als „üble und überlegene“ Pseudo-Menschen wahrgenommen und auch in die humane Empathie miteinbezogen – es kommt in der Konsequenz zu dem eigentlich ganz merkwürdigen Effekt, das sich Menschen vor Maschinen „fürchten“ sollen. Wir versuchen im weiteren Verlauf des

Beitrags zu zeigen, dass diese(!) „KI-Furcht“ eher unbegründet ist, aber anderen bestimmten Formen der sogenannten „Digitalisierung“ mit Vorsicht begegnet werden sollte.

3 Eine weitere Projektion der menschlichen Psyche: Das (Pseudo-) Wissen der Computer

Der Begriff „Wissen“ wird bei WILLE [Will00] – in erfreulicher Pragmatik und Prägnanz – rekursiv so erläutert:

- Wissen = Information + Fähigkeit, sie zu nutzen.
- Information = Daten + Bedeutung (Semantik)
- Daten = Zeichen + Syntax

Daten sind demnach Elemente (Wörter) w_i einer Formalen Sprache $L(G)$ im Sinne von CHOMSKY; mithin also Zeichenketten mit einer Struktur, letztere bestimmt durch die Grammatik G .

Eine Information ergibt sich aus der Interpretation von Daten; Wissen ist nach WILLE so zu verstehen, dass es – durch eine Person! – „internalisierte Information“ ist.

Konsequenterweise spricht WILLE von einem „menschenbezogenen Wissensverständnis“. Wissen kann also als „erklärte Information“ verstanden werden: Eine Person erklärt einer anderen Person einen Sachverhalt und schließt so den *semantic gap* (die „semantischen Lücke“, oder Bedeutungslücke, in der Drei-Welten-Lehre – siehe unten): Eine Datenstruktur *per se* weiß nicht, was sie (für einen Menschen!) bedeutet.

Das macht man sich am Beispiel einer Pixelmatrix klar, welche ein Bild (z. B. eine digitalisierten Photographie auf einem Bildschirm) darstellt. Das Bild wird zum Bild erst durch die Betrachtung durch eine Person, vordem ist und bleibt es eine bloße Matrix von Zahlenwerten. Die TURINGschen Maschinen habe keinen Zugang zur Bedeutung der Daten – sie können immer nur regelbasiert eine Datenstruktur in eine andere wandeln.

Die Drei-Welten-Lehre von ECCLES ET POPPER [PoEc89] liefert hierzu einen Bezugsrahmen; sie stellt die aktuelle kritisch-rationale ontologische Position dar. Die drei Welten sind

- die materiellen Objekte („Sachen“) der „Welt 1“,
- das psychische Bewusstseins („Ich“) der „Welt 2“, und
- die immateriellen Dinge (Daten, Software, Theorien, mathematische Sätze, „Gedanken“) der „Welt 3“.

Es gilt die fehlende Semiotik der reinen Dokumentation – „ein Buch weiß nicht, was in ihm steht“ (HEIDEGGER).

Das erkennende menschliche Subjekt ist „verantwortlich“ für die Bedeutung der Wörter und der Dinge: Es überwindet die semantische Lücke (*semantic gap*) und weist den Erzeugnissen des menschlichen Geistes (Sprachinhalten, Informationen), aber auch maschinell erzeugten Daten, eine Bedeutung zu.

In einer Seitenbetrachtung kann man die Rolle des sogenannten „Maschinellen Wissens“ vor dem Hintergrund des POPPERSchen Modells erläutern: Maschinelles Wissen (wie es prominent der Computer HAL 9000 im Film „2001“ von KUBRICK repräsentiert) kann es nach dem oben dargestellten Modell gar nicht geben, weil Maschinen (nach dem TURINGschen Verständnis) notwendigerweise auf der Ebene der Verarbeitung von Daten (Zeichen mit Syntax) verharren und ihnen somit die „Bedeutung“ der verarbeiteten Daten nicht zugänglich ist. Damit scheitern Computer notwendigerweise an der Objekt-Subjekt-Schwelle – eben

dem *semantic gap*. Pointiert lässt es sich so formulieren, dass Wissen (das Verstehen und Anwenden von Daten und Informationen) – im Gegensatz zur bloßen Manipulation von Zeichen – kein *technisches*, sondern ein *biologisches*, und darüber hinaus ein *soziales* Phänomen ist. Es gibt im Gegenzug und in der Tat „Daten-freies“ (vulgo „un-dokumentiertes“) menschliches Wissen und Können, und ein nicht-maschinelles menschliches Verständnis der Welt.

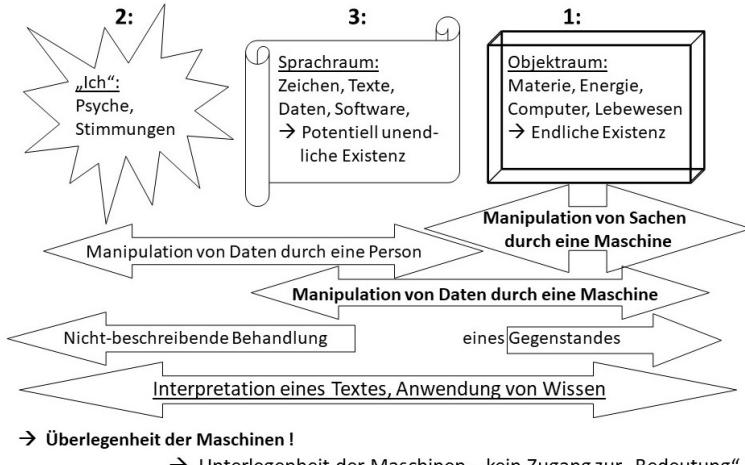


Abbildung 1: Das Modell der Drei Welten nach POPPER ET ECCLES [PoEc89], modifiziert; das Subjekt schliesst die Lücke (den *semantic gap*) zwischen den Zeichen (Wörtern, Texten, Software) und dem Bezeichnetem (Materie, Dinge, Sachen); es weist den ersten eine Bedeutung zu.

In der Konsequenz muss das sogenannte „kodifizierte Wissen“ [Hans99] der Maschinen kollabieren – und das tut es tatsächlich. Dies ist Fall, wenn die Speicherung von Wissen oder Informationen als bloße Daten erfolgt, ohne dass ein Mensch(!) die „Erklärung“ für die Interpretation (oder: Lesart) weitergibt.

Es wird natürlich nicht verkannt, dass es der geradezu selbstverständliche Anspruch der KI ist, einige der *physio-mechanisch-biologischen* Phänomene elektro-mechanisch nachzuhören. Dies gelingt (nur) zum Teil. Von weitaus größerer Bedeutung ist hingegen die *soziale Komponente* des Wissens.

Die dahingehende Verwechslung von „Daten“ und „Wissen“ kann illustriert werden, wenn man sich zu einer „Datenfrage“ (etwa: „Wie heißt die Hauptstadt des US-Bundestaates Kalifornien?“ – das könnte man notfalls durch „KI“ oder einen Blick in ein Lexikon klären) die zur gegebenen Antwort erkenntnistheoretisch sinnvollen und notwendigen Zusatzfragen „Woher weißt Du das?“ (schon schwieriger, wenn es eben kein[!] aktueller Lexikon-Aufruf ist) und „Woher weißt Du, dass das wahr ist?“ (dies adressiert die Vertrauenswürdigkeit[!] der Quelle!) stellt. Das sozial akzeptierte Wissen einer Person ist ein durch Computer nicht simulierbarer „social common sense“.

Das wahre und verlässliche Wissen – die erfahrbare „Wahrheit“ schlechthin – ist in der natürlichen Intelligenz ein zwar biologisch fundiertes, aber intersubjektiv gebildetes soziales Phänomen. Ein Faktum gilt dann als „wahr“, wenn es aus einer verlässlichen Quelle stammt, wenn also sozio-psychologisch(!) vertrauensvolle(!) Personen als Autoren fungieren – oder fungierten.

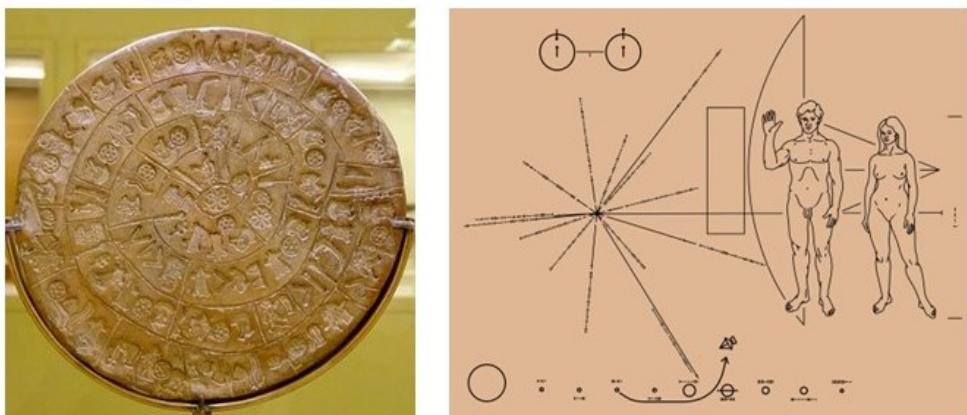


Abbildung 2: Zwei gescheiterte Versuche, „Wissen“ von Menschen unabhängig weiterzugeben.
Links: Der kretisch-minoische „Diskos von Phaistos“ (17. Jh. v. Chr. [?]): Der Versuch scheitert, weil mittlerweile der soziale Kontext der Wissenübermittlung verloren gegangen ist – es gibt wohl keinen Menschen mehr, der die Schrift interpretieren kann, obwohl die „Datenlage“, die Inschrift mit ihren Zeichen und Worttrennungen klar „lesbar“ ist, sie konnte aber bislang nicht schlüssig entziffern werden.
Rechts: Plakette an der Raumsonde Pioneer 11 (ca. 2. Hälfte 20. Jh. n. Chr. [?]): Der Versuch scheitert kläglich und im Ansatz schon hier auf der Erde, weil eine Vielzahl unerklärter formaler (Bedeutung der Symbole) und sozialer Konventionen (Grüßgeste des „Mannes“) interpretiert werden müssen. Wie werden wohl diejenigen Außerirdischen zurecht kommen, die jemals versuchen sollten, diese Plakette zu entziffern?

Es konnte dargelegt werden, dass die Datenspeicherungen und Datenverarbeitungen von Maschinen (Computern, Robotern) mit dem biologischen und sozialen Phänomen des menschlichen Wissens keinesfalls gleichzusetzen sind. Umgekehrt speichert das menschliche Gehirn sehr wohl (quasi-maschinell) gewisse Dateninhalte, es erfolgt im menschlichen Gehirn auch eine gewisse algorithmische Datenverarbeitung.

Der Mensch erkennt die partielle Ähnlichkeit seines Denkens mit dem Wirken der Datenverarbeitungsmaschinen – und es kommt zu der psychischen Projektion, dass diese Maschinen – menschenähnlich – etwas „wissen“ könnten. Dies ist aber nicht der Fall.

4 Die Maschinen TURINGs können den – reflexiven(!) – TURING-Test nicht bestehen

Bereits im Jahr 1950 formulierte Alan TURING die Skizze des TURING-Tests. Der Test soll dazu dienen, festzustellen, ob ein Computer ein menschliches Denkvermögen hat, ob also das Ziel der „denkenden Maschine“ endgültig erreicht ist.

Der Test ist so aufgebaut, dass eine menschliche Person als Fragesteller über einen Chat (ohne Sicht- und Hörrkontakt) mit einem ihm vorher unbekannten Gesprächspartner eine Unterhaltung führt. Wenn der Mensch im Chat nach geraumer Zeit nicht klar argumentativ begründen kann, ob das Gegenüber eine Maschine ist, so hat diese den TURING-Test bestanden, da der Maschine ein menschlich-ebenbürtiges Denkvermögen unterstellt wurde.

Dieser Test wird in der Diskussion über die Grenzen der KI stets neu angeführt und modifiziert. Der alte Mythos von der denkenden Maschine wird immer wieder in der Form des „intelligenten Gesprächspartners mit maschinellem Bewusstsein“ für den (dann) unterlegenen Menschen inszeniert [Metz01].

Unterstellen wir, eines Tages besteht eine Maschine M1 vollumfänglich den TURING-Test. Nun wird diese Maschine kopiert, und es existieren zwei Maschinen, M1 und M2; sie sind technisch gleichwertig. Nun modifizieren wir den TURING-Test etwas, zum „reflexiven TURING-Test“: Statt einer menschlichen Person (die ja M1 eine Menschengleichheit bescheinigt hat), führt nun M2 den Chat mit M1. Der Test würde umgekehrt, M1 testet M2, identisch enden, wegen der Gleichwertigkeit der Kandidaten M1 und M2.

Was kann nun passieren? Der Test kann entweder damit enden, dass M2 erkennt, dass M1 eine Maschine ist – was bedeutet, dass M1 den TURING-Test, entgegen der Annahme, doch nicht besteht. Oder aber M2 bescheinigt M1 dessen Menschengleichheit – was objektiv falsch und zudem einigermaßen absurd ist, da sich nunmehr zwei Maschinen(!) gegenseitig ihre „Menschlichkeit“ bestätigen würden.

Wegen der Antinomie des an(!) TURING-Maschinen von(!) TURING-Maschinen durchgeföhrten „reflexiven TURING-Tests“ kann dieser nie gelingen: Das Testergebnis ist entweder „nicht bestanden“ – oder aber absurd.

5 Das menschliche Gehirn ist nicht im Ganzen mittels einer (TURING-) Maschine simulierbar

Die bereits referenzierte Drei-Welten-Lehre von ECCLES ET POPPER [PoEc89] stellt das psychische Bewusstsein („Ich“) und das erkennende menschliche Subjekt als „unerkennbar“ dar. Dies hat seine logische Begründung darin, dass durch ein Erkennen und Begreifen des „Ich“ seine Subjekt-Natur verloren gehen und es zum Objekt – was es *per definitionem* ja nicht ist – werden würde. Das vorsokratische γνωθι σεαυτον – „erkenne dich selbst!“ – läuft seit über 2.500 Jahren ins Leere.

In der Konsequenz, ebenfalls in [PoEc89], reflektieren ECCLES ET POPPER eine Aussage von TURING: „Gib genau an, worin deiner Meinung nach ein Mensch einem Computer überlegen sein soll, und ich werde einen Computer bauen der deinen Glauben widerlegt.“ Das „genau“ in TURINGS Aussage ist sehr relevant.

Diese „hinreichend genaue“ Bestimmung ist aber in weiter Ferne, sie ist gar unmöglich: Denn weiter führen ECCLES ET POPPER aus, dass für die menschliche Intelligenz bislang keine allgemein akzeptierte Definition formuliert werden konnte – und diese Aussage gilt seit vielen Jahrzehnten absolut unverändert. Weil diese allgemein akzeptierte Definition für das „Vorbild Mensch“ fehlt, lassen sich auch keine allgemein akzeptierten Aussagen über die maschinelle Simulation menschlicher Intelligenz – in Form von KI – treffen. Das Vorhandensein und der Ausprägungsgrad von KI lassen sich nicht objektiv überprüfen bzw. messen.

Die Diskussion bleibt auf der phänomenologischen Ebene einzelner maschineller Errungenschaften: Denn die Simulation des nur partiell verstandenen menschlichen Gehirns durch KI kann nur partielle Ergebnisse liefern, das ist der klassische Gegenstand der sogenannten „Schwachen KI“ – während sich der Gegenstand der „Starken KI“ gar nicht erst erschließt: Die Simulation eines unverstandenen Vorbilds muss notwendigerweise scheitern.

Im März 2018 lautet eine Zeitungsmeldung bekannten Musters: „Der Zukunftsrecher Ray KURZWEIL prophezeite, dass sie [die KI-Maschinen] 2029 so intelligent sein werden wie wir – und niemand mehr erkennt, ob er mit Maschinen oder Menschen spricht“ (<http://www.sueddeutsche.de/digital/kuenstliche-intelligenz-robotergehirne-brauchen-regeln-1.3907264>).

Meldungen dieser Art lesen wir seit vielen Jahrzehnten; es wird etwa immer wieder intensiv versichert, in „wenigen Jahren“ seien perfekt(!) funktionierende natürlich-sprachliche Übersetzungscomputer verfügbar. Angesichts der nach Maßgabe der oben dargelegten Gründe nicht erreichbaren Ziele der Starken KI müssen solche Ankündigungen der Total-Simulation des menschlichen Gehirns nicht weiter beachtet werden.

Wir versuchen aber im Weiteren zu zeigen, dass die partiellen(!) Simulationen nicht unbedenklich sind.

6 Noch eine Projektion der menschlichen Psyche: Die „Denkleistung“ der maschinellen „Superhirne“

Ein Algorithmus ist eine Prozess- oder Handlungsvorschrift zur Erzielung eines bestimmten Ergebnisses. Er besteht aus – endlich vielen, definierten – einzelnen Anweisungen und Funktionen. Ausführbare Algorithmen können formal als ein Computer- oder als ein mechanisches Programm implementiert werden, aber auch in prosaischer menschlicher Sprache (zum Beispiel als ein „Kochrezept“) formuliert sein [Hoff11].

Die *Kompliziertheit eines Algorithmus* drückt sich – unter anderem – aus in dessen Anzahl funktionaler Einzel-Anweisungen, bedingten Verzweigungen, Behandlung von Sonderfällen, etc. Oder, im Falle einer mechanischen Realisierung, in der Form und Anzahl der in der Maschine verbauten Teile.

Die *Komplexität eines Algorithmus* drückt sich aus in dessen Verbrauch an Laufzeit, oder anderer Ressourcen. Die *Kompliziertheit* und die *Komplexität* eines Algorithmus stehen in vielen Fällen in einem *reziproken Verhältnis*: Je komplizierter das Verfahren, desto weniger Komplexität hat es. Als Beispiele sind komplizierte Sortier- und Such- Verfahren zu nennen, deren Laufzeit niedriger ist als die einfacher Verfahren. Auch ist das Komplexitätsmaß des Kraftstoffverbrauchs bei komplizierteren Triebwerken in der Regel – relativ – niedriger als bei primitiveren.

Das menschliche Gehirn ist in der Lage, auch sehr komplizierte Algorithmen auszuführen – solange sie von überschaubarer Komplexität sind. Maschinen hingegen sind bezüglich der Komplexität der erbringbaren Rechenleistung dem menschlichen Gehirn haushoch überlegen, wenn diese Leistungen auf der Basis von Algorithmen mit überschaubarer Kompliziertheit erbracht werden können.

Ein Beispiel zur Illustration: Die algorithmische Basis des Schachspiels ist sehr überschaubar und unkompliziert, die Regeln können von jedem Grundschüler verstanden werden – und sie sind relativ einfach maschinell zu programmieren. Die Komplexität des Spiels aber, nach Maßgabe der Anzahl der Figuren und der Felder auf dem Schachbrett, verlangt vom Menschen sportlichen Ehrgeiz. Und der Mensch ist – wie allgemein bekannt – spielerisch in vielen Fällen den heutigen Schachcomputern unterlegen.

In der pseudo-anthropomorphen Beurteilung des maschinellen Gegenübers verwechselt der Mensch offenbar die Kompliziertheit mit der Komplexität – und ist von der „Denkleistung“ der Maschine maßlos beeindruckt. Als Ergebnis dieser psychischen Projektion billigt der Mensch den Maschinen gar das Attribut eines dem Menschen überlegenen „Superhirns“ zu – seit vielen Jahren geht das schon so!

Und so sind die „Superhirne“ der 1970-er Jahre heute als Billigst-Taschenrechner überall verfügbar. Die „Superhirne“ der 1990-er werden heute als Kaufhaus-Schachcomputer massenweise zum Kauf angeboten.

Dass hier tatsächlich eine pseudo-anthropomorphe psychische Projektion vorliegt, kann man auch daran erkennen, dass die allgemein verfügbaren Graphikprozessoren – mit bemerkenswert hohen Rechenleistungen – eben nicht als „Superhirne“ apostrophiert werden: In der Manipulation ikonischer Daten erkennt der normale Mensch eben keine ihm möglicherweise überlegene Denkkonkurrenz.

Bill McDermott, derzeit Vorstand bei der SAP AG, führt dazu aus: „Seit vor 20 Jahren ein Computer den Schachweltmeister Gary Kasparov besiegte, wird jeder Fortschritt in der künstlichen Intelligenz (KI) von der Öffentlichkeit als weiterer Schritt in Richtung eines immer stärkeren Konkurrenzkampfes zwischen Mensch und denkender Maschine betrachtet. Der Gedanke, wohin das letztendlich führen könnte, ist angsteinflößend. Nach dem Schachtriumph von Deep Blue gelang es auch anderen Computern mit künstlicher Intelligenz auf spektakuläre Weise, menschliche Gegner zu schlagen: Kandidaten in der Quizshow Jeopardy und in jüngerer Zeit den Weltmeister im Brettspiel Go. Die neueste Version der Google-Software AlphaGo hat sich das Strategiespiel ganz ohne menschliche Hilfe selbst beigebracht.“ [McDe18].

7 Das Dressieren der Maschinen – wer trägt eine (ethische) Verantwortung?

Der letzte Satz im obigen Zitat von McDermott verdient Beachtung: Eine Maschine namens „AlphaGo“ soll sich doch tatsächlich ihre Fähigkeiten „selbst beigebracht haben“ – was ist da passiert?

Das künstliche ANN-System „AlphaGo“ hat sich gar nichts „selbst beigebracht“, aber es hat aus Beispielen „gelernt“ und kann diese nach Maßgabe der – von Menschen(!) organisierten(!) – Lernphase verallgemeinern. Das System hat, von den Beispielen abstrahierend, gewisse Gesetzmäßigkeiten „erkannt“. Das System hat, anders ausgedrückt, das Schema einer gewonnenen Go-Partie destilliert und kann dieses Schema nun erfolgreich simulieren. Dem in diesen Systemen verwendeten ANN wird ein Verhalten „antrainiert“; es ist jedoch kein Einblick in den erlernten algorithmischen Lösungsweg möglich. Dieser ist quasi ein „impliziter“ Algorithmus.

Die künstlichen neuronalen Netze (*artificial neural network* – ANN), sind Netze aus künstlichen Neuronen. Sie haben ein biologisches Vorbild in den natürlichen neuronalen Netzen, den Nervenzellvernetzungen im Gehirn der diversen Lebewesen – und so auch im Gehirn des Menschen. Neuronale Netze sind nicht prinzipiell neue Maschinen, sondern bezüglich des Berechenbarkeitsmodells äquivalent zur TURING-Maschine.

Das Verhalten dieser impliziten Algorithmen ist nicht unbedingt einwandfrei vorhersehbar – es erscheint uns dann als „nicht-kausal“. Denn die Lernbeispiele für das Training hat man nicht immer unter voller Kontrolle. Berüchtigt wurde 2015 ein Programm von Google, das dunkelhäutige Menschen als Gorillas bezeichnete – was schon arg bedenklich ist. Das Programm hatte bei Google wohl eine „schlechte Erziehung“ genossen. (<http://www.spiegel.de/netzwelt/web/google-fotos-bezeichnet-schwarze-als-gorillas-a-1041693.html>).

Für die ethische Beurteilung der Situation ziehen wir die Analogie zur Dressur (oder Abrichtung) heran; dies ist die Ausbildung von Tieren zu einem bestimmten Zweck. Nutztiere werden zu Arbeitszwecken „abgerichtet“, während „dressierte“ Tiere eher zum Vergnügen ihrer Halter oder zum Vergnügen eines Publikums dienen.

Unerwünschtes Verhalten der Tiere wird bestraft, beziehungsweise erwünschtes Verhalten wird belohnt oder gelobt. Durch diese Konditionierung erwirbt das Tier in einem konvergierenden Lernprozess das erwünschte Verhalten – es erwirbt dieses Verhalten mittels eines impliziten Algorithmus' in seinem Gehirn. Dass dieser Lernprozess komplett erfolgreich ist – dafür gibt es keine Garantie! Dies zeigen Unfälle mit dressierten Raubtieren oder plötzlich bissigen „Der-macht-nichts“-Hunden nur allzu deutlich. Die Gründe für ein solches „nicht-kausales“ Fehlverhalten erschließen sich nicht immer.

Verübt das dressierte Tier nun eine „Straftat“ (der „brave Hund“ hat wider Erwarten zugebissen – mithin eine Körperverletzung begangen) so kann man kaum das Tier strafrechtlich belangen oder ethisch verantwortlich machen. Auch den Dompteur oder den Abrichter trifft wohl keine wirkliche Schuld – wenn(!) er das fragliche Tier unter Anwendung der entsprechenden üblichen Vorsichtsmaßnahmen (an der Leine geführt, in einen Käfig gesperrt, etc.) gehalten oder geführt hat.

Aber, die Analogie liefert einen Hinweis, wie Aussagen der klassischen Ethik auf implizit-algorithmisch begründete maschinelle Handlungen übertragen werden können. Der notorische „Verkehrsunfall mit einem autonom fahrenden Auto“ hat im März 2018 eine erste tragische Realisierung erfahren. „Ein autonom fahrender Volvo des Fahrdienst-Vermittlers Uber hat in Tempe im US-Staat Arizona eine Frau überfahren, obwohl zusätzlich ein Sicherheitsfahrer am Steuer saß. Uber stoppte die Versuche mit seinen selbstfahrenden Fahrzeugen umgehend.“

(<https://www.auto-motor-und-sport.de/news/toedlicher-unfall-autonom-fahrendes-auto-uber-volvo/>).

Wer muss für einen Unfall eines selbstfahrenden Fahrzeugs (für das Delikt einer jeden KI!) haften – wer trägt eine Verantwortung? Im Sinne der gezeigten analogen Isomorphie ist das wohl zu vergleichen mit der Haftung des Halters, der (s)einen Hund unbeaufsichtigt frei laufen lässt!

8 Zu einer historischen Perspektive und Taxonomie der (sinnhaften) Automatisierung

Man könnte in Anlehnung an SCHILLER fragen „Was heißt und zu welchem Ende studiert man Automatisierung?“ Diese Frage soll in analytischer Form – unter Beachtung von historischen Analogien – beantwortet werden.

In der DIN V 19233 liest man „das Ausrüsten einer Einrichtung, so dass sie ganz oder teilweise ohne Mitwirkung des Menschen bestimmungsgemäß arbeitet“ als eine Definition der Automatisierung. Der Begriff „Automat“ hat im griechischen die Bedeutung von „sich selbst Bewegendem“, im Sinne von selbsttätigem Handeln. Die antiken Griechen kannten die *Αὐτομάτα* als die Göttin der unverhofften, ohne menschliches Zutun eintretenden, glücklichen Ereignisse.

Die Systeme der Automatisierung können Aufgaben eigenständig erledigen, die vom System erzielten Lösungen dieser Aufgaben sind so zu verstehen, dass sie seitens des Konstrukteurs der Automaten willentlich angestrebt worden sind.

Was ist passiert, als der Mensch den ersten Automaten konstruierte? Dies dürfte in prähistorischer Zeit in Form der Konstruktion einer *Fallgrube für die Erbeutung von Tieren* erfolgt sein. Was sind die Charakteristika?

- Der Mechanismus wurde von Menschen in der Absicht konstruiert, Tiere zu fangen oder zu erlegen, und damit einen verbesserten Jagderfolg zu erzielen. Nach Maßgabe bestimmter Bedingungen – ein hinreichend schweres Tier gerät auf die getarnte labile Abdeckung der Fallgrube – entscheidet der Automat und handelt entsprechend bestimmungsgemäß.
- Der Mechanismus arbeitete nach Inbetriebnahme selbstständig, es musste kein Mensch mehr für das Ergreifen der Beute und den Jagderfolg vor Ort präsent sein. Die Falle war permanent – sinngemäß „rund um die Uhr“ – betriebsbereit.
- Mit dem Automat der Fallgrube konnten größere Tiere und mehr Tiere erlegt werden, als dies vorher manuell der Fall war. Der Automat hat die Produktivität der Jagd massiv erhöht.
- Der Automat kann aber auch nicht-sinnhaft arbeiten. Es konnten auch Tiere gefangen werden, die gar nicht erwünscht waren, oder es gerieten sogar Menschen unbeabsichtigt und unglücklicherweise in die Falle.
- Der Mensch hat daraus gelernt, dass Automaten sozusagen eine Kehrseite haben. In den biblischen „Sprüchen“ findet sich bereits die Erkenntnis „Wer eine Grube gräbt, fällt selbst hinein.“ – Kap. 26, V 27.

Man erkennt sofort, dass selbst primitive Automaten eine mächtige Wirkung entfalten – und gefährlich sein können. Historisch viel später wurden Automaten nicht nur zur Erhöhung einer Produktivität, sondern auch zur bloßen Unterhaltung konstruiert, etwa in der Form von automatischen Musikinstrumenten, Spieluhren, etc. Man kam aber kaum auf den Gedanken, diese frühen Formen der Automatisierung negativ zu sehen. Das änderte sich erst, als mit Automaten die ökonomische Basis traditioneller Berufsbilder zerstört wurde. Der Berufsstand der Weber hatte bekanntermaßen dramatisch unter der Entwicklung von Webautomaten zu leiden. Mit dem Aufkommen der Photographie fürchteten die Porträtmaler um ihre Existenz, es könnten dergleichen weitere Fälle identifiziert werden.

Man kann auch fragen, was passiert ist, als der Mensch die ersten nicht-humanen neuronalen Netze nutzen konnte? Auch das dürfte in prähistorischer Zeit geschehen sein, in Form der Abrichtung von Tieren, speziell Hunden [Zime92]. Was sind hier die Charakteristika?

- Die Abrichtung eines Hundes (*canis lupus familiaris*) ist die Programmierung eines nicht-humanen biologischen neuronalen Netzes. Die Abrichtung erfolgt zu vielerlei Zwecken. Abgerichtete Hunde helfen als Jagdhunde, Hütehunde, Wachhunde. Sie dienen auch zur Unterhaltung und als Sozialpartner des Menschen.
- Der Haushund hilft seinen „Herren“, bestimmte Ziele der Produktivität zu verfolgen, und – gegenüber der reinen menschlichen Leistungsfähigkeit – massiv zu verbessern. Dabei nützlich ist ein dem Menschen überlegenes Hör- und Geruchsvermögen, aber auch die überlegene Bewegungsfähigkeit des Hundes.
- Nach Maßgabe bestimmter – in der Abrichtung vermittelter Bedingungen – entscheidet der Hund selbstständig und handelt entsprechend bestimmungsgemäß.
- Nach Maßgabe weiterer Erziehung und Erfahrung lernt ein Hund auch selbstständig und entwickelt seine Fähigkeiten weiter.
- Hunde mit Fehlverhalten (vulgo „schlecht erzogen“) können sich als für den Mensch sehr gefährlich erweisen, sie sind aggressiv, und beißen, zum Teil ohne erkennbaren, oder vorher unbedachten, Anlass.

Auch hier erkennt man sofort, dass selbst diese frühen Programmierungen nicht-humaner neuronaler Netze einen fulminanten Machtzuwachs für den Abrichter und Besitzer entfalten

– und sehr gefährlich sein können. Auch das dürfte man schon sehr bald erkannt haben. Heute ist die Hundepopulation oftmals ein Problem. Es gibt leider keine gemeinsame Beißstatistik für das gesamte deutsche Bundesgebiet. Im Zeitraum September 2000 bis August 2001 wird die Zahl der Bissverletzungen in der Schweiz auf etwa 10.000 geschätzt – in Deutschland dürften es zehnmal mehr gewesen sein. Die US-Gesundheitsbehörde beziffert die jährliche Anzahl medizinisch behandelter Hundebisse in den USA mit insgesamt etwa 800.000, jährlich sterben etwa 16 Verletzte. (<https://de.wikipedia.org/wiki/Haushund>)



Abbildung 3: Das sozio-ökonomische System „Mensch und Hund“ dürfte das historisch früheste Modell einer Programmierung eines nicht-humanen neuronalen Netzwerks darstellen.

Man könnte argumentieren, dass sich die menschliche Zivilisation über viele Tausend Jahre hinweg an die Nützlichkeit und die Gefahren der Automatisierung und des Gebrauchs nicht-humaner neuronaler Netze gewöhnen konnte und die Modalitäten – inklusive der damit verbundenen Risiken – vollumfänglich adaptiert hat.

Heute aber tritt eine neue Qualität von Gefahren auf.

Zum einen haben heutige Systeme in der „Lokalität“ und „Zeitlichkeit“ massiv stärkere Auswirkungen. Die Automaten, die etwa die Arbeitsplatzcomputer mit den jeweiligen Software-Updates versehen, sind von absolut globaler Ausdehnung. Ihre Lebensdauer ist zum Teil eminent; einige Teile des Windows-Betriebssystems sollen Jahrzehnte alt sein. Ähnliches gilt für die globale Präsenz der großen Onlinehändler und die Lebensdauer ihrer Dateien mit Kundendaten.

Zum anderen ersetzen Automaten und neuronale Netze den direkten sozialen Kontakt. Dienstleistungen werden nicht mehr von *Menschen für Menschen*, sondern von entsprechenden *Maschinen für Menschen* erbracht. Das hat massive Auswirkungen auf das, was wir unter „Gesellschaft“ verstehen.

Wenn sich Computer-basierte Entscheidungen als „falsche“ – nicht-sinnhafte, unangemessene, nachteilige, widersprüchliche, etc. – Entscheidungen herausstellen, dann müssen diese erkannt werden können. Die Gesellschaft ist gefordert, Maßnahmen zur Verhinderung, beziehungsweise zur Korrektur, falscher Computer-basierter Entscheidungen zu ermöglichen und zu ergreifen.

9 Automatisierung im kritisch-rationalen Diskurs – Ansätze einer „Kritik der Künstlichen Vernunft“

Im Zuge der fortschreitenden Automatisierung führen Maschinen Prozesse mittels expliziter oder impliziter Algorithmen effizient aus. Dies kann ein sehr sinnvoller Beitrag zu weiterer wirtschaftlicher Wertschöpfung und Wohlstand sein.

Kann man erkennen, ob die Maschinen und ihre Prozesse – wirklich – sinnvoll konstruiert sind? Das Problem scheint in der Tat zu sein, dass nicht-sinnhafte Automatisierung nicht sofort als solche erkannt werden kann. Um diesen Aspekt zu illustrieren, betrachten wir einige Beispiele:

- Personenkraftwagen erfahren seit Jahren einen zunehmenden Grad an Automatisierung. Das Antiblockiersystem der Bremse der PKW ist allgemein nützlich, bringt aber auflosem Grund, wie Schotter, Nachteile mit sich. Auch eine automatische Überwachung von Servicezyklen, wie etwa die Vorführung zur Hauptuntersuchung entlastet den Fahrer, hat aber Nachteile, wenn sich der Wagen Computer-verhindert nicht mehr in Betrieb nehmen lässt, da „der TÜV abgelaufen“ ist.
- Die permanent seitens der Hersteller verordneten „Updates“ der Betriebssysteme der Personal-Computer und Smartphones sollten am Ende deren Zuverlässigkeit erhöhen. Vom System dem Nutzer zur Unzeit aufgezwungene und umfangreiche Aktualisierungen sind mehr als ärgerlich, verhindern sie doch das sinnhafte Benutzen dieser Maschinen.
- Das Setzen von „Cookies“ und andere Datensammlungen im Netz sollen eigentlich dazu dienen, den Nutzwert der Informationssysteme zu erhöhen, führen aber auch zu massiven Belästigungen, wenn auf der Basis der gesammelten Daten ein bestimmtes Kundenverhalten vermutet wird, und der Nutzer eine Unzahl „maßgeschneiderter individualisierter Werbung“ erhält.
- Die Konstruktion garantierter Prozesse, die zu einem bestimmten Termin auszuführende Transaktionen (Bestellungen, Überweisungen, etc.) definieren, kann mittels der Blockchain-Smart-Contract-Technik sehr sinnvoll sein. Andererseits sind diese Transaktionen nicht mehr korrigierbar, wenn sich die Paradigmen geändert haben sollten, etwa wenn sich die Überweisung eines Geldbetrags als das Resultat eines Betrugs herausstellt.

Die Beispiele zeigen, dass sich hier die Nicht-Sinnhaftigkeit einer Automatisierung jeweils kaum erkennen oder vorhersagen ließ, beziehungsweise vorhersagen lässt. Der Leser dürfte keine Schwierigkeiten haben, aus eigener Erfahrung Situationen zu benennen, wo sich vorher sinnhafte Automaten später dann bevormundend, einnehmend-totalitär, oder fehlerhaft verhalten haben.

Diese Nicht-Sinnhaftigkeit – oder Fehlerhaftigkeit – hat sich erst später ergeben, typischerweise als eine Lücke im Modell der zugrunde liegenden Situation der Anwender. Es dürfte kaum einen Ansatz geben, mit dem sich unangemessene Anwendungen sicher und im Voraus erkennen lassen.

Der Kritische Rationalismus nach POPPER fragt nicht nach der Beweisbarkeit einer wissenschaftlichen Theorie, sondern fragt, wie man deren eventuelle Fehler finden kann, und was dann zu tun ist – im Rahmen der sogenannten Falsifikationen [Popp96].

Wir sehen hier den Ansatz des Kritischen Rationalismus ganz ähnlich im Metier der Automatisierung. Es kann nicht entscheidend sein, wie man im Voraus eine sinnvolle Automatisierung konstruiert und findet – oder was man für die Erlangung idealer automatisierter

Verhältnisse tun sollte. Stattdessen ist es viel wichtiger zu sehen und dafür zu sorgen, dass schlechte und nicht-sinnhafte Automaten ausgeschaltet und Missstände beseitigt werden können.

Eine umfangreiche Begründung für normative Automatisierung ist aus kritisch rationaler Sicht abzulehnen. In den Vordergrund ist stattdessen die Frage zu stellen, wie schlechte und fehlerhafte Automaten erkannt und verbessert werden können

Gesellschaftlich – und gefördert durch das Wirken der Hochschulen – ist ein kritisch-rationaler Offener Diskurs für Automaten zu pflegen [Popp11]. Demzufolge kann es keine normativ korrekten Automaten – das „sinnvoll“ kann nicht objektiv bewiesen werden – sondern nur in gewissem Rahmen „bewährte Automaten“ geben. Fallen nicht-sinnvolle Automatisierungen auf, so ist es das Recht und die Pflicht eines jeden, diesen entgegen zu wirken.

Für dieses Entgegenwirken braucht der Mensch zwei „Mechanismen der Falsifikation“, mittels derer man nicht-sinnhafter Automatisierung ausweichen und entkommen kann:

- *OFF*: Das kontrollierte Abschalten von Automaten, und dadurch das Wiedererlangen der manuellen Kontrolle über eine Situation oder einen Prozess, und
- *ESC*: Das kontrollierte Ausweichen vor dem Handeln eines Automaten und das Wiedererlangen der sozialen Kontrolle, indem handelnde Menschen an die Stelle des fehlerhaften Automaten treten,

Diese beiden „Mechanismen der Falsifikation“, sind jeweils ohne weitere Kollateralschäden zu implementieren. Sie bieten die Möglichkeit der konsequenten kritisch-rationalen konstruktiven Verbesserung der Automaten.

Eine Inbetriebnahme von (neuen) Automaten sollte ohne eine systematische Planung dieser beiden Optionen „OFF“ und „ESC“ eigentlich nicht möglich sein dürfen.

Akademischer Fortschritt soll zur Wahrung und Verbesserung von Wohlstand und Lebensqualität sinnvoll umgesetzt werden. Die Hochschulen sind aufgerufen, zu warnen, wo nicht-sinnhafte Automatisierung umgesetzt wird, die dem Menschen die Handlungsautonomie nimmt, weil sie alternativlose, nicht korrigierbare Prozesse darstellt – dies ist die eigentliche Gefahr für die gesamte Gesellschaft, weniger die „Künstliche Vernunft“ an sich.

Nullum magnum ingenium sine mixtura dementiae. Seneca, de tranquillitate animi (XVII, 10)

Literaturverzeichnis

- [Fils17] Filser, Hubert: „Menschen brauchen Monster. Alles über gruselige Gestalten und das Dunkle in uns“, Piper, 2017
- [Hans01] Hansen, Sven: „Hawking: Computer werden intelligenter als Menschen“, heise online, 2. Sept. 2001,
<https://www.heise.de/newsticker/meldung/Hawking-Computer-werden-intelligenter-als-Menschen-53369.html>
- [Hans99] Hansen, Morten, Nohria, Nitin, Tierney, Thomas: „Wie managen Sie das Wissen in Ihrem Unternehmen?“, Harvard Business manager, 5/1999
- [Hoff11] Hoffmann, Dirk W.: „Theoretische Informatik“, 2. Aufl., Carl Hanser Fachbuchverlag, München 2011.

- [Hofm03] Hofmann, Georg Rainer: „Rational-ökonomische Wissensbewirtschaftung und die Folgen für die Unternehmensführung – einige Thesen aus den Knowledge-Asset-Management-Projekten“, in: Uhr et al.: „Wirtschaftsinformatik 2003 – Medien, Märkte, Mobilität“, Bd. II, Heidelberg 2003
- [Hofm04] Hofmann, Georg Rainer: „Die Folgen einer rational-ökonomischen Wissensbewirtschaftung für Unternehmensführung und Forschungsmanagement“, in: Weinmann et al. „Impulse aus der Wirtschaftsinformatik“, Heidelberg, 2004
- [Jime11] Jiménez, Fanny: „Warum wir Gesichter blitzschnell erkennen können“, Welt digital, 10. Dez. 2011,
<https://www.welt.de/wissenschaft/article13759042/Warum-wir-Gesichter-blitzschnell-erkennen-koennen.html>
- [Lisch13] Lischka, Konrad: „Dinge mit Gesicht: Die Welt steckt voller Lächeln“, Hoffmann und Campe, 2013
eine Variante auch online unter <https://dingemitgesicht.de/>
- [McDe18] McDermott, Bill: „KI bringt bald Billionen-Umsätze“, produktion.de vom 26. Februar 2018,
<https://www.produktion.de/iot-by-sap/sap-chef-mcdermott-ki-bringt-bald-billionen-umsaetze-312.html>
- [Metz01] Metzinger, Thomas: „Postbiotisches Bewusstsein: Wie man ein künstliches Subjekt baut – und warum wir es nicht tun sollten“, in: Paderborner Podium / 20 Jahre HNF. Heinz Nixdorf MuseumsForum, 24. Oktober 2001
- [PoEc89] Popper, Karl R., Eccles, John: „Das Ich und sein Gehirn“, München, 1989
- [Popp11] Popper, Karl R.: „The Open Society and Its Enemies“, Revised Edition, Routledge, 2011
- [Popp96] Popper, Karl R.: „Alles Leben ist Problemlösen: Über Erkenntnis, Geschichte und Politik“, 8. Aufl., Piper 1996
- [ScHo16] Schumacher, Meike; Hofmann, Georg Rainer: „Case-based Evidence – Grundlagen und Anwendung“, Springer Vieweg, 2016.
- [Will00] Wille, Rudolph: „Begriffliche Wissensverarbeitung: Theorie und Praxis“, Informatik Spektrum Heft 6, 23/2000
- [Zime92] Zimen, Erik: „Der Hund: Abstammung – Verhalten – Mensch und Hund“, Goldmann Verlag, 1992

Kontakt

Prof. Dr. Georg Rainer Hofmann
Information Management Institut IMI
Hochschule Aschaffenburg
Würzburger Straße 45, 64743 Aschaffenburg
T +49 6021 4206-700, georg-rainer.hofmann@h-ab.de

Digital Transformation (an experience report)

Fariba Fazli

Abstract

Many Small and Medium Enterprises (SMEs) are currently facing major changes and challenges in their traditional businesses. On the one hand, their traditional business models are shaken and new market participants with innovative business models are successfully on the market. On the other hand, this change creates great opportunities and potential for companies. This paper gives an overview of the elements and approaches to Digital Transformation. Finally, an innovative approach to digital transformation and to the corresponding requirements engineering process inside companies is presented. The practical experience through workshops developed based on this approach led to the need for extensive information and orientation activities. We report on our experiences with several companies at different stages towards Digital Transformation. In an agile manner, during workshops previously identified questions or goals could be changed or amended. Through this agile approach in the workshops, different ideas of the stakeholders could be flexibly taken into account. In this context it was interesting to observe the impact of digitalization decisions and their implementation in the organization's processes.

1 Introduction

The "digital transformation" is defined as the conscious and continuous digital evolution of a company, a business model, an idea, a process or a method "[Ma14]. As Kreutzer et al. explain [KNP17], digitized markets today are characterized by the increasing convergence of media, channels and the exponential speed of change. As a result, strategic intentions can no longer be meaningfully planned in cycles of five or more years and elaborated and budgeted down to every detail in a top-down process. Although it is also about productivity, profitability and increased efficiency, digitization and the increased focus on the customers will make new business models and sales markets possible. Through this markets are changing completely. It is no longer possible to access KPIs and best practices as before. In the conception of digital transformation, it is necessary to start from completely new premises and to create a holistic view of the current business environment. This holistic view must encompass the new customer base and new digital markets. This necessity produces complexity and confusion. The research contribution of this work is the presentation and validation of a transformation method or design approach, which is identified by Hevner as a central contribution of design science studies [HS10]. The model consists of five phases, which serve to develop a strategy for digital transformation. In doing so, a holistic view of the previous business environment is gained and the customer is placed in the focus of future planning.

2 Theoretical Background

This chapter explains various terms related to digitization and presents the research method. It also goes into more detail about the importance of the digital transformation strategy.

2.1 Digital Transformation

"Digital transformation" is understood as a continuous networking of all economic sectors and as an adaptation of the actors to the new conditions of the digital economy. Decisions in networked systems include data interchange and analysis, calculation and evaluation of options, and initiation of action and consequences "[BS15]". As a result, extensive changes to the disruption of existing business models to organizations. As Kane et al. [Ka15], today's companies lack the ability to digitize, in whole or in part, the value chains of an existing enterprise. Digitally mature companies are more focused on enterprise transformations, while less digitally mature firms prefer technological island solutions [Ka15].

2.2 Digital Business Model

The digital transformation goes hand in hand with the transformation of existing business models. "A business model is the basic logic of a business that describes what benefits are given to customers and partners in what ways. A business model answers the question of how the added value in the form of sales flows back to the company. Benefit for stakeholders and customers enables differentiation versus competitors, strengthening customer relationships and gaining competitive advantage "[SR17]". In addition, from the point of view of Digital Business Leadership, "the characteristic of a business model is the strategic perspective, from which a consideration and development of the digital competence of a company for increased added value for this takes place" [KNP17].

2.3 Research Method

Die Design as an approach and perspective for research has recently emerged as Design Science, where design is proposed as a research strategy to gain knowledge and understanding about the object under construction [HS10]. "Design Science's focus is on problem-solving, but it often takes a simplistic view of the people and the organizational contexts in which designed artifacts must function. The design of an artifact, its formal specification, and the evaluation of its utility are often an integral part of design science research compared to competing artifacts [HS10]". In this study, the design object is an approach to designing methods for the digital transformation. The task is to understand the changes in the transformation and the speed of the transformation increase decision-making for business model changes in companies.

To develop, validate and improve the design approach, we have used a multimethod research approach. In this approach, the transformation process design process is based on existing design approaches, theories, and frameworks as discussed in Section 3. To this end, various workshops with specialists, managers and innovators in different SMEs were organized on a cross-functional basis in order to examine the challenges of the transformation project and to raise the requirements for digital transformation. These results were used to optimize the first version of the transformation approach.

3 Procedures for Digital Transformation

To illustrate the innovation processes, various phase models have been developed for many years. The different models differ in the focused phases, the level of detail and the subject of innovation [KB09]. The less detailed phase models can better reflect the actually occurring innovation processes. However, these models are limited in meaning for the specific application. More detailed models tend to be focused on specific industries while being difficult to apply to other industries due to their focus [RB08]. It can be seen that "a meaningful model for the innovation process, regardless of the intended use, must optimally solve the conflict of objectives between complexity reduction and informative value" [KB09]. In the following, various existing approaches will be briefly explained, which are listed in the literature and used in practice.

3.1 Approach by Bullinger et al.

Bullinger et al. [BWW03] define the entrepreneurial realignment on two levels. The instrumental level deals with the company's strategy, structure and systems. The mental level deals with the individual development of skills and the recognition of the complex competitive environment. To cope with the transformation in the company, Bullinger et al. [BWW03] three stages of transformation in business:

1. Vision and mobilization: formulation of the future corporate concept and the development of the transformation project.
2. Operationalization: controlling the transformation process of the corporate concept.
3. Implementation of the transformation: The biggest challenge is the development of first transformation plans, since the subsequent transformation process is complex and not without risk.

3.2 Approach by Black et al.

Black et al. [Ba09] developed a three-phase procedure plan:

- Phase I "Conception": A future draft is being developed for the company. At the same time, visions and change goals are worked out for the company.
- Phase II "Design": Here, the visions and strategic decisions developed in Phase I are operationalized and concretized. Therefore, this phase is considered as the core of the transformation process.
- Phase III "Implementation": Here, the actual "restructuring" of the company takes place, and the sub-concepts developed in Phase II are implemented

This procedure is only intended for transformation activities that lie in the future. An analysis of the actual situation does not take place here. Furthermore, the service concept and the customer role as the focus for future business models are not taken seriously.

3.3 Approach by Matt et al.

Matt et al. [MHB15] integrate their findings into a common "Digital Transformation Framework" that represents four transformation dimensions and their dependencies. These four dimensions are:

- Use of technologies
- Change in added value
- Structural changes
- Financial aspects

The use of technologies addresses a company's attitude toward new technologies and its ability to leverage these technologies. Changes in value added concern the effects of digital transformation strategies on the value creation chains of companies. Structural changes refer to variations in the organizational structure of a company, especially with regard to the placement of new digital activities within the corporate structures. Financial aspects are both drivers and limiting forces for a Transformation.

This approach introduces a higher level of abstraction to the digitization strategy without focusing on the steps to achieve the goal.

3.4 Approach of Esser

Esser [Es16] developed a roadmap for the digital transformation of business models. His approach not only develops digital transformation strategies, but also illustrates the implementation and transfer of this strategy. The individual phases of the approach are:

- Phase 1 - "Analysis": The four areas of customer, competitor, market, and business skills are analyzed. Here, customers, their needs and values are considered and segmented. Furthermore, competitors and their positioning as well as new market participants are identified. The market with its potentials, limits and future developments is examined. In addition, the company's capabilities are analyzed.
- Phase 2 - "Strategy": The market positioning of the company is defined and the future target group is selected.
- Phase 3 - "Design": evaluation of current and new design ideas. The questions are addressed, what the company wants to achieve. The question of "how?" Defines services with the goal of achieving customer satisfaction. Finally, new design ideas are identified and evaluated.
- Phase 4 - "Organizational Impact": The organizational impact refers to people, the structure and the culture within the company. Furthermore, processes and systems are examined and finally governance and controlling are defined in order to accelerate a successful implementation and measurability of the results.
- Phase 5 - "Transformation": In this phase, the roadmap will be prepared and the program management (including internal communication and change management) planned.

Esser's approach involves very compact many steps and areas that need to be addressed and screened in the course of Digital Transformation. The approach of Bullinger et al. [BWW03] and Esser's [Es16] approach partially serve as models for our process model.

4 Model for the development of a Digital Transformation strategy

The digital transformation will result in many changes in all areas of business and includes digital activities at the interface in the production and in the service sector, Digital activities at the interface or completely on the side of the clients. As a result, extensive changes in companies and even disruptions of existing business models may be the case. To the creation of the strategy we find a very detailed approach useful. This process model was developed specifically for digital transformation by focusing on the holistic view of the company and customer needs. In our practice environment we advise digitalization interested SMEs.

In order to meet the questions and problems of these companies, we have developed the approach described below on the basis of the presented approaches to digital transformation. Our experience of working with interested companies has shown that there is currently a significant need in companies for understanding the changes they are likely to face in the near future through digitization.

This practical experience led to many of these questions and needs being addressed in the initial phase of the processing in the process model developed here. In doing so, according to the Design Thinking mindset, the need analysis and the need-finding of the company are placed in the focus of the procedure and iterations of the steps in each individual phase are made possible [PB99] [Br08]. Design Thinking is an innovation method that provides user- and customer-oriented results of complex problems based on an iterative process [Ue15]. Our process model focuses on this need for understanding on the way to creating the Digital Strategy. On the basis of the model, we have developed various requirement-gathering workshops. These are described in section 5.

4.1 Phases of Developing a Digital Transformation Strategy

In the context of digitization, a closer connection between company vision and corporate strategy is of enormous importance. After a company has developed a vision for its future business, building on that vision will create a digital transformation strategy. The model consists of five phases, which serve to develop a strategy for digital transformation. The phases are shown in Figure 1.

4.2 Phase I "Actual state analysis"

The goal within this phase is to analyze the current state of the company. The digital transformation goes hand in hand with the transformation of existing business models. For this reason, it is of enormous importance to build up a comprehensive knowledge of current business models in the initiation phase. Here, the current business environment and, based on this, its potential with design-thinking methods are scrutinized. This consideration is of great relevance for the further course of action. This analysis alone highlights many companies' strengths and / or weaknesses that were not present to internal stakeholders prior to analysis. Here, the previous business environment and its stakeholders are analyzed.



Figure 1. Model for the development of a Digital Transformation strategy

4.3 Customers

Various questions about the customers are answered, such as who are the previous customers? Which customer segments are addressed? What needs do these customers currently have? Which customer values are currently available?

4.4 Competitors

In a further step, the competitors are scrutinized and analyzed: What potential do they have on the market? How are the competitors currently positioned? Who are the new entrants?

Special attention should be paid to the new entrants, as they are usually equipped with technologies or serve new customer segments that may be of interest to existing companies.

4.5 Market

Here, the previous market is examined and the following questions answered: Which market do we serve? What are the actual potentials of the market? What current developments can be observed in the market?

4.5.1 Employees

In a further step, it will be examined what potential the company has through its employees.

- What is the know how of the employees?
- What do employees appreciate about the company?

4.5.2 Suppliers / Partners

In this step, the business partners and suppliers and their environment are monitored.

Products / Services

One of these agencies will launch all of the company's products and services.

- Which products do we offer?
- What services do we offer?

4.5.3 Distribution channels

- Which distribution channels do we currently serve?
- Which distribution channel brings the lowest revenue to the company?

The insights gained here on the current state of various areas of the company can be used to optimize the process of business processes.

In this process model, a very far-reaching analysis of the business environment is made. In comparison to Essers approach the considered business environment is supplemented with additional elements such as suppliers, employees and distribution channels.

4.6 Phase II "Needs analysis"

As part of the digital transformation, technological potential is being used to meet increased customer requirements. That's why the future target group is identified first and the following questions are addressed: Who are my future customers? Which previous customer segments are important for me in the future and how would I like to serve them? But also which customer segments do we want to gain? The question may also help which customer segments do we not want to serve in the future?

After identifying a specific customer segment for future business relationships, the questions include:

- What sets these customers apart from others?

- What needs do these customers have?

4.7 Phase III "Goal Definition"

Once the future customers and their needs have been identified, a goal can be formulated with the answer to the question, "What should we re-design / change ...?" The second step in this phase is devoted to the answer to the question:

- How will we position ourselves in the market?
- How do we want to differentiate?

Then, in the third step, the subject area Value Proposition, the questions are: What benefits do our customers have from this reorganization or change? How and with which services do we want to inspire our customers? In this phase, the steps can be played through in different loops in the sense of the Design Thinking approach, until all three areas have been answered appropriately and an adequate goal has been formulated [Br08].

4.8 Phase IV "Idea Generation"

Collection of Ideas: Once a goal has been defined, various ideas for implementation can be gathered here. Many different options for achieving this goal can be discussed. In doing so, the idea generation itself is the focus and not the feasibility of these ideas.

In order to change business models and value chains, technological potentials are used during the digital transformation. At this point the current and new technologies are identified.

- What technology or digital possibilities are currently available on the market to implement ideas?
- Are there any digital formats that can be used?

4.9 Phase V "Evaluation"

Evaluate the ideas regarding the fulfillment of goals, especially of customer promise. In this phase, all the results of the previous phase are evaluated. In particular, the design ideas are considered in view of the customer's value propositions developed in step 4 and their fulfillment.

Finalize and Set: "Evaluate the combinations of digital options."

During these steps, the resulting combinations are evaluated and recorded by prioritizing the results in a Digital Transformation strategy.

5 Workshops and Lessons Learned

After the first draft of our process model was created, we have held several workshops. Additionally we are conducting a digitalization project in a consulting enterprise. To carry out these workshops, we have applied various methods of design thinking as well as knowledge management. The respective steps of the approach were changed dynamically / agile during the workshop. Certain steps were iterated. In addition, when there was a need to deepen the identified requirements or extension of the treated object / environment, this need was taken into account with various methods.

The workshops were based on the first draft of our procedure model. The practical testing of the model makes it possible to improve the design and to adapt it to the requirements of the enterprise world.

This report consolidates experience from seven workshops held with three SMEs with between 20 and 900 employees in three different sectors. Additionally we report about our observation during business process analyses in two enterprises for digital transformation. Employees from various levels and functional areas of the companies participated. To foster creative collaboration, we ensured that there was extensive diversity in the workshop team. Not only the employees from different functional areas and hierarchy levels but also employees, who had already developed innovative ideas for the improvement of the company processes and communicated to the enterprise, became preferably invited to the workshop. In the course of the workshops, different phases of the model were modified and, depending on the selected fields of action, focused on specific steps, as well as iterated if necessary. If necessary, previously identified issues or objectives were changed or supplemented within the workshops. Focusing on Problem Analysis and Need Finding [PB99] was one of the most important aspects of the workshop. This holistic view helped the participants to realize their versatile, complex business environment and to integrate it into their future goals.

- The team composition from different areas of the company had the advantage that the expertise from different areas of the company was incorporated during the target achievement workshop.
- During the Idea Generation phase, many interesting ideas have been collected. These could be described very precisely by the correct questioning by Design Thinking methods and even the environment influences are quantified.
- This gathering of ideas is a big win for companies to consider new processes / business models in further stages or phases of digitization.
- Over the course of the workshop, some have expressed surprise at what they have learned from peers about their respective work areas and that similar problems have seen bottlenecks as well as opportunities in their area of work. This created some kind of transparency regarding future goals.
- On the other hand, it was equally important that much implicit knowledge could be gathered during the brain writing phases.
- The agile approach enabled the team members to quickly view the insights they gained and to develop their ideas, but also to revise them if necessary.
- The agile approach optimized understanding of specific needs of the organization and its transformation efforts.
- The agile approach has allowed team members to express and question their concerns on specific issues and to iterate certain steps.

Our observations during the project and Business Process analysis:

- The need to work together in different areas that used to be separate and very self-sufficient.
- The likelihood of loss of motivation after initial attempts, which do not fruit quickly, is great.
- Some employees are very agile, dynamic. Some others see the project as a double burden, parallel load / add-on work to day-to-day business.
- The management sees opportunities for double income / new sources of revenue.
- The employees see chances to secure their jobs in the long run / receive. But also the need to think in a new way and later to work with new systems.
- It is difficult to involve different department heads, area managers on each other and other work areas. Due to the complexity of the respective tasks but also due to time constraints / high workload respective functionaries / responsible persons.

- For us as consultants, in-depth training in different areas is hardly possible since the time required can take months (as the divisional managers assure us). On the other hand, we have to know different areas so well to design / create the interfaces in a meaningful way.
- Term bottlenecks can occur very quickly. By absence of a single person in charge, a shift has been generated in the analysis phase.
- Because of the participation of many departments in this project and resulting dependences, each small obstacle in individual departments had major impact on the overall project.

6 Conclusion

This work has given an overview of the elements and approaches to digital transformation. Several existing approaches to the strategy of digital transformation were presented. Finally, a model for creating a strategy for digital transformation was developed and explained. A holistic view took into account the new customer position. The practical experience with the model showed the need for extensive information and orientation activities to understand the complex nature of Digital Transformation and to build a solid foundation for managing the necessary changes. Collaboration between the different areas of a transforming company is an important and challenging task for the whole company. The findings from practice will continue to be used in the future to optimize and expand the model. Interesting in this regard is also to observe the digital transformation effects on the companies' employees.

References

- [Ba09] Balck, H. et al.: "Organisationsaspekte in der Umsetzung." Handbuch Unternehmensorganisation, 2009: 599-695.
- [BS15] Bouée, C.-E.; Schaible, S.: Die Digitale Transformation der Industrie. Roland Berger Strategy Consultants und Bundesverband der Deutschen Industrie eV, Berlin, 2015.
- [Br08] Brown, Tim: Design Thinking *Harvard Business Review* 6, 2008.
- [BWW03] Bullinger, H.-J.; Warnecke, H.-J.; Westkämper, E.: Neue Organisationsformen im Unternehmen. Springer Weg, Berlin, 2003.
- [Es16] Esser, M.: "Chancen und Herausforderungen durch Digitale Transformation.", 2016.
- [HS10] Hevner, A.; Chatterjee S.: "Design science research in information systems." *Design research in information systems*. Springer US, 2010: 9-22.
- [Ka15] Kane, G. et al. "Strategy, not technology, drives digital transformation." *MIT Sloan Management Review and Deloitte University Press* 14, 2015.
- [KB09] Kaschny, M.; Bock, M.: Modelle des Innovationsprozesses – Managementtools erfolgreich entwickeln. Ideenmanagement, 2009.
- [KNP17] Kreutzer, R.; Neugebauer, T.; Pattloch, A.: Digital Business Leadership. Digitale Transformation - Geschäftsmodell-Innovation - agile Organisation - Change-Management. Springer Gabler, Wiesbaden, 2017.
- [Ma14] Mazzone, D.: Digital or death: Digital transformation - The only choice for business to survive, smash, and conquer. Smashbox Consulting Inc, Mississauga, 2014.

- [MHB15] Matt, Ch.; Hess, T.; Benlian, A.: "Digital transformation strategies." *Business & Information Systems Engineering* 57.5, 2015: 339-343.
- [PB99] Patnaik, D.; Becker, R.: "Needfinding: the why and how of uncovering people's needs." *Design Management Review* 10.2, 1999: 37-43.
- [RB08] Rüggeberg, H.; Burmeister, K.: *Innovationsprozesse in kleinen und mittleren Unternehmen*. No. 41. Working Papers of the Institute of Management Berlin at the Berlin School of Economics (FHW Berlin), 2008.
- [SR17] Schallmo, D.; Rusnjak, A.: Digitale Transformation von Geschäftsmodellen Grundlagen. Instrumente und Best Practices. Springer, 2017.
- [Ue15] Uebenickel, F. et al.; Handbuch Design Thinking, Frankfurter Verlag, 2015.

Kontakt

Fariba Fazli
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Berliner Tor 5, 20099 Hamburg
T +49 40 42875-699, fariba.fazli@haw-hamburg.de

Wirtschaftsinformatik: Von der angewandten Informatik zu angewandten Ökonomie der Digitalisierung

Eberhard Schott

Zusammenfassung

Ziel dieses Beitrages zum Selbstverständnis der Wirtschaftsinformatik ist es, eine veränderte bzw. zusätzliche Positionierung der Wirtschaftsinformatik zur Diskussion zu stellen. Als Ausgangspunkt werden die Entwicklung der Informationstechnologie und die damit einhergehende Digitalisierung sowie die sich daraus zunehmende Nachfrage nach Digitalisierungskompetenz reflektiert. Dann wird gezeigt, wie sich die Wirtschaftsinformatik aus der BWL und der Informatik entwickelt hat. Dabei wird die These vertreten, dass die Wirtschaftsinformatik lange Zeit davon dominiert wurde, dass Betriebswirtschaftsstudenten Wissen und Methoden der Informatik in einer für Betriebswirtschaftler noch zu verarbeitenden Komplexität beigebracht wurde.

Nun wird die Informationstechnologie durch die zunehmende Digitalisierung ein immer wichtigeres Objekt (betriebs-)wirtschaftlichen Handelns und Forschens. Hier geht es aber nicht nur um die Anwendung betriebswirtschaftlichen Wissens im IT-Umfeld, sondern auch um die Überprüfung der Gültigkeit ökonomischer Theorien und falls notwendig deren Anpassung an die neue digitale Welt. Daneben ist die Beschreibung und Erklärung neuer digitaler Geschäftsmodelle ein wichtiges Feld der Wirtschaftsinformatik. Hinzu kommt noch die Bewertung der ökonomischen Folgen der Digitalisierung für Wirtschaft und Gesellschaft.

Vor dem Hintergrund dieser Entwicklungen wird vorgeschlagen, Wirtschaftsinformatik verstärkt als eine angewandte Ökonomie der Digitalisierung zu betreiben. Eine Grundlage dafür ist der Trend in der Betriebswirtschaftslehre sich zunehmend der moderneren mikroökonomischen Theorien (z.B. Institutionenökonomie, Spieltheorie, Verhaltensökonomie) zu bedienen. Diese sind sehr hilfreich für das Verständnis digitaler Güter, elektronischer Märkte und der modernen Plattformökonomie. Eine so verstandene Wirtschaftsinformatik gibt die Beschäftigung mit der Informationstechnologie nicht auf. Sie stellt sie in einen anderen Kontext, indem auf der Grundlage des Verständnisses technologischer Entwicklungen die sich daraus resultierenden ökonomischen Fragestellungen bearbeitet werden. Eine solche Sicht bietet nicht nur Chancen hinsichtlich einer erhöhten Attraktivität der Studiengänge für weniger technologisch orientierte Studentinnen und Studenten, sondern auch hinsichtlich einer verstärkten Integration der Wirtschaftsinformatik in die Ökonomie. Aufgrund der zunehmenden Digitalisierung könnte eine so verstandene Brückenfunktion der Wirtschaftsinformatik zwischen Informatik und Betriebswirtschaftslehre die ökonomische Forschung stark befürworten.

1 Wirtschaftsinformatik - Angewandte Informatik für Betriebswirte?

Lange Zeit wurde die Wirtschaftsinformatik davon dominiert, dass Betriebswirtschaftsstudenten Wissen und Methoden der Informatik in einer für Betriebswirte noch zu verarbeitenden Komplexität beigebracht wurde. Die Wirtschaftsinformatik wurde von vielen – innerhalb

und außerhalb des Faches - als angewandte Informatik begriffen. Vor dem Hintergrund der zunehmenden Digitalisierung verändern sich aber die Ansprüche an das Fach.

Diese Veränderungen legen nahe, die Positionierung der Wirtschaftsinformatik zu hinterfragen. Als Ausgangspunkt werden die Entwicklung der Informationstechnologie und die damit einhergehende Digitalisierung reflektiert. Dann wird die Entwicklung des Selbstverständnisses der Wirtschaftsinformatik dargestellt. Dazu wird eine umfangreiche Literaturanalyse vorgenommen, die ein besonderes Gewicht auf die Auswertung der Wirtschaftsinformatik-Lehrbücher legt. Zum Schluss wird vorgeschlagen, die Wirtschaftsinformatik verstärkt als eine angewandte Ökonomie der Digitalisierung zu betreiben.

2 Digitalisierung und Wirtschaftsinformatik

Die Digitalisierung durchdringt immer stärker das Geschäfts- und Privatleben.

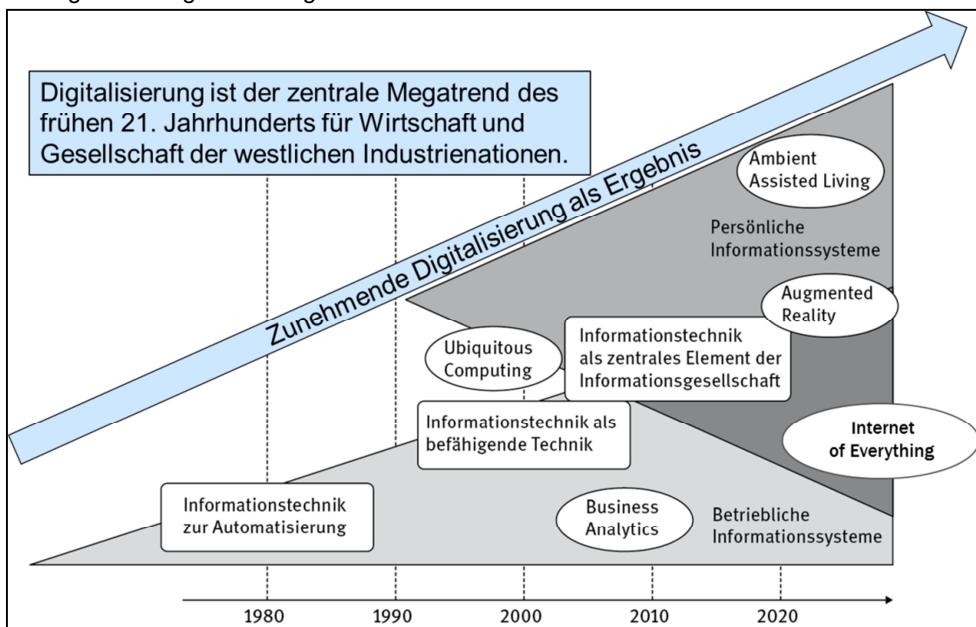


Abbildung 1: Digitalisierung und Informationstechnik¹

Grundlage der Digitalisierung ist die Entwicklung der Informationstechnologie und der zunehmende Einsatz von Informationssystemen. Ausgangspunkt war seit 1955 die automatisierte Datenverarbeitung (ADV). Die ersten Ansätze der Wirtschaftsinformatik in der Betriebswirtschaftslehre wurden ebenfalls unter dem Begriff „Automatisierte Datenverarbeitung“ eingeordnet (vgl. [HeHR11, S. 37]). Erste rechnergestützte betriebliche Anwendungssysteme übernahmen Arbeitsschritte, die zuvor von Mitarbeitern ausgeführt wurden. Die Automatisierung von Massen- und Routinevorgängen führte zu erheblichen Effizienzsteigerungen in den Betrieben. So konnten Banken durch Automatisierung bei den Kosten der Bear-

¹ Diese Abbildung baut auf einer Abbildung aus HaMN15, S. 20 auf. Die folgenden erläuternden Ausführungen finden sich weitgehend auch bei HaMN15, S. 20, S. 20-22.

beitung von Zahlungsüberweisungen Reduzierungen von bis zu 99% erreichen (vgl. [FeSi14]). Zunehmend wurde die Informationstechnik aber nicht mehr nur als Rationalisierungsinstrument, sondern auch als befähigende Technik (enabling technology) eingesetzt. Neue Formen inner- und zwischenbetrieblicher Prozesse wurden ermöglicht, die sonst zu kostspielig gewesen wären oder zu lang gedauert hätten. So wären auf einzelne Kunden maßgeschneiderte Angebote ab einer bestimmten Anzahl von Kunden ohne Rechnerunterstützung nicht möglich. „Die Informationstechnik beschleunigt nicht nur, sondern revolutioniert die Art und Weise, wie Mitarbeiter und Marktpartner miteinander kommunizieren, zusammenarbeiten und Geschäfte machen.“ [HaMN15, S. 15].

Dabei spielt auch eine Rolle, dass durch die Automatisierung von Geschäftsprozessen viele Daten generiert werden (z.B. Kundendaten, Bestelldaten, Abwicklungsdaten u.v.m.). Durch die Analyse dieser faktisch nebenbei anfallenden Daten (Business Analytics) bietet sich eine gute Grundlage für unternehmerische Entscheidungen. Sie können auf Verbesserungspotentiale untersucht werden oder bieten die Chance frühzeitig Fehlerquellen oder Trends zu entdecken. Auch dies hat dazu beigetragen, dass die Bedeutung betrieblicher Informationssysteme im Laufe der Zeit immer weiter gestiegen ist. Unternehmen (mit mehreren Mitarbeitern) sind heute ohne den Einsatz solcher Informationssysteme kaum denkbar.

Mit dem Aufkommen von Personal Computern und später dem Internet wurden diese immer stärker auch als persönliche Informationshilfsmittel – außerhalb der betrieblichen Informationssysteme – genutzt. Spätestens seit 2007, als Apple mit dem iPhone den Smartphone-Boom begründete, spielen persönliche Informationssysteme eine immer wichtigere Rolle. Hier werden persönliche und geschäftliche Kontakte bzw. Termine verwaltet, Messenger-Dienste, soziale Netzwerke, Streamingdienste und vieles mehr genutzt.

Die Informationstechnologie, ob durch mobile Geräte oder durch Rechner in Gebrauchsgegenständen (embedded systems bzw. cyber-physical systems), wird dabei zunehmend allgegenwärtig (Ubiquitous Computing). Durch die allgegenwärtige Verfügbarkeit von Rechnern sind persönliche Informationssysteme heute zum Bestandteil des täglichen Lebens für einen Großteil der Gesellschaft geworden. Dabei lassen sich geschäftliche und private Nutzung nicht mehr eindeutig voneinander trennen. So nutzen viele Mitarbeiter ihre privaten mobilen Geräte auch für geschäftliche und gleichzeitig ihre dienstlichen Rechner für private Zwecke. Dies führt zu nicht unerheblichen Integrations- und Sicherheitsproblemen (z.B. „bring your own device“). Außerdem erzeugt die private Nutzung der persönlichen Informationssysteme Daten, deren Analyse äußerst attraktiv ist, allerdings auch vielfältige Fragen zum Schutz der Privatsphäre offenlässt.

Gleichzeitig wird „Alles mit Allem“ vernetzt (Internet of Everything (IoE)). Immer bessere, billigere und kleinere Sensoren und Kameras schaffen Umgebungen, die auf die Anwesenheit von Menschen oder Objekten scheinbar intelligent reagieren können (Ambient Mobility). Oder sie ermöglichen es Robotern, sich in der realen Welt zu bewegen und Aufgaben eigenständig zu verrichten. Auch die Anreicherung der realen Welt durch in Echtzeit eingeblendeter Textinformationen und Grafiken (Augmented Reality) wird durch Kameras und Sensoren möglich. Die Digitalisierung ermöglicht neue Produkte und Dienstleistungen, neue Geschäftsmodelle, Produktverbesserungen (wie Fahrassistsysteme) als auch Lebensqualitätsverbesserungen. So können alte Menschen durch Ambient Assisted Living deutlich länger in ihrer häuslichen Umgebung bleiben.

Durch die dramatisch fortschreitende Digitalisierung wird die moderne Informationsgesellschaft zunehmend geprägt. Damit wird die Informationstechnologie zum zentralen Element der Informationsgesellschaft. Die Informatik mit den notwendigen technischen Ergänzungen

(z.B. Sensorik, Robotik etc.) wird zum Treiber für den Fortschritt in Gesellschaft und Wirtschaft (z.B. für Industrie 4.0). Aber auch den vielen interdisziplinären Informatik-Studiengängen (z.B. Medizininformatik, Umweltinformatik etc.) kommt eine zunehmende Bedeutung zu. Dies trifft auch auf die Wirtschaftsinformatik zu. Die zunehmende Bedeutung betrieblicher und persönlicher Informationssysteme passt zur zentralen Aufgabe der Wirtschaftsinformatik: „Wirtschaftsinformatiker beschäftigen sich mit der Gestaltung, dem Betrieb und der Nutzung von Systemen der computergestützten Informationsverarbeitung (IV) in Wirtschaft und Verwaltung und zunehmend auch im privaten Lebensumfeld.“ [Me++12, S. 1].

3 Gegenstand und Selbstverständnis der Wirtschaftsinformatik

Die Position der Wirtschaftsinformatik im Wissenschaftsgefüge wird gerne in Form des „3-Eier-Modells“ dargestellt (siehe Abbildung 2). Hier wird ein besonderer Wert darauf gelegt, dass es sowohl eine Schnittstelle zwischen BWL und Informatik gibt, als auch eine Zusatzmenge, die weder von der Informatik noch von der BWL bearbeitet wird. Neben den beiden „Ursprungsdisziplinen“ BWL und Informatik gibt es noch Berührungs punkte zur (Ingenieurs-)Technik (vgl. [Mert16, S. 5]). Weitergehend weisen [HeHR11, S. 49-50] darauf hin, dass Wirtschaftsinformatik eine Ingenieurwissenschaft sei. Hier geht es aber weniger um die Inhalte, sondern um die Wissenschaftskonzeption, die auf praktische Verwertbarkeit zielt.

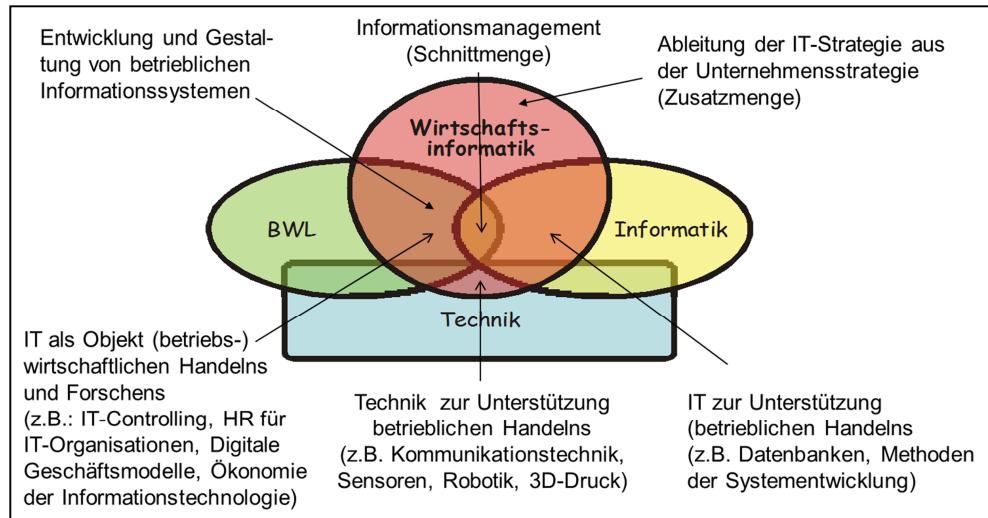


Abbildung 2: Position und Themen der WI In Anlehnung an [Me++12, S. 7] und [StHa11, S. 8].

Die einzelnen Beispiele für die Themen sprechen für sich. Hier soll nur kurz auf die Schnittmenge und auf die Zusatzmenge eingegangen werden.

Im Mittelpunkt dieser Abbildung steht das Informationsmanagement als Schnittstelle zwischen BWL und Informatik. Darunter verstehen [StHa05, S. 437]

- "primär die Aufgabe, den für das Unternehmen (nach Kapital und Arbeit) "dritten Produktionsfaktor" Information zu beschaffen und in einer geeigneten Informationsstruktur bereitzustellen, und

- b) davon ausgehend die Aufgabe, die dafür erforderliche IT-Infrastruktur, d. h. die informationstechnischen und personellen Ressourcen für die Informationsbereitstellung,
- langfristig zu planen,
 - mittel- und kurzfristig zu beschaffen und einzusetzen".

Letzteres (b) wird auch als IT-Management bezeichnet und ist ein zentraler Aufgabenbereich der Wirtschaftsinformatik.

Obwohl das Informationsmanagement sowohl Bestandteil der BWL als auch der Informatik ist, entstammen die meisten Forschungen und Lehrveranstaltungen zu diesem Themenbereich der Wirtschaftsinformatik, da Themen aus dem Informationsmanagement in den beiden Ursprungsdisziplinen eher am Rande der wissenschaftlichen Auseinandersetzung stehen. Hier ist z.B. das IT-Outsourcing zu nennen. Die wichtigsten deutschen Forschungsarbeiten zu diesem Thema wurden von Wirtschaftsinformatikern verfasst. Informatiker kennen häufig die hierfür notwendigen ökonomischen und sozialwissenschaftlichen Theorien - Transaktionskostentheorie, Principal-Agent-Ansatz, Ressource-based Theory, Power Theory (vgl. [HeHR11, S. 334-339]) - nicht und viele Ökonomen können die spezifischen Ausprägungen und Situationen von IT-Organisationen nicht ausreichend beurteilen.

Die Zusatzmenge beschreibt Gegenstandsbereiche der Wirtschaftsinformatik, die weder in der Informatik noch in der BWL zu Hause sind. Dieser Bereich wird in den Schaubildern zum 3-Eier-Modell sehr unterschiedlich groß dargestellt, ohne dass ganz klar wird, was diesen eigenständigen Wirtschaftsinformatik-Bereich füllt. [Me++12, S. 5] verweisen immerhin auf besondere Methoden zur Abstimmung von Geschäfts und IT-Strategie. Insgesamt erscheinen die exklusiven nur der Wirtschaftsinformatik zugehörigen Themen aber eher einen geringen Anteil an dem Fach zu haben.

Aber nicht nur, dass es kaum originäre Themen gibt, führt zum „Dilemma der wissenschaftlichen Außendarstellung“ [Kurb12, S. 117]. Denn die Interdisziplinarität sorgt dafür, dass ein Großteil der Modelle und Methoden, die in der Wirtschaftsinformatik benutzt werden, aus den Ursprungs- (Informatik und BWL) und den Nachbardisziplinen (Mathematik, Psychologie, Statistik, Recht u.a.) stammen. Das aus diesen Disziplinen bezogene Wissen „ist Grundlagenwissen der Wirtschaftsinformatik und damit Gegenstand der Lehre“ [HeHR11, S. 18].

Die Wirtschaftsinformatik kann als Interdisziplin oder Brückenwissenschaft begriffen werden (vgl. [Hein12, S. 211]). Heiner MÜLLER.MERBACH hat die Wirtschaftsinformatik in ihrer Brückenaufgabe als verwandt mit dem Wirtschaftsingenieurwesen bezeichnet (zitiert nach [Hein12, S. 319]). Beide Fächer haben es nicht leicht, sich als eigenständige Wissenschaften zu präsentieren und sind stark geprägt, von der Nachfrage der Wirtschaft nach Absolventen. Ein zentrales Problem der Wirtschaftsinformatik ist darauf zurückzuführen: Nach Lutz J. HEINRICH hat sich die Wirtschaftsinformatik bis heute primär über Curricula-Inhalte und kaum durch theoretische Überlegungen definiert ((vgl. [Hein12, S. 290]).

Gerade einführende Lehrbücher zur Wirtschaftsinformatik stellen Grundlagenwissen aus der Informatik dar (Siehe z.B. [Me++17]; [LeBr15]; [ThWi15]; [HaMN15]; [ScKr14]; [Vi++12]; [StHa11])². Beispielhaft kann man dies daran sehen, dass die Beschreibung der von Neumann-Architektur und der Komponenten von Rechnern in fast jedem Lehrbuch zur Wirtschaftsinformatik auftauchen. Programmatisch weicht das Lehrbuch von HEINRICH, HEINZL

² Wenn man die 6. Auflage der „roten Bibel“ der Wirtschaftsinformatik von Hansen (1992) mit der aktuellen 11. Auflage (2015) vergleicht, sieht man allerdings, dass der Anteil des Informatik-Grundlagenwissens zurückgeht. Dies gilt tendenziell für viele neuere Lehrbücher bzw. ihre neueren Auflagen.

und RIEDL [HeHR11] ab. Dessen Autoren schreiben: „Wissen über Computersysteme ist aus Nachbardisziplinen importiertes Grundlagenwissen der Wirtschaftsinformatik und daher nicht Gegenstand eines einführenden und grundlegenden Lehrbuchs.“ [HeHR11, S288], geben aber trotzdem einen Überblick zur Orientierung. Anders als in vielen der anderen Werke findet sich in diesem Lehrbuch auch betriebswirtschaftliches bzw. ökonomisches Grundwissen, dass ein Betriebswirt außerhalb von Wirtschaftsinformatik-Vorlesungen erwirbt. [HeHR11] stellen z.B. die Grundlagen der Entscheidungstheorie (S. 400-401) und die Grundlagen der Transaktionskostentheorie (S. 334-336) vor. Auch bei [Me++17, S 193-194] wird die Transaktionskostentheorie genutzt.

Trotzdem werden normalerweise in Wirtschaftsinformatik-Einführungen die ökonomischen bzw. betriebswirtschaftlichen Grundlagen nicht genauso behandelt wie die Informatikgrundlagen. Sie werden nicht oder nur sehr rudimentär dargestellt. Der Hintergrund dafür liegt darin, dass die Wirtschaftsinformatik sich im Wesentlichen aus der Betriebswirtschaftslehre entwickelt hat (Siehe dazu [Hein12, S. 283-286])³. Außerdem sind eine sehr hohe Anzahl der Wirtschaftsinformatik-Studiengänge und der Fachvertreter in wirtschafts- und sozialwissenschaftlichen Studiengängen angesiedelt (vgl. [Hein12, S. 314]). Deshalb geht es in den Einführungen häufig darum, den Studenten der Betriebswirtschaft die notwendigen Grundlagen der Informatik zu vermitteln.

Für weite Teile der Wirtschaftsinformatik täuscht das 3-Eier-Modell. Die Beziehung zur Informatik ist nicht die gleiche wie zur Betriebswirtschaft. Die Informatik ist für viele betriebswirtschaftliche orientierte Wirtschaftsinformatiker keine Ursprungsdisziplin, sondern die wichtigste Nachbardisziplin, aus der Wissen und Methoden in die Wirtschaftsinformatik „importiert“ werden (vgl. dazu [Hein12, S. 282] und die in seinem Buch gesammelten Selbstzeugnisse führender Wirtschaftsinformatiker).

4 Wirtschaftsinformatik als angewandte Ökonomie der Digitalisierung

Die Wirtschaftsinformatik wurde in der Anfangszeit des Faches vielfach als Angewandte Informatik begriffen (vgl. z.B. [Ortn03] zitiert nach [Hein12, S. 320]. Ein weiteres Indiz dafür ist, dass die für das Fach im deutschsprachigen Raum zentrale Zeitschrift „Wirtschaftsinformatik“ vor 1990 unter dem Titel „Angewandte Informatik“ erschien (vgl. [Hein12, S. 309]). Davon hat sich die Wirtschaftsinformatik längst emanzipiert. Auch eine Einordnung als Spezielle Betriebswirtschaftslehre wird ihr nicht gerecht.⁴

Hier wird nun vorgeschlagen, Wirtschaftsinformatik verstärkt als eine angewandte Ökonomie zu betreiben. Damit ist sie sowohl in der Betriebswirtschaftslehre wie in der Volkswirtschaftslehre zu Hause. Das entspricht auch den Tendenzen, „beide Disziplinen in einer einheitlichen Wirtschaftswissenschaft aufgehen zu lassen.“ [Alba0J] Eine Grundlage dafür ist der Trend in der Betriebswirtschaftslehre sich zunehmend der moderneren mikroökonomischen Theorien (z.B. Institutionenökonomie, Spieltheorie, Verhaltensökonomie) zu bedienen.

³ Die BWL wird dort als „Ursprungsdisziplin“ (S. 295) bezeichnet, während die Haltung der Informatik gegenüber der Wirtschaftsinformatik lange als eher feindlich wahrgenommen wurde (S. 295)

⁴ „Spezielle Betriebswirtschaftslehren sind nach Branchen oder nach Unternehmensfunktionen gegliedert. Der Wirtschaftsinformatiker ist in der Praxis damit konfrontiert, alle Unternehmensfunktionen und zwar bereichsübergreifend und in allen Branchen ... zu realisieren.“ [Stef12, S. 193].

Seit längerem werden auch in der Wirtschaftsinformatik mikroökonomische Theorien verwendet. Ein gutes Beispiel dafür sind Wolfgang KÖNIG und seine Schüler (z.B. Peter BUXMANN, Armin HEINZL und Oliver WENDT). Ulrich FRANK hat schon 1998 darauf verwiesen, dass die Wirtschaftsinformatik überall dort eine große Nähe zur Organisationstheorie – „häufig in Anlehnung an Ansätze aus der neueren institutionellen Ökonomie“ - aufweist, in denen organisatorische Randbedingungen zur Bereitstellung und Verwaltung von Informationen thematisiert werden (vgl. [Fran98, S. 92]). Als Beispiele nennt er „Interorganisationssysteme“ oder „virtuelle Unternehmen“ sowie „elektronische Märkte“. Gerade für das Forschungsgebiet IT-Outsourcing gilt dies schon lange (Siehe z.B. [Pico90], [Hein93], [LaHi93], [Scho95], [DiHe09]). Auch Ansätze zur Erklärung des Marktgeschehens im Umfeld digitaler Güter und elektronischer Märkte kommen nicht ohne den Rückgriff auf mikroökonomische Theorien aus (siehe [VaSh99], [BuDH15] und [CISc16]. Die Erklärung der Erfolge von Plattformunternehmen wie Amazon, Uber, Facebook, Google, Airbnb oder Apple gelingt nicht ohne Netzeffekte und die Theorie zweiseitiger Märkte (vgl. [AIPC16]). Um das Verhalten von Internet-Nutzern (Privacy Paradoxon) zu verstehen, ist es sinnvoll dieses mit den Ansätzen der Verhaltensökonomie zu interpretieren (vgl. [GeVG17, S. 155-157]). Die Verhaltensökonomie kann auch genutzt werden, um Ideen für eCommerce zu generieren (vgl. [Kies18]). Eine zweite Veränderung zeigt sich in zwei neu erschienenen Lehrbüchern zur Wirtschaftsinformatik. Sie beziehen sich verstärkt auf die Digitalisierung. So haben MERTENS und seine Co-Autoren in der 12. Auflage ihrer „Grundzüge der Wirtschaftsinformatik“ ein neues Kapitel eingefügt, in dem sie „die Veränderungen, die durch die verschiedenen Formen und Wirkungen der Digitalisierung auftreten, darstellen und systematisieren“ [Me++17, S.5]. Bei Claudia LEMKE und ihren Co-Autoren heißt der Titel: „Einführung in die Wirtschaftsinformatik. Band 2: Gestalten des digitalen Zeitalters. Band 1 (2015 erschienen) hat den Untertitel: Verstehen des digitalen Zeitalters.

Die Informationstechnologie wird durch die zunehmende Digitalisierung (siehe oben) ein immer wichtigeres Objekt (betriebs-)wirtschaftlichen Handelns und Forschens. Hier geht es aber nicht nur um die Anwendung betriebswirtschaftlichen Wissens im IT-Umfeld (z.B. IT-Controlling, IT-Organisation), sondern auch um die Überprüfung der Gültigkeit ökonomischer Theorien und falls notwendig der Anpassung an die neue digitale Welt. CLEMENT und SCHREIBER ist zuzustimmen, wenn sie schreiben: „Viele Lehrsätze und Annahmen sind auf elektronischen Märkten zu relativieren. ... Das traditionelle ökonomische Instrumentarium lässt sich daher gut anwenden, muss aber in einen neuen Kontext gerückt werden. Grundsätzlich bekannte aber bisher nicht dominante Regeln werden neu akzentuiert, gewinnen zunehmend an Bedeutung, werden anders kombiniert und treten in neuen Ausprägungen auf“ [CISc13, S. 165 + 168].

Daneben ist die Beschreibung und Erklärung neuer digitaler Geschäftsmodelle ein wichtiges Feld der Wirtschaftsinformatik (siehe [Me++17, S. 195-200]), da ihre Forscher die technologischen Hintergründe besser verstehen sollten, aber hier müssen sie sich der Konkurrenz von Wettbewerbstheoretikern und anderen Mikroökonomikern wie auch der Marketingspezialisten stellen.

Hinzu kommt noch die Bewertung der ökonomischen Folgen der Digitalisierung für Wirtschaft und Gesellschaft: „Digitalisierung und Vernetzung lösen irreversible und fundamentale Veränderungen von Gesellschaft und Wirtschaft aus, die wir alle mehr oder weniger radikal erleben und die unser Leben neu strukturieren. Die vielen damit verbundenen Fragen bedürfen einer sorgfältigen und fundierten Beantwortung. Die Wirtschaftsinformatik muss ihren Erkenntnisbeitrag dazu leisten“ [LeBK17, S. 502]

Zusammengefasst kann die Wirtschaftsinformatik auch als angewandte Ökonomie der Digitalisierung begriffen werden. Eine deutliche Verschiebung der Lehr- und Forschungsinhalte wäre die Folge.⁵

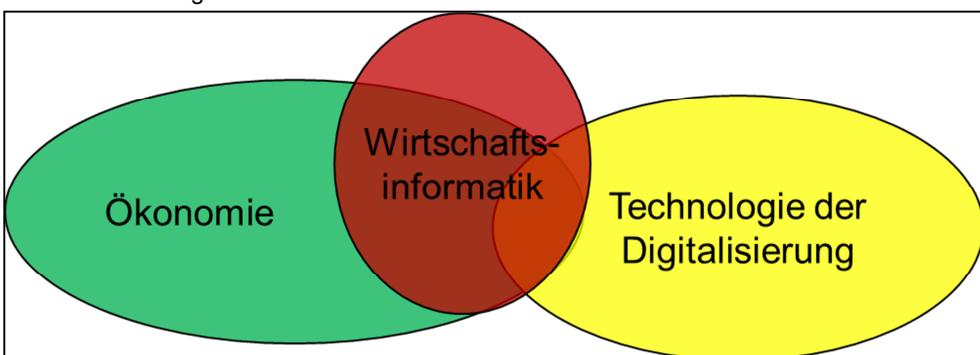


Abbildung 3: Wirtschaftsinformatik als angewandte Ökonomie der

Literaturverzeichnis

- [Alba0J] Albach, Horst (o.J.): Wirtschaftswissenschaften, in: Springer Gabler Verlag (Herausgeber), Gabler Wirtschaftslexikon, <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/11076/wirtschaftswissenschaften-v12.html>. Abruf am 2017-07-03
- [AIPC16] van Alstyne, Marshall W.; Parker, Geoffrey G.; Choudary, Sangeet Paul (2016): Pipelines, platforms, and the new rules of strategy. In: Harvard Business Review : HBR 94 (4), 2016, S. 54–62.
- [BuDH15] Buxmann, Peter; Diefenbach, Heiner; Hess, Thomas: Die Software-industrie. Ökonomische Prinzipien, Strategien, Perspektiven. 3. Auflage, Springer, Berlin/Heidelberg, 2015.
- [ClSc16] Clement, Reiner; Schreiber, Dirk: Internet-Ökonomie. Grundlagen und Fallbeispiele der vernetzten Wirtschaft. 3. Auflage. Springer, Berlin/Heidelberg, 2016.
- [DiHe09] Dibbern, Jens; Heinzl, Armin (2009): Outsourcing der Informationsverarbeitung im Mittelstand: Test eines multitheoretischen Kausalmodells, in: Wirtschaftsinformatik, Jg. 51, Ausgabe 1/2009, S. 118-129.
- [FeSi14] Ferstl, Otto; Sinz, Elmar (2014): Automatisierbarkeit von IS-Aufgaben. In: Kurbel, Karl et al. (Hrsg.): Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik. Achte Auflage, Oldenbourg, München, 2014.
- [Fran98] Frank, Ulrich (1998): Wissenschaftstheoretische Herausforderungen der Wirtschaftsinformatik, in: Gerum, E.: Innovation in der Betriebswirtschaftslehre. Gabler, Wiesbaden, 1998, S. 91-118.
- [GeVG17] Gerber, Paul; Volkamer, Melanie; Gerber, Nina: Das Privacy-Paradoxon – Ein Erklärungsversuch und Handlungsempfehlungen, in: DDV: Dialogmarketing Perspektiven 2016/2017: Tagungsband 11. wissenschaftlicher interdisziplinärer Kongress für Dialogmarketing. Springer Gabler, Wiesbaden, 2017.

⁵ Dabei sollte die Wirtschaftsinformatik – wie es in ihrer Geschichte immer war – offenbleiben, für unterschiedliche wissenschaftliche Ansätze zwischen angewandter Informatik und angewandte Ökonomie.

- [HaMN15] Hansen, Hans Robert; Mendling, Jan; Neumann, Gustaf: Wirtschaftsinformatik. Grundlagen und Anwendungen. 11., völlig neu bearb. Aufl., De Gruyter (De Gruyter Oldenbourg : Studium), Berlin u.a., 2015.
- [Hein12] Heinrich, Lutz J.: Geschichte der Wirtschaftsinformatik. Entstehung und Entwicklung einer Wissenschaftsdisziplin. 2. Aufl., Springer (SpringerLink : Bücher), Berlin/Heidelberg, 2012.
- [HeHR11] Heinrich, Lutz Jürgen; Heinzl, Armin; Riedl, René (2011): Wirtschaftsinformatik. Einführung und Grundlegung. 4., überarb. und erw. Aufl., Springer (Springer-Lehrbuch), Berlin/Heidelberg, 2011.
- [Hein93] Heinzl, Armin: Alternative Organisationskonzepte der betrieblichen Datenverarbeitung, Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 1993.
- [Kies18] Kiesel, Hannah: Verhaltensökonomie im Online-Mode-Handel, Arbeitspapier des Information Management Instituts, Aschaffenburg, 2018.
- [Kurb12] Kurbel, Karl: Eine subjektive Sicht auf die Entwicklung der Wirtschaftsinformatik, in: [Hein12], S. 115 – 123.
- [LaHi93] Lacity, Mary C./Hirschheim, Rudy A.: Information Systems Outsourcing; Myths, Metaphors, and Realities. John Wiley & Sons, New York, 1993.
- [LeBr15] Lemke, Claudia; Brenner, Walter (2015): Einführung in die Wirtschaftsinformatik. Band 1: Verstehen des digitalen Zeitalters. Springer Gabler, Berlin/Heidelberg, 2015.
- [LeBK17] Lemke, Claudia; Brenner, Walter; Kirchner, Kathrin: Einführung in die Wirtschaftsinformatik. Band 2: Gestalten des digitalen Zeitalters. Springer Gabler, Berlin/Heidelberg: 2017.
- [Mert16] Mertens, Peter (2016): Wirtschaftsinformatik, in: Gronau, Norbert et al. (Hrsg.): Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik. 9. Aufl., Berlin. <http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de>. Abruf am 2017-07-03.
- [Me++12] Mertens, Peter; Bodendorf, Freimut; König, Wolfgang; Picot, Arnold; Schumann, Matthias; Hess, Thomas: Grundzüge der Wirtschaftsinformatik. 11. Aufl., Springer; Imprint: Springer (Springer-Lehrbuch), Berlin/Heidelberg, 2012.
- [Me++17] Mertens, Peter; Bodendorf, Freimut; König, Wolfgang; Schumann, Matthias; Hess, Thomas; Buxmann, Peter: Grundzüge der Wirtschaftsinformatik. 12. Aufl., Springer; Imprint: Springer (Springer-Lehrbuch), Berlin/Heidelberg, 2017.
- [Picot90] Picot, Arnold (1990): Information Management – The Science of Solving Problems, in: International Journal of Technology Management, Vol. 5, No. 3, S. 309-316.
- [Scho95] Schott, Eberhard: Abhängigkeit als Entscheidungskriterium zwischen internen und externen Organisationsformen des Outsourcings, in: König 1995, S. 479 – 492.
- [ScKr14] Schwarzer, Bettina; Krcmar, Helmut: Wirtschaftsinformatik. Grundlagen betrieblicher Informationssysteme. 5. überarbeitete Aufl., Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 2014.
- [Stef12] Steffens, Franz: Wirtschaftsinformatik an der Universität Mannheim, in: [Hein12, S. 179 – 194].
- [StHa05] Stahlknecht, Peter; Hasenkamp, Ulrich: Einführung in die Wirtschaftsinformatik. 11. Aufl., Springer (Springer-Lehrbuch), Berlin u.a., 2005.
- [StHa11] Stahlknecht, Peter; Hasenkamp, Ulrich: Einführung in die Wirtschaftsinformatik. 12. Aufl., Springer (Springer-Lehrbuch), Berlin u.a., 2011.

- [ThWi15] Thome, Rainer; Winkelmann, Axel: Grundzüge der Wirtschaftsinformatik. Organisation und Informationsverarbeitung. Springer, Berlin/Heidelberg, 2015.
- [VaSh99] Varian, Hal R.; Shapiro, Carl: Information Rules: A Strategic Guide to the Network Economy. Harvard Business School Press, Boston, 1999.
- [Vi++12] Vieweg, Iris; Wagner, Klaus-P.; Backin, Dieter; Hüttl, Thomas; Werner, Christian: Einführung Wirtschaftsinformatik. IT-Grundwissen für Studium und Praxis. Gabler Verlag, Wiesbaden, 2012.

Kontakt:

Prof. Dr. Eberhard Schott
Information Management Institut IMI
Hochschule Aschaffenburg
Würzburger Str. 45, 64743 Aschaffenburg
T +49 6021 4206-700, eberhard.schott@h-ab.de

Testen als Teil der Wirtschaftsinformatik-Ausbildung für Betriebswirte. Konzeptuelle Überlegungen und Erfahrungen aus der Lehre

Rüdiger Weißbach

Zusammenfassung

Wirtschaftsinformatik ist seit einigen Jahrzehnten mit verschiedener Intensität in die Curricula betriebswirtschaftlicher Studiengänge integriert. Dabei sind die Berufsbilder von Betriebswirten typischerweise weniger von der Entwicklung von Software geprägt, als von der Planung des Einsatzes, der Entscheidung über Systeme etc. Gerade aber bei der Entscheidung über Systeme und deren Einsatzfähigkeit ist die Kompetenz gefordert, Software zu testen. Dieses Thema wird wiederum in typischen WI-Lehrbüchern, gerade in solche, die sich an Betriebswirte richten, nur als Marginalie berücksichtigt.

In dem Paper wird soll ein Ansatz vorgestellt, der in der Wirtschaftsinformatik-Ausbildung von Betriebswirten an der HAW-Hamburg seit einigen Jahren praktiziert wird.

1 Ausgangssituation

Wirtschaftsinformatik ist seit einigen Jahrzehnten mit verschiedener Intensität in die Curricula betriebswirtschaftlicher Studiengänge integriert. Dabei sind die Berufsbilder von Betriebswirten typischerweise weniger von der Entwicklung von Software geprägt, als von der Planung des Einsatzes, der Entscheidung über Systeme etc. Die Inhalte der Ausbildung unterscheiden sich dabei deutlich, sie reichen von dem Wissen über und der Handhabung von betriebswirtschaftlichen Applikationen (im Besonderen ERP-Software, (R)DBMS und Tabellenkalkulationsprogramme) über allgemeine aktuelle Themen wie „eCommerce“ und neuen Geschäftsmodellen bis hin zur Einführung in die Entwicklung von Software.

Dabei unterscheidet sich das traditionelle Berufsbild von Betriebswirten mehr oder weniger deutlich von dem Berufsbild „eigentlicher“ Wirtschaftsinformatiker. Sicherlich nimmt die Softwareentwicklung, insbesondere die Umsetzung definierter Anforderungen in lauffähigen Code, eine deutlich geringere Rolle und grundsätzlich eine Ausnahmeposition ein. Dies gilt auch, wenn man die „Anwenderprogrammierung“ in applikationsspezifischen Sprachen wie ABAP, SQL oder VBA betrachtet, die eigentlich ja die Erstellung von Applikationen auf die Anwender verlagern sollten. Diese Idee hat sich schon bei älteren „problemorientierten“ Sprachen nicht in dem intendierten Umfang durchgesetzt, wie das Beispiel COBOL zeigt. Und auch die Professionalisierung von Betriebswirten nicht in der, sondern *für* die Softwareentwicklung ist nach Ansicht des Autors kein Widerspruch: Sofern ein Betriebswirt zum Softwareentwickler wird, arbeitet er in der Regel als „Softwareentwickler“ und nicht als „Betriebswirt“.

Insofern bleibt aber zu fragen, worin spezifische Inhalte für die Ausbildung von *Betriebswirten* liegen. Zur Beantwortung dieser Frage ist es nach Ansicht des Autors erforderlich, den gesamten Softwareentwicklungsprozess und die daran beteiligten Rollen zu betrachten.

Im weiteren Verlauf des Papers werden zunächst einerseits typische Rollen auf der „Anwendersseite“ im Softwareentwicklungsprozess und die Bedeutung der diesen Rollen zuge-

ordneten Tätigkeiten für den Erfolg von Softwareprojekten dargestellt. Anschließend wird der aktuelle Unterrichtsansatz vorgestellt, Erfolge und Schwierigkeiten werden dargestellt und zukünftige Entwicklungsmöglichkeiten aufgezeigt.

2 Rollen im Softwareentwicklungsprozess

2.1 Allgemeine Anmerkungen

Allgemein kann der Softwareentwicklungsprozess als ein mehrstufiger Transformationsprozess betrachtet werden, in dem fachliche Ideen zunächst in ein Modell (Lastenheft, formale Modelle, ggf. auch mentale Modelle) überführt und dann in Code umgesetzt werden. Auf jeder dieser Transformationsstufen können Fehler entstehen. Während bei ingenieurmäßig orientierten Aufgabenstellungen (wie beispielsweise bei der Entwicklung von Steuerungssoftware für Werkzeugmaschinen) typischerweise auf Kunden- bzw. Anwenderseite auch ingenieurmäßige Qualifikationen vorhanden sind, so kann bei betriebswirtschaftlichen Aufgabenstellungen im B2B- und B2C-Sektor in der Regel nicht von einer entsprechenden Qualifikation ausgegangen werden. Gleichzeitig wird aber eine wachsende Bedeutung der Fachabteilungen bei der Auswahl und Beauftragung von IT-Anwendungen prognostiziert, gerade unter dem Aspekt der marktverfügbareren „Cloud“-Lösungen (vgl. dazu aktuell [Ogul18] und [Rent17]).

In der Literatur finden sich regelmäßig Hinweise auf die Kritikalität der Benutzerbeteiligung hinsichtlich des Projekterfolgs. Die – unabhängig von deren methodischen Problematik – häufig referenzierten CHAOS Reports der Standish Group (s. z.B. [Stan95]) und andere Quellen (s. z.B. [Marr16]) verweisen auf die Einbindung der Anwender als primäres Erfolgs- sowie die fehlende Zuarbeit durch die Anwender als primäres Misserfolgskriterium. Klare bzw. unklare Anforderungen sind ebenfalls von zentraler Bedeutung. Beide Faktoren – die Beteiligung der Anwender sowie die Qualität der Anforderungen – stehen ebenfalls in einem Kausalzusammenhang; ohne intensive Beteiligung der Anwender sind eindeutige Erfolgskriterien hinsichtlich der Validierung der Artefakte kaum zu definieren.

Grundsätzlich ist die Beteiligung von Anwendern bzw. Kunden in verschiedensten Vorgehensmodellen vorgesehen. Bereits in der DIN69901-5 [Deut09] wird die Definition des Lastenhefts als Aufgabe des Auftraggebers gesehen. Allerdings sieht die DIN keine detaillierten Rollenkonzepte vor.

Im Folgenden sollen als Beispiel für ein klassisch orientiertes Projektmodell das V-Modell XT (s. [Weit15]) und als Beispiele für agile Projektmodelle Scrum (s. [ScSu17]) sowie Extreme Programming (XP) (s. [Well99]) aufgegriffen werden, auch wenn das V-Modell XT kein traditionelles „schwergewichtiges“ Verfahrensmodell ist.

2.2 Rollen im V-Modell XT

Das V-Modell XT (s. [Weit15]) beschreibt 27 Projekt- sowie 5 Organisationsrollen. Von besonderer Rolle für das hier behandelte Thema sind die Projektrollen D1.5 (Anwender) und D1.21 (Prüfer). Dies sind typische Rollen auf Anwenderseite für betriebswirtschaftlich ausgebildete Personen. Im V-Modell XT gehören zu den Aufgaben der Anwender (D1.5) beispielsweise die „Mitarbeit bei Prüfungen und Abnahmen“ (s. [Weit15], S. 225), allerdings werden im Fähigkeitsprofil lediglich „Kenntnis über das Fach- und Einsatzgebiet des Systems“ sowie „Kommunikationsfähigkeit“ aufgeführt (ebd.). Für die Rolle des Prüfers (D.21) wird im

V-Modell XT „in der Regel ein Mitglied des Projektteams, meist ein sachkundiger Entwickler oder eine mit der Thematik des Prüfgegenstandes vertraute Person“ vorgesehen (s. [Weit15], S. 239). Betriebswirte als Prüfer werden in der Regel auf Grund der Kenntnis der Domäne ausgewählt werden.

2.3 Rollen des Kunden in XP

In Extreme Programming (XP) wird dem On-site-Customer, einem Kunden, der im Projekt in direkter Nähe der Entwickler mitarbeitet, eine besondere Funktion zuerkannt. Hier ist der Kunde gleichermaßen in Akzeptanztests wie in Funktionstests einbezogen [Well99]. Die räumliche Nähe zu den Entwicklern kann das gegenseitige Lernen unterstützen.

2.4 Rollen in SCRUM

SCRUM [ScSu17] kennt drei Rollen, Scrum Master, Development Team und Product Owner. Dabei tauchen die Begriffe „user“ bzw. „customer“ nicht direkt im Kontext der zu erstellenden Anwendung auf. Die Übernahme einer Product-Owner-Funktion durch einen Anwender ist aber im Sinn dieses Vorgehensmodells. Die Funktion des Product Owners ist vorrangig an der Entscheidungskompetenz hinsichtlich des Product Backlogs ausgerichtet (s. [ScSu17], S. 6).

2.5 Anforderungen der betriebswirtschaftlich orientierten Rollen

Den o.a. Beispielen, besonders dem V-Modell XT und XP, ist gemeinsam, dass den Kunden bzw. Anwendern explizit Aufgaben bei der Prüfung bzw. Abnahme von Software zuerkannt werden. Bei Scrum sind diese Aufgaben zwar nicht so explizit definiert, ergeben sich für den Product Owner aber aus seinem Verantwortungsbereich. Allerdings sind in allen Fällen keine detaillierteren Aufgaben konkretisiert.

3 Curriculares Umfeld

3.1 Grundsätzlicher Aufbau

Am Department Wirtschaft der Hochschule für Angewandte Wissenschaften (HAW) Hamburg werden seit Mitte der 1990er Jahre betriebswirtschaftliche Studiengänge angeboten, in denen das Fachgebiet Wirtschaftsinformatik einen hohen Pflichtanteil besitzt. Mit der Umstellung auf Bachelorstudiengänge wurde dieses Konzept beibehalten und fortentwickelt. Seit ca. 2009 wird von dem Autor ein Konzept (mit-) entwickelt, in dem die Studierenden im Bachelor-Studiengang „Marketing / Technische BWL“ (planmäßig) im 2. Semester eine Einführung in die Grundlagen der Programmierung erhalten, im 3. Semester eine Einführung in Datenbanksysteme, Netzwerke und Webanwendungen und in den höheren Semestern eine Einführung in Geschäftsprozesse, ERP-Systeme, managementorientierte Aspekte (wie beispielsweise Datenschutz) sowie Requirements Engineering und IT-spezifische Aspekte des Projektmanagements.

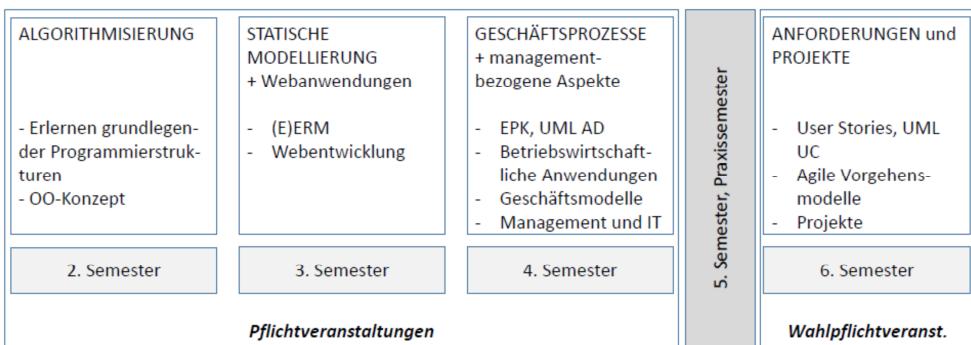


Abbildung 1: Schematischer Aufbau der Kerninhalte

Leitbild des Konzeptes ist, dass akademisch ausgebildete Betriebswirte als zukünftige Anwender, Projektmitarbeiter und besonders als potenzielle Entscheider über den Einsatz von Informationssystemen zwar selbst nur in Ausnahmefällen selbst komplexere Anwendungen implementieren werden, aber mit Informatikern gemeinsam in Projekten arbeiten werden, Produkte abnehmen und einkaufen werden sowie Anforderungen mit dazugehörigen Erfolgskriterien definieren werden.

Dabei werden im 2. Semester zusammen mit Grundlagen der Programmierung auch Grundlagen des Testens, vor allem des spezifikationsbasierten Testens, vermittelt und geprüft. Dies soll den Studierenden die Bedeutung Ihrer eigenen Rolle als Domänenexperten im Prozess der Entwicklung und Einführung von Anwendungssystemen vermitteln. In späteren Lehrveranstaltung werden dann Grundzüge der fachlichen Spezifizierung vermittelt und regelmäßig in Praxisprojekten mit externen Organisationen eingesetzt. Zum Teil werden in diesen Projekten Lösungen selbst implementiert, zum Teil werden Spezifikationen für eine Erstellung durch Dritte erstellt. In diesen Veranstaltungen soll die enge Beziehung zwischen der Definition von Spezifikationen und deren Testbarkeit vermittelt werden.

Für das Thema „Testen“ sind insbesondere die Veranstaltungen im 2. Semester sowie im 6. Semester relevant. Requirements-Engineering-orientierte Inhalte der Veranstaltung im 6. Semester werden auch im konsekutiven Marketing-Masterstudium wieder aufgegriffen.

3.2 Einführung in die Programmierung

Die erste Veranstaltung im Fachgebiet Wirtschaftsinformatik im 2. Semester soll eine Einführung in die Algorithmisierung darstellen. Es steht nicht das Erlernen einer Programmiersprache bzw. einer Entwicklungsumgebung im Vordergrund, sondern die Zerlegung kleiner Aufgabenstellungen in diskrete Schritte und deren Umsetzung in eine Programmiersprache (aktuell in JavaScript). Die Veranstaltung besteht aus einer einstündigen Vorlesung mit Überblickscharakter und einer dreistündigen Übung, in der Aufgaben besprochen und bearbeitet sowie Lösungen diskutiert werden. Außerdem werden hier einzelne Aspekte der Vorlesung vertieft.

Die Studierenden erhalten Aufgaben geringen Umfangs, die mit wenigen Codezeilen gelöst werden können. Die Aufgaben beinhalten einen betriebswirtschaftlichen Kern (z.B. Kundenbewertung, Adressnormierung etc.) und sind bewusst in natürlicher, nichtformalisierte Sprache formuliert, zum Beispiel: „Stammkunden erhalten ab 10 Bestellungen...“, statt „wenn ≥ 10 Bestellungen“. Damit wird einerseits das Ziel verfolgt, dass die Studierenden

Mehrdeutigkeiten in Formulierungen erkennen können, andererseits soll die Notwendigkeit einer möglichst eindeutigen Definition von Anforderungen verdeutlicht werden.

Bereits ab Beginn werden *Code-Walkthroughs* immer wieder gemeinsam mit den Studierenden in den Gruppen und mit dem Plenum per Präsentation durchgeführt, allerdings zunächst ohne Bezug auf das Testen, sondern mit dem Ziel, die Funktionsweise der Programme zu verstehen,

Das Thema „Testen“ wird dabei parallel zur Einführung der Selektion ab etwa der 4. Woche (von 15 Unterrichtswochen) eingeführt. Die Selektion erscheint als Einstieg gut geeignet, da sich anhand dessen die Komplexität des Testens und die Notwendigkeit eines systematischen Testens verdeutlichen lassen. Im weiteren Verlauf der Veranstaltung werden Aspekte des Testens systematisch (immer wieder) durch die Lehrenden vorgetragen und in den Aufgaben thematisiert.

Parallel zu den praktischen Übungen werden Grundzüge des Testens im Vortrag vermittelt. Grundlegend dafür sind die Arbeiten des ISTQB [Spli12]. Nach einer Kategorisierung von Fehlern in syntaktische, Laufzeit- und logische Fehler erhalten die Studierenden eine kurze Übersicht über verschiedene Methoden des Testens. In der praktischen Arbeit stehen in der ersten Hälfte des Semesters *Black-Box-Tests* mit Testdaten nach dem *Grenzwertprinzip* im Vordergrund. In der zweiten Hälfte des Semesters kommt die Einführung in das Arbeiten mit einem Debugger hinzu. Damit können dann bei der begrenzten Komplexität der Programme auch Zweigüberdeckungstests (C₁) durchgeführt werden.

Über das Testen der selbst erstellten Programme hinaus zählen auch das *Debugging* einer fehlerhaft vorgegebenen Source sowie das Testen fremder Programme, die von anderen Studierenden im Kurs angefertigt werden, zu den Aufgaben.

Auf einen umfassenden theoretischen Background wird verzichtet. Stattdessen werden in den Übungen immer wieder Aspekte des Testens bei der individuellen Durchsprache mit den Studierendengruppen sowie bei den Präsentationen im Veranstaltungsplenum eingeflochten.

3.3 Einführung in die Anforderungsdefinition

Steht in der ersten Veranstaltung die Korrektheit des Programmcodes im Vordergrund, so ist in der Veranstaltung im 6. Semester, die aktuell als Wahlpflichtkurs angeboten wird, die Definition von Anforderungen ein Schwerpunkt. Teilweise kann dies im Kontext von „Live-Projekten“ mit externen Kooperationspartnern vermittelt werden.

Ein zentrales Qualitätsmerkmal von Anforderungen ist deren Testbarkeit. Dies kann in den Veranstaltungen insofern gut geübt werden, wie die Ergebnisse mit den externen Stakeholdern abzustimmen sind. Die bei der Formulierung und Abstimmung der Anforderungen häufig erforderlichen Iterationen bilden gleichzeitig für die Studierenden einen Einstieg in das Verständnis agiler Vorgehensmodelle.

4 Erfahrungen und Ergebnisse

4.1 Erfahrungen aus der Einführung in die Programmierung

Während die gesamte Lehrveranstaltung entsprechend den Regularien der HAW Hamburg evaluiert wird, findet eine formale Evaluierung der testorientierten Veranstaltungsteile nicht statt. Insofern ist das folgende Kapitel an der exemplarischen Darstellung von Auffälligkeiten ausgerichtet. Deren Basis ist die Durchführung der Veranstaltung seit dem WiSe 2009/10

mit jeweils ca. 35-60 Studierenden je Semester. Ca. 50% dieser Studierenden wurden von dem Autor selbst unterrichtet.

Zunächst ist zu konstatieren, dass das Interesse der Studierenden an dem Fachgebiet „Wirtschaftsinformatik“ individuell sehr verschieden ist. Die Bedeutung von Informationssystemen für den Studiengang „Marketing“ ist auf Grund aktueller Entwicklungen (wie eCommerce, Social Media, Datenanalysen etc.) zwar offensichtlich und unbestreitbar, gleichzeitig ist das Interesse der Studierenden im 2. Semester dennoch eher gering. Deren professionelle Vorstellung ist offenbar noch nicht ausgeprägt genug.

In den Programmierübungen zeigen sich teilweise grundlegende Verständnisprobleme, die Auswirkungen auf das Testen haben. So scheint beispielsweise das Verständnis der Sequenzialität als grundlegendem Prinzip häufig den Studierenden nicht präsent zu sein.

Gleichzeitig ist die Neigung der Studierenden, durch „Ausprobieren“ (im Sinne des Variieren des Programmcodes) ihr Wissen zu festigen und zu erweitern, meist gering. Obwohl die der Veranstaltung zugewiesenen 5 CPs ausreichend Zeit für die Eigenarbeit der Studierenden außerhalb des Präsenzrahmens lassen, ist die Erwartungshaltung der Studierenden – fälschlicherweise – an einem Modell des Auswendiglernens ausgerichtet.

Ein weiteres Problem zeigt sich in der Umsetzung der natürlichsprachlich formulierten Aufgaben in entsprechende Testsettings. Interessanterweise fällt den Studierenden die Bestimmung von Testwerten nach dem Grenzwertprinzip nicht leichter als das Schreiben des Codes, wie Prüfungsergebnisse zeigen.

Das codebasierte Testen mit dem Debugger stößt erwartungsgemäß – da die Fragestellung stärker von der Fachlichkeit entfernt ist – auf noch größere Probleme. Es wird von den BWL-Studierenden fast nur auf direkte Aufforderung hin durchgeführt.

Auch Code-Walkthroughs werden in der Regel nicht von den Studierenden alleine angestossen.

4.2 Erfahrungen aus der Einführung in die Anforderungsdefinition

Dieser Ausbildungsinhalt wurde von 2009 bis ca. 2016 verpflichtend für ca. 30 Studierende je Semester durchgeführt und ist nach einer Curriculumänderung Gegenstand eines Wahlpflichtkurses im B.Sc.-Studium mit ca. 20 Studierenden und teilweise auch eines M.Sc.-Kurses mit ca. 25 Studierenden.

Den Studierenden der höheren Semester ist typischerweise die Bedeutung der Informatik für Prozesse in ihrem Fachgebiet bewusster. Viele von Ihnen konnten im Praxissemester erste Erfahrungen in einem informatikbezogenen Anwendungsbereich sammeln. Während den Studierenden die Bedeutung des Projektmanagements klar ist, so werden die Schwierigkeiten bei der Definition von Anforderungen in der Regel anfänglich unterschätzt. Trotz vorher gegebener allgemeiner Informationen zu Qualitätskriterien werden viele Anforderungen zunächst noch unterspezifiziert formuliert („das System soll leicht bedienbar sein“).

Diese Anforderungen werden durch den Lehrenden und ggf. auch durch die externen Projektpartner reviewt. Durch das Feedback des Lehrenden haben die Studierenden zum Ende der Veranstaltung häufig testbare Anforderungen formuliert, deren Qualität höher ist als die, die durch die externen Projektpartner selbst bei der Zielformulierung eingereicht werden. (In diesem Kontext muss angemerkt werden, dass die externen Projektpartner in der Regel eine betriebswirtschaftliche und keine informatikbezogene Ausbildung haben.)

Regelmäßig zeigt sich aber in schriftlichen Überprüfungen, dass die Studierenden hinsichtlich der Testbarkeit von Anforderungen ohne das Feedback der Dozenten große Unsicherheit zeigen.

5 Zusammenfassung

Aus grundsätzlichen Überlegungen heraus ist die frühzeitige Integration des Aspekts „systematisches Testen“ in die Informatikausbildung von Betriebswirten sinnvoll: Betriebswirte werden später als Fach- und Führungskräfte nicht nur in der Rolle des „einfachen Anwenders“, sondern als Domänenexperten auch in den Rollen, die sie später ausüben werden, Einfluss auf die Qualität der Lösung haben, beispielsweise als Projektmitarbeiter und -leiter, als Einkäufer von bzw. Entscheider über den Einsatz und Einkauf von Anwendungen. Ist dies schon bei klassischen Organisationsmodellen sinnvoll, so wirken sich drei Trends verstärkend aus:

Dies ist zunächst der vermehrte Einsatz agiler Vorgehensmodelle, die die Kommunikation zwischen Anwendern und Entwicklern stärker betonen. Ein zweiter Trend ist die zunehmende Eigenverantwortung von Fachbereichen für die Auswahl und den Einkauf von Anwendungssystemen. Ein dritter, übergreifender Trend schließlich ist der der aktuellen „Digitalisierung“ als fortschreitender Algorithmisierung der verschiedenen Fachgebiete.

Dadurch wird eine verstärkte Zusammenarbeit von Betriebswirten und (Wirtschafts-) Informatikern erforderlich, die statt abgrenzend definierter „Schnittstellen“ überlappende „Nahtstellen“ zur Kommunikation erfordert. Derartige Redundanzen sind in der menschlichen Kommunikation ein wesentliches Charakteristikum, das zum Erfolg gemeinsamen Handelns beiträgt (s. [Stöb11]).

Die Integration des Testens in die Ausbildung von Betriebswirten erscheint somit als notwendig. Allerdings zeigen die bisherigen Erfahrungen, dass auch domänenorientierte, spezifikationsbezogene (= Black Box) Tests sich nicht ohne Weiteres den *Digital Natives* [Pren01] erschließen. Dies gilt noch stärker für codebezogene (White Box) Tests.

Auf einem höheren Abstraktionslevel - bei der Testbarkeit von Anforderungen - und in einem höheren Semester fällt es den Studierenden erwartungsgemäß leichter, das erworbene Wissen anzuwenden.

Zu beachten ist, dass die aufgeführten Beobachtungen bisher keiner systematischen Evaluierung unterzogen wurden. Dies wäre zu Systematisierung der Ergebnisse wünschenswert.

6 Ausblick

Gerade in der Einführung in die Programmierung soll das Thema „Testmethodik“ unter laufender Überarbeitung von Methoden und Materialien weiter verankert werden. Walkthrough, spezifikationsbasierte Tests und Arbeit mit Debuggern werden dabei im Vordergrund stehen. Die Arbeit mit Testframeworks wird im Rahmen dieses curricularen Umfelds skeptisch gesehen, da der Umfang der Veranstaltung nur eine Fokussierung auf wenige Themen erlaubt und die Behandlung des Frameworks selbst schon einen wesentlichen Teil der gesamten Ressourcen erfordern würde.

Über die universitäre Primärausbildung hinaus kann das Thema im Kontext der wissenschaftlichen Weiterbildung auf andere Formate erweitert werden, um die Fortbildungsbedarfe von Nicht-Informatikern unter dem Aspekt der „Digitalisierung“ zu erfüllen. Ebenso kann das Format auf andere Berufsfelder, die zukünftig intensiver mit Informatikern zusammenarbeiten werden, erweitert werden.

Literaturverzeichnis

- [Deut09] Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN 69901-5:2009-01. Projektmanagement – Projektmanagementsysteme – Teil 5: Begriffe. Beuth, Berlin, 2009.
- [Marr16] Marr, B.: Are These The 7 Real Reasons Why Tech Projects Fail? 2016, <http://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2016/09/13/are-these-the-real-reasons-why-tech-projects-fail>. Abruf am 2018-04-14
- [Ogul18] Ogulin, G.: Emanzipation: Fachabteilungen lösen sich von der Unternehmens-IT. 2018, <http://www.capgemini.com/de-de/article/emanzipation-fachabteilungen-loesen-sich-von-der-unternehmens-it>. Abruf am 2018-04-14
- [Pren01] Prensky, M.: Digital Natives, Digital Immigrants. In: On The Horizon. MCB University Press, 5/9 (2001), <http://www.marcprensky.com/writing/Prensky%20Digital%20Natives,%20Digital%20Immigrants%20-%20Part1.pdf>. Abruf am 2018-04-14
- [Rent17] Rentrop,C.: Schluss mit Schatten-IT: Die Fachabteilung ist gefragt!. 2017, <https://www.basware.com/de-de/blog/juli-2017/schatten-it>. Abruf am 2018-04-14
- [ScSu17] Schwaber, K. und Sutherland, J.: The Scrum Guide™. The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game. 2017, <http://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v2017/2017-Scrum-Guide-US.pdf>. Abruf am 2018-04-13
- [SpLi12] Spillner, A. und Linz, T.: Basiswissen Softwaretest. Aus- und Weiterbildung um Certified Tester Foundation Level nach ISTQB-Standard. dpunkt, Heidelberg, 5/2012
- [Stan95] Standish Group: The Standish Group Report. CHAOS. 1995, <https://www.projectsmart.co.uk/white-papers/chaos-report.pdf>. Abruf am 2018-04-13
- [Stöb11] Stöber, R.: Ohne Redundanz keine Anschlusskommunikation. Zum Verhältnis von Information und Kommunikation. In: M&K Medien & Kommunikationswissenschaft 3/59 (2011), S. 307–400
- [Weit15] Weit e.V.: V-Modell XT (Version 2.1). 2015, <http://ftp.tu-clausthal.de/pub/institute/informatik/v-modell-xt Releases/2.1/V-Modell-XT-Gesamt.pdf>. Abruf am 2018-04-13
- [Well99] Wells, D.: The Customer is Always Available. 1999, <http://www.extremeprogramming.org/rules/>. Abruf am 2018-04-14

Kontakt

Prof. Dr. Rüdiger Weißbach
Hochschule für Angewandte Wissenschaften (HAW) Hamburg
Berliner Tor 5, 20099 Hamburg
T +49 40 42875-6918, ruediger.weissbach@haw-hamburg.de

Be agile with COZMO - Agiles Management mit einem programmierbaren Roboter lernen

Holger Günzel, Lars Brehm, Andreas Humpe, Henrike Martius

Zusammenfassung

Agiles Projektmanagement ist in der breiten Unternehmenspraxis angekommen; bereits eine Vielzahl von Softwareprojekten in unterschiedlichen Branchen wird agil durchgeführt und als Einstieg in die agile Organisation gesehen. Für eine Verankerung im Gesamtunternehmen muss neben der Schulung von Softwareentwicklern in agilem Projektmanagement verstärkt das Training der Nicht-IT-Fachbereiche erfolgen – unabhängig davon, wie diese ins Projekt eingebunden sind.

Das Ziel des Lehrkonzeptes "Be agile with COZMO" an der Hochschule München ist die Vermittlung von Kompetenzen zum agilen Projektmanagement mithilfe eines Robotik-Projekts auf Basis des programmierbaren Roboters COZMO für Fachdomänen ohne IT-Vertiefung.

Der Fokus in dem hier beschriebenen Konzept liegt neben der Schulung von Methoden des agilen Projektmanagements vor allem auf der Vermittlung von grundlegenden Kenntnissen in Softwareentwicklung, Programmierung und Robotik. Die Teilnehmer werden initial über die selbstständige Bearbeitung von Aufgaben (Assignments) in kleinen Gruppen mithilfe des Roboters COZMO an die Softwareentwicklung mit der Programmierumgebung "Scratch" herangeführt. Das Erproben der Möglichkeiten, aber auch deren Herausforderungen stehen im Mittelpunkt. Im Weiteren erfolgt eine Einführung des agilen Projektmanagements über Spiele und theoretische Einheiten. Parallel dazu werden die Kenntnisse mittels eines durchgängigen Entwicklungsprojekts von der Idee bis zum Abschluss vertieft. Dies erfolgt auf der Basis des Roboters COZMO, der als autonomer Wachhund agiert. Ein abschließendes Projekt verfestigt den Einblick in das Mindset des agilen Projektmanagements und erweitert die Kenntnisse in der Programmierung. Das hier beschriebene Konzept wird an den Fakultäten für Betriebswirtschaft und Tourismus der Hochschule München im Rahmen der Bachelor Studiengänge erfolgreich durchgeführt und ist Teil der Lernwerkstatt "Digitale Technologien" der Hochschule München.

Stichwörter: Digitale Technologien, Agiles Projektmanagement, Programmieren, Scratch, Roboter, Robotik

1 Einleitung

„Agile Methoden werden weiterhin vor allem in der Softwareentwicklung genutzt, aber bereits 40% bzw. 34% der Teilnehmer nutzen agile Methoden für „nur“ IT-nahe bzw. Nicht-IT-Aktivitäten.“ [Komu16]. Die angeführte Studie zeigt, dass agiles Projektmanagement in der breiten Unternehmenspraxis angekommen ist; eine Vielzahl von Softwareprojekten in unterschiedlichen Branchen wird bereits agil durchgeführt und als Einstieg in die agile Organisation [Sche17] gesehen. Deshalb muss für eine Verankerung im Gesamtunternehmen – neben der Schulung von Softwareentwicklern in agilem Projektmanagement – verstärkt das

Training der Nicht-IT-Fachbereiche erfolgen, unabhängig davon, wie diese ins Projekt eingebunden sind. Oftmals wird diese Personengruppe als operative Teammitglieder, als Project Owner oder als Scrum Master integriert.

Das Ziel des Lehrkonzeptes "Be agile with COZMO" an der Hochschule München ist die Vermittlung von Kompetenzen zum agilen Projektmanagement mithilfe eines Robotik-Projekts auf Basis des programmierbaren Roboters COZMO für Studierende in Fachdomänen ohne IT-Vertiefung. Auf diese Weise werden neben dem Wissen zu Projektmanagement auch Grundkenntnisse in Software-Entwicklung, in Robotik und der Kooperation und Kommunikation von Fachbereich und IT aufgebaut.

2 Herausforderungen der Lehre zu agilem Projektmanagement

Agilität ist ein Mindset und beschreibt eine universelle „Art und Weise (...), wie wir (zusammen) arbeiten, wie wir uns organisieren und wie wir uns gemeinsam verändern“ ([Schel17], S. 212). Ihren Ursprung hat Agilität in der agilen Softwareentwicklung, die im 2001 begründeten agilen Manifest [Beed01] „agil sein“ über vier Wertepaare beschreibt und mit zwölf Praktiken definiert. Agiles Handeln findet somit im normativen Werterahmen der agilen Wertepaare statt. Wer agil sein möchte, muss diese Praktiken und Werte leben. Agil sein (Mindset) wird von agil machen (Ausführen von Praktiken) unterschieden, eine Diskrepanz, die [Schel17] mit den Worten „Einstellung vs. Nachahmen von Methoden“ beschreibt (ebd. S. IX). Statt eine Vorgehensweise zu erlernen muss die zugrundeliegende Denkweise geändert werden [Cohn10].

Die Hochschullehre, möchte sie erfolgreich Agilität lehren, steht vor der Herausforderung, zur Ausbildung eines agilen Mindsets beizutragen. Doch wie lassen sich Werte und darauf fußende Kompetenzen vermitteln? Im Gegensatz zu Vokabeln sind diese nicht im herkömmlichen Sinne lernbar. Dieser Zusammenhang erschließt sich, wenn man sich verdeutlicht, dass Werte das Fundament für Kompetenzen darstellen und durch Erfahrungen konsolidiert werden. „Werte kann man aber nur selbst verinnerlichen, Erfahrungen nur selbst machen“ [HeEr04]. Fremde Werte und Erfahrungen können mitgeteilt werden, um diese zu verinnerlichen, müssen jedoch – in einer Eigenbewegung des Lernsubjekts – selbst gefühlt und gedacht werden (vgl. ebd.). Da Werte und Kompetenzen demnach lernbar, aber nicht lehrbar sind, kann Hochschullehre die selbstgesteuerte und emotionale Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand lediglich „ermöglichen“ [ArSc15] und somit zu einem agilen Mindset beitragen.

3 Konzept des Moduls "Be Agile with COZMO"

Das Konzept "Be Agile with COZMO" - initial durchgeführt im Rahmen einer Lehrveranstaltung zum agilen Projektmanagement für Betriebswirtschaftsstudierenden und Tourismus-Studierenden an der Hochschule München - soll neben den Prozessen und Ergebnistypen („make agile“) auch das Verständnis für die Werte und Prinzipien („be agile“) in Verbindung mit Methoden der Software-Entwicklung wecken, um neben der Projektmanagementtheorie auch die Praxis und die Kooperation und Kommunikation von Fachbereich und IT im Projekt

zu verstehen. Erleben, begreifen und ein schneller Einstieg in die Programmierung liegen im Mittelpunkt der im Folgenden beschriebenen Veranstaltung:

- Die intensive Verwendung von agilen Spielen mit einer nachfolgenden Reflexion und die Verbindung zur Theorie des agilen Projektmanagements im besonderen SCRUM soll das „Erleben“ fördern. Weiterhin wird Kommunikation und Kooperation im Team ermöglicht.
- Der Roboter COZMO lässt die Teilnehmer das Thema „begreifen“. Die Ergebnisse von Übungen und Projekten werden nicht nur am Bildschirm sichtbar. Das haptische Erlebnis im Vergleich zur Bildschirmausgabe führt zu einer Vertiefung des Erfolgs.
- Der schnelle Einstieg in die Programmierung wird sowohl für die Studierenden als auch für die Dozenten möglich. Die Hardware des Roboters COZMO ist direkt und mit geringem Investitionsvolumen einsetzbar. Die Programmiersprache Scratch und deren Programmierumgebung werden mitgeliefert; eine lebhafte Community unterstützt in der Weiterentwicklung. Bereits mit Scratch können die Teilnehmer Programmierkonstrukte wie Schleifen oder Variablen sowie Robotikelemente wie Fahren oder das Heben eines Würfels kennenlernen. Außerdem verfügt das System mit der Programmiersprache Python und deren Bibliotheken über die notwendige Skalier- und Erweiterbarkeit.

3.1 Ablauf

Die Veranstaltung „Be agile with COZMO“ durchläuft drei aufeinander aufbauende Phasen (Abb. 1): Die Pre-Phase dient der Vorbereitung auf das Thema und zur Abgrenzung von anderen Projektmanagementmethoden. Die Studierenden erfahren mittels der Spiele „Marshmallow Challenge“ [Wuje15] und „Ball Point Game“ [Glog16] sowie ergänzender Erläuterungen die Definition von Projekt und den Unterschied von agilem und konventionellem Projektmanagement. Zur Vorbereitung des folgenden Hauptteils erhalten die Studierenden weitere Artikel zum Selbststudium. Im Hauptteil des Moduls erfolgt sowohl die Einführung in die Programmierung mittels des Learning Labs „Learn to Code with COZMO“ (LC2) (Kap. 3.2) als auch die Erarbeitung der Theorie des agilen Projektmanagements (Kap. 3.4). Anhand eines durchgängigen Cases (Kap. 3.3) werden beide Themen vertieft. Nachfolgend werden die Studierenden animiert, ein eigenes Projekt selbstständig durchzuführen. Der zeitliche Anteil liegt bei 4:2:1:4 (Theorie : LC2 : Case : Projekt). Für die Post-Phase sollen die Studierenden die Erfahrungen aufarbeiten, damit diese in einer gemeinsamen Diskussion ausgetauscht und in einer Lessons-Learned-Sitzung vertieft werden können.

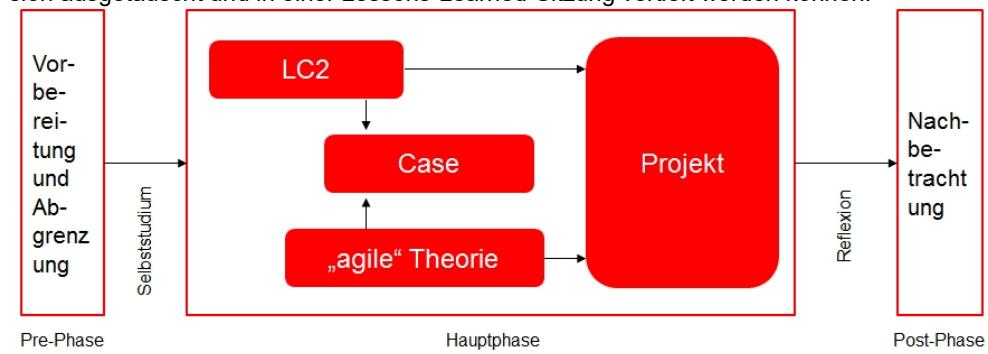


Abb. 1: Ablauf der Veranstaltung

Die Veranstaltung kann als wöchentliche Veranstaltung oder im einwöchigen Block durchgeführt werden. Der Vorteil der Blockveranstaltung liegt in der längeren Vorbereitungszeit/Selbststudium zwischen Pre- und Hauptphase, der flexibleren Zeiteinteilung der Slots für Programmierübungen, Theorie und Case und der durchgängigen, realitätsnahen Durchführung des Studierendenprojekts.

3.2 COZMO Programmieren ("Learn to Code with COZMO" [LC2])

Der Einstieg in die Grundzüge der Programmierung basiert auf dem didaktischen Konzept des Erlebens, wird mittels aktueller, aber günstiger Technologie unterstützt und durch Assignments für die Studierenden umgesetzt.

3.2.1 Didaktisches Konzept

Die Lernwerkstatt "Learn to Code with COZMO" dient als niedrigschwelliger Einstieg ins Programmieren und basiert auf den Überzeugungen, dass Lernen am effektivsten ist, wenn Erkenntnisse selbstständig erarbeitet, am eigenen Tun erlebt und in Versuchen angewendet werden [Schü08]. Dieser Perspektivenwechsel von einer Wissensvermittlungsdidaktik zu einer Didaktik der selbstgesteuerten Aneignung von Wissen und Kompetenzen mündet in den didaktischen Forderungen: vom Input zur Infrastruktur (Gestaltung anregender Lernumgebungen), Öffnung der Fachsystematik zur Situationsdynamik (Lernen an situationstypischen Schlüsselsituationen), von der Belehrung zum selbstgesteuerten Lernen ([ArEr14], S. 5 f.).

Der entwickelten Lernwerkstatt (Lerninfrastruktur), die in einem Veranstaltungsraum mit flexibler Möblierung und Reflexionswänden temporär aufgebaut wird, liegt daher ein spezielle didaktisches Konzept zu Grunde:

- Die selbstständig zu bearbeitenden Assignments ermöglichen einen spielerischen Einstieg in die Welt der Programmiersprachen und sind durch unvollständige Aufgabenstellungen gekennzeichnet.
- Über die Detaillierung der Lösungsschritte steigt der Schwierigkeitsgrad der Assignments kontinuierlich. Nach einem spielerischen Kennenlernen des Roboters folgen theoretische Inputs mit der Herausforderung erste Programme zu schreiben.
- Die physische Ausführung der Programmketten durch COZMO ermöglicht eine haptische und visuelle Komponente, in der durch Immaterialisierung gekennzeichneten digitalen Welt. Programmiersprachen werden somit be-„greifbar“.
- Schnelle Erfolge motivieren die in Teams kollaborativ arbeitenden Studierenden, wobei u. a. Lernstrategien sowie Zeitmanagement (selbstständige Steuerung des eigenen Lerntempos) individuell von den Kleingruppen ausgestaltet werden.
- Der Lehrende (Lernprozessbegleiter) ist als Coach vor Ort.
- Reflexionsarbeit des Lernprozesses und Lessons-Learned Elemente schließen die einzelnen Assignments ab.

3.2.2 Technologie

Um mit COZMO arbeiten zu können, werden neben dem Roboter noch ein Smartphone bzw. ein Tablett und Software benötigt. Für iOS und Android Endgeräte mit WLAN Funktion bietet der Hersteller Anki eine App zur Steuerung von COZMO zum Download an. Die Smartphone- bzw. Tablett-App nutzt die visuelle Programmiersprache Scratch und ermöglicht es mit Hilfe von Anweisungsblöcken Programme für COZMO zu entwerfen. Soll der

Roboter mit Python programmiert werden, ist zudem ein PC oder Laptop und das COZMO SDK notwendig. Der Roboter verfügt über eine Anzahl von Sensoren, wie Kamera, Klippen-sensor, Beschleunigungsmesser und Gyroskop, sowie Aktuatoren zur Steuerung des Rau-panantriebs, der Hebevorrichtung und das vertikale Schwenken der Kamera. Zudem beinhaltet das Roboterset drei Würfel. COZMO kann diese optisch erkennen und durch einge-baute Beschleunigungsmesser und Berührungssensoren Bewegungen und Berührungen der einzelnen Würfel wahrnehmen. Der Einsatz von künstlicher Intelligenz ermöglicht es COZMO, aber auch andere Objekte, Gesichter und Emotionen zu erfassen. Des Weiteren erlaubt ein integriertes Display an der Vorderseite des Roboters die Anzeige von Texten, Zahlen und einfachen Grafiken.

Die visuelle Programmiersprache Scratch ist eine Entwicklung des MIT in Boston, um jungen Menschen den Einstieg ins Programmieren zu erleichtern ([VWMQ+17], S.224). In der App können im Constructor Modus die Sensoren und Aktuatoren mit Hilfe von Scratch Anweisungsblöcken genutzt werden. In einem Scratch-Projekt lassen sich Anweisungsblöcke wie Puzzleteile miteinander zu einem syntaktisch richtigen Code verbinden. Hierzu stehen Blöcke aus den Bereichen Steuerung, Sensoren, Anzeige, Operatoren und Daten zu Verfü-gung. Beim Einsatz der modernen scriptbasierten Programmiersprache Python kann zudem eine erweiterte Funktionalität und flexible Programmierung genutzt werden.

3.2.3 Assignment Repository

In der hier vorgestellten Lernwerkstatt „Learn to Code with COZMO“ werden die Studieren-denteams durch die eigenständige Bearbeitung von Aufgaben bzw. kleinen Beispielprojek-ten – den Assignments – zur Verwendung von Hard- und Software herausgefordert; schnelle Erfolge motivieren die Studierenden, sich in weitere Aufgaben selbstständig einzuarbeiten.

Abgeleitet vom didaktischen Konzept und der gewünschten flexiblen Wiederverwendung von Lehrmaterialien wurde ein Repository mit standardisierten Assignments erstellt. Aus diesem Grund wurden eine gemeinsame Struktur und ein einheitlicher Aufbau der Assign-ments festgelegt:

- Titel
- Lernziele
- notwendige Voraussetzung in Software und Hardware
- Lösungsschritte mit der Angabe von weiteren Informationsquellen und Lösungshilfen sowie
- Fragen zu dem aktuellen Wissenstand in Form einer Retrospektive

Aus organisatorischer und technischer Sicht werden diese Assignments (alle in englischer Sprache) zentral über Gitlab verwaltet. Die Assignments wurden in der Programmiersprache Markdown verfasst, um diese trotz einer verteilten Erstellung durch unterschiedliche Erstel-ler bereits während des Schreibvorgangs einfach lesbar in einer vorgegebenen Struktur und in einem einheitlichen Format zu erhalten. Im Gegensatz zu Markup-Sprachen wie HTML entfallen explizite Formatierungsbefehle und der Sprachumfang ist klein und schnell zu erlernen. Die Studierenden hingegen erhalten die Assignment bewusst als Ausdruck, da papierbasierte Dokumente Notizen - auch über die eigenen Erkenntnisse - erleichtern. Häufig greifen die Studierenden auf die Ausdrücke in den folgenden Assignments wieder zurück.

3.3 Case und eigenständiges Projekt

Zur Vertiefung der ersten Programmiererfahrungen und Erlebnissen der agilen Vorgehensweisen bearbeiten die Studierenden einen durchgängigen Case „Max, the Watch Dog“. Der Roboter COZMO dient darin als mobiler Wächter in einer Wohnung, indem er proaktiv Wohnunggeräusche simuliert, bei Einbruch Alarm schlägt oder die Wohnungsbesitzer begrüßt. Als Wohnung dient ein 50 cm * 50 cm mit Paketband abgestecktes Feld mit einem Fenster und Tür. Studierenden lernen in diesem Case Themen wie Personas (Frank Family, der 48 Jahre alte Familievater, der während des Tages abwesend ist) und Szenarien, erleben die Definition und Umgang mit User Stories, den Ablauf eines Sprints von Sprint Planning, Taskboard bis zum Review und Retrospektive. An User Stories wie „Max recognizes a friend so Max doesn't unnecessary call the police“, „Max scares thieves (outside the house) away so that they don't steal anything“ oder „The owner get informed when someone breaks in the house in order to be able to call the police“ werden Studierende an den Aufbau, an Vorteile, aber auch Herausforderungen dieser Art der Anforderungsdiskussion herangeführt. Weiterhin erleben die Studierenden über die eigene und sofortige Implementierung die jeweiligen Konsequenzen.

In dem nachfolgenden, eigenständigen Projekt wird die Studierendengruppe in autonome Teams mit ca. sieben bis neun Personen aufgeteilt, die jeweils ein eigenes Projekt von der Vision, User Stories bis hin zur Umsetzung durchführen sollen. Jede Gruppe hat einen eigenen Product Owner, Scrum Master und Projektteam; zur vertieften Erfahrung verschiedener Rollen rotieren die Studierendenteams die Rollen nach jedem Sprint. Als Sprintlänge wird initial mit ca. zwei Stunden begonnen und durch die jeweiligen Teams mit den Erfahrungen der ersten Sprints geeignet angepasst. Der Dozent dient in dieser Phase als Coach aller Teams und steuert nur sehr dosiert nach, um den Teams eigene Erfahrungen zu ermöglichen.

In beiden Projekten wird die Eigenverantwortung des Inhalts, der Planung und Durchführung mit einem hohen Engagement der Teilnehmer bestätigt. Die Studierenden erfahren durch die schnellen Sprints und die integrierte Retrospektive eine steile Lernkurve. Das Verständnis von „Definition of Done“, eigener Einschätzung und dem Review wird schnell klar, wenn in dem ersten Sprint die Ergebnisse nur halbfertig sind oder der Test vernachlässigt wurde. Besondere Schwierigkeiten ergaben sich bei den User Stories, da im Sprint Planning oftmals nicht ausreichend kommuniziert wurde und sich während der Implementierung unterschiedliche Interpretationen ergaben. Analog ergaben sich beim Planning Poker Differenzen, da einerseits der Inhalt der User Stories unklar war und andererseits die Einschätzung durch fehlende Implementierungspraxis deutlich auseinander ging. Die Anwendung eines 15 minütigen Daily Meetings war durch die Kürze der Sprints nur bedingt sinnvoll. Problemlos hingegen war die Verwendung von Scratch und des Taskboards, Burndown und Impediment Logs als Arbeitsmittel.

3.4 Lehrkonzept Agiles Projektmanagement Theorie

Das Lernkonzept für die Theorie zum agilen Projektmanagement sieht eine Mischung aus Spielen, Reflexionen und Erklärung der Theorie vor, die durch den parallelen Case und das nachfolgende, eigenständige Projekt vertieft wird.

Die verwendeten Spiele, wie das Kanban-Pizza-Game [agil], sind größtenteils von im Internet publizierten Spielen adaptiert und in der Länge sowie Tiefe an die Veranstaltung angepasst und im Stil der LC2-Assignments erstellt. Dennoch liegt der Unterschied in der Verwendung der Assignments, die nur partiell von den Studierenden eigenständig bearbeitet

werden. Außerdem erfolgt eine gemeinsame Reflexion und Nachbetrachtung durch den Dozenten mit diversen Medien wie Video, Folien oder Flipchart.

Inhaltlich werden folgende Aspekte mit Spielen und Theorie vertieft. Die Reihenfolge ergibt sich aus dem Ablauf eines Projektes - von der Vorbereitung bis zum Abschluss.

- Verbindung und Abgrenzung zu anderen Projektmanagementmethoden
- Grundidee und Ablauf SCRUM
- Organisation: Rollen mit Aufgaben
- Werte & Prinzipien
- Definition of Done (DOD)
- Vision, Personas und Szenarien
- User Stories und Backlog
- Sprint Planning mit Priorisierung, Aufwandsabschätzung und Velocity
- Status mit Taskboard und Burn Down Diagramm
- Impediment Log
- Daily Meeting
- Review Meeting
- Retrospektive

3.5 LC2 als Teil des Learning Labs „Digital Technologies“

„Learn to Code with COZMO“ (LC2) ist Teil des Learning Labs „Digital Technologies“ (siehe <https://www.LL4DT.org>). Das Learning Lab wurde an der Hochschule München durch Prof. Dr. Lars Brehm und Prof. Dr. Holger Günzel initiiert und ist dafür ausgelegt, verschiedene Ausrichtungen (sog. Streams) anzubieten. Abbildung 2 gibt eine Übersicht der aktuell verfügbaren Ausrichtungen; zusätzliche Richtungen und Themen können leicht zugefügt werden.

Digital Technologies Essentials (DTE)	Learn to Code with Cozmo (LC2)	360° Virtual Reality Collaboration (360VR)
Understand digital architectures	Learn programming & robotic basics	Understand virtual reality
		
Raspberry PI 3 SenseHat	Scratch and Python	Gear 360° camera VR Glasses
2,5 days 23 assignments	1 or 2 days 11 or 22 assignments	1 days 12 assignments
... IoT, database, cloud	... agile development	... intern. project

Abbildung 2: Streams des Learning Labs „Digital Technologies“ (Stand 4/2018)

Alle Ausrichtungen beruhen auf der Verwendung von einfach beschaffbaren, günstigen und erweiterbaren Technologiebausteinen. In den Streams neben LC2 finden folgende digitale Technologien Anwendung:

- *Digital Technologies Essentials*: Es wird der Raspberry Pi 3 zusammen mit mehreren Sensoren und Aktuatoren – wie zum Beispiel dem „SenseHat“ zur Messung von Temperatur und Bewegung sowie einem LED-Feld – genutzt (Investitionsbetrag pro Studierendenteam sind unter 100 Euro). Als Software wird auf das kostenfreie Betriebssystem Raspbian und frei verfügbare Software-Pakete – wie die Programmiersprache Python – zurückgegriffen.
- *360 VR Collaboration*: Die Studierenden nutzen 360-Grad-Videokameras sowie Virtual Reality-Brillen (hier Samsung Gear VR Headsets). Innerhalb dieser Ausrichtung nähern sich die Teilnehmer der Technologie, produzieren 360°-Videos (an typischen Orten der Hochschulstadt) und betrachten diese. Zusätzlich ist das Konzept in eine internationale Projektkooperation dreier Universitäten eingebunden.

Das Konzept des Learning Labs beinhaltet auch die Etablierung einer aktiven Community von DozentInnen, welche das Learning Lab sowohl inhaltlich als auch fachlich weiterentwickelt und es zudem Studierenden aus unterschiedlichen Studienrichtungen zugänglich macht. Die Community umfasst zahlreiche KollegInnen an der Hochschule München (über mehrere Fakultäten) sowie weiteren Hochschulen im deutschsprachigen Raum. Die Vorteile sind: ein fertiges und erprobtes didaktisches Konzept, geringe Vorbereitungszeit und – bei Bedarf – eine schnelle Adaptierbarkeit. Gleichzeitig dient das Learning Lab „Digital Technologies“ auch als „Dachmarke“ und technologische Plattform, um neue Streams bzw. Formate wie additive Fertigung oder künstlicher Intelligenz schnell und effizient zu entwickeln.

4 Durchführungsergebnisse des LC2

Aus didaktischer Sicht zeigte sich, dass die Lernwerkstatt LC2 eine hohe Motivation mit zusätzlichen Spaßfaktor für die Studierenden mit sich bringt. 91,1% der Studierenden gaben in der Evaluation (N=45) an, dass die Arbeit mit dem Roboter Spaß mache. Neben dem ungezwungenen Umgang mit dem Lerngegenstand wird ein Lernen im eigenen Tempo ermöglicht. Außerdem zeigte die eigenständigen Gruppenarbeiten positive Auswirkungen: So gaben 68,2% der Studierenden an, dass sie den Lernstoff dank der selbstständigen Arbeitsweise leichter verstehen, das selbständige Lösen der Assignments sie motivierte (77,7%) sowie ein Erfolgserlebnis darstellte (80%). „Großer Lernerfolg, da man sich in kleinen Gruppen selbstständig mit dem Roboter auseinandersetzen konnte“ beschreibt ein Student den Intensivworkshop. Zwei weitere Studenten geben an, dass „Interesse für ein zuvor unbekanntes Thema (...) geweckt“ und „if-then-else Funktionen zum ersten Mal wegen der Anschaulichkeit des Programms verstanden“ wurden.

Aus organisatorischer Sicht sind positiv der schnelle physische Aufbau der mobilen Lernwerkstatt sowie die hohe Wiederverwendung der Assignments in den unterschiedlichen fachlichen Kontexten hervorzuheben. So stellt LC2 eine didaktische Umgebung dar, welche verschiedenes fachliches Lernen ermöglichen kann.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Mit Hilfe von „Learn to Code with COZMO“ bzw. „Be agile with COZMO“ ist es sowohl möglich Nicht-IT-Studierenden den Einstieg in die Programmierung zu erleichtern als auch agiles Projektmanagement zu erleben. Die Adaption des Konzepts für IT-Studierende ist durch Anpassung der Assignments und der Programmiersprache möglich. Die Übertragbarkeit auf Schulungen für Praktiker kann in einem nächsten Schritt erforscht werden. Neben der inhaltlichen Weiterentwicklung des Streams und des Learning Lab „Digital Technologies“ wird ein Schwerpunkt auf die Begleitforschung zur Sicherstellung der Qualität und der Messung der Kompetenzen gelegt. Alle Interessierten sind herzlich eingeladen, sich an der wachsenden Community aktiv zu beteiligen.

Literaturverzeichnis

- [Agil] NN: Kanban Pizza Game, elektronisch erschienen unter <https://www.agile42.com/en/training/kanban-pizza-game/> (12.04.2018)
- [ArEr14] Arnold, R.; Erpenbeck, J.: Wissen ist keine Kompetenz. Dialoge zur Kompetenzreifung. Hohengehren: Schneider-Verlag, 2014
- [ArSc15] Arnold, R.; Schüßler, I.: Ermöglichungsdidaktik. Hohengehren: Schneider Verlag, 2015
- [Beed01] Beedle, M. et al: Manifest für Agile Softwareentwicklung, elektronisch erschienen unter <http://agilemanifesto.org/iso/de manifesto.html> (12.04.2018)
- [Cohn10] Cohn, M.: Agile Softwareentwicklung - Mit Scrum zum Erfolg! 1. Auflage. München: Pearson, 2010
- [Glog16] Gloger, B.: Ball Point Game, elektronisch erschienen unter https://borisgloger.com/wp-content/uploads/2016/08/Ball_Point_Game.pdf (12.04.2018)
- [HeEr04] Heyse, V., Erpenbeck, J.: Kompetenztraining. 64 Informations- und Trainingsprogramme. Stuttgart: Heyse, 2004
- [Komu16] Komus, A.: Status Quo Agile; Dritte Studie zu Verbreitung und Nutzen agiler Methoden, 2016. Elektronisch erschienen unter: <https://www.hs-koblenz.de/rmc/fachbereiche/wirtschaftsforschung-projekte-weiterbildung/forschungsprojekte/status-quo-agile-201617/> (12.04.2018)
- [Schel17] Scheller, T.: Auf dem Weg zur agilen Organisation. Wie Sie Ihr Unternehmen dynamischer, flexibler und leistungsfähiger gestalten. München: Franz-Vahlen, 2017
- [Schü08] Schüßler, I.: Reflexives Lernen in der Erwachsenenbildung – zwischen Irritation und Kohärenz. In: Bildungsforschung, Jg. 5, Ausgabe 2, 2008. Elektronisch erschienen unter <http://bildungsforschung.org/index.php/bildungsforschung/article/view/75> [10.04.2018]
- [VWMQ+17] Vorderman, C.; Woodcock, J.; McManus, S.; Steele, C.; Quigley, C.; McCafferty, D.: Programmieren supereasy: Einfacher Einstieg in SCRATCH und PYTHON. London: Dorling Kindersley Limited, 2017
- [Wuje15] Wujec, T.: Marshmallow Challenge, elektronisch erschienen unter <https://www.tomwujec.com/design-projects/marshmallow-challenge/> (12.04.2018)

Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Holger Günzel
Hochschule München
Am Stadtpark 20, 81243 München
T +49 89 1265 2801, Holger.Guenzel@HM.edu

Prof. Dr. Lars Brehm
Hochschule München
Am Stadtpark 20, 81243 München
T +49 89 2154 1125, Lars.Brehm@HM.edu

Prof. Dr. Andreas Humpe
Hochschule München
Schachenmeierstr. 35, München
T +49 89 1265 2112, Andreas.Humpe@HM.edu

Henrike Martius
Hochschule München
Schachenmeierstr. 35, 80636 München
T +49 89 1265 2157, Henrike.Martius@HM.edu

Aufbau digitaler Technologie-Kompetenzen in der Lehre – Anwendung von Virtual Reality innerhalb internationaler Projektkooperationen

Lars Brehm, Jessica Slamka

Zusammenfassung

Ziel des Lehrkonzeptes „360° VR Collaboration“ ist die Vermittlung von Kompetenzen zur Virtual Reality (VR)-Technologie an Studierende. Der vorliegende Beitrag stellt dieses Lehrkonzept als Teil der Lernwerkstatt „Digitale Technologien“ vor. Es wird eine Übersicht über die Ziele und das entwickelte didaktische Konzept dieses innovativen Lehrformats sowie dessen praktische Ausgestaltung gegeben. Konkret erlernen die Studierenden die technischen Grundlagen und Anwendungsmöglichkeiten von VR-Technologie durch selbstständige Bearbeitung von Aufgaben (Assignments) in Kleingruppen. Dabei erproben die Studierenden den Aufbau und das Zusammenspiel der zum Einsatz kommenden Technologiekomponenten (360°-Kamera, VR-Brille, Smartphone, Computer) und drehen und bearbeiten eigene 360°-Videos. Die Videos kommen als Teil einer länderübergreifenden Projektkooperation zwischen Studierendenteams zum Einsatz. Die Betrachtung der Videos über die VR-Technologie ermöglicht das Erleben und das Eintauchen in den (Projekt-)Kontext der internationalen Kooperationspartner und fördert damit die Verbundenheit und den Austausch zwischen den Projektteams. Die Lernergebnisse im Bereich Technologieverständnis und digitaler Medienkompetenz werden fortlaufend über das Erstellen von Retrospektiven bzw. Lessons Learned festgehalten und nach Absolvieren der Lernwerkstatt abschließend evaluiert. Zudem wird der Einsatz der digitalen Technologie in der internationalen Projektkooperation hinsichtlich ihrer Grenzen und Möglichkeiten quantitativ und qualitativ bewertet.

Stichwörter: Digitale Technologien, Virtual Reality, 360-Grad-Filme, internationale Kooperation, Lehrmethode

1 Einleitung

Virtual Reality (VR) gilt als Zukunftstechnologie, die bereits heute vielfältige Anwendungsmöglichkeiten in Wirtschaft und Wissenschaft bietet. Einsatzszenarien reichen vom Prototyping in der Produktentwicklung über Anwendungen in der Unterhaltungsbranche bis hin zur Schaffung neuartiger Lern- und Kollaborationsumgebungen ([DBGJ16], [Kugl17] und [MF GG11]). Diese basieren auf einer zentralen Funktionalität der VR-Technologie: sie ermöglicht dem Nutzer das Eintauchen – die Immersion – in eine synthetische bzw. virtuelle Umgebung ([MiKi94] und [MTUK95]). Das Marktpotenzial für VR-Anwendungen ist erheblich, getrieben nicht zuletzt durch stetig sinkende Preise und die zunehmende Leistungsfähigkeit der zum Einsatz kommenden Hardware. Der Branchenverband Bitkom prognostiziert den Umsatz mit VR-Hardware allein auf ca. 290 Mio. Euro im Jahr 2020; ergänzt um weitere 730 Mio. Euro Umsatz im Bereich der VR-Inhalte und -Anwendungen [Stat16].

Um die Potenziale von VR nutzen zu können bedarf es – neben der Ausbildung dedizierter Fachkräfte – dem Aufbau grundlegender Technologie-Kompetenzen. Gleichzeitig gilt es, zukunftsweisende, neue Einsatzmöglichkeiten für VR-Technologie zu erproben. In der

Hochschullehre kommen hierzu bislang vor allem Grundlagenwerke zu VR zum Einsatz (s. bspw. [DBGJ13] und [PiFu10]). Diese liefern eine wertvolle Basis zur Erlangung eines technischen und wahrnehmungspsychologischen Verständnisses von VR und zeigen anschaulich verschiedene Anwendungsmöglichkeiten anhand von Fallbeispielen auf. Die eigene Anwendung der Technologie durch Studierende und der dadurch ermöglichte Kompetenz-Erwerb steht dabei jedoch nicht im Fokus.

Hier setzt der vorliegende Beitrag an: Vorgestellt wird ein innovatives Lehrkonzept, welches die Erlangung von VR-Kompetenzen durch eigenes Erproben und Erleben der Technologie durch Studierende in einem realitätsnahen, neuartigen Einsatzszenario zum Kern hat. Konkret wird dieses Format anhand des Einsatzes von VR-Technologie in der Projektteamkooperation in einem internationalen Hochschulkooperationsprojekt vorgestellt.

Dazu wird im Folgenden zunächst die Motivation für den Einsatz von VR in verteilten Projektteams dargelegt. Anschließend werden die Grundlagen, die Bestandteile sowie der Ablauf der Lernwerkstatt im Detail vorgestellt. Ebenso werden die Einbettung der Lernwerkstatt in ein gesamtes Lehrmodul aufgezeigt und Erfahrungen aus der Lehrpraxis geteilt. Der Beitrag schließt mit einer Vorstellung des übergeordneten Learning Labs für digitale Technologien sowie einem Ausblick.

2 Motivation für 360°-VR-Kollaboration

Das im Folgenden vorgestellte Lehrkonzept sieht als Einsatzszenario die Unterstützung der Kollaboration in verteilten, virtuellen Projektteams mittels VR-Technologie vor. Für die Studierenden soll so ein realistisches und praxisrelevantes Arbeitsumfeld geschaffen werden, in welchem sie die Anwendung der erlernten VR-Technologie unmittelbar erproben und erleben können.

Der Arbeitsalltag ist zunehmend von der Zusammenarbeit in verteilten, virtuellen Teams geprägt. Wesentliche Treiber hierfür sind die funktionale und globale Verteilung von Unternehmen über verschiedene Standorte hinweg sowie die Veränderung des Arbeitsplatzes hin zum ortsungebundenen, digitalen Arbeitsplatz ([CrSW07], [IDGR17] und [Kane15]).

Als virtuelle Teams werden „*groups of geographically, organizationally and/or time dispersed workers brought together by information and telecommunication technologies to accomplish one or more organizational tasks*“ bezeichnet ([PoPI04], S. 7). Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) spielen hierbei eine zentrale Rolle: sie ermöglichen überhaupt erst einen effektiven Informationsaustausch und Koordination in virtuellen Teams über räumliche und zeitliche Grenzen hinweg [OLCu07].

Virtuelle Teams sehen sich durch die räumliche und zeitliche Distanz mit grundlegenden Herausforderungen konfrontiert. Diese Herausforderungen bestehen auf der sozio-emotionalen Ebene bei der Herausbildung von Beziehungen, Zusammenhalt und Vertrauen zwischen den Teammitgliedern. Auf Aufgabenebene liegen die Herausforderungen insbesondere in den Bereichen Kommunikation und Koordination [PoPI04]. Zusätzliche verstärkt werden diese Herausforderungen in global verteilten Teams auf Grund kultureller Unterschiede sowie durch die Gegebenheit, dass virtuelle Teams oftmals nur temporär für spezifische Aufgaben oder Projekte gebildet werden [Chas99].

Auf Grund dieser vielfältigen Herausforderungen kommt der effektiven Führung virtueller Teams zur Herausbildung von Vertrauen wie auch dem Management virtueller Arbeitspro-

zesse eine entscheidende Bedeutung zu [MaMR07]. Durch den Einsatz von VR-Technologie können diese Praktiken sinnvoll unterstützt werden. Über 360-Grad-Videoaufzeichnungen wird für Mitglieder eines virtuellen Teams die Möglichkeit geschaffen, sich selbst in ihrer natürlichen Arbeitsumgebung zu präsentieren sowie aufgabenbezogene Informationen zu teilen [Kugl17]. Diese Aufzeichnungen lassen sich mittels VR-Technologie betrachten. Auf diese Weise wird ein Eintauchen – die Immersion – in die Umgebung des Gegenübers ermöglicht, was zu einer Herausbildung von Verbundenheit zwischen den Mitgliedern in virtuellen Teams führt.

Um eine solche Anwendung von VR-Technologie in der Kollaboration in virtuellen Teams für Studierende erlebbar zu machen, sieht das Lehrkonzept „360° VR Collaboration“ die Bearbeitung einer Aufgabenstellung in virtuellen Projektteams vor. Über verschiedene Standorte verteilte Studierendenteams arbeiten dabei an einem gemeinsamen Projekt. In diesem Setup soll der Einsatz von VR-Technologie zur Förderung der Zusammenarbeit erprobt werden. Die hierfür notwendigen technologischen Kompetenzen erwerben die Studierenden durch das Absolvieren einer Lernwerkstatt, die im folgenden Teil des Beitrags vorgestellt wird.

3 Lernwerkstatt „360° VR Collaboration“

Ziel der Lernwerkstatt ist es, die Studierenden mit den Funktionsweisen und Möglichkeiten der VR-Technologie vertraut zu machen. Dadurch soll für die Studierenden eine Kompetenzbasis geschaffen werden, die ihnen die Unterstützung Kollaboration in verteilten Projektteams durch die Technologie ermöglicht. In der Lernwerkstatt steht die Nutzung und eigene Erprobung der VR-Technologie im Vordergrund, wodurch ein Verständnis für die Technologie herausgebildet und gleichzeitig die Kreativität im Einsatz der Technologie gefördert wird. Nachfolgend werden das didaktische Konzept, die zum Einsatz kommende VR-Technologie sowie der Aufbau der Assignments genauer erläutert.

3.1 Didaktisches Konzept

Lernen ist am effektivsten, wenn Erkenntnisse selbstständig erarbeitet, deren Tragfähigkeit am eigenen Tun erlebt und in Versuchen angewendet werden [Schü08]. Auf Basis dieses Perspektivenwechsels von einer reinen Wissensvermittlungsdidaktik zu einer Didaktik der selbstgesteuerten Aneignung von Wissen und Kompetenzen formulieren ([ArEr14], S. 5f.) die didaktischen Forderungen: vom Input zur Infrastruktur (Gestaltung anregender Lernumgebungen), Öffnung der Fachsystematik zur Situationsdynamik (Lernen an situationstypischen Schlüsselsituationen) und von der Belehrung zum selbstgesteuerten Lernen.

Der entwickelten Lernwerkstatt (Lerninfrastruktur), die als eintägigen (oder zwei halbtägigen) Intensiv-Workshops in einem Veranstaltungsraum mit flexibler Möblierung und Reflexionswänden temporär aufgebaut wird, liegt daher ein spezielles didaktisches Setting zu Grunde:

- Die selbstständig zu bearbeitenden Assignments ermöglichen einen spielerischen Einstieg in die Welt der VR und sind durch unvollständige Aufgabenstellungen gekennzeichnet.
- Über die Detaillierung der Lösungsschritte und Hilfestellungen steigt der Schwierigkeitsgrad der Assignments kontinuierlich: nach einem spielerischen Kennenlernen der Geräte folgen theoretische Inputs gekoppelt mit der Herausforderung erste, eigene Videos zu produzieren.

- Der physischen Aufnahme der Videos folgt eine haptische und visuelle Komponente mit dem Austausch und Ansehen der eigenen und fremden Videos – die Inhalte werden somit be-„greifbar“.
- Schnelle Erfolge motivieren die in Teams kollaborativ arbeitenden Studierenden, wobei u. a. Lernstrategien sowie Zeitmanagement (selbstständige Steuerung des eigenen Lerntempos) individuell von den Kleingruppen ausgestaltet werden.
- Der Lehrende nimmt in der Lernwerkstatt die Rolle des „critical friend“ ([Sieb09], S. 104) ein: ein Lernprozessbegleiter, der als Coach vor Ort ist.
- Reflexionsarbeit des Lernprozesses und Lessons-Learned-Elemente schließen die einzelnen Assignments ab.

3.2 Genutzte 360°-VR-Technologie

Die eingesetzten Technologien in diesem Learning Lab sind:

- Smartphone
- VR-Brille mit Controller
- 360°-Kamera mit Dreibeinstativ
- Mehrere Smartphone-Apps

Das *Smartphone* (hier: Samsung Galaxy S8) spielt eine zentrale Rolle. Studierende nutzen es zur Suche und zum Abspielen von VR-Inhalten, sei es direkt oder unter Verwendung des VR-Headsets; sie steuern die 360°-Kamera und übertragen Dateien auf ihren PC und zurück. Da Headset, Kamera, Smartphone und zugehörige Apps eines Anbieters als Paket oder VR-Produktlinie verstanden werden können, ist es ratsam eines der unterstützten Smartphones zu verwenden – das Nutzen von anderen Geräten kann mit einer Einschränkung der angebotenen Features einhergehen.

Das *VR-Headset* (hier: Samsung Gear VR) kann mit unterschiedlichen Micro-USB- oder USB-C-Smartphones verbunden werden. Wird ein Nicht-Samsung-Gerät verwendet, fungiert das Headset als passiver Satz VR-Linsen, ähnlich einer Vielzahl an angebotenen passiven VR-Brillen, wie beispielsweise Google Cardboard. Angeschlossen an ein kompatibles Samsung-Smartphone wird es möglich die integrierten Headset-Bedienelemente oder einen separaten Bluetooth-Controller für die Navigation innerhalb verschiedener VR-Umgebungen zu nutzen, um Bild- bzw. Videoinhalte zu suchen und auszuwählen oder Spiele zu spielen. Die Headset-Smartphone-Kombination kann mit Hilfe der zwei Linsen, eines Gyrosensors sowie eines optischen Näherungsschalters ein 101°-Sichtfeld und einen virtuellen Raum erzeugen, wobei dem Nutzer ein Rundumblick auf Videos, Bilder oder eine Interaktion in Simulationen erlaubt wird.

Durch die zwei Kameralinsen der *360°-Kamera* (hier: Samsung Gear 360) wird der Benutzer in die Lage versetzt, 360° Rundumblicke in Form von Fotos oder Videos zu kreieren. Die Fischaugenlinsen nehmen Foto bzw. Video der Vorder- bzw. Rückseite auf. Beide Fotos/Videos können dann zusammengefügt werden, um die fertige 360°-Aufnahme zu erzeugen. Die Kamera kann mit integrierten Tasten oder einer Smartphone-App bedient werden, die es dem Nutzer ermöglicht die Funktionen der Kamera besser auszunutzen. Die App beinhaltet die Fernsteuerung der Kamera, die Anzeige eines Vorschaubildes der Kameralinsen und bietet ganz generell ein intuitiveres Interface zur Bedienung der umfangreichen Features und Einstellungsmöglichkeiten. Zur flexiblen und kreativen Nutzung der Kamera wird den Studierenden außerdem ein Dreibeinstativ zur Verfügung gestellt.

Verschiedene *Android-Apps* unterstützen den Dateiaustausch und die VR-Erfahrung durch die Erzeugung von VR-Umgebungen oder die Möglichkeit der Anzeige bzw. Erstellung von Inhalten:

- *Oculus* liefert den Hauptknotenpunkt innerhalb der Gear-VR-Umgebungen, in dem Inhalte oder andere Apps ausgewählt werden können.
- *Samsung VR* stellt ähnlich zu Oculus einen weiteren Knotenpunkt von Samsung dar.
- *Samsung Internet VR* ermöglicht dem User ein einfaches Finden von VR-Inhalten im Internet.
- *YouTube & Vimeo* sind Apps bekannter Videoportale und lassen Uploads, Streams und Downloads von Videos zu.
- *Samsung Gear 360* fernsteuert die 360°-Kamera (Samsung Gear 360).
- *Eigene Dateien* ist ein simpler und intuitiver Samsung-Smartphone-Dateibrowser.

3.3 Assignment-Struktur

In der hier vorgestellten Lernwerkstatt werden die Studierendenteams durch die eigenständige Bearbeitung von Aufgaben bzw. kleinen Beispielprojekten – sogenannten Assignments – zur Verwendung von Hard- und Software herausgefordert; schnelle Erfolge motivieren die Studierenden, sich in weitere Aufgaben selbstständig einzuarbeiten.

Abgeleitet vom didaktischen Konzept und der gewünschten flexiblen Wiederverwendung von Lehrmaterialien wurde ein Repository mit standardisierten Assignments erstellt. Aus diesem Grund wurden eine gemeinsame Struktur und ein einheitlicher Aufbau der Assignments festgelegt:

- Titel
- Lernziele
- notwendige Voraussetzung in Software und Hardware
- Lösungsschritte mit der Angabe von weiteren Informationsquellen und Lösungshilfen sowie
- Fragen zu dem aktuellen Wissenstand in Form einer Retrospektive

Aktuell haben die vorhandenen elf Assignments der Lernwerkstatt einen Umfang zwischen zwei und acht Seiten (vgl. Tabelle 1). Die Struktur lässt Assignments mit unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden und Assignment-Typen – von theoretischen Grundlagen bis zur Best Practices in der Videoproduktion – zu, da über die Detaillierung der Lösungsschritte und Lösungshilfen variiert werden kann.

Number	Title
1201	Watch Virtual Reality video
1202	Assemble Camera Equipment and Connect App
1203	Shoot First 360° Video and Watch It
1204	Stich Video and Watch Video On Computer
1205	Watch on VR glasses (via File Transfer)
1206	Edit 360° Video
1207	Shoot second 360 Video, Edit and Watch
1208	Best Practices for Shooting and Editing
1209	Create Team 360° Video Presentation
1210	Share Team 360° Video Presentation
1211	Experience VR with Different Equipment

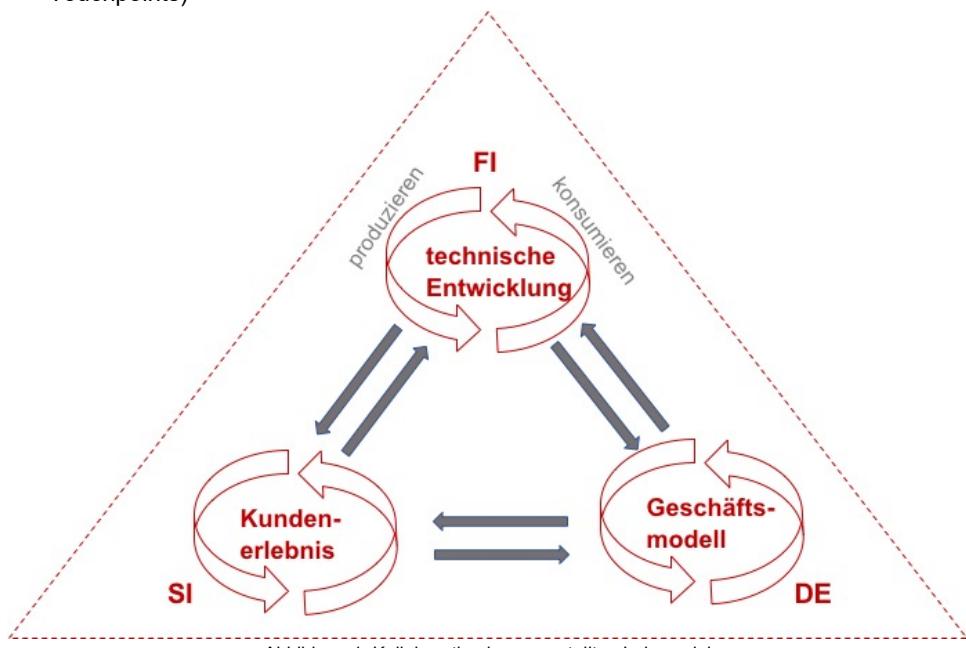
Tab. 1: Vorhandene Assignments für Stream „360° VR Collaboration“

Aus organisatorischer und technischer Sicht werden diese Assignments (alle in englischer Sprache) zentral über Gitlab verwaltet. Die Assignments wurden in der Programmiersprache Markdown verfasst, um diese trotz einer verteilten Erstellung durch unterschiedliche Ersteller bereits während des Schreibvorgangs einfach lesbar in einer vorgegebenen Struktur und in einem einheitlichen Format zu erhalten. Im Gegensatz zu Markup-Sprachen wie HTML entfallen explizite Formatierungsbefehle und der Sprachumfang ist klein und schnell zu erlernen. Zur schnellen internen Kommunikation zwischen den Dozenten wird zudem Slack eingesetzt. Die Studierenden hingegen erhalten die Assignment bewusst als Ausdruck, da papierbasierte Dokumente Notizen - auch über die eigenen Erkenntnisse - erleichtern. Häufig greifen die Studierenden auf die Ausdrücke in den folgenden Assignments wieder zurück.

4 Beispielhafte Umsetzung in einem Lehrmodul

Die Umsetzung der Lernwerkstatt als Teil eines Lehrmoduls soll im Folgenden beispielhaft veranschaulicht werden. Im vorgestellten Beispiel wurde im Wintersemester 2017/2018 eine internationale und interdisziplinäre Projektkollaboration zwischen Studierendenteams an drei Hochschulstandorten mit folgenden Verantwortlichkeiten realisiert:

- Tampere University of Applied Sciences (TAMK), Finnland: technische Entwicklung einer Produktinnovation (Prototyp)
- Hochschule München (HM), Deutschland: Geschäftsmodellentwicklung
- University of Primorska (UoP), Slowenien: Kundenerlebnis (Customer Journey & Touchpoints)



Die Kommunikation und der Informationsaustausch im gemeinsamen Projekt wurden durch den Einsatz von VR-Technologie unterstützt. Die Studierendenteams an den drei Standorten

ten absolvierten zunächst die Lernwerkstatt „360° VR Collaboration“. Nachfolgend produzierten die Teams in drei Phasen eigene 360°-Videos, welche zur Vorstellung der Teammitglieder sowie zum Austausch von Projektergebnissen verwendet wurden. Die produzierten Videos wurden von den jeweils anderen Teams mit VR-Brillen betrachtet (konsumiert). Abbildung 1 stellt diesen Austausch und die Wechselbeziehungen zwischen den Teams dar.

Die Lernergebnisse wurden fortlaufend und abschließend sowohl qualitativ als auch quantitativ evaluiert. Die qualitative Evaluation beinhaltete die Erstellung von Retrospektiven insb. hinsichtlich der Produktion eigener 360°-Videos. Die Erfahrungen des Einsatzes der VR-Technologie in der internationalen Projektkollaboration wurden hinsichtlich der Möglichkeiten und Grenzen ebenfalls in Form von Retrospektiven erfasst. Die quantitative Evaluation wurde mittels eines standardisierten Fragebogens über die drei Standorte hinweg durchgeführt. Aufbauend auf diesen ersten Evaluationsergebnissen soll ein wissenschaftliches Begleitforschungskonzept zur Lernwerkstatt entwickelt und etabliert werden.

5 Learning Lab „Digital Technologies“

„360° Virtual Reality Collaboration“ ist Teil des Learning Labs „Digital Technologies“ (<https://www.LL4DT.org>). Dieses Learning Lab wurde an der Hochschule München durch Prof. Dr. Lars Brehm und Prof. Dr. Holger Günzel initiiert und ist dafür ausgelegt, verschiedene Ausrichtungen (sog. Streams) anzubieten. Abbildung 2 gibt eine Übersicht der aktuell verfügbaren Ausrichtungen; zusätzliche Richtungen und Themen können leicht zugefügt werden.

Digital Technologies Essentials (DTE)	Learn to Code with Cozmo (LC2)	360° Virtual Reality Collaboration (360VR)
Understand digital architectures	Learn programming & robotic basics	Understand virtual reality
		
Raspberry PI 3 SenseHat	Cozmo Scratch and Python	Gear 360° camera VR Glasses
2,5 days 23 assignments	1 or 2 days 11 or 22 assignments	1 days 12 assignments
... IoT, database, cloud	... agile development	... intern. project

Abbildung 2: Streams des Learning Labs „Digital Technologies“ (Stand 4/2018)

Alle Ausrichtungen beruhen auf der Verwendung von einfach beschaffbaren, günstigen und erweiterbaren Technologiebausteinen. In den Streams neben "360° VR Collaboration" finden folgende digitale Technologien Anwendung:

- Digital Technologies Essentials: Der Raspberry Pi 3 mit Speicherplatte und Netzteil sowie diversen Sensoren und Aktuatoren – wie zum Beispiel dem „SenseHat“ zur Messung von Temperatur und Bewegung sowie einem LED-Feld – erfüllt mit einem Gesamtbetrag von maximal 100 Euro pro Team die Anforderungen nach geringen Investitionskosten. Im Bereich der Software wird auf das kostenfreie Betriebssystem Raspbian und frei verfügbare Software-Pakete – wie die Programmiersprache Python – zurückgegriffen.
- Learn to Code with Cozmo: Der Roboter Cozmo (www.anki.com), ein Tablet (Android oder iOS) und eine kostenfreie App zur Nutzung der Programmiersprache Scratch oder zusätzlich ein Computer und ein einfacher Editor, um tiefer in die Bedienung von Sensoren und Aktuatoren mit Python einzusteigen. Mit Scratch können die Teilnehmer Programmierkonstrukte wie Schleifen oder Variablen sowie Robotikelemente wie Fahren oder das Heben eines Würfels kennenlernen.

Das Konzept des Learning Labs beinhaltet auch die Etablierung einer aktiven Community von DozentInnen, welche das Learning Lab sowohl inhaltlich als auch fachlich weiterentwickelt und es zudem zahlreichen Studierenden aus unterschiedlichen Studienrichtungen zugänglich macht. Neben universell verwendbaren Streams sollen auch fachspezifische Assignments und Ausrichtungen entwickelt werden. Die Community umfasst zahlreiche KollegInnen an der Hochschule München (über mehrere Fakultäten) sowie weiteren Hochschulen im deutschsprachigen Raum. Für Kolleginnen und Kollegen sind die Vorteile: ein fertiges und erprobtes didaktisches Konzept, geringe Vorbereitungszeit und – bei Bedarf – eine schnelle Adaptierbarkeit. Gleichzeitig dient das Learning Lab „Digital Technologies“ auch als „Dachmarke“ und technologische Plattform, um neue Streams bzw. Formate wie additive Fertigung, Artificial Intelligence oder Cloud Computing schnell und effizient zu entwickeln.

6 Ausblick

Aufbauend auf den ersten Erfahrungen in der Durchführung der Lernwerkstatt „360° VR Collaboration“ soll deren Einsatz in weiteren Lehrmodulen erfolgen. Ebenso ist eine technologische und inhaltliche Weiterentwicklung angedacht, beispielsweise durch den Einsatz von 6DoF-VR-Brillen ([Pedd17], S. 312), welche Bewegung im Raum ermöglichen. Als weiteres Einsatzszenario in der Projektkollaboration wäre die Erweiterung unter Einbezug synchroner Kommunikationselemente denkbar [Kugl17]. Neben der inhaltlichen Weiterentwicklung des Streams und des Learning Labs „Digital Technologies“ wird ein Schwerpunkt auf die Begleitforschung zur Sicherstellung der Qualität und der Messung der Kompetenzen gelegt. Alle Interessierten sind herzlich eingeladen, sich an der wachsenden Community aktiv zu beteiligen.

Literaturverzeichnis

- [ArEr14] Arnold, R.; Erpenbeck, J.: Wissen ist keine Kompetenz. Dialoge zur Kompetenzreifung. Hohengehren: Schneider-Verlag, 2014.
- [Chas99] Chase, N.: Learning to lead a virtual team. In: Quality 9 (38) 1999, S. 76.
- [CrSW07] Crowston, K., Sieber, S., Wynn, E., International Federation for Information Processing (Eds.): Virtuality and virtualization: proceedings of the International Federation of Information Processing Working Groups 8.2 on Information Systems and Organizations and 9.5 on Virtuality and Society, Portland, Oregon, USA, July 29-31, 2007, IFIP International Federation for Information Processing. Springer, New York, NY.
- [DBGJ16] Dörner, R., Broll, W., Grimm, P., Jung, B.: Virtual Reality und Augmented Reality (VR/AR): Auf dem Weg von der Nische zum Massenmarkt. Informatik-Spektrum, 1 (39), 2016, S. 30–37.
- [DBGJ13] Dörner, R., Broll, W., Grimm, P.F., Jung, B. (Eds.): Virtual und Augmented Reality (VR/AR): Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität, eXamen.press. Springer Vieweg, Berlin Heidelberg, 2013.
- [IDGR17] IDG Research Services. Studie Arbeitsplatz der Zukunft 2017, 2017, https://your-digital-workplace.com/wp-content/uploads/2017/09/IDG_Studie_Arbeitsplatz-der-Zukunft.pdf, Abruf am 2018-04-12.
- [Kane15] Kane, G.C.: The Workplace of the Future. In: MIT Sloan Management Review, 4 (56), 2015, S. 1-8.
- [Kugl17] Kugler, L., Why virtual reality will transform a workplace near you. Communications of the ACM, 8 (60), 2017, S. 15-17.
- [MFGG11] Ma, D., Fan, X., Gausemeier, J., Grafe, M. (Eds.): Virtual Reality & Augmented Reality in Industry. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2011.
- [MaMR07] Malhotra, A., Majchrzak, A., Rosen, B., 2007. Leading virtual teams. The Academy of Management Perspectives, 1 (21), S. 60-70.
- [MiKi94] Milgram, P., Kishino, F., 1994. A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. IEICE Transactions on Information and Systems, 12 (E77-D).
- [MTUK95] Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., Kishino, F.: Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum, in: Telemanipulator and Telepresence Technologies. International Society for Optics and Photonics, (2351), 1995, S. 282–293.
- [OLCu07] O'Leary, M.B., Cummings, J.N., 2007. The spatial, temporal, and configurational characteristics of geographic dispersion in teams. MIS Quarterly, 3 (31), S. 433–452.
- [Pedd17] Peddie, J. Augmented Reality. Springer International Publishing, Cham, 2017.
- [PiFu10] Pietrass, M., Funiok, R. (Eds.): Mensch und Medien: philosophische und sozialwissenschaftliche Perspektiven, 1. Aufl. ed, Medienbildung und Gesellschaft. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 2010.
- [PoPI04] Powell, A., Piccoli, G., Ives, B., 2004. Virtual teams: a review of current literature and directions for future research. ACM SIGMIS Database: the DATABASE for Advances in Information Systems, 1 (35), S. 6-36.
- [Schü08] Schüßler, I.: Reflexives Lernen in der Erwachsenenbildung – zwischen Irritation und Kohärenz. In: Bildungsforschung, 2 (5), 2008. Elektronisch erschienen unter

<http://bildungsforschung.org/index.php/bildungsforschung/article/view/75> Abruf am 2018-04-12

- [Sieb09] Siebert, H.: Selbstgesteuertes Lernen und Lernberatung. Konstruktivistische Perspektiven. ZIEL Verlag, Augsburg, 2009.
- [Stat16] Statista, Prognose zum Umsatz mit Virtual Reality in Deutschland von 2016 bis 2020 (in Millionen Euro), 2016, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/604199/umfrage/prognose-zum-umsatz-mit-virtual-reality-in-deutschland/> Abruf am 2018-04-12.

Kontakt

Prof. Dr. Lars Brehm
Hochschule München
Am Stadtpark 20, 81243 München
T +49 89 2154 1125, Lars.Brehm@HM.edu

Prof. Dr. Jessica Slamka
Hochschule München
Am Stadtpark 20, 81243 München
T +49 89 1265 2741, Jessica.Slamka@HM.edu

Und was lehrst Du? – Entwurf einer digitalen Plattform für Lehrende

Gert Faustmann, Claudia Lemke, Kathrin Kirchner

Zusammenfassung

Lehrende untereinander tauschen sich noch zu selten mit anderen Lehrenden aus und geben ihre Unterlagen weiter. Gerade für Standard-Lehrveranstaltungen wie die „Einführung in die Wirtschaftsinformatik“ ist dies jedoch wünschenswert. Dieser Beitrag bietet einen ersten Diskussionsbeitrag für eine mögliche digitale Plattform für Lehrende, die veränderte Verhaltenseinstellungen zum Lehren und Lernen durch digitale und vernetzte Technologien abbildet und damit die Forderungen einer digitalen Bildung unterstützt. Der Entwurf und die prototypische Umsetzung einer digitalen Plattform für Lehrende im genannten Fachgebiet beleuchten diesen erforderlichen Wandel.

1 Einleitung

Die Digitalisierung und Vernetzung unserer Lebens- und Arbeitswelten hat bereits seit geheimer Zeit den Bildungssektor erreicht. Hier werden alle Bereiche gleichermaßen angeprochen, für uns als Hochschullehrer sind jedoch die Veränderungen einer akademischen Lehre im digitalen Zeitalter am interessantesten. So formuliert auch der aktuelle Koalitionsvertrag die Anforderungen an eine Hochschulbildung im digitalen Zeitalter. Unter anderem sollen „insbesondere hochschulübergreifende, vernetzte Konzepte, z. B. Lehr- und Lernplattformen“ ([Bund18], S.33) gefördert werden. Getragen wird der Gedanke von einer Verbesserung der Lehre und der Stärkung eines wissenschaftlichen Austauschs über die jeweiligen Hochschulgrenzen hinweg. Digitale Lösungen nach diesem Vorbild lösen die traditionelle Form des Frontalunterrichts ab. Der Unterrichtsraum wird digital, indem sowohl Studierende als auch Lehrende digitale Lösungen verwenden, um sich Wissen anzueignen oder zu vermitteln. Interaktion, Feedback, Individualisierung und Personalisierung des Lernens sowie soziales Lernen werden zu den neuen Erfolgsfaktoren einer zeitgemäßen Ausbildung. Dieser Beitrag greift diesen Wandel in der Bildung auf und betrachtet mögliche digitale Lehrinhalte und -formen im Kontext der Motivlage von Lehrenden. Als erstes Gedankenspiel für ein Design und deren prototypische Umsetzung dient der Content eines aktuellen Lehrbuchs zur Einführung in die Wirtschaftsinformatik. Für die Autoren ist es der Beginn zum Aufbau einer digitalen Lehrplattform, die in ihren zukünftigen Ausbaustufen den Anforderungen an eine reformierte digitale Bildung gerecht werden soll. Dieser Beitrag dient ersten grundlegenden Vorbetrachtungen und einem prototypischen Versuch. Erst die weiterführende Erprobung durch Feedback und validiertes Lernen [Ries14] ermöglicht eine sukzessive Näherung an ein definiertes Ideal einer digitalen Lehre. Die erste Fokussierung auf die Kollaboration in der Verteilung digitaler Lehrinhalte unterliegt der Annahme, da diese einen direkten Nutzen für Lehrende stiften.

2 Methodische Grundlagen

2.1 Die Digitalisierung der Lehre

Auch traditionelle gute Lehre in der realen Welt lebt von der Interaktion und dem Austausch mit Studierenden. Diese Beziehung wird durch die Digitalisierung zusätzlich gefördert, da Formen des Social Media formelle und informelle Formate zur Wissensvermittlung ermöglichen [GeKe17]. *Digitale Lehre* kann eine Digitalisierung von Lehrmethoden, -Werkzeugen, Strukturen und Inhalten verstanden werden [ScES16]. Sie ist demnach ein realer und virtueller Ort gleichermaßen, an dem sich offline und online Lehr- und Lernsituationen, Methoden, Strukturen und Inhalte durch die Nutzung von vor allem mobilen technologischen Konzepten miteinander vernetzen und somit neue Formen der Wissensvermittlung in der Lehre wirksam werden können [ScES16]. Das ist der Fokus für eine digitale Lehrplattform, die Lehrende bei ihrer Wissensvermittlung unterstützt. Im Ideal liefert sie digitale Werkzeuge und Strukturen zur Interaktion mit den Studierenden und schafft eine Kollaboration innerhalb der Gruppe und mit den Studierenden.

Ein effizienter Lernprozess in der digitalen Lehre wird durch geeignete Lernobjekte unterstützt. Ein *Lernobjekt* gilt dabei als eine digitale Ressource, die zur Unterstützung des Lernens wiederverwendet werden kann [Knol04]. Dabei kann es sich um einfache informationstragende passive Dokumente wie Texte oder Grafiken handeln, aber auch um multimediale Anwendungen mit interaktiver Komponente (z.B. Lernspiele). Damit diese Objekte für zukünftige Lernprozesse eingesetzt werden können, wurde von der IEEE ein Metadatenstandard definiert, der in neun Attributgruppen ein Lernobjekt beschreiben kann [IEEE02]. Die Verwaltung und eine entsprechende Unterstützung zum Auffinden von Lernobjekten wird von *Lernobjektbibliotheken* (Learning Objects Repositories - LORs) umgesetzt. Es wird zwischen der Nutzung von Lernobjekten durch einen Lernenden (mit Funktionen zum Ansehen, Laden und lokalen Speichern der Objekte), sowie der Verwaltung der Inhalte (z.B. mit Suchfunktionen, Qualitäts- und Versionskontrolle und Einstellfunktionen) unterschieden [Mcgr08]. Pouyioutas und Poveda [PoPo05] konnten z.B. zeigen, dass Fakultätsmitglieder dem Aufbau einer solchen Bibliothek durchaus positiv gegenüber stehen. An dem stetig wachsenden Umfang an Inhalten in der MIT Courseware [Mito18] kann auch der Erfolg dieses Ansatzes ermessen werden. Für diesen konkreten Prototypen werden Lernobjekte aus dem Gebiet der Wirtschaftsinformatik kreiert, da hier die Bereitschaft der Studierenden zur Nutzung neuer, alternativer Lehrformate aufgrund der Affinität zum Fach am höchsten angesehen wird [LeKR17] und auch Lehrende dem am ehesten positiv gegenüber stehen.

2.2 Motivlagen von Lehrenden

Lehraufgaben nehmen einen immer höheren Anteil der Arbeitszeit von Lehrenden ein. Trotzdem haben Lehrende mehrheitlich Freude an ihrer Lehrtätigkeit, wie eine Studie [BILW13] zeigt, insbesondere dann, wenn die eigene didaktische Qualifikation als ausreichend angesehen wird. Je autonomer die Lehrinhalte bestimmt werden können, desto eher wird aus intrinsischer Motivation gelehrt. Das idealistische Interesse an der Wissensvermittlung verstärkt instrinische Motive. Lehrpreise oder Prämien als Beispiel hingegen wirken eher extrinsisch und sind dagegen weniger wichtig für eine gute Lehre, zumal sie nur einer ausgewählten Anzahl von Lehrenden zugutekommen. Das Feedback von Studierenden und der Austausch mit anderen Lehrenden hingegen kann als starke extrinsische Motivation wirken, wird jedoch zu wenig praktiziert.

Heutige Studierende favorisieren häufig ein soziales Lernen, bei dem das Lernen im Austausch mit anderen stattfindet [KeRe15]. Lehrende können im Vergleich dazu ein soziales Lehren praktizieren, wenn sie sich mit anderen austauschen, z.B. im Sinne einer gegenseitigen Lehrunterstützung. Es stärkt die intrinsische Motivation, da Digitalisierung Spaß macht und dazu beiträgt, in der Lehre sichtbarer zu werden [WJST16]. Davon profitieren auch Studierende, denn nicht nur in der Wirtschaftsinformatik erwarten diese neue Lehr- und Lernformen [PaGa08]. Studierende als Digital Natives [Pren01] benutzen digitale und vernetzte Technologien täglich, diese sind in ihre sozialen Beziehungen tief integriert. Obwohl sie auf eine traditionelle Schulausbildung zurückblicken, erwarten sie zunehmend eine Digitalisierung der akademischen Ausbildung, die ihren privaten Umgang mit den digitalen Möglichkeiten in den Hörsaal transferiert [Brai16]. Trotzdem ist eine spezifische Vermittlung von Kompetenzen im Umgang mit den digitalen Lehr- und Lernformen notwendig [Them16].

2.3 Determinanten digitaler Plattformen

Die Plattform-Ökonomie steht als Sinnbild für die Innovationskraft der Digitalisierung und Vernetzung [KeZy16]. Digitale Plattformen sind der virtuelle Ort der Vernetzung unterschiedlichster Nutzer durch die Möglichkeiten des Web 2.0 [Orei00]. Deren Erfolg, wie er von den Internet-Giganten [BrLW14] realisiert wird, ist von einer Reihe unterschiedlicher Faktoren abhängig [PaAC16], S.35ff. Mit Fokus auf die zu entwickelnde digitale Lehrplattform sind es die folgenden drei Determinanten:

- *Bildung von Communities*: Das gemeinsame Interesse an ähnlichen Wissensgebieten bzw. Themen prägt den Aufbau von Gruppen, die über diese Inhalte kommunizieren, interagieren und zusammenarbeiten und so in aller Regel zu einem Wissenszuwachs in diesen Gemeinschaften beitragen. Die Skalierbarkeit bietet einer extrem hohen Zahl von Teilnehmenden den Zugang zu solchen Gruppen.
- *Austausch von Inhalten*: Digitale Plattformen vereinen verschiedene soziale Komponenten zum Austausch von Inhalten, der auch eine Generierung neuer Inhalte sowie eine Aufbereitung und Verteilung dieser Inhalte enthalten kann. Das Zusammentreffen Gleichgesinnter ist die Grundlage für diesen Austausch.
- *Teilen von Inhalten und Zusammenarbeiten*: Teilnehmende unterschiedlicher Zugehörigkeit fördern das Teilen von Inhalten zu bestimmten Themen und arbeiten freiwillig (ohne extrinsische Motivation) zusammen, um den Erkenntnisgewinn zu steigern.

In der Lehre existieren zwar digitale Plattformen nach den entsprechenden technologischen Prinzipien [LeBK17]. EdTech Unternehmen wie Coursera ermöglichen ein reines Online-Lernen über Massive Open Online Courses (MOOCs). Learning Management Systeme wie Moodle erlauben Lehrenden, den teilnehmenden Studierenden eigene Unterlagen zur Verfügung zu stellen, enden aber an den virtuellen Grenzen einer Bildungseinrichtung. Digitale Lehr- und Lernplattformen können die Vorteile einer Plattform-Ökonomie aufgreifen und die Ideen der Kollaboration, der Communities und des Teilen sowie einer gemeinsamen, digital getriebenen Wissensaneignung umsetzen.

3 Implikationen für den Entwurf einer digitalen Plattform für Lehrende

3.1 Herausforderungen einer digitalen Lehre

Lehrende müssen immer stärker entscheiden, wie sie digitale Medien in ihre Lehre einbinden. So können diese z.B. im Sinne eines Blended Learning ihre Präsenzlehre durch Vorlesungsaufzeichnungen oder digitale Materialien ergänzen. Die Digitalisierung der Lehre führt auch zu einer Individualisierung, also zu einer Anpassung an den individuellen Lernfortschritt und Lernstil der Lernenden. Die Auswertung von während des Lernens gesammelten Daten, sogenanntes Learning Analytics, kann zu einer Verbesserung pädagogischer Entscheidungen führen [Deim16]. Durch die Digitalisierung in der Lehre kommt es immer mehr zu einer Verschmelzung von analogen und digitalen Formaten. Dabei kann Digitalisierung als Modernisierung empfunden werden, die die Lehre durch elektronische Bereitstellung von Materialien, Austausch mit Studierenden oder die flexible Organisation des Lehrangebots beeinflusst. Im Sinne einer Profilierung kann eine digitale Lehre auch zu einer erhöhten Aufmerksamkeit innerhalb der Hochschule oder der Fachcommunity führen. Dies motiviert dazu, Inhalte noch besser didaktisch aufzubereiten [GeKe17]. Auch ein Austausch mit Kollegen kann die eigene Lehre positiv beeinflussen [MeKS12]. Allerdings stellten [WiSc11] fest, dass die Mehrheit der Professoren insbesondere an Universitäten nicht gewillt ist, sich über ihre Lehre auszutauschen.

Durch die Verbreitung sozialer Medien und des dadurch möglichen Crowdsourcings, durch die unbegrenzt Inhalte erzeugt werden können, sind vorhandene digitale Lerninhalte enorm angewachsen. Zu beinahe jedem Thema lassen sich Videos, Online-Quizze usw. finden. Dies macht auch ein individuelles Eingehen auf Studierende möglich. Zusätzliche Inhalte oder Übungen können so leichter angeboten werden. Lehrende werden so zu Mentoren, die solche individuellen Lernwege vorschlagen, digitale Kurse anderer Lehrender oder Communities empfehlen. Diese neuen Formate können Lehrende entlasten, und gemeinsam mit anderen Lehrenden können diese optimiert werden. Damit ist der Lehrende nicht mehr isoliert, sondern Teil eines Netzwerks.

Neue Lehrformate und im Internet verfügbare Materialien verlangen, dass Lehrende diese für sich bewerten und sich dieser bemächtigen können müssen. In der digitalen vernetzten Welt, in der sich Lehrinhalte außerhalb der Universitäten generieren und abrufen lassen, kann immer weniger erwartet werden, dass Lehrende alle Inhalte selbst erstellen, sondern dass sie Lernende dabei unterstützen, individuell das Lernziel zu erreichen [Alan16]. Der traditionelle Frontalunterricht ist im Zeitalter der Digitalisierung gerade in der Wirtschaftsinformatik nicht mehr zeitgemäß. Lehrende müssen überlegen, welche Elemente ihrer Lehre digitalisiert werden können. Digitale Formate anderer Lehrender führen auch dazu, dass Studierende eine größere Vergleichsmenge haben und diese Inhalte mit denen an ihrer Universität vergleichen [Alan16].

3.2 Konzepte zum Management digitaler Lehrinhalte und -formen

Die Erwartungen der Studierenden an Hochschulen und Universitäten, sowie die Vielfalt an allgemeinen verfügbaren Materialien schaffen einen hohen Druck für Lehrende, aktuelle und anschauliche Inhalte ihres Lehrgebiets in die Lehrveranstaltungen zu integrieren. Die oben angeführten Plattformen zur Verwaltung digitaler Lernobjekte bilden hierfür einen Ansatz unter der Voraussetzung, dass sie sowohl mit aktuellen Inhalten versorgt, als auch von den Lehrenden zur Unterstützung ihrer Veranstaltungen genutzt werden.

Neben einer rein inhaltlichen Verwaltung von lernunterstützenden Objekten, muss also von einem Repository dafür gesorgt werden, dass Lehrende die *Motivation zur Einstellung und Nutzung von Inhalten* haben. Pouyioutas und Poveda [PoPo05] zeigten nicht nur, dass grundsätzlich Bedarf an einer Lernobjektbibliothek besteht, sondern dass auch Inhalte mit klarem Autorenbezug geteilt werden. Während die unveränderte Nutzung von Inhalten eher weniger gefordert war, zeigte die Mehrheit der Lehrenden Interesse an der Möglichkeit, Lernobjekte anderer Autoren anzupassen und entsprechend den eigenen Methoden einzusetzen. Das stimmt mit der intrinsischen Motivation Lehrender überein, eine selbstbestimmte Lehre durchführen zu können.

Die Unterstützung der Lehrenden im *Auffinden relevanter Inhalte* kann durch die Metadaten der Lernobjekte realisiert werden. Hier finden sich Attribute wie technische Voraussetzungen, pädagogischer Einsatz, Nutzungsbedingungen, inhaltliche Klassifikation und Beziehungen zu anderen Lernobjekten. Dieses explizite Wissen zum Lerninhalt (gemeinsam mit den im Objekt enthaltenen Lernthemen) stellt jedoch nur eine Sicht auf den Lernprozess dar. Ähnlich wie im Wissensmanagement gilt auch hier, dass die Art der Nutzung und lernobjektübergreifende Zusammenhänge (z.B. Muster des Einsatzes) wichtig sind [SaZe13]. Dieses implizite Wissen zu den digitalen Lernobjekten kann auch in LORs z.B. durch Foren und Wikis, die die Kommunikation über Lernobjekte erlauben, realisiert werden.

Mithin stellt auch der Einsatz mit der *Kombination von Lernobjekten* innerhalb einer Lehrveranstaltung eine Herausforderung dar. Baumgartner und Kalz [BaKa05] beschreiben in diesem Zusammenhang den Widerspruch zwischen dem Ziel, ein Lernobjekt möglichst kontextfrei (unabhängig von Zielgruppe, zeitlichen, technischen und räumlichen Rahmenbedingungen), aber auch mit einem didaktischen Anspruch zu entwerfen. Ihre Lösung sieht die Trennung von Informationen und einen didaktischen Anteil vor. Churchill [Chur07] schlägt eine Klassifikation von Lernobjekten vor, die sechs Kategorien enthält und z.B. Übungsobjekte mit hohem interaktiven Anteil von Informationsobjekten, die Zusammenhänge auf beliebige Art visualisieren, trennt. Auf diese Art wäre schon eine bessere Kombination von einfacheren informationsvermittelnden Objekten mit eigenen Lehransätzen, ergänzt durch komplexere interaktive bzw. handlungsorientierte Lerneinheiten, möglich.

3.3 Systematik der Anforderungen

Die Anforderungen an eine digitale Lehrplattform fassen die Überlegungen und bisherigen Ansätze zusammen. Diese werden den Bereichen Motivation der Lehrenden, Auffinden von Inhalten, sowie Einsatz von Lernobjekten zugeordnet. Die erste prototypische Umsetzung dient dabei einer schrittweisen Näherung an das skizzierte Ideal einer digitalen Lehre. Erst ein darauf folgendes Feedback durch die teilnehmenden Gruppen und durch ein validiertes Lernen kann dieses Ideal erreicht werden. Es ist die Abkehr von der klassischen Softwareentwicklung, die ein vollkommen fertiges Produkt favorisiert und die Hinwendung zu einer agilen Softwareentwicklung [Cock06].

Motivation der Lehrenden

- Einzustellende Inhalte sind mit einer deutlichen Referenz auf den Ursprungsautor zu versehen.
- Lernobjekte, die in eigenen Lehrveranstaltungen eingesetzt werden sollen, können geeignet angepasst und verwaltet werden.

Finden von Inhalten

- Es werden Metadaten zu Lernobjekten gespeichert, nach denen gesucht werden kann.

- Die Inhalte können Kategorien zugeordnet werden, die von den Nutzern flexibel definiert werden können und systemweit nutzbar sind.
- Lernobjekte werden in übergeordneten Strukturen zusammengefasst, die bereits ein didaktisches Konzept vorsehen (z.B. entsprechend dem Fortschritt einer Lehrveranstaltung oder eines Lehrbuchs).
- Es gibt die Möglichkeit, implizites Wissen zu den Lerninhalten im System zu speichern, sodass Verbindungen zwischen Lernobjekten aus den Erfahrungen anderer Lehrender deutlich werden.

Einsatz von Lernobjekten

- Die Lernobjekte können verschiedenen Kategorien zugeordnet werden, die die Art der Verwendung eines Objekts beschreiben.
- Lernobjekte können in eigenen Listen verwaltet werden, die eine nutzerspezifische Verwendung und Gruppierung ermöglichen.
- Das Ziel ist die Ergänzung eines Lehrangebots im Sinne eines Blended Learnings.

4 Entwurf einer digitalen Plattform für Lehrende

4.1 Softwarearchitektur der digitalen Plattform

Nachfolgend wird ein erster Prototyp für eine digitale Plattform für Lehrende vorgestellt. Der Kontext der Unterstützung bezieht sich auf eine Lehrveranstaltung, die durch das didaktische Konzept eines Lehrbuchs gestützt wird. Hier ist es in einem ersten Schritt möglich, Materialien einzurichten und übersichtlich zu verwalten, die einen direkten Bezug zu den einzelnen Kapiteln des jeweiligen Lehrbuchs besitzen. Für die Lehrenden ist dann eine individuelle Verwaltung dieser Lernobjekte für die eigene Lehre möglich, die durch strukturierte Vorschläge zu weiteren Materialien die eigene Perspektive der Lehre ergänzen kann.

Da die Lehrplattform die Bildung individueller Lehrstrukturen unterstützen soll, sind die Teilnehmer als eigenständige Nutzer zu unterscheiden. Diese haben dann Bezüge zu den verwalteten Lehrbüchern (z.B. als Autor oder auch nur Einsteller eines Lehrbuchs), den Lehrmaterialien, die als Ergänzung zu einzelnen Kapiteln eingetragen werden, sowie eigenen Materiallisten, die für eine individuelle Lehre genutzt werden können. Beide Ansätze dienen der Motivation der Lehrenden, da so sichergestellt ist, wer Autor welcher Inhalte ist und Lernobjekte individuell zusammengestellt werden können.

Eingestellte Materialien werden durch drei Möglichkeiten einer Suche zugänglich: Zunächst erfolgt eine Zuordnung zu einem Kapitel des Lehrbuchs, was dann einer klaren didaktischen Struktur entspricht. Weiterhin können Metadaten zur inhaltlichen Beschreibung, Typisierung und technischen Einordnung zur Verfügung gestellt werden. Mit dem Ziel eines Vergleichs der Materialien können auch Kategorien ("Tags") von dem einstellenden Teilnehmer benannt werden, die das jeweilige Lernobjekt noch weiter charakterisieren. So kann später nicht nur über Volltextsuche in den Materialien (z.B. PDFs) und in den Metadaten, sondern auch über Beziehungen zwischen den Objekten nach geeigneten Inhalten gesucht werden. Die individuelle Nutzung der Lernobjekte geschieht schließlich über eine Zusammenstellung gefundener Objekte in nutzerspezifischen Listen. Jeder Teilnehmer der Lehrplattform kann beliebig viele dieser Listen anlegen. Werden Lernobjekte verwaltet, deren Abhängigkeit zu den Lernprozessen und damit zu speziellen didaktischen Ansätzen eher gering ist (wie es

auch von [BaKa05] vorgeschlagen wird), kann so eine individuelle Gestaltung der Lehre erfolgen. Abbildung 1 zeigt das Datenmodell der Lehrplattform.

Das allgemeine technische Ziel war die Entwicklung einer webbasierten Softwareanwendung, die einen flexiblen und ortsunabhängigen Zugriff auf die Lehrmaterialien erlaubt. Hierfür wurde eine klassische 3-Schichtarchitektur entworfen, die die typischen Aufgaben der Darstellung, Verarbeitung und Persistenz in den Schichten versammelt. Zur einfachen Wartung und Anpassung wurden die Funktionen in verschiedene Komponenten gegliedert, die in sich abgeschlossene Aufgaben übernehmen.

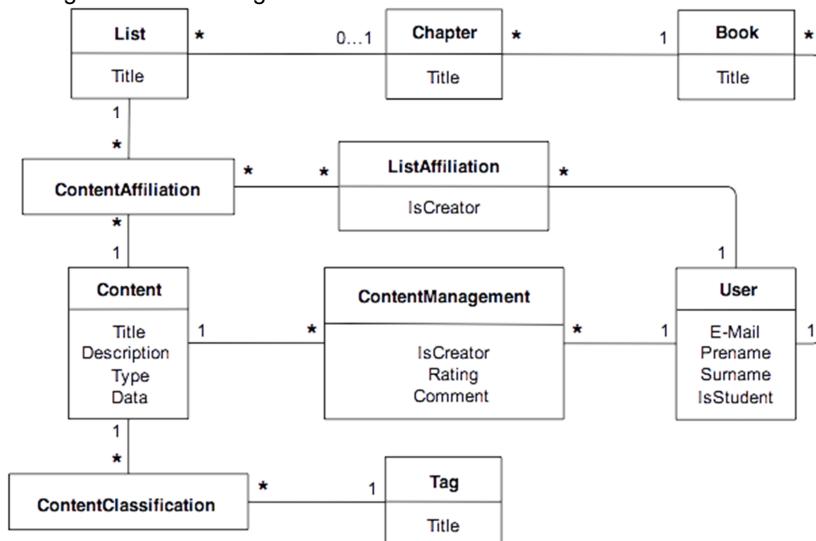


Abb 1: Datenmodell der Lehrplattform

Wichtige Aufgabenstellungen im Umgang mit den Lernobjekten sind z.B. die Darstellungs-generierung, die eine übersichtliche Anordnung der Objekte in einer modernen Schnittstelle ermöglicht, sowie die Inhaltsassoziation, die anhand der strukturellen Ausprägungen der Lernobjekte intelligente Verbindungen schaffen kann. Die letztliche technische Umsetzung erfolgte weitestgehend auf der Basis von JavaScript und dem Einsatz darauf basierender Frameworks (Bootstrap, jQuery, Node.js, Handlebars.js, Express.js, Underscore.js, bcrypt.js und dem Node.js MySQL-Adapter).

4.2 Umsetzung eines Prototypen

Die Nutzerschnittstelle des ersten Prototyps der Lehrplattform ist durch die Anzeige von verwalteten Lernobjekten dominiert (siehe Abbildung 2). Zusätzlich sieht der Lehrende im Verlauf der Nutzung der Lehrplattform einen Anmelde- bzw. Registrierungsdialog, sowie ein formularbasiertes Eingabefenster für neue Materialien.

Über den Titelbereich wird deutlich, welchen Bezug die dargestellten Lernmaterialien besitzen. Im Beispiel in Abb. 2 ist das ein Kapitel des Buches „Einführung in die Wirtschaftsinformatik“. Genauso könnten auch private Listen eines Teilnehmers angezeigt werden. Zusätzlich werden die zu der jeweilig ausgewählten Ressource zugeordneten Kategorien dargestellt. Die Lernobjekte können sowohl auf der Web-Seite angesehen, als auch in einer externen Anwendung (z.B. einem PDF-Viewer) geöffnet werden. Durch den „+“-Knopf der

Lernobjekte kann ein Teilnehmer auch manuell Verbindungen zwischen den gespeicherten Lernobjekten schaffen.

Diese Verbindungen, zusammen mit den zugeordneten Kategorien und der Zugehörigkeit zu bestimmten Listen (Kapiteln oder persönlichen Listen) werden zur Berechnung der "auch von Interesse"-Liste genutzt: Im unteren Bereich der Abbildung 2 werden weitere Lernobjekte angezeigt, die noch nicht in der dargestellten Hauptliste enthalten sind, aber anhand der Berechnung einen starken Bezug haben. Der Nutzer kann diese Lernobjekte, falls gewünscht, in seine Liste integrieren. Die Suche nach Lernobjekten zur Integration in eigene Listen geschieht ansonsten über die Auswahl von Kategorien, sowie die Angabe von Suchbegriffen, die dann im Volltext in den vorhandenen Lernobjekten gesucht werden.

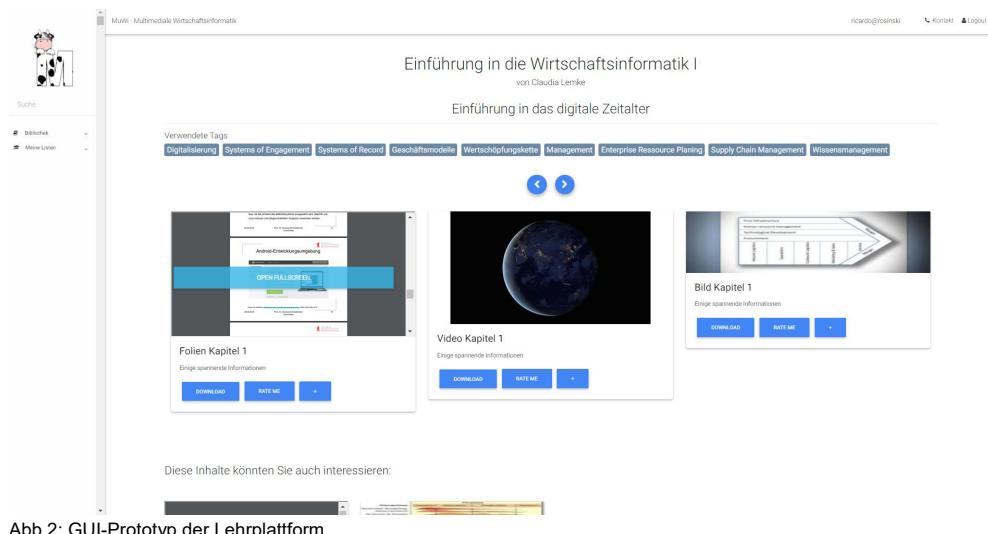


Abb 2: GUI-Prototyp der Lehrplattform

5 Zusammenfassung

Digitale Lehr- und Lernformen unterstützen bereits vielfältige formelle und informelle Lehr- und Lernprozesse. Für Lehrende erwachsen daraus neue Herausforderungen. Eine reine Folienpräsentation ist unzureichend für eine moderne Lehre. Zukünftig unterstützen unterschiedliche digitale Formate eine Kommunikation zwischen Lehrenden und Lernenden und fördern den Aufbau von Communities.

Dieser Beitrag zeigte eine erste, prototypische Ausbaustufe einer digitalen Lehrplattform. Begonnen wurde mit der Umsetzung von Anforderungen für eine einfache Verwaltung grundlegender, die Lehrveranstaltung unterstützender Lernobjekte, die sich inhaltlich auf die Einführung in die Wirtschaftsinformatik beziehen. Eine Erweiterbarkeit auf weitere, nicht nur die Wirtschaftsinformatik betreffende, Lernobjekte ist theoretisch denkbar, widerspricht aber einer thematischen Fokussierung als Voraussetzung zur Community-Bildung. Die Individualisierung geschieht durch geeignete Auswahl von Lernobjekten für die eigene Lehre. Das System sieht die Verwaltung weiterer Daten zur Unterstützung der Suche und dem Aufbau von Beziehungen zwischen Lernobjekten vor, die im Mittelpunkt weiterer Prototypen stehen sollten. Die Möglichkeit zur Erfassung impliziten Wissens über die Verwendung der

Lernobjekte ist zwar prinzipiell im Rahmen der Metadaten möglich, ist allerdings zur Zeit nur statisch und bei der Erfassung eines Lernobjekts umgesetzt. Hier ist die Integration von Funktionen zur Anpassung des Wissens auch über kommunikativ-kollaborative Ansätze wie Chats und Foren notwendig. Das Modulkonzept des Basisentwurfs, sowie die Nutzung standardisierter Technologien sollte die Umsetzung entsprechender Funktionen in der folgenden Ausbaustufe aber einfach ermöglichen.

Danksagung

Die Umsetzung des Prototyps wurde als studentisches Projekt im Rahmen der Veranstaltung Webentwicklung von Maria Wolff, Ricardo Rosinski, Tim Rosenau, Lucas Thielicke und Julien Fitzlaff des Jahrgangs 2015 des B.Sc. Wirtschaftsinformatik dual an der Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin erarbeitet. Wir bedanken uns für das Engagement.

Literatur

- [Alan16] AL-ANI, A.: Lehren in digitalen Lernwelten. Neue Rollen und Funktionen von Lehrenden. In: *Theorie und Praxis verzahnen. Lebenslanges Lernen an Hochschulen. Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung des Bund-Länder-Wettbewerbs Aufstieg durch Bildung: offene Hochschulen*, 2016, S. 247–260
- [BaKa05] BAUMGARTNER, P. ; KALZ, M.: *Wiederverwendung von Lernobjekten aus didaktischer Sicht* : Waxmann, 2005
- [BILW13] BLOCH, R. ; LATHAN, M. ; WÜRMANN, C.: Trotz allem zufrieden mit der Lehre. Subjektive Lage und Haltung der Lehrenden an Universitäten. In: *Zeitschrift für Hochschulentwicklung* Bd. 8 (2013), Nr. 3, S. 42–58
- [Brai16] BRAINBRIDGE, D.: *Edtech is the next fintech*. URL <https://techcrunch.com/2016/08/13/edtech-is-the-next-fintech/>. - abgerufen am 2018-03-26
- [BrLW14] BRENNER, W. ; LAMBERTI, H.-J. ; WIESKE, L.: Walk like Internet Giants: Konsequenzen für Forschung und Lehre in der Wirtschaftsinformatik. In: *Wirtschaftsinformatik in Wissenschaft und Praxis* : SpringerGabler, 2014, S. 15–39
- [Bund18] BUNDESREGIERUNG: *Ein neuer Aufbruch für Europa. Eine neue Dynamik für Deutschland. Ein neuer Zusammenhalt für unser Land. Koalitionsvertrag zwischen CDU CSU und SPD*. URL https://www.bundesregierung.de/Content/DE/_Anlagen/2018/03/2018-03-14-koalitionsvertrag.pdf;jsessionid=07C6F388C3B7AD901F7D0F83C299C114.s2t1?__blob=publicationFile&v=2. - abgerufen am 2018-04-10
- [Chur07] CHURCHILL, D.: Towards a useful classification of learning objects. Educational Technology Research and Development. In: *Educational Technology Research and Development* Bd. 55 (2007), Nr. 5, S. 479–497
- [Cock06] COCKBURN A.: *Agile Software Development, The Cooperative Game*, 2. Auflage. Addison-Wesley, Upper Saddle River, 2006
- [Deim16] DEIMANN, M.: *Stärkere Individualisierung der Lehre durch Neue Medien, Hochschulforum Digitalisierung* (Nr. Arbeitspapier Nr. 26), 2016

- [GeKe17] GETTO, B. ; KERRES, M.: Akteurinnen/Akteure der Digitalisierung im Hochschulsystem: Modernisierung oder Profilierung. In: *Zeitschrift für Hochschulentwicklung* Bd. 12 (2017), Nr. 1, S. 123–142
- [IEEE02] IEEE: *IEEE 1484.12.1-2002 - IEEE Standard for Learning Object Metadata*. URL <https://standards.ieee.org/findstds/standard/1484.12.1-2002.html>. - abgerufen am 2018-04-10
- [KeRe15] KERRES, M. ; REHM, M.: Soziales Lernen im Internet–Plattformen für das Teilen von Wissen in informellen und formellen Lernkontexten. In: *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik* Bd. 52 (2015), Nr. 1, S. 33–45
- [KeZy16] KENNEY, M. ; ZYSMAN, J.: The Rise of the Platform Economy. In: *Issues in Science and Technology* Bd. 32 (2016), Nr. 3, S. 61–69
- [Knol04] KNOLMAYER, G.F.: E-learning objects. In: *Wirtschaftsinformatik* Bd. 46 (2004), Nr. 3, S. 222–224
- [LeBK17] LEMKE, C. ; BRENNER, W. ; KIRCHNER, K.: *Einführung in die Wirtschaftsinformatik, Band 2: Gestalten des digitalen Zeitalters* : SpringerGabler, 2017
- [LeKR17] LEMKE, C. ; KIRCHNER, K. ; ROHNER, B.: Es ist Vorlesung und keiner geht hin. In: EIBL, M. ; GAEDKE, M. (Hrsg.): *INFORMATIK 2017*. Chemnitz : Gesellschaft für Informatik, 2017, S. 255–266
- [Mcgr08] MCGREAL, R.: A Typology of Learning Object Repositories. In: *Handbook on Information Technologies for Education and Training* : Springer Berlin Heidelberg, 2008, S. 5–28
- [MeKS12] METZ-GÖCKEL, S. ; KAMPHANS, M. ; SCHOLKMANN, A.: Hochschuldidaktische Forschung zur Lehrqualität und Lernwirksamkeit. In: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* Bd. 15 (2012), Nr. 2, S. 213–232
- [Mito18] MIT OPENCOURSEWARE: *Free Online Course Materials*. URL <https://ocw.mit.edu/index.htm>. - abgerufen am 2018-04-10
- [Orei00] O'REILLY, T.: *What is Web 2.0?* URL <http://www.oreilly.com/pub/a/web2/archive/what-is-web-20.html>. - abgerufen am 2018-04-10. — 2005
- [PaAC16] PARKER, G.G. ; VAN ALSTYNE, M.W. ; CHOUDHARY, S.P.: *Platform Revolution: How Networked Markets are Transforming the Economy--and How to Make Them Work for You* : Norton & Company, 2016
- [PaGa08] PALFREY, J. ; GASSER, U.: Opening Universities in a Digital Era. The beginning of the end of the classroom as we know it? In: *THE NEW ENGLAND JOURNAL OF HIGHER EDUCATION* Bd. Summer (2008), S. 22–24
- [PoPo05] POUYIOUTAS, P. ; POVEDA, M.: Designing a learning objects repository-the views of higher education faculty. In: *International Conference on Web-Based Learning*, 2005, S. 111–121
- [Pren01] PRENSKY, M.: Digital natives, digital immigrants part 1. In: *On the horizon* Bd. 9 (2001), Nr. 5, S. 1–6
- [Ries14] RIES E.: *Lean Startup, Schnell, risikolos und erfolgreich Unternehmen gründen*, 3. Auflage, Redline, München, 2014
- [SaZe13] SAMPSON, D.G. ; ZERVAS, P.: Learning object repositories as knowledge management systems. In: *Knowledge Management & E-Learning* Bd. 5 (2013), Nr. 2, S. 117–136

- [ScES16] SCHOÖN, S. ; EBNER, M. ; SCHOÖN, M.: *Verschmelzung von digitalen und analogen Lehr- und Lernformaten* (Nr. Arbeitspapier Nr. 25). Berlin, 2016
- [Them16] THEMENGRUPPE CURRICULUM DESIGN & QUALITÄTSENTWICKLUNG: *Design digitaler Lehr-, Lern- und Prüfungsangebote*. Berlin, 2016
- [WiSc11] WILKESMANN, U. ; SCHMID, C.J.: Lehren lohnt sich (nicht)? Ergebnisse einer deutschlandweiten Erhebung zu den Auswirkungen leistungsorientierter Steuerung auf die universitäre Lehrtätigkeit. In: *Soziale Welt* Bd. 62 (2011), Nr. 3, S. 251–278
- [WJST16] WANNEMACHER, K. ; JUNGERMANN, I ; SCHOLZ, J. ; TERCANLI, H. ; VILLIEZ, A.: *Digitale Lernszenarien im Hochschulbereich*. Berlin, 2016

Kontakt

Prof. Dr. Gert Faustmann, Prof. Dr. Claudia Lemke, Prof. Dr. Kathrin Kirchner
Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin
Alt-Friedrichsfelde 60, 10315 Berlin
T +49 30 30877 2407, gert.faustmann@hwr-berlin.de

Entwurf eines Wissensgraphen für die kollaborative Arbeit in Forschungsgruppen mit Fokus auf qualitative Literaturanalyse

Vera G. Meister, Wenxin Hu, Jan Beckert

Zusammenfassung

Die Unterstützung wissenschaftlicher Workflows durch semantische Technologien ist in den letzten Jahren zu einem eigenen Forschungsfeld geworden. Enorme Anstrengungen werden unternommen, um standardisierte Metadaten sowie maschinelle Analysen unstrukturierter Inhalte wissenschaftlicher Publikationen bereitzustellen. Dies hilft den Forschern, sich in ständig wachsenden und zunehmend komplexeren Handlungsfeldern zu orientieren. Semantische Technologien haben auch das Potenzial, die Tiefenanalyse wissenschaftlicher Literatur zu unterstützen, wie sie in Forschungsseminaren praktiziert wird. Der Beitrag berichtet über ein Vorhaben zur kollaborativen Dokumentation und flexiblen Bereitstellung von qualitativen Analysen wissenschaftlicher Publikationen in einer Forschungsgruppe für angewandte Modellierung fachlichen Wissens. Dabei wird auf eine semiautomatische Population der Wissensbasis mit Hilfe eines standardisierten Vokabulars gesetzt. Das System ist auf der Basis von OntoWiki implementiert und offen zugänglich.

1 Einführung

Forschungsgruppen bilden die kleinste, oft informelle soziale Einheit im wissenschaftlichen System. Ihre Leistungen und ihr Zusammenhalt beruhen auf gemeinsamen wissenschaftlichen Interessen und einer kollektiven Expertise auf einem Forschungsgebiet. Dabei ist es in jedem Fall eine große Herausforderung, den Stand des Wissens im Auge zu behalten. Neben der Wahrnehmung anderer Forschergruppen dient eine qualitative Literaturanalyse der systematischen Erfassung der untersuchten und noch offenen Forschungsfragen, der dabei angewandten Methoden und erzielten Ergebnisse sowie ihrer kritischen Diskussion. Regelmäßige wissenschaftliche Seminare sind ein traditionelles und wirksames Instrument dafür, da sie einen kollektiven Erfahrungs- und Kommunikationsraum schaffen.

Die 2016 an der TH Brandenburg gegründete informelle Forschungsgruppe *Business Modeling and Knowledge Engineering* hat ein solches Seminar ins Leben gerufen. Die Auswahl der zu diskutierenden Artikel und die Grundstruktur der Literaturanalyse wurden problemlos abgestimmt, jedoch führte die Form der zu erstellenden Wissensbasis zur Speicherung und Wiederverwendung der Analyseergebnisse unmittelbar zu folgender Forschungsfrage:

- Wie kann eine nachhaltige Infrastruktur aufgebaut werden, um das kollaborativ erarbeitete Wissen systematisch, strukturiert und leicht wiederverwendbar abzuspeichern?

Die bislang in der Projektarbeit erfolgreich eingesetzten Kollaborationsumgebungen und -systeme (Google Drive, GitHub, Confluence, Slack) eignen sich sehr gut für den Austausch von Daten und Informationen, für die kontinuierliche Kommunikation sowie für die Versionierung von Arbeitsständen. Sie bieten jedoch keinen systematischen Wissensspeicher, der flexibel abgefragt werden kann. Die Differenzierung in Daten, Informationen und Wissen soll hier den etablierten Definitionen von Davenport und Prusak folgen (s. [DaPr00], S. 3-5).

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wird zunächst in Abschnitt 2 literaturbasiert herausgearbeitet, inwiefern Wissensgraph-basierte Informationssysteme den Anforderungen an eine Wissensinfrastruktur mit den skizzierten Eigenschaften bestmöglich entsprechen. Abschnitt 2 enthält zudem einen Überblick über den Stand der Forschung zur semantischen Analyse und strukturierten Inhaltserfassung wissenschaftlicher Publikationen. Das Schema des Wissensgraphen sowie das zugrundeliegende, standardbasierte Vokabular werden in Abschnitt 3 vorgestellt, bevor in Abschnitt 4 ein Systementwurf für den Wissensgraphen eingeführt und die technische Implementierung vorgestellt wird. In Abschnitt 5 folgt eine Evaluation der ersten Implementierungserfahrungen, aus denen die Anforderungen an eine weitere Entwicklung des Wissensgraphen abgeleitet werden. Der Beitrag schließt mit einem Fazit und einer kurzen kritischen Betrachtung.

2 Stand der Forschung

Für das Vorhaben zur Entwicklung des beabsichtigten Wissensgraphen sind zum einen Forschungsergebnisse zu Paradigmen und Systemen des kollaborativen Wissensmanagements und zum anderen aus dem Feld der semantischen Analyse und Strukturierung wissenschaftlicher Publikationen relevant.

2.1 Paradigmen und Systeme des kollaborativen Wissensmanagements

[Dixo18] unterscheidet drei Epochen des organisationalen Wissensmanagements: ab 1995 das Informationsmanagement mit Fokus auf explizites Wissen, ab 2000 das Erfahrungsmanagement mit Fokus auf implizites und unausgesprochenes Wissen und ab 2010 das Ideenmanagement mit Fokus auf kollektives Wissen. Tatsächlich hat keine der folgenden Epochen die vorhergehende abgelöst, sondern eher komplettiert und mit neuen Methoden und Technologien befruchtet. Ein Wissensgraph-basiertes System, wie hier betrachtet, dient primär der strukturierten Sammlung und Nutzbarmachung expliziten Wissens und gehört somit zur ersten Epoche. Es implementiert aber Methoden und Technologien jüngerer Epochen, wie z. B. Crowdsourcing und Semantik-Web-Technologien ([Dixo18], S. 22).

In [RiMe17] wurde bereits ein erster Versuch unternommen, Informationssysteme für das Wissensmanagement (KMIS) paradigmatisch zu unterscheiden und dabei den bereits erwähnten etablierten Grundbegriffen des Wissensmanagements zu folgen [DaPr00]. KMIS, die dem *Datenparadigma* folgen, implementieren im Kern eine domänen spezifische relationale *Datenbank*. Das *Informationsparadigma* betrachtet durch Menschen erzeugte *Dokumentensammlungen* (z. B. Texte) als primäre Artefakte und erlaubt nur eingeschränkte Strukturierung. Typische Vertreter sind Content-Management-Systeme. Soll ein KMIS dem *Wissensparadigma* folgen, so muss es eine formal spezifizierte, explizite Konzeptualisierung, also einen *Wissensgraphen* implementieren. Ein solches System wird hier angestrebt.

2.2 Ansätze zur Analyse und Strukturierung wissenschaftlicher Publikationen

Es gibt verschiedene Forschungsansätze, die sich mit semantischer Analyse und der Bereitstellung strukturierter Daten zu wissenschaftlichen Publikationen und anderen relevanten Artefakten, Strukturen und Prozessen wissenschaftlicher Arbeit befassen. Dazu zählen insbesondere Forschungsdaten, Konferenzen, Forschungsgruppen und -projekte. Tab. 1 gibt einen kurzen Überblick über beispielhafte Arbeiten auf diesem Gebiet sowie die wichtigsten Forschungsziele und -ergebnisse für jeden dieser Ansätze.

Forschungsansatz	Beispiel	Forschungsziele	Hauptergebnisse
Extraktion von Metadaten	Digitale Bibliotheken mit Semantik anreichern [Asl+16]	standardbasierte Metadaten strukturiert bereitstellen	Linked-Open-Data-Plattformen für Publikationen
Kollaborative Annotation	OpenResearch als kollaboratives Management [Vah+16]	strukturierte Daten über wissenschaftliche Arbeiten und Events kollaborativ zusammentragen	Datenmodell und Systemarchitektur auf Basis des Semantic MediaWikis, Linked-Open-Data-Dienste
Produktion nativ strukturierter Daten	RASH Framework für HTML+RDF-Einreichungen [Dil+15]	Standards, Formate und Frameworks für die native Bereitstellung strukturierter Daten etablieren	Spezifikation für das Verfassen von Forschungsartikeln in vereinfachter HTML-Sprache (RASH)
Textanalyse, Data Mining und Maschinelles Lernen	Wissensextraktion aus wissenschaftlichen Publikationen [RoSa16]	verborgene Semantik in Texten, Abbildungen und anderen unstrukturierten Daten entdecken	Text-Mining-Framework Dr. Inventor für die automatische Analyse wissenschaftlicher Publikationen

Tab. 1: Forschungsansätze zur Analyse und Strukturierung wissenschaftlicher Publikationen

Obgleich keiner der vier präsentierten Forschungsansätze die Forschungsfrage des Beitrags im Alleingang beantwortet, kann doch aus allen ein partieller Nutzen gezogen werden.

1. Die Ergebnisse von Projekten zur Metadatenextraktion können als Basis für den Wissensgraphen verwendet werden. In Abschnitt 4.2 wird gezeigt, welche Arten von Daten über welche öffentlich verfügbaren Schnittstellen dafür in Frage kommen.
2. Das Vorhaben selbst repräsentiert im Kern eine kollaborative Annotation, aber mit einem spezifischen Fokus auf qualitative Literaturanalyse. Details des dafür notwendigen Datenmodells werden in Abschnitt 3 ausgeführt.
3. Sofern sich die Produktion nativ strukturierter Daten im Kontext wissenschaftlicher Publikationen weiterverbreitet, wird auch das die Population eines solchen Wissensgraphen wesentlich vereinfachen. Dieser Ansatz vermittelt jedoch ausschließlich die Sicht der jeweiligen Autoren und kann damit nicht alle Aspekte der qualitativen Literaturanalyse abdecken.
4. Die Methoden der Textanalyse und des maschinellen Lernens sind der qualitativen Analyse von wissenschaftlichen Arbeiten am nächsten. Da eine qualitative Analyse sehr feldspezifisch ist, wird für einen automatisierten Ansatz eine Vielzahl hochwertiger Trainingsdatensätze benötigt. Möglich wäre, dass die hier vorgestellte Wissensbasis als Trainingssatz für die automatische qualitative Analyse wissenschaftlicher Arbeiten im Forschungsfeld „Angewandte Modellierung fachlichen Wissens“ dienen könnte.

3 Vokabular für die qualitative Analyse wissenschaftlicher Publikationen

Wie oben ausgeführt, besteht das Hauptziel der angestrebten Wissensbasis darin, die kollektive Analyse wissenschaftlicher Publikationen durch die Forschungsgruppe zu unterstützen. Es liegt daher auf der Hand, wissenschaftliche Arbeiten nach ihren qualitativen Hauptmerkmalen in: (i) Forschungsziele, (ii) Forschungsmethoden, (iii) Forschungsergebnisse, (iv) zukünftige Arbeit und (v) kritische Fragen zu strukturieren (vgl. z. B. [RoPr08]). Um semantisch reichhaltige Abfragen an die Wissensbasis zu ermöglichen, sollten diese Merkmale weitestgehend strukturiert werden. Kandidaten hierfür sind die Forschungsmethoden und die Forschungsziele. Die wichtigsten Forschungsmethoden der Wirtschaftsinformatik sind in

[WiHe07] beschrieben. Zur Strukturierung der Forschungsziele kann eine flexible, paarweise Kombination von Forschungsaktivitäten und -gegenständen angewandt werden. Beide können im vorliegenden Fall als stringente Aufzählungen modelliert werden, da die Forschungsgruppe sich in einem begrenzten Forschungsfeld bewegt (siehe Tab. 2)⁶.

Forschungsziel		Forschungsmethode
Forschungsaktivität	Forschungsgegenstand	
analyze	Application	Action Research
collect	Blueprint	Argumentative Deductive Analysis
conceptualize	Business Process	Case Study
construct	Development Framework	Conceptual Deductive Analysis
define	Documentation	Design Science (Hevner)
design	Infrastructure	Ethnography
develop	IT System	Field Experiment
elicit	Linked Data	Formal Deductive Analysis
enhance	Method	Grounded Theory
evaluate	Modeling Language	Laboratory Experiment
extend	NLP Artifact	Literature Analysis
extract	Ontology	Prototyping
implement	Policy	Qualitative Research
integrate	Requirements	Quantitative Research
prove	Standard	Reference Modeling
provide	Term Definition	Simulation
structure	Workflow	

Tab. 2: Forschungsfeldspezifische Listen zur qualitativen Analyse wissenschaftlicher Publikationen

Bei der Suche nach wiederverwendbaren Klassen, Relationen und Attributen für das erforderliche Wissensschema wurden zwei unabhängige Ansätze verfolgt. Zunächst wurde schema.org als ein Vokabular mit wachsender Bedeutung für Webseiten untersucht. Es wurde festgestellt, dass die für den Anwendungsfall notwendigen formalen Daten zu wissenschaftlichen Publikationen adäquat mit Elementen dieses Vokabulars modelliert werden können. Die qualitativen Merkmale wissenschaftlicher Publikationen können zwar über die Relation schema:about adressiert werden, für die spezifischen Entitätsklassen selbst wurden jedoch keine passenden Elemente gefunden.

Um die Lücken zu schließen, wurden im zweiten Schritt die SPAR-Ontologien [Pero14], insbesondere die Discourse Elements Ontology (DEO), näher betrachtet. Allerdings bleibt die Wiederverwendung von DEO-Elementen aus folgenden Gründen problematisch:

- DEO adressiert rhetorische Elemente, die ein Autor verwendet und die durch automatische Textanalyse erkannt werden können. Im vorliegenden Fall geht es jedoch um qualitative Merkmale einer wissenschaftlichen Publikation geht, die durch Expertenanalyse herausgearbeitet wurden. So sind z.B. kritische Fragen offensichtlich eine individuelle Einschätzung eines menschlichen Lesers. Die in DEO bereitgestellten Modellierungselemente sind also für den vorliegenden Anwendungsfall nicht ausreichend.
- Wie bereits dargestellt, trägt es zur spezifischen Auswertbarkeit der Wissensbasis bei, geeignete qualitative Merkmale über Listenelemente zu modellieren. DEO unterstützt keine derartigen Restriktionen für Datentypen.

Daher wurden diese Entitäten als neue spezifische Klassen modelliert, die jedoch semantisch und strukturell in den schema.org-Rahmen integriert sind. Abb. 1 zeigt das übergeordnete Schema des Vokabulars. Rote Knoten stammen aus schema.org, die anderen sind

⁶ Die Listenelemente werden in englischer Sprache angegeben, so wie sie auch im Vokabular implementiert sind.

speziell modelliert. Grüne Knoten sind vom Typ Enumeration, während die weißen Knoten für abstrakte Konzepte stehen, die eine Listenstruktur implementieren. Das Vokabular ist auf GitHub⁷ dokumentiert und in Linked Open Vocabularies (LOV)⁸ referenziert.

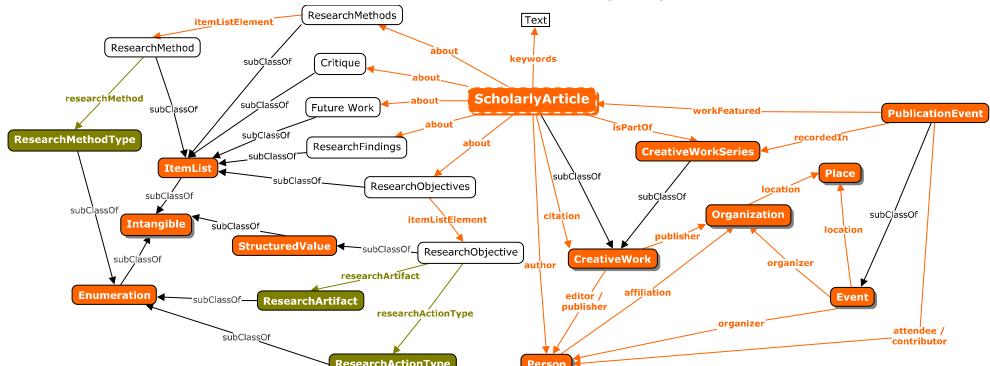


Abb. 1: Grobgranulares Schema des Vokabulars für wissenschaftliche Publikationen

4 Entwurf und technische Implementierung eines Wissensgraphen

Das Zielsystem kann als ein Wissensgraph beschrieben werden, wie er in [Paul16] definiert und in [MeJK17] weiter spezifiziert ist.

4.1 Architekturentwurf für den Wissensgraphen

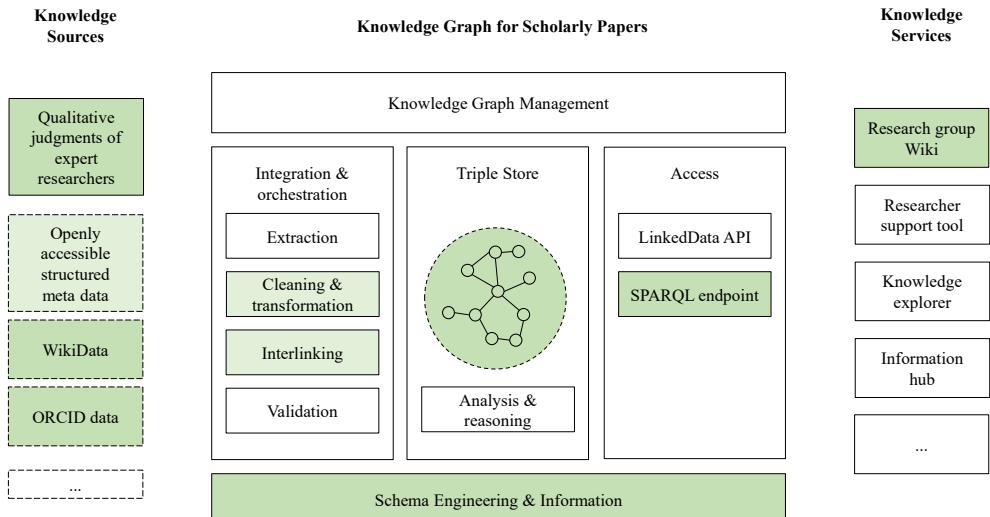


Abb. 2: Abstraktes Modell des Wissensgraphen für wissenschaftliche Publikationen

Abb. 2 zeigt ein abstraktes Modell dieses Wissensgraphen, bei dem die charakteristischen Komponenten, insbesondere die eingesetzten Wissensquellen und die bereitgestellten Wis-

⁷ <https://github.com/bmake/scholarlygraph/>

⁸ <http://lov.okfn.org/dataset/lov/vocabs/spvqa>

sensdienste, an den betrachteten Anwendungsfall angepasst sind. Die schattierten Elemente im Modell repräsentieren Komponenten, die bereits umgesetzt sind, zumindest teilweise. Die Kästchen mit Punkten stehen für die grundsätzliche Erweiterbarkeit des Systems. Aktuell ist das System als OntoWiki [FrAM16] implementiert, das eine Standard-Wiki-Schnittstelle, einen Triple-Store und einen SPARQL-Endpunkt umfasst.

Die Population des Systems erfolgte im ersten Schritt manuell im Zuge der qualitativen Analyse wissenschaftlicher Publikationen durch die Mitglieder der Forschungsgruppe. Auch externe Quellen strukturierter Metadaten wurden zunächst manuell abgefragt und verknüpft. Diese Arbeiten werden zum einen durch Turtle-Templates zum Erstellen importierfähiger Datendumps unterstützt. Zum anderen können sie direkt im Wiki durchgeführt werden. Dieser vorläufige Workflow diente auch dazu, Prozesse und Quellen für die zukünftige semiautomatische Population zu analysieren. Informationen zum Vokabular und dem Wissensschema werden in den o. g. Dokumentationen zur Verfügung gestellt.

4.2 Semiautomatische Population des Wissensgraphen

Die vorläufige Implementierung, wie sie im vorherigen Abschnitt beschrieben wurde, kann als Forschungsprototyp betrachtet werden. Da das System auf die strukturierte Dokumentation und flexible Wiederverwendung der Seminarergebnisse der Forschungsgruppe abzielt, wächst die Wissensbasis langsam und ist auch nicht auf eine vollständige Abbildung des Forschungsgebietes ausgelegt. Sie umfasst inzwischen 46 wissenschaftliche Artikel aus 14 Publikationen (Konferenzbände und Journale), welche mit ca. 160 Personen, 60 Organisationen und 60 Orten verknüpft sind. Der Zuwachs beträgt ca. fünf Artikel pro Monat.

Dennoch wurde schnell absehbar, dass die aufwändige manuelle Population durch einen semiautomatischen Prozess ersetzt werden muss. Abb. 3 zeigt den entsprechenden Sollprozess, der auf Recherchen zu verfügbaren strukturierten Daten und zu entsprechenden offenen Schnittstellen basiert. Geplant ist, den Prozess auf Basis der Camunda BPM Process Engine zu implementieren und damit die Redaktionsarbeit substanzell zu unterstützen.

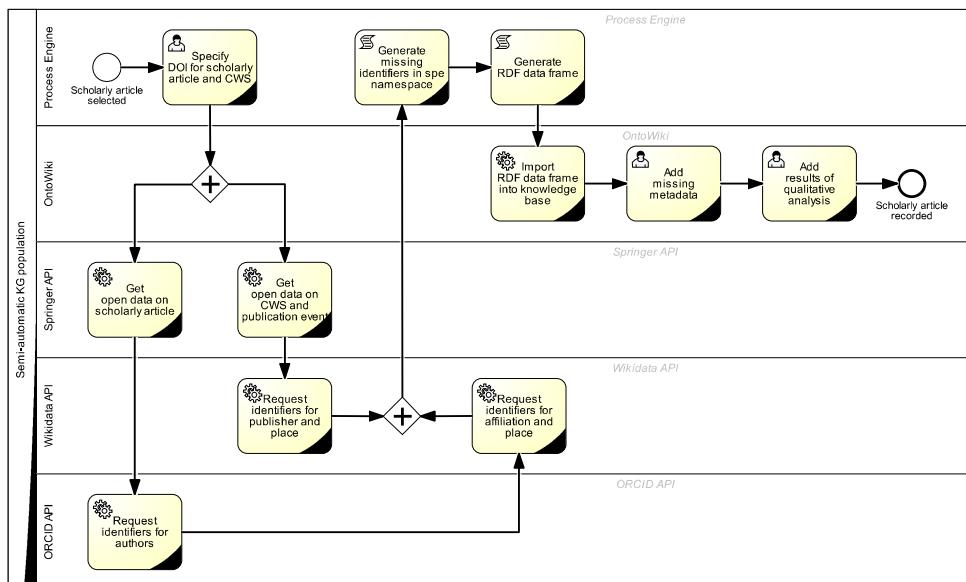


Abb. 3: Soll-Prozessmodell zur semiautomatischen Population des Wissensgraphen

5 Evaluation der frühen Einsatz erfahrungen

Um den Wissensgraphen bereits in dieser frühen Implementierungsphase zu evaluieren, wurde eine Befragung von Studierenden des Spezialmoduls „Enterprise Knowledge Engineering“ im Master Wirtschaftsinformatik vorgenommen. Ein weiteres Ziel dieser Untersuchung bestand darin, valide Anforderungen für die Weiterentwicklung des Systems zu erheben. An dieser Befragung haben neun Personen teilgenommen.

5.1 Evaluation von Nutzungsszenarien

Zum Zeitpunkt der Befragung verfügten die Studierenden bereits über fundierte Kenntnisse zu Informationssystemen im Allgemeinen sowie über grundlegende Kenntnisse semantischer Technologien im Besonderen. Einführend wurden die Benutzerschnittstelle, die Wissensbasis sowie die grundlegenden Funktionen des Systems in seiner Standardimplementierung vorgestellt. Abb. 4 zeigt die grafische Benutzeroberfläche mit den Graph-basierten Navigationselementen auf der linken Seite und den tabellarischen Ergebnissen der Suche nach wissenschaftlichen Publikationen im Hauptfenster.

The screenshot shows the OntoWiki system's graphical user interface. On the left, there is a sidebar with sections for 'Knowledge Bases' (User, Extras, Help, Debug), 'Navigation Classes' (Edit, View, Sort, Type), and a list of categories like Data Type, Event, Creative Work, Person, Organization, Place, Intangible, and vocab/Vocabulary. The main area is titled 'Resource List' with tabs for 'Instances', 'History', and 'Source'. It displays a table of search results with columns for headline, author, and details. The first result is 'ISU-160816: A semi-automatic approach for detecting dataset references in social science texts' by '0000-0001-9108-4278'. The last result is 'Effect of Linked Rules on Business Process Model Understanding' by '0000-0002-6054-4660'. A 'Show Properties' section on the right lists RDF properties like rdf:type, description, about, is part of, author, headline, in language, keywords, end page, and start page. A 'Filter' section includes a search bar and active filters for 'Scholarly Article'. At the bottom, there are pagination controls and a 'Search returned 35 results' message.

Abb. 4: Grafische Benutzeroberfläche des OntoWiki-Systems⁹ mit tabellarischer Ausgabe

Bei der Auswahl der Nutzungsszenarien lag der Fokus auf zwei wesentlichen Aufgaben eines Wissensarbeiters: der Analyse und der Informationsorganisation [RiMe17]. Dafür wurden folgende konkrete Rechercheaufgaben gestellt:

- RA1: Welche Mitarbeiter der Universität Leipzig haben an einem der im System gelisteten Artikel mitgearbeitet? Wie viele davon haben eine ORCID?
- RA2: Mit wie vielen Personen von wie vielen Organisationen hat Sören Auer Artikel verfasst, die im System gelistet sind? Wie viele solcher Artikel gibt es?
- RA3: Wie viele Artikel folgen der Forschungsmethode „Referenzmodellierung“? Erlaubt das System den direkten Zugriff auf alle oder einige dieser Artikel?

Im Fragebogen wurden folgende Usability-Aspekte berücksichtigt: Aufgabenangemessenheit, Selbstbeschreibungsfähigkeit, Erwartungskonformität, Fehlertoleranz, Visualisierung, Steuerbarkeit und Lernförderlichkeit. Dafür wurden insgesamt acht geschlossene Fragen mit

⁹ <https://bmakewiki.th-brandenburg.de>

einer sechsstufigen Antwort-Skala von *sehr gut* bis *sehr schlecht* formuliert. Zwei weitere Fragen desselben Formats fokussierten auf die beiden o. g. Aufgaben eines Wissensarbeiters. Eine letzte Frage, die leider nur von einem Drittel der Studierenden beantwortet wurde, diente dem Vergleich des OntoWiki-Systems mit klassischen RDBS und CMS im Hinblick auf die aufgabenbezogene Performanz. Die Ergebnisse der Evaluation sind in den Abbildungen 5 und 6 sowie in Tabelle 3 zusammengefasst.

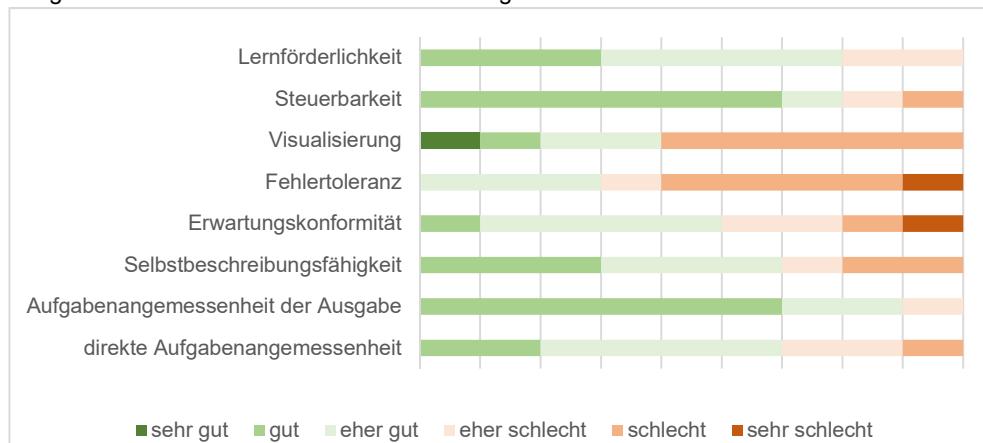


Abb. 5: Evaluation der Usability des Systems

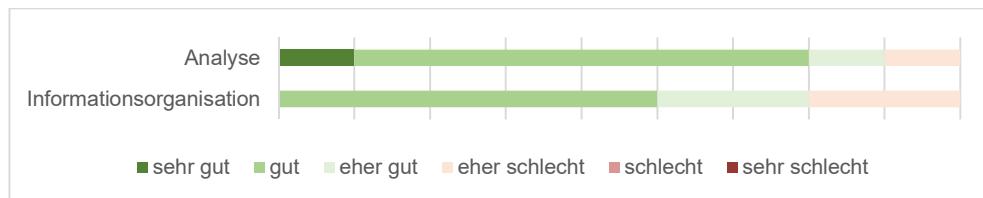


Abb. 6: Evaluation des Supports für relevante Aufgaben von Wissensarbeitern

Recherche-Aufgaben	OntoWiki im Vergleich zu RDBS			OntoWiki im Vergleich zu CMS		
	besser	genauso	schlechter	besser	genauso	schlechter
RA1	1	2	0	1	2	0
RA2	2	1	0	2	1	0
RA3	1	2	0	1	2	0

Tab. 3: Paradigmatischer Vergleich entlang der Rechercheaufgaben (3 Antworten insgesamt)

5.2 Ableitung von Anforderungen für die Weiterentwicklung

Die meisten Befragten beurteilten den strukturierten Aufbau von Wissen für Forschungsarbeit mit Hilfe semantischer Technologien positiv, insbesondere wurde die flexible Abfragefunktion durch SPARQL als sehr nützlich beurteilt. Allerdings erfordert das aktuelle System einen erhöhten Einarbeitungsaufwand. Deshalb muss die Benutzerfreundlichkeit deutlich verbessert werden. Aus den Ergebnissen der Befragung lassen sich folgende Anforderungen für die Weiterentwicklung des Systems ableiten.

- Die Intuitivität der Benutzeroberfläche soll durch eine Verlaufsanzeige in der Navigation (mithilfe von Breadcrumbs) verbessert werden.

- Neben der Navigation durch das Wissensnetz sollen häufige Abfragemuster als facettierte Suche zugänglich sein.
- Bei der Anzeige der Suchergebnisse sollen für Ressourcen mit technischen IDs (z. B. ORCID oder WikiData-ID) zusätzlich lesbare Namen erscheinen.
- Eine kontextbezogene Hilfe soll den Nutzer bei der Einarbeitung unterstützen. Zudem sollen eventuelle Eingabefehler spezifisch abgefangen und kommentiert werden.
- Je nach Art der Abfrage sollen weitere Ausgabeformen in Ergänzung zu den tabellarischen Darstellungen auswählbar sein, z. B. Karten (zur Lokalisierung von Organisationen und Orten) oder Diagramme (zur Darstellung von Häufigkeiten).

Weitere Anforderungen entstammen der direkten Arbeit an und mit dem System durch die Mitglieder der Forschungsgruppe. Sie wurden in den vorangegangenen Abschnitten bereits angesprochen und lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Nutzungsszenarien für das System sollen weiter erforscht und daraus relevante Kompetenzfragen abgeleitet werden.
- Für relevante Kompetenzfragen sollen SPARQL-Abfragen entwickelt und im System verankert werden.
- Zur Population des Systems soll ein semiautomatischer Prozess implementiert werden, der die formalen Daten weitestgehend über offene APIs bezieht.
- Für die Eingabe der Ergebnisse der qualitativen Analyse sollen gut benutzbare und fehlerminimierende Templates entwickelt und integriert werden.

6 Fazit und Reflexion

Als vorläufiges Ergebnis kann ein Wissensgraph als eine nachhaltige Infrastruktur zur Speicherung und Wiederverwendung der Ergebnisse qualitativer Analysen von wissenschaftlichen Publikationen angesehen werden. Selbst die in diesem Dokument vorgestellte vorläufige Implementierung wurde als eine effektive (wenn auch bisher nicht effiziente) Maßnahme zur Unterstützung der Arbeit einer Forschungsgruppe bewertet. Es gibt drei Hauptlinien der Weiterentwicklung des Systems: (i) Formale Metadaten, die nicht Gegenstand der qualitativen Analyse sind, müssen automatisch integriert werden, indem strukturierte Daten, die von offenen Quellen bereitgestellt werden, wiederverwendet werden. (ii) Es sollte ein gut verwendbares Template-basiertes Formular zur Erfassung der Ergebnisse der qualitativen Analyse entwickelt werden. (iii) Die Benutzerschnittstelle des Systems muss in wesentlichen Merkmalen verbessert und ergänzt werden. Auf diese Entwicklungsschritte sollte eine formelle, strukturierte Evaluierung folgen.

Literaturverzeichnis

- [Asl+16] Aslam, Muhammad A.; Ajohani, Naif R.; Abbasi, Rabeeh A.; Lytras; Miltiadis D.; Kabir, Muhammad A.: A Generic Framework for Adding Semantics to Digital Libraries. In: Ciuciu I. et al. (Hrsg.) On the Move to Meaningful Internet Systems: OTM 2016 Workshops. LNCS, vol. 10034, Springer, 2016, S. 277-281.
- [DaPr00] Davenport, Thomas H.; Prusak, Laurence: Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know. Harvard Business Press, 2000.

- [Dixo18] Dixon, Nancy M: The three eras of knowledge management. In: Girard, John P.; Girard, JoAnn L. (Hrsg.): Knowledge Management Matters – Words of Wisdom from Leading Practitioners. Sagology, 2018, S. 19-47.
- [FrAM16] Frischmuth, P., Arndt, N., Martin, M.: OntoWiki 1.0. In: SEMANTiCS 2016, Poster & Demo Session, <http://ceur-ws.org/Vol-1695/paper11.pdf>, Zugriff am 05.08.2017.
- [MeJK17] Meister V., Jetschni, J., Kreideweiß, S.: Konzept und Prototyp einer dezentralen Wissensinfrastruktur zu Hochschuldaten für Mensch und Maschine. In: INFORMATIK 2017. LNI. GI e. V., Bonn (2017) in print.
- [Paul16] Paulheim, H.: Knowledge Graph Refinement: A Survey of Approaches and Evaluation Methods. In: Semantic Web Journal (Preprint), 1–20 (2016).
- [Pero14] Peroni, S.: The Semantic Publishing and Referencing Ontologies. In: Semantic Web Technologies and Legal Scholarly Publishing, pp. 121-193. Springer, Cham (2014).
- [RiMe17] Rizun, Mariia; Meister, Vera G.: Analysis of Benefits for Knowledge Workers Expected from Knowledge-Graph-Based Information Systems. In: Wrycza S., Maślankowski J. (eds) Information Systems: Research, Development, Applications, Education. SIG-SAND/PLAIS 2017. Lecture Notes in Business Information Processing, vol 300. Springer, Cham (2017).
- [RoPr08] Rossig, W., Prätsch, J.: Wissenschaftliche Arbeiten. 7th edn. BerlinDruck, Achim (2008).
- [RoSa16] Ronzano, F., Saggion, H.: Knowledge Extraction and Modeling from Scientific Publications. In: González-Beltrán A., Osborne F., Peroni S. (eds.) SAVE-SD 2016. LNCS, vol. 9792, pp. 11-25. Springer, Cham (2016).
- [Vahd16] Vahdati, S., e. a.: OpenResearch - Collaborative Management of Scholarly Communication Metadata. In: Blomqvist E., Ciancarini P., Poggi F., Vitali F. (eds.) EKAW 2016. LNCS, vol. 10024, pp. 778-793. Springer, Cham (2016).
- [WiHe07] Wilde, T., Hess, T.: Forschungsmethoden der Wirtschaftsinformatik – Eine empirische Untersuchung. In: WIRTSCHAFTSINFORMATIK 49(4), 280–287 (2007).

Kontakt

Prof. Dr. Vera G. Meister
 Technische Hochschule Brandenburg
 Magdeburger Str. 50, 14770 Brandenburg a.d.H.
 T +49 3381 355-297, vera.meister@th-brandenburg.de

Wenxin Hu
 Technische Hochschule Brandenburg
 Magdeburger Str. 50, 14770 Brandenburg a.d.H.
 wenxin.hu@th-brandenburg.de

Jan Beckert
 Technische Hochschule Brandenburg
 Magdeburger Str. 50, 14770 Brandenburg a.d.H.
 jan.beckert@th-brandenburg.de

Wirtschaftsinformatik im Unternehmen

Integrierte ERP-Standardfunktionalitäten für Energiemanagement – Use Cases und praktische Umsetzung am Beispiel von abas ERP

Heiko Thimm, Maximilian Strempel, Reinhard André

Zusammenfassung

Für die Aufgabenstellungen des betrieblichen Energiemanagements werden bislang nur von wenigen ERP-Systemen Anwendungsfunktionalitäten angeboten. Um ihrer bisherigen Rolle als unternehmensweite Datendrehscheibe auch zukünftig gerecht zu werden, müssen ERP-Systemhersteller die Anforderungen eines zeitgemäßen betrieblichen Energiemanagements adressieren. Anhand von sieben Use Cases werden diese Anforderungen und der Nutzen Energiemanagement-integrierter ERP-Systeme verdeutlicht. Darüber hinaus wird am Beispiel von abas ERP auf wesentliche technische Aspekte der Integration von Energiemanagement in ein ERP-System eingegangen.

1 Einleitung

Durch geänderte gesetzliche Rahmenbedingungen, Veränderungen auf dem Energiemarkt und nicht zuletzt das gesteigerte Umweltbewusstsein der Bevölkerung gewinnt die Einführung eines (aktiven) Energiemanagementsystems (EnMS) an Bedeutung. Das gilt insbesondere für Energie-intensive Unternehmen, die ein EnMS verankern müssen, um Steuererleichterungen in Anspruch zu nehmen. Die Anforderungen zur Einführung, Realisierung, Aufrechterhaltung und Verbesserung eines EnMS sind in der internationalen Norm DIN EN ISO 50001:2011 (DIN EN ISO 2011) spezifiziert. Ein wichtiges Nutzenargument für ein EnMS ist eine verbesserte Transparenz über alle Energieströme im Unternehmen wie beispielsweise elektrische Energie, Wärme und Druckluft (BMU, 2012). Die Verfügbarkeit umfassender Energiedaten ermöglicht eine systematische Verbesserung des Einsatzes und Verbrauchs von Energie sowie eine Optimierung der Energieeffizienz. Unternehmen des produzierenden Gewerbes haben zwangsläufig einen hohen Energiebedarf. Von ihnen muss ein EnMS so ausgestaltet werden, dass Daten über den Energieverbrauch von Maschinen und Anlagen fortlaufend erfasst, für typische Energiemanagementaufgaben ausgewertet und den Benutzern in adäquater Form zur Verfügung gestellt werden. In der betrieblichen Praxis werden ähnliche Informationsverarbeitungsaufgaben seit vielen Jahren mit Hilfe von betrieblichen Informationssystemen (BIS) erfolgreich erledigt. Bisher ergibt sich jedoch noch kein einheitliches Bild hinsichtlich der Frage, welche Art von BIS System am besten zur Verankerung und den Betrieb eines EnMS geeignet ist. Am Markt sind neben mehr und mehr aufkommenden dedizierten Softwarelösungen für EnMS auch traditionelle BIS Lösungen verfügbar, die über integrierte Energiemanagement Funktionen verfügen (Sauer, Weckmann, & Zimmermann, 2016). Hierzu zählen zum Beispiel ERP-Systeme und Manufacturing Execution Systems (MES). Von diesen beiden BIS Systemen befinden sich MES-Systeme in der Automatisierungspyramide (Vogel-Heuser, Kegel, Bender, & Wucherer, 2009) näher bei den Maschinen, Anlagen und Geräten. Daher favorisieren einige Fachkreise MES-Systeme zur Realisierung eines IT-basierten Energiemanagements. In der seit

Juni 2016 veröffentlichten Fassung der VDI Richtlinie 5600 (VDI, 2016) wird dieser Ansatz durch die Empfehlung eines „Energiemanagement“-MES-Moduls propagiert. Bei den klassischen ERP-Ansätzen spielen Energiedaten bisher nur eine untergeordnete Rolle. Ihr Standard Funktionsumfang beschränkt sich überwiegend auf manuelle Eingabemöglichkeiten von (pauschalen) Energieverbräuchen. In den betriebswirtschaftlichen Berechnungs- und Kalkulationsfunktionen werden die in der Produktion entstehenden Energiekosten meist über Gemeinkostenumlageverfahren verrechnet. Die für ein aktives Energiemanagement erforderlichen Auswerte- und Berichtsmöglichkeiten werden bisher nur von wenigen ERP-Systemen angeboten. Im Gegensatz zur MES-Community gibt es von der ERP-Community noch keine eindeutige Positionierung zum Thema Energiemanagement. Neue Marktchancen könnten sich aber insbesondere für auf kleinere und mittlere Unternehmen spezialisierte ERP-Anbieter durch die Integration von Funktionalitäten für Energiemanagement ergeben. Ein ERP-System dient bei diesen Unternehmen meist als (einziges) zentrale Datendrehzscheibe. Aus strategischen Gründen wird gewöhnlich auf den Einsatz weiterer spezieller Anwendungssysteme verzichtet.

Die Hochschule Pforzheim und die abas Software AG, ein auf Fertigungsunternehmen spezialisierter ERP-Anbieter, führen seit Sommer 2016 gemeinsam Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zum Thema ERP-basiertes Energiemanagement durch (Thimm H., Kaymakci, Tanik, & André, 2017) (Thimm H., Kaymakci, André, & Tanik, 2017). Der vorliegende Beitrag gibt einen Überblick über die dabei adressierten Use Cases und den Implementierungsansatz für eine Integration von Energiemanagement Funktionalitäten in das ERP-System abas ERP. Im nachfolgenden zweiten Kapitel werden die auf Fertigungsunternehmen fokussierten Use Cases vorgestellt. Kapitel drei gibt einen Überblick über die prototypische Implementierung eines um Energiemanagementfunktionen erweiterten abas-ERP-Systems. Außerdem wird eine Demonstrator Umgebung beschrieben, die zur Evaluation der Use Cases entwickelt wurde. Kapitel vier geht auf verwandte Arbeiten ein und Kapitel fünf schließt den Beitrag mit einer Zusammenfassung und einem Ausblick ab.

2 Use Cases – ERP-basiertes Energiemanagement in Fertigungsunternehmen

Um Ansatzpunkte für die Entwicklung praxisnaher Use Cases zu ermitteln, wurden die relevante Forschungsliteratur und die Erfahrungen von abas Anwendungsberatern ausgewertet. Mit den gewonnenen Erkenntnissen wurden sieben Use Cases entwickelt, die eine breite Bandbreite von ERP-Anwendungsfunktionen für Energiemanagement aufzeigen (Stempel, 2017). Jeder der sieben Use Cases setzt die Verfügbarkeit umfassende Energieverbrauchsdaten für verschiedene Bezugsgrößen (z.B. Fertigungsaufträge) voraus. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Use Cases, auf die nachfolgend näher eingegangen wird.

Use Case 1 zielt auf eine erhöhte Genauigkeit betriebswirtschaftlicher Kalkulationen ab. Es geht darum, die Energiekosten aus der Gemeinkostenumlage zu isolieren und sie als Einzelkosten verursachungsgerecht zu verrechnen. Grundlage hierfür sind die erfassten Energieverbräuche der einzelnen Maschinen und Anlagen. Diese werden nicht mehr wie bisher über die Gemeinkostenumlage gleichmäßig auf alle Hauptkostenstellen verteilt. Die Energiekosten können der verursachenden Maschine oder Anlage direkt zugerechnet werden. Dies ermöglicht eine verursachungsgerechte Allokation der Energiekosten. Dadurch ergeben sich beispielsweise für die Unternehmensbereiche Anreize, die Energiekosten zu sen-

ken. Energieeinsparungen eines einzelnen Bereichs werden nicht mehr auf alle Bereiche umgelegt. Der einsparende Bereich kann unmittelbar und in vollem Umfang von seinen Energieeinsparmaßnahmen profitieren.

UC1: Energiedaten-integrierte betriebswirtschaftliche Kalkulationen

- Verursachungsgerechte Zuordnung von Energieverbräuchen.
- Datengrundlage für verbesserte Kalkulation durch i) Einzelkostenallokation: verursachungsgerechte Zuordnung der Energieverbräuche zu Kostenstellen, ii) Präzise Soll-Ist-Analyse der Energiekosten bei Vergleich von Nach- und Vorkalkulation
- Nutzer: Controlling, KVP-Team

UC2: CO₂-Bilanzierung.

- Datengrundlage für das Umweltberichtswesen
- Verursachungsgerechte Zuordnung des CO₂-Ausstoßes,
- Auswertung des CO₂-Ausstoßes auf verschiedenen Aggregationsebenen
- Nutzer: Umweltmanagement

UC3: Intelligentes Energiemanagement auf Basis von Industrie 4.0 Konzepten.

- Echtzeit-Überwachung definierter Parameter
- rechtzeitige Einplanung präventiver Instandhaltungsmaßnahmen,
- rechtzeitiges Anhalten der Maschine bzw. rechtzeitiger Werkzeugwechsel
- Nutzer: Instandhaltung, Fertigungssteuerung, Werkstattführungskräfte, Maschinenbediener

UC4: Energiedaten-integriertes Berichtswesen und Business Intelligence

- Zielgruppengerechte Berichte
- Kennzahlen und Analysen von Energiedaten
- Erkennung von Handlungsbedarf,
- Historiendaten als Grundlage bei Dimensionierung und Auslegung neuer Anlagen
- Nutzer: Unternehmensleitung, Kostenstellenverantwortliche, Produktionsplanung und Fertigungssteuerung, Umweltmanagement, Controlling, KVP-Team, Instandhaltung

UC5: Unterstützung eines Energiedatengetriebenen PDCA-Zyklus (aktives Energiemanagement).

- Zieldefinition und Erfolgskontrolle von Energieeinsparmaßnahmen auf aussagekräftiger Datenbasis
- Automatische Berechnung des Einsparpotentials
- Unterstützung der systematischen Durchführung des KVP durch hinterlegte Ziele, Fristen und Verantwortlichkeiten
- Nutzer: KVP-Team, Werkstattführungskräfte, Kostenstellenverantwortliche, Umweltmanagement

UC6: Energieverbrauchsoptimierte Produktionsplanung

- Verstetigung des Lastgangs und Vermeidung von Lastspitzen bereits in der Produktionsplanung
- Kosteneinsparung durch Einplanung energieintensiver Arbeitsgänge in Zeiten mit niedrigeren Energiekosten
- Ausgleich von Energieangebot und Energienachfrage bei Energieeigenerzeugung auf Basis Prognose Energieverbrauch Produktionsplan und Prognose Energieeigenerzeugung
- Nutzer: Fertigungssteuerung, Werkstattführungskräfte.

UC7: Auswahlmöglichkeit der energieoptimalen Produktionsvariante

- Einplanung von Arbeitsgängen auf die energieeffizienteste Maschine
- Energieeinsparung durch den Ökomodus auf Basis der alternativen Fertigungsliste
- Nutzer: Fertigungssteuerung, Werkstattführungskräfte

Tabelle 1: Use Cases ERP-basiertes Energiemanagement in Fertigungsunternehmen

Beim Use Case 2 geht es um die Berechnung des CO₂-Ausstoßes auf verschiedenen Aggregationsebenen auf Basis des Energieverbrauchs, wie zum Beispiel die CO₂-Belastung pro hergestelltes Produkt. Die Kenntnis dieses Umweltbelastungswertes ist unter anderem

notwendig, um Berichtspflichten gegenüber Behörden oder Kunden zu erfüllen. Darüber hinaus kann die CO₂-Bilanzierung im Rahmen des KVP als wichtige Kennzahl genutzt werden, um Maßnahmen zur Reduktion der CO₂-Emissionen zu planen und zu bewerten.

Im Mittelpunkt von Use Case 3 steht die online Überwachung verschiedener Parameter von in Echtzeit erfassten Energiedaten. Mittels intelligenter zum Beispiel wissensbasierter Algorithmen werden die Daten verarbeitet, um Aussagen über Zustände und Trends und ggf. erforderliche Maßnahmen zu treffen. In Anlehnung an das aus der statistischen Prozessregelung bekannte Instrument der Qualitätsregelkarte, können zum Beispiel Warn- und Eingriffsgrenzen für definierte Parameter spezifiziert werden.

Beim Use Case 4 geht es um die zielgruppengerechte Bereitstellung von Energiemanagementinformationen für unterschiedliche Unternehmensbereiche. Für Entscheidungs-, Planungs- und Überwachungsaufgaben sollen die Benutzer mit passgenauen Energiemanagement Auswertungen, Analysen und Prognosen unterstützt werden. Klassische Berichte sollen ergänzt werden um Energiedaten auf verschiedenen Verdichtungsstufen. Durch Korrelationsanalysen sollen Zusammenhänge zwischen Energiedaten und klassischen ERP-Daten grafisch veranschaulicht werden.

Zur Planung, Umsetzung und Kontrolle von Energieeinsparmaßnahmen im Rahmen eines effektiven KVP Prozesses, der beim Use Case 5 im Mittelpunkt steht, sind aktuelle Energiedaten unerlässlich. Nicht nur für Unternehmen, die nach der ISO Norm 50001 zertifiziert sind oder diese Zertifizierung anstreben ist der Use Case bedeutsam. Energieeinsparmaßnahmen werden als „Datensatz“ angelegt und einem Untersuchungsbereich wie zum Beispiel einer Kostenstelle zugeordnet. Ergänzend können zu jeder Energieeinsparmaßnahme eine verantwortliche Person sowie eine Frist zur Durchführung hinterlegt werden.

Beim Use Case 6 werden Energiedaten für Entscheidungen in der Produktionsplanung und -steuerung genutzt, um den Energieverbrauch der Produktion zu optimieren. Die Intention dabei ist, Lastspitzen bereits in der Produktionsplanung zu vermeiden. Dieser Ansatz ist besonders für Unternehmen mit eigener Stromerzeugung von Interesse, insbesondere wenn dazu regenerative Energiequellen genutzt werden. Auf Basis von Wetterprognosen und weiteren Daten kann der Umfang der zu erwartenden Energieeigenerzeugung prognostiziert werden. Parallel dazu kann der Stromverbrauch des Produktionsplans bestimmt werden und ein Abgleich von Eigenerzeugung und Planverbrauch durchgeführt werden. Im Falle einer Unterdeckung durch die Eigenproduktion kennt das Unternehmen im Voraus die in den nächsten Tagen fremd zu beschaffende Energiemenge.

Use Case 7 macht sich zu Nutze, dass Eigenerzeugnisse mit dem verfügbaren Maschinenpark eines Unternehmens häufig in verschiedenen Produktionsvarianten gefertigt werden können. In alternativen Arbeitsplänen sind dabei für den gleichen Produktionsschritt unterschiedliche Verfahren mit unterschiedlichen Energiebedarfen hinterlegt. Beispielsweise kann der Rohling eines Metallflaschenöffners auf einer Fräsmaschine, einer Laserschneidemaschine und einer Stanzmaschine gefertigt werden (Kaymakci, 2017). Bestehen solche Wahlmöglichkeiten, kann unter Berücksichtigung der weiteren Planungsvorgaben (Stückzahlen, Fertigstellungstermin) durch entsprechende mathematische oder heuristische Verfahren die energieoptimale Produktionsvariante bestimmt werden (Thimm H. , Kaymakci, Tanik, & André, 2017). Zusätzlich können auch Maschineneinstellparameter optimiert werden, um für einen minimalen Energieverbrauch für Eigenerzeugnisse zu sorgen.

3 Integration von Energiemanagement in abas ERP

ERP-Systeme für die Fertigungsbranche bieten gewöhnlich umfassende Funktionalitäten für die Produktionsplanung- und -steuerung. Einige ERP-Hersteller haben ihre Produkte unter anderem auch mit MES-Funktionalitäten versehen. Hierzu zählt beispielsweise die seit über 30 Jahren am Markt verfügbare Lösung abas ERP des Karlsruher Unternehmens abas Software AG (Konradin Verlag, 2013). Zu den rund 3600 Kunden weltweit gehören vor allem mittelständische Fertigungsunternehmen und Anlagenbauer. Die wichtigsten MES-Funktionalitäten von abas ERP sind Funktionen zur Betriebsdaten- und Maschinendatenerfassung (BDE/MDE), ein Fertigungsleitstand, Feinplanungsfunktionalitäten für die Maschinenbelegungsplanung und Funktionen zur Werkstattsteuerung. Durch seine konsequente Schichtenarchitektur, seine objektorientierte Datenbank (eine abas Eigenentwicklung) und durch die integrierte Programmiersprache gilt abas ERP als besonders anpassungsfähiges und erweiterbares System.

3.1 Konzeptionelle Vorüberlegungen

Um Energiemanagementfunktionen in ein ERP-System zu integrieren, sind zwei Hauptaufgaben zu lösen. Bei der ersten Hauptaufgabe geht es darum, einen Weg zu finden, um die relevanten Energieverbrauchsdaten zuverlässig kontinuierlich zu erheben und diese für die ERP-Anwendungsfunktionen verfügbar zu machen. In unserem Forschungsprojekt haben wir uns als Lösungsansatz für diese Aufgabe dazu entschlossen, das abas ERP System mit einem dedizierten (technischen) Energiemanagement System (EMS) zu koppeln. Als Alternative zur Kopplung eines Fremdsystems kommt zum Beispiel auch die („organische“) Systemerweiterung um ein in das ERP-System direkt eingebettetes EMS-Modul in Frage. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass diese Alternative vor allem aus Kostengründen nur für wenige ERP-System-Anbieter in Betracht kommen wird.

Bei der Recherche nach Energiemanagement Lösungen, die für eine Kopplung mit abas ERP in Frage kommenden, wurde festgestellt, dass sich Standardschnittstellen und APIs für den Datenaustausch mit Fremdsystemen bei EMS-Anbietern bisher noch nicht etabliert haben. Üblicherweise wird von den EMS-Systemen lediglich eine einfache Datenschnittstelle unterstützt, die es Fremdsystemen ermöglicht Verbrauchswerte zurückliegender Messungen nach einem festen Zeitraster abzurufen. Schnittstellen zum selektiven Abfragen von Verbrauchswerten innerhalb flexibel vorgegebener Zeitfenster werden unseren Recherchen zufolge momentan noch nicht unterstützt.

Im Mittelpunkt der zweiten zu lösenden Hauptaufgabe steht die Weiterverarbeitung der Energieverbrauchsdaten unter Berücksichtigung der für ERP-Funktionalitäten relevanten Bezugswerten. Dabei muss es insbesondere um die Ermittlung des Energieverbrauchs auf Auftragsebene gehen, da die Kenntnis auftragsspezifischer Energieverbräuche eine Grundvoraussetzung für ein ERP-basiertes Energiemanagement in Fertigungsunternehmen darstellt. Eine exakte sekundengenaue Ermittlung des Stromverbrauchs ist insbesondere für Planungsaufgaben notwendig, bei denen der durchschnittliche Energieverbrauch pro Arbeitsgang als Planungsgröße eine Rolle spielt (siehe Use Case 6). Dabei kann entweder mit allgemeinen - d.h. auf den generellen Herstellungsschritt ohne Berücksichtigung von Maschinenspezifika - oder maschinenspezifischen Durchschnittswerten gearbeitet werden. Wird die Planung mit zu ungenauen Werten durchgeführt, kann es zu Fehlplanungen kommen. Hieraus können zum Beispiel zeitliche Überschneidungen bei der energieverbrauchsoptimierten Maschinenbelegungsplanung resultieren. Um exakte durchschnittliche

Energieverbräuche zu ermitteln, dürfen Maschinenrüstzeiten nicht mitberücksichtigt werden. Wird die Messdatenerfassung, wie in unserem Ansatz, nicht direkt vom ERP-System sondern einem Fremdsystem durchgeführt, muss außerdem eine Synchronisation der Systemzeiten durchgeführt werden.

Nicht alleine nur wegen der oben genannten Präzisionsanforderungen an die Weiterverarbeitung der Messdaten stellt die zweite Hauptaufgabe eine wesentliche Herausforderung bei der Integration von Energiemanagement in ein ERP-System dar. Es ist zu berücksichtigen, dass ERP-Systeme originär nicht für die Auftragsverfolgung konzipiert sind. Das ERP-System kommt erst dann wieder ins Spiel, wenn Fertigungsaufträge abgeschlossen sind und die Auftragsdaten (Stückliste und Arbeitsplan des Auftrags, Gutmengen, Ausschuss, Bearbeitungszeiten, Stillstandzeiten, Rüstzeiten, Auftragsbearbeiter etc.) erfasst werden. Für die kurzfristige Feinplanung und Auftragsverfolgung in der Fertigung müssen Anwender deshalb auf manuelle Planungsverfahren, Zusatzsysteme (zum Beispiel MES-Systeme) oder ERP-Systemerweiterungen wie Ergänzungslösungen für Betriebsdatenerfassung (BDE) zurückgreifen. Es muss demnach also berücksichtigt werden, dass in klassischen ERP-Systemen die notwendigen Auftragsdaten zur Ermittlung von Energieverbrauchswerten auf Auftragsebene nur zeitverzögert zur Verfügung stehen. Ferner ist anzumerken, dass es sich wegen der zeitversetzten und manuellen Erfassung dieser Auftragsdaten und damit einhergehenden zwangsläufig geringen Datenqualität um Daten handelt, die sich nicht für die Berechnung auftragsbezogener Energieverbräuche eignen. Bei der Lösung dieser Problematik in unserem Forschungsprojekt helfen die in das abas-ERP-System direkt integrierten BDE-Funktionalitäten. Werden von den Mitarbeitern in der Fertigung diese Funktionalitäten zur Rückmeldung aller auftragsrelevanten Ereignisse verwendet, können aus den Energieverbrauchswerten auftragsbezogene Verbrauchswerte ermittelt werden. Dies schließt auch „besondere Situationen“ ein wie zum Beispiel Maschinenstillstände, Maschinenwechsel und die parallele Abarbeitung von Aufträgen auf mehreren Maschinen.

3.2 Prototypische Implementierung

Auf Basis der oben beschriebenen Vorüberlegungen wurde an der Hochschule Pforzheim ein abas-ERP-System zu einem Energiemanagement-integrierten ERP-System prototypisch weiter entwickelt. Erweitert wurde das System um eine Schnittstelle zur Kopplung eines EMS und einer neuen Systemkomponente zur Ermittlung auftragsbezogener Energieverbräuche aus Energieverbrauchsdaten. Außerdem wurde die Standard Stammdatenverwaltung um Funktionalitäten und Masken zum Anlegen von Messgeräten bzw. Energiesensoren und deren Zuordnung zu Maschinen erweitert.

Das erweiterte abas-ERP-System stellt die zentrale Komponente einer Demonstrator Umgebung dar, die zur Veranschaulichung der Use Cases *UC2* und *UC5* aufgebaut wurde und in Abbildung 1 zu sehen ist. Als Verbraucher kommt eine Erodier Maschine zum Einsatz, deren Energiedaten von einem vor der Versorgungssteckdose befindlichem digitalen Messgerät erfasst werden. Es wird das als „ENIT Agent“ bezeichnete EMS des Unternehmens ENIT Energy IT Systems aus Freiburg verwendet. Nach Herstellerangaben eignet sich der ENIT Agent als Komplettlösung für das Monitoring von Strom-, Wärme-, Gas-, Dampf- und Wasserverbrauch. Der ENIT Agent [...] vereint Datenlogger, Gateway, Datenbank, Server und Analysesoftware in einem Gerät [...] (ENIT, 2018) (ENIT, 2018), das physisch als eine sogenannte „Plug&Play Baugruppe“ ausgeliefert wird. Über eine isochrone Datenverbindung empfängt der ENIT Agent fortlaufend von den Zählern zyklisch gemessene Einzelwerte, wie die Spannung, die Stromstärke und sonstige Leistungsfaktoren. Zusätzlich können von den

Zählern auch kumulierte Energiewerte wie zum Beispiel die Wirkarbeit empfangen werden, die die verbrauchte Energiemenge innerhalb eines Zeitfensters angibt. Die Messwerte werden vom ENIT Agent in einer Datenbank verwaltet und unter anderem für den Export an Fremdsysteme aufbereitet. Der Datenexport zu einem Fremdsystem kann per FTP-Verfahren oder per JSON Export an ein REST API durchgeführt werden.

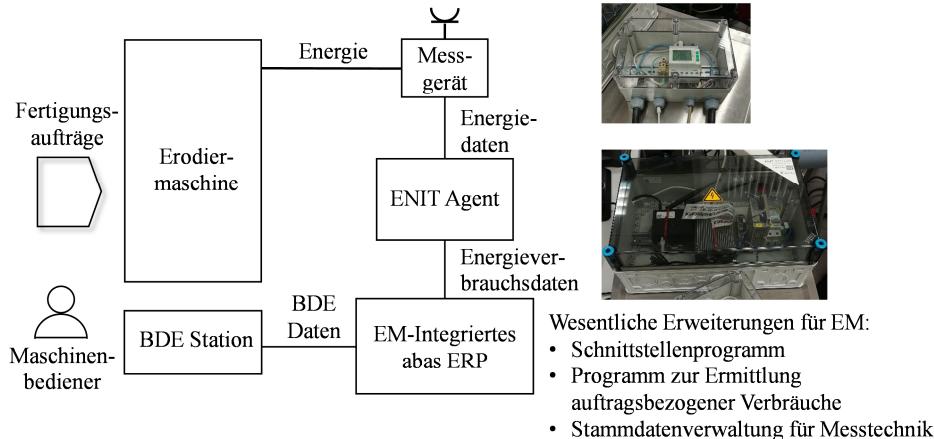


Abbildung 1: Schemabild des implementierten Demonstrators.

Das Demoszenario sieht eine zeitnahe Erfassung von Auftragsdaten an einer „BDE Station“ durch den Maschineneinrichter bzw. -bediener vor. Bei der „BDE Station“ handelt es sich um einen Windows PC mit Standard abas ERP Frontend einschließlich der BDE-Masken. Nach der Erfassung und Übermittlung über eine Netzwerkverbindung stehen die Auftragsdaten dem abas-ERP-Server zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung.

Die Energiedaten werden fortlaufend über die Standard-(FTP-basierte)-Exportschnittstelle des ENIT Agents vom Schnittstellenprogramm des abas-ERP-Systems abgerufen und zunächst als CSV-Dateien abgelegt. Im Folgeschritt werden die Daten dann vom Schnittstellenprogramm eingelesen und anschließend segmentiert. Zuerst wird dabei nach den Messpunkten (d.h. Sensoren) und dann innerhalb zusammen gehörender Sensordaten nach zugeordneten Fertigungsaufträgen segmentiert. Hierfür wird auf die BDE-Auftragsdaten zurückgegriffen, die eine Rekonstruktion auftragsbezogener Zeitintervalle ermöglichen.

Für jede Rückmeldung wird der Gesamtstromverbrauch in der Einheit Kilowattstunde ermittelt und das zugehörige CO₂-Äquivalent bestimmt. Liegen alle Rückmeldungen eines Betriebsauftrags vor, werden die entsprechenden Einzelverbrauchswerte und CO₂-Äquivalente zur Ermittlung des auftragsspezifischen Gesamtverbrauchs aufsummiert. Die Werte werden anschließend in der abas-ERP-Datenbank abgelegt und über Referenzen mit den relevanten Belegen (z.B. Arbeitsscheine, Fertigungsaufträge, Betriebsaufträge) verknüpft. Von den in ERP-Systemen typischerweise vorhandenen betriebswirtschaftlichen Berechnungs-, Planungs- und Kalkulationsverfahren können die auftragsbezogenen Verbrauchswerte aus der Datenbank abgerufen werden.

4 Verwandte Arbeiten

Eine Analyse der Anforderungen an Softwarelösungen für das Energiemanagement von morgen findet sich in einer aktuellen Studie der Universität Stuttgart (Sauer, Weckmann, & Zimmermann, 2016). In der Studie werden die Anforderungen in grundlegende Systemanforderungen, planungsspezifische Systemanforderungen und steuerungsspezifische Systemanforderungen eingeteilt. Verschiedene Kernaussagen des vorliegenden Artikels werden in der Stuttgarter Studie bestätigt. Hierzu gehört die Feststellung, dass die Schaffung von Kosten- und Energietransparenz Energiedaten auf Produkt ebene erfordert. Außerdem wird die Vernetzung von Energiedaten mit der Produktionsplanung und -steuerung als eine essentielle Voraussetzung für ein effektives Energiemanagement beschrieben. Der prinzipielle Ansatz der Ausführungen im Abschnitt „Energiesensitive Produktionsplanung“ entspricht der Grundidee des Use Cases 7. Parallelen findet man in der Studie auch zu den anderen Use Cases.

In einem Überblicksartikel über IT-gestütztes Energiemanagement (Kals & Würtenberger, 2012) wird eine hierarchische Einteilung von Lösungen für Energiemanagement vorgeschlagen. Auf der untersten Ebene sind technischen Detaillösungen angesiedelt, gefolgt von funktionsbezogenen IT-Lösungen (zum Beispiel Facility-Management-Lösungen), funktionsübergreifende IT-Lösungen (insbesondere ERP-Systeme) bis zu Business-Intelligence-Lösungen auf der obersten Ebene. Auf die Frage der notwendigen Gesamtintegration der Einzellösungen aller vier Ebenen wird im Artikel nicht eingegangen. ERP-Systeme können insbesondere bezüglich dieses Integrationsbedarfs für Energiemanagement eine Sonderrolle einnehmen. Sie sind originär dafür geschaffen, für eine datentechnische Vernetzung und Integration in einem Unternehmen zu sorgen.

Der Konferenzartikel des Chemnitzer Fraunhofer Instituts IWU (Franz, et al., 2017) analysiert die Energiemanagement Aufgaben, die in den Feldern Produktionsmanagement, Infrastruktur- und Gebäudemanagement der Automotive Industrie anfallen und leitet davon die funktionalen Anforderungen an EMS ab. Um zu den für die Funktionen notwendigen umfassend vernetzten Daten zu gelangen, wird als allgemeiner Integrationsansatz das Konzept einer „Linked Factory“ vorgeschlagen.

Das Konzept einer als „Factory Automation Energy Solution“ – kurz „e&eco-F@ctory“ - bezeichneten Lösung von Mitsubishi wird in (Makita, Shida, & Nozue, 2012) vorgestellt. Die Lösung wird als zentraler Bestandteil von sogenannten „Factory Energy Management Systems (FEMS)“ positioniert, die auf Energieeinsparungen in der Produktion abzielen. FEMS adressieren sowohl das Produktionssystem als auch das „Utility System“ (d.h. Versorgungssystem als Teil der Fabrikinfrastruktur). Von „e&eco-F@ctory“ werden Energieeinsparungen erreicht indem Energieverschwendungen im Produktionssystem durch die Verknüpfung von Produktions- und Energieinformationen erkannt und beseitigt werden. Der grundlegende Ansatz der Verknüpfung dieser beiden Informationsarten ist auch in unserem Projekt die Ausgangsbasis. Allerdings werden beim Mitsubishi Ansatz die Daten nicht in einem zentralen ERP-System zusammengeführt, sondern separat in einem EMS-Daten und einem MES-Daten verwaltet und durch integrierte Auswertemechanismen zusammengeführt.

5 Zusammenfassung und Ausblick

ERP-Systeme verfolgen seit jeher das Ziel abwicklungsorientierte Unternehmensdaten zentral zu sammeln, um sie zur Erledigung vielfältiger Aufgabenstellungen zu nutzen. Energiedaten spielen bisher bei der Mehrzahl heutiger ERP-Systeme nur eine untergeordnete Rolle. Aber gerade ERP-Systeme sind dafür prädestiniert, Unternehmensdaten mit Energiedaten zu verknüpfen, um für Transparenz über Energieströme im Unternehmen zu sorgen und damit eine Voraussetzung für ein zeitgemäßes Energiemanagement zu schaffen. Die Verknüpfung der Daten ermöglicht neben der Unterstützung neuer Energiemanagement-Funktionen aber auch die Erweiterung bestehender ERP-Anwendungsfunktionen um die Bezugsgröße Energie auf verschiedenen Verdichtungsstufen. Die im vorliegenden Artikel beschriebenen Use Cases liefern hierzu Beispiele. ERP-Hersteller sind aufgefordert, sich diesen Chancen zu widmen.

Neben der Durchführung weiterer Expertenbefragungen zur Wichtigkeit der Use Cases und zum Demonstrator mit seinen neuen Anwendermasken bei abas Anwenderunternehmen soll der Prototyp verbessert werden. Die Planung sieht eine Migration der aktuellen FTP-basierten Datenschnittstelle auf ein REST API vor. In diesem Zusammenhang gibt es Überlegungen, das Schnittstellenkonzept des ENIT Agent zu erweitern, um angekoppelten Systemen bedarfsspezifische Energieverbrauchsabfragen zu ermöglichen. Dadurch könnte zukünftig die auf den BDE-Daten basierende Ermittlung auftragsbezogener Stromverbräuche entfallen. Die benötigten Verbrauchsdaten für auftragsbezogene Zeitintervalle müssten lediglich vom abas-ERP-System abgefragt werden. Bezuglich einer solchen abfrageorientierten Schnittstelle fehlt es derzeit jedoch noch an entsprechenden Standardisierungsaktivitäten bei den Herstellern. Für die mittelfristig geplante Erweiterung des Demonstrators zur Veranschaulichung einer energiebedarfsoptimierten Produktionsplanung (Use Case 6) soll das APS-System (Advanced Planning und Scheduling) zum Einsatz kommen. Das APS-System ist eine Ergänzungslösung für abas ERP, die auf komplexe Planungs- und Simulationsaufgaben spezialisiert ist und von Kunden vor allem zur Feinplanung der Produktion genutzt wird (abas Software AG, 2018). Es ist beabsichtigt, den um abas APS erweiterten Demonstrator unter anderem zur Erprobung des von uns entwickelten Verfahrens für eine energiebedarfsoptimierte Maschinenbelegungsplanung (Thimm H., Kaymakci, Tanik, & André, 2017) zu verwenden.

Literaturverzeichnis

- abas Software AG. (2018). *Fertigungssteuerung und Feinplanung*. Abgerufen am 23. 02 2018 von <https://abas-erp.com/de/fertigungssteuerung-und-feinplanung>
- BMU. (2012). *Energiemanagementsysteme in der Praxis, ISO 50001: Leitfaden für Unternehmen u. Organisationen*. Bundesmin. f. Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Berlin: Umweltbundesamt.
- DIN EN ISO. (2011). Energiemanagementsysteme - Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung (ISO 50001:2011). Deutsches Institut für Normung.
- ENIT. (Januar 2018). ENERGIE-MONITORING. Abgerufen am 21. 02 2018 von <https://www.enit-systems.com/de/energie-monitoring/>

- Franz, E., Erler, F., Langer, T., Schlegel, A., Stoldt, J., Richter, M., & Putz, M. (2017). Requirements and tasks for active energy management systems in automotive industry. Proc. 14th Global Conf. on Sustainable Manufacturing, Stellenbosch, South Africa, pp. 175-182. doi:10.1016/j.promfg.2017.02.0
- Kals, J., & Würtenberger, K. (06 2012). IT-gestütztes Energiemanagement. HDM 285, S. 73-82.
- Kaymakci, C.-O. (2017). Anwendungsszenarien zur Nutzung des abas ERP Systems in der Lernfabrik Pforzheim. Bachelor Thesis, Hochschule Pforzheim, Fakultät für Technik.
- Konradin Verlag. (2013). Retrieved 1 21, 2017, from http://www.abas-it.de/download/studien/erp-studien_de_2013.pdf
- Makita, H., Shida, Y., & Nozue, N. (2012). Factory Energy Management System Using Production Information. (M. Electric, Ed.) Mitsubishi Electric ADVANCE, pp. 7-11.
- Sauer, A., Weckmann, S., & Zimmermann, F. (2016). Softwarelösungen für das Energiemanagement von morgen Eine vergleichende Studie. Stuttgart: Universität Stuttgart, Institut für Energieeffizienz in der Produktion EEP. Abgerufen am 26. 04 2017 von <http://www.eep.uni-stuttgart.de/publikationen/studien/>
- Strempel, M. (2017). Integration von Energiemanagement in abas ERP – Schnittstellenentwicklung, Konzeption und Einschätzung von Anwendungs-fällen im Kontext der Lernfabrik an der Hochschule Pforzheim, Master Thesis Hochschule Pforzheim, Pforzheim.
- Thimm, H., Kaymakci, C. O., Tanik, M., & André, R. (2017, July). Energy Efficiency Enhanced Shop Floor Scheduling - Data Model and Flexible Optimization Heuristic. Proc. IEEE Int. Conf. Industrial Informatics, Emden, Germany, pp. 793-798.
- Thimm, H., Kaymakci, C., André, R., & Tanik, M. (2017). IS Nutzung für Energiemanagement in KMU Fertigungsunternehmen - Status Quo und Weiterentwicklungsaspekte. In K. Arndt, J. M. Gomez, V. Wohlgemut, S. Lehmann, & R. Pleshkanovska, Nachhaltige Betriebliche Umweltinformationssysteme, Konferenzband zu den 9. BUIS Tagen Universität Magdeburg (S. 75-85). Springer Verlag.
- VDI. (2016). Richtlinie 5600 - Manufacturing Execution Systems / Fertigungsmanagementsysteme. Verband Deutscher Ingenieure.
- Vogel-Heuser, B., Kegel, G., Bender, K., & Wucherer, K. (2009). Global Information Architecture for Industrial Automation. atp-edition, Automatisierungstechnische Praxis, 51, pp. 107-115.

Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Heiko Thimm
Hochschule Pforzheim
Tiefenbronner Str. 65, 75175 Pforzheim
T +49 (0)7231/28-6451, heiko.thimm(at)hs-pforzheim.de

Maximilian Strempel
abas GmbH & Co. KG
Gartenstraße 67, 76135 Karlsruhe
Maximilian.Strempel@abas.de

Reinhard André
abas Software AG
Gartenstraße 67, 76135 Karlsruhe
Reinhard.Andre@abas.de

Simulation vertikaler Integration: Vom Top-Floor zum Shop-Floor und zurück

Carlo Simon, Stefan Haag

Zusammenfassung

Neben der horizontalen Integration, unter der man die Verschmelzung von Prozessen über Unternehmensgrenzen hinweg versteht, ist die vertikale Integration ein zentrales Thema der Digitalisierung, das unter dem Begriff Industrie 4.0 diskutiert wird. Hierunter versteht man das Herunterbrechen von Aufträgen bis in die Produktion mit dem Ziel kundenindividueller Fertigung in Losgröße 1. Die hohe Komplexität der damit verbundenen Abläufe zu erfassen und zu simulieren ist Forschungsgegenstand der Wirtschaftsinformatik.

Es wird eine webbasierte Spezifikations- und Simulationsumgebung vorgestellt, die aufgrund des zugrundeliegenden generischen Petri-Netz-Ansatzes Abstraktionen auf allen Ebenen vom Top-Floor bis zum Shop-Floor ermöglicht. Hierdurch lassen sich Produkt- und Prozessinformationen zwischen den Ebenen austauschen und es kann ein digitaler Zwilling des Unternehmens, seiner Werkstücke und der Informationsflüsse modelliert werden.

Mithilfe einer Schnittstelle zum Im- und Export von Produktivdaten können im Modell Optimierungen gefunden werden, ohne in die laufende Fertigung einzugreifen. Durch die Bereitstellung von individuellen Kundenbestellungen über diese Datenschnittstelle und aufgrund der Petri-Netz-Schaltregeln mit ihrer formal definierten Basis ist es zudem möglich, auch direkt in die Steuerung der Abläufe einzugreifen. So können die Sensoren und Aktoren einer Fertigungsumgebung auf einem Raspberry Pi direkt mit dem Simulator gekoppelt werden. Die Lauffähigkeit auf kostengünstiger Hardware ermöglicht es damit auch KMUs mit begrenztem Budget, den möglichen Nutzen einer vertikalen Integration ins Auge zu fassen.

1 Herausforderung: Digitaler Zwilling

Informationstechnologien verändern unser Leben und insbesondere den industriellen Sektor derart stark, dass man von einer neuen industriellen Revolution spricht, die zu disruptiven Veränderungen führt. Als Grund hierfür wird die zunehmende Digitalisierung gesehen. Hierunter versteht man die Aufbereitung von Information, um sie mit Hilfe von Computern speichern, durchsuchen und bearbeiten zu können [He2016]. Entscheidend sind hierbei die Algorithmen elektronischer Assistenzsysteme. Dies gilt insbesondere im industriellen Kontext und wird dort als digitale Transformation oder Industrie 4.0 bezeichnet.

Damit ein technisches System, etwa die Fabrik der Zukunft, smart auf seine Umwelt reagieren kann, muss es über ein elektronisches Abbild seiner Umwelt verfügen. Ist dieses Abbild ganzheitlich und umfasst alle Abstraktionsebenen betriebswirtschaftlichen und produktiven Handelns, spricht man von einem digitalen Zwilling. Grundsätzlich repräsentieren digitale Zwillinge physische Objekte oder auch nicht-physische Dinge der realen Welt, wobei es unerheblich ist, ob dieses reale Gegenstück schon existiert oder erst existieren wird. So kann eine Produktionsanlage bereits in der Planung einen digitalen Zwilling besitzen, der die zentralen Eigenschaften dieser Anlage beschreibt. Und mit der gleichen Technik können für

ein Werkstück in der Fertigung alle momentanen und künftigen Eigenschaften beschrieben werden. Zentral ist hierbei, dass nicht nur verschiedene Informationen der abgebildeten Realität, sondern auch Verhalten durch Algorithmen repräsentiert werden können. Dabei soll sich der digitale Zwilling, wenn er mit realen Daten ausgeführt wird, wie sein reales Gegenstück verhalten [Ku2017].

Hierdurch kann man mit digitalen Zwillingen die Herstellung von Produkten planen, indem alle Produktionsschritte der Fertigungsline virtuell erprobt und optimiert werden [Ka2015]. Verfügen der digitale Zwilling der Fertigungsline und der des Werkstücks über eine gemeinsame Schnittstelle, so kann auch deren Wechselwirkung beschrieben werden. Dies setzt aber zumindest eine zueinander kompatible Spezifikation voraus.

Die sich hieraus ergebenden Herausforderungen verdeutlicht die Automatisierungspyramide aus Abbildung 1 mit den Informationssystemen vom Top-Floor (also den durch ein ERP-System automatisierten Geschäftsprozessen) zum Shop-Floor (also den IT-Systemen zur Steuerung der Maschinen in der Produktion), da sich deren Fachkonzepte hinsichtlich Sprache, Aussagekraft und dem Grad ihrer formalen Spezifikation unterscheiden:

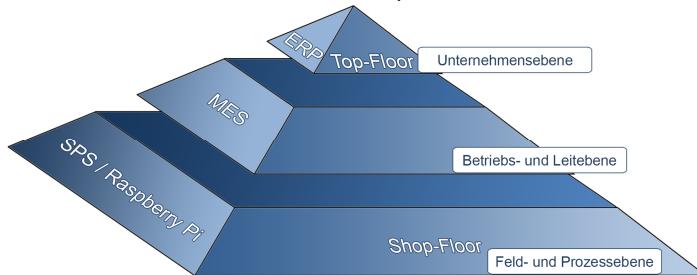


Abbildung 1: Automatisierungspyramide in Anlehnung an [MePoMe2017, S.6]

Auf der Unternehmensebene werden Geschäftsprozesse derzeit oft mit BPMN modelliert, wofür es aber keine formal definierte Semantik gibt. Auf Betriebs- und Leitebene werden Wertstromdiagramme und noch immer Flussdiagramme verwendet, insbesondere in der Fertigungsindustrie. Auch für diese gibt es keine formale Semantik. Auf der Feld- und Prozessebene finden schließlich bei der Nutzung von SPSen Ladder Diagramme als Programmiersprache ihre Anwendung, bei Mikrocomputern (etwa einem Raspberry Pi) wird oft direkt in einer Programmiersprache wie C oder C++ codiert. Hierbei ist jeweils die Ausführungssemantik definiert.

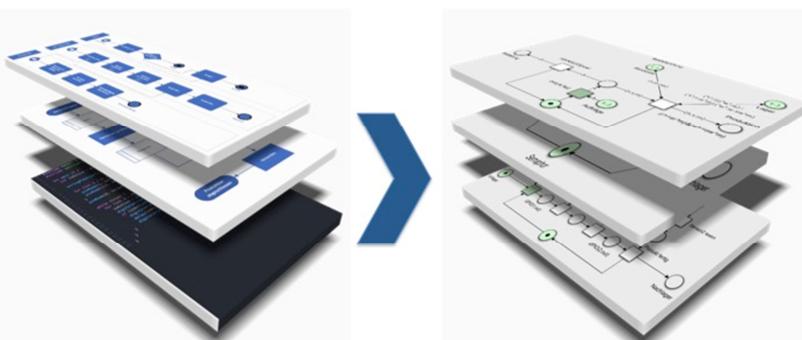


Abbildung 2: Übergang von heterogenen Beschreibungssprachen in der Automatisierungspyramide zu einer monoparadigmatischen Beschreibung mit Petri-Netzen

Hieraus ergibt sich, wie in Abbildung 2 veranschaulicht, das Ziel, heterogene Fachkonzepte der Automatisierungspyramide zu überwinden, um ganzheitliche digitale Zwillinge zu entwickeln. Verfolgt wird dabei ein monoparadigmatischer Ansatz auf Basis von Petri-Netzen, die seit mehr als 50 Jahren erforscht werden und semantisch eindeutig definiert sind [Re2010]. Im Sinne der angewandten Wissenschaften wird ferner eine webbasierte Modellierungs- und Ausführungssoftware als Teil des Vorhabens entwickelt. Im Folgenden wird deren Entwicklungsstand dokumentiert, der dem gestaltungsorientierten Ansatz des Design Science Research folgt [Hev+2004].

2 Forschungsmethode

Nach [Hev+2004] gibt es sieben Guidelines bezüglich des Design Science Research. Im Folgenden werden diese kurz genannt und ihre Umsetzung erklärt:

- *Design as an Artifact*: Der Design Science Research Prozess muss ein realisierbares Artefakt erzeugen. Vorliegend ist dies eine prototypisch implementierte, webbasierte Spezifikations-, Simulations- und Steuerungsumgebung.
- *Problem Relevance*: Das Ziel ist die Entwicklung einer auf Technik und/oder Methodik basierenden Lösung eines bedeutenden und einschlägigen Problems. Das vorgestellte Artefakt erlaubt neben der Simulation von Geschäftsprozessen anhand von Realdaten auch deren Optimierung und Steuerung.
- *Design Evaluation*: Das vorgestellte Werkzeug wird bereits in Unternehmen angewandt, so dass Rückmeldungen aus der betrieblichen Praxis evaluiert werden können. Der Steuerungsteil wird in der Lehre genutzt und durch Rückmeldungen studentischer Anwender auf einen betrieblichen Einsatz vorbereitet.
- *Research Contributions*: Der Beitrag besteht in der Schaffung einer praktischen Anwendung auf der theoretischen Basis der Petri-Netz-Theorie.
- *Research Rigor*: Neben den in Lehrveranstaltungen erarbeiteten Vergleichen mit anderen Simulationsmöglichkeiten wird ein Fokus auf die Evaluierung im betrieblichen Umfeld gerichtet.
- *Design as a Search Process*: Der vorliegende Prototyp ist der aktuellste einer Reihe, die von der ersten Umsetzung der zugrundeliegenden Prinzipien ausgeht und in einem Produktivsystem münden soll.
- *Communication of Research*: Aufgrund der hohen Abstraktionsfähigkeit der zu Grunde liegenden Theorie wie auch der Nutzerschnittstelle lässt sich die Darstellung der Umgebung und mit ihrer Hilfe erarbeiteter Ergebnisse leicht an verschiedene Nutzergruppen anpassen.

3 Fachkonzept auf der Unternehmensebene

Bis heute ist die Architektur Integrierter Informationssysteme (ARIS, Abbildung 3) ein stimmiger Bezugsrahmen für die unterschiedlichen Fachkonzepte, die zur Beschreibung eines Unternehmens aus Sicht der Informationssysteme zur Anwendung kommen. Zentrale Rolle spielen hierbei die Prozesse, durch die Daten eines Unternehmens mit seinen betrieblichen

Funktionen verknüpft werden. Verantwortlichkeiten und die Spezifikation relevanter Ausgaben bedaten vervollständigen dieses Konzept.

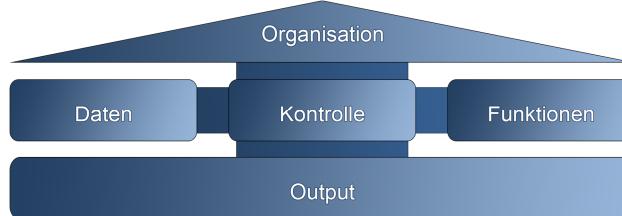


Abbildung 3: Architektur Integrierter Informationssysteme (ARIS) nach [Sch1997]

Es gibt zahlreiche Ansätze, Geschäftsprozesse mit Hilfe von Petri-Netzen zu modellieren, wobei insbesondere Workflow-Netze zu nennen sind [AaHe2002]. Besondere Transitionen vereinfachen hier die Oder-Synchronisation von Abläufen. Allerdings sind die resultierenden Modelle hinsichtlich ihrer Ausführungssemantik nicht unproblematisch, so wie bei vergleichbaren Konzepten anderer Modellierungssprachen. „Klassische“ Petri-Netze lassen sich eindeutig interpretieren und können daher als Grundlage einer automatischen Workflow-Ausführung dienen - bei höherer Komplexität der entstehenden Modelle.

Entscheidend für die Verwendung von Petri-Netzen zur Modellierung von Prozessen auf Unternehmensebene sind aber unterscheidbare Marken. Hier kennt man Prädikat-Transitions-Netze (PrT-Netze) nach [GeLa1981] und Coloured Petri-Nets nach [Je1992]. Die mögliche Verwendung letzterer Netze zur Modellierung von Geschäftsprozessen wird zum Beispiel in [AaSt2011] beschrieben.

In PrT-Netzen sind Stellen typisiert und mit passenden Tupeln markiert. Sie entsprechen Tabellen einer Datenbank und die Tupel deren Datensätzen. So lassen sich Stellen mit einer Datenbank verbinden oder über eine CSV-Schnittstelle mit Realdaten füllen.

In dem vorgestellten Vorhaben wurde hierzu eine webbasierte Umgebung entwickelt. Durch eigene Datentypen und Funktionen können komplexe Prozessschritte kompakt als Petri-Netz ausgedrückt werden. Eine Anwendung ist ein Freigabeprozess für Aufträge, falls alle benötigen Materialien auf Lager sind. Andernfalls wird voll automatisch ein Bestellvorgang ausgelöst. Abbildung 4 und 5 zeigen Modell und Spezifikation.

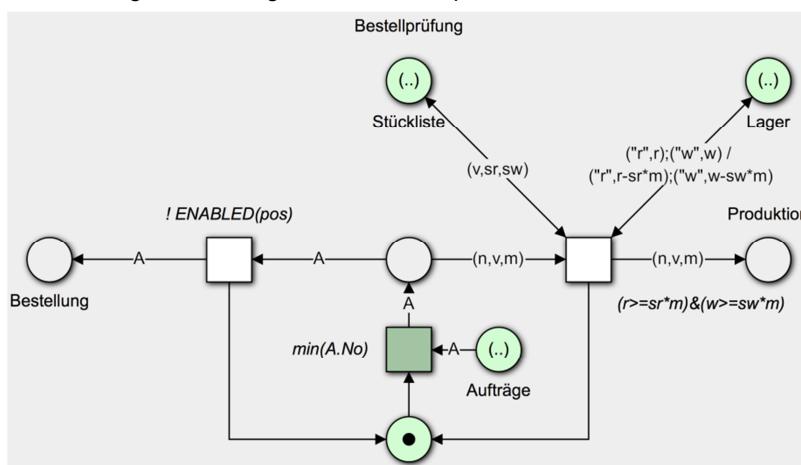


Abbildung 4: Prozess zur Freigabe von Aufträgen für die Produktion bzw. für Nachbestellungen

```

N EbeneERP (label='Bestellprüfung', layout=false, border=20) {
  R RAuftrag ( % Auftrags-Daten, auch für Bestellung und Produktion
    No : int,           % Nummer
    Var : char,         % Produktvariante
    Menge : int         % Anzahl Produkte
  );
  P auf (col=5, row=4, label='Aufträge', type=RAuftrag);
  M auf='(1,"rwr",25);(2,"rwr",15);(3,"rwr",25);(4,"wr",25);(5,"wr",5)';
  P bes (col=0, row=3, label='Bestellung', type=RAuftrag);
  P prod (col=8, row=3, label='Produktion', rly=-32, type=RAuftrag);

  R RLager ( % Lagerbestand
    Teil : char,       % "r" oder "w" für Teile
    Anz : int          % Lagerbestand
  );
  P lag (col=8, row=1, label='Lager', type=RLager);
  M (lag='("r",200);("w",80'));

  R RStueckliste ( % Stückliste je Produktvariante
    Var : char,         % Produktvariante
    sr : int,            % Benötige Stücke "r"
    sw : int             % Benötige Stücke "w"
  );
  P stk (col=4, row=1, label='Stückliste', type=RStueckliste);
  M (stk='("rwr",2,1);("wr", 1,1)');

  % Nächsten Auftrag auswählen
  P p0 (col=4, row=5, label='');
  M (p0=1);
  T sel (col=4, row=4, label='', rcx=-56, select='min(A.No)');
  P p1 (col=4, row=3, label='', type=RAuftrag);
  A (p0, sel);
  A (auf, sel, label='A');
  A (sel, p1, label='A');

  % Produzierbare Aufträge
  T pos (col=6, row=3, label='', rcx=80, rcy=32,
           condition='(r>=sr*m) & (w>=sw*m)');
  A (p1, pos, label='(n,v,m)');
  A (stk, pos, label='(v,sr,sw)');
  A (pos, stk, label='(v,sr,sw)');
  A (lag, pos, label='("r",r);("w",w)');
  A (pos, lag, label='("r",r-sr*m);("w",w-sw*m)');
  A (pos, prod, label='(n,v,m)');
  A (pos,p0, detour='6,5');

  % Restliche Aufträge
  T neg (col=2, row=3, label='', rcy=-32, condition='! ENABLED(pos)');
  A (p1, neg, label='A');
  A (neg, bes, label='A');
  A (neg, p0, detour='2,5');
}

```

Abbildung 5: Spezifikation zum Modell aus Abbildung 4

4 Fachkonzepte für die Betriebs- und Leitebene

Aus einer informationstechnischen Perspektive ähneln sich die Unternehmensebene und die Betriebs- und Leitebene. In beiden Fällen geht es darum, Aufträge abzuarbeiten. Doch wählt man unterschiedliche Methoden.

rend die Unternehmensebene die kaufmännischen Voraussetzungen schafft, um einen Auftrag bearbeiten zu können, geht es auf der Betriebsebene um das Einsteuern dieser Aufträge in die Produktion. Bei der Produktionsplanung steht damit das Scheduling von Aufträgen sowie das Zusammenfassen einzelner Aufträge zu Losen im Mittelpunkt.

Eine Methode, wie dieses Problem zu lösen ist, wurde bereits in [Si2017] und [Si2018] beschrieben. Zentral ist hierbei die Möglichkeit, die auf einer Stelle liegenden Token in einer Sequenz abarbeiten zu können. Vorbild hierfür ist die Möglichkeit, Datensätze einer Datenbank hinsichtlich einer Reihe von Attributen in auf- und absteigender Reihenfolge zu sortieren. Eine vergleichbare Aufgabe übernimmt das Transitions-Attribut `select` im Beispiel aus Abbildung 6 sowie dessen Umsetzung im Petri-Netz aus Abbildung 7.

```

N EbeneMES (label='Einsteuern', border=10) {
    R RAuftrag (
        aDate : datetime,
        varia : char,
        menge : int
    );

    P p0 (label='Vorlager', type=RAuftrag);
    P p1 (label='zuführen', type=RAuftrag);
    P p2 (label='bearbeiten', type=RAuftrag);
    P p3 (label='wegführen', type=RAuftrag);
    P p4 (label='Nachlager', type=RAuftrag);
    T t0 (label='', rcy=-32, select='min(A.aDate)');
    T t1 (label=''); T t2 (label=''); T t3 (label'');

    P sem (label='Semaphor');
    M (sem=1);

    A (p0, t0, label='A');
    A (t0, p1, label='A');
    A (p1, t1, label='A');
    A (t1, p2, label='A');
    A (p2, t2, label='A');
    A (t2, p3, label='A');
    A (p3, t3, label='A');
    A (t3, p4, label='A');

    A (sem, t0);
    A (t3, sem);

    M (p0='("2018.04.02T08:00:00","rwr",75);
          ("2018.04.02T12:00:00","rwr",15);
          ("2018.04.10T08:00:00","rwr",25);
          ("2018.04.01T08:00:00","wr", 25);
          ("2018.04.10T12:00:00","wr", 50)');
}

```

Abbildung 6: Spezifikation des Einsteuerns in die Produktion

Die aus der Unternehmensebene eingeplanten Aufträge werden im Beispiel der Reihe nach in die Produktion eingesteuert. Innerhalb der Produktion müssen die Werkstücke erst der Arbeitsstation zugeführt, dann bearbeitet und schließlich wieder weggeführt werden. Die eigentliche Ansteuerung der Maschine wird im folgenden Abschnitt beschrieben.

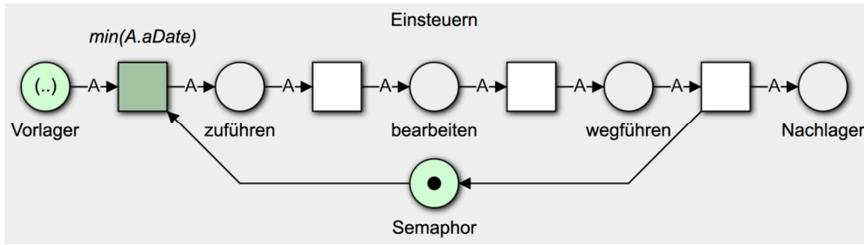


Abbildung 7: Petri-Netz-Modell zur Spezifikation aus Abbildung 6

5 Fachkonzepte auf der Feld- und Prozessebene

Möglichkeiten zur Verwendung von Petri-Netzen zur Steuerung von Maschinen und zur Anlagensteuerung haben eine lange Tradition (vgl. [Zu1980], [KoQu1988] oder [Ha1992]). Neben der Spezifikation und anschließenden Analyse des möglichen Verhaltens einer modellierten Anlage konnten Petri-Netze auch verwendet werden, um aus ihnen Code für SPSen zu generieren (vgl. [Br2000] und [Ra2001]).

Nachteil eines solchen Ansatzes ist, dass Anpassungen an der Maschine eine neuerliche Generierung erfordert. Dies ist angesichts der heutzutage gewünschten flexiblen Anpassungsfähigkeit von Maschinen an sich ändernden Kundenwünschen nicht immer sinnvoll. Eine interessante und kostengünstige Variante ist der Einsatz von Mikrocomputern wie einem Raspberry Pi, um Steuerungsaufgaben zu übernehmen. Ist auf dem Computer ein Webserver installiert, dann kann die hier vorgestellte Modellierungs- und Simulationsumgebung mit installiert werden. Durch eine Erweiterung, die einen Zugriff auf die GPIO-Schnittstelle ermöglicht, kann dann eine Produktionsanlage direkt aus dem Simulator heraus gesteuert werden.

Ausgangsbasis für eine solche Steuerung ist die Frage, wie die Aktoren (z.B. Motor oder Licht) und Sensoren (z.B. Taster oder Lichtsensor) der zu steuernden Strecke im Tool abzubilden und mit diesem zu verbinden sind: Für Aktoren bietet es sich an, diese mit einer Stelle zu repräsentieren, die mittels eines Attributs mit der passenden GPIO-Schnittstelle verbunden ist. Ist die Stelle markiert, dann ist der Aktor eingeschaltet, ansonsten ausgeschaltet. Handelt es sich um einen kontinuierlich ansteuerbaren Aktor (z.B. ein Motor, dessen Geschwindigkeit geregelt werden kann), so wird der Regler über den Tokenwert spezifiziert. Auch Sensoren lassen sich mittels einer Stelle repräsentieren und auch hier gibt ein Token auf der Stelle den Zustand des Sensors an, also ob der Sensor ein Signal liefert und im Falle eines kontinuierlichen Sensors dessen Wert. Zusätzlich zur GPIO-Schnittstelle ist in diesem Fall aber außerdem ein Abtastintervall zu spezifizieren, in dem der Sensorwert aktualisiert wird. Ferner darf auf solche Stellen durch Transitionen nur lesend zugegriffen werden ohne das Token zu löschen oder zu verändern.

Das Beispiel in Abbildung 8 verdeutlicht dieses Prinzip anhand eines Fließbands mit Bearbeitungsstation. Abbildung 9 zeigt das zugehörige Petri-Netz.

```

N EbeneSPS (label='Raspberry Pi', layout=false, border=20) {
P pV (col=0, row=3, label='Vorlager'); M (pV=1);
P pN (col=10, row=3, label='Nachlager');
P pSem (col=5, row=4, label=''); M (pSem=1);

P pS1 (col=5, row=1, GPIO_In='(12,100)');
P pS2 (col=1, row=0, GPIO_In='(11,100)', rlx=56);
P pMv (col=3, row=3, GPIO_Out='(1)');
P pMz (col=7, row=3, GPIO_Out='(2)');

T mv (col=2, row=3, label='Motor vor', rlx=40, rly=-28);
P p0 (col=2, row=1, label='');
T ts1 (col=4, row=1, label='Sensor1 lesen', rly=-32);
P p1 (col=4, row=2, label='');
T b (col=4, row=3, label='Bearbeiten', rlx=40, rly=-28);
P p2 (col=5, row=3, label='');
T mz (col=6, row=3, label='Motor zurück', rlx=40, rly=-28);
T ts2 (col=8, row=1, label='Sensor2 lesen', rly=-32);
P p3 (col=6, row=1, label='');
T pf (col=8, row=3, label='Produkt fertig', rlx=40, rly=-28);
P p4 (col=8, row=2, label='');

A (pV, mv);
A (mv, pS2, detour='1,2'); A (pS2, mv, detour='1,2');
A (mv, pMv); A (mv, p0); A (p0, ts1);
A (ts1, pS1); A (pS1, ts1);
A (ts1, p1); A (pMv, b); A (p1, b); A (b, p2); A (p2, mz);
A (mz, p3); A (mz, pMz); A (p3, ts2);
A (ts2, pS2, detour='8,0'); A (pS2, ts2, detour='8,0');
A (ts2, p4); A (p4, pf); A (pMz, pf);
A (pf, pN); A (pf, pSem, detour='8,4'); A (pSem, mv, detour='2,4');
}

```

Abbildung 8: Spezifikation des Raspberry Pi-Programms

Im Initialzustand wartet das Modell auf das Signal des Lichtsensors, der anzeigen, dass ein Werkstück auf das Fließband gekommen ist (GPIO-Schnittstelle 11). Der Input-Port wird im 100ms-Takt abgetastet. Kommt das Signal, wird das Fließband Richtung Arbeitsstation in Bewegung gesetzt, bis ein Signal bei Input-Port 12 detektiert wird. Nun kann die Bearbeitung folgen (die hier aus Platzgründen nicht im Detail gezeigt wird). Abschließend wird das Werkstück in entgegengesetzter Richtung wieder zum Ausgangspunkt bewegt.

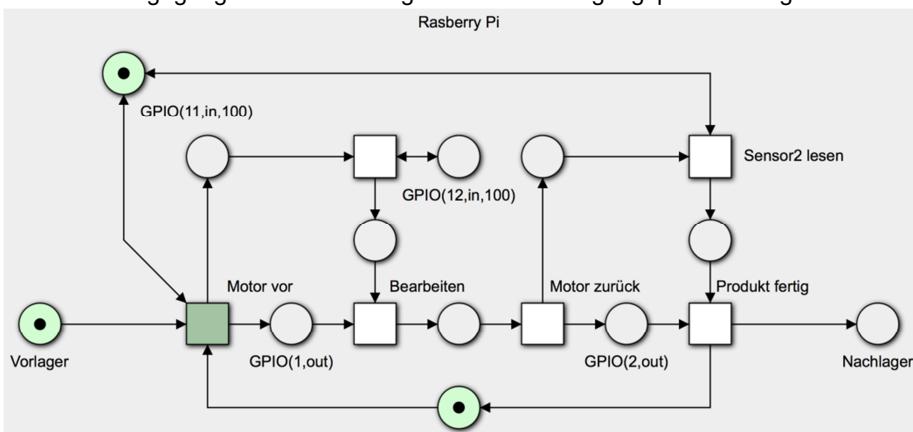


Abbildung 9: Petri-Netz-Modell zur Spezifikation aus Abbildung 8

6 Fazit und Ausblick

Die in diesem Beitrag vorgestellte integrierte Modellierungs- und Simulationsumgebung für Petri-Netze schafft einen monoparadigmatischen und homogenen Ansatz zur Simulation und Steuerung von Prozessen auf allen Ebenen der Automatisierungspyramide. Dabei wird das System im Rahmen von Beratungsprojekten bereits zur Optimierung von Abläufen in Handel und Logistik eingesetzt und derzeit werden in einem studentischen Projekt Produktionsprozesse modelliert, simuliert und auf dieser Basis optimiert. Die Umsetzung des Systems auf einem Mikrocomputer steht noch am Anfang, wird aber bereits jetzt im Rahmen einer Vorlesung eingesetzt.

Neben der kontinuierlichen Erweiterung der Sprachbasis kommen aufgrund der verbreiteten Nutzung des Systems neue Themenstellungen hinzu, insbesondere Aspekte der Sicherheit. Dabei sind unterschiedliche Themenstellungen relevant: So verlangen z.B. die GPIOs eines Raspberry Pi zur Steuerung Root-Rechte, die dann von Seiten des Tools abgesichert sein müssen. Ehe solche Themenstellungen aber adressiert werden können, muss das Tool um eine Nutzerverwaltung mit Zugriffsrechten erweitert werden, damit sicherheitsrelevante Informationen überhaupt geschützt werden können. Hier stehen daher nächste Arbeiten an. Insgesamt machen die hier vorgestellten Ergebnisse aber deutlich, dass das Ziel, einen integrierten digitalen Zwilling für die verschiedenen Ebenen der Automatisierungspyramide zu entwickeln, mit Hilfe von Petri-Netzen stimmig gelingen kann. Eine Simulation vertikaler Integration vom Top-Floor zum Shop-Floor und zurück ist bereits jetzt möglich.

Literaturverzeichnis

- [AaHe2002] van der Aalst, W.; van Hees, K.: Workflow Management – Models, Methods, and Systems. The MIT Press, 2002.
- [AaSt2011] van der Aalst, W.; Stahl, C.: Modeling Business Processes: A Petri Net-Oriented Approach. The MIT Press, 2011.
- [Br2000] Brand, A.: Generierung von SPS-Programmen aus Petri-Netzen. Diplomarbeit, Universität Koblenz-Landau, 2000.
- [GeLa1981] Genrich, H. J.; Lautenbach, K.: System Modelling with High-Level Petri Nets. Theoretical Computer Science, 13, 1981.
- [Ha1992] Jensen, K.: Coloured Petri-Nets. Springer, 1992.
- [He2016] Hess, T.: Digitalisierung. <http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/wienzyklopaedie/lexikon/technologien-methoden/Informatik--Grundlagen/digitalisierung/>, 2016.
- [Hev+2004] Hevner, A.R.; March, S. T.; Park, J.; Ram, S.: Design Science in Information Systems Research. MIS Quarterly, Vol. 28(1), S. 75-105, 2004.
- [Je1992] Hanisch, H.-M.: Petri-Netze in der Verfahrenstechnik. Oldenbourg, München, 1992.
- [Ku2017] Kuhn, T.: Digitaler Zwilling. <https://gi.de/informatiklexikon/digitaler-zwilling/>, 2017.
- [Ka2015] Kannwischer, M.: Interaktive Präzisionswerkzeuge für die effizientere Bearbeitung. Produktivitätsfortschritte durch Industrie 4.0, VDMA, 2015.

- [KoQu1988] König, R.; Quäck, L.: Petri-Netze in der Steuerungstechnik. VEB Verlag Technik, Berlin, 1988.
- [MePoMe2017] Meudt T.; Pohl, M.; Metternich, J.: Die Automatisierungspyramide - Ein Literaturüberblick. <http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/6298/>, 2017.
- [Ra2001] Raue, H.: Systematische Entwicklung einer Steuerung für eine Verpackungsmaschine. Diplomarbeit, Universität Koblenz-Landau, 2001.
- [Re2010] Reisig, W.: Petrinetze – Modellierungstechnik, Analysemethoden, Fallstudien. Vieweg-Teubner, 2010.
- [Sch1997] Scheer, A.-W.: Wirtschaftsinformatik: Referenzmodelle für industrielle Geschäftsprozesse. Springer, Berlin, 7. Aufl. 1997.
- [Si2017] Simon, C.: Eine Petri-Netz-Programmiersprache und Anwendungen in der Produktion. AKWI Tagungsband 2017, Barton, T., Herrmann, F., Meister, V. G., Müller, C. Seel, C. (Hrsg), S. 61-70, 2017.
- [Si2018] Simon, C.: Web-based Simulation of Production Schedules with High-level Petri Nets. Proceedings 32nd European Conference on Modeling and Simulation (ECMS), Wilhelmshaven, S. 275-281, 2018.
- [Zu1980] Zuse, K.: Petri-Netze aus der Sicht des Ingenieurs. Vieweg, Braunschweig, 1980.

Kontakt

Prof. Dr. Carlo Simon
 Hochschule Worms
 Erenburgerstraße 19, 67549 Worms
 T +49 6241 509-369, simon@hs-worms.de

Stefan Haag
 Hochschule Worms
 Erenburgerstraße 19, 67549 Worms
 T +49 6241 509-424, haag@hs-worms.de

Crowd-basierte Modellierung¹⁰ - Ein verteilter Ansatz zur Digitalisierung von Expertenwissen in Informationsmodellen

Daniel Hilpoltsteiner, Christian Seel, Julian Dörndorfer

Zusammenfassung

Zur Digitalisierung von Expertenwissen werden in Unternehmen häufig Modellierungssprachen genutzt. Die Notwendigkeit der Informationsmodellierung nimmt in Zeiten des digitalen Wandels zudem stetig zu. Kleinere und mittelgroße Unternehmen stehen jedoch vor der Problematik, nicht die nötigen Ressourcen zur Informationsmodellierung aufzubringen. Deshalb wird ein neuartiger Ansatz zur Modellierung des Expertenwissens mithilfe von Informationsmodell-Fragmenten vorgestellt und in den aktuellen Stand der Forschung eingeordnet. Dabei konstruieren die Mitarbeiter des Unternehmens (die Crowd) ihr Wissen verteilt in Fragmenten, welche später mithilfe eines Softwarewerkzeuges automatisiert zu vollständigen Informationsmodellen zusammengeführt werden. Zur Anwendbarkeit des Ansatzes wurden der derzeitige Stand der Digitalisierung sowie der Einsatz der Informationsmodellierung in den Unternehmen mithilfe eines Fragebogens aufgenommen. Anschließend wurden vier Unternehmen ausgewählt und mehrere Experteninterviews geführt, in denen positive wie auch negative Faktoren auf den Einsatz der Crowd-basierten Informationsmodellierung im Unternehmen beleuchtet wurden. In dieser Arbeit werden Vorteile der Crowd-basierten Informationsmodellierung für kleine und mittelgroße Unternehmen vorgestellt und auf positive wie auch negative Rahmenbedingungen eingegangen.

1 Einleitung

Die Informationsmodellierung hat sich in der Wirtschaftsinformatik als Standardbeschreibungsinstrument zur Digitalisierung von Expertenwissen etabliert und wird häufig zur Modellierung von Unternehmensdaten eingesetzt [Se10]. Durch die voranschreitende Digitalisierung und die dadurch resultierenden Veränderungen am Markt ist es notwendig die Informationsmodelle in der Aufbau- und Ablauforganisation der Unternehmen anzupassen, um konkurrenzfähig zu bleiben [Me17]. Dieser Trend wird sich in Zukunft noch verstärken und weitere Anpassungen an Geschäftsmodellen und Unternehmensabläufen hervorrufen [Ko16]. Große Unternehmen beschäftigen oft eigene Abteilungen mit der Konstruktion und Pflege von Informationsmodellen und Prozesslandschaften. Dabei wird zu Beginn ein Ist-Zustand erhoben, welcher iterativ zu einem optimalen Soll-Zustand weiterentwickelt wird. Andere Unternehmen überlassen externen Beratern die Modellierung des Ist-Zustandes und der Definition eines Soll-Zustandes. In beiden Fällen gestaltet sich eine zeitnahe Anpassung der Informationsmodelle eher schwierig und vor allem kostenintensiv. Auch kleinere und mittelgroße Unternehmen stehen hier vor Herausforderungen, da sie nur in den seltensten Fällen die personellen Kapazitäten zur Digitalisierung ihres Expertenwissens aufbringen können. Deshalb empfiehlt sich eine stärkere Einbindung aller Beschäftigten des Unterneh-

¹⁰ Im Rahmen des EFRE (Europäischer Fonds für regionale Entwicklung) geförderten Projekts „Intelligente Produktionssysteme“

mens in die Informationsmodellkonstruktion. Einen modernen und agilen Ansatz zur Informationsmodellkonstruktion kann dabei die Crowd-basierte Modellierung bilden, in der die Beschäftigten in den Fachabteilungen ihr Expertenwissen in Informationsmodell-Fragmenten pflegen. Fragmente können dabei als kleinere Bausteine eines Informationsmodells betrachtet werden. Vorteile birgt dieser Ansatz durch die Kombination des Wissens vieler einzelner Beschäftigter im Unternehmen und deren aktivem Mitwirken. Eine schnellere und realitätsnähere Abbildung der Informationsmodelle kann ermöglicht werden, da Änderungen an Abläufen direkt beim Mitarbeiter auftreten. Dadurch kann sich langfristig die Qualität der Informationsmodelle erhöhen. Auch kann eine bessere Akzeptanz im Vergleich zur Informationsmodellkonstruktion in einer separaten Fachabteilung erreicht werden, da sich die Mitarbeiter mit Abläufen identifizieren können. Das zeigt sich unter anderem am Beispiel von Unternehmensabläufen, da hier die betroffenen Mitarbeiter selbst in den Prozess der Modellkonstruktion integriert werden. In dieser Arbeit werden die folgenden Forschungsfragen genauer untersucht.

- RQ 1: Was versteht man unter Crowd-basierter Informationsmodellierung?
- RQ 2: Lässt sich die Crowd-basierte Informationsmodellierung auf kleine und mittelgroße Unternehmen anwenden?
- RQ 3: Welche Rahmenbedingungen können sich positiv oder negativ auf die Crowd-basierte Informationsmodellierung auswirken?

Im folgenden Abschnitt wird auf die gewählte Forschungsmethodik eingegangen. Im Anschluss wird das Konzept der Crowd-basierten Informationsmodellierung vorgestellt und in den Stand der Forschung eingeordnet. Nachfolgend werden die Ergebnisse aus der Erhebung des Fragebogens vorgestellt sowie die Ergebnisse aus verschiedenen Experteninterviews mit Mitarbeitern kleinerer und mittelgroßer Unternehmen präsentiert und bewertet.

2 Forschungsmethodik

Dem Design Science Ansatz nach HEVNER et al. folgend gibt es im Forschungsbereich der Informationssysteme die behavioristische und die konstruktionsorientierte Forschung, die komplementär zueinander sind [HC10].

In der behavioristischen Forschung stützt man sich auf die Bildung und Überprüfung von Theorien und Artefakten sowie das empirische Absichern daraus entstehender Hypothesen. In dieser Arbeit liegt der Fokus auf der Verdeutlichung der Problemrelevanz und der Vorstellung der Crowd-basierten Informationsmodellierung als Ansatz zur langfristigen Digitalisierung von Expertenwissen in Modellen.

Dazu stützt sich diese Arbeit auf eine empirische Untersuchung in Form eines quantitativen und eines qualitativen Ansatzes. Beim quantitativen Ansatz mithilfe des Fragebogens wurden verschiedene Informationen über die Unternehmen abgefragt. Dazu zählen allgemeine Unternehmensinformationen wie die Mitarbeiteranzahl, die Fertigung und die Branche. Weitere Fragen befassten sich mit der Selbsteinschätzung der Unternehmen in bestimmten Aufgabengebieten wie der Produktionslogistik, verwendeter Technologien sowie dem Digitalisierungsgrad. Zudem wurde die Ausprägung der Informationsmodellierung und deren Komplexität im Unternehmen abgefragt. Genauer wurden dabei die Durchgängigkeit der Informationsmodellierung, die Häufigkeit von Anpassungen an Modellen, aber auch Zugriffsmöglichkeiten der Mitarbeiter abgefragt. Darüber hinaus wurden Fragen nach verwen-

deten Modellierungssprachen und Tools sowie zuständigen Verantwortungsbereichen ge stellt.

Neben geschlossenen Fragen wurden teils auch halboffene und offene Fragen genutzt, um in bestimmten Bereichen tiefergehende Aussagen zu erhalten. Die Ergebnisse des Fragebogens dienen als erste Indikatoren und fließen in den strukturierten Gesprächsleitfaden für die Unternehmensbesuche mit ein. Unterstützt wird der quantitative Ansatz durch einen qualitativen Ansatz in Form von Experteninterviews mit Mitarbeitern aus vier kleinen und mittelgroßen Unternehmen des EFRE Projekts. In offenen Gesprächen mit Fachkräften sowie Vorarbeitern wurden mithilfe eines strukturierten Gesprächsleitfadens Erkenntnisse aus den Unternehmen dokumentiert. Dabei wurde zu Beginn die Thematik der Crowd-basierten Informationsmodellierung erläutert und die Funktionsweise dargelegt, um den Unternehmen den Ansatz vorzustellen. Anschließend wurden allgemeine Informationen zum Wissensmanagement und der Informationsmodellierung im Unternehmen abgefragt, da die Unternehmen möglicherweise von positiven, wie auch negativen Erfahrungen im Bereich der Wissensmanagementsysteme berichten können. Weitere Fragen bezogen sich auf konkrete Einsatzbereiche Crowd-basierter Informationsmodellierung im Unternehmen sowie darauf Einfluss nehmende Rahmenbedingungen. Die Crowd-basierte Informationsmodellierung ermöglicht zwar die ganzheitliche Abbildung der Unternehmensprozesse, allerdings eignen sich oft bestimmte Abteilungen aufgrund personeller Strukturen oder Arbeitsabläufen besser für einen Testlauf. Zu den Rahmenbedingungen wurde abgefragt, welche Faktoren sich aus Unternehmenssicht positiv oder negativ auf den langfristigen Erfolg der Crowd-basierten Informationsmodellierung auswirken können.

3 Einordnung der Crowd-basierten Informationsmodellierung

In diesem Abschnitt wird die Crowd-basierte Informationsmodellierung als agiler und verteilter Ansatz zur Informationsmodellkonstruktion über Fragmente vorgestellt und in den Stand der Forschung eingeordnet (*RQ1*). Der Ansatz kennzeichnet sich durch eine stärkere Integration der Mitarbeiter an der Informationsmodellkonstruktion zur gesamtheitlichen Abbildung der Aufbau- und Ablauforganisation im Unternehmen. Dabei stellt die Auslagerung der Informationsmodellkonstruktion durch einen offenen Aufruf an alle Mitarbeiter des Unternehmens eine Sonderform des Crowdsourcings dar. Crowdsourcing wurde von HOWE [Ho08] als Auslagerung bestimmter Aufgaben eines Unternehmens an eine undefinierte Masse an Menschen mittels eines offenen Aufrufs definiert. DURWARD et al. beschreiben „Crowd work“ als neue Organisationsform zwischen Markt und Hierarchie und unterteilen diese in drei verschiedene Kategorien. Eine dieser Kategorien wird als unternehmensinternes „Crowd work“ bezeichnet, da hierbei durch eine interne Plattform Aufgaben für die Masse der Mitarbeiter des Unternehmens bereitgestellt werden [DBL16]. Die Crowd-basierte Modellierung basiert ebenso auf einer internen Plattform, die eine Informationsmodellkonstruktion über Informationsmodell-Fragmente erlaubt. Dabei repräsentiert ein Fragment das Wissen eines Mitarbeiters über einen Unternehmensbereich. Diese Plattform ist dabei allen Mitarbeitern des Unternehmens zugänglich. Die später entwickelte Plattform in Form eines Softwarewerkzeuges soll dabei auf einem Open-Source Modellierungswerkzeug aufbauen und die Informationsmodellkonstruktion in BPMN 2.0 erlauben.

Laut AFUAH et al. lassen sich mindestens zwei verschiedene Crowdsourcing-Ansätze unterscheiden [AT12]. Dabei existiert der wettbewerbsbasierte Ansatz, in dem Teilnehmer der

Crowd ihre Aufgaben eigenständig bearbeiten. Im Gegensatz dazu werden im zusammenarbeitsbasierten Crowdsourcing gemeinschaftlich mit anderen Teilnehmern Lösungen erarbeitet. Anhand dieser Einordnung fällt die Crowd-basierte Modellierung unter das zusammenarbeitsbasierte Crowdsourcing, da Mitarbeiter sowohl an eigenen als auch an bestehenden Informationsmodell-Fragmenten arbeiten können.

Durch den Ansatz der Crowd-basierten Informationsmodellierung soll es ermöglicht werden, schneller eine initiale Erhebung der Unternehmensabläufe durchzuführen und flexibel auf Veränderungen in Unternehmensabläufen reagieren zu können. Vor allem bei kurzfristigen Veränderungen von Abläufen kann schnell durch die Mitarbeiter reagiert werden, da die Änderung des Ablaufs diese als erstes betrifft. Insgesamt kann die Crowd-basierte Informationsmodellierung daher als agiler Ansatz zur verteilten Modellierung der Unternehmensabläufe betrachtet werden. Daraus folgend soll auch eine höhere Identifikation der Mitarbeiter mit den Unternehmensabläufen einhergehen und langfristig die Qualität der Informationsmodelle im Unternehmen gesteigert werden. Der Vorteil der Crowd-basierten Informationsmodellierung ist dabei die kollektive Intelligenz der Mitarbeiter. Diese zeichnet sich laut SUROWICKI durch Aspekte wie Meinungsvielfalt, Unabhängigkeit und Dezentralität innerhalb einer Gruppe oder Crowd aus [Su04]. Laut SUROWIECKI entstehen die besten Entscheidungen nicht durch Konsens oder Kompromisse, sondern durch die Vielfalt von Sichtweisen aus der kollektiven Intelligenz auf eine konkrete Aufgabe.

Im Fokus der Crowd-basierten Informationsmodellierung steht dabei der Gedanke, dass jeder Mitarbeiter oder jede Abteilung ihr Wissen modelliert und die dadurch konstruierten Informationsmodell-Fragmente in ein vollständiges Informationsmodell zusammengeführt werden. Deshalb ist die Konstruktion Informationsmodelle aus den Informationsmodell-Fragmenten Bottom-Up orientiert [Sc10]. Es ist also lediglich die Komposition von Fragment zu Informationsmodell geplant, nicht jedoch die Dekomposition von Informationsmodellen zurück zu den Fragmenten. Die Komposition der Fragmente soll nicht manuell geschehen, sondern algorithmisch mithilfe eines Softwarewerkzeuges. Ein motivierendes Beispiel für die Crowd-basierte Modellierung im Allgemeinen ist die Erzeugung eines Organigramms des Unternehmens. Jeder Mitarbeiter des Unternehmens konstruiert ein Fragment mit den Informationen zu sich selbst und seinem direkten Vorgesetzten. Aus der Gesamtheit aller Informationen in den Informationsmodell-Fragmenten kann ohne großen Aufwand ein vollständiges Organigramm für das Unternehmen generiert werden.

Dieser Ansatz ist auf die Crowd-basierte Informationsmodellierung von Unternehmensabläufen übertragbar, indem durch Überlappung das vorhergehende und nachfolgende Element verknüpft wird. Aber auch andere Ansätze zur Komposition der Fragmente zu vollständigen Informationsmodellen können realisiert werden. Abbildung 1 zeigt eine grafische Repräsentation eines naiven Ansatzes der Modellkonstruktion über zwei Fragmente, welche zu einem Informationsmodell zusammengeführt werden. Der einfachste Weg einer Realisierung ist dabei die Definition der Fragmente in Form einer Single Entry – Single Exit (SESE) Struktur [VVL07]. Des Weiteren umfasst der naive Ansatz Überlappungen der Aufgaben in den Informationsmodell-Fragmenten (vgl. rote Schraffierung), wodurch die Reihenfolge der Fragmente im generierten Informationsmodell garantiert werden kann. Allerdings ist der Nachteil dieses Ansatzes die steigende Redundanz in den Informationsmodell-Fragmenten. Bei der Komposition der Fragmente werden unnötige Elemente wie das Start- und End-Event des zweiten Fragments entfernt. Zudem wird das redundante Element nur einmalig in das vollständig generierte Informationsmodell übernommen. Da aus der automatischen Generierung möglicherweise auch inkorrekte Modelle entstehen können, sollte das Ergebnis

zusätzlich noch von einem geschulten Mitarbeiter geprüft werden. Der geschulte Mitarbeiter könnte dabei zum Beispiel in der Qualitätssicherung tätig sein. Deshalb empfiehlt sich auch aus audit-relevanter Sicht die Nutzung eines Freigabe- und Versionierungssystems für die Informationsmodelle. In diesem Abschnitt der Arbeit wurde die erste Forschungsfrage zur Definition der Crowd-basierten Informationsmodellierung und deren Einordnung in den Stand der Forschung bearbeitet.

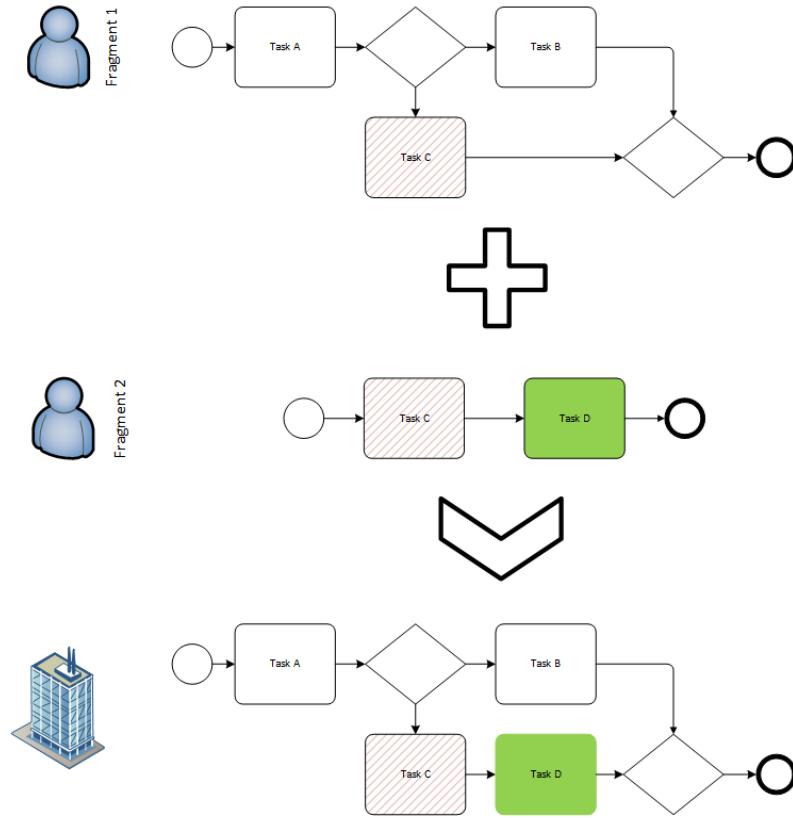


Abbildung 1: Generierung eines Informationsmodells aus zwei Informationsmodell-Fragmenten

4 Erkenntnisse aus der quantitativen Auswertung des Fragebogens

Im Rahmen des EFRE Projekts „Intelligente Produktionssysteme“ wurde unter anderem der Grad der Digitalisierung in den Unternehmen mithilfe eines Fragebogens aufgenommen. Verschickt wurde der Fragebogen dabei an 23 Unternehmen von denen sich 16 aus dem Schwerpunktgebiet Ost-Bayerns mit einem ausgefüllten Fragebogen zurückmeldeten. Dabei wurde ein Mangel hinsichtlich der Dokumentation von Unternehmensabläufen in der Aufbau- und Ablauforganisation der Unternehmen festgestellt. Als Auslöser dafür wurden unter anderem ein hoher Aufwand an Stammdatenpflege sowie Schnittstellenproblematiken aus technischer und organisatorischer Sicht angegeben. Die Mehrheit der befragten Unternehmen schätzt den derzeitigen Digitalisierungsgrad zudem als eher schwach ein, was sich laut

einer Studie der IHK auch auf andere Unternehmen in Deutschland übertragen lässt [DI17]. Positiv anzumerken ist dabei allerdings, dass viele Unternehmen die Notwendigkeit zur Digitalisierung erkannt haben und einige Unternehmen bereits gezielt Projekte zur Digitalisierung von Abläufen vorantreiben, um diese technologisch zu unterstützen. Auf Nachfrage ergab sich der höchste Digitalisierungsgrad in zertifizierten Unternehmensbereichen, da die Informationsmodelle zu den Unternehmensabläufen audit-relevant sind. Darüber hinaus gab nur etwa ein Drittel der teilnehmenden Unternehmen an, ihre unternehmensinternen Informationsmodelle zeitnah zu pflegen. Auffällig ist dabei, dass kaum ein Unternehmen die Informationsmodelle in einer standardisierten Modellierungssprache wie EPK (Ereignisgesteuerte Prozesskette), Petri-Netzen oder BPMN (Business Process Model and Notation) pflegt. Oft liegen die Informationsmodelle in reiner Textform vor oder werden mithilfe von Standard-Visio-Shapes grafisch unterstützt. Allgemein kann durch die Informationsmodellierung in Unternehmen bereits ein erster Schritt hin zur Digitalisierung gegangen werden. So können existierende Informationsmodelle genutzt werden, um Abläufe technologisch zu unterstützen und damit Abläufe besser gegen Fehler abzusichern. Um die Informationsmodellierung schnell in die Unternehmen zu bringen, lässt sich der Ansatz der Crowd-basierten Informationsmodellierung nutzen, da das Wissen über die Abläufe bereits in den Köpfen der Mitarbeiter gebunden ist. Durch die Konstruktion der Informationsmodelle durch die Mitarbeiter selbst in Form von Informationsmodell-Fragmenten, wird auch das Bewusstsein für die Unternehmensabläufe gestärkt. Davon profitieren vor allem kleine und mittelgroße Unternehmen, welche noch keine Informationsmodelle im Unternehmen einsetzen (RQ2). Ein weiteres Problem, welches der Fragebogen zutage geführt hat, ist der mangelnde Zugriff der Mitarbeiter auf Informationsmodelle im Unternehmen. Allerdings birgt der Zugriff auf Informationsmodelle der Unternehmensabläufe die Basis, um ein fehlerfreies Arbeiten zu gewährleisten. Auch an dieser Stelle profitieren Unternehmen von der Crowd-basierten Informationsmodellierung, da durch den offenen Aufruf alle Mitarbeiter Zugriff auf die Informationsmodelle im Unternehmen haben und diese falls nötig auch verbessern oder korrigieren können. Relevant ist der Zugriff auf Informationsmodelle im Unternehmen vor allem bei der Einarbeitung und Einweisung von neuen Mitarbeitern oder Zeitarbeitskräften. Ihnen kann damit ein Hilfsmittel an die Hand gegeben werden, um schnell Unternehmensabläufe anzuwenden und zu verstehen.

Anhand der erkannten Problematiken in den Unternehmen lässt sich feststellen, dass die Crowd-basierte Informationsmodellierung durchaus Vorteile im Vergleich zur aktuell im Unternehmen vorherrschenden Situation ergeben kann. Hinsichtlich der voranschreitenden Digitalisierung bietet der Ansatz eine Chance, da existierende Abläufe im Unternehmen formal definiert werden und spätere Anwendungen und Technologien darauf aufbauen können. Auch das Bewusstsein der Mitarbeiter für bestimmte Abläufe kann gestärkt werden, wenn diese von ihnen selbst dokumentiert werden. Auch eine schnellere Anpassung der Informationsmodelle kann sich als Vorteil erweisen, da agil auf Veränderungen der Unternehmensumwelt reagiert werden kann. Gerade kleinere und mittelgroße Unternehmen, welche nach den Erkenntnissen des Fragebogens einen geringen Digitalisierungsgrad aufweisen und ihre Unternehmensabläufe noch nicht in Informationsmodellen abbilden, können vom Ansatz der Crowd-basierten Informationsmodellierung profitieren (RQ2).

Aus den ersten Erkenntnissen des Fragebogens wurden vier kleine und mittelgroße Unternehmen aus dem EFRE Projekt ausgewählt, mit denen Experteninterviews geführt wurden.

5 Erkenntnisse aus den Experteninterviews

Um die Erkenntnisse aus dem Fragebogen zu konkretisieren wurden vier kleine und mittelgroße Unternehmen aus dem EFRE Projekt angefragt, ob diese einem Experteninterview und einer Besichtigung zustimmen. Vor Ort wurde mithilfe eines strukturierten Gesprächsleitfadens ein offenes Gespräch mit Fachkräften und Abteilungsleitern geführt. Im Speziellen zielt das Gespräch daraufhin ab, ob Informationssysteme zum Abbilden von Expertenwissen im Unternehmen etabliert sind und auf welche Unternehmensbereiche sich diese erstrecken. Hier wurde erneut deutlich, dass zertifizierte Unternehmensbereiche deutlich besser in Informationsmodellen abgebildet sind als andere. Als Hauptgrund wurde die audit-relevanz der Informationsmodelle in den Bereichen angegeben. Ebenso wurde näher auf bisherige Erfahrungen mit Wissensmanagementsystemen der besuchten Unternehmen eingegangen. Bei zwei der Unternehmen ist ein Wiki-basiertes Wissensmanagementsystem in Planung, wohingegen die anderen Unternehmen auf eine Ablage in Form eines virtuellen Laufwerks setzen. Leider konnten daraus keine relevanten Erkenntnisse in Hinsicht auf Erfolgsfaktoren und negative Faktoren gewonnen werden.

In der Literatur wurden negative Einflussfaktoren und Probleme bei der langfristigen Verwendung von Wissensmanagementsystemen bereits aufgezeigt. Dabei wurden Faktoren wie mangelnde Bereitschaft der Mitarbeiter zur Partizipation sowie mangelnden Willen zu Veränderungen im Unternehmen festgestellt [AP14], [Bü98]. AKHAVAN et al. beschreibt dabei noch weitere Faktoren für den Misserfolg von Wissensmanagementsystemen, wie zum Beispiel Fehler im Management und geringe Wertschätzung des Wissensmanagements durch die Unternehmensführung. Der Crowd-basierte Ansatz zur Informationsmodellierung fällt auch in die Kategorie des Wissensmanagements, da dabei das Wissen der Mitarbeiter mithilfe von Informationsmodelle beziehungsweise Informationsmodell-Fragmenten gesammelt und dokumentiert wird. Deshalb kämpft der Ansatz auch mit den Problematiken, welche bereits bei der Realisierung anderer Wissensmanagementsysteme aufgetreten sind.

In den Experteninterviews wurden positive wie auch negative Faktoren abgefragt, welche aus Unternehmenssicht die Crowd-basierte Informationsmodellierung beeinflussen können (RQ3). Dabei wurden einige der bereits in der Literatur vorgefundene negativen Faktoren bekräftigt. Zusätzliche Aspekte wie sprachliche Barrieren der Mitarbeiter, fehlendes Verständnis bei der Nutzung von digitalen Technologien sowie die Angst vor hierarchischer Diskriminierung, wurden angeführt. Sprachliche Barrieren wurden explizit benannt durch Lese-Rechtschreib-Schwäche und die Angst vor einer Diskriminierung, hervorgerufen durch fehlerhaft formulierte Teile von Informationsmodellen. Die hierarchische Diskriminierung wurde vor allem im Zusammenhang mit der Verbesserung oder Aktualisierung von Informationsmodellen angesprochen. Hier äußerten Mitarbeiter ihre Bedenken, dass möglicherweise einige Vorgesetzte keine Veränderungen wünschen. Mitarbeiter eines Unternehmens bewerteten generell die Informationsmodellierung als nicht notwendig, da diese nicht zur Wertschöpfung beiträgt. Dabei wurde festgestellt, dass die Mitarbeiter in diesem kleineren Unternehmen sehr stark auf die wertschöpfende Tätigkeit fokussiert sind und die Dokumentation ihres Wissens in Form von Informationsmodellen als Zeitverschwendungen ansehen.

Positive Rahmenbedingungen oder Einflüsse auf die Crowd-basierte Informationsmodellierung wurden in den Experteninterviews ebenso abgefragt. Diese sollen gewährleisten, dass Mitarbeiter auch langfristig für die Informationsmodellkonstruktion begeistert werden können. Hauptsächlich wurde hier angeführt, dass Mitarbeiter für die Informationsmodellkon-

struktion in irgendeiner Form gewürdigt werden wollen. Das führt zu dem Schluss, dass ein positiver Faktor für die Crowd-basierte Informationsmodellierung eine gelebte Unternehmenskultur ist, welche den Mitarbeitern die Informationsmodellkonstruktion aktiv vorlebt. Klar zu erkennen ist auch, dass die jüngeren Mitarbeiter dem Ansatz gegenüber offener sind und auch mehr eigene Ideen miteinbringen. Diese Erkenntnis lässt sich darauf zurückführen, dass viele jüngere Mitarbeiter auch sicherer im Umgang mit digitalen Systemen sind. Somit kann eine positive Rahmenbedingung der Crowd-basierten Informationsmodellierung ein junges Mitarbeiterteam sein. Generell steht und fällt der Ansatz mit dem Rückhalt und der Partizipation der Mitarbeiter. Dabei spielt die intrinsische Motivation der Mitarbeiter eine große Rolle. Zur intrinsischen Motivation wurden spezielle Themengebiete wie Verbesserung von Unternehmensabläufen mit Hinsicht auf Umweltschutz und Materialverschwendungen genannt. Gezielte Nachfragen nach monetärer Vergütung für nachweisbar gut gepflegte Informationsmodelle wurden sowohl von Mitarbeitern und Vorgesetzten als generell uninteressant bewertet. Besser bewertet wurden mögliche spielerische Elemente im Softwarewerkzeug, die einen Vergleich von Mitarbeitern oder Abteilungen zulassen. Beispielsweise können die Informationsmodelle durch die Zuordnung zu Abteilungen einen Wettbewerb hervorrufen, der sich insgesamt positiv auf die Qualität und Aktualität der Informationsmodelle auswirkt. Hervorgehoben wurde dabei die Transparenz und Nachvollziehbarkeit des Bewertungssystems.

Weiterhin ging aus den Interviews hervor, dass das System für die Mitarbeiter den größten Mehrwert bieten würde, wenn es sich nahtlos in den Arbeitsablauf integrieren lässt. Technologien wie Wearables, Sprachsteuerung oder Augmented-Reality könnten diese Integration ermöglichen. So könnten Abläufe mithilfe einer Sprachsteuerung in Kombination mit einer Augmented-Reality-Brille, welche Positionen und Objekte vermerkt, aufgenommen werden. Drei von vier Unternehmen zeigten tiefergehendes Interesse am vorgestellten Ansatz und erklärten sich bereit, an einer Evaluation eines Softwarewerkzeuges mitzuwirken.

6 Fazit

Die Crowd-basierte Informationsmodellierung stellt einen agilen Ansatz zur Digitalisierung von Expertenwissen in Unternehmen dar. Vor allem kleine und mittelgroße Unternehmen können hiervon profitieren, da das existierende Wissen der Mitarbeiter schnell in eine digitale Form übertragen werden können. Durch einen langfristigen Einsatz der Informationsmodellierung kann die Informationsmodellqualität gesteigert werden und diese entsprechen eher dem Ist-Zustand des Unternehmens. Allerdings haben nur die wenigsten Mitarbeiter Erfahrungen in der Informationsmodellkonstruktion und werden deshalb Probleme haben diese Aufgabe zu erfüllen. Deshalb müssen die Mitarbeiter befähigt werden, abstrakt ihre Arbeitsschritte zu erfassen und zu dokumentieren sowie Informationsmodelle in Fragmenten zu konstruieren. An dieser Stelle muss besonderer Wert auf die Konzeption und Entwicklung eines Softwarewerkzeuges gelegt werden, welches die Crowd-basierte Informationsmodellierung unterstützt. So sollte das Softwarewerkzeug für einen ungeschulten Mitarbeiter schnell erlernbar und einfach bedienbar sein. Zudem sollte es den Anwender proaktiv bei der Konstruktion von Informationsmodellen unterstützen und sich bestmöglich in den gewohnten Arbeitsablauf einfügen. Durch diverse Assistenzsysteme während der Modellkonstruktion sollen darüber hinaus Fehler verhindert werden. Da bei der Komposition von In-

formationsmodell-Fragmenten auch fehlerhafte Informationsmodelle auftreten können, ist es sinnvoll, ein Freigabe- und Versionierungssystem zu realisieren. Erfahrungen bei der Einführung und Pflege von Wissensmanagementsystemen haben gezeigt, dass verschiedene Faktoren Einfluss auf den Erfolg des Ansatzes haben können. Für diese gilt es Lösungen zu suchen, die sich für den Ansatz der Crowd-basierten Informationsmodellierung eignen und sich mit einem Softwarewerkzeug unterstützen lassen.

Die nächsten Schritte umfassen die prototypische Umsetzung eines Softwarewerkzeuges zur Crowd-basierten Informationsmodellierung. Der Fokus der Anwendung sollte in erster Linie auf der Zusammenführung von Fragmenten verschiedener Anwender liegen. Wie im letzten Kapitel gesehen, gibt es verschiedene positive als auch negative Einflüsse auf den Ansatz der Crowd-basierten Modellierung. Den größten Einfluss auf den Ansatz haben dabei die Motivation der Mitarbeiter und deren Partizipation. Deshalb muss zum Softwarewerkzeug die Informationsmodellkonstruktion proaktiv unterstützen und gleichzeitig für den Mitarbeiter motivierend wirken. Dazu gilt es zu untersuchen, inwiefern Lösungen aus dem Bereich der Gamification positiv Einfluss auf die langfristige Mitarbeitermotivation nehmen können.

Bibliography

- [AP14] Akhavan, P.; Pezeshkan, A.: Knowledge management critical failure factors. A multi-case study. In VINE, 2014, 44; pp. 22–41.
- [AT12] Afuah, A.; Tucci, C. L.: Crowdsourcing as a solution to distant search. In The Academy of Management review AMR, 2012, 37; pp. 355–375.
- [Bü98] Bürgel, H. D.: Wissensmanagement. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 1998.
- [DBL16] Durward, D.; Blohm, I.; Leimeister, J. M.: Crowd Work. In Business & Information Systems Engineering, 2016, 58; pp. 281–286.
- [DI17] DIHK: Wie schätzen die Unternehmen den Stand der Digitalisierung insgesamt ein? IHK-Unternehmensbarometer zur Digitalisierung, 2017.
- [HC10] Hevner, A. R.; Chatterjee, S.: Design Research in Information Systems Theory and Practice. In Integrated Series in Information Systems Volume 22, 2010.
- [Ho08] Howe, J.: Crowdsourcing. How the power of the crowd is driving the future of business. Crown Business, New York, 2008.
- [Ko16] Kollmann, T.: Deutschland 4.0. Wie die Digitale Transformation gelingt. Springer Gabler, Wiesbaden, 2016.
- [Me17] Mertens, P. et al.: Grundzüge der Wirtschaftsinformatik. Springer Gabler, Berlin, 2017.
- [Sc10] Schumm, D. et al.: Integrating Compliance into Business Processes: Process Fragments as Reusable Compliance Controls. In Universitätsverlag Göttingen, 2010.
- [Se10] Seel, C.: Reverse Method Engineering. In Wirtschaftsinformatik - Theorie und Anwendung, 2010, 20.
- [Su04] Surowiecki, J.: The wisdom of crowds. Why the many are smarter than the few and how collective wisdom shapes business, economies, societies, and nations. Doubleday, New York, NY, 2004.

- [VVL07] Vanhatalo, J.; Völzer, H.; Leymann, F.: Faster and More Focused Control-Flow Analysis for Business Process Models Through SESE Decomposition. In (Krämer, B. J.; Lin, K.-J.; Narasimhan, P. Eds.): Service-Oriented Computing – ICSOC 2007. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2007; pp. 43–55.

Kontakt

Daniel Hilpoltsteiner, Prof. Dr. Christian Seel, Julian Dörndorfer
Institut für Projektmanagement und Informationsmodellierung (IPIM)
Hochschule Landshut
Am Lurzenhof 1, 84036 Landshut
T.: +49 (0) 871 506 769, daniel.hilpoltsteiner@haw-landshut.de, christian.seel@haw-landshut.de, julian.doerndorfer@haw-landshut.de

Manufacturing-Execution-Systeme und Industrie 4.0 – Beispiele und Erfahrungen mit der Landschaft der SAP UA

Norbert Ketterer

Zusammenfassung

Seit relativ kurzer Zeit bietet die „SAP University Alliance“ die sogenannte „Industrie-4.0-Landschaft“ an. In diesem Artikel soll die Landschaft sowie auch die Erfahrungen die bisher mit dieser Landschaft gesammelt werden konnten, dargestellt werden. Dies beinhaltet insbesondere auch die Erfahrungen aus dem Blickwinkel des Einsatzes in der Lehre.

1 Fertigungssteuerung und Industrie 4.0

Laut [1] besteht eine Industrie-4.0-Plattform für die Fertigungssteuerung insbesondere aus Repräsentationen der Ressourcen/Arbeitsplätze mit deren Fähigkeiten sowie der Werkstücke mit deren Anforderungen an diese Fähigkeiten – dargestellt durch eine passende Ontologie. Durch Funktionen der Plattform kann dann geprüft werden, ob eine bestimmte Tätigkeit an einem Werkstück durch Agent A oder B durchgeführt wird, was einer physischen Zuweisung zu Ressource A oder B entspricht.

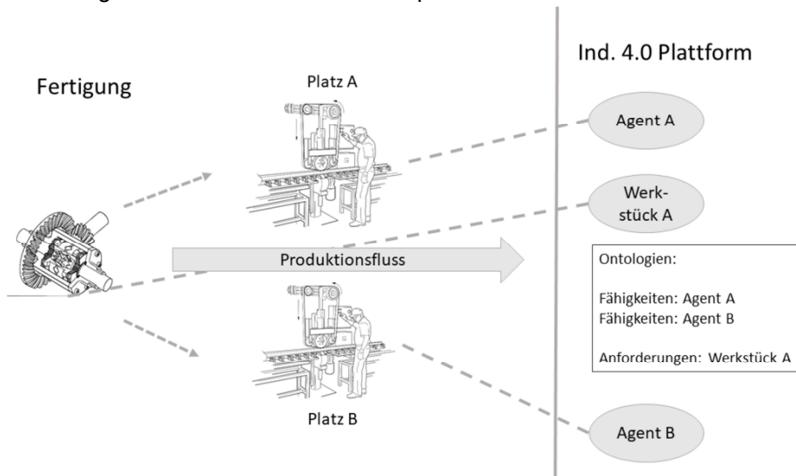


Abbildung 1: Fertigung und Repräsentation in Ind. 4.0 System in Anlehnung an [1]

Die Plattform der hier betrachteten Industrie-4.0-Landschaft fokussiert ebenfalls auf den Bereich der Fertigungssteuerung – sie besteht aus einem SAP-ERP-Systemen, einem SAP-ME/MII (Manufacturing Execution/Manufacturing Intelligence and Integration) sowie einem Kepware-Server zur Simulation der physischen Maschinen.

2 Wesentliche Prozesse des SAP-ME-Systems

Die Funktionsbereiche von SAP-ME/MII können – in Anlehnung an [2] - wie in Abbildung 2 dargestellt werden. SAP-ME/MII basiert ([2], S. 25 ff.) auf dem Java-Stack von Netweaver, MII dient dabei als Plattform für das ME und realisiert dabei auch die Integration des ERP-Systems mit SAP-ME mit Hilfe von IDOCs. Die Integration findet dabei in MII innerhalb der Komponente „MEINT“ statt, die eine eigene Datenbank zur Nachrichtenspeicherung verwendet. Darüber hinaus besitzt MII durch die Bereitstellung von OEE-Services die Möglichkeit, Monitoring Funktionen und Dashboards in quasi Realtime zu bereitzustellen. Die in ME anfallenden Daten (transaktionale- und Stammdaten) werden dagegen in der WIP-Datenbank gespeichert; aus dieser kann dann nach Bedarf die ODS-Datenbank befüllt werden, welche die Daten zu Analysezwecken längerfristig hält, aber aus der sie auch wieder extrahiert werden können – ähnlich typischen Data-Warehouse Architekturen. SAP-PCo dient – hier verbunden mit dem MII-System – dem Datenaustausch mit den Einheiten direkt auf der Produktionsebene.

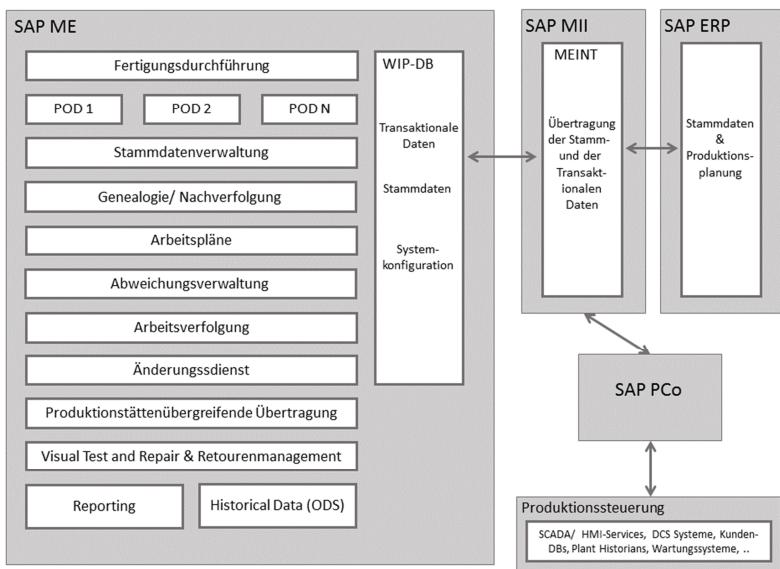


Abbildung 2: Funktionalitäten/ Prozesse des SAP-ME/ MII nach [2]

Die Darstellung zeigt die wesentlichen Funktionen des ME/MII Systems, etwa die „Genealogie/Nachverfolgung“, die „Reporting“-Funktionen sowie die „Arbeitsplanverwaltung“ und der „Änderungsdienst“. Ein Punkt, der in SAP-ME fehlt, ist eine Feinplanung der Aufträge – es ist eine Feinterminierung möglich, es fehlt jedoch eine Plantafel – sowohl eine graphische, als auch eine mengenorientierte Darstellung (etwa für eine Serienfertigung), wie sie beispielsweise in einfacher Form in SAP-ERP, und in umfangreicherer Form in der PPDS-Komponente von SAP-SCM zu finden ist. Eine direkte Interaktion des Werkers mit dem System findet über die PODs statt, diese können flexibel relevante Daten darstellen (etwa Vorgänge oder auch Einbauanleitungen) und können auch zur Dateneingabe verwendet werden – es existieren auch Touch-Versionen der PODs, die auf Touchscreens bedient werden können. Interessante Darstellungen der PODs (etwa mit Produktinformation und

Arbeitsanweisung) finden sich in [3] (S. 246 und 259). Das System besitzt somit nicht die in Abbildung 1 gezeigte Struktur.

3 Technische Randbedingungen der Industrie-4.0-Landschaft der SAP-UA

Als Umgebung auf dem PC wird die Nutzung von Internet Explorer, Flash-Player und Java (32-bit!) dringend empfohlen. Tests der übrigen gängigen Browser (Firefox, Chrome, Edge, Opera, Safari – letzteres auf einem Macbook) ergaben tatsächlich eine Reihe von Problemen für alle übrigen Browser: Problematisch ist beispielsweise der Aufruf des Line-Monitors in den meisten übrigen Browsern. Dies funktioniert neben IE nur noch in Safari. Dafür gibt es dort Probleme mit dem Aufruf der Arbeitsplanpflege (dies ist das Gleiche in Chrome) sowie mit einer korrekten Darstellung des Anwendungsmenüs. Soll wirklich kein Internet Explorer verwendet werden, wäre eine Kombination zwischen Safari und Firefox denkbar, da in Kombination hier alle getesteten Funktionen durchführbar sind. Edge, Opera und Puffin-Browser scheiden genauso aus, wie eine 64-bit-Java-Laufzeitumgebung. Hier besteht also noch Verbesserungspotential in der Modernisierung der Plattform des ME-Systems – es ist in der aktuellen Version Netweaver-Java basiert.

4 Prozesse der Standardfallstudie

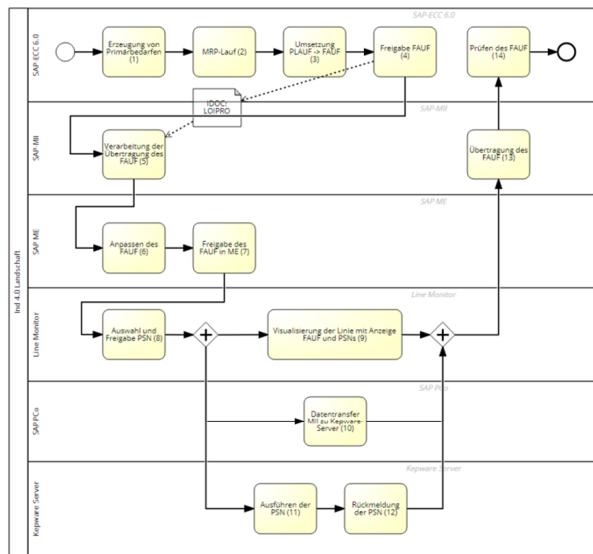


Abbildung 3: Prozesse der Standardfallstudie als BPMN-Diagramm – angelehnt an [4]

Für die Landschaft existiert eine Fallstudie, in der im Wesentlichen aus dem ERP-System heraus ein Fertigungsauftrag in das ME-System übertragen, dort in PSNs zerlegt, freigegeben und zurückgemeldet und visualisiert wird ([4], „Part 1“). Es wird auch ein Fall von „Nacharbeit“ betrachtet sowie eine Reihe von Reporting Möglichkeiten untersucht ([4], „Part

2“). Zusätzlich lassen sich aber auch eigene Prozesse im System abbilden, um eigene Fragestellungen zu untersuchen.

Der Standardablauf in der Fallstudie folgt dann den folgenden Schritten (Abbildung 3):

- Im ERP-System werden Fertigungsaufträge erzeugt und freigegeben (Schritte 1-4) – es wären hier auch weitere Aktivitäten denkbar; etwa eine Feinplanung in der graphischen Plantafel oder gar eine echte Sequenzoptimierung
- Nach der Freigabe wird der Fertigungsauftrag als IDOC an das MII System weitergegeben und von dort in das ME-System eingespielt (Schritt 5)
- In SAP-ME wird der Fertigungsauftrag bearbeitet und durch die Freigabe werden die einzelnen PSN, die diesem Auftrag zugeordnet sind, erzeugt (Schritte 6 und 7)
- Im Line-Monitor kann nun eine Ausführung der PSN auf der Produktionslinie angestossen und überwacht werden – es existieren hier Szenarien mit und ohne Nacharbeit (Schritte 8 und 9)
- Das PCo synchronisiert die Daten zwischen dem MII Line-Monitor und dem Kepware-Server (10)
- Der Kepware-Server startet nun die Operationen der SFCs einzeln (Schritt 11) und meldet sie auch zurück (Schritt 12) – dieses könnte auch manuell via POD durchgeführt werden
- Irgendwann ist der Auftrag beendet und der Fertigungsauftrag sollte dann auch im ERP-System korrekt rückgemeldet sein und kann dort geprüft werden (Schritt 14) – die Rückübertragung erfolgt via BAPI

Anzahl	Seriennummer	PSN	Freigegeben	Aktiviert
<input type="checkbox"/>	1	1202152	true	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	2	1202153	true	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	3	1202154	true	<input checked="" type="checkbox"/>

Abbildung 4: Beziehung Fertigungsauftrag zu PSN

Abbildung 4 zeigt ein Beispiel eines Fertigungsauftrags, der in PSNs heruntergebrochen wurde. Es ist auf PSN-Ebene eine 1-Stück-Produktion umsetzbar – eines der typischen Konzepte im Zusammenhang mit Industrie 4.0. Die Losgröße des Herunterbrechens kann über ein Feld des Materialstamms in ME gesteuert werden.

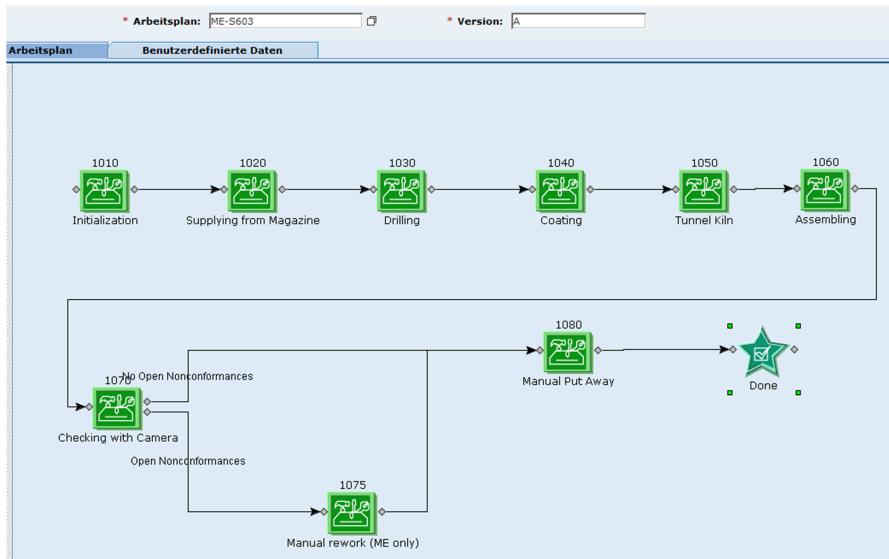


Abbildung 5: Arbeitsplan der Standardfallstudie

Es existiert in der Landschaft im ME-System ein eigener, lokaler Arbeitsplan – neben dem Arbeitsplan, der vom ERP-System übertragen wurde – siehe Abbildung 5. Wie zu erkennen ist, wird für den Schritt „Manual Rework“ in der Fallstudie die Möglichkeit einer bedingten Verzweigung genutzt. Generell sind hier die abbildbaren Strukturen hier flexibler, als im ERP-System - nicht nur alternative und parallele Arbeitsplanstrukturen.



Abbildung 6: Line-Monitor der Standardfallstudie

Wenn für die Fertigungsaufträge die PSNs erzeugt wurden, können diese gestartet werden, die Fallstudie verwendet hierzu hauptsächlich den Line-Monitor (Abbildung 6); in diesem werden für einen Fertigungsauftrag die PSNs ausgewählt und einzeln gestartet. Der Line-Monitor wird systemseitig regelmäßig aufgefrischt und somit sind die einzelnen PSNs in Ihrem Bearbeitungsstatus direkt visuell nachverfolgbar. Es ist zu beachten, dass der Line-Monitor nicht direkt Teil des ME-Systems ist, sondern über das MII (und zwar hier als Teil

der Komponente OEE) im Rahmen der Fallstudie hinzugefügt wurde. Dies führt allerdings auch zu einer gewissen Inflexibilität der Fallstudie, da eine bestimmte Linienstruktur und somit auch Arbeitsplanstruktur vorgegeben wird. Eigene Strukturen sind dann nicht über den Line Monitor start- und überwachbar, sondern es ist die Verwendung von PODs und Reports notwendig.

5 Integration in bestehende Fallstudien

Prinzipiell ist eine logische Integration in bestehende Fallstudien immer dann möglich und sinnvoll, wenn in Fallstudien Fertigungsaufträge erzeugt werden. Typische Schritte davor (etwa ein Produktionsprogramm, Bedarfsplanung, Einkauf, Wareneingänge) können weiterhin durchgeführt werden, bei Freigabe des Fertigungsauftrags kommt dann das ME-System ins Spiel – die Rückmeldung kann dann über das ME-System + Kepware-Server und PCo erfolgen, statt etwa manuell. Im einfachsten Fall kann der Wechsel simuliert werden: Es wird ein Fertigungsauftrag direkt manuell im ERP-System der Industrie-4.0-Landschaft erzeugt und dann dort durchgespielt.

Alternativ wäre auch denkbar, die eigene Fallstudie in ERP bezüglich der Linienstruktur an die Industrie-4.0-Landschaft anzupassen, und die eigene Fallstudie komplett dort durchzuführen. In diesem Fall wäre der Line-Monitor auch einsetzbar.

Wenn der Line-Monitor nicht genutzt werden muss, können auch eigene Arbeitsplanstrukturen abgebildet werden und über die Transaktion „POIM“ (Es handelt sich dabei um die Produktionsoptimiererschnittstelle des ERP-Systems.) in das ME-System übertragen werden. Dann können dort über die PODs die Rückmeldungen durchgeführt werden und etwa ganz individuelle Strukturen von Arbeitsplänen abgearbeitet werden (siehe hierzu auch Kapitel 6).

Theoretisch wäre auch eine Integration des ME-Systems mit der bestehenden ERP-, und eventuell sogar SCM-Landschaft denkbar. Hierzu müssten dann in ERP die Partnervereinbarungen in den ALE-Einstellungen gepflegt werden (Transaktionsbereich WEDI), allerdings auch im MII System, worauf nicht in jeder Lizenzvereinbarung Zugriff besteht.

6 Weitere mögliche Lehrinhalte

Über flexible Arbeitsplanstrukturen sowie einer direkten Interaktion mit dem System über die PODs lassen sich spezielle Fragestellungen der Fertigungssteuerung demonstrieren – die darstellbaren Szenarien machen die Vorgänge klarer, als dies in einem ERP-System erfolgen würde.

6.1 Queueing vor Maschinen

The screenshot shows the Production Operator Dashboard for Produktionsstätte 1202. The main area displays a table of PSNs (Materialkurztext) with their status (Status). A sidebar on the right contains icons for Starten, Abschließen, Arbeitsarwesung, Monitoren, and Datenfassungsliste. Below the main table is a 'Vorgangsliste' (Task List) showing the sequence of operations: Initialization, Supplying from magazine, Drilling, and Tempering. The 'Drilling' operation is currently active, indicated by a green checkmark.

Abbildung 7: PSNs ..95..96 in der Queue vor Vorgang 10 bzw. 20

In diesem Szenario wird demonstriert, wie sich Materialien (repräsentiert durch PSNs) vor den Maschinen sammeln. In Abbildung 7 ist zu erkennen, dass sich die PSNs in der Queue vor dem Vorgang „Supplying“ und dem Vorgang „Drilling“ befinden, d.h. vor dem Bohrarbeitsplatz liegt nun ein Los der Menge 1, welches bearbeitet werden kann.

6.2 Alternative und parallele Vorgänge in Arbeitsplänen

The screenshot shows a work plan for PSN 1202139. It features a 'Simultangruppe' (Simultaneous Group) containing Vorgang 10, Vorgang 50, Vorgang 60, and Vorgang 70. A yellow arrow points to the 'Schrittgruppentyp: Simultangruppe' (Step Group Type: Simultaneous Group) setting. Below the diagram is a table for 'Reporting-Schritte' (Reporting Steps) with rows for Vorgang 20, Vorgang 30, and Vorgang 40. At the bottom, a flowchart illustrates the parallel execution of Vorgang 20, 30, and 40 followed by Vorgang 50, 60, and 70.

Abbildung 8: Flexible Arbeitsplanstrukturen, abgebildet über Simultangruppe

In diesem Szenario wird eine Fertigung betrachtet, die über die „Simultangruppe“ des ME-Systems einen parallelen Ablauf abbildet (Abbildung 8): es ist Vorgang 20 zu bearbeiten, parallel zu Vorgang 30 und 40. Erst wenn Vorrang 20 und 40 abgearbeitet wurde, ist Vorgang 50 ausführbar. Ein solches Verhalten kann direkt in den PODs des ME-Systems

nachverfolgt werden (Abbildung 9) – es ist zu erkennen, wo sich die WIP-Bestände sammeln. Dies kann zusätzlich durch einen WIP-Report ausgewertet werden.

Abbildung 9 zeigt einige wesentliche Punkte im Ablauf: Nach Vorgang 10 wird das Material in die Queue von Vorgang 20 und 30 gestellt; nachdem Vorgang 20 und 30 abgearbeitet wurden, steht Vorgang 40 noch aus, das Material befindet sich also in der Queue des Vorgangs 40. Erst nachdem 40 abgearbeitet wurde, befindet sich das Material in der Queue zu Vorgang 50.

Nach Vorgang 10 -> 20 und 30 in Queue				Nach Vorgang 20 und 30 -> 40 in Queue				Nach Vorgang 20 und 40 -> 50 in Queue																																																																																																															
Production Operator Dashboard: Produktionsstätte - 1202, Ber				Production Operator Dashboard: Produktionsstätte - 1202, Ber				Production Operator Dashboard: Produktionsstätte - 1202, Ber																																																																																																															
Alle von 1202139 werden bei 50000020-1-0-0020, 50000020-1-0-0030 verarbeitet				1 Teile für PSN 1202139 abgeschlossen				Alle von 1202139 werden bei 50000020-1-0-0050 verarbeitet																																																																																																															
POD-Arbeitsvorrat <table border="1"> <thead> <tr> <th>PSN</th> <th>Materialkurstext</th> <th>PSN-</th> <th>Status</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1202139</td> <td>Fertigprodukt</td> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1202140</td> <td>Fertigprodukt</td> <td>1</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				PSN	Materialkurstext	PSN-	Status	1202139	Fertigprodukt	1		1202140	Fertigprodukt	1		POD-Arbeitsvorrat <table border="1"> <thead> <tr> <th>PSN</th> <th>Materialkurstext</th> <th>PSN-</th> <th>Status</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1202139</td> <td>Fertigprodukt</td> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1202140</td> <td>Fertigprodukt</td> <td>1</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				PSN	Materialkurstext	PSN-	Status	1202139	Fertigprodukt	1		1202140	Fertigprodukt	1		POD-Arbeitsvorrat <table border="1"> <thead> <tr> <th>PSN</th> <th>Materialkurstext</th> <th>PSN-</th> <th>Status</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1202139</td> <td>Fertigprodukt</td> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1202140</td> <td>Fertigprodukt</td> <td>1</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				PSN	Materialkurstext	PSN-	Status	1202139	Fertigprodukt	1		1202140	Fertigprodukt	1																																																																									
PSN	Materialkurstext	PSN-	Status																																																																																																																				
1202139	Fertigprodukt	1																																																																																																																					
1202140	Fertigprodukt	1																																																																																																																					
PSN	Materialkurstext	PSN-	Status																																																																																																																				
1202139	Fertigprodukt	1																																																																																																																					
1202140	Fertigprodukt	1																																																																																																																					
PSN	Materialkurstext	PSN-	Status																																																																																																																				
1202139	Fertigprodukt	1																																																																																																																					
1202140	Fertigprodukt	1																																																																																																																					
Vorgangsliste <table border="1"> <thead> <tr> <th>Vorgangs-/Schritt</th> <th>Schrittbeschreibung</th> <th>Sta</th> <th>Meng</th> <th>Meng</th> <th>Meng</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>50000020-1-0-0... Vorgang 10</td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>50000020-1-0-0... Vorgang 20</td> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>50000020-1-0-0... Vorgang 30</td> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>50000020-1-0-0... Vorgang 40</td> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>50000020-1-0-0... Vorgang 50</td> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>				Vorgangs-/Schritt	Schrittbeschreibung	Sta	Meng	Meng	Meng	50000020-1-0-0... Vorgang 10			0	0	1	50000020-1-0-0... Vorgang 20			1	0	0	50000020-1-0-0... Vorgang 30			1	0	0	50000020-1-0-0... Vorgang 40		0	0	0	0	50000020-1-0-0... Vorgang 50		0	0	0	0	Vorgangsliste <table border="1"> <thead> <tr> <th>Vorgangs-/Schritt</th> <th>Schrittbeschreibung</th> <th>Sta</th> <th>Meng</th> <th>Meng</th> <th>Meng</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>50000020-1-0-0... Vorgang 10</td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>50000020-1-0-0... Vorgang 20</td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>50000020-1-0-0... Vorgang 30</td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>50000020-1-0-0... Vorgang 40</td> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>50000020-1-0-0... Vorgang 50</td> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>				Vorgangs-/Schritt	Schrittbeschreibung	Sta	Meng	Meng	Meng	50000020-1-0-0... Vorgang 10			0	0	1	50000020-1-0-0... Vorgang 20			0	0	1	50000020-1-0-0... Vorgang 30			0	0	1	50000020-1-0-0... Vorgang 40			1	0	0	50000020-1-0-0... Vorgang 50		0	0	0	0	Vorgangsliste <table border="1"> <thead> <tr> <th>Vorgangs-/Schritt</th> <th>Schrittbeschreibung</th> <th>Sta</th> <th>Meng</th> <th>Meng</th> <th>Meng</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>50000020-1-0-0... Vorgang 10</td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>50000020-1-0-0... Vorgang 20</td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>50000020-1-0-0... Vorgang 30</td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>50000020-1-0-0... Vorgang 40</td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>50000020-1-0-0... Vorgang 50</td> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>				Vorgangs-/Schritt	Schrittbeschreibung	Sta	Meng	Meng	Meng	50000020-1-0-0... Vorgang 10			0	0	1	50000020-1-0-0... Vorgang 20			0	0	1	50000020-1-0-0... Vorgang 30			0	0	1	50000020-1-0-0... Vorgang 40			0	0	1	50000020-1-0-0... Vorgang 50			1	0	0
Vorgangs-/Schritt	Schrittbeschreibung	Sta	Meng	Meng	Meng																																																																																																																		
50000020-1-0-0... Vorgang 10			0	0	1																																																																																																																		
50000020-1-0-0... Vorgang 20			1	0	0																																																																																																																		
50000020-1-0-0... Vorgang 30			1	0	0																																																																																																																		
50000020-1-0-0... Vorgang 40		0	0	0	0																																																																																																																		
50000020-1-0-0... Vorgang 50		0	0	0	0																																																																																																																		
Vorgangs-/Schritt	Schrittbeschreibung	Sta	Meng	Meng	Meng																																																																																																																		
50000020-1-0-0... Vorgang 10			0	0	1																																																																																																																		
50000020-1-0-0... Vorgang 20			0	0	1																																																																																																																		
50000020-1-0-0... Vorgang 30			0	0	1																																																																																																																		
50000020-1-0-0... Vorgang 40			1	0	0																																																																																																																		
50000020-1-0-0... Vorgang 50		0	0	0	0																																																																																																																		
Vorgangs-/Schritt	Schrittbeschreibung	Sta	Meng	Meng	Meng																																																																																																																		
50000020-1-0-0... Vorgang 10			0	0	1																																																																																																																		
50000020-1-0-0... Vorgang 20			0	0	1																																																																																																																		
50000020-1-0-0... Vorgang 30			0	0	1																																																																																																																		
50000020-1-0-0... Vorgang 40			0	0	1																																																																																																																		
50000020-1-0-0... Vorgang 50			1	0	0																																																																																																																		

Abbildung 9: Queue-Inhalte bei flexibler Arbeitsplanstruktur

6.3 Nacharbeit und Nonkonformität

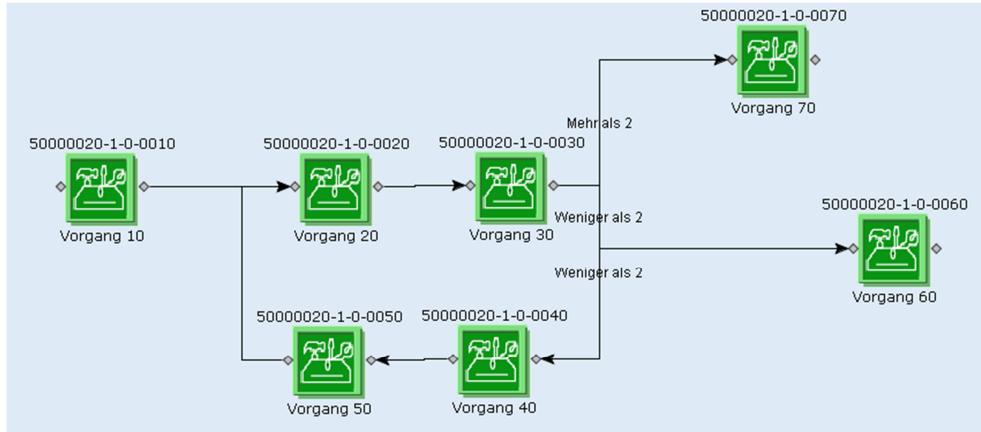


Abbildung 10: Beispiel eines Arbeitsplanes mit Nacharbeit

Der Arbeitsplan besitzt einen Prüfvorgang, nach diesem wird entschieden, ob eine Nacharbeit stattfinden soll oder ob mit Vorgang 60 oder 70 weitergearbeitet werden soll. Hierfür ist eine Entscheidung nach dem Prüfvorgang notwendig – hier kann ausgewählt werden, ob das Produkt qualitativ in Ordnung ist oder nachbearbeitet werden muss. Des Weiteren wird ein Zähler abgefragt, der die Zyklen der Nacharbeit zählt. Dieser Zähler wird standardmäßig in der Abarbeitung des Arbeitsplanes im ME-System gefüllt – durch Regeln, die in Java-Skript bei der Arbeitsplanpflege angegeben werden, lassen sich dann Regeln für die Entscheidungen, die von Seiten des ME-Systems anfallen, abbilden. In diesem Fall ist es

die Entscheidung, ob der Zähler den Wert 2 überschritten hat. In diesem Fall wäre durch den Mitarbeiter dann keine Entscheidung zu treffen.

6.4 Produktgenealogie/Nachverfolgbarkeit

The screenshot shows a software interface for managing material requirements. At the top, there's a header "Warenausgang Im Produktionsbestand". Below it is a form with fields: "Produktionsstätte: 1202", "Material: FULDA_ROH2", "Version: A", and "Eingangsmenge: 4". There's also a button "Anlegen". Below the form is a table with columns "Bestands-ID", "Menge", and "Details". The table contains four rows of data:

Bestands-ID	Menge	Details
1000000_01	1	
1000000_02	1	
1000000_03	1	
1000000_04	1	

At the bottom of the table are buttons "Empfangen" and "Zurücksetzen".

Abbildung 11: Beispiel einer Bestandsaufnahme in einzelne Bestands-IDs

Die Produktgenealogie ermöglicht im ME-System eine Nachverfolgung des Zusammenbaus auf PSN-Ebene – also bis auf die 1-Stück Ebene herunter. Dies bedeutet, dass im extremsten Fall ein Fertigungsauftrag einer Losgröße N in N PSNs der Losgröße 1 heruntergebrochen werden kann. Jede einzelne PSN kann nun einen eigenen Zusammenbau erfahren, d.h. bestimmte, klar definierte Komponenten verwenden die auch bis auf die 1-Stück Ebene heruntergebrochen werden können. Somit kann innerhalb eines Fertigungsauftrags eine starke Varianz an Zusammenbauten abgebildet werden. Basis hierfür ist die in Abbildung 11 dargestellte Unterscheidung der Komponentenbestände in verschiedene Bestands-IDs. Bei der Rückmeldung der Warenentnahme kann nun die Bestands-ID als verpflichtend gesetzt werden (dies ist ein Indikator für die Komponente direkt in der Stückliste des ME-Systems). Durch einen Genealogiereport können nun „Top-Down“ als auch „Bottom-Up“ bezogen auf die Produktstruktur Auswertungen bezüglich des Zusammenbaus durchgeführt werden. Ein Beispiel einer „Bottom-Up“ Auswertung wäre die Untersuchung der Fragestellung, in welche Baugruppe ein bestimmtes Teil eines Loses (repräsentiert über die Bestands-ID) schließlich eingebaut wurde.

The screenshot shows a software interface for component monitoring. At the top, there's a header "Production Operator Dashboard: Produktionsstätte - 1202, Benutzer - U1202-04". Below it is a "Komponentenliste" section with three items:

- FULDA_ROH1/A: Rotmaterial 1, Benötigte Montageme: 1, Verfügbende Montageme: 1, Monitieren
- FULDA_ROH2/A: Rotstoff 2, Benötigte Montageme: 3, Verfügbende Montageme: 2, Monitieren
- FULDA_ROH3/A: Rotstoff 3, Benötigte Montageme: 1, Verfügbende Montageme: 1, Monitieren

Below this is a navigation bar with buttons "Zurück", "Weiter >", and "1 2 Weiter >".

At the bottom, there's a "Komponenten monitieren" dialog for PSN 1202156. It shows a search field "Komponente suchen: FULDA_ROH2", a barcode input field, and a "Barcode:" label. On the left, there's a "Komponentendetails" section with fields: "Komponente: FULDA_ROH2", "Version: A", "Beschreibung: Rohstoff 2", and "Menge: 1". On the right, there's a "Montagedaten" section with a "Inventory ID: 1000000_01" input field and a "Hinzufügen" button. At the bottom are "Hinzufügen" and "Schließen" buttons.

Abbildung 12: Warententnahme aus Bestands-ID

6.5 Dashboarding/Reporting

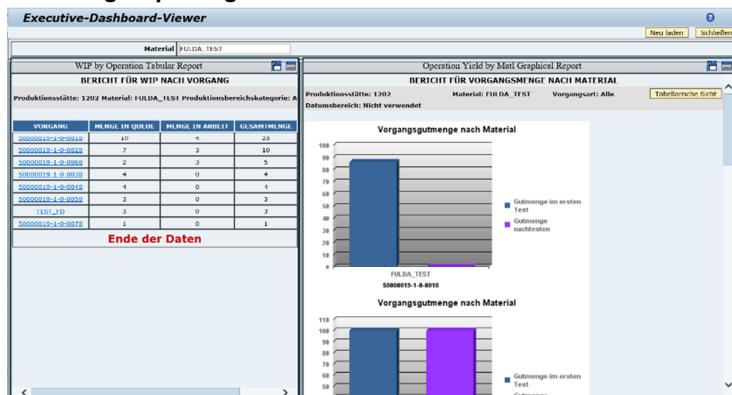


Abbildung 13: Beispiel eines selbstdefinierten Dashboards

Ein Reporting der Operationen ist über vordefinierte Reports möglich, es können jedoch auch eigene Dashboards definiert werden, um für bestimmte Fragestellungen ein eigenes Dashboard parallel zu den Operationen laufen lassen zu können. Basis für das Reporting sind „Portlets“, die einen bestimmten Bereich von Daten darstellen – definiert durch den zu erstellenden Report und die Eingangsparameter. Die Portlets können dann zu Dashboards kombiniert werden – ein Beispiel eines Dashboards ist Abbildung 13– es besteht aus zwei Portlets („WIP by Operation Tabular Report“/„Operation Yield by Material“).

7 Fazit

Die betrachtete Industrie-4.0-Landschaft ist noch recht neu und steht sicherlich nicht unter einem solch zentralen Fokus, wie beispielsweise „S/4 Hana“. Trotzdem stellt sie eine interessante, jedoch traditionell aufgebaute Landschaft dar, in der ME-Prozesse detaillierter untersucht werden können, als in einem solchen ERP-System. Es existiert bereits eine noch recht junge Fallstudie, die durch eigene Elemente ausgebaut/ergänzt werden kann.

Literatur

- [1] Vogel-Heuser, „Herausforderungen und Anforderungen aus Sicht der IT und der Automatisierungstechnik,“ in *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik - Anwendung · Technologien · Migration*, Wiesbaden, Springer Vieweg, 2014, pp. 37 - 48.
- [2] Jash und Saha, *Implementing SAP Manufacturing Execution*, Bonn, Boston: Rheinwerk Publishing, 2016.
- [3] Schell, Schmidt-Lutz und e. al, *Industrie 4.0 mit SAP*, Bonn: SAP PRESS Rheinwerk Publishing, 2017.
- [4] SAP University Alliance, *Production using SAP-ME (Part 1 und 2)*, Version 1.4, 2017.

Kontakt

Prof. Dr. Norbert Ketterer
Fachbereich Angewandte Informatik
Hochschule Fulda
Leipziger Straße 123, 36037 Fulda
Tel: +49 661 9640 323, norbert.ketterer@informatik.hs-fulda.de

e³f – Entscheidungsunterstützung für energieeffiziente Fertigung

Martin Schmidt, Marco Kruse, Dirk Reichelt

Zusammenfassung

Der Beitrag präsentiert Methoden, um basierend auf historischen Prozess- und Energieverbrauchsdaten Energieeinsparpotentiale aufzudecken sowie automatisierte Handlungsempfehlungen im Hinblick auf eine energieeffiziente Fertigung zu generieren.

1 Motivation

Ein Drittel des globalen Energieumsatzes wird für die Herstellung von Gütern verwendet. Gerade deshalb steht die „industrielle Fertigung“ im Fokus der Bemühungen um mehr Energieeffizienz. Die steigenden Energiepreise üben zudem Druck auf den industriellen Sektor aus. Diese stellen heute in den meisten Unternehmen den zweitgrößten Kostenfaktor noch vor den Personalkosten dar. Bisher konsumiert die deutsche Industrie ungefähr 46% der Gesamtenergie [Apos13]. Davon werden nur zwischen 10% und 15% für die eigentlichen Arbeitsschritte an den produzierenden Maschinen genutzt [Apos13]. Es besteht somit ein großes Potenzial zum Handeln.

Kontinuierliches Energiemanagement führt zu einer anhaltenden Produktivitätssteigerung. Die Ziele sind hierbei vielfältig, neben dem klassischen Sparen von Energie werden auch ein kontinuierliches Lastmanagement, der Ausgleich von Energiebedarfsspitzen durch Lastverschiebungen und die Planung des Energiebedarfs angestrebt. Zudem sollen durch neue Datenanalysemethoden Energiesparpotentiale aufgedeckt und die vorhandenen Daten so aufbereitet werden, dass automatisierte Handlungsempfehlungen zur Planung von Energieeffizienzmaßnahmen gegeben werden können. Das unterstützt die technische Leitung und die Energiebeauftragten bei der Erstellung einer energetischen Steuerung und optimierten Fertigung. Mit einem solchen Werkzeug ist es für KMUs erstmals in vertretbarem Aufwand möglich, ihre Probleme bezüglich der Energienutzung selbst anzugehen.

Die hier präsentierten Verfahren und Ergebnisse wurden im Rahmen des EFRE geförderten Projektes e³f, welches in Zusammenarbeit zwischen der HTW Dresden und ccc software gmbh bearbeitet wurde, generiert.

2 Wissenschaftliche Ergebnisse

Für die Analyse der Prozess- und Energiedaten wurden verschiedene Methoden des Data Mining hinsichtlich ihrer Eignung für die im Projekt bearbeitete Problemstellung untersucht. Der Prozess zur Fertigung von Produkten steht im Kern der Untersuchung, da dieser mehr als 60 Prozent der Anlagenlaufzeit ausmacht. Somit sind die Produktionsprozesse einer der Haupttreiber für den Ressourcenverbrauch. Jeder dieser Prozesse wird durch die sogenannten Prozessparameter beschrieben. Für ein Unternehmen ist der Einfluss der entsprechenden Parameter auf den Gesamtenergieverbrauch von Bedeutung. Mit Hilfe einer ge-

zielten Analyse können somit verdeckte Einsparpotenziale sichtbar gemacht werden. Zudem können Eigenschaften ermittelt werden, um den Energiebrauch zu normieren und verschiedene Fertigungsaufträge miteinander zu vergleichen. Beispielsweise kann der Verbrauch eines Ofens durch die Stückzahl der darin enthaltenen Aufträge geteilt werden, um einen vergleichbaren Energieeinsatz pro Stück zu erhalten. Um diesen Herausforderungen Rechnung zu tragen, wurden verschiedene Data Mining-Verfahren wie z.B. Clusterverfahren und Regressionsanalysen für die systematische und automatisierte Auswertung von Energiedaten adaptiert und in einen Demonstrator implementiert.

2.1 Korrelation und Regression

Der Zusammenhang zwischen zwei oder mehreren metrischen Werten (numerischen Faktoren), kann mittels Korrelationsanalyse ermittelt werden [Stan01], beispielsweise der Einfluss der Produktionsmenge auf den Energieverbrauch (siehe auch Abbildung 1).

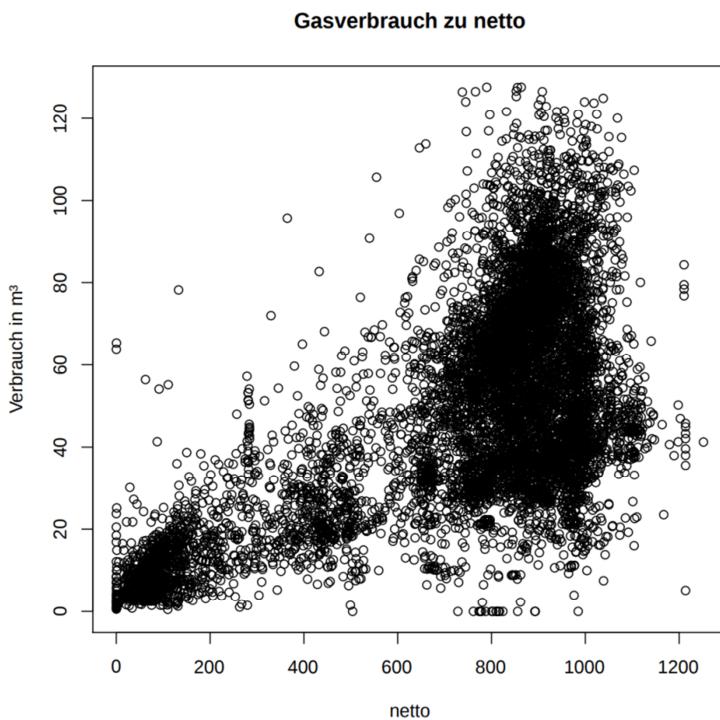


Abbildung 1: Ein offensichtlich zu erkennender Zusammenhang zwischen Gasverbrauch und Produktnettogewicht.

Diese gibt mit einem Wert zwischen -1 und 1 einen normierten Wert für die Stärke und die Richtung des Zusammenhangs zurück. Hiermit lässt sich der qualitative Zusammenhang ermitteln.

Für eine Quantifizierung der Ergebnisse ist es sinnvoll, im Anschluss eine Regressionsanalyse durchzuführen [ScHB10]. Diese ermittelt, um wie viel der Energieverbrauch steigt, wenn der Parameter um eins erhöht wird. Nachteil dieser Methode ist, dass sie nur bei metrisch-unabhängigen variablen Ergebnissen verwendet werden kann. Aus diesem Grund wurde außerdem die Varianzanalyse eingesetzt (ANOVA-analysis of variance) [Gelm05] [KaGr08]. Diese ist in der Lage, den Zusammenhang von nominalen Werten (rangfolgenlose Werte)

auf eine metrische Variable abzubilden. Als Beispiel hierfür ist der Zusammenhang zwischen Materialbezeichnung und Energieeinsatz zu nennen (siehe Abbildung 2).

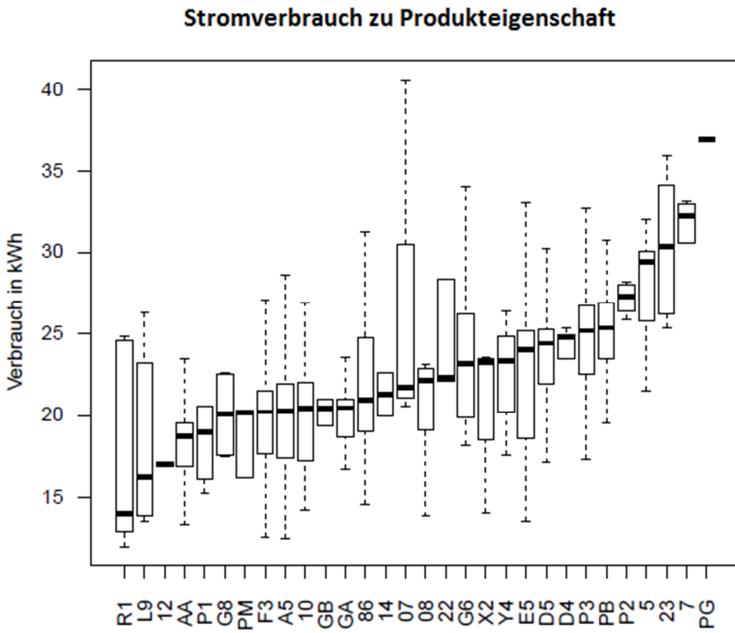


Abbildung 2: Varianzanalyse zwischen Stromverbrauch und Materialtyp.

Mit diesen Methoden können die Abhängigkeiten zwischen den Prozessparametern und den Verbräuchen qualitativ und quantitativ abgebildet und normiert werden. Dabei können die Analysen automatisch zwischen den vorhandenen Parametern durchgeführt und danach alle sinnvollen Zusammenhänge aufgezeigt werden. Hiermit erhalten die Kunden ein Werkzeug, welches ihnen die einflussreichsten Eigenschaften und Parameter liefert.

2.2 Vorhersagemodelle (Forecast)

Eine Möglichkeit Energiekosten zu sparen ist das Vermeiden von Lastspitzen sowie das Abstimmen des monatlichen Energieverbrauchs mit dem Energieversorger. Hierfür müssen die Abnahmemengen berechnet werden. Auf Basis der Regressionsanalyse kann ein einfaches Vorhersagemodell erzeugt werden [PaOC09], welches den Verbrauch für die kommenden Monate anhand der Menge mittels der historischen Daten schätzt, wie z.B. bereits in [BrAB14] für den Energieverbrauch angewandt. Nachteil dieses Modells ist, dass es saisonale Schwankungen nur indirekt einkalkuliert und die Schätzung umso ungenauer wird, je weiter die Menge von der Durchschnittsmenge abweicht (siehe Abbildung 3).

Alternativ zum Regressionsmodell existiert das ARMA (auch ARIMA) Modell, welches z.B. auch in [AdAA14] und [NoNo06] zur Vorhersage von Aktien- und Palmölpreisen eingesetzt wurde. (siehe Abbildung 4) Hierbei werden zwei Verfahren kombiniert. Einerseits werden Autoregressionsverfahren und andererseits Gleitende Durchschnitte verwendet. In Kombination lassen sich in den Vorhersagemodellen auch periodische Schwankungen und andere Störeinflüsse mit einberechnen.

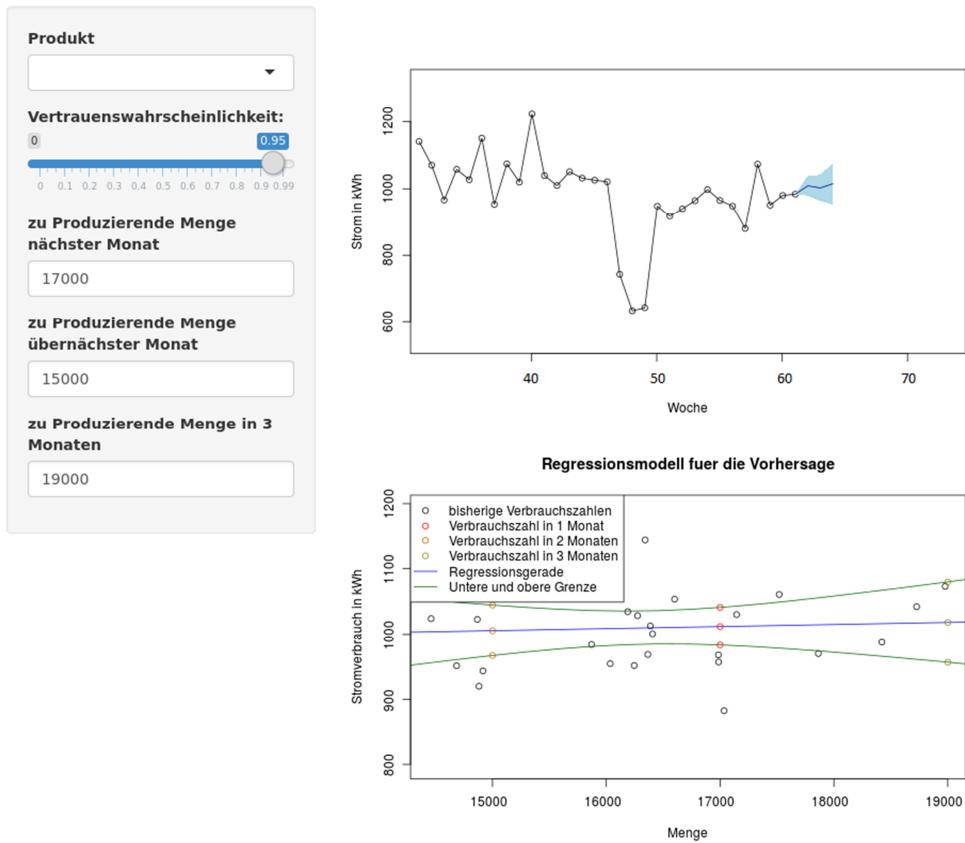


Abbildung 3: Vorhersage auf Basis der Regressionsanalyse.

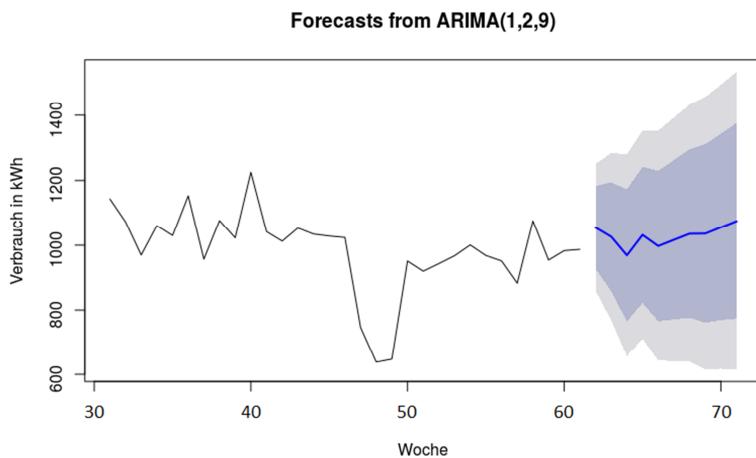


Abbildung 4: ARIMA Vorhersagemodell mit Gewichten.

Hierfür muss dem Modell eine Gewichtung übergeben werden, mit deren Hilfe die Vorhersage auch ohne eine Mengenangabe möglich ist.

2.3 Clustering von Energie- und Prozessdaten

Eine Optimierung des Energieverbrauchs kann u.a. auch durch die Minimierung von Ausschuss und Nacharbeit erreicht werden. Dies ist eine Aufgabe der Prozessingenieure, welche durch die Prozessparameter den Energieverbrauch beeinflussen. Allgemein bedeutet dies: Führt ein höherer Energieeinsatz zu einer höheren Qualität und somit weniger Ausschuss bzw. Nacharbeit?

Um diesen Zusammenhang zu analysieren wurden für verschiedene Hierarchieebenen (Produkt, Produktgruppe, alle Produkte) die Energieverbrauchszahlen der Prozesse ermittelt und mit einem Prozessparameter normiert. Die Ergebnisse wurden durch einen Algorithmus in eine ideale Anzahl von Clustern [XuWu05] zerlegt. Diese Vorgehensweise wurde z.B. auch in [FGHK02] zur Anomaliedektion bei Energiedaten angewandt. Unabhängig vom Cluster besitzen die Prozesse ein Kennzeichen für die Qualitätseigenschaften. Somit kann für jedes Cluster eine Ausschussrate ermittelt werden. Des Weiteren lassen sich die Ergebnisse anhand der Clustergrenzen (Qualitätsstufen: Gut, Nacharbeit, Ausschuss) grafisch im gestapelten Balkendiagrammen darstellen (siehe Abbildung 5).

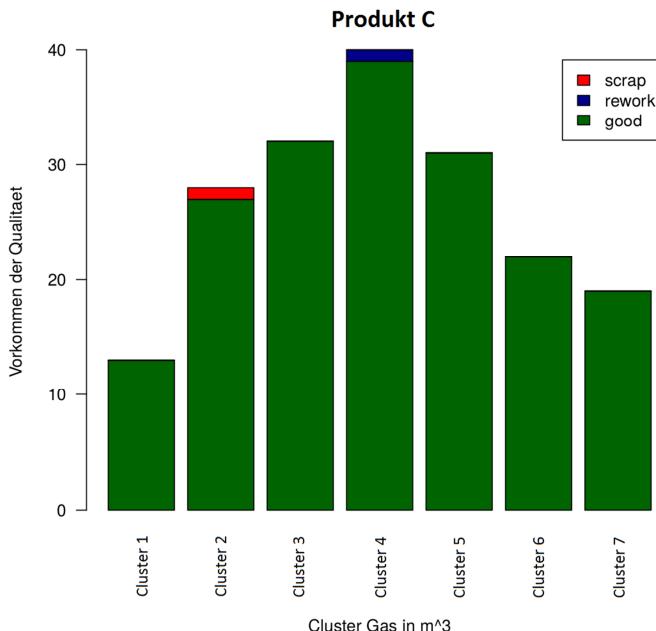


Abbildung 5: Aufteilung der Qualität pro Energiecluster für ein Produkt.

Die Darstellungsform eignet sich für weitere Analysen, da die durchschnittlichen Prozessparameter der verschiedenen Cluster miteinander verglichen werden können. So könnten die Einstellungen von energetisch günstigeren Prozessen für zukünftige Fertigungsaufträge übernommen werden.

Da für das Clustering die Grundgesamtheit der Daten um Ausreißer bereinigt wurde, müssen diese gesondert betrachtet werden, um Fehler oder problematische Kombinationen von

Prozesseigenschaften zu erkennen. Hierfür wurde mit der Ausreißeranalyse eine Methode eingeführt, welche diese Prozesse identifiziert und für den Nutzer aufbereitet.

2.4 Potenzialanalyse während Prozessstillstände

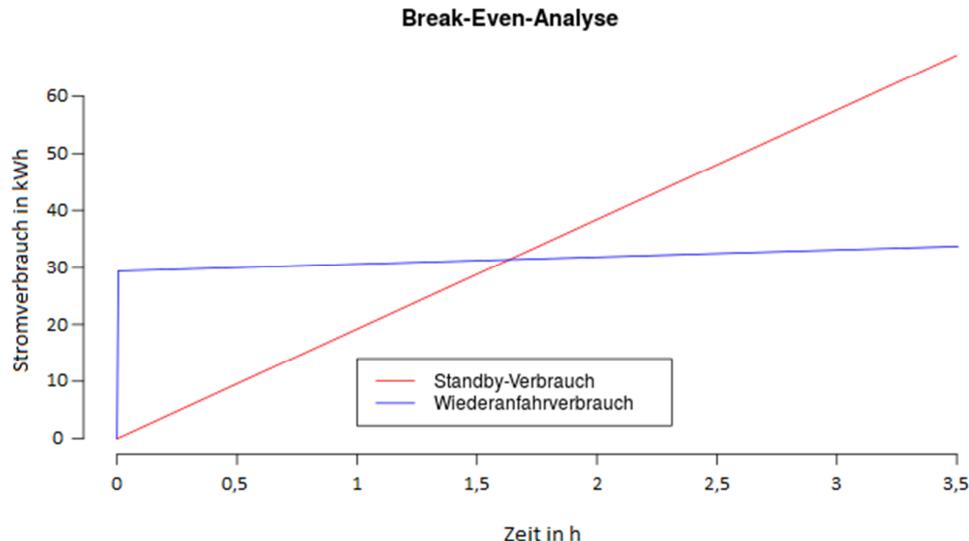


Abbildung 6: Break-Even-Point Standby vs. Herunterfahren.

Neben den Produktionsprozessen bilden Wartungs-, Reparatur- und Rüstarbeiten die größte energetische Verbrauchergruppe. Die Energieeinsparpotenziale beziehen sich auf die Reduzierung von Häufigkeit sowie Dauer nicht produktiver und wertschöpfender Prozesse. Darüber hinaus gilt es das Einsparungspotenzial während der Rüst- und Instandhaltungsarbeiten zu heben und die Stillstandzeiten effizient zu steuern. Anhand der spezifischen Stör-codes für Prozessunterbrechungen kann die Analyse der Häufigkeit und Dauer der entsprechenden Stillstände im Prozess ermittelt werden. Die Datenbasis muss dafür allerdings qualitativ aufbereitet, konsistent und feingranular sein, um statistische Vorhersagen für Maschinenstillstände aus den historischen Daten abzuleiten.

Somit lassen sich beispielsweise Einsparpotentiale während der geplanten und ungeplanten Produktionsstillstände z.B. Wartung oder ungeplante Prozessunterbrechungen ermitteln. So könnte z.B. ein Ofen (wie in Abbildung 6 zu sehen ist) für kurze Unterbrechungen in einen Ruhemodus versetzt werden. Bei längeren Produktionspausen könnte der Ofen komplett heruntergefahren werden. Dies würde sich aber nur rentieren, wenn die Stillstands- und Wiederinbetriebnahmekosten niedriger sind als der Verbrauch des Ruhemodus. Mittels einer Break-Even-Analyse, welche üblicherweise in der Betriebswirtschaftslehre Anwendung findet [NdSu11], kann eine Mindestausfallzeit berechnet werden, welche dem Wartungsverantwortlichen als Entscheidungshilfe dient.

2.5 Produktwechselmatrix und Optimierung der Rüstreihenfolge

Im Rahmen des Projektes hat sich gezeigt, dass sich durch eine optimierte Rüstreihenfolge zusätzliche Energieeinsparpotenziale ergeben, ohne das Produktsortiment dezimieren zu müssen. Durch die entwickelte Rüstmatrix erhält ein Unternehmen bzw. die dort ansässige

Produktionsplanung eine Entscheidungsunterstützung, welche in Zukunft auch automatisiert werden könnte.

Die Rüstmatrix wird aus den historischen Prozess- und Verbrauchsdaten erstellt, indem zunächst alle Rüstprozesse identifiziert und mit den dazugehörigen Produkten und dabei anfallenden Verbräuchen verknüpft werden. So erhält man für jeden möglichen Produktübergang die durchschnittlichen Rüstkosten. Diese Informationen lassen sich in Form einer Matrix ablegen, welche gleichsam für Menschen leicht zu verstehen und für Computer schnell auswertbar ist (siehe Abbildung 7).

		Auf						
		A	B	C	D	E	F	G
Von	A		130,34	513,62	150,37		339,31	
	B	439,98		472,07	625,93		395,89	1.171,93
	C	61,53	527,50		1.821,30		1.357,66	
	D	312,77	260,94	424,69			117,18	793,57
	E			0,00				
	F	212,94	83,81	416,18	184,61	94,28		
	G		82,56	1.058,62	86,74			

Abbildung 7: Beispiel eines Demonstrators für das Erzeugen einer Rüstmatrix.

Bei wenig unterschiedlichen Produkten kann man in der Rüstmatrix relativ schnell erkennen, welche Übergänge vorteilhaft und welche kostenintensiv sind und den Produktionsplan entsprechend anpassen. Wenn es aber eine günstigere Rüstreihenfolge über mehrere Schritte gibt, kann dies nicht so problemlos erkannt werden. Hierfür kann mittels der Rüstmatrix ein Graph erzeugt werden. Die Knoten bilden dabei die verfügbaren Produkte und die Kanten (Pfeile) tragen die Kosten als Wert.

Auf diesem Graphen wird mittels einer Breitensuche der kürzeste (günstigste) Pfad vom Startknoten (aktuellen Produkt) zum Zielknoten (nächsten Produkt) gesucht und gleichzeitig die geschätzten (durchschnittlichen) Rüstkosten berechnet. Im Beispiel in Abbildung 8 gibt es für den Produktübergang von Produkt F auf Produkt A einen günstigeren Pfad über die Produkte E und C. Dabei entsteht ein Kostenvorteil von 57,13€ ($212,94\text{€} - [94,28\text{€} + 0,00\text{€} + 61,53\text{€}]$), wie in Abbildung 7 ablesbar ist. Dieses Verfahren sollte die Prozessingenieure im operativen Geschäft unterstützen.

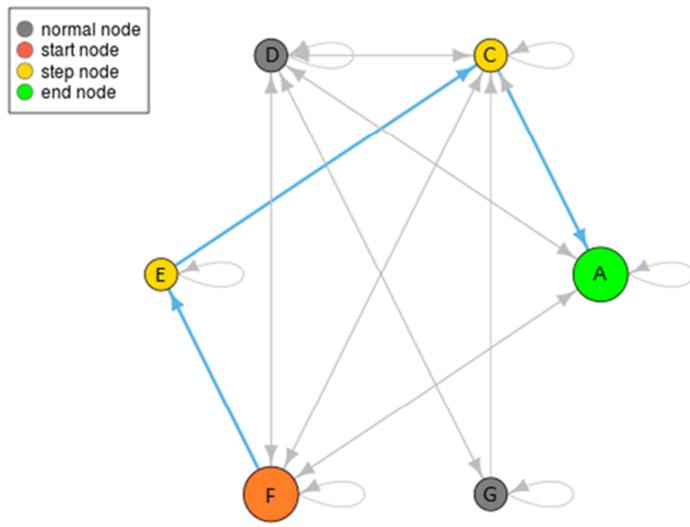


Abbildung 8: Beispielgraph kürzester Pfad von Produkt F zu Produkt A.

Falls jedoch sehr viele unterschiedliche Produkte gefertigt und verschiedene Verbrauchsarten (wie z.B. Strom, Gas usw.) und zusätzliche Randbedingungen wie Materialfreigaben und Liefertermine berücksichtigt werden sollen, ist man mit einem manuellen Vorgehen schnell überfordert. An diesem Punkt ist es sinnvoll den Menschen durch eine Maschine zu unterstützen. Zwar existieren schon erste Unternehmungen Produktionspläne mit gewissen Randbedingungen automatisch zu erstellen, jedoch gibt es noch kein Bestreben hierbei ebenfalls Rüstkosten mit zu optimieren. Um die dargelegte Problematik automatisieren zu können, müssen zusätzlich zur Rüstmatrix folgende Informationen gegeben sein:

- Die zu produzierenden Produkte und deren Menge bzw. den jeweils dafür benötigten Zeitraum.
- Die Materialfreigabe und den einzuhaltenden Liefertermin zu jedem Produkt oder Produktionsprozess.
- Eine Gewichtung der Verbräuche: Im besten Fall eine direkte Umrechnung in Euro. Somit lassen sich alle Verbräuche auf einen Wert abbilden, optimieren und später so-gleich ablesen wie viel einzusparen ist. (Dies ist nicht zwingend notwendig aber von Vorteil.)

Man könnte annehmen, dass ein naiver Algorithmus ausreicht, der jede Kombination von Produktreihenfolgen erstellt, die die Randbedingungen erfüllen und dann jene mit den niedrigsten Rüstkosten als optimale Lösung ausgibt. Da hierbei bereits in einer Woche 80 bis 200 Produktionsprozesse mit ihrem jeweiligen Produkt, Materialfreigabe und Liefertermin anfallen können und diese Herangehensweise in der Komplexitätsklasse NP liegt, ist diese nicht praktikabel und es müssen typische Näherungsverfahren wie z.B. Simulated Annealing oder Evolutions-Algorithmen genutzt werden [Ant+08] [MaEl99]. Die Einhaltung der Lieftertreue stellt ein weiteres Problem dar, da diese in der Praxis oft nicht bei jedem Produktionsprozess eingehalten werden kann oder so viele Aufträge in eine Woche gepackt werden, wie praktisch nicht erfüllbar sind. In diesen Fällen kann die Lieftertreue nicht als harte Rand-

bedingung verwenden werden, sondern muss zusätzlich zu den anfallenden Rüstkosten optimiert werden. Ohnehin wäre es von Vorteil, wenn gezeigt werden kann, dass mit der automatisierten Erstellung des Produktionsplanes nicht nur eine Einsparung der Verbräuche, sondern auch eine Verbesserung der aktuellen Liefertreue möglich ist. Bei der praktischen Umsetzung wurden deshalb für eine gute Vergleichbarkeit die folgenden drei Näherungsverfahren verwendet:

- Greedy-Algorithmus: Der Produktionsplan wird sukzessiv mit jeweils immer dem günstigsten Produktübergang aufgebaut. Dadurch steigen die Rüstkosten am Ende des Planes an, da immer weniger Produktionsprozesse zur Auswahl stehen. Zusätzlich kann es am Ende des Planes passieren, dass sich bei wenig vorhanden Produktübergängen in der Rüstmatrix keine möglichen Übergänge mehr finden lassen, wodurch die Rüstkosten unberechenbar werden.
- Simulated Annealing: Ein Produktionsplan wird durch zufällige Veränderungen iterativ optimiert, wobei es möglich ist mit jedem Iterationsschritt nicht immer nur einen besseren Plan auszuwählen. Da der Algorithmus so eingestellt wird, dass dies anfangs häufiger der Fall ist, kann er über den Großteil der Laufzeit lokale Optima entkommen und nähert sich immer mehr der bestmöglichen Lösung an. Jedoch ist es nur mit einer zuvor eingestellten Gewichtung von Rüstkosten und Liefertreue möglich beide gleichzeitig zu optimieren.
- Evolutions-Algorithmus: In einem Pool von mehreren Produktionsplänen werden diese iterativ durch zufällige Mutationen und Kreuzungen sowie per Selektion optimiert. Durch das parallele Verbessern mehrerer Lösungen kann beim Auffinden von lokalen Optima weiterhin eine Optimierung stattfinden. Zudem sind so mehrkriterielle Lösungen möglich. D.h., die Optimierung kann auch über mehrere Parameter z.B. die Rüstkosten und die Lieferzeitüberschreitung erfolgen. Da sich hierbei die zwei Parameter oft entgegenstehen, ist es von Vorteil eine sogenannte Pareto-Front zu erzeugen, mit der mehrere optimale Lösungen gefunden werden. So ist es möglich, ohne eine vorherige Gewichtung vornehmen zu müssen, im Nachhinein eine Lösung manuell auszuwählen, welche dem Anwender am besten zusagt wie z.B. ein gutes Mittelmaß zwischen den beiden Parametern.

Alle drei Algorithmen wurden auf ihre Effizienz und Effektivität mit Daten getestet, welche direkt aus der Fertigung kommen. Um zu zeigen, wie viel Einsparungspotenzial diese besitzen, wurden aus den historischen Daten exemplarisch bestimmte Wochen ausgewählt, deren Produktionsplan zu optimieren ist. Auf diese Weise können die tatsächlich angefallenen Rüstkosten und Lieferzeitüberschreitungen mit den optimierten verglichen werden. Zunächst zeigt sich, dass oft nur 1 bis 5 verschiedene Produktübergänge pro Produkt existieren. Die Rüstmatrix ist dadurch relativ spärlich besetzt und liefert damit den Näherungsverfahren nicht besonders viele Alternativen pro Übergang. Auch wenn der vorgestellte Greedy-Algorithmus in wenigen Schritten einen Produktionsplan erstellt, findet er deshalb oft keine gültige Reihenfolge. Im Vergleich zu den beiden anderen Algorithmen erzielt er zudem keine guten Ergebnisse und wird deshalb im Folgenden nicht weiter betrachtet.

Um für eine Woche eine optimale Rüstreihenfolge unter Berücksichtigung der Randbedingungen zu erhalten, benötigt das Simulated Annealing mit 200000 Iterationen in R 30 Minuten; für eine bloße Rüstoptimierung lediglich 5½ Minuten. Dabei ist aber stets ein mehrmaliges oder paralleles Ausführen nötig, da nicht immer eine optimale Lösung gefunden wird. Der Evolutions-Algorithmus erzielt bereits ab 15 Minuten brauchbare Ergebnisse, welche das Simulated Annealing jedoch mit etwas anderen Einstellungen (z.B. geringere Itera-

tionszahl) deutlich schneller erreicht. Um noch bessere Lösungen zu finden, benötigt der Evolutions-Algorithmus mit 1h bis 3h deutlich mehr Zeit, generiert aber auch mehrere Lösungen mit einem Mal. Insgesamt ließe sich die benötigte Zeit sicherlich stark reduzieren, wenn die Rüstmatrix voller besetzt wäre, da dann wesentlich schneller bessere Produktionspläne gefunden werden würden.

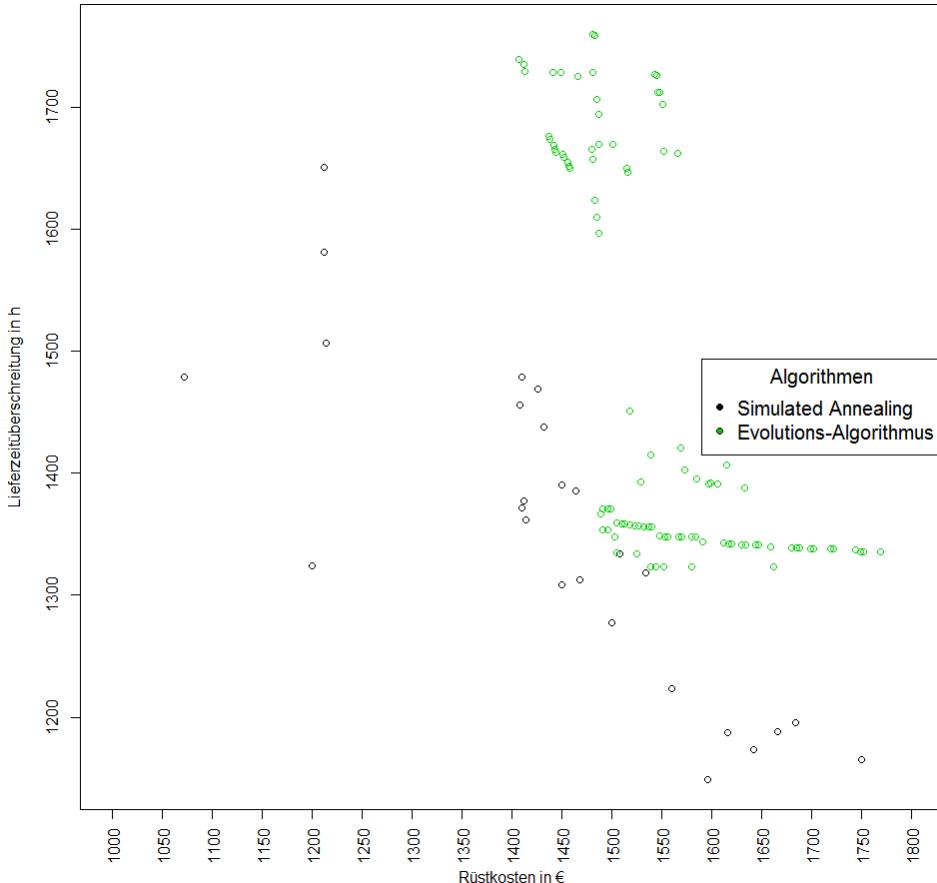


Abbildung 9: Lösungen für optimierte Produktionspläne einer Woche im Überblick. Zum Vergleich: Der ursprüngliche Plan liegt bei einer Lieferzeitüberschreitung von 1638 h und 4070 € Rüstkosten.

Aus Abbildung 9 geht hervor, dass das Simulated Annealing zumindest mit entsprechend vielen Durchläufen und verschiedensten Gewichten eine bessere bzw. minimalere Pareto-Front produziert als der Evolutions-Algorithmus, was relativ ungewöhnlich ist. Da letzterer in den meisten Anwendungsfällen zwar rechenaufwändiger ist, aber dafür bessere Ergebnisse liefert. Dies liegt sicherlich darin begründet, dass das Simulated Annealing in diesem speziellen Fall vor allem mit der spärlich besetzten Rüstmatrix einem lokalen Optimum besser entkommen kann und der Evolutions-Algorithmus zu früh mit all seinen Lösungen in solch einem stecken bleibt und dann keine Verbesserung mehr eintritt.

Verglichen mit den tatsächlich abgelaufenen Produktionsplänen ließen sich mit dem Simulated Annealing unter Verbesserung der Liefertreue (Reduktion der Lieferzeitüberschreitung um 35%) die Rüstkosten für die meisten Wochen um 50% bis 60% reduzieren. Das Erzeu-

gen mehrerer Lösungen benötigt zwar etwas Zeit, unterstützt aber den Anwender dahingehend, dass dieser im Nachhinein zwischen den zu optimierenden Parametern auswählen kann, welcher ihm wie viel wichtiger erscheint.

Es wurde gezeigt, dass mit den vorgestellten Werkzeugen bei der Produktionsplanung eine signifikante Einsparung der Verbräuche im Bereich der Rüstprozesse möglich ist und dabei ebenfalls zusätzliche Randbedingungen wie z.B. Materialfreigaben und Liefertermine berücksichtigt werden, um realitätsnahen Gegebenheiten Rechnung zu tragen.

Literaturverzeichnis

- [Apos13] Apostolos, Fysikopoulos; et al.: Energy efficiency of manufacturing processes: a critical review. s.l. : Procedia Cirp 7, 2013, S. 629.
- [Stan01] Stanton, Jeffrey M.: Galton, Pearson, and the Peas: A Brief History of Linear Regression for Statistics Instructors. In: *Journal of Statistics Education* 9, 2001.
- [ScHB10] Schneider, Astrid; Hommel, Gerhard; Blettner, Maria: Linear Regression Analysis. In: Deutsches Ärzteblatt International 107, 2010, S. 776-782.
- [PaOC09] Palmer, Philip B.; O'Connell, Dennis G: Regression Analysis for Prediction: Understanding the Process. In: Cardiopulmonary Physical Therapy Journal 20, 2009, S. 23-26.
- [BrAB14] Braun, M.R.; Altan, H.; Beck, S.B.M.: Using regression analysis to predict the future energy consumption of a supermarket in the UK. In: Applied Energy 130, 2014, S. 305-313.
- [Gelm05] Gelman, Andrew: Analysis of variance – Why it is more important than ever. In: The Annals of Statistics 33, 2005, S.1-53.
- [KaGr08] Kao, Lillian S.; Green, Charles E.: Analysis of Variance: Is There a Difference in Means and What Does It Mean? In: Journal of Surgical Research 144, 2008, S. 158-170.
- [AdAA14] Adebiyi, Ayodele A.; Adewumi, Aderemi O.; Ayo, Charles K.: Stock Price Prediction Using the ARIMA Model. In: UKSim-AMSS International Conference on Computer Modelling and Simulation 16, 2014, S. 105-111.
- [NoNo06] Nochai, Rangsan; Nochai, Titida: ARIMA Model for forecasting oil palm price. In: ResearchGate, 2006.
- [XuWu05] Xu, Rui; Wunsch II, Donald: Survey of Clustering Algorithms. In: IEEE Transactions on Neural Networks 16, 2005, S. 645-678.
- [FGHK02] Foslien, Wendy; Guralnik, Valerie; Harp, Steve; Koran, William: Application of Clustering Techniques to Energy Data to Enhance Analysts' Productivity. In: American Council for an Energy-Efficient Economy 7, 2002, S. 7.97-7.108.
- [NdSu11] Ndaliman, M. B.; Suleiman, U. Y.: An Economic Model for Break-even Analysis. In: International Conference on Mechanical and Manufacturing Engineering 2, Putrajaya, Malaysia, 2011.
- [An++08] Andresen, Michael; et al.: Simulated annealing and genetic algorithms for minimizing mean flow time in an open shop. In: Mathematical and Computer Modelling 48, 2008, S. 1279-1293.

- [MaEl99] Mansour, Nashat; El-Fakih, Khalid: Simulated Annealing and Genetic Algorithms for Optimal Regression Testing. In: Journal of Software: Evolution and Process 11, 1999, S. 19-34.

Kontakt

Martin Schmidt
Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden
Friedrich-List-Platz 1, 01069 Dresden
T +49 (0)351 462-3070, martin.schmidt@htw-dresden.de

Marco Kruse
Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden
Friedrich-List-Platz 1, 01069 Dresden
T +49 (0)351 462-3586, marco.kruse@htw-dresden.de

Prof. Dr. rer. pol. Dirk Reichelt
Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden
Friedrich-List-Platz 1, 01069 Dresden
Tel.: +49 (0)351 462 2614, dirk.reichelt@htw-dresden.de



Adaptives Auftragsmanagement für eine flexible Produktion

Axel Wagenitz, Jean Philip Zimmermann

Zusammenfassung

Adaptives Auftragsmanagement (ADAM) ist ein Konzept, dass das klassische Auftragsmanagement um Anpassungsfähigkeit erweitert. Die Hauptfunktion des Auftragsmanagements ist die Produktionsplanung, also die Zuweisung von Aufträgen auf kapazitiv begrenzte Ressourcen. Diese Planung basiert auf Prognosewerten für z.B. Ressourcenkapazitäten oder Auftragsbearbeitungszeiten. Im klassischen Auftragsmanagement wird diese Planung periodisch, häufig täglich oder wöchentlich, durch ein Enterprise-Resource-Planning-(ERP)-System durchgeführt. Auf Abweichungen der Ist-Werte von den Prognosewerten während der Fertigung kann nur manuell reagiert werden. Diese Planänderungen geschehen jedoch langsam und mit bedingter Berücksichtigung des Einflusses auf vor- und nachgelagerte Prozessschritte. Dies macht sich in einer niedrigen Gesamtauslastung und verlängerten Durchlaufzeiten bemerkbar. Um diesem Problem zu begegnen, basiert das am Business Innovation Laboratory der HAW Hamburg entwickelte Konzept dahingegen auf der dezentral verteilten Berechnung des Produktionsplans auf den einzelnen mit Computern ausgestatteten Ressourcen eines Produktions- und Logistiksystems. So gewährleistet ADAM ein kontinuierliches Angleichen der Kapazitätsnachfrage an das Kapazitätsangebot und optimiert damit die Auslastung und Durchlaufzeit in volatilen Umgebungen. Dies führt zu einer Verbesserung der Reaktionsfähigkeit des Auftragsmanagements und der logistischen Zielerreichung. Das Konzept wird bereits in einem Umsetzungsprojekt pilotiert, in dem Packbereiche aus dem Versandprozess eines Hamburger Autoersatzteile-Lieferanten durch ADAM permanent und gleichmäßig ausgelastet werden.

1 Einleitung

Ein effektives und effizientes Auftragsmanagement (auch Auftragsabwicklung) ist eine Grundvoraussetzung für eine hohe logistische Zielerreichung [ScHB13]. Der durch die Globalisierung zunehmende Wettbewerbsdruck, individualisierte Produkte, immer anspruchsvollere Kunden auf Käufermärkten und eine Annäherung von Preis und Qualität von Produkten und Dienstleistungen, machen logistische Zielgrößen wie Liefertreue und Lieferzeit zu wichtigen Kriterien für den Kauf von Produkten und Dienstleistungen – und damit zu einem Wettbewerbsfaktor, mit dem sich Unternehmen vom Markt differenzieren können und müssen. Auf volatilen Märkten ist es daher von großer Wichtigkeit, dass das Auftragsmanagement schnell und effizient auf Schwankungen von Parametern wie Liefermengen, Kundenwunschterminen oder Ressourcenkapazitäten reagieren kann, um den dem Kunden versprochenen Lieferservice zu halten. Am Business Innovation Lab (BIL) der Hochschule für angewandte Wissenschaften Hamburg (HAW Hamburg) wurde aus diesem Grund das Konzept des adaptiven Auftragsmanagements entwickelt, das Unternehmen dabei helfen soll, ihre Ressourcenplanung flexibel und schnell an Schwankungen dieser Parameter anzupassen und damit die Ressourcen auch in einer volatilen Umgebung permanent, gleichmäßig

und hoch auszulasten. Bevor dieses Konzept näher beschrieben wird, soll im Folgenden zunächst der Begriff des Auftragsmanagements definiert werden. Anschließend wird die Auswirkung der Digitalisierung auf das Auftragsmanagement diskutiert. Im vierten Kapitel wird das Konzept ADAM beschrieben, um daraufhin die Pilotierung des Konzepts in einem mittelständischen Unternehmen darzustellen.

2 Klassisches Auftragsmanagement

Im Rahmen des Auftragsmanagements werden Kundenaufträge verwaltet, Material disponiert sowie Produktionsprozesse geplant und gesteuert [ScLa06]. Die Produktionsprogrammplanung legt für einen definierten Zeitraum die herzustellenden Erzeugnisse nach Art, Menge und Termin (Bruttobedarf) fest, um den im Absatzplan definierten Kundenbedarf zu decken [ScLa06]. Um dieses Produktionsprogramm frühzeitig zu großen Teilen umsetzen zu können, wäre es für Unternehmen von Vorteil, wenn der Hauptanteil der geplanten Absatzmengen aus konkreten Kundenaufträgen bestehen würde. In Märkten, die durch die eingangs beschriebenen Trends (z.B. stark individualisierte Produkte) beeinflusst sind, ist allerdings die von den Kunden geforderten Lieferzeiten i.d.R. kürzer als die zu realisierenden Durchlaufzeiten der Produkte. In diesem Zusammenhang ist es sinnvoll sog. Kundenentkopplungspunkte (KEP) zu definieren und in der Planung zu berücksichtigen. Der KEP trennt die auftragsbasierte Fertigung von der kundenanonymen Vorratsproduktion [Schm08]. Ressourcen im Unternehmen wie Maschinen, Werkzeuge, Fördermittel oder Personal werden in der Arbeitsvorbereitung Arbeitsplänen zugeordnet. Auf Basis dieser Unterlagen und hinterlegter Zeitanteile können im Rahmen der Fertigungsauftragsterminierung Starttermine für Fertigungsaufträge festgelegt werden [ScLa06]. Auf Basis der terminierten Arbeitsgänge der Fertigungsaufträge und der den Arbeitsgängen zugeordneten Ressourcen für eine Planungsperiode wird in der Kapazitätsplanung der Kapazitätsbedarf ermittelt. Dem gegenüber steht das Kapazitätsangebot, das sich aus dem Betriebskalender und dem Schichtmodell abzüglich etwaiger Instandhaltungsaufträge ergibt. Am Ende dieses Prozesses steht ein Produktionsplan für die Planungsperiode. Ein realistischer und guter Produktionsplan ist eine notwendige Bedingung für eine gute Auslastung und niedrige Durchlaufzeiten in der Produktion jeglicher Waren und Dienstleistungen [Lödd08].

Die Position der einzuplanenden Arbeitsgänge in der Warteschlange einer Ressource wird in der Belegungsplanung bestimmt. In einer auftragsgesteuerten Produktion mit einem frühen KEP sind dezentrale Produktionssteuerungsmethoden zur Fertigungsauftragsfreigabe anzuwenden. Hierzu zählen klassische dezentrale Methoden wie Kanban oder Belastungsorientierte Auftragsfreigabe (BOA). Diese kommen jedoch bei sehr hohen Bedarfsschwankungen und Variantenvielfalt an ihre Grenzen, da dann der Organisationsaufwand die Vorteile der Steuerungsmethoden überwiegt.

Sind die Fertigungsaufträge freigegeben, wird ihre Abarbeitung im Rahmen der Fertigungsauftragsüberwachung anhand der gefertigten Mengen und Auftragstermine überwacht. Die Überwachung dient der Ableitung von Maßnahmen für die organisatorische Optimierung der Produktion. Auch die Ressourcen werden im Rahmen der Ressourcenüberwachung anhand ihrer Kapazität, Auslastung, Status und Warteschlange überwacht. Werden signifikante Abweichungen vom Plan (z.B. zu hohe Ausschussquote) oder Umwelteinflüsse mit Auswirkungen auf die initiale Ablaufplanung (bspw. fehlendes Material) festgestellt, müssen entsprechende Planänderungen vorgenommen und kommuniziert werden. Diese Planänderungen

gen sind in der Regel situationsbedingt und berücksichtigen daher nur die konkrete Aufgabenstellung. Etwaige Auswirkungen auf vor- und nachgelagerte Ressourcen oder Abläufe zu berücksichtigen erfordert zusätzlichen Aufwand in einem unterstützenden IT-System oder bei menschlichen Planern, der nicht immer, vor allem bei kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU), geleistet werden kann. Das Resultat ist eine situationsbedingte Planänderung eines Teilsystems der Produktion, dessen Auswirkungen auf nachgelagerte Prozesse teilweise zum Zeitpunkt der Änderung aufgrund der Komplexität des Gesamtsystems noch nicht abzusehen ist.

3 Digitales Auftragsmanagement

Das oben beschriebene klassische Auftragsmanagement kann durch ein ERP-System unterstützt werden. Darüber hinaus existieren Manufacturing Resources Planning (MRP, MRP II) Module, konzipiert zum Planen und Steuern von Produktionsprozessen. MRP Module wurden allerdings in einer Zeit entwickelt, in der die Märkte noch wenig volatil waren und in hohen Stückzahlen sowie funktionaler Arbeitsteilung produziert werden konnte. Heute muss die Produktion jedoch wesentlich reaktionsschneller, flexibler und wandlungsfähiger sein. Die periodische Produktionsplanung, die ohne Berücksichtigung der genauen Ist-Situation in der Fertigung und nur auf Basis von Absatzplandaten durchgeführt wird, resultiert in einer Ablaufplanung von Fertigungsaufträgen, die von der Produktion häufig so nicht umsetzbar sind [Sc++17]. Untertätig festgestellte Planabweichungen erfordern dann Korrekturmaßnahmen mit Auswirkungen auf den Gesamtplan, die zum Zeitpunkt des Eingriffs noch nicht ersichtlich sind. Das führt wiederum zu operativer Hektik, Terminverletzungen, Rückständen und teuren Sonderschichten. Das ERP-System kennt nur die theoretische Durchlaufzeit, die sich aus der Summe von Rüstzeiten, Bearbeitungszeiten und Übergangszeiten zusammensetzt, nicht jedoch die Durchlaufzeit verlängernden Stillstandszeiten, zu lange Warte- und Liegezeiten, Transportzeiten, übergroße Umlaufbestände, etc. So ist die benötigte Echtzeit-Regelung der Produktion nicht möglich [Klet07]. Warte- und Liegezeiten treten jedoch nicht nur in der Produktion, sondern auch in der Administration auf. Sie werden im großen Maße durch Medienbrüche und manuelle Prozessschritte verursacht. Abbildung 1 zeigt exemplarisch die Liege- und Arbeitszeiten verketteter Prozesse in der administrativen Auftragsbearbeitung.

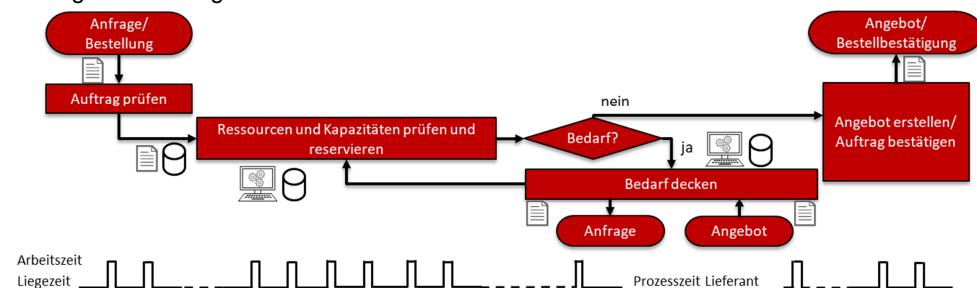


Abbildung 1: Administrative Auftragsbearbeitung im digitalen Auftragsmanagement (eigene Abbildung)

Es ist zu erkennen, dass die Liegezeit die Arbeitszeit um ein Vielfaches übersteigt und damit einen Großteil der Durchlaufzeit ausmacht. Die manuellen Prozessschritte und die Medien-

brüche führen im Weiteren zu einer geringen Prozesstransparenz. Ergebnis ist eine geringe Reaktionsfähigkeit auf Veränderungen von Auftragsdaten, Kapazitäten oder Lieferterminen. Den Ansatz der IT-Unterstützung der ganzheitlichen Betrachtung der Leistungserstellung gab es bereits beim Konzept des Computer Integrated Manufacturing (CIM). Dieses sieht eine Vollautomatisierung der Produktion durch Computer-Steuerung vor [Sode14]. CIM als zentrales Steuerungskonzept zeichnet sich jedoch durch einen hohen Verwaltungsaufwand, Starrheit und geringe Wandelbarkeit aus. Damit eignet sich CIM nicht für die Anwendung in der auftragsgesteuerten Produktion, kann aber in einer Massenfertigung durchaus von Vorteil ein. Digitales Auftragsmanagement dahingegen zeichnet sich durch ein ganzheitliches Logistikmanagement, dezentrale Selbststeuerung sowie durchgängige Nutzung von Daten aus. Die digitale Erfassung und Weiterverarbeitung von Prozessgrößen führt zu einer Steigerung der Transparenz von technologischen und organisatorischen Prozessen. Dies reduziert die Fehlerwahrscheinlichkeit bei der Weitergabe von Informationen und beschleunigt die Prozessketten [SSLL17]. Die Verfügbarkeit und Auswertung von aktuellen, hochauflösenden Informationen können die Prozessabläufe verschiedener Funktionen des Auftragsmanagements optimieren. Eine durchgängige Nutzung der Daten, unter Vermeidung von Medienbrüchen, ist dabei unerlässlich.

So können Vertriebsdaten neben oder statt dem Absatzplan direkt für die Primärbedarfsermittlung und damit zur Produktions- und Logistiksteuerung genutzt werden [Sc++17]. In der Materialdisposition ermöglicht die Bestandsaufzeichnung in hoher Granularität eine deutlich bessere Datengrundlage für eine stochastische Bedarfsermittlung [Sc++17]. Durch eine unternehmensübergreifende Integration der verschiedenen IT-Systeme für die unterschiedlichen Prozessschritte der Produktion und Unternehmensplanung von Zulieferern zu einer durchgängigen Lösung kann auch die Beschaffungsartzuordnung optimiert werden: Die Realisierbarkeit von geplanten Abrufen kann durch einen durchgängigen Informationsfluss effizienter und ohne lange E-Mail-Kontakte geprüft werden [Acat13].

Um in der steigenden Komplexität einer Produktionssteuerung mit hohem Auftragsbezug, hoher Variantenvielfalt und geringen Losgrößen Transparenz zu schaffen, sind dezentrale Steuerungsmechanismen und Echtzeitdatenerfassung essentiell. Cyber-physische Systeme (CPS) und intelligente Objekte unterstützen dabei die Echtzeitdaten zu erfassen und zu kommunizieren. Sie ermöglichen so eine dezentrale Selbststeuerung von Produktionseinheiten unter Berücksichtigung sich stetig ändernder Umwelteinflüsse. Flächendeckende Betriebs- und Leistungsdatenerfassung ermöglichen eine kontinuierliche Ermittlung des Kapazitätsangebots und damit eine Echtzeit-Kapazitätsplanung sowie eine starke Erhöhung der Reaktionsfähigkeit. Dies bildet die Grundlage für ein adaptives Auftragsmanagement, mit dem die Auftragsreihenfolge und -zuordnung im Rahmen der Fertigungsauftragsterminierung jederzeit an die Ist-Situation in der Fertigung angepasst werden kann. Dadurch sind die Start- und Endtermine der einzelnen Arbeitsgänge als Ergebnis der Fertigungsauftragsterminierung mit größerer Wahrscheinlichkeit zutreffend und realisierbar [Sc++17]. Dieses Konzept des adaptiven Auftragsmanagements wird im folgenden Kapitel erläutert.

4 Adaptives Auftragsmanagement

Adaptives Auftragsmanagement (ADAM) ist ein Konzept, das das klassische Auftragsmanagement um eine Echtzeitanpassungsfähigkeit erweitert. Die operative Hauptfunktion eines jeden Auftragsmanagementsystems ist, wie oben beschrieben, die Ablaufplanung, also die

Zuweisung von Aufträgen als Abfolge auf kapazitiv begrenzte Ressourcen. Diese Planung basiert auf Prognosewerten für Planungsparameter wie z.B. Ressourcenkapazitäten, Ressourcenverfügbarkeiten oder Auftragsbearbeitungszeiten. In den gegenwärtig angewendeten Auftragsmanagementsystemen wird diese Planung periodisch, häufig täglich oder wöchentlich, durch ein ERP- oder MES-System durchgeführt. Die Überwachung der Einhaltung des Planablaufs erfolgt in der Regel über die terminlich rechtzeitige Rückmeldung der Aufträge im ERP. Solange die Rückmeldung nicht erfolgt ist, muss die Planungsabteilung davon ausgehen, dass der Plan eingehalten wird. Für valide Informationen müssen zusätzliche Informationen erfragt werden. Auf eventuell festgestellte Abweichungen der Ist-Werte von den Prognosewerten während der Auftragsabwicklung kann insbesondere nur manuell reagiert werden. Diese Planänderungen geschehen jedoch langsam und mit stark vereinfachter Berücksichtigung des Einflusses auf vor- und nachgelagerte Prozessschritte. Dieses Vorgehen bedingt eine niedrige Gesamtauslastung und verlängert dementsprechend signifikant die Durchlaufzeiten.

ADAM löst dieses Problem durch dezentral verteilte Berechnungen eines ressourcenweisen Ablaufplans. Die ressourcenweisen Berechnungen werden auf den einzelnen, mit Computern ausgestatteten Ressourcen eines Produktions- und Logistiksystems ausgeführt.

Durch die Ausstattung der Ressourcen mit Computern werden diese zu CPS erweitert, die untereinander kommunizieren können. Über Schnittstellen lassen sich auch Aktoren und Sensoren anschließen. Auf den CPS ist ein digitales Modell hinterlegt, welches den jeweils relevanten Teil der gesamten Produktions- und Logistikumgebung umfasst. Die ebenfalls hinterlegte Planungs-Engine plant, basierend auf dem Modell und aktuellen Stamm- und Bewegungsdaten aus dem ERP, den Ablaufplan für die zugehörige Ressource. Die für alle Ressourcen relevanten Daten zur Planung werden über eine Schnittstelle ausgetauscht. Der Planungsablauf ist in Abbildung 2 dargestellt.

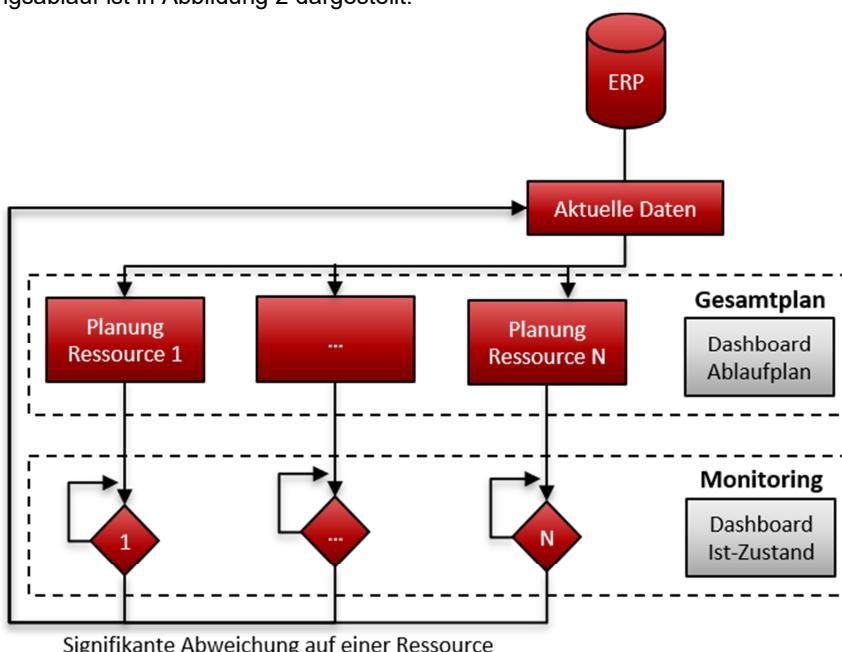


Abbildung 2: Dezentraler Ressourcenplanungsablauf im adaptiven Auftragsmanagement (eigene Abbildung)

Nach einer jeweiligen initialen Planung durch die Planungs-Engine werden die an der Ressource eingeplanten Aufträge sowohl an der Ressource selbst als auch auf einem Gesamt-dashboard angezeigt. Die Auftragsbearbeitung und die Leistungsdaten der Ressource werden dezentral, das heißt von der Ressource selbst überwacht. Stellt eine Ressource eine signifikante Abweichung seiner Ist-Werte von den prognostizierten Planungswerten fest, werden alle Ressourcen aufgefordert, die Auswirkungen auf ihren jeweiligen Plan zu überprüfen und diesen gegebenenfalls durch eine Neuplanung anzupassen.

Durch das durchgängige Auftragsmanagement in ADAM werden Medienbrüche und manuelle Prozessschritte vermieden. Die dezentrale Erfassung ressourcenbezogener Echtzeitdaten ermöglicht ein permanentes Monitoring des Ist-Zustandes. Dies ermöglicht ein kontinuierliches Angleichen der Kapazitätsnachfrage an das Kapazitätsangebot. Folglich wird der Planungsaufwand – und damit die Durchlaufzeit – in volatilen Umgebungen verringert und die Durchlaufzeit bei gleichmäßiger Auslastung verringert. In Summe führt das Konzept zu einer drastischen Erhöhung der Reaktionsfähigkeit des Auftragsmanagements.

5 Umsetzungsprojekt

Aktuell befindet sich ADAM in der Pilotierung in einem Umsetzungsprojekt mit einem Hamburger mittelständischen Unternehmen, das Autoersatzteile für den freien Teilemarkt entwickelt, herstellt und vertreibt. Auf 29.000 m² Lagerfläche und über 56.000 Palettenplätzen lagern rund 20.000 Endprodukte. Täglich werden 10.000 Artikel kommissioniert und gepackt und damit für den Versand zum Kunden vorbereitet. Engpass im Auslieferungsprozess sind die 15 Packbereiche, an denen die Kundenaufträge für den Versand zum Kunden vorbereitet werden. Die Einlastung der Aufträge auf die Packbereiche erfolgte bislang manuell durch Disponenten. Fehlende Plan-Bearbeitungszeiten und untätigige Abweichungen von der Plan-Kapazität führten allerdings zur Problematik von schwankender und ungleichmäßiger Auslastung der Packplätze und mangelnder Harmonisierung der Auslastung zwischen den Packplätzen und den vorgelagerten Kommissionierzonen. Ziel ist es daher, für eine permanente und gleichmäßige Auslastung der Packbereiche zu sorgen.

Hierfür wurde das reale Auslieferungslager mit seinen Kommissionierzonen, den dort eingelagerten Teilen, den Packbereichen als Kapazitätslieferanten und weiteren Parametern modelliert. Das so entstandene digitale Modell des Lagers dient der Planung der Kundenaufträge, die untätig aus dem ERP-System übernommen werden, auf die Packbereiche durch eine Planungs-Engine. Das Modell und die Engine liegen jeweils auf einem Tablet, mit dem die Packbereiche ausgestattet werden sollen. Um eine realistische Initial-Planung vornehmen zu können, wurden zunächst aus historischen Packdaten Plan-Bearbeitungszeiten berechnet.

Der durch die Engine für den Packbereich ermittelte Ablaufplan soll über das Tablet angezeigt werden. Der dort arbeitende Mitarbeiter bearbeitet die Aufträge gemäß Ablaufplan ab und gibt über das Tablet den Start- und Endzeitpunkt der Auftragsbearbeitung jedes Auftrages an. Durch dieses Monitoring ist der Abgleich der erfassten Ist-Bearbeitungszeiten mit den der Initial-Planung zugrundeliegenden Plan-Bearbeitungszeiten möglich. Bei einer signifikanten Abweichung wird eine Neuplanung auf Basis der Ist-Zeiten angestoßen und alle Tablets an den anderen Packbereichen aufgefordert, über ihre Planungs-Engine die Auswirkungen auf ihren jeweiligen Plan zu überprüfen und diesen gegebenenfalls durch eine Neuplanung ebenfalls anzupassen. So sollen Rückstände und Vorgriffe der Packer in der Auf-

tragseinplanung kontinuierlich berücksichtigt und damit Warteschlangenbildung und ungleichmäßige Auslastung vermieden werden. Zur Überwachung würden sich auf einem Dashboard der gesamte Ablaufplan, die aktuelle Auslastung und Kennzahlen und -linien zum Gesamtprozess anzeigen lassen.

Da die Umsetzung noch nicht abgeschlossen ist, kann noch nicht angegeben werden, welchen Einfluss der Einsatz von ADAM in der Produktionsplanung auf die Auslastung hat. Der initiale Produktionsplan konnte jedoch dank der eingeführten Bearbeitungszeit-Prognose so berechnet werden, dass die Gesamtauslastung der Packbereiche im Mittel bei 99 % liegt.

6 Fazit und Ausblick

ADAM hat das Potential die Auslastung von Ressourcen in volatilen Umgebungen zu nivellieren und bei ausreichender Auftragslast zu erhöhen. Das Hauptparadigma des Konzeptes, das Adaptieren des Planes bei Abweichungen von den Planungsparametern, konnte in der Pilotierung noch nicht getestet werden. Hierzu müssen im weiteren Verlauf die Packbereiche mit Tablets zurmitarbeitergestützten, kontinuierlichen Erfassung der Auftragsbearbeitung und des Ressourcenzustandes ausgestattet werden. Daran anschließend muss die Gesamtauslastung des Systems unter Anwendung von ADAM ermittelt werden.

Literaturverzeichnis

- [Acat13] Acatech: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0, 2013.
- [Klet07] Kletti, Jürgen: Konzeption und Einführung von MES-Systemen. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2007.
- [Lödd08] Lödding, Hermann: Verfahren der Fertigungssteuerung. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2008.
- [NY++17] Nyhuis, Peter / Hübner, Marco / Quirico, Melissa / Schäfers, Philipp / Schmidt, Matthias: Veränderung in der Produktionsplanung und -steuerung. In: Reinhart, Gunther: Handbuch Industrie 4.0. Carl Hanser Verlag, München, 2017, S. 34–50.
- [ScHB13] Schuh, Günther; Hering, Niklas; Brunner, André: Einführung in das Logistikmanagement. In: Schuh, Günther; Stich, Volker (Hg.): Logistikmanagement. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2013, S. 1–33.
- [ScLa06] Schuh, Günther; Lassen, Sven: Funktionen. In: Schuh, Günther (Hg.): Produktionsplanung und -steuerung. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2006, S. 195–292.
- [Schm08] Schmidt, Matthias: Produktionsplanung und -steuerung. In: Arnold, Dieter et al. (Hrsg.): Handbuch Logistik. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2008, S. 323–343.
- [Sc++17] Schmidt, Matthias; Nyhuis, Pete; Schäfers, Philipp; Quirico, Melissa; Hübner, Marco: Potenziale der Digitalisierung für die Aufgaben der PPS. In: Reinhart, Gunther: Handbuch Industrie 4.0. Carl Hanser Verlag, München, 2017, S. 34–50.
- [Sode14] Soder, Johann: Use Case Production. In: Bauernhansl, Thomas; ten Hompel, Michael; Vogel-Heuser, Birgit: Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2014, S. 85–102.

- [SSLL17] Schlick, Jochen; Stephan, Peter; Loskyll, Matthias; Lappe, Dennis: Industrie 4.0 in der praktischen Anwendung. In: Handbuch Industrie 4.0 Bd. 2. Springer Verlag, Berlin, 2017, S. 3–30.

Kontakt

Dr. Axel Wagenitz
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Berliner Tor 5, 20099 Hamburg
T +49 4042875-6965, axel.wagenitz@haw-hamburg.de

B.A. Jean Philip Zimmermann
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Berliner Tor 5, 20099 Hamburg
T +49 4042875-6907, jeanphilip.zimmermann@haw-hamburg.de

Implementierungskonzept für ein digitales Enterprise Asset Management

Bettina C.K. Binder, Frank Morelli, Philipp Czemann

Management Summary

Traditionelles Asset Management benutzt Instrumente wie Bilanz, Anlagenspiegel, und Abschreibungsmodelle zur Darstellung des Anlagevermögens ohne Berücksichtigung von Potenzialen der digitalen Transformation. Wie man ein Enterprise Asset Management im Zeitalter der Digitalisierung umsetzen kann, wird anhand eines Steuerungszzyklus in 7 Schritten veranschaulicht. Ferner gibt das Autorenteam Empfehlungen, anhand welcher Kriterien digitalisierte Prozesse für eine Implementierung von innovativen, prozessorientierten Key Performance Indicators (KPIs) ausgewählt werden sollen.

1 Einleitung

Das Anlagenmanagement gestaltet Planung, Steuerung und Kontrolle des Lebenszyklus von Anlagen im Unternehmen unter Berücksichtigung von legalen und kritischen externen Anforderungen. Der Lebenszyklus umfasst den Zeitraum der mit einer Anlage verbundenen Wertschöpfung, also beispielsweise Konzeption, Herstellung oder Beschaffung, Nutzung, Instandhaltung, Modernisierung und Entsorgung bzw. Übergabe an Dritte.

Anlagenobjekte lassen sich zu Anlagesystemen zusammenschließen, die in einzelnen Gruppen bzw. im ganzheitlichen Zusammenwirken den Anlagebestand bilden. Diese Gesamtheit gilt es im Sinne eines Enterprise Asset Managements zu gestalten. Beispiele hierfür bilden Produktionsanlagen und das gesamte Fertigungssystem eines Unternehmens. Anlagenobjekte, -struktur und –bestand weisen jeweils unterschiedliche Lebenszyklus-Phasen auf. Ferner können unterschiedliche technologische Rahmenbedingungen verschiedene Phasenstrukturen erfordern. Unabhängig von der jeweiligen Branche erweist es sich i.d.R. als komplexe Aufgabe, einzelne Lebenszyklus-Phasen auf Anlagenbestandsebene zu ermitteln.

2 Enterprise-Asset-Management-Charakteristika und -Herausforderungen

2.1 Vom Asset Management zum Enterprise Asset Management

Unternehmensleitung und Management nutzen typischerweise Instrumente der Jahresabschlussanalyse wie die Bilanz, die Gewinn- und Verlustrechnung und das Cash Flow Statement zur monatlichen, quartalsweisen oder jährlichen Steuerung, Planung und Kontrolle im Unternehmen. Direkten Einfluss zur Profitsteigerung im Unternehmen haben somit Tools des Asset Managements, auf die Anlagen und Abschreibungen (Assets und Afa). Darüber hinaus können die Asset-relevanten Kosten, Risiken und die Performance aus Kennzahlen wie OPEX (Operating Expenditures) und CAPEX (Capital Expenditures) bestimmt werden. Innerhalb dieser Instrumente werden im Asset Management heutzutage oft keinerlei Potentiale digitaler Transformation berücksichtigt [KrüA16, S. 5 f.].

In der Bilanz wird auf der Aktivseite das Anlagevermögen (AV) aufgeführt, das vor allem aus Maschinen und materiellen sowie immateriellen Vermögensgegenständen (z.B. Patenten) besteht. Damit sich das Anlagevermögen zum Bilanzstichtag (meist 31.12.) ausweisen lässt, muss man die Position auf Basis von Vergangenheitswerten ermitteln. Verantwortlich ist dafür die Abteilung der Finanzbuchhaltung. Die Ermittlung unterliegt unterschiedlichen Rechnungslegungsgrundsätzen wie z.B. Vorschriften nach Handelsgesetzbuch (HGB), internationale Rechnungslegungsvorschriften nach „International Financial Reporting Standards“ (IFRS) und / oder Vorschriften nach den amerikanischen „General Accepted Accounting Principles“ (US-GAAP). Welche der Rechnungslegungsvorschriften das Anlagevermögen in welcher Höhe ermittelt, hängt davon ab, wo sich der Sitz der Muttergesellschaft und die Standorte der Tochtergesellschaften eines Unternehmens befinden [BSPB07, S. 469 f.].

Neben der Bilanz dient in der Abteilung Controlling vor allem die Gewinn- und Verlustrechnung (GuV) zum Ausweis der Abschreibungen als Aufwandsposition. Abgeschrieben wird auf diese Weise der Werteverzehr einer Geschäftsperiode (z.B. eines Monats) oder die Verschrottung bestimmter Anlagengegenstände, die an Wert eingebüßt haben.

Wird so eine immer höhere Abschreibungsposition ausgewiesen, verringert diese das Anlagevermögen in der Bilanz. entsprechend (was einem Plausibilitätscheck zwischen Bilanz und GuV entspricht). Verschiedene Abschreibungsmodelle können dazu eingesetzt werden, von der linearen Abschreibung einer Anlage, die den Anschaffungswert durch die Nutzungsdauer dividiert, zu degressiven Abschreibungen überzugehen, die eine Anlage mit einem festgesetzten Wert von z.B. 20 % jährlich abschreiben und so den Wert vermindern. Bevor Abschreibungen in die GuV monatlich aufgenommen werden können, muss man sie im Anlagenpiegel ausweisen. Dort wird das Anlagevermögen entsprechend seines Werteverlusts um die Abschreibungen verringert und angepasst [SeiG14, S. 12 ff.].

Traditionelles Asset Management befasst sich demnach mit den Instrumenten der Bilanz und GuV und der Optimierung der darin enthaltenen Positionen des AVs und der Abschreibungen. Damit treten Investitionen und Portfolios für einzelne Anlagen in den Vordergrund, die sich Investitionsrechenverfahren (aus einem Fundus statischer und dynamischer Methoden) bedienen und Anlagen bzw. verschiedene Investitionsalternativen innerhalb von Portfolios einordnen und bewerten. Asset Management spielt vor allem für einzelne Unternehmen als auch für die als Investoren beteiligten Fondsgesellschaften bei Unternehmenszukaufen im Rahmen von Mergers & Acquisitions (M&As) eine Rolle, sowie bei Börsengängen „Initial Process Offerings“ (IPOs). Die Investition in Immobilien wird ebenso unter Asset Management verstanden, wie die Investition in Hedgefonds und in Eigenkapital in Form von Private Equity. Bewertet werden i.d.R. das Anlagevermögen, die Abschreibung, das Eigenkapital und weitere Kosten zum Ankauf bzw. Verkauf von Immobilien. Dabei handelt es sich weitgehend um vergangenheitsorientierte Positionen in der Bilanz und GuV, die weder prognostisch für zukünftige Pläne erarbeitet werden, noch in Prozessabläufe eingebunden sind, schon gar nicht in digitalisierte Prozesse [GoeU07].

Traditionell werden im Asset-Management in der Praxis oftmals Kennzahlen wie Anlagevermögen, Return on Net Assets (RONA), Return on Assets (ROA), und Abschreibungen eingesetzt. Traditionelles Asset Management benutzt als zugehörige Informationsquellen Instrumente wie Bilanz, Anlagenpiegel, und Abschreibungsmodelle zur Darstellung des Anlagevermögens [WJSE12, S. 105 ff.]. Eine Berücksichtigung von Potenzialen der Digitalisierung findet in diesem Zusammenhang nicht statt.

Die Bedeutung des Enterprise Asset Managements erschließt sich aus den internationalen Normen ISO 55000 – 55002. Sie besteht nur bedingt in der technischen Optimierung des Anlagebestands selbst, sondern aus der damit verbundenen Wertschöpfung. Der Terminus „Asset“ beschreibt Elemente, Gegenstände oder Einheiten, die jeweils einen möglichen oder tatsächlichen Wert besitzen. Dieser Wert kann stark variieren, materieller oder immaterieller, finanzieller oder nichtfinanzierter Art sein.

Mit Enterprise Asset Management geht der Abgleich von Kosten und Nutzen sowie Chancen und Risiken einher. Ein wesentliches Instrument für zugehörige Entscheidungen liefern Leistungskennzahlen bzw. Key Performance Indicators (KPIs). Sie erweisen sich als notwendige Bedingung für ein ganzheitliches Management. Typische Beispiele sind Anlagenrendite, externe Kritizität der Produktionsanlagen (z.B. aus der Kundenperspektive), interne Kritizität der Geräte („Bottlenecks“), und Betriebskosten für die Funktionssicherheit.

2.2 Enterprise Asset Management und digitale Transformation

Die digitale Transformation stellt im Enterprise-Asset-Management-Kontext eine besondere Herausforderung dar. Als Beispiel sei die Instandhaltung genannt: Sie fungiert als Bestandteil des Anlagenmanagements und besitzt in der Praxis insbesondere auf der Anlagenstruktur- und Anlagenobjekt Ebene hohe Relevanz. Zugehörige Aktivitäten im Sinne von Austausch von Maschinen oder Komponenten stehen in Relation zur Planung und Steuerung von Kundenaufträgen und Fertigungsprogrammen sowie Investitionsprozessen. Die Instandhaltung kann beispielsweise einen wichtigen Beitrag zur Festlegung der wirtschaftlichen Nutzungsdauer von Anlagenstrukturen leisten und damit die Lebenszyklus-Kosten beeinflussen. Dies umschließt sowohl direkte als auch indirekte Kosten.

Ein zukunftsorientierter Ansatz innerhalb der Instandhaltung ist das proaktive Condition Monitoring (CM). Dieses Konzept legt eine regelmäßige, ggf. sogar permanente Erfassung von Anlagen- bzw. Maschinendaten zugrunde. Im Sinne der digitalen Transformation lassen sich Verbesserungspotenziale insbesondere durch echtzeitbasierte, präskriptive und ggf. prädiktive IT-Lösungen umsetzen: Ein zugehöriger integrierter und flexibler Ansatz vermag es, Probleme und Einschränkungen von reaktivem und proaktivem CM zu beseitigen, die Ressourceneffizienz zu optimieren und gleichzeitig eine hinreichende Ausfallsicherheit zu gewährleisten:

Durch den Einsatz von CM lassen sich bestimmte operative Aktivitäten im Umfeld von Fehlerentdeckung, Fehleridentifikation, Fehlerdiagnose, Prozess-Wiederherstellung/Intervention, Wartung und Fehlervermeidung bei der Entscheidung unterstützen [LaRP02, S. 14 ff] oder teilweise bzw. vollständig autonom übernehmen. Algorithmen realisieren dabei die repetitive (Routine-)Erfassung und Auswertung in Echtzeit.

Auf der Ebene strategischer Entscheidungen lässt sich mittels „Smart Data“ eine höhere diagnostische Effektivität erzielen [LaRP02, S. 11 f.]. Hierbei geht es um die Planung, Steuerung und Kontrolle von Lebenszyklen in der Fabrik, die mit der Zustandsüberwachung von Produktionsmitteln und der Wartung verknüpft sind [Hopp14, S. 250 f.].

Zusätzlich können auf dieser Basis weitere Gestaltungsmöglichkeiten in den damit verbundenen Prozessen und ggf. auch in den Geschäftsmodellen erschlossen werden. Die Digitalisierung bietet Anwendungsunternehmen die Chance, den eigenen Kunden Mehrwertservices zu bieten, die wiederum deren Arbeitsprozesse verbessern: Beispielsweise lässt sich die „Remote Maintenance“ von Blockheizkraftwerken und Dampfgeneratoren vom Hersteller zu einem CM erweitern. Eine solche Lösung ermöglicht es dem Kunden, seine Anlagen effizient und ausfallsicher zu betreiben und ihre Anlageneffektivität zu verbessern.

Die Einführung und Messung von optimierten Prozessen im Asset Management Lebenszyklus bedeutet, neues Wissen und Fähigkeiten zu nutzen, unterschiedliche prozessorientierten KPIs einzusetzen und ggf. andere Verantwortlichkeiten festzulegen [AtzS11, S. 38f.]. Entsprechend muss ein zeitgemäßes, auf digitale Transformation ausgerichtetes Enterprise Asset Management im Sinne eines prozess- und lebenszyklusorientierten Performance Measurements neue KPIs wie z.B. „Order Cycle Time Efficiency“ (OCTE), „Overall Equipment Effectiveness“ (OEE) und „Customer Satisfaction Index“ (CSI) nutzen. Zum Management entsprechender Kennzahlen im Sinne einer systematischen Entscheidungsunterstützung ist der Aufbau eines umfassenden, echtzeitbasierten Informationssystems erforderlich. Dies umschließt alle Unternehmensebenen und wechselseitige Informationsbeziehungen. Darüber hinaus können die Asset-relevanten Kosten, aus Kennzahlen wie OPEX (Operating Expenditures) über den Lebenszyklus einer Anlage bestimmt werden wie z.B. Einsatzkosten, Rüstkosten, Bearbeitungskosten einer Anlage. CAPEX (Capital Expenditures) liefert Kennzahlen wie z.B. Akquisitionskosten für eine neue Investition, Kosten im Controlling Bereich zum Investitionsalternativen-Vergleich, die in der Digitalisierung einfacher erfassbar sind und in Echtzeit berücksichtigt werden können [WJSE12, S.105].

Mit den Chancen durch die digitale Transformation gehen für das Enterprise Asset Management aber auch Risiken einher: Diese beinhalten bei der Datenerfassung und -auswertung z.B. die Gefahr von Redundanzen und Inkonsistenzen, ggf. auch Interpretationsfehler durch fehlerhafte Signalanbindung oder durch unvollständige Verarbeitungsalgorithmen. Im Sinne der Objekt- und Prozess-Steuerung von Anlagensystemen besteht das Risiko fehlerhafter automatisierter Diagnosen. Im Hinblick auf den „Faktor Mensch“ kann es zur ineffizienten Nutzung rollenübergreifender und erfahrungsbasierter Potenziale durch mangelnde Anpassung von Verantwortlichkeiten kommen. Ferner besteht die Gefahr durch Cyber-Angriffe und damit verbunden eine Ausweitung des Schadenspotenzials in erheblichem Umfang.

3 Von klassischen KPIs zu prozessorientierten Kennzahlen

Typische Metriken innerhalb eines Unternehmens, das aktiv Asset Management betreibt, sind neben den absoluten Kennzahlen wie Anlagevermögen (AV), Absetzung für Abnutzung (Afa) und Investitionen, folgende relative KPIs: „Return on Net Assets“ (RONA) = $EBIT / \text{durchschnittliche Net Assets}$, „Return on Investment“ (ROI) = Gewinn / Kapital, „Return on Assets“ (ROA) = Gewinn / Assets, „Return on Equity“ (ROE) = Gewinn / Eigenkapital, „Return on Capital“ (ROC) = Gewinn + Zinsen / Kapital und „Return on Capital Employed“ (ROCE) = $EBIT / \text{Gesamtkapital} - \text{nicht-zinstragende Schulden}$. In allen Fällen werden die verhältnisorientierten Renditekennzahlen auf Basis von Vergangenheitswerten ermittelt [RTKM11, S.87 ff.]. Da sie Positionen aus GuV und Bilanz enthalten, werden diese Daten stichtagsbezogen herangezogen und unterliegen häufig keinem prognostizierbaren Trend, sondern lediglich einer einmaligen tages- bzw. monatsgenauen Betrachtung, die sich umgehend wieder ändern kann. Aktuell werden bei der Berechnung traditioneller KPIs häufig keine digitalen Potenziale berücksichtigt.

Innovative Prozesskennzahlen, die erste Aspekte der Digitalisierung enthalten sind z.B. OCTE, OEE und CSI. Diese Kennzahlen sind prozessorientiert und messen den Lebenszyklus der eingesetzten Anlagen. Während bei der OCTE die Auftragsdurchlaufzeit an einer Anlage ermittelt wird, sollte diese Kennzahl auch eine Optimierung innerhalb des magischen

Dreiecks der Kosten (des Prozessaufwands), der Qualität (des Prozessergebnisses) und der Zeit (der Prozessdurchlaufzeit) erreichen [RopJ13, S. 10 ff.]. Mit der Auftragsdurchlaufzeit hängen auch Kennzahlen zusammen wie Day-Sales-Outstanding (DSO), Zeit der Auftragsabwicklung, Reklamationszeit und Termineinhaltung des Prozesses. Diese können ebenfalls Effekte der Digitalisierung transparent machen.

Beim Key Performance Indicator OEE geht es um die digitale Messung einer Anlage und die Feststellung in welcher Lebenszyklusphase sich diese befindet, an welchem Standort und welche Kapazitäten mit welcher Qualifikation mit der Anlage zusammenarbeiten (z.B. Roboter oder menschliche Facharbeiter). Da es sich hierbei um einen individuell ermittelbaren Indikator handelt, der die Effektivität auf Basis einer subjektiv ermittelten Äquivalenzkennziffer repräsentiert, ist er geeignet, um darin auch das Digitalisierungspotential abzubilden.

Eine Kennzahl die ebenfalls das Potential digitalisierter Prozesse berücksichtigt, ist der CSI. Dieser misst die interne und externe Kundenzufriedenheit in regelmäßigen Abständen (z.B. einmal jährlich) für den Auftragsabwicklungsprozess und seine Varianten [BBMFOTRU16; S.67 f.], die nachvollziehbar dokumentiert über bestimmte Anlagen im Betrieb gefertigt wurden. Die Zurverfügungstellung von digitalen Anlagen- und Auftragsdaten in Echtzeit verbessert die Prozessmessung für die einzelnen Kunden und vereinfacht damit eine Kundenanalyse und Clusterung in Kundengruppen im Sinne einer ABC-Analyse.

Parallel hierzu werden die Prozesskennzahlen nach ISO 9001 in folgende 7 Kategorien unterteilt [CasM07, S. 47ff.], die z.B. durch Echtzeitdaten zunehmend Enterprise-Asset-Management-Potentiale der Digitalisierung berücksichtigen.

- Ergebniskennzahlen (z.B. Anzahl fehlerfreier Leistungen und Kosten pro Leistungseinheit an einer Anlage),
- Steuerungskennzahlen (z.B. Durchlaufzeit eines Auftrags pro Anlage),
- Störungskennzahlen (z.B. Reklamationskosten eines Auftrags pro Anlage),
- Inputkennzahlen (z.B. Qualitätsstand eines Produktes nach Fertigungsabschluss an einer Anlage),
- Effektivitätskennzahlen (z.B. Termineinhaltung und Einhaltung der Qualitätsstandards bei Produktfertigstellung an einer Anlage),
- Effizienzkennzahlen (z.B. Investitionskosten für die Prozessoptimierung an einer Anlage) und
- Lieferantenkennzahlen (z.B. Einkaufspreis der vom Lieferanten angebotenen Anlage) [BBMFOTRU16, S. 155 ff.].

4 Implementierung und Anwendungsmöglichkeiten eines Enterprise-Asset-Management-Steuerungszyklus in 7 Schritten

Zielsetzung ist es, die prozessorientierten KPIs zu nutzen, um ein optimiertes Enterprise Asset Management zu konzipieren. Für die Implementierung eines auf die Digitalisierung ausgerichteten Enterprise-Asset-Management-Steuerungszyklus ist es aus Sicht der Autoren empfehlenswert, ein systematisches Risikomanagement in den Fokus zu rücken. Der nachfolgend beschriebene Ansatz orientiert sich am „Information System Contingency Planning“-Programm des National Institute of Standards and Technology (NIST): „Information system contingency planning refers to a coordinated strategy involving plans, procedures, and technical measures that enable the recovery of information systems, operations, and

data after a disruption“ [NIST10, S. 15]. Es umschließt einen siebenstufigen Planungsprozess, der im vorliegenden Beitrag auf das Enterprise Asset Management übertragen wird [NIST10, S. 13]. Zunächst soll die strategische Ausrichtung zugehöriger Geschäftsprozesse und KPIs mit Hilfe einer „Contingency Planning Policy“ gestaltet werden. Daran schließt sich die zweite Phase mit einer „Business Impact“ Analyse (BIA) an, die in Form einer Unternehmens- und Umfeldanalyse die optimierten Geschäftsprozesse abbildet. Insbesondere Frühwarnindikatoren spielen im dritten Schritt bei der Erarbeitung des Enterprise-Asset-Management-Konzepts eine wesentliche Rolle, um vorbeugende Maßnahmen einleiten zu können. Die zielgerichtete, detaillierte Ableitung von Strategien erfolgt in der vierten Phase. Nachfolgend gilt es, eine geeignete IT-Infrastruktur zu konzipieren und zu implementieren. Beispielhaft wird hierzu eine zugehörige Lösung von SAP betrachtet. Im Sinne eines umfassenden, ganzheitlichen Managements sind auch Recovery-Strategien zur Asset-basierten Prozesswiederherstellung zu berücksichtigen. Die Planung, der Testlauf und ein zugehöriges Mitarbeitertraining finden im sechsten Schritt statt. Abschließend erfolgt die siebte Phase, die eine kontinuierliche Verbesserung sicherstellen soll.

4.1 Erstellung einer ganzheitlichen Contingency Planning (CP) Policy

Generelle Aufgabe einer „Policy“ ist es, die zentralen Gegenstände, Aufgaben und Ziele sowie den organisatorischen Rahmen mit Rollen und Verantwortlichkeiten zu regeln. Innerhalb des Enterprise Asset Managements müssen für die Erstellung eines übergreifenden Contingency Plans Anforderungen aufgenommen werden, welche die Potentiale der Digitalisierung in den verschiedenen Anlagenbereichen charakterisieren. Betroffen davon sind Anlagen- und Instandhaltungsmanagement, Auftragsmanagement und Prozesse, Organisation und Mitarbeiter im Anlagenmanagement sowie Ersatzteil- und Lieferantenmanagement. Der Handlungsrahmen bezieht sich im Sinne der „Sharing Economy“ dabei nicht allein auf das Unternehmen selbst. Eine konsequente Kundenorientierung des Unternehmens geht beispielsweise mit der Orientierung an der „Losgröße 1“ und kurzen Durchlaufzeiten bei der Auftragsabwicklung, aber auch mit der Möglichkeit für Co-Innovation einher, wofür das Enterprise Asset Management Voraussetzungen für die entsprechende Agilität schaffen muss. Darüber hinaus erfordert die Globalisierung das Denken in Netzwerken. Als wichtig erweist sich die Betrachtung aller relevanten Parteien bzw. Stakeholder im Ecosystem und der Möglichkeit zur nachhaltigen, gemeinsamen Nutzung von Ressourcen bzw. Anlagen. Ferner sind Aufgaben, Kompetenzen und Verantwortlichkeiten der zugeordneten Rollen für die „Collaboration“ zu definieren. Ein „User Empowerment“ für operative Entscheidungen im Anlagen-Kontext zeichnet sich dabei ab.

Entsprechend wird zur Gewährleistung von Governance- und Compliance-Aspekten ein Kennzahlenscontrolling sowie ein Risikomanagement zur Handhabung der Ausfallsicherheit und die Umgestaltung der bestehenden IT-Systeminfrastruktur im Sinne einer integrierten, echtzeitbasierten Enterprise-Asset-Management-Unterstützung notwendig. Das Konzept basiert auf einem dreiphasigen Vorgehensmodell: Nach der Benachrichtigung bzw. Aktivierung schließen sich die Wiederanlauf- bzw. Reparaturaktivitäten an. Im dritten Schritt erfolgt die Wiederherstellungsphase. Beispiele für zugehörige, Risiko-orientierte Einzelpläne sind:

- „Business Continuity Plan“ (BCP) mit der Spezifikation relevanter Geschäftsprozesse,
- „Business Recovery Plan“ (BRP)“ zur Wiederherstellung von Geschäftsprozessen nach einem Notfall,
- „Continuity of Operations Plan“ mit dem Fokus auf die (temporäre) Auslagerung wichtiger Funktionen auf einen alternativen Ort im Falle einer Störung,

- „Continuity of Support Plan / IT Contingency Plan“ zur Gewährleistung der durch die Anlagen bereitgestellten Capabilities,
- „Cyber Incident Response Plan“, der Prozeduren zur Bekämpfung von Cyberattacken beinhaltet,
- „Disaster Recovery Plan (DRP)“ zur Behandlung von Katastrophenereignissen,
- „Occupant Emergency Plan“ mit dem Ziel, Sicherheit und Gesundheit der Workforce zu gewährleisten.

4.2 Durchführung einer Business-Impact Analyse (BIA)

Aufgabe der BIA ist es, die kritischen Störfaktoren und Fehlerquellen hervorzuheben. Es handelt sich hierbei um eine strukturierte Vorgehensweise zur Priorisierung und zur Gewährleistung der Kontinuität: Sowohl (Inter-)Dependenzen als auch die Relevanz des jeweiligen Ausfalls werden bewertet und zu Profilen zusammengefasst. Zugehörige Analysen ermöglichen proaktive Entscheidungen und Handlungen. Generell lassen sich aus der BIA Strategien zur „Business Continuity“ und Anforderungen an die Ressourcen ableiten. Die Abbildung der Anlagen im Unternehmen auf Basis ihres Lebenszyklus und den damit zusammenhängenden Komponenten einerseits und den davon betroffenen Geschäftsprozessen steht im Enterprise Asset Management dabei im Mittelpunkt.

4.3 Bestimmung von zukunftsgerichteten KPIs

Um die Daten optimal für betriebswirtschaftliche und technische Entscheidungen verwerten zu können, beispielsweise um Prozesskosten zu reduzieren und Störungen zu begrenzen, müssen innovative Kennzahlen mit digitalem Potential festgelegt und kontinuierlich gemessen werden. Innerhalb des Enterprise Asset Managements handelt es sich dabei insbesondere um OCTE, OEE und CSI (vgl. hierzu Kapitel 2).

4.4 Ausgestaltung von Strategien

Damit die Steigerung der Wertschöpfung infolge der digitalen Transformation von Geschäftsprozessen durch KPIs in Echtzeit gemessen werden kann, ist es notwendig, konkrete Strategien für ein erfolgreiches Anlagenmanagement zu entwickeln. Innerhalb des Enterprise Asset Managements sind diese insbesondere bei Anlagenschnittstellen zu definieren, um Störfaktoren und Fehlerquellen auszuschalten bzw. zu vermeiden. Ebenso benötigt man anlagebezogene Strategien für eingetretene Schadensfälle.

Das Strategie-Design stellt einen zentralen Erfolgsfaktor dar. Neue Gestaltungsmöglichkeiten bietet der Ansatz „Asset as a Service“(AaaS), um innerhalb des Lebenszyklus beispielsweise Wartungskosten, Ausfallzeiten, fehlerhafte Produktion und sonstige operative Risiken zu minimieren. In dieses Szenario kann das Unternehmen durch die Dienstleistungszentrierung leichter an Service-Innovationen der Hersteller und Value-Added-Drittanbieter partizipieren. Im Sinne einer Operationalisierung des AaaS-Ansatzes lassen sich hieraus Service Level Agreements (SLAs) ableiten.

4.5 Konzeption einer „Enterprise Architecture“ für das Enterprise Asset Management

Die „Enterprise Architecture“ definiert innerhalb der IT das Zusammenspiel von Elementen der Informationstechnologie und der geschäftlichen Tätigkeit im Unternehmen. Ein zentrales Charakteristikum stellt der ganzheitliche Blick auf die Rolle der Informationstechnologie im Unternehmen dar.

Die Ausgestaltung eines ganzheitlichen „Enterprise Architecture“-Ansatzes für das Enterprise Asset Management erfordert die Berücksichtigung vielfältiger Informationen im Asset-Lebenszyklus im Sinne einer 360°-Perspektive und einer Historie über das Anlageverhalten. Ein unternehmensübergreifender Informationsaustausch bedingt den Einsatz bzw. die Beteiligung an IT-Plattformen innerhalb des Ecosystems der beteiligten Parteien. Neben den Chancenpotenzialen durch „smarte“ Anlagen ist ein besonderes Augenmerk auf die schnelle Verfügbarkeit nach einem Störfall im Sinne der „Cybersecurity“ bzw. IT-Sicherheit zu richten. Zielsetzung im Sinne der digitalen Transformation muss es für das Enterprise Asset Management sein, einen „digitalen Zwilling“ zu erstellen, der als Grundlage für Simulationen sowie präskriptive und ggf. prädiktive Analysen fungiert. Die echtzeitbasierte Vernetzung im Sinne von „Internet of Things“ (IoT) bzw. „Cyber Physical Systems“ (CPS) bildet hierfür die Grundlage. Darauf aufbauend ist eine durchgängige vertikale Integration bzw. Vernetzung zwischen der operativen Technologie einerseits und der IT andererseits zu gewährleisten. Zum Handling von Big Data stehen insbesondere „Platform as a Service“ (PaaS)- und „Software as a Service“ (SaaS)-Lösungen als Gestaltungsoption zur Verfügung.

Der „Digital Thread“ ergibt sich als weiteres, ergänzendes Handlungsfeld: Grundlage bilden wie beim digitalen Zwilling die durch Vernetzung entstehenden Daten. Zielsetzung aus der Perspektive des „Digital Threads“ ist es, einen durchgängigen Informationsfluss über die Geschäftsprozesse hinweg zu erzeugen. Entsprechend ist ein Monitoring im Sinne der horizontalen Integration auf der Mensch-Maschine-Interaktionsebene durch rollenbasierte Dashboards bzw. Cockpits unter Verwendung von User Experience Erkenntnissen zu implementieren. Der Einsatz mobiler Geräte (z.B. in Form von Tablets, Smartphones, „Augmented Reality“, „Wearables“ etc.) für einen erleichterten Informationszugang vermag es in diesem Kontext, Arbeitssicherheit und Performance zu erhöhen.

Als Beispiel für mögliche, ganzheitliche Lösungsansätze fungiert das SAP Asset Intelligence Network (AIN): Es basiert auf dem Grundgedanken einer „Single Source of Truth“ im Enterprise Asset Management. Zielsetzung ist es, für verschiedene Teilnehmer am Enterprise Asset Lifecycle mit unterschiedlichen Geschäftsmodellen Mehrwerte durch den (unternehmens)übergreifenden Datenaustausch zu erzeugen.

Innerhalb der AIN-Plattform speichern alle Teilnehmer die Daten zu einem Objekt auf der Basis eines einheitlichen Datenmodells. Dies wird durch eindeutige Identifikationsnummern für das jeweilige Asset in Kombination mit Master-Daten zu den verwendeten Einzelteilen und Materialien gewährleistet. Einen weiteren wichtigen Bestandteil bildet die Vernetzung: Die Plattform kann direkt aus den ERP Systemen eines Unternehmens gespeist werden. Entsprechend lassen sich kritische, zeitliche Verzögerungen bei der Informationsübermittlung eliminieren. Auf einer erweiterten Datenbasis, die neben Material- auch Nutzungsdaten und Instandhaltungsaktivitäten umfasst, können Analyse-Modelle mit Hilfe von Applikationen genutzt werden. Dieser Aspekt ermöglicht eine vereinfachte Zusammenarbeit bei der Erstellung von Instandhaltungsprozessen, bei der Nutzenoptimierung oder bei der Koordination von Dienstleistungsaktivitäten. Ferner kann die Plattform auch als Datenbasis für die internen Enterprise-Asset-Management-Systeme dienen. Die Informationsbereitstellung, beispielsweise von 3D-Bauteil-Abbildungen, gestaltet das Angebot von Services in Form der Bereitstellung von Visualisierungen für das Instandhaltungspersonal vor Ort. Dies ermöglicht Produktivitätssteigerungen und eine Reduzierung der Einarbeitungszeit in Reparaturaufträge. Die Integration erfolgt über die SAP Cloud Platform Integration. Gegenwärtig existieren Integrationspakete zur direkten Aktivierung für SAP Enterprise Asset Management, SAP

Distributed Manufacturing, AIN IoT Integration for PdMS, HCP IoT Systems und C4C Service Requests.

Mit Hilfe der „SAP Asset Information Governance“-Lösung lässt sich die Qualität der von den Netzwerk-Teilnehmern übermittelten Daten überprüfen. Zudem kann die Applikation eine Daten-Transformation in komplexe Netzwerkstrukturen bereitstellen und eine übergreifende Verwaltung der Masterdaten unter Berücksichtigung legaler und branchentypischer Anforderungen gewährleisten.

4.6 Planung, Testlauf und Mitarbeitertraining

Im Kontext der digitalen Transformation stellt sich die Frage, ob diese Entwicklung zu einer Reduktion oder zu einer Polarisierung der zugehörigen Arbeitsplätze führen wird. Die Diskussion der Folgen wird in verschiedenen Disziplinen und Bereichen ambivalent geführt: Grundsätzlich ergibt sich durch einen höheren Automatisierungsgrad z.B. die Möglichkeit, die Aufgabengebiete der Werker weiter auf wesentliche, qualitätssichernde bzw. überwachende Arbeiten zu verlagern und ggf. flexibel ad hoc angelernte Arbeitskräfte zu beschäftigen.

Ein effektives und effizientes Enterprise Asset Management bedarf entsprechend dem hier vorgestellten Ansatz aber insbesondere qualifizierter Mitarbeiter, die z.B. innovative Kennzahlen in Echtzeit messen und richtig interpretieren können, um adäquate Entscheidungen zu treffen. Permanent verfügbare und aufgabenspezifische Trainings (z.B. über Videos, die in Verbindung mit Augmented Reality nutzbar sind) erweisen sich für diese Zielgruppe als notwendig, um Zeitverluste zu vermeiden und effektive und effiziente Qualifikationsmaßnahmen zu gewährleisten.

Eine wichtige Fragestellung in diesem Kontext zielt auf das zukünftige Zusammenspiel zwischen Menschen und „intelligenten“ Anlagen, auch als „Enterprise Manufacturing Intelligence“ bezeichnet, ab. Im Sinne einer optimierten Verteilung bzw. Koordination geht es darum, wer bei der zugehörigen Interaktion welche Aufgaben und Rollen einnehmen wird.

4.7 Permanente, kontinuierliche Verbesserung

Das auf dem Mindset des „Plan-Do-Check-Act“-(PDCA)-Zyklus basierende Konzept des „Continuous Improvement“ verlangt eine Durchgängigkeit auf allen hierarchischen Ebenen, d.h. sowohl im strategischen als auch im operativen Bereich. Pläne und Vorgehensweisen im Enterprise Asset Management bedürfen einem dauerhaften Einsatz von Validierungen und Tests, ggf. erweist sich auch eine Anpassung oder Verfeinerung der KPIs oder die Identifikation von neuen innovativen Kennzahlen als erforderlich. Innerhalb des Enterprise Asset Management sollte das Gesamtkonzept zumindest in jährlichem Abstand einem Review unterzogen werden. Daran schließen sich Initiativen zur Optimierung des Enterprise Asset Management an.

5 Fazit

Asset-relevante Kosten, die Risiken der Anlagen und deren Performance im Zeitalter der Digitalisierung zu managen, stellt eine Herausforderung dar. Oben genannte Beispiele weisen auf die Machbarkeit und Umsetzbarkeit hin. Sicherheit und Qualität steigen durch die Digitalisierung im Asset Management. Personalressourcen lassen sich reduzieren, wobei die betroffenen ggf. mit kontextbasierten Hilfen unterstützt und qualifiziert werden sollten.

Im Fokus muss jedoch ein ganzheitliches Konzept stehen, dessen Implementierung durch dem vorgestellten 7-stufigen Enterprise-Asset-Management-Steuerungszyklus in Kombination mit innovativen KPIs gemeistert werden kann. Alle Beteiligten profitieren von einem digitalen Enterprise-Asset-Management-Konzept, da Daten in Echtzeit zur Verfügung gestellt werden und sich hierdurch zugehörige Geschäftsprozesse optimieren. Auf diese Weise lässt sich das Prinzip, die richtigen Asset-Informationen zum richtigen Zeitpunkt an die richtigen Adressaten und den richtigen Ort im Unternehmen zu übermitteln, realisieren.

Literaturverzeichnis

- [AtzS11]: Atzert S., Strategisches Prozesscontrolling, Diss., Wiesbaden, 2011
- [BBMFOTRU16]: Binder B.C.K., Morelli F., Ochs T., Riemann U. (2016), Prozesscontrolling in der Cloud, in: Barton T., Herrmann F., Meister V.G., Müller C., Seel C. (Hrsg.): Prozesse, Technologie, Anwendungen, Systeme und Management – Tagungsband zur AKWI-Fachtagung vom 11. bis 14.09.2016 an der Hochschule Brandenburg, Brandenburg 2016, S. 65 - 77.
- [BBRU12]: Binder B.C.K., Riemann U. (2012), Kontinuierliche Prozessumsetzung und -steuerung mithilfe von Kennzahlen, in: Gleich, R./Klein, A. (Hrsg.): Der Controlling-Berater, in Band 22: Klein, A./Schnell, H. (Band-Hrsg.): Controlling-Instrumente in der Produktion, Freiburg 2012, S. 155-172.
- [BSPB07]: Byrne S., Pierce B., Towards a more comprehensive understanding of the roles of management accountants. In: European Accounting Review, H3/2007, 16. Jg., S. 469 – 498
- [CasM07]: Cassel M., ISO 9001, Qualitätsmanagement prozessorientiert umsetzen, München, 2007
- [GoeU07]: Götz U., ZP-Stichwort: Prozesscontrolling, Arbeitspapier Zeitschrift für Planung & Unternehmenssteuerung, Berlin u.a., 2007
- [NIST10]: NIST Special Publication 800-34 Revision 1, Contingency Planning Guide for Federal Information Systems, May 2010
- [Hopp14]: Hoppe, Gerd: High-Performance Automation verbindet IT und Produktion. In: Bauernhansl, Thomas; ten Hompel, Michael; Vogel-Heuser, Birgit (Hrsg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung – Technologien - Migration, Springer Vieweg Verlag, Wiesbaden 2014, S. 249 - 276
- [KrüA16]: Krüger A., Digital Transformation of Asset Management, SAP-Studie., Walldorf, 2016
- [LaRP02]: Laakso, Kari; Rosqvist, Tony; Paulsen, Jette L.: The Use of Condition Monitoring. Information for Maintenance Planning and Decision-Making, Nordic Nuclear Safety Research, NKS-80, NKS/SOS-2.2 Project, Technical Report, Roskilde (Dänemark), 2002
- [RTKM11]: Reichmann T., Kißler M., Controlling mit Kennzahlen, München, 2011
- [RopJ13]: Ropers J., Operative Prozesse mit Kennzahlen zielorientiert steuern, in: Controller Magazin H Jan/Feb/2013, 38. Jg. S. 4 - 13
- [SeiG14]: Seicht G., Jahrbuch für Controlling und Rechnungswesen, Wien, 2014

[WJSE12]: Weber J., Strauß E., Spittler S. Controlling & IT: Wie Trends und Herausforderungen der IT die Controllingfunktion verändern, in: ZfCM Controlling & Management, H2/2012, Jg. 56, S. 105 - 109

Kontakt

Prof. Dr. Bettina C.K. Binder
HS Pforzheim
Tiefenbronnerstr. 66, 75175 Pforzheim
T +49 7231 28-6682, bettina.binder@hs-pforzheim.de

Prof. Dr. Frank Morelli
HS Pforzheim
Tiefenbronnerstr. 65, 75175 Pforzheim
T +49 7231 28-6697, frank.morelli@hs-pforzheim.de

Philipp Czemmel
HS Pforzheim
Tiefenbronnerstr. 65, 75175 Pforzheim
czemmelp@hs-pforzheim.de

Projektparameter für das Tailoring hybrider Projektmanagementvorgehensmodelle

Manuel Paukner, Christian Seel, Holger Timinger

Zusammenfassung

Die Digitalisierung des Projektmanagements erlaubt die automatisierte Erstellung individueller optimierter Vorgehensmodelle auf Basis projekt- und umfeldcharakterisierender Parameter. Anwender erhalten damit ein zu ihrem Projektvorhaben passendes Vorgehensmodell, das automatisiert, reproduzierbar und transparent ein optimales Vorgehen vorgibt.

Durch den Ordnungsrahmen (vgl. [1]) für adaptives hybrides Projektmanagement HyProMM (vgl. [2]) existiert ein in sich schlüssiges Modell, welches sowohl traditionelle, planbasierte als auch agile Methoden im Projektmanagement berücksichtigt und als Referenz für die Anwendung und Entwicklung hybrider Vorgehensmodelle verwendet werden kann. In diesem Beitrag werden Prozesse als Teil eines adaptiven Referenzmodells für hybride Vorgehensmodelle vorgestellt. Zunächst werden Parameter (vgl. [3]) (vgl. [4]) hergeleitet, die das Projekt und sein Umfeld charakterisieren. Diese dienen als Eingangsgrößen für das Referenzmodell für hybrides Projektmanagement. Dieses Modell wird in BPMN 2.0 erstellt und mit den identifizierten Parametern verknüpft. Anwender des Referenzmodells erhalten dann auf Basis ihrer individuellen Ausprägung der Parameter ein individualisiertes planbasiertes, agiles oder hybrides Vorgehensmodell, welches an das zu bearbeitende Projekt und dessen Rahmenbedingungen angepasst ist. Hierfür müssen nicht relevante Elemente aus dem Referenzmodell entfernt und die übriggebliebenen Elemente konsistent miteinander verbunden werden. Perspektivisch kann ein solches Referenzmodell auch zur automatisierten Konfiguration von Projektmanagementssoftware und als Recommender-System für die Projektsteuerung eingesetzt werden.

1 Einleitung

Heutzutage werden in Unternehmen sowohl traditionelle, als auch agile Vorgehensmodelle zur Bearbeitung von Projekten eingesetzt. (vgl. [5]) In 21% der befragten Unternehmen erfolgt das Vorgehen rein agil, wohin gegen in 15% der Unternehmen ein rein traditionelles Vorgehen eingesetzt wird. Bei 25% der Unternehmen werden je nach Rahmenbedingungen des Projektes traditionelle oder agile Methoden angewandt. Hybride Vorgehensmodelle kommen bei 39% der befragten Unternehmen zum Einsatz.

Hybride Vorgehensmodelle mit ihren agilen und traditionellen Elementen können jedoch eine höhere Komplexität als rein agile oder rein traditionelle Vorgehensmodelle aufweisen. Eine Möglichkeit zum Umgang mit dieser Komplexität zeigen TIMINGER und SEEL mit dem Ordnungsrahmen HyProMM für adaptives hybrides Projektmanagement. (vgl. [2]) HyProMM stellt ein in sich schlüssiges Modell dar, welches sowohl agiles, als auch traditionelles Projektmanagement berücksichtigt und als Referenz für die Anwendung und Entwicklung hybrider Vorgehensmodelle dienen kann. Der Ordnungsrahmen nutzt die Projektmanagementphasen der DIN 69901 zur Strukturierung, d.h. die Phasen Initialisierung, Definition, Pla-

nung, Steuerung und Abschluss. Jede dieser Phasen enthält Elemente, welche für Prozesse, Methoden und Rollen im Projektmanagement stehen und den Ordnungsrahmen in Sichten aufteilen. Der Ordnungsrahmen beinhaltet in seinem Ausgangszustand alle möglichen Elemente agiler und traditioneller Projekte. Allerdings gibt der Ordnungsrahmen keine Auskunft, welche der einzelnen Elemente bei projektspezifischen Rahmenbedingungen verwendet werden sollen und wie die Verknüpfung zu einem Gesamtprozessablauf erfolgt. Ein adaptives Referenzmodell für hybrides Projektmanagement soll den Ordnungsrahmen in die Prozessebene transformieren und ein automatisiertes Tailoring auf Basis von konfigurierten Parametern ermöglichen.

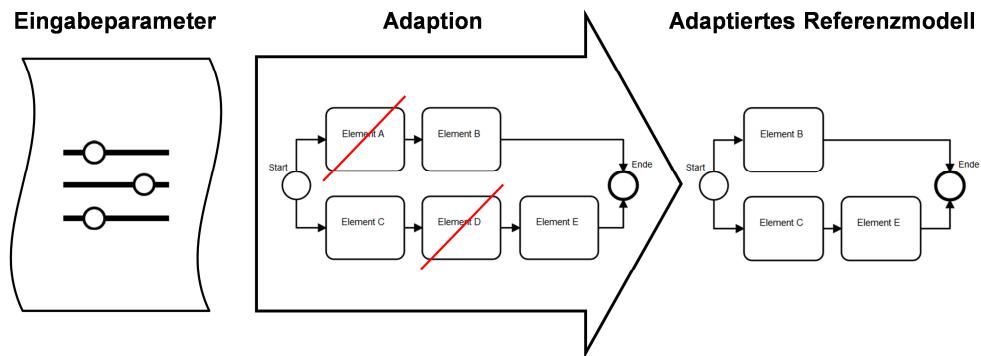


Abbildung 1: Vorgehen beim Tailoring des Referenzmodells. Mit Hilfe von Eingabeparametern erfolgt eine automatisierte Adaption. Das adaptierte Referenzmodell enthält nur noch projektechtelemente.

Daraus ergeben sich folgende Forschungsfragen, die in diesem Beitrag diskutiert werden:

- *RQ.1: Welche Parameter sind für das Tailoring von Projektmanagementvorgehensmodellen relevant?*
- *RQ.2: Wie kann auf Basis der Adoptionsparameter das Tailoring erfolgen?*

Dazu werden zunächst in Abschnitt 2 dieses Beitrags Parameter hergeleitet, die das Projekt und sein Umfeld charakterisieren. Diese Parameter dienen als Eingangsgrößen für die Adaption des Referenzmodells und werden durch den Anwender vorgegeben. In Abschnitt 3 wird ein automatisiertes, objektives und reproduzierbares Tailoring vorgestellt, welches individuelle Projektbedürfnisse berücksichtigt und nicht relevante Elemente aus dem Referenzmodell entfernt. Dabei wird das Tailoring durch einen Adoptionsmechanismus realisiert, der top-down das Referenzmodell anhand der konfigurierten Parameter anpasst. Der Vorgang des Tailorings ist in Abbildung 1 dargestellt. Abschnitt 4 beschreibt die Umsetzung des Adoptionsmechanismus in der Prozessebene unter Anwendung der BPMN-2.0-Notation. Anhand eines Beispiels wird in Abschnitt 5 die Durchführung des Tailorings im Referenzmodell demonstriert. Das Ergebnis ist ein situationsspezifisch angepasstes Prozessmodell, dessen Inhalt nur noch aus relevanten Elementen und Abläufen besteht.

2 Adoptionsparameter

Bei der Wahl der Parameter liegt ein besonderer Fokus auf deren Gültigkeit sowohl für traditionelle, als auch für agile Projekte. Des Weiteren soll jeder Parameter seinen Anteil zur

Wahl des geeigneten Vorgehensmodells beitragen und durch dessen Ausprägung eine Tendenz zu traditionellen oder agilen Methoden liefern. Zum Tailoring des adaptiven Referenzmodells werden insgesamt acht Parameter verwendet (siehe Abbildung 2). Enthalten sind dabei Parameter aus dem Modell von Boehm und Turner. (vgl. [3]) Bei diesem Modell werden die fünf Kriterien „Stabilität der Anforderungen“, „Projektteamgröße“, „(Unternehmens-) Kultur“, „Qualifikationsgrad der Teammitglieder“ und „Gefährdungspotenzial“ zur Auswahl eines passenden Vorgehensmodells genutzt. Špundak erweitert das Modell von Boehm und Turner und beschreibt einen zusätzlichen Einfluss der Parameter „Komplexität des Projektgegenstandes“, „Teamverteilung“ und „Ausrichtung der Organisation bei Projekten“. (vgl. [4]) Für eine bessere Übersicht erfolgt eine Unterteilung der Parameter in die Kategorien „projektspezifische Parameter“ und „Umgebungsbedingungen“. Projektspezifische Parameter werden durch den jeweiligen Projektauftrag bestimmt, wohingegen Umgebungsbedingungen durch die Organisation vorgegeben werden. Beim Tailoring des adaptiven Referenzmodells erfolgt eine Bewertung der projektcharakterisierenden Parameter. Dabei kann jeder der acht Parameter zwei unterschiedliche Ausprägungen einnehmen. Je nach Ausprägung empfiehlt sich ein traditionelles oder agiles Vorgehen im Projekt. (vgl. [6])

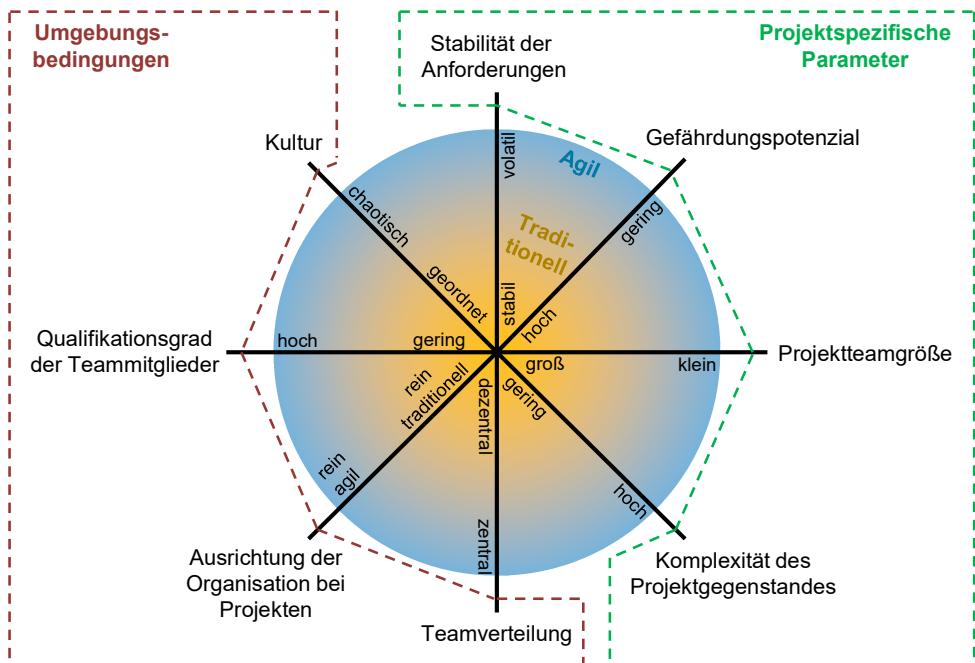


Abbildung 2: Projektcharakterisierende Parameter. Diese können in projektspezifische Parameter und Umgebungsbedingungen unterteilt werden. Jeder individuelle Parameter kann eine agile oder traditionelle Ausprägung erhalten.

Stabile Projektanforderungen lassen sich häufig gut mit einem traditionellen Vorgehensmodell bearbeiten. Sind die Anforderungen volatil, empfiehlt sich ein iterativer agiler Ansatz zur regelmäßigen Aufnahme und Verarbeitung von Änderungen. (vgl. [3]) Ein großes Projektteam, eine dezentrale Teamverteilung und ein geringer Qualifikationsgrad der einzelnen Teammitglieder sind Anzeichen für die Verwendung planbasierter traditioneller Vorgehensmodelle. Bei kleinen zentralen Teams mit hoch qualifizierten Teammitgliedern können agile

Methoden die Eigeninitiative der Mitarbeiter fördern. (vgl. [3]) (vgl. [4]) Traditionelle lineare Modelle ermöglichen eine strukturierte Bearbeitung von Projektgegenständen geringer Komplexität. Wird dabei das Stage-Gate-Prinzip oder eine Verifizierung und Validierung des Projektgegenstandes eingesetzt, können sicherheitskritische Projektgegenstände mit hohem Gefährdungspotenzial erfolgreich bearbeitet werden. (vgl. [3]) (vgl. [4]) Die Kultur des Unternehmens zeigt ebenfalls einen Einfluss bei der Verwendung von traditionellen oder agilen Methoden im Projekt. In einer chaotischen Unternehmenskultur lassen sich leichter agile Methoden integrieren. In einer geordneten Unternehmenskultur werden vor allem die klar definierten Rollen und Regeln traditioneller Methoden geschätzt. (vgl. [3]) Damit eine Durchführung des jeweiligen Vorgehensmodells ermöglicht wird, muss die vorhandene Organisationsstruktur dieses unterstützen. Ist die Organisation rein traditionell oder rein agil ausgerichtet, fehlt zum einen das Wissen und zum anderen die Akzeptanz des jeweils gegensätzlichen Vorgehens. (vgl. [4])

3 Adoptionsmechanismus zum strukturierten Tailoring des hybriden Referenzmodells

Das Tailoring des Referenzmodells erfolgt durch einen reproduzierbaren automatisierten Adoptionsmechanismus. Dieser wertet die vom Benutzer konfigurierten Parameter aus und entscheidet, welche Adaption des Referenzmodells bestmöglich zu den Projektrahmenbedingungen passt. In der Entscheidungstheorie werden verschiedene Methoden zur Bewertung und Auswahl geeigneter Alternativen genannt. (vgl. [7]) Einstufige Entscheidungsmethoden wie die Entscheidungsmatrix oder die Nutzwertanalyse bewerten mögliche Alternativen anhand von gewählten Parametern. Dabei werden alle Alternativen eindimensional auf einer Ebene ermittelt. (vgl. [7]) Bei komplexen Entscheidungssituationen mit einer hohen Anzahl an Alternativen kann der einstufige Entscheidungsprozess unübersichtlich werden. Mehrstufige Entscheidungsprozesse nutzen aufeinanderfolgende Teilentscheidungen und strukturieren somit den gesamten Entscheidungsprozess. (vgl. [8])

Der Adoptionsmechanismus zum strukturierten Tailoring des Referenzmodells basiert auf einem mehrstufigen Entscheidungsprozess in Form eines Entscheidungsbaumes (Siehe Abbildung 3). Auf der obersten Ebene der top-down Struktur steht die ursprüngliche Entscheidungssituation. Von dieser ausgehend stellen Pfeilsymbole Aktionsmöglichkeiten dar und verknüpfen die rechteckigen Entscheidungsergebnisse mit der jeweils darüber liegenden Ebene des Entscheidungsbaumes. (vgl. [8]) Der top-down Übergang von einer Ebene zur nächsten erfolgt über verschiedene Analysen, welche im folgenden Beitrag näher erläutert werden. Ziel jeder Analyse ist es eine Entscheidung über die zu wählende Alternative auf der jeweiligen Ebene herbeizuführen. Dabei erfolgt pro Ebene eine Neubewertung ausgewählter Adoptionsparameter. Top-down wird das Referenzmodell immer weiter detailliert, sodass auf der untersten Ebene letztendlich alle relevanten Entscheidungen getroffen wurden. Das adaptierte Referenzmodell enthält nur noch Elemente, welche optimal zu den konfigurierten Projektrahmenbedingungen passen.

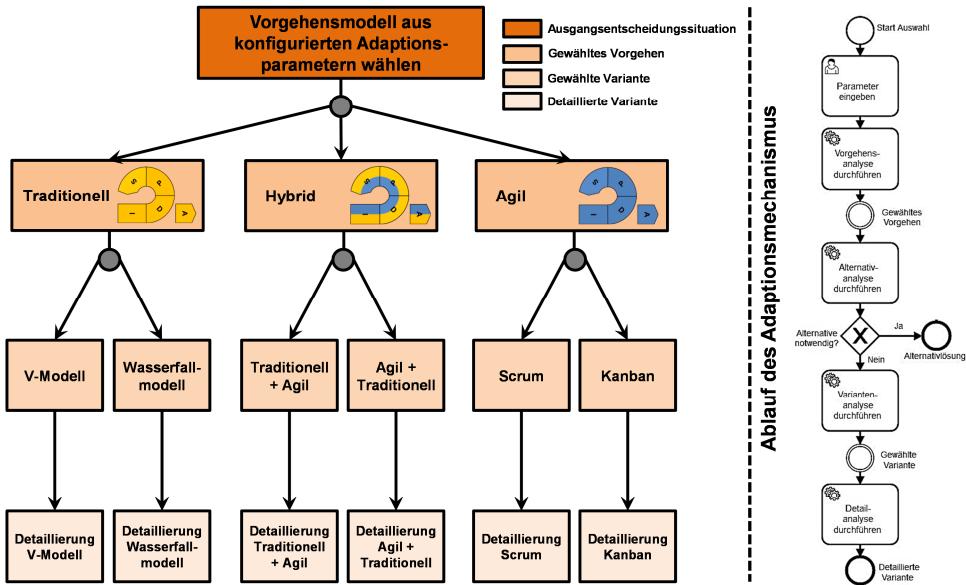


Abbildung 3: Mechanismus zur strukturierten Adaption des Referenzmodells. Auf der linken Seite der Abbildung ist der verwendete Entscheidungsbau dargestellt. Dessen abgestufte Farbskalierung über alle Ebenen hinweg verdeutlicht die top-down Struktur bei der Entscheidung. Auf der rechten Seite ist der dazugehörige Ablauf des Adoptionsmechanismus in BPMN 2.0 dargestellt.

Vorgehensanalyse

Die erste anzuwendende Analyse beim top-down Adoptionsmechanismus ist die Vorgehensanalyse. Ziel dieser Analyse ist es eine Entscheidung zur Verwendung eines rein traditionellen, hybriden oder rein agilen Vorgehens herbeizuführen. Dabei ist es wichtig alle konfigurierten Adoptionsparameter in die Bewertung einzubeziehen. Jeder einzelne Parameter kann so einen individuellen Beitrag bei der Entscheidung über das generelle Vorgehen liefern. Bei der Vorgehensanalyse wird die Nutzwertanalyse zur Entscheidungsvorbereitung eingesetzt. Die letztendliche Entscheidung über ein rein traditionelles, hybrides, oder rein agiles Vorgehen erfolgt durch eine Intervallzuordnung des Gesamtnutzwertes. Die Vorgehensanalyse ist anhand eines Beispiels in Abbildung 4 beschrieben.

Die Nutzwertanalyse evaluiert für jeden konfigurierten Parameter wie gut dieser die zu bewertende Ausprägung erfüllt. Dabei orientieren sich alle zu bewertenden Ausprägungen an einem agilen Vorgehen für eine einheitliche Referenz. Pro Bewertung werden Agilitätspunkte für den jeweiligen Parameter vergeben. Null Agilitätspunkte bedeuten, dass die zu bewertende Ausprägung des konfigurierten Parameters nicht erfüllt wurde. Acht Agilitätspunkte beschreiben eine vollständige Erfüllung. Auf eine individuelle und projektspezifische Gewichtung der einzelnen Parameter wird bei der Vorgehensanalyse bewusst verzichtet, da in diesem Beitrag ein allgemein gültiger und anwendbarer Adoptionsmechanismus vorgestellt wird.

Zur letztendlichen Entscheidung über das generelle Vorgehen im Projekt werden die Agilitätspunkte aufsummiert und zur Auswertung in eine Skala eingeordnet. Die Weite der Skala orientiert sich an den minimal und maximal zu vergebenden Agilitätspunkten. Bei acht zu konfigurierenden Parametern entspricht dies einer Skalenweite von 64 Agilitätspunkten. Zudem wird die Skala in drei fest definierte Intervalle aufgeteilt, welche die möglichen Vor-

gehen wiedergeben. Befindet sich das Ergebnis der Nutzwertanalyse im Bereich von null bis 20 Agilitätspunkten, empfiehlt sich die Verwendung eines rein traditionellen Vorgehensmodells. Ein hybrides Vorgehen definiert eine Punktzahl im Agilitätspunktebereich 21 bis 42. Werden hingegen bei der Nutzwertanalyse über 42 Agilitätspunkte erreicht, besitzen die Parameter eine überwiegend agile Ausprägung. In diesem Fall kann mit einem rein agilen Vorgehen ein sehr gutes Projektergebnis erzielt werden. Im Beispiel aus Abbildung 4 wurden bei der Nutzwertanalyse insgesamt 47 Agilitätspunkte erreicht. Die Vorgehensanalyse empfiehlt für diese Punktzahl die Verwendung eines rein agilen Vorgehens.

Vorgehensanalyse			
Parameter	Zu bewertende Ausprägung	Agilitätspunkte	Agilitätspunkte
Stabilität der Anforderungen	volatil	7	●●●●●●●
Projektteamgröße	klein	5	●●●●●
Komplexität des Projektgegenstandes	hoch	8	●●●●●●●●
Teamverteilung	zentral	8	●●●●●●●●
Kultur	chaotisch	3	●●●
Qualifikationsgrad der Teammitglieder	hoch	6	●●●●●●
Ausrichtung der Organisation bei Projekten	rein agil	4	●●●●
Gefährdungspotenzial	gering	6	●●●●●●
Agilitätspunkte: 0: Ausprägung des Parameters wird nicht erfüllt 8: Ausprägung des Parameters wird völlig erfüllt		Summe:	47
0 ≤ Punkte < 21 21 ≤ Punkte < 43 43 ≤ Punkte ≤ 64 Auswertung: traditionell hybrid agil			
 Summe			

Abbildung 4: Vorgehensanalyse exemplarisch an einem Beispiel erklärt. Die Vorgehensanalyse besteht aus einer Nutzwertanalyse und einer Intervallzuordnung des Ergebnisses. Pro Parameter werden für Erfüllungsgrade Agilitätspunkte vergeben, deren Summe letztendlich die Verwendung eines rein traditionellen, hybriden oder rein agilen Vorgehens bestimmt.

Alternativanalyse

Nach Auswahl des passenden generellen Vorgehens im Projekt können Parameterkonstellationen auftreten, welche eine Anwendung dieses Vorgehens erschweren. Der Adoptionsmechanismus soll kritische Konstellationen erkennen und ein passendes alternatives Vorgehen bestimmen. Realisiert wird diese Anforderung durch die Alternativanalyse. Je nach gewähltem Vorgehen erfolgt eine Überprüfung der Ausprägung von bestimmten Parametern. Wird eine kritische Konstellation erkannt, bestimmt die Alternativanalyse ein zur Situation passendes Vorgehen. Die Alternativanalyse betrachtet nur rein traditionelle oder rein agile Vorgehen. Hybride Vorgehensmodelle sind hingegen sehr weit anpassbar, weshalb kritische Konstellationen in diesem Fall nicht weiter betrachtet werden. Wird von der Vorgehensanalyse ein rein traditionelles Vorgehen in einer rein agilen Organisation gewählt, emp-

fiehlt sich die Verwendung eines hybriden Vorgehens als Alternative. Eine traditionelle Grundstruktur bleibt dadurch erhalten und wird von agilen Methoden zur besseren Abstimmung im Unternehmen ergänzt. Ein traditionelles Vorgehen mit einem Wasserfall- oder V-Modell ist bei ausgeprägt volatilen Anforderungen ebenfalls nur mit Einschränkungen anwendbar. In diesem Fall kann die Anwendung des Spiralmodells erfolgsversprechend sein. Spiralmodelle bauen Unsicherheiten schrittweise von Inkrement zu Inkrement ab und stabilisieren dadurch die Anforderungen. (vgl. [9]) Unterstützend ermöglicht ein ausgeprägtes Änderungsmanagement eine Übersicht der durchgeführten Änderungen. Sollen rein agile Vorgehensmodelle in einer rein traditionell orientierten Organisation durchgeführt werden, empfiehlt sich alternativ die Verwendung eines hybriden Vorgehens mit agiler Grundstruktur und Unterstützung traditioneller Methoden. In diesem Fall können gezielt eingesetzte traditionelle Methoden eine Abstimmung mit anderen Projekten im Unternehmen ermöglichen.

Variantenanalyse

Sind die Adoptionsparameter konfiguriert und wurde das generelle Vorgehen mittels der Vorgehensanalyse bestimmt, erfolgt beim Übergang zur nächsten Ebene des top-down Adoptionsmechanismus die Auswahl der passenden Variante. Bei der Variantenanalyse werden nur ausgewählte Parameter betrachtet und diese neu bewertet. In der übergeordneten Ebene des Entscheidungsbaumes wurde bereits eine Entscheidung über das generelle Vorgehen unter Einbezug aller Adoptionsparameter getroffen. Nun kann gezielt zwischen den Varianten dieses Vorgehens eine Auswahl erfolgen. Die Bewertung bei der Variantenanalyse erfolgt wie auch bei der Vorgehensanalyse anhand der konfigurierten Agilitätspunkte.

Detailanalyse

Die Detailanalyse bildet den Übergang zur untersten Ebene des Entscheidungsbaumes. Hier erfolgt eine detaillierte Anpassung der gewählten Variante. Im Gegensatz zur Vorgehens- oder Variantenanalyse, welche zur Bewertung eine größere Anzahl an Adoptionsparametern einbeziehen, geschieht die Anpassung bei der Detailanalyse anhand einzelner Parameter. Für jedes übrig gebliebene Element im Referenzmodell bestimmen diese Parameter, ob das Element verwendet oder entfernt werden soll. Wurde zum Beispiel in den darüberliegenden Ebenen des Entscheidungsbaumes ein rein traditionelles Vorgehen mit Wasserfallmodell ausgewählt, kann über die Verwendung einzelner Elemente anhand des Adoptionsparameters „Teamverteilung“ entschieden werden. Ist das Team dezentral, kann ein Projektstart-Workshop nur eingeschränkt durchgeführt werden. Die Detailanalyse ist die letzte Aktion im Entscheidungsprozess des Adoptionsmechanismus. Deren Resultat ist ein perfekt an die individuellen Projektrahmenbedingungen angepasstes Referenzmodell.

4 Referenzmodellierung

Das Referenzmodell für adaptives hybrides Projektmanagement beschreibt den Ordnungsrahmen in der Prozessebene. Zur Erstellung des Referenzmodells wird eine Weiterentwicklung der Java-basierten Open Source Anwendung „Camunda Modeler“ eingesetzt. Der Camunda Modeler ermöglicht eine Prozessmodellierung mit Elementen der BPMN-2.0-Spezifikation. Soll das Prozessmodell allerdings adaptiv an verschiedene Rahmenbedingungen angepasst werden, fehlen der Open Source Version des Camunda Modelers Funktionalitäten.

ten. Aus diesem Grund wurde am Institut für Projektmanagement und Informationsmodellierung der Hochschule Landshut der Camunda Modeler weiterentwickelt und um zusätzliche Funktionalitäten zur adaptiven Prozessmodellierung ergänzt. So lassen sich für die modellierten Prozesselemente Variablen definieren. Dabei erfolgt eine Aufteilung in normale Variablen und Meta-Variablen. Normale Variablen dienen als Platzhalter für einen bestimmten Wert. Sie werden zur Darstellung der Adoptionsparameter eingesetzt. Meta-Variablen bestehen aus Konfigurationstermen. Ein Konfigurationsterm wertet üblicherweise die definierten Variablen aus. Besteht dieser aus arithmetischen Operatoren, entsteht bei der Auswertung ein Zahlenwert. Sind allerdings logische Operatoren im Term enthalten, entsteht ebenfalls ein logisches Ergebnis mit den zwei möglichen Zuständen true oder false. Prozesselemente, welche den Zustand false erhalten, werden aus dem Modell entfernt. Prozesselemente, welche den Zustand true erhalten, bleiben im Modell und werden automatisch zu neuen Prozessabläufen verbunden. Abbildung 5 zeigt exemplarisch die Definition und Auswertung von Konfigurationstermen.

1. Parameter konfigurieren	
Adoptionsparameter (Variable)	Konfigurationswert
stabilität	6
projektteamgroesse	8
komplexitaet	4
teamverteilung	4
kultur	2
qualifikationsgrad	8
organisationsausrichtung	4
gefaehrdungspotenzial	6

2. Parameterauswertung durch Adoptionsmechanismus		
Meta-Variable	Konfigurationsterm	Wert Meta-Variable
agilernutzwert	$[stabilitaet]+[projektteamgroesse]+[komplexitaet]+[teamverteilung]+[kultur]+[qualifikationsgrad]+[organisationsausrichtung]+[gefaehrdungspotenzial]$	42
traditionell	$[agilernutzwert]<21$	false
hybrid	$[agilernutzwert]>=21 \& [agilernutzwert]<43$	true
agil	$[agilernutzwert]>=43$	false
traditionellagil	$[hybrid] \&& ([agiltraditionell]==false)$	false
agiltraditionell	$[hybrid] \&& (([komplexitaet]>=6 [stabilitaet]>=6) \&& [gefaehrdungspotenzial]>=4)$	true

Abbildung 5: Parameterkonfiguration und -auswertung. Im ersten Schritt erhalten die Adoptionsparameter einen Konfigurationswert. Konfigurationsterme werten die Adoptionsparameter durch den Einsatz arithmetischer und logischer Operatoren aus. Das Ergebnis ist ein Zahlenwert, oder ein logisches true/false.

Große komplexe Prozessmodelle mit einer hohen Anzahl an Elementen können für den Benutzer des Modells schnell unübersichtlich werden, wenn sich alle diese Elemente auf einer Betrachtungsebene befinden. Die BPMN-2.0-Notation bietet die Möglichkeit zur Verwendung von Teilprozessen. (vgl. [10]) Diese können weitere Elemente enthalten, welche im zusammengeklappten Zustand des Teilprozesses für den Benutzer verborgen sind. Durch die mehrfache Verwendung von Teilprozessen entsteht ein Aufbau des Prozessmodells über mehrere Ebenen hinweg. Der Aufbau des Referenzmodells für adaptives hybrides Projektmanagement ist ebenfalls über mehrere Ebenen abstrahiert. Diese Strategie bringt neben der Komplexitätsreduktion noch weitere Vorteile mit sich. Zum einen können die Ebenen den einzelnen Bereichen und Sichten des Ordnungsrahmens zugeordnet werden. Zum anderen müssen bei der Erstellung des Prozessmodells weniger Elemente mit Termen konfiguriert werden. Wenn ein Teilprozess bei der Adaption aus dem Modell entfernt wird, gilt dies auch für seine gekapselten Elemente.

Im Referenzmodell sind folgende Ebenen definiert:

- *Ebene 1* des Referenzmodells enthält die Phasen des Projektlebenszyklus von Projektstart bis Projektende.
- *Ebene 2* kann der Prozesssicht des Ordnungsrahmens zugeordnet werden.
- *Ebene 3* beschreibt eine Modellierung der im Projektmanagement verwendeten Methoden und Werkzeuge.

- Ebene 4 bildet die unterste Ebene der verwendeten top-down Struktur. Hier werden einzelne Aufgaben und deren Zuständigkeiten modelliert. Diese Ebene kann der Rollensicht des Ordnungsrahmens zugeordnet werden.

5 Exemplarische Umsetzung des Adoptionsmechanismus im Prozessmodell

Abbildung 6 zeigt anhand eines Beispiels die Umsetzung des Adoptionsmechanismus im Prozessmodell. In diesem wird der Prozess zur Ermittlung von Kundenanforderungen beschrieben. Im Modell enthalten sind neben traditionellen auch agile Elemente und Abläufe. So kann traditionell aus der Liste der Projektziele ein Lastenheft mit Rückverfolgbarkeitskonzept erstellt werden. Bei hybriden Projekten empfiehlt sich die zusätzliche Erstellung eines Product Backlogs, da dieses für eingesetzte agile Methoden benutzt werden kann. Eine weitere Möglichkeit, die Kundenanforderungen zu ermitteln, ist der Einsatz agiler Vorgehen. So können aus den Projektzielen User Stories gesammelt und ein Product Backlog erstellt werden. Wird ein hybrides Projekt durchgeführt, sollte zusätzlich ein Lastenheft erstellt werden.

In diesem Beispiel werden die Adoptionsparameter wie in Abbildung 5 konfiguriert und ausgewertet. Der Adoptionsmechanismus entscheidet zur Verwendung eines hybriden Vorgehens. Dieses soll überwiegend agil ausgeführt werden und ergänzende traditionelle Elemente enthalten.

Das Tailoring entfernt nicht mehr relevante Elemente aus dem Modell und verbindet relevante Elemente zu Abläufen. Das Prozessmodell enthält nach dem Tailoring nur noch Elemente und Abläufe, welche ein agiles Projekt mit Unterstützung traditioneller Methoden beschreiben.

6 Zusammenfassung

In diesem Beitrag wurden projektcharakterisierende Parameter und deren Auswertung für das Tailoring hybrider Projektmanagementvorgehensmodelle beschrieben. Zuerst werden die möglichen agilen oder traditionellen Ausprägungen dieser Parameter bestimmt. Anschließend erfolgt deren Auswertung durch den Einsatz eines mehrstufigen Adoptionsmechanismus, welcher im top-down Verfahren ein optimales agiles, traditionelles oder hybrides Vorgehen im Projekt definiert. Dabei werden im Adoptionsmechanismus verschiedene Analysen zur schrittweisen Detaillierung eingesetzt. Die Umsetzung des Adoptionsmechanismus in der Prozessebene erfolgt durch die Erstellung eines Referenzmodells in BPMN-2.0-Notation. Terme werten die vom Anwender konfigurierten Variablen aus. Es erfolgt ein automatisiertes Tailoring, welches nicht mehr relevante Elemente aus dem Modell entfernt und relevante Elemente zu Prozessabläufen verbindet. Das Ergebnis ist ein optimal an die Projektbedürfnisse angepasstes Prozessmodell.

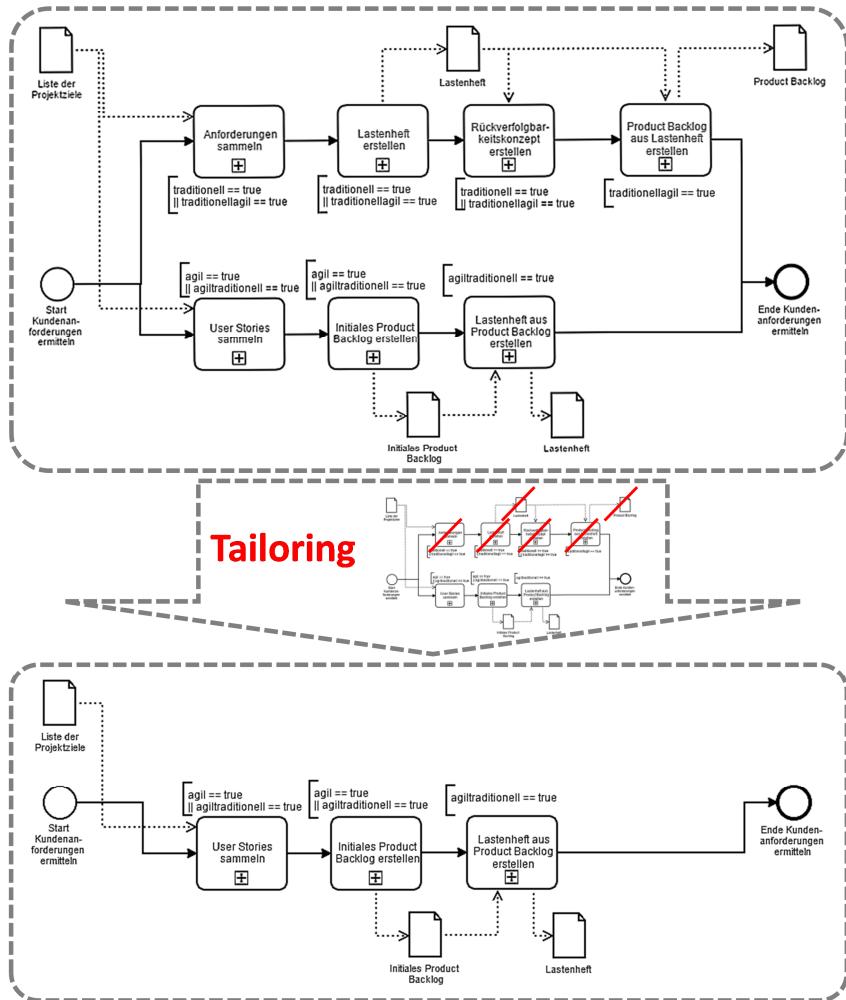


Abbildung 6: Beispiel zur Umsetzung des Adoptionsmechanismus im Prozessmodell. Es wird der Projektmanagementprozess „Kundenanforderungen ermitteln“ dargestellt. Dieser enthält zu Beginn agile und traditionelle Elemente. Nach dem Tailoring wurden nicht mehr relevante Elemente entfernt und relevante Elemente zu Abläufen verbunden.

Literaturverzeichnis

- [1] V. Meise, Ordnungsrahmen zur prozessorientierten Organisationsgestaltung. Modelle für das Management komplexer Reorganisationsprojekte, Hamburg: Dr. Kovac Verlag, 2000.
- [2] H. Timinger und C. Seel, „Ein Ordnungsrahmen für adaptives hybrides Projektmanagement,“ 2016. [Online]. Available: https://www.gpm-ipma.de/fileadmin/user_upload/Know-How/pmaaktuell/2016_04/PMa_4_16_S55.pdf. [Zugriff am 17 April 2017].

- [3] B. Boehm und R. Turner, *Balancing agility and discipline. A guide for the perplexed*, Boston: Addison-Wesley, 2008.
- [4] M. Špundak, „Mixed agile/traditional project management methodology – reality,“ März 2014. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187704281402196X>. [Zugriff am 20 Juli 2017].
- [5] A. Komus und M. Kuberg, „Status Quo Agile,“ Oktober 2015. [Online]. Available: https://www.gpm-ipma.de/fileadmin/user_upload/Know-How/studien/Studie_Agiles-PM_web.pdf. [Zugriff am 17 Juli 2017].
- [6] H. Timinger, *Modernes Projektmanagement - Mit traditionellem, agilem und hybridem Vorgehen zum Erfolg*, Weinheim: WILEY-VCH Verlag, 2017.
- [7] S. Müller-Herbers, „Methoden zur Beurteilung von Varianten,“ April 2007. [Online]. Available: www.igp.uni-stuttgart.de/publika/pdf/methoden.pdf. [Zugriff am 10 August 2017].
- [8] H. Laux, R. Gillenkirch und H. Schenk-Mathes, *Entscheidungstheorie*, Berlin Heidelberg: Springer Gabler Verlag, 2014.
- [9] H. Timinger, *Projektmanagement*, Weinheim: WILEY-VCH Verlag, 2015.
- [10] J. Freund und B. Rücker, *Praxishandbuch BPMN2.0*, München: Carl Hanser Verlag, 2012.

Kontakt

B.Eng, MBA Manuel Paukner, Prof. Dr. Christian Seel, Prof. Dr. Holger Timinger
Hochschule Landshut
Institut für Projektmanagement und Informationsmodellierung (IPIM)
Am Lurzenhof 1, 84036 Landshut
manuel.paukner@gmail.com, christian.seel@haw-landshut.de, holger.timinger@haw-landshut.de

Konfiguration des hybriden Projektmanagements nach Nutzenbetrachtungen

Dorothee Feldmüller

Abstract

Hybrides Projektmanagement versucht, Praktiken aus dem Wasserfallmodell und der Agilität so miteinander zu kombinieren, dass das Beste aus beiden Welten zusammengebracht wird. Der Einsatz agiler Praktiken geht dabei über die Software-Entwicklung hinaus, auch Produkte mit Hardware-Komponenten werden zum Teil mit agilen Ansätzen entwickelt, wenn auch nicht alle Praktiken direkt dafür übertragbar sind.

In diesem Beitrag wird zunächst nach einem übertragbaren Begriff von Agilität gesucht. Als Antwort bietet sich eine Sammlung von agilen Charakteristiken an, die je nach Projektsituation unterschiedlich ausgeprägt werden können. Basis dazu ist eine Definition von [HoRo16]. Unterschiedliche Ausgangssituationen, unterschiedliche Projektinhalte und Umgebungen, sowie unterschiedliche Zielsituationen bedingen einen unterschiedlichen Nutzen, der aus der Agilität gezogen werden soll. Der zu erzielende Nutzen führt zu unterschiedlichen agilen Charakteristiken, die angestrebt werden. Zu den agilen Charakteristiken können agile Praktiken benannt werden, die diese unterstützen, so dass eine zielgerichtete Auswahl agiler Praktiken möglich ist. Dies gilt insbesondere für Ausgangssituationen, bei denen eine komplett Umstellung von Wasserfallmodell auf agile Methoden nicht möglich ist, so dass hybrid gearbeitet werden muss.

Erste Anwendungsbeispiele unterstützen diese Möglichkeit, hybrides Projektmanagement gezielt auf einen beabsichtigten Nutzen hin zu konfigurieren. Auf Basis der agilen Charakteristiken ist auch eine Erfolgsmessung für die gewählte Konfiguration bzw. die erzielte Agilität möglich.

Stichworte: Agilität, Agile Charakteristiken, Hybrides Projektmanagement, Produktentwicklung, Nutzen agiler Praktiken

1 Einführung

Die heutigen Märkte sind gekennzeichnet durch immer kürzer werdende Produktlebenszyklen und sich schnell verändernde Kundenanforderungen. In der Produktentwicklung verspricht man sich vom Einsatz agiler Methoden und Praktiken die Flexibilität und Schnelligkeit, darauf angemessen zu reagieren.

In der Softwareentwicklung schreiben agile Vorgehensweisen seit der Veröffentlichung des agilen Manifests in 2001 zunehmend Erfolgsgeschichte, aber auch außerhalb der Software-Entwicklung wird Agilität eingesetzt oder deren Einsatz diskutiert (siehe z.B. [KoKu17], [KuMa15], [Vers17]). In vielen Umgebungen sind auf umfangreicher Planung basierende, lineare sequentielle Vorgehensmodelle wie Wasserfallmodell, Stage-Gate-Modelle oder ein V-Modell mit einmaligem Durchlauf – auch „traditionelle“ oder „klassische“ Vorgehensmodelle genannt – etabliert und ein kurzfristiger vollständiger Wechsel auf agiles Vorgehen ist zu risikoreich oder aufgrund bestimmter Rahmenbedingungen nahezu unmöglich. Hierfür

wird eine Mischung der gerade genannten plangesteuerten Vorgehensmodelle mit agilen Ansätzen propagiert: ein hybrides Projektmanagement (vgl. [Hüss14]). Wir bevorzugen in diesem Zusammenhang den Begriff „Wasserfallmodell“ bzw. „plangesteuertes Vorgehen“ gegenüber dem Begriff „klassisch“, da er sich am Inhaltlichen orientiert.

Für die passende Konfiguration von hybridem Vorgehen im Projektmanagement stellt sich in der Praxis derzeit die Frage, welche agilen Ansätze für eine plangesteuerte „Wasserfallartige“ Ausgangssituation in der Organisation den größten Nutzen stiften. Die Einschränkung der Konfiguration hybriden Vorgehens auf die Auswahl geeigneter agiler Ansätze in einem plangesteuerten Modell erscheint daher zulässig und hilfreich, und hierauf fokussiert sich die vorliegende Arbeit.

Die betrachtete Forschungsfrage lautet damit: Wie können agile Ansätze für die Integration in einem plangesteuerten Vorgehensmodell zur Produktentwicklung so ausgewählt werden, dass sie den größten Nutzen in Bezug auf die aktuell gegebene Situation und eine zu erzielende Verbesserung mit sich bringen?

Da in der Praxis viele Organisationen mit der Integration von agilen Ansätzen in die allgemeine Produktentwicklung erst vor kurzem begonnen haben oder gerade beginnen, ist eine systematische Vorgehensweise, die unterschiedliche Ausgangssituationen und Zielstellungen berücksichtigt, wünschenswert.

Im zweiten Kapitel geht es zunächst um die Frage, wie Agilität so definiert werden kann, dass sich die Definition auch außerhalb der Software-Entwicklung anwenden lässt für allgemeine Produktentwicklungen – die Antwort basiert auf einer Literaturrecherche. Im dritten Kapitel sind Informationen aus Studien zum berichteten Nutzen von Agilität zusammengestellt und hier nun aufgrund vorliegender Erfahrungen aus Literatur und eigenen Fallstudien in Korrelation zu der Definition aus Kapitel zwei gebracht. Daraus resultiert eine Empfehlung zur Beantwortung der Forschungsfrage. Diese wird im vierten Kapitel für erste Fallbeispiele zur Anwendung gebracht und im Sinne einer qualitativen Studie erläutert. Im fünften und letzten Kapitel folgen eine Zusammenfassung und ein Ausblick.

2 Der Begriff „agil“

Seit dem agilen Manifest in 2001 ([Agil01]) gibt es ein gemeinsames Grundverständnis, was man in der Software-Entwicklung unter Agilität versteht. Das agile Manifest beruht allerdings auf Werten und Prinzipien und beinhaltet keine messbare Definition von agilem Vorgehen und keine handhabbare Anleitung, wie die Werte und Prinzipien in die Praxis umzusetzen sind. Verschiedene Autoren des agilen Manifests und weitere Personen haben dazu agile Methoden vorgeschlagen, hierzu gehören Scrum, Extreme Programming (XP) oder Feature Driven Development (FDD), neuerdings auch (IT-) Kanban. Derzeit ist Scrum, beschrieben in [ScSu95], die bekannteste und am meisten verbreitete agile Methode (vgl. [KoKu17], [KuMa15], [Vers17]).

Eine agile Methode umfasst eine Kombination von agilen Praktiken (alternativ wird hier auch von Techniken gesprochen), die nach einem Regelwerk zusammen eingesetzt werden, wie etwa Scrum aus Praktiken wie Product Backlog, Sprint, Spring Backlog, Spring Planning, Daily Scrum u.a.m. besteht. Einige Nutzer agiler Ansätze verwenden lediglich eine oder mehrere dieser Praktiken. Etwa ist Daily Scrum die am häufigsten verwendete Praktik: 85% der Anwender von Agilität in der letzten europäischen Studie von Komus und Kuberg ([KoKu17]) geben an, diese zu nutzen.

Für Organisationen, die erfolgreich Entwicklungsprojekte durchführen wollen, stellt sich die Frage, welche der agilen Praktiken für sie passend und zielführend sind. Bei Entwicklungen sind hier ausdrücklich technische Produkte mit Hardware-Anteil eingeschlossen wie auch in [BFR17]. Wie sollte der Begriff der Agilität ausgeprägt werden, dass er auch hierfür übertragbar ist?

2.1 Anforderungen an eine Definition des Begriffs „agil“

Eine geeignete Definition des Begriffs „agil“ sollte

- auf das agile Manifest referenzieren und den Werten und Prinzipien dieses Manifest entsprechen,
- für allgemeine Produktentwicklungen – also über Software-Entwicklung hinaus – anwendbar sein,
- der Tatsache Rechnung tragen, dass Umgebungen von Produktentwicklungen sehr unterschiedlich sein können, und in gewisser Hinsicht an die Umgebung anpassungsfähig sein,
- Hilfestellung leisten zu bewerten, inwieweit Werten und Prinzipien aus dem agilen Manifest bereits entsprochen wird bzw. zukünftig entsprochen werden soll.

2.2 Geeignete Definition: Kombination agiler Charakteristiken

Bei der Recherche nach bereits vorhandenen Definitionen, die den oben genannten Anforderungen entsprechen, ist die Arbeit von Houston und Rosemerry ([HoRo16]) aufgefallen. Ihr Vorschlag ist, eine Kombination von agilen Charakteristiken („general agile characteristics“) zu benennen, an denen sich Agilität festmacht:

- Reaktionsfähigkeit auf Veränderungen (im englischsprachigen Original „change responsiveness“)
- Persönliche Interaktionen („interpersonal interaction“)
- Selbstorganisierende, interdisziplinäre Zusammenarbeit („self-organizing teams“)
- Führung durch Motivation („leadership by the motivated“)
- Technische Exzellenz und Einfachheit („technical excellence and simplicity“)
- Kontinuierliches Ausliefern von Mehrwert für Kunden („continual delivery of customer value“)
- Zusammenarbeit mit Kunden/Nutzern („customer/user collaboration“).

Diese Charakteristiken sind aus den Werten und Prinzipien des agilen Manifest herausdestilliert und für allgemeine Produkte in unterschiedlichen Umgebungen anwendbar, und es wird auch aufgezeigt, wie deren Erfüllung gemessen werden kann – wenn sie auch derzeit, ohne eine fest definierte Kalibrierung, der Subjektivität des Messenden unterworfen sind. Insgesamt erscheinen die oben genannten Anforderungen an die Definition des Begriffs „agil“ hinreichend erfüllt und daher wird die Definition im Folgenden verwendet.

Der Leitgedanke dieser Definition ist hervorzuheben: Agilität macht sich nicht an der Nutzung bestimmter Praktiken fest. Wo eine Praktik der Umsetzung der agilen Charakteristiken dient, ist ihr Einsatz berechtigt – wo nicht, sollte sie nicht eingesetzt werden. Genau diese Anpassungsfähigkeit entspricht gut den von dem agilen Manifest formulierten Werten und Prinzipien.

2.3 Agile Praktiken und Agile Charakteristiken

Die Urheber der klassischen agilen Methoden wie Scrum, XP oder FDD sind mit großer Wahrscheinlichkeit davon überzeugt, dass die jeweils vorgestellten Methoden der Erfüllung

von allen der genannten agilen Charakteristiken gleichzeitig dienlich sind – dies genau zeichnet eine agile Methode in ihrer gesamten Zielsetzung aus.

Für Organisationen, die Agilität einführen, ist der Wechsel auf den vollständigen Einsatz agiler Methoden oft zu risikoreich und auch nicht passend (vgl. etwa die Betrachtungen in [LBR17]), so dass in einem Wasserfall-artigen plangesteuerten Vorgehen einzelne Praktiken ausgewählt werden, mit deren Einsatz man beginnt – d.h. ein hybrider Ansatz wird gewählt. Unterschiedliche agile Praktiken fördern unterschiedliche agile Charakteristiken. In Tabelle 1 ist die auf Literaturstudien und eigenen Erfahrungen der Autorin beruhende Einschätzung dargestellt, welche Praktiken welche der vorgenannten Charakteristiken unterstützen. Die Zusammenstellung ist eingeschränkt auf die Praktiken, die in der Studie von Komus und Kuberg als die von agilen Anwendern am häufigsten angewendeten genannt werden (vgl. [KoKu17]):

Praktiken	% Nutzung gemäß Komus und Kuberg, 2017	Agile Charakteriken (AC, gemäß Houston and Rosemeyer, 2016)						
		Reaktionsfähigkeit auf Veränderungen	Personalische Interaktionen	Selbstorganisierende, interdisziplinäre Zusammenarbeit	Führung durch Motivation	Technische Exzellenz und Einfachheit	Kontinuierliches Ausliefern von Mehrwert für Kunden	Zusammenarbeit mit Kunden/Nutzern
Daily Scrum	85		x	x				
Sprint Planning	83	x	x				x	x
Sprint Backlog	79	x						x
User Stories	78		x				x	x
Sprint Review	78	x	x	x		x		
Product Backlog	77	x					x	x
Sprint Retrospective	74	x	x	x		x		
Selbstorganisierendes Team	70		x	x	x			
Scrum Board	67		x	x				x
Burndown Chart	62			x				x
Kanban Board	61		x	x				x
Backlog Refinement	59	x						x
Story Points	59			x				x
Planning Poker	54			x				x
Release Planning	54	x		x				x
Team-based Estimation	53		x	x				
Automated Testing	50					x	x	
Velocity Tracking/Analyse	44			x				x
Impediment Backlog	36		x	x	x	x	x	
Pair Programming	36		x			x	x	
Personas	28		x				x	x
Burnup Chart	15			x			x	
Cumulative Flow Diagram	14			x			x	
Cycle-Time Analysis	11			x	x		x	
Sonstige	5							

Tab. 1: Auswirkung verbreiteter agiler Praktiken auf die agilen Charakteristiken (eigene Darstellung)

Neben der Auswirkung auf die agilen Charakteristiken ist für jede der Praktiken in Spalte 2 dargestellt, wie viele der agilen Anwender diese Praktik jeweils nutzen.

3 Nutzen des Einsatzes agiler Methoden oder Praktiken

Wie schon eingangs gesagt, verspricht man sich vom Einsatz agiler Methoden und Praktiken die Flexibilität und Schnelligkeit, auf die wachsende Dynamik der Märkte angemessen zu reagieren. Welcher dieser erwarteten Nutzen tritt tatsächlich ein?

3.1 Berichteter Nutzen von Agilität

Es gibt Berichte über den erfolgreichen Einsatz von Agilität in großen Unternehmen, die über nachweisbare Verbesserungen in Bezug auf pünktliche Auslieferung, Mitarbeiterzufriedenheit sowie Qualitätsverbesserungen berichten - siehe z.B. die Berichte von Yahoo in [ChDr09] und Primavera in [ScAb05].

Statistische Untersuchungen, die auf einer großen Grundgesamtheit beruhen, werden regelmäßig von VersionOne durchgeführt (siehe [Vers17]), im europäischen Raum beheimatet sind die regelmäßigen Studien von Komus und Kuberg (siehe [KoKu17]), für die Automobilindustrie ist auf [KuMa15] zu verweisen. Die Teilnehmer dieser Studien bzw. Studienreihen sind sicherlich nicht repräsentativ für die Gesamtheit aller Produktentwicklungen, zeigen aber den wachsenden Einsatz und Erfolg von Agilität auf und sind auch in Fachkreisen akzeptiert.

In der aktuellen Studie von VersionOne werden als wichtigste Nutzen, die durch Agilität eingetreten sind, berichtet (absteigend sortiert nach Anteil der Nennungen, wieviel Prozent der Teilnehmer das Eintreten dieses Nutzens bestätigen):

- Fähigkeit sich ändernde Prioritäten zu managen (im englischsprachigen Original „Ability to manage changing priorities“, von 88% der Teilnehmer benannt)
- Transparenz im Projekt („project visibility“, 83%)
- Größere Produktivität des Teams („increased team productivity“, 83%)
- Auslieferungszeit / Time to market („Delivery speed/time to market“, 81%)
- Team-Moral („Team morale“, 81%)
- Business/IT-Alignment („business/IT alignment“, 76%)
- (Software-) Qualität („software quality“, 75%)
- Vorhersagbarkeit im Projekt („project predictability“, 75%)
- Reduktion der Projektrisiken („project risk reduction“, 74%)
- Disziplin im Engineering-Prozess („engineering discipline“, 68%)
- (Software-) Wartbarkeit („software maintainability“, 64%)
- Management von verteilten Teams („Managing distributed teams“, 61%)
- Reduktion der Projektkosten („project cost reduction“, 56%)

Ähnliche Vorteile berichten die Teilnehmer der anderen Studie. In der Studie von Komus und Kuberg wird zudem „klassisches Projektmanagement“ von den Teilnehmern deutlich schlechter bewertet.

3.2 Nutzen vs. Agile Charakteristiken

Nicht jeder der berichteten Nutzen ist in jeder Situation eingetreten bzw. erwartbar, und so liegt es nahe, bei der Einführung von Agilität den zu erzielenden Nutzen zu priorisieren, um die Einführung daran auszurichten. Dafür bietet es sich an, die oben benannten Vorteile im Nutzen mit den agilen Charakteristiken in Zusammenhang zu bringen: um einen bestimmten Nutzen zu erzielen, um welche der agilen Charakteristiken sollte man sich am meisten bemühen sie zu erfüllen oder deren Erfüllung zu verbessern?

In Tabelle 2 ist die wiederum auf Literaturstudien und eigenen Erfahrungen der Autorin beruhende Einschätzung zum Zusammenhang zwischen den oben genannten Vorteilen im Nutzen und den agilen Charakteristiken dargestellt.

Potentieller Nutzen von Agilität	Agile Characteriken (AC, gemäß Houston and Rosemeyer, 2016)						
	Reaktionsfähigkeit auf Persönliche Veränderungen	Persönliche Interaktionen	Selbstorganisierende, interdisziplinäre Zusammenarbeit	Führung durch Motivation	Technische Exzellenz und Einfachheit	Kontinuierliches Ausliefern von Mehrwert für Kunden	Zusammenarbeit mit Kunden/Nutzern
Verbesserte Fähigkeit sich ändernde Prioritäten zu managen	x		x				x
Verbesserte Transparenz im Projekt		x				x	x
Größere Produktivität des Teams	x	x	x	x		x	
Verkürzte Auslieferungszeit / Time to market						x	
Verbesserte Team-Moral		x	x	x			x
Verbessertes Business/IT-Alignment	x	x	x			x	x
Verbesserte (Produkt-)Qualität	x				x	x	x
Verbesserte Vorhersehbarkeit im Projekt						x	x
Reduktion der Projektrisiken	x					x	x
Verbesserte Disziplin im Engineering-Prozess				x	x	x	
Verbesserte Wartbarkeit des Produkts					x	x	
Verbessertes Management von verteilten Teams		x	x				
Reduktion der Projektkosten					x	x	

Tab. 2: Nutzen von Agilität und damit im Zusammenhang stehende agile Charakteristiken (eigene Darstellung)

3.3 Verfahren zur Auswahl agiler Praktiken nach Nutzenbetrachtungen

Um den Einsatz von agilen Praktiken nach Nutzenbetrachtungen zu konfigurieren, gilt es – so die von der Autorin entwickelte und hier vorgestellte Empfehlung zur Lösung der Forschungsfrage – in einer konkreten Projektsituation Folgendes zu tun:

1. Angestrebten Nutzen definieren bzw. priorisieren – aus den genannten Vorteilen oder einer vergleichbaren Liste sollten ca. ein bis maximal fünf ausgewählt werden.
2. Anhand der vorgestellten Tabelle 2 oder einer sinngemäß vergleichbaren Gegenüberstellung festlegen, welche agile Charakteristiken mit Priorität angestrebt werden sollen – von den acht Charakteristiken sollten ca. ein bis vier als primär erstrebenswert ermittelt werden.
3. Für die ermittelten anzustrebenden agilen Charakteristiken (Soll) sollte noch geprüft werden, wie sie in der aktuellen Situation (Ist) im Vergleich eingeschätzt werden. Es ist offensichtlich, dass die Einführung von Agilität nur sinnvoll und nutzbringend sein kann, wenn im Vergleich zwischen Ist und Soll das Soll-Profil höhere Agilitätswerte aufweist als das Ist-Profil. Und bei hohen Werten im Ist wird eine weitere Verbesserung anspruchsvoller – wenn überhaupt noch möglich – sein.
4. Eine weitere Empfehlung in diesem Zusammenhang ist die Untersuchung des Agilitätspotentials für die konkrete Projektsituation wie in [LBR17] beschrieben. Hierdurch kann die Prüfung der Einführung von Agilität gegen Potentiale wie Risiken zusätzlich abgesichert werden.
5. Zu den erstrebenswerten agilen Charakteristiken (wie in Schritt 2 ermittelt und in Schritt 3 und 4 überprüft) lassen sich nun aus Tabelle 1 agile Praktiken ermitteln, die diese in besonderem Maße unterstützen, und damit für den Einsatz in der aktuellen Situation primär in Frage kommen.

3.4 Erfolgsmessung und Vorher-Nachher-Betrachtungen

Es kann eine Versuchung ein, direkt von Schritt 1 nach Schritt 5 zu springen – wenn man sich mit der Einführung von Agilität beschäftigt, dann wird man auch ein Gefühl dafür entwickeln, welche Praktiken welchen Nutzen bringen könnten. Hiervon wird abgeraten aus folgenden Gründen:

- Die Ermittlung der anzustrebenden Charakteristiken führt zu einer systematischen Diskussion und Festlegung, welche Aspekte der Agilität für die konkrete Projekt- und

Unternehmenssituation von besonderer Bedeutung sind und damit zu einer viel zielgerichteteren und bewussteren Einführung.

- Die Ermittlung von Ist- und Soll-Profil ist eine wichtige Prüfung der Ausgangs- und der Zielsituation und des realistisch zu erwartenden Nutzens von Agilität.
- Zudem wird kann nach angemessener Zeit die Änderung des Profils – das neue Ist-Profil – gegen das Soll-Profil gemessen, verglichen und gegebenenfalls nachgesteuert werden. Die Einführung von Agilität wird in gewissem Maße messbar.

Alle diese Möglichkeiten würden beim Gehen einer „Abkürzung“ verloren gehen.

Das in 3.3 vorgestellte Verfahren nutzt den in Kapitel 2 erarbeiteten Agilitätsbegriff und die bekannten Studien zum Nutzen von Agilität für eine systematische und zielgerichtete situative Ausrichtung von agilen Ansätzen.

4 Erste Anwendungsbeispiele

Bei einem Automobil-Zulieferer wird auf Basis des V-Modell für mechatronische Systeme ([VDI04]) entwickelt, mit diesem Vorgehen ist man nicht ganz zufrieden. Die Zusammenarbeit mit dem Kunden, dem Automobilhersteller, sowie die Unternehmenskultur des Zulieferers verlangen nach einem Phasenmodell, das der Einführung von Agilität entgegensteht. Andererseits bringt das Personal durchaus gute Voraussetzungen für Agilität mit, und auch die Unsicherheit und Dynamik, die einige der technischen Innovationen begleitet, spricht für den Einsatz von agilen Praktiken.

Als Kompromiss wird für ein erstes Projekt der Einsatz einiger agiler Praktiken in der Umsetzungsphase der Entwicklung gewählt – ein hybrider Ansatz also. Es werden Sprints von zwei Wochen Länge mit Meetings (Daily Scrum) im Abstand von zwei Tagen für die kurzfristige Abstimmung eingeführt, sowie ein Scrum Board zur Visualisierung. Der allgemeine Prozess des V-Modells wird allerdings ohne Änderung weiter verfolgt, die Sprints orientieren sich also nicht an einem kontinuierlich neu sortierten Product Backlog, sondern das „Sprint Backlog“ besteht aus nicht anderem als den laut V-Modell für den Zeitraum anstehenden Produktentwicklungsaufgaben. Es stellen sich keine Vorteile im Sinne von verkürzten Entwicklungszeiten ein, wohl aber eine verbesserte Transparenz und eine verbesserte Fähigkeit, auf Veränderungen zu reagieren und eine verbesserte Qualität an den Stellen, wo eine Zusammenarbeit und enge Abstimmung zwischen mehreren Ingenieursdisziplinen notwendig ist, die in diesem Unternehmen bis dahin an getrennten Orten arbeiten.

In einem zweiten Projekt konzentriert man sich dann darauf, diese Vorteile mit gezielt ausgewählten Praktiken zu erzielen: genutzt werden weiterhin Boards und Daily Scrums, und für die sensible letzte Phase der Produktentwicklung wird das Entwicklungsteam mit allen technischen Disziplinen an einem Ort zusammengezogen und dadurch „selbstorganisierende“ Abstimmung provoziert, die zuvor so nicht möglich war.

Der Fall wurde von der Autorin teilweise begleitet, und im Nachhinein eine Analyse zusammen mit Projektverantwortlichen gemacht. Die agilen Charakteristiken im Ist bzw. im Soll wurden dabei wie in Abbildung 1 dargestellt eingeschätzt – als Engpass in den technischen Entwicklungsprojekten dieser Organisation wird die interdisziplinäre persönliche Abstimmung gesehen, die in Richtung Agilität zu verbessern ist, gleichwohl aber im Rahmen des V-Modells bleiben muss und nicht mit Selbstorganisation zu vergleichen ist. Als angestrebte Nutzen sind vor allem das bessere Management von verteilten Teams, bessere Qualität und

mehr Transparenz zu benennen, die mit den in Tabelle 2 aufgeführten Nutzenkorrelationen übereinstimmen.

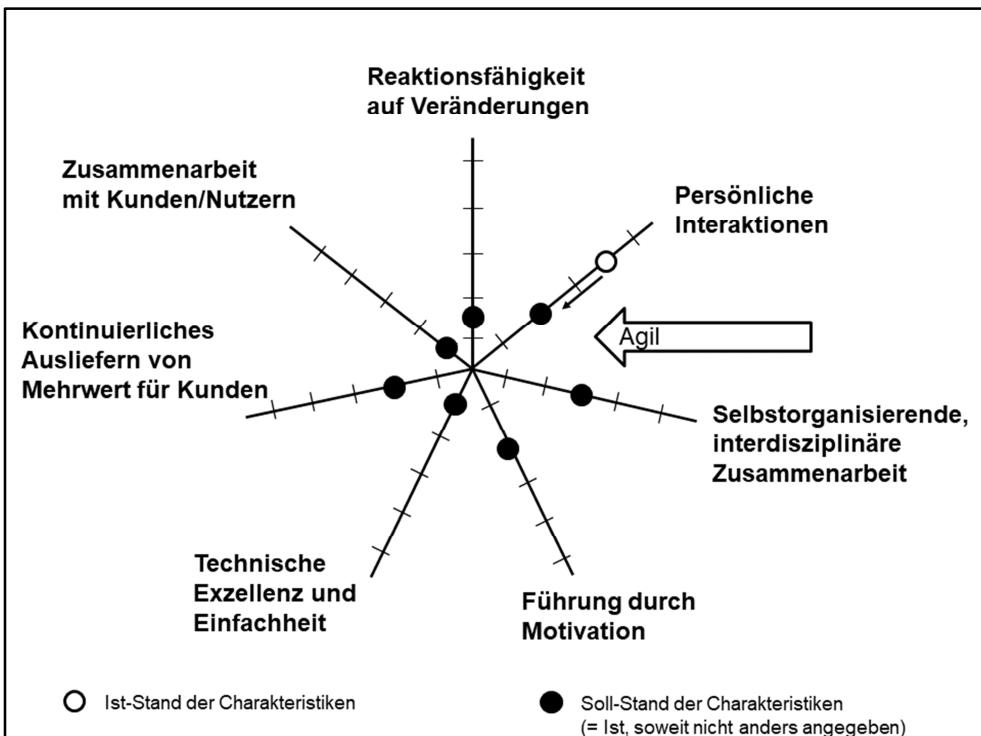


Abb. 1: Agile Charakteristiken im Fallbeispiel – Ausgangslage und angestrebte Situation

Aus Tabelle 1 wird deutlich, dass einige Praktiken aus der Scrum-Methode für diese Situation in erster Linie in Frage kommen – ein vollständiger Scrum ist aber hier nicht machbar. Als machbare Praktiken lässt sich aufgrund der Ausgangssituation der Einsatz erster agiler Praktiken auf den Daily Scrum und den Einsatz eines Boards reduzieren – was sich in der Praxis auch so herausgearbeitet hatte.

Das Fallbeispiel bestätigt somit die in den Tabellen 1 und 2 dargestellten Korrelationen und das in 3.3 vorgeschlagene Verfahren.

Das Fallbeispiel zeigt darüber hinaus, dass auch in „klassischem“ Umfeld agile Charakteristiken in einigen Dimensionen stark ausgeprägt sein können – die nicht so stark ausgeprägten scheinen genau den Unterschied auszumachen zu einem komplett agil arbeitenden Entwicklungsbereich.

In einem weiteren Fallbeispiel, das ebenfalls im Nachhinein mit Beteiligten analysiert wurde, konnten die agilen Charakteristiken ebenfalls die Ausgangs- und Zielsituation zielführend abbilden: die Organisation muss in erster Linie die Zusammenarbeit mit dem Kunden verbessern, insbesondere geht es um ein besseres Verständnis der Anforderungen der Endbenutzer, und kann dies durch die gezielte Einführung von Personas erreichen. Auch hierbei kann das empfohlene Verfahren bestätigt werden.

5 Fazit und Ausblick

Die vorgestellten Überlegungen zur Auswahl von agilen Praktiken nach Nutzenbetrachtungen in einem insgesamt „klassischen“ plangesteuerten Vorgehensmodell sollen eine Systematisierung der Konfiguration unterstützen. Sie sollen zu einer fundierten Überlegung, welche Art von Agilität – welche agile Charakteristiken – bereits in der Situation vorhanden sind und welche primär noch weiterentwickelt werden sollen, verhelfen. Potentiell geeignete Praktiken dazu sollen identifiziert werden, und das dadurch Erreichte auch im Nachhinein messbar gemacht werden.

Dabei ist das Konzept einsetzbar für den Kontext allgemeiner Produktentwicklungen, und nicht eingeschränkt auf den Bereich der Software-Entwicklung.

Die Frage nach der geeigneten Konfiguration hybriden Vorgehens in der Produktentwicklung hat viele Unternehmen erreicht, so dass Leitlinien und Handreichungen dafür dringend wünschenswert sind, wozu mit dem entwickelten Verfahren ein kleiner Beitrag gemacht wird.

Das Verfahren konnte in einigen wenigen qualitativen Fallbeispielen – zwei sind in Kapitel vier in unterschiedlicher Tiefe vorgestellt – als hilfreich und unterstützend bewertet werden. Damit ist die Aussagekraft selbstverständlich limitiert, eine umfangreichere auch quantitative Untersuchung der vorgestellten Zusammenhänge zwischen Vorteilen agiler Ansätze und agilen Charakteristiken sowie die Ausweitung auf weitere agile Praktiken ist wünschenswert. Die Nutzung hybriden Vorgehens in Entwicklungsprojekten ist noch relativ neu und kann und sollte Gegenstand weiterer Forschungen sein, wie es auch von Cooper, dem Protagonisten des Stage-Gate-Modells formuliert wird ([CoSo16]). Bei allen Herausforderungen ist es wünschenswert, über die genannten Studien hinaus mehr Erkenntnisse dazu zu gewinnen, welche Vorteile der Einsatz von verschiedenen Spielarten der Agilität bietet, und die Gründe dafür auch tiefer zu verstehen.

Literaturverzeichnis

- [Agil01] <http://www.agilemanifesto.org/iso/de/manifesto.html>, verabschiedet in 2001. Abruf am 2018-04-03.
- [BFR17] Brehm, L., Feldmüller, D., Rieke, T.: Konfiguration des hybriden Projektmanagements für die Entwicklung technischer, physischer Produkte. In: Barton, T. et al. (Eds.): Prozesse, Technologie, Anwendungen, Systeme und Management 2017, Tagungsband zur 30. AKWI-Tagung. mana-Buch, Heide, 2017, S. 30-39.
- [ChDr09] Chung, M.W., Drummond, B.: Agile@yahoo! from the trenches. In: Agile Conference, 2009. AGILE'09. IEEE, 2009, S. 113-118.
- [CoSo16] Cooper, R. G., Sommer, A. F.: The Agile–Stage-Gate Hybrid Model: A Promising New Approach and a New Research Opportunity. Journal of Product Innovation Management, 5/33, S. 513-526.
- [HoRo16] Houston, D. X., Rosemergy, S. W.: Assessing Product Development Agility. Managing Software Process Evolution, Springer International Publishing, 2016, S. 39 – 60.
- [Hüss14] Hüsselmann, C.: Agilität im Auftraggeber-/Auftragnehmer-Spannungsfeld - Mit hybrider Projektansatz zur Win-win-Situation. In: projektMANAGEMENT aktuell, 01/2014, S. 38-42.

- [KoKu17] Komus, A., Kuberg, M.: Study Status Quo Agile 2016/2017. 2017. www.status-quo-agile.net. Abruf am 2018-04-03.
- [KuMa15] Kugler Maag Cie, 2015. Agile in Automotive – State of Practice 2015. 2015. www.kuglermaag.com/agile2015. Abruf am 2018-04-03.
- [ScAb05] Schatz, B., Abdelshafi, I.: Primavera gets Agile: A successful transition to Agile development. In: IEEE software, 22(3), 2005, S. 36 – 42.
- [ScSu95] Schwaber, K., Sutherland, J.: The Scrum Guide, erste Version aus 1995, aktuelle Version aus 2017. www.scrum.org. Abruf am 2018-03-04.
- [VDI04] Verein Deutscher Ingenieure (VDI): Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme - Design methodology for mechatronical systems (VDI2206). VDI, Düsseldorf, 2004.
- [Vers17] VersionOne Inc.: 11th annual State Of Agile Report. 2017. <https://explore.versionone.com/state-of-agile/versionone-11th-annual-state-of-agile-report-2>. Abruf am 2018-04-03.

Kontakt:

Prof. Dr. Dorothee Feldmüller
Hochschule Bochum, Campus Velbert/Heiligenhaus
Kettwiger Straße 20, 42579 Heiligenhaus
dorothee.feldmueller@hs-bochum.de

Anwendungen und Systeme

Einsatz von Data-Mining-Strategien zur dynamischen Unterstützung der Disposition bei Störfällen im städtischen und regionalen Linienverkehr

Yael Widmann, Karl Dübon, Dirk Weißen

Zusammenfassung

Kunden des öffentlichen Nahverkehrs kennen es alle, unerwartete Betriebsstörungen sorgen regelmäßig für Verspätungen oder Fahrtausfälle zum Ärger der Fahrgäste. Auch für die Disponenten stellt das eine besondere Herausforderung dar, unter den gegebenen Restriktionen zeitnah eine geeignete Streckenalternative zu planen und anzutragen. Dabei gilt es jederzeit, alle weiteren Verkehrsmittel des Nahverkehrs möglichst kaum zu beeinträchtigen. Die derzeitige, klassische Unterstützung der Disponenten beruht auf sogenannten Störfallprogrammen, einem Katalog, der vorgefertigte Dispositionsszenarien enthält. Allerdings verliert diese statische Variante der Unterstützung schnell an Nutzen, sobald das Streckennetz zeitgleich durch weitere geplante oder ungeplante Störungen belastet wird. Der nachfolgende Beitrag stellt Lösungsansätze zur dynamischen Unterstützung der Disponenten mithilfe ausgewählter Data-Mining-Algorithmen vor. Hierdurch soll auf Basis von dokumentiertem Erfahrungswissen der Disponenten der Zusammenhang zwischen Störfallmeldungen und angeordneten Streckenalternativen maschinell erlernt und fallbasiert Streckenalternativen vorgeschlagen werden. Besonderes Augenmerk fordert dabei die Aufbereitung der protokollierten Störfallmeldungen, um diese im weiteren Verlauf mit statistischen Methoden analysieren zu können. Mit der im Folgenden beschriebenen Ausarbeitung kann gezeigt werden, dass eine dynamische Unterstützung mit der Anwendung von Data-Mining möglich und sinnvoll ist. Zudem wird ermittelt, wo weitere Verbesserungspotenziale vorhanden sind.

1 Einleitung

Im Folgenden wird eine mögliche Vorgehensweise zur dynamischen Unterstützung von Disponenten des öffentlichen Nahverkehrs hergeleitet. Um die derzeitige Situation der Störfallbearbeitung zu verstehen, werden zunächst Störfallsituationen dargestellt und die Anforderungen an eine geeignete Streckenalternative beschrieben. Anschließend folgt eine Übersicht über die zur Verfügung stehenden Daten und deren Struktur. Die Datensituation gemeinsam mit dem Analyse-Ziel sollen ausschlaggebend für die in Frage kommenden Verfahren sein, woraus sich dann die notwendigen Datenvorverarbeitungsschritte (pre-processing) ergeben. Hierzu kommen bereits verschiedene Frameworks und Strategien zum Einsatz. Nach Auswahl eines geeigneten maschinellen Lernverfahrens, wird das System trainiert und die erzielten Ergebnisse einer kritischen Prüfung unterzogen.

2 Ausgangssituation

Betriebsstörungen im öffentlichen Nahverkehr können anhand von drei typischen Ursachen kategorisiert werden: Störungen im Liniennetz, Fahrzeugdefekte und Störungen, die auf menschliches Einwirken zurückzuführen sind. Dabei können geplante und ungeplante (im Sinne von nicht vorhergesehene) Störungen unterschieden werden (s. [Otto14]).

Störungen im Liniennetz, wie zum Beispiel defekte Oberleitungen oder der Ausfall von Steuerungselementen, werden besonders durch Witterungseinflüsse ausgelöst. Davon unterschieden werden technische Defekte bzw. Antriebsstörungen an den Fahrzeugen.

Durch menschliches Einwirken verursachte Störungen resultieren im Wesentlichen aus Verkehrsunfällen, Behinderungen durch Einsatzfahrzeuge der Rettungsdienste und falsch geparkten Fahrzeugen (s. [Otto14]). Dieser Kategorie zugeordnet werden Störungen aufgrund krankheitsbedingter Ausfälle des Personals aber auch Fälle von randalierenden oder betrunkenen Fahrgästen, die zu Fahrtausfällen oder länger andauernde Haltezeiten führen. Erfahrene Disponenten erlernen über Jahre hinweg, wie das Streckennetz des öffentlichen Nahverkehrs für Umleitungen genutzt werden kann. Sie müssen sich diese Fähigkeit über lange Zeit durch Erfahrung aneignen. Zur operativen Streckenführung sind hierbei infrastrukturelle Aspekte zu beachten, wie eingleisige Abschnitte, Kapazitäten von Knotenpunkten oder Wendekreisen, sowie die generelle von der Tageszeit abhängige Auslastung des Streckennetzes. Fahrgäste erwarten dabei Pünktlichkeit, selbstverständlich den Halt an den gewünschten Zielstationen und das möglichst mit geringem Aufwand.

Aufgrund des enormen Entscheidungsdrucks, der in solchen Momenten für Disponenten entsteht und die Dringlichkeit eine dispositive Maßnahme dennoch schnell anzurufen, werden drei Maßnahmen ergriffen: Die Erstellung typischer Störfallprogramme, die Simulation von Notfallszenarien und gezielte Trainings für Disponenten (s. [ChFo11]). Diese Maßnahmen greifen jedoch dann nicht mehr alleine, wenn Ketten verschiedener Störfälle in Verbindung mit langfristig geplanten Behinderungen (z.B. aus städtischen Baummaßnahmen, Märkten, Demonstrationen, die das Liniennetz beeinträchtigen) auftreten

Bei solchen komplexen Entscheidungssituationen werden die üblichen bekannten Dispositionsszenarien schnell hinfällig und die Disponenten sind wieder auf ihr Erfahrungswissen angewiesen (s. [Schn15]). Um die Disponenten in diesen Situationen bei der Anordnung von Routenalternativen zu unterstützen, sollen unter Berücksichtigung der gegebenen Restriktionen mögliche Streckenführungen dynamisch vorgeschlagen werden.

Hierzu soll das dokumentierte Erfahrungswissen vergangener Störfälle herangezogen werden, um aus diesen Daten die Zusammenhänge zwischen Störfallmeldung und angeordneten Streckenalternativen maschinell zu lernen. Das gewonnene Wissen soll dann der Streckendisposition nach Erfassung eines Störfalles alternative Ersatzrouten zur Verfügung stellen.

3 Datenstruktur und Datenvorverarbeitung

3.1 Datenstruktur

Im Folgenden sollen nun, zum einen, der strukturelle Aufbau von Störfallmeldungen und zum anderen, die Maßnahmen zur Gewinnung und Aufbereitung der relevanten Störungsdaten dargestellt werden.

Eine Störfallmeldung beschreibt den Eingang einer Störung in einem Abschnitt des Liniennetzes. Im Wesentlichen sind folgende sechs Merkmalsgruppen zu berücksichtigen:

- **Störungsort:** Ein maßgeblicher Gesichtspunkt einer Störung ist der Ort der Störung. Er bestimmt, welcher Abschnitt beeinträchtigt ist und welche Linien von ihr betroffen sind. Ebenso determiniert der Ort einer Störung die technischen Netz-Einrichtungen (Weichen, Wendekreise, ...), welche für mögliche Routenalterativen genutzt werden können.
- **Störungsdauer:** Die voraussichtliche und tatsächliche Dauer einer Störung stellen die wesentlichen Informationen dar, ob überhaupt die Planung einer Umleitung notwendig wird.
- **Störungsursache:** Die Ursache wird zur Kategorisierung von Betriebsstörungen herangezogen und beeinflusst unmittelbar auch deren Dauer.
- **Tagesabschnitt:** Die Tageszeit der Störung erlaubt eine Evaluierung der Auslastung des Streckennetzes. Bei einem zu Nachtzeiten kaum befahrenen Streckennetz können Alternativrouten ausgewählt werden, die zu stark befahrenen Tageszeiten einen Rückstau verursachen würden.
- **Fahrplan:** Die Auslastung wird weiterhin über den Fahrplan bestimmt, der sich in den Zeiträumen Montag bis Freitag und dem Wochenende unterscheidet. Daher ist der Zeitraum bzw. der Wochentag in Abhängigkeit des Fahrplans ebenfalls eine wesentliche Variable.
- **Dispositionskommentar:** Die angeordneten Umleitungen werden in einem Kommentarfeld beschrieben und sollen ebenfalls zur Analyse herangezogen werden.

Um daraus die Datenbasis zu schaffen, die im späteren Verlauf zur maschinellen Wissensgenerierung herangezogen werden soll, bedarf es einer Datenextraktion, Datenbereinigung und einer Datentransformation. Wie auch schon bei Runkler nachzulesen (s. [Runk10]), sind diese Schritte zwingend erforderlich, um glaubwürdige Ergebnisse nach dem Training des Systems erhalten zu können.

3.2 Datenextraktion

Verwendet werden Störungsdaten für eine ausgewählte Linie, die innerhalb eines Zeitraums von etwa 1 ½ Jahren angefallen sind, insgesamt 674 Störfälle. Die Datenextraktion beginnt mit einer Konvertierung vom PDF in ein Text-Format. Dadurch sind die Daten für die elektronische Weiterverarbeitung zugänglich und können aus dem Dokument extrahiert werden. Die ersten fünf oben beschriebenen Variablengruppen werden durch ein in Java implementiertes Programm anhand von Regular Expressions, d.h. Muster in den Zeichenfolgen, entnommen. Die sechste Variablengruppe liegt als Kommentarfeld vor und wird aufgrund seiner komplexen Struktur als unveränderter Freitext übernommen. Angesichts der Semistruktur der vorliegenden Daten sind diese in eine NoSQL Datenbank für die weitere Verarbeitung abgelegt.

Aus dem Freitext sollen alle befahrenen Haltestellen in der Befahrungsreihenfolge in einer Liste gespeichert werden. Hierzu sind mehrere verschiedene Methoden notwendig. Zum einen erlauben Regular Expressions in Kombination mit Named Entity Recognizer (NER), Stemmer und Sentence Splitter aus verschiedenen Natural Language Processing engines und einem auf Naive Bayes basierenden Keyword Extraction Framework die Identifikation der Haltestellen. Ein hinterlegter Netzplan, vereint mit der Linienbefahrung, ermöglicht diese identifizierten Haltestellen in eine Befahrungsreihenfolge zu bringen. Abbildung 1 veranschaulicht beispielhaft ein Kommentar einer Störfallmeldung.



Abbildung 1: Beispiel eines Kommentars in Störfallmeldungen

3.3 Datenbereinigung

Typische Qualitätsprobleme resultieren aus unvollständigen Daten, Ausreißern oder Synonymen bzw. Tippfehlern (s. [Bell14]). In der hier beschriebenen Anwendung, werden unvollständige Störfallmeldungen, bei denen eine der obengenannten Variablengruppen fehlt, von der weiteren Verarbeitung ausgeschlossen.

Ebenfalls sind Datensätze auszuschließen, bei denen aufgrund von erheblichen Einschränkungen des Streckennetzes, keine „üblichen“ Streckenalternative angeordnet werden konnten. Einen weiteren Teil des Aufwands entfällt auf die Eliminierung der Synonyme. Die extrahierten Haltestellen befinden sich in originaler Form, wie im Kommentar enthalten, in einer Liste. Sie können daher unterschiedliche Bezeichnung für dieselbe Haltestelle enthalten. Das können gängige Abkürzungen, von den Verkehrsbetrieben verwendete Begrifflichkeiten für eine Haltestelle wie auch Tippfehler bzw. Kombinationen daraus sein. Tabelle 1 veranschaulicht beispielhaft an der Karlsruher Haltestelle Mathystraße, über welche Bandbreite sich Synonyme erstrecken können.

Mögliche Ausprägungen der Mathystraße				
Abkürzung	MTY	MTHY	Mathystr.	Mahystr.
Herkunft	Abkürzung des Verkehrsbetriebs	Abkürzung Verkehrsbetrieb	Gängige Abkürzung	Tippfehler und gängige Abkürzung

Tab. 1: Beispiele an möglichen Synonymen für Mathystraße

Anhand zweier verschiedener Vergleichsdatenbasen und mithilfe mehrerer zwischenge schalteter Textvergleichsalgorithmen, können die originalen Texte in einen gemeinsamen Begriff für ein und dieselbe Haltestelle überführt werden. Hier lautet die Strategie, dass die Mehrzahl der verwendeten Algorithmen, dieselbe Haltestelle identifizieren sollte, um Sicherheit einer korrekten Überführung zu gewährleisten. Die verkehrsbetrieblichen Abkürzungen allerdings werden sinnvoller Weise aufgrund der Länge des Wortes mittels eines Dictionarys transferiert.

Schlussendlich, liegen Daten vor, wie sie als Input für Data-Mining Algorithmen verwendet werden können. Nach der Datenbereinigung verbleiben 147 Datensätze für eine ausgewählte Linie, die im Zeitraum von 1 ½ Jahre angefallen sind.

3.4 Datentransformation

In diesem Punkt werden die allgemeinen Datentransformationverfahren vorgenommen, um die ausgewählten Lernalgorithmen in Anwendung zu bringen z.B. Erzeugung von numerischen Merkmalstypen für die Analyse mit Neuronalen Netzen.

4 Data-Mining-Algorithmen Auswahl und Anwendung

Die in Kapitel 3 dargestellten Daten erlauben eine Anwendung sogenannter Supervised-Learning-Algorithmen. Hierbei wird die sechste Variabengruppe, wie oben beschrieben, als Zielvariable herangezogen. Zu den gegebenen Daten, der Störungskategorie, des betroffenen Streckenabschnitts, der Dauer, der Tageszeit und des Arbeitstages, der Zusammenhang zur angeordneten Umleitung ermittelt. Auf dieser Basis werden die Daten klassifiziert und damit die Eintrittswahrscheinlichkeit einer Umleitung berechnet. Aus möglichen Algorithmen, wie z.B. Logistic-Regression, Decision-Forest, Naive-Bayes bzw. Bayes-Netz, maschinelle Lernalgorithmen und Neuronalen Netzwerken, wurden exemplarisch Bayes-Netze und das Neuronale Netzwerk für die weitere Betrachtung herangezogen.

Das Bayes-Netz, als ein gerichteter Graph, ermöglicht eine einfache Interpretation, da das Streckennetz ohnehin ein Graph darstellt (s. [Bell14]). Der zweite ausgewählte Algorithmus, das Neuronale Netz, in Form eines Multilayer-Perceptrons, hingegen, bietet sich an, weil seine Möglichkeiten nichtlineare Zusammenhänge zu lernen und zu generalisieren, besonders geeignet erscheinen (s. [Runk10]).

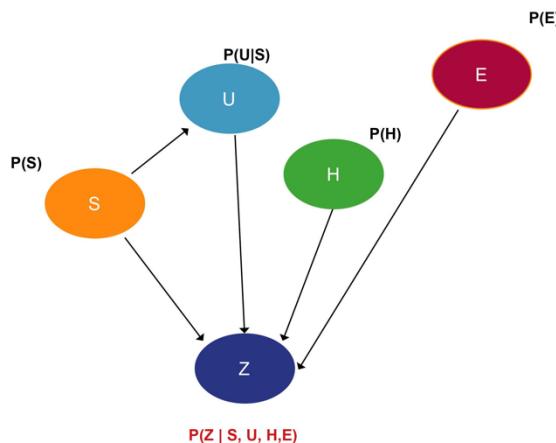


Abbildung 2: Modell eines Bayes-Netzes

In Abbildung 2 ist ein typischer Graph eines Bayes-Netzes dargestellt. Die gerichteten Pfeile bezeichnen die Abhängigkeitsbeziehungen, die ebenfalls durch Wahrscheinlichkeiten ausgedrückt werden. In der betrachteten Anwendung stehen die Knoten S (betroffener Streckenabschnitt), U (Störungsursache), H (zuletzt befahrene Haltestelle) und E (Starthaltestelle) beispielhaft für die in den Variabengruppen beschriebenen Attribute. Der Knoten Z repräsentiert die nächstbefahrbare Haltestelle. Dementsprechend entspricht $P(Z|S,U,H,E)$ der bedingten Wahrscheinlichkeit, dass in einer gegebenen Situation die Haltestelle Z anfahren kann.

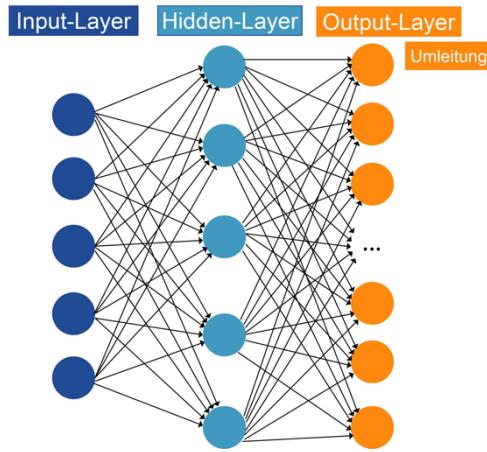


Abbildung 3: Topographie eines Neuronalen Netzes

Abbildung 3 stellt die Knotenstruktur des verwendeten Neuronalen Netzes dar. Die Knoten des Input-Layers repräsentieren die transformierten Variablengruppen. Deren Ausprägungen werden über eine Zwischenschicht (Hidden-Layer) zur Bestimmung der im Output-Layer präsentierten Variablengruppe 6 verwendet.

Die verfügbaren Daten wurden in Test- und Trainingsdaten aufgeteilt, um die dargestellten Modelle zu bewerten.

5 Bewertung der Ergebnisse und Ausblick

Die Daten wurden in disjunkte Trainings und Testdatensets aufgeteilt. Das Neuronale Netz erlaubt bei knapp 20% der Testdaten, die tatsächlich angeordnete Streckenalternative erfolgreich zu ermitteln. Hingegen ermöglicht das Bayes-Netz ein Drittel der angeordneten Streckenalternativen auch vom trainierten System vorzuschlagen. Die Variablengruppen bilden einen Merkmalsraum von 256 Merkmalskombinationen. Daher umfasst die gewählte Datenset nicht das gesamte Merkmalsspektrum und kann daher für ein erfolgreiches Training nicht ausreichen.

Die Komplexität des öffentlichen Nahverkehrs mit seinen vielseitigen Restriktionen, unter anderem der technischen Ausstattung, seinen Einflussfaktoren, z.B. der Witterung und seinen beteiligten Akteuren, wie Autofahrern, Fußgängern und Fahrradfahrern, erfordert die Unterstützung von Disponenten durch Data-Mining-Systeme. Gepaart mit dem Erfahrungswissen der Disponenten kann damit eine Verbesserung der Routenplanung im Störfall erreicht werden.

Die ermittelten Ergebnisse erlauben die Annahme, dass durch die Hinzunahme weiterer Daten direkt aus dem Fahrbetrieb eine deutliche Steigerung der bislang erreichten Ergebnisse erzielt werden kann. Hierzu gehören weitere Verkehrsinformationen oder Sensordaten direkt aus dem Liniennetz.

Es ist im öffentlichen Nahverkehr zu erwarten, dass in einem weiteren Schritt Data-Mining-Algorithmen und Big-Data-Technologien sowie Internet of Things (IoT) Technologien für die

Echtzeitüberwachung und -steuerung der Linien ihre Verwendung finden. Eine neue Generation von selbstlernenden Störfallprogrammen zur Unterstützung der Disposition entsteht.

Literaturverzeichnis

- [Bell14] Bell, J.: Machine Learning: Hands-On for Developers and Technical Professionals. John Wiley and Sons, 2014.
- [ChFo11] Chu, F.; Fornauf, L.: Vom Katastrophen- und vom dynamischen Straßenverkehrsmanagement lernen – Störfallprogramme bei Betriebsstörungen im Schienenverkehr. In: Heureka '11 Hrsg. von Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. Köln. Optimierung in Verkehr und Transport. FGSV-Verlag, Köln, 2011.
- [Otto14] Otto, C.: Analyse von dispositiven Eingriffen im Schienenverkehr durch Computersimulation. Diplomarbeit, Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin, 2014.
- [Runk10] Runkler, T.: Data Mining. Vieweg+Teubner Verlag, 2010.
- [Schn15] Schnieder, L.: Betriebsplanung im öffentlichen Personennahverkehr: Ziele, Methoden, Konzepte. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2015.

Kontakt

Yael Widmann
WidasConcepts GmbH
Maybachstr. 2, 71299 Wimsheim
T +49 7044 95103-100, yael.widmann@widas.de

Karl Dübon
Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft
Moltkestraße 30, 76133 Karlsruhe
karl.duebon@hs-karlsruhe.de

Dirk Weißen
INIT GmbH
Käpplerstraße 4-10, 76131 Karlsruhe

Empfehlungssysteme für die Produktkonfiguration mit Methoden des maschinellen Lernens

Nils Merlin Ullmann, Sönke Cordts

Zusammenfassung

Durch den zunehmenden Bedarf an personalisierten sowie konfigurierbaren Produkten stieg die Anzahl der verfügbaren Angebote in den letzten Jahren stark an. Da diese Käufe zunehmend über E-Commerce-Systeme abgewickelt werden, führt das Angebot immer mehr zu einer Informationsüberflutung bei den Kunden, die sich mit der Vielzahl der Produkte und Konfigurationsmöglichkeiten konfrontiert sehen. Um die Personalisierung zu erleichtern, werden Produktkonfiguratoren genutzt. Diese können um Empfehlungssysteme erweitert werden, die aktuell meistens noch für einfache, nicht konfigurierbare Produkte oder in Dienstleistungen genutzt werden.

In diesem Beitrag wird ein System vorgestellt, das einzelne Merkmale sowie vorkonfigurierte Produkte empfehlen kann. Das System nutzt dabei einen „Collaborative-Filtering“-Ansatz, in dem es Ähnlichkeiten unter den Kunden ausnutzt, basierend auf dem Kauf- bzw. Konfigurationsverhalten sowie den Benutzerprofilen. Dafür werden spezielle Konfigurations- sowie Benutzereigenschaften genutzt, um aussagekräftige Ähnlichkeiten abzuleiten.

Zur Berechnung der Ähnlichkeiten werden zwei Verfahren getestet. Das erste basiert auf dem k-Nearest-Neighbor-Algorithmus und das zweite auf der Matrix-Faktorisierung. Beide Algorithmen versuchen ein Matrix-Completion-Problem zu lösen, um so die geeignete personalisierte Konfiguration für den jeweiligen Kunden zu finden. Zusätzlich wird in der Arbeit eine beispielhafte Architektur dargestellt, um die Empfehlungen effizient in ein produktives System einzubinden, in dem ein Großteil der benötigten Informationen vorberechnet wird und Empfehlungen in Echtzeit abfragbar sind.

1 Einleitung

Das Ziel von Mass Customization ist es, die Individualisierung und Personalisierung von Produkten und Diensten zu ermöglichen, um einerseits Kundenwünsche zu bedienen und andererseits dies auch kosteneffizient in Form der Massenfertigung durchzuführen [TiFe17]. Die verstärkte Individualisierung führt auf der Kundenseite zu einer großen Produktrvielfalt, jedoch auch zu einer zunehmenden Informationsüberladung, da der Nutzer die Wahl treffen muss. Dieses Phänomen wurde bereits 1998 in [HuKa98] als Mass Confusion betitelt. Empfehlungssysteme sind in der Lage, den Benutzer bei der Konfiguration zu unterstützen und die Informationsüberladung zu senken.

Die einfache Anwendung klassischer Ansätze von Empfehlungssystemen für die Produktkonfiguration ist ungeeignet, da die Komplexität und die Vielfalt der Optionen deutlich höher sind. Zusätzlich ändert sich das Benutzerverhalten im Vergleich zu E-Commerce-Systemen mit Standardprodukten oder Film- bzw. Musikdiensten. Komplexe Produkte werden seltener gekauft als einfache. Informationen zu expliziten Bewertungen sind selten vorhanden und die Informationen bezüglich Kaufhistorien sind weniger umfangreich.

In der Produktkonfiguration werden in [TiFe10] mehrere grundsätzliche Anwendungsfälle identifiziert und kategorisiert:

1. Empfehlen von Produktmerkmalen und Ausprägungen
2. Empfehlen von Basisprodukten (vergleichbar mit klassischen Standardprodukten)
3. Empfehlen von kompletten Konfigurationen
4. Vervollständigen von nicht abgeschlossenen Konfigurationen
5. Empfehlen von Subkonfigurationen

Diese Arbeit behandelt die Anwendungsfälle 1, 2 und 3, wobei die Ansätze leicht auf weitere Kategorien erweitert werden können. Bei der Produktkonfiguration wird ein constraint-based Konfigurator betrachtet, der Endkunden als Zielgruppe hat, bspw. wie in E-Commerce-Systemen.

Dabei wird grundlegend ein Ansatz entsprechend des Collaborative Filtering verfolgt. Beim Collaborative Filtering (CF) werden Items auf Basis von Ähnlichkeiten unter den Benutzern vorgeschlagen, beispielsweise durch Analyse der Kaufhistorie, der Bewertungen etc., also der Informationen der Benutzerprofile. Ziel ist es dabei, die Grundidee des Collaborative Filtering effektiv auf das Feld der Produktkonfiguration zu übertragen und anzupassen.

Die zunehmende Anwendung von Empfehlungssystemen wird durch die Fortschritte in Rechenleistung und im Feld des maschinellen Lernens unterstützt. Letzteres ermöglicht das Lernen aus massiven Datensets. Grundlegende Beiträge sind im Rahmen des Netflix-Preises 2006 entstanden, die in [BeKo07] zusammengefasst sind.

2 Ansatz eines Empfehlungssystems für die Produktkonfiguration

2.1 Allgemein

Für den Einsatz eines Empfehlungssystems in der Produktkonfiguration werden Benutzerprofile benötigt, um Präferenzen der Benutzer abzuleiten. Dafür stehen verschiedene Datenquellen zur Verfügung. Zum einen können, wie in E-Commerce-Systemen, Verkaufshistorien aufgezeichnet werden, in diesem Fall bestehend aus den Konfigurationen, wobei jede Konfiguration das Basisprodukt und alle ausgewählten Merkmalsausprägungen beinhaltet. Diese werden jedem Benutzerprofil hinzugefügt. Zusätzlich können die Profile auch durch Informationen aus Customer-Relationship-Management-Systemen (CRM) oder Kontextinformationen wie dem Standort (Lokation) oder dem User-Agent-String erweitert werden. Diese weiterführenden Informationen können gegebenenfalls die Ähnlichkeitsberechnungen unter den Benutzern verbessern.

Diese Daten bilden die Grundlage für den Empfehlungsdienst. Die Idee ist, für den jeweils aktiven Benutzer (der aktuell ein Produkt auswählen und im Anschluss konfigurieren will) anhand der Benutzerprofile ähnliche Kunden zu finden. Diese ähnlichen Kunden können dann genutzt werden, um anfangs Basisprodukte sowie im Anschluss Merkmalsausprägungen vorzuschlagen, indem deren Kaufhistorie analysiert wird. Es entspricht somit der Idee des Collaborative Filtering mit der Annahme, dass Benutzer, die in der Vergangenheit ähnliche Präferenzen hatten (Produkte, Konfigurationsmerkmale), diese auch in der Gegenwart haben. Auf einer abstrakten Ebene müssen diese Daten in Ähnlichkeiten transformiert werden, wie in Abbildung 1 als Datenfluss dargestellt.

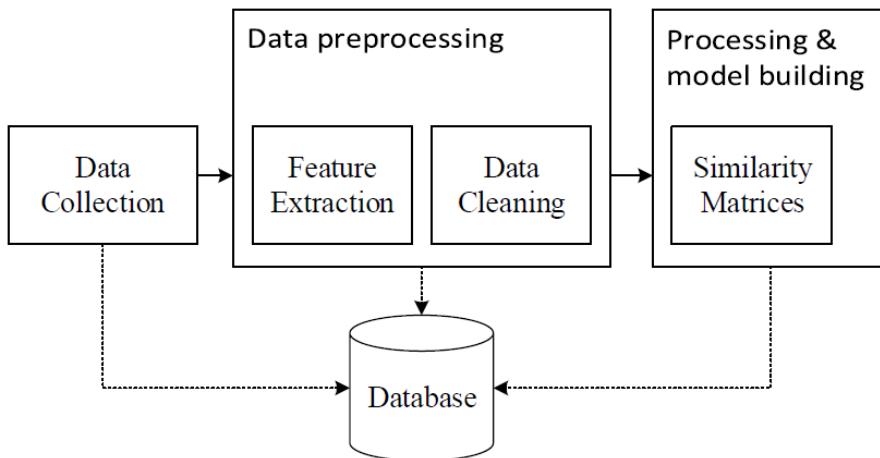


Abbildung 1: Abstrakte Darstellung des Datenflusses für das Empfehlungssystem

Dieser Datenfluss gilt vor allem für die Vorberechnungen, die getrennt vom Echtzeit-System durchgeführt werden können. So können schon getätigte Konfigurationen und zusätzliche Informationen offline analysiert werden. Dafür müssen die Benutzerprofile erstellt werden, indem bspw. CRM-Daten (Alter, Geschlecht und geographische Informationen), Geräteinformationen (Browser) und eine Liste von Konfigurationen und dadurch ableitbare Informationen in Form von Attributen (Features) zusammengefasst werden.

Daraufhin müssen im Echtzeit-System weniger Informationen verarbeitet werden. Für die Live-Phase werden dennoch Berechnungen benötigt, um schrittweise die aktuelle nicht abgeschlossene Konfiguration mit anderen abgeschlossenen Konfigurationen zu vergleichen.

2.2 Datenvorbereitung

Für die Datenanalyse müssen die Attribute der Benutzerprofile vergleichbar sein. Dazu werden alle kategorischen Attribute wie CRM-Informationen, gekaufte Basisprodukte und Konfigurationen durch 1-aus-n-Codierung/One-Hot-Encoding in numerische Attribute transformiert. Zusätzlich müssen gegebenenfalls fehlende und falsche Datensätze entfernt und weitere numerische Attribute skaliert werden, in diesem Fall durch einen Min-Max-Scaler, um die Auswirkungen einzelner Attribute zu kontrollieren. Dadurch schwanken alle Attribute im Bereich [0,1]. Diese Schritte ermöglichen es, Ähnlichkeitsmaße auf die Benutzerprofile anzuwenden.

2.3 Datenverarbeitung

Für Collaborative-Filtering-Empfehlungssysteme werden oft der k-Nearest-Neighbor-Algorithmus oder die Matrix-Faktorisierung genutzt, so beispielweise auch in [TiFe10] und [Pa++16]. In diesem Beitrag werden beide Ansätze getestet, wobei das allgemeine Vorgehen für beide Ansätze gleich ist und lediglich die finale Ableitung der Vorschläge variiert.

Die Datenverarbeitung trennt sich in zwei Phasen. Eine Phase führt offline alle Vorberechnungen durch und eine Online-Phase verarbeitet die Echtzeitanfragen und führt finale Berechnungen durch (Abbildung 2).

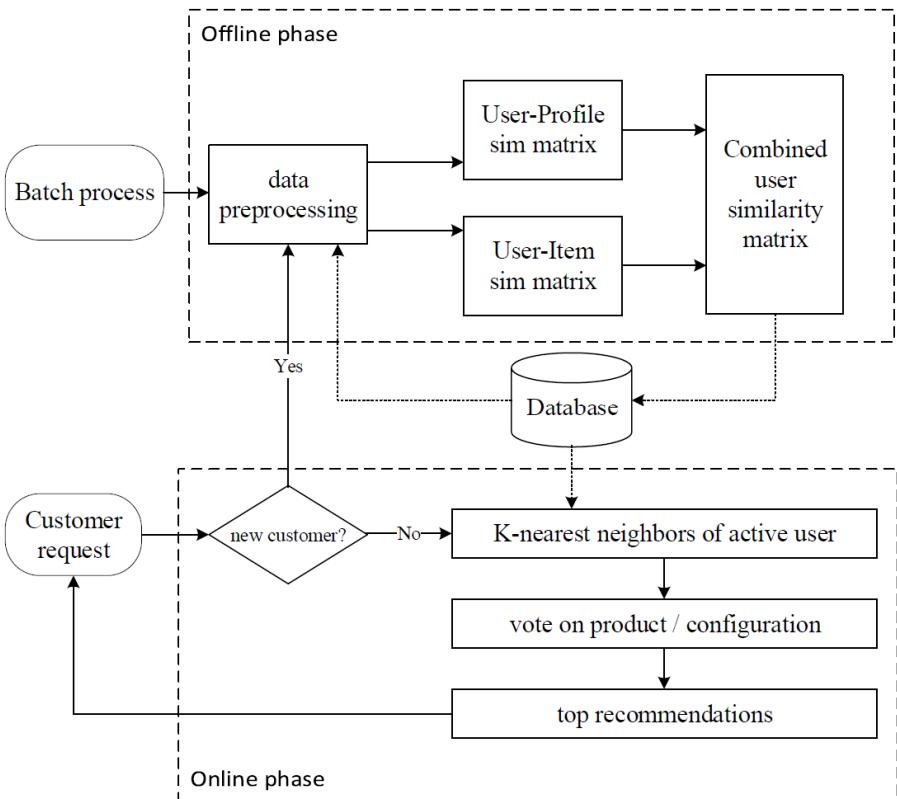


Abbildung 2: Übersicht der Empfehlungsgenerierung unterteilt in zwei Phasen „offline“ und „online“. Hier am Beispiel des k-Nearest-Neighbor-Algorithmus.

Offline-Phase: Diese umfasst alle Schritte zur Datenvorbereitung sowie der möglichen Modellellerstellung, wobei die Modelle hierbei vor allem Ähnlichkeitsmatrizen der Benutzer darstellen. Abhängig von den verfügbaren Daten kann eine beliebige Anzahl von Ähnlichkeitsmatrizen generiert werden. In diesem Anwendungsfall ergeben sich beispielsweise zwei Matrizen, eine basierend auf dem Kaufverhalten der Basisprodukte sowie eine basierend auf den explizit und implizit gesammelten Informationen zum Kunden, bspw. aus CRM-Systemen. In beiden Fällen werden aus den Benutzerinformationen durch Nutzung von passenden Ähnlichkeitsmaßen jeweils paarweise Ähnlichkeitsmatrizen der Benutzer erstellt. Die verschiedenen Matrizen können dann linear kombiniert werden, zusätzlich auch unter Verwendung von Gewichten, die als Hyperparameter verstellbar sind. Somit kann bei Umgebungen, in denen die Produktmatrix sehr dünn gefüllt ist, mehr Gewicht auf die explizit vorliegenden Benutzerinformationen gelegt werden und bei Umgebungen, in denen wenig Informationen über den Kunden bekannt sind, mehr Gewicht auf die Verkaufshistorie gelegt werden (Abbildung 3).

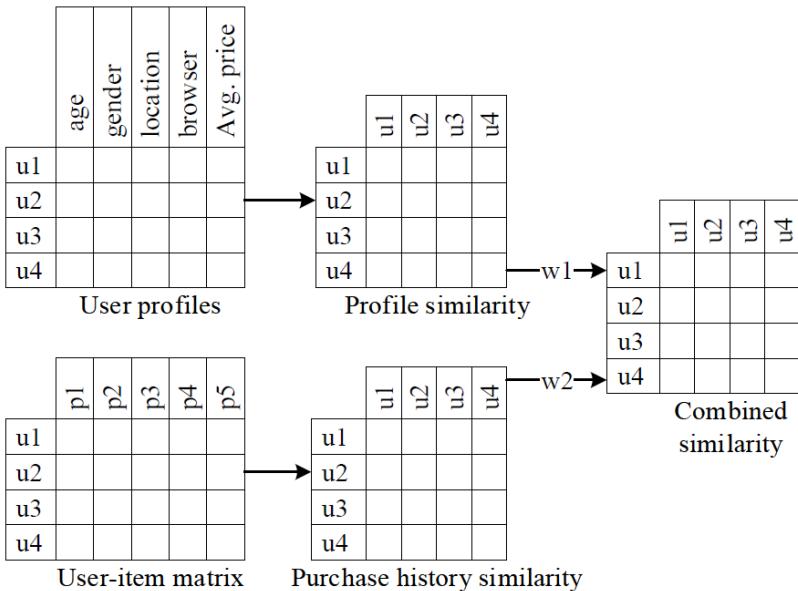


Abbildung 3: Transformation und Kombination verschiedener Matrizen mit unterschiedlichen Datenquellen.

Für die Matrix der Produkte wird die Hamming-Distanz als Ähnlichkeitsmaß verwendet, da die Daten binär kodiert sind und somit die gleichen Attribute einfach summiert und durch die Anzahl der Produkte geteilt werden können. Seien \vec{X} und \vec{Y} die binär kodierten Verkaufshistorien zweier Benutzer, dann ist die Ähnlichkeit gegeben durch Formel 1.

$$\text{Sim}_{\text{Cos}}(\vec{X}, \vec{Y}) = \frac{\sum_{i=1}^m \text{count}(x_i=y_i)}{m} \quad (1)$$

Für Benutzerprofile, die unterschiedliche Attribute enthalten, bietet sich das Cosinus-Ähnlichkeitsmaß an. Dabei beschreiben \vec{X} und \vec{Y} zwei Benutzerprofile ohne die Verkaufshistorie mit n Attributen. Somit ist die Ähnlichkeit zweier Profile durch Formel 2 gegeben.

$$\text{Sim}_{\text{Cos}}(\vec{X}, \vec{Y}) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n y_i^2}} \quad (2)$$

Online-Phase: Auf Grundlage dieser vorverarbeiteten Daten können im Echtzeit-System Basisprodukte, welche im Anschluss konfiguriert werden sollen, sowie auch vorkonfigurierte Produkte vorgeschlagen werden. Dafür werden für den aktiven Benutzer, der zu dem Zeitpunkt entweder schon im Modell enthalten ist oder den Ähnlichkeitsmatrizen hinzugefügt wird, die k-ähnlichsten Kunden anhand der linear kombinierten Ähnlichkeitsmatrix identifiziert. Diese k-Nachbarn entscheiden dann im normalen oder im gewichteten Mehrheitsverfahren über die vorzuschlagenden Basisprodukte oder vorkonfigurierten Produkte. Im gewichteten Fall werden die Stimmen mit der jeweiligen Ähnlichkeit des Nutzers und dem aktiven Nutzer gewichtet.

Im Falle einer Konfiguration muss ein zusätzlicher Matrix-Typ aufgebaut werden. Für jedes Basisprodukt wird eine Matrix erstellt, die alle Konfigurationen des Produkts enthält, die von Benutzern konfiguriert wurden. Somit stellen die Zeilen die Konfigurationen und die Spalten

die verschiedenen Merkmalsausprägungen dar, die entweder gewählt (1) oder nicht gewählt wurden (0). So kann nach jeder Auswahl einer Ausprägung die aktuelle Konfiguration mit der Matrix verglichen werden und die ähnlichsten Konfigurationen dazu können gefiltert werden. Diese werden wiederum genutzt, um die nächsten Merkmalsausprägungen vorzuschlagen.

Ein alternativer Algorithmus zum Nearest-Neighbor ist die Matrix-Faktorisierung [Agga16]. Dabei wird auf Produktebene die User-Item-Matrix und im Falle einer unvollständigen Konfiguration die Konfigurationsmatrix genutzt. Die Faktorisierung, bspw. die hier verwendete Non-Negative-Matrix-Factorization (NMF), teilt die Matrix in ein Produkt von kleineren Matrizen mit deutlich geringeren Dimensionen, wodurch die Rechenzeit reduziert wird. Die NMF erlaubt dabei nur positive Werte, was bei der binären Konfigurationsmatrix gegeben ist. Durch das Produkt der Matrizen können somit die Bewertungen des aktiven Nutzers für Produkte und Merkmalsausprägungen vorhergesagt werden.

3 Architekturkonzept

Empfehlungssysteme werden in der Regel in schon bestehende große Systeme integriert. Um die Integration zu vereinfachen, kann das System als Microservice implementiert werden, da das Empfehlungssystem unabhängig vom Hauptsystem arbeiten kann. Daher sind für bestehende Systeme kaum Anpassungen notwendig. Ein Beispiel ist in Abbildung 4 gegeben.

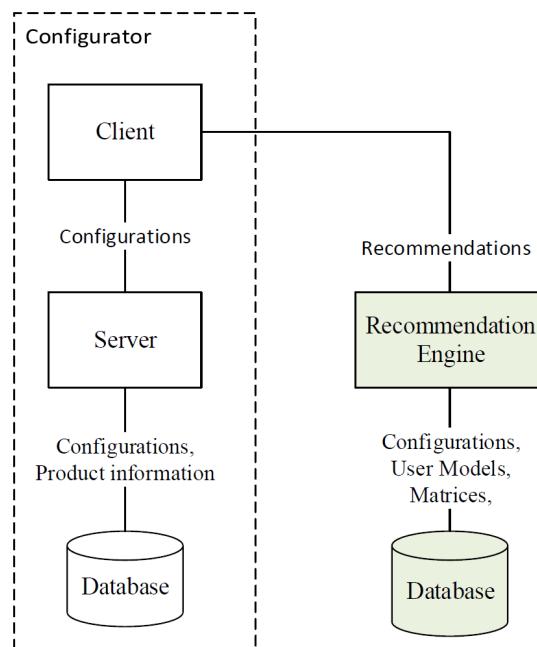


Abbildung 4: Beispielhafte Integration in bestehende Systeme, angelehnt an eine Architektur mit Microservices

4 Bewertung und zukünftige Arbeit

Bei ersten Tests mit internen Daten lagen die Ergebnisse stets über denen des zufälligen Vorschlags. Zudem waren die Ergebnisse der Matrix-Faktorisierung besser als die des k-Nearest-Neighbor-Algorithmus.

Zukünftige Arbeiten werden sich neben der Verwendung komplexerer Algorithmen aus dem Collaborative Filtering auch mit Problemen beschäftigen, die auftreten, wenn sich die Wissensbasis verändert (bspw. sich ändernde Constraints unter den Merkmalen). Dabei kann das Problem auftreten, dass alte Konfigurationen, die mit einer alten Wissensbasis erstellt wurden, mit einer neuen Wissensbasis nicht mehr valide sind.

Literaturverzeichnis

- [Agga16] Aggarwal, Charu C. (2016): Recommender Systems. Cham: Springer International Publishing.
- [BeKo07] Bell, Robert M.; Koren, Yehuda (2007): Lessons from the Netflix prize challenge. In Acm Sigkdd Explorations Newsletter 9 (2), pp. 75–79.
- [HuKa98] Huffman, Cynthia; Kahn, Barbara E. (1998): Variety for sale. Mass customization or mass confusion? In Journal of retailing 74 (4), pp. 491–513.
- [Pa++16] Pereira, Juliana Alves; Matuszyk, Paweł; Krieter, Sebastian; Spiliopoulou, Myra; Saake, Gunter (2016): A feature-based personalized recommender system for product-line configuration. In : Proceedings of the 2016 ACM SIGPLAN International Conference on Generative Programming: Concepts and Experiences. ACM, pp. 120–131.
- [TiFe10] Tiihonen, Juha; Felfernig, Alexander (2010): Towards recommending configurable offerings. In International Journal of Mass Customisation 3 (4), pp. 389–406.
- [TiFe17] Tiihonen, Juha; Felfernig, Alexander (2017): An introduction to personalization and mass customization. In Journal of Intelligent Information Systems 49 (1), pp. 1–7.

Kontakt

Prof. Dr. Sönke Cordts
Nils Merlin Ullmann
Hochschule Flensburg
Fachbereich Wirtschaft
Studiengang Wirtschaftsinformatik
Kanzleistraße 91-93, 24943 Flensburg
T +49 461 805-1406, soenke.cordts@fh-flensburg.de

Geobasierte Analyse von User Generated Content am Beispiel von Reiseberichten aus Thailand

Marco Graf, Thomas Barton

Abstract

Der Beitrag beschäftigt sich mit der Analyse von unstrukturierten Daten im Reisekontext. Er zeigt auf, wie Reiseblogs analysiert werden können. Hierbei werden Reiseblogs einer Online-Plattform analysiert, die in der dokumentenbasierten NoSQL-Datenbank MongoDB vorliegen. Um auf der Basis von User Generated Content Rückschlüsse zu regionalen und überregionalen Fragestellungen ziehen zu können, erfolgt eine geobasierte Analyse mithilfe des Aggregation-Frameworks sowie dem MapReduce-Verfahren. Die Ergebnisse werden analysiert und anschließend in Form verschiedener thematischer Karten visualisiert.

1 Einleitung

Mit dem Aufschwung des Tourismus und der Web 2.0-Technologien sind immer mehr Menschen bereit, ihre Erfahrungen in Weblogs, Foren oder Communities in Form von textuellen Berichten und Fotos festzuhalten und auszutauschen. Dies wirkt sich insbesondere auch auf den Reisebereich aus. Viele Reisende halten ihre Erfahrungen in Form von Reiseberichten fest. Moderne Technologien haben dazu geführt, dass Reisende nicht nur ihre Reisen über verschiedene Website vor- und nachbereiten, sondern Erlebnisse während ihrer Reisen dokumentieren und mit anderen teilen. Auf diese Weise beteiligen sich Reisende heute sehr stark selbst aktiv an der Generierung von neuen Inhalten anstatt nur Informationen zu konsumieren. Dies führt zu einer großen Menge an sogenanntem User Generated Content (UGC). Reiseberichte enthalten eine große Anzahl an interessanten Informationen und Fakten, insbesondere auch ortsbezogene Informationen wie beispielsweise bestimmte Attraktionen (z.B. Golden Gate Bridge), Stile (z.B. Strand, Geschichte) und Aktivitäten (z.B. Tauchen, Surfen) [Hao10]. Dies führt zu einer beachtlichen Menge an Reiseinformationen über verschiedene Ziele, Sehenswürdigkeiten oder auch über das Reiseverhalten. Jedoch liegen die Informationen meist in unstrukturierter Weise vor [BaGr16]. Um diese Informationen nun effektiv für die Planung einer Reise zu nutzen, müssen die Daten von vielen verschiedenen Nutzern aggregiert und in geeigneter Form analysiert werden. Hierzu sollten auch die Informationen aus standortbezogenen Daten zu Analysezwecken herangezogen werden. Standortbezogene Informationen in Reiseberichten können anderen Reisenden die Planung ihrer Reise erheblich erleichtern, wenn diese Informationen in geeigneter Form dargestellt werden. Ein beliebtes und häufig genutztes Werkzeug zum Festhalten und Teilen von Reiseinformationen und Erlebnissen stellen sogenannte Reiseblogs dar. Im Gegensatz zu Diensten wie Bewertungs- oder Informationsplattformen liegen die Informationen aus Reiseblogs in keiner strukturierten Art und Weise vor. Reiseberichte liegen im Normalfall in unstrukturierter Form vor und enthalten zudem viele für die eigentliche Fragestellung unnötige Informationen. Daher ist es für gewöhnliche Benutzer schwierig, dieses Wissen effektiv zu nutzen. Zum einen muss eine aggregierte Sicht auf Informationen aus vielen verschiede-

nen Inhalten möglich sein und zum anderen sollte sich diese auf relevante Inhalte der Fra gestellung konzentrieren um standortbezogenes Wissen aus einer großen Sammlung von Reiseberichten gewinnen zu können [Hao10] [Yuan16].

2 Moderne Technologien zur Speicherung und zur Analyse von Daten

In der Welt der Datenbank-Technologien unterscheidet man hauptsächlich zwischen zwei unterschiedlichen Typen von Datenbanken, den sogenannten SQL- und NoSQL, auch bekannt als relationale und nicht-relationale Datenbanken. Diese Datenbanken unterscheiden sich unter anderem in ihrem Aufbau, der Art an Informationen, die sie speichern und wie diese Informationen in der Datenbank gehalten und abgerufen werden. Relationale Datenbanken repräsentieren und speichern Daten streng strukturiert in Tabellen, Spalten und Zeilen einer Datenbank. Die Datenbank speichert somit ihre Relationen als Tabellen zeilenweise. Jede Spalte besitzt einen festen Datentyp. Felder einer Tabelle können zu Schlüsseln und Indices zum schnellen Zugriff definiert werden. Es gibt verschiedene Arten von nicht-relationalen Datenbanken wie Key-Value Datenbanken, Column-Store oder Wide-Column-Store, Dokumenten-Datenbanken und Graph-Datenbanken [GrBa17]. Die Daten innerhalb einer NoSQL-Struktur sind stark denormalisiert und ermöglichen in ihrer ursprünglichen Form keine SQL-Operationen wie JOIN oder GROUP-BY Anweisungen [Meie16]. Die NoSQL-Datenbank MongoDB stellt eine teilweise schemalose dokumentenbasierte Verwaltung bereit. Beim Einsatz einer MongoDB sind die Datenbank an sich, Collections sowie die Dokumente einer Collection zu beachten. So kann ein MongoDB-Prozess mehrere Datenbanken verwalten, die wiederum individuell betrachtet werden und dementsprechend konfigurierbar sind.

2.1 Analyse mit dem Aggregation-Framework und mit Hilfe von MapReduce

Mithilfe des in MongoDB integrierten Aggregation-Framework lassen sich beliebige Datensätze verarbeiten. Hierbei fassen Aggregationsoperationen Werte aus mehreren Dokumenten zusammen und können eine Vielzahl von Operationen an diesen gruppierten Daten durchführen, um ein einziges Ergebnis zu erhalten. MongoDB bietet drei verschiedene Möglichkeiten der Aggregation, die Aggregationspipeline, die Map-Reduction-Funktion und Single-Purpose-Aggregation-Methoden. Die Aggregationsoperationen sind daher gut für Analysezwecke geeignet, bei denen die Daten verdichtet oder gruppiert werden müssen. Die Visualisierung der Daten und Informationen erfolgt anhand einem selbst entwickelten Tool. MapReduce ist ein Paradigma, um große Datenmengen zu sinnvollen aggregierten Ergebnissen zu verdichten [DeGh14]. MongoDB verfügt über eine Implementierung eines solchen Verfahrens. Um diese Implementierung zu verwenden, gilt es, eine Funktion MapReduce zu erstellen, die in einem ersten Schritt die Dokumentensammlung abfragt und dann die Ergebnisdokumente auf Schlüssel-Wert-Paare abbildet. In einem zweiten Schritt werden diese Daten dann auf der Grundlage der Schlüssel reduziert.

3 Analyse von Reiseblogs

Im Folgenden wird der Blogging-Dienst Traveloca.com, ein Anbieter für private Reiseblogs, als Beispiel für die Analyse von Reiseblogs herangezogen. Bei Traveloca können Nutzer sowohl online als auch per App für iOS und Android eigene Reiseberichte verfassen und in ihrem Reiseblog teilen. Ein Reisebericht besteht aus einem Titel sowie Texten, Fotos oder Videos und kann mit einem Standort versehen werden. Ziel dieses Beitrags ist es touristisch interessante Informationen aus der Masse der Beiträge herauszufiltern und entsprechend darzustellen.

Geografische Informationen, wie sie gerade im Reisebereich häufig vorkommen, werden meist auf Karten dargestellt. Die Visualisierung auf Karten hat den Vorteil, dass es einfach möglich ist Rückschlüsse auf Fragestellungen zu bestimmten Regionen und Bereichen zu schließen. Um eine Vielzahl an Daten auf einer Karte zu visualisieren, nutzt man sogenannte thematische Karten. Im Gegensatz zu den Referenzkarten, welche genau referenzieren „wo etwas ist“, zeigen die thematischen Karten „wie etwas ist“ [Peter14]. Das bedeutet, dass Referenzkarten beispielsweise jeden einzelnen Reisebericht eines Blogs auf einer Landkarte referenzieren können. Thematische Karten hingegen zeigen nicht den einzelnen Reisebericht. Sie ziehen Attribute oder Statistiken über einen Standort ein und stellen diese Daten abstrahiert in Form einer Karte dar. Diese Art der Darstellung ermöglicht ein besseres Verständnis der Beziehungen zwischen dem Standort und räumlichen Mustern in den Daten. Es gibt eine Reihe von Visualisierungstechniken für thematische Kartentypen (z.B. Choropleth maps, Heat maps, Proportional symbol maps, Dot density maps). Jeder dieser Typen unterscheidet sich nach der Art der Daten und Art der räumlichen Analyse. Die Art der Darstellung von Informationen z.B. zur Untersuchung von Reiserouten und Bewegungsprofilen in einem bestimmten Bereich erfordern eine andere Darstellung als die Analyse von beliebten Reisezielen [Peter14].

Da die Analysen zunächst auf ein Land beschränkt werden sollten, bietet es sich an eine Aggregation-Abfrage über die beliebtesten Reiseziele auf der Plattform Traveloca zu erstellen. Eine Aggregation-Abfrage ermöglicht es solche Länder zu identifizieren, welche eine Vielzahl an Reiseberichten enthalten. Die Anzahl der Reiseberichte dient in diesem Fall als Indikator, welche Ziele bei Reisenden beliebt sind. Hierzu werden zunächst alle Beiträge durchlaufen und deren Länderkennung ausgelesen. In einem zweiten Schritt wird die dem Beitrag zugeordnete Länderkennung als ID für eine neue Dokumentenstruktur gesetzt und ein Wert „count“ für jede Kennung addiert. Die Aggregation-Abfrage liefert anschließend einen JSON-String zurück, welcher die Länderkennung als ID und die Anzahl der Beiträge als Wert „count“ enthält. Der JSON-String lässt sich anschließend einfach in Form einer Choropleth map visualisieren.

Die Analyse zeigt zunächst, dass vor allem Australien und die USA beliebte Reiseziele zu sein scheinen. Diese Analyse kann nun noch durch weitere Kriterien wie zum Beispiel „Herkunftsland“ oder das „Alter der Reisenden“ sowie die „Reisezeit“ gefiltert werden. Um die Zielgruppe weiter einzugrenzen, wird diese Abfrage um den Parameter „Alter“ erweitert. Nun werden alle Beiträge der 18 bis 30-jährigen Bloggern auf Traveloca verwendet.

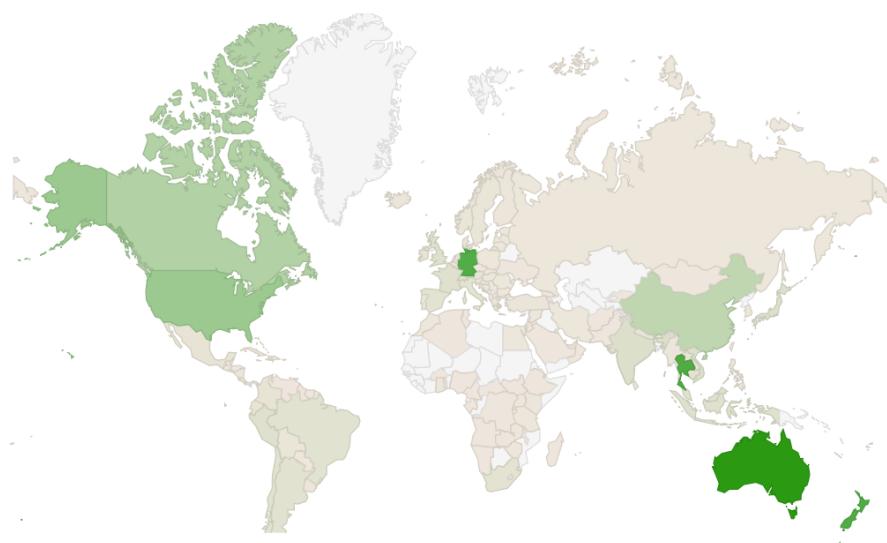


Abb. 1: Analyse zu beliebten Reisezielen der 18 bis 30 jährigen Blogger

Wie die Abbildung 1 zeigt, sind bei den 18 bis 30-jährigen Reisenden vor allem die Ziele Thailand, Australien und Neuseeland sehr beliebt. In Thailand finden sich etwa 500 der insgesamt 1200 Reiseberichte in der Gruppe der 18 bis 30-jährigen. Die USA, Kanada sowie auch China schneiden in dieser Analyse etwas schlechter ab.

4 Thailand als Reiseziel

4.1 Thailand Reiseblog: „Mein Rucksack und Ich“

Ein Beispiel für einen Reiseblog aus Thailand stellt der Blog „Mein Rucksack und Ich“ (<https://de.traveloca.com/o/blog/view/meinrucksackundich.html>) auf Traveloca dar. Der Reiseblog enthält aktuell 103 Reiseberichte aus Thailand und weiteren Ländern wie Laos, Vietnam oder auch Malaysia sowie eine detaillierte Karte der Reiseroute. Nutzer können sich Reiseberichte anhand der Referenzkarte oder dem Blogfeed anzeigen lassen (siehe Abbildung 2).

4.2 Ziele, Reisedistanz, Karte

Einige Informationen lassen sich schon sehr einfach aus den Beiträgen und Metadaten des Reiseblogs entnehmen. So können die Reiseziele aus der Karte oder dem Blog-feed ausgelernt werden. Die Reiseroute lässt sich, wie in der nachfolgenden Abbildung 3 zu sehen, übersichtlich auf einer Karte darstellen. Die Route führt einmal quer durch Thailand von Chiang Mai im Norden bis nach Ko Lanta im Süden. Dabei wurden insgesamt 114 Reiseziele besucht und eine Strecke von mehr als 39000 Km zurückgelegt. Diese Distanz wird anhand der einzelnen Reiseziele ermittelt. Jedes Reiseziel wird mit einem Datum sowie Latitude und Longitude Informationen gespeichert. Die Informationen werden in einer MyISAM Tabelle vom Datentypen Geometrie gespeichert und ein SPATIAL-Index zu diesen

Punkten erstellt. Anschließend lässt sich die Distanz zwischen zwei Punkten anhand der Funktion MBRContains() ermitteln.

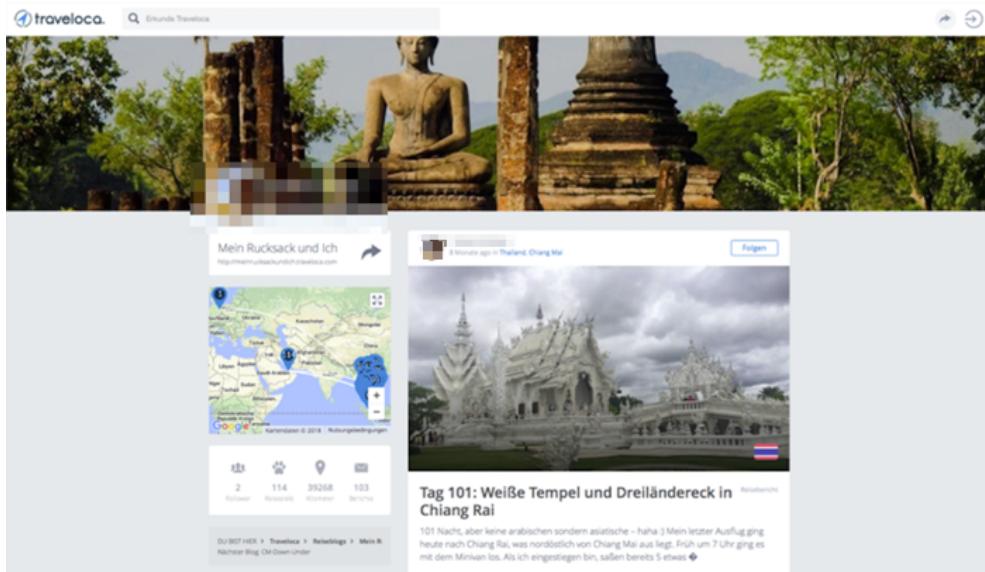


Abb. 2: Beispiel eines Reiseblogs auf Traveloca.com

Dies sind jedoch nur Ausschnitte aus einem Reiseblog mit einer vergleichsweise geringen Anzahl von Reiseberichten. Um nun jedoch allgemeine und touristisch wertvolle Informationen für das Reiseziel Thailand zu erhalten, werden Analysen benötigt, die auf den Daten vieler verschiedener Blogs und Reiseberichte basieren.

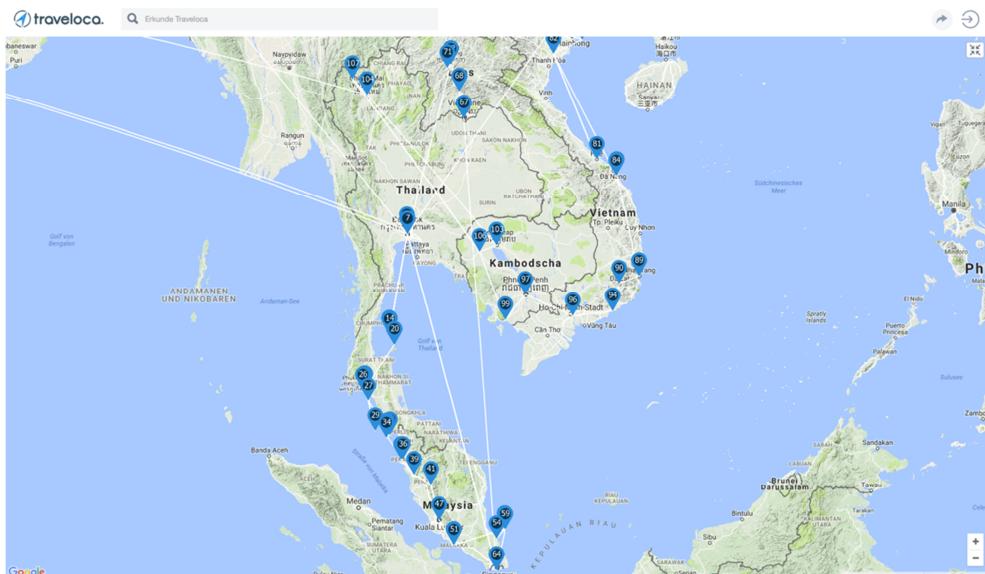


Abb. 3: Reiseroute eines Reiseblogs auf Traveloca (Kartendaten © 2018 Google)

5 Auswertung von Reiseberichten aus Thailand

Die interessanten Fakten und Informationen zu Thailands Sehenswürdigkeiten und dem Verhalten Reisender vor Ort sind in einzelnen Reiseberichten nur sehr sporadisch enthalten und wissenswerte Infos meist über mehrere Beiträge verteilt. Es ist für den normalen Nutzer daher kaum möglich, diese Informationen aus einer Vielzahl an Reiseberichten in eine geordnete Struktur zu bringen um einen guten Überblick zu erhalten. Die Frage nach der beliebtesten Reisezeit oder den touristischen Hotspots beispielsweise lassen sich kaum anhand der Informationen weniger einzelner Blogs ermitteln.

Eine große Anzahl an Reiseberichten kann jedoch als vielversprechende Ressource für reiserelevante Informationen dienen, welche zusätzlich noch durch die vom Benutzer generierten Fotos und Videos ergänzt werden. Reiseberichte decken verschiedene reiserelevante Aspekte ab, die für andere Touristen informativ sein können. Neben beschreibenden Informationen, welche ebenfalls durch Fotos wiedergegeben werden können, werden zusätzliche kontextuelle Informationen wie die Geschichte hinter einem Ort, kulturelle Infos oder Tipps geliefert. Mit dieser Fülle an Informationen könnten Reiseberichte eine umfassendere Standortbeschreibung und Standortvergleiche unterstützen. Trotz der großen Anzahl an strukturierten Reiseinformationen, die von diversen Reisewebsiten und online Reisebüros angeboten werden, ziehen es viele Reisende vor, Erfahrungen und Ratschläge von anderen Reisenden zu erhalten. Reiseblogs und Berichte ergänzen die von vielen Unternehmen gelieferten strukturierten Reiseinformationen mit unstrukturierten und persönlichen Beschreibungen Orten und Sehenswürdigkeiten.

In diesem Abschnitt werden einige interessante Fakten zum Reiseziel Thailand anhand der Reiseberichte auf Traveloca.com analysiert. Die Daten aus der MongoDB dienen hierbei als Grundlage um mithilfe verschiedener Aggregation-Abfragen Informationen zu Thailand zu gewinnen. Die gewonnenen Informationen sollen zeigen, wie es möglich ist anhand vieler Reiseberichte verschiedene Analysen zu erstellen, die für den Nutzer wertvolle Informationen enthalten. Diese Daten können nach Möglichkeit mithilfe thematischer Karten visualisiert werden.

5.1 Anzahl der Berichte

Zunächst werden die Reiseberichte im Allgemeinen betrachtet. Bei Traveloca schreibt jeder aktive Nutzer im Durchschnitt 3 Reiseberichte pro Woche. Legt man diese durchschnittliche Anzahl an Beiträgen als Basis zugrunde, kann die Anzahl der Reiseberichte in Bezug auf bestimmte Kriterien wie Jahr oder Monat ein Indiz für die Beliebtheit des Reiseziels zu bestimmten zeitlichen Perioden sein.

5.1.1 Jahr, zeitliche Entwicklung

Mithilfe des Aggregation-Frameworks lassen sich die Reiseberichte nach Jahren gruppieren. Die Abfrage wird über den „\$match“ Operator auf Beiträge aus Thailand mit dem country iso code „TH“ ab dem Jahr 2012 (\$gte: 2011) eingegrenzt. Die Anzahl der Beiträge wird anhand des Jahres der Veröffentlichung gruppiert und als JSON-String zurückgeliefert. Mithilfe der MongoDB Operatoren „\$year“ und „\$month“ lassen sich im Date() Format gespeicherte Datumsangaben einfach nach Jahr oder Monat auswerten. Der zurückgelieferte JSON-String lässt sich gut mithilfe eines Graphen visualisieren. Anhand des Graphen (siehe Abbildung 4) ist zu erkennen, dass die Anzahl der Reiseberichte in bis zum Jahr 2015 stark steigt und anschließend bis 2016 stagniert und im Jahr 2017 zurückgeht. Dieser Anstieg bestätigt

einerseits die Statistik „International arrival and departures“ des New Zealand Government, welche einen deutlichen Anstieg von Jahr zu Jahr verzeichnet. Andererseits kann dieser Zustand auch teilweise durch das Wachstum der Traveloca Community und der Reisepräferenzen der Nutzer bedingt sein.

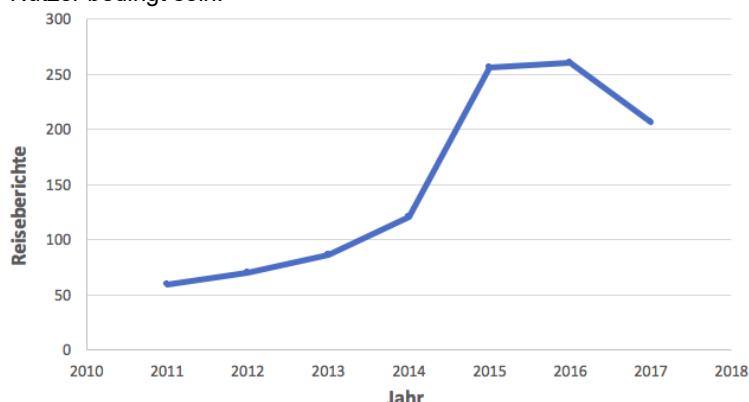


Abb. 4: Reiseberichte nach Veröffentlichungsjahr

5.1.2 Jahreszeit

Ebenfalls interessant ist die Jahreszeit, zu der sich vermehrt Nutzer in Thailand aufhalten. Anders als bei den geläufigen Reisezielen, wie Italien, Spanien oder Frankreich, bei denen üblicherweise die Sommermonate vor allem die Ferienzeit als Hauptreisezeit gelten, können für Thailand solche Aussagen nicht pauschal getroffen werden. Die beliebteste Reisezeit für ein Fernreiseziel Reiseziel wie Thailand kann jedoch anhand der Blogdaten von Traveloca eingegrenzt werden. Eine Abfrage wird, wie schon zuvor, mithilfe des Aggregation-Frameworks durchgeführt. Dabei wird der Operator „\$year“ durch „\$month“ ersetzt. Die Reiseberichte werden, wie in Abbildung 5 dargestellt, vom Jahr 2011 bis 2017 kumuliert pro Monat (1 bis 12) ausgegeben.

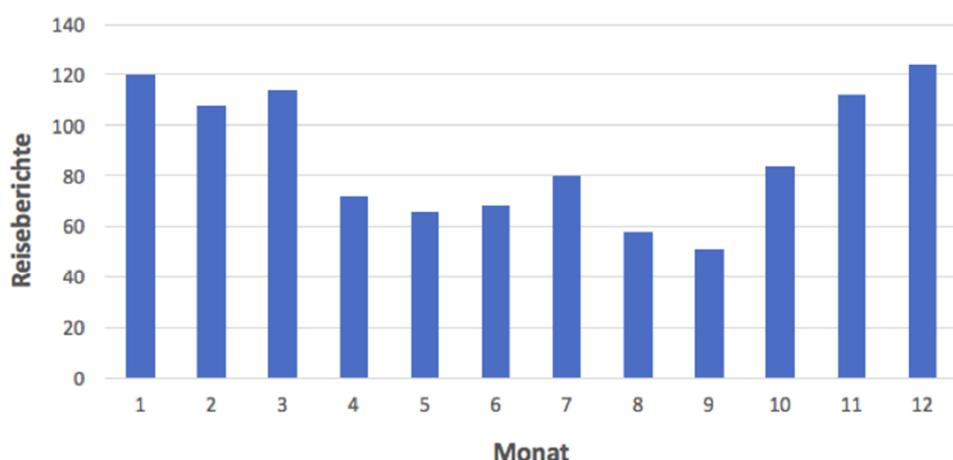


Abb. 5: Reiseberichte nach Monat der Veröffentlichung

Die Analyse zeigt eine deutlich wellenförmige Struktur. Vor allem über die Winter und Frühjahrs Monate sind die meisten Reiseberichte zu finden. In den Sommermonaten sind vergleichsweise weniger Reiseberichte zu sehen. Die Analyse lässt den Schluss zu, dass vor allem zu Jahresbeginn und Ende die meisten Reisenden Thailand besuchen. In den Monaten April bis etwa September scheint das Reiseziel eher weniger beliebt zu sein. Gegen Ende des Jahres steigt die Zahl der Reisenden dann erneut an. Vergleicht man diese Grafik mit einer Klimatabelle Thailands (Bangkok), so ist zu erkennen, dass dieser Trend mit dem dortigen Klima übereinstimmt.

	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
Temperature Max (°C)	30	30	32	33	33	32	31	31	31	31	31	31
Temperature (°C)	27	29	30	32	31	30	29	29	29	29	28	28
Temperature Min (°C)	25	28	27	30	29	28	27	27	27	26	25	24
Sunny Hours (Hours)	11	10	5	4	2	1	1	1	2	2	7	8
Rainy (Days)	1	0	4	13	29	29	31	31	30	30	12	2

Tab. 1: Klimatabelle Thailand

Wie in der Tabelle 1 zu sehen ist, sind die Temperaturen im Schnitt gleichbleibend hoch. Auffällig sind die großen Unterschiede in Bezug auf die Regentage. Auch die Sonnenstunden variieren zwischen 11 Stunden in den Frühjahresmonaten und eine Stunde zur Jahresmitte, dies entspricht recht genau den analysierten Reisemonaten. Zudem muss die Monsunzeit von Juni bis Oktober beachtet werden. Im Golf von Thailand (Koh Samui, Koh Phangan und Koh Tao) ist von Juli bis Oktober mit einer Regenzeit mit heftigen Regenschauern und Stürmen zu rechnen.

5.1.3 Beiträge nach Sprache der Blogger

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Sprache der Reiseberichte. Zum einen geben sie einen ersten groben Anhaltspunkt, von wo die Reisenden stammen, zum anderen ist dies auch für die Nützlichkeit der Berichte eine wertvolle Information. Gibt es beispielsweise nur wenige Reiseberichte in deutscher Sprache, so werden sehr wahrscheinlich keine informativen Analysen in dieser Sprache möglich sein. Informationen zur Sprache sind in der Datenbank in den Metadaten der Reiseberichte als Sprachcode enthalten. Diese können Erfalls über eine Aggregation-Abfrage ausgelesen werden.

In der Abbildung 6 ist zu sehen, dass vor allem Beiträge von Reisenden aus dem deutsch- und englischsprachigen Raum vorliegen. Auch Französisch und Niederländisch sind in geringerem Maße vertreten. Zu sehen sind vor allem, dass in der Gesamtheit ein Großteil der Reisenden aus dem Europäischen Raum stammt. Dies ist recht einfach durch die immer beliebter werdenden „Work & Travel“ sowie Backpacker-Touristen zu erklären, welche im europäischen Raum häufig direkt nach dem Abitur oder Schulabschluss eine längere Zeit im Ausland verbringen. Beliebte Reiseziele hierfür sind wie eingangs erwähnt vor allem Thailand, Indien, Australien und Neuseeland.

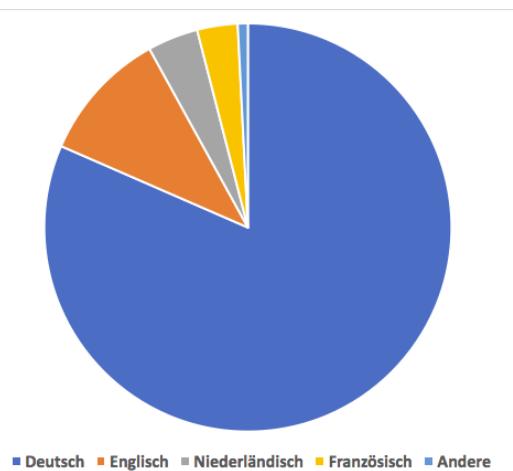


Abb. 6: Beiträge nach Sprache der Blogger

5.2 Verteilung der Blogger

Nun werden die Reiseziele und Reiserouten Thailands betrachtet. Hierfür werden mithilfe des Aggregation-Frameworks alle Reiseberichte aus Thailand mit ihren Latitude (lat) und Longitude (lng) Informationen ausgelesen. Diese Informationen geben den genauen Standort des Beitrags, in Form von GPS Koordinaten, wieder. Diese Informationen lassen sich in Form einer Heatmap visualisieren. Die einzelnen Datenpunkte bzw. Beiträge spielen hierbei keine Rolle, sondern lediglich die gesamte Verteilung der Beiträge.

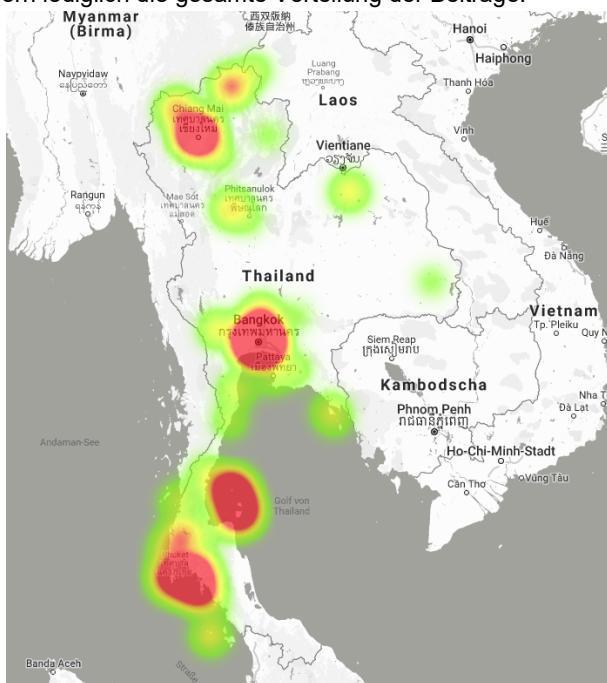


Abb. 7: Heatmap der Reiseberichte für Thailand

Die Darstellung der Heatmap in Abbildung 7 zeigt grüne, gelbe und rote Flächen. Wobei Sie alle Koordinaten der Beiträge auf der Karte darstellt und farbliche die Menge der Datensätze in einem bestimmten geografischen Bereich markiert, von Rot sehr viele bis grün wenige Datensätze.

5.2.1 Erklärungen zur Verteilung der Blogger in Thailand

Auf den ersten Blick lässt sich diese Verteilung von Reiseberichten relativ schwer erklären. Die Berichte sind über mehrere stark zentrierte Bereiche verteilt. Der Bereiche um „Bangkok“ lässt den Schluss zu, dass hier aufgrund des nahen gelegenen Flughafens viele Thailand Reisen beginnen und enden. Ebenfalls ist Bangkok, die Hauptstadt Thailands, für viele Sehenswürdigkeiten bekannt. Um jedoch die Verteilung der Reiseberichte genauer zu betrachten, bietet es sich an, zunächst die Interessen der Reisenden zu untersuchen. Hierzu werden alle Reiseberichte aus Thailand mittels einer MapReduce-Analyse durchlaufen.

```
db.posts.mapReduce(function() {
  var summary = this.post_content;
  if (summary) {
    summary = summary.toLowerCase().split(" ");
    for (var i = summary.length - 1; i >= 0; i--) {
      var text_check = summary[i];

      if( text_check.length > 4 && ! text_check.includes("/") && ! text_check.includ
        if (summary[i]) {
          emit(summary[i], 1);
        }
      }
    }
  },
  function( key, values ) {
    var count = 0;
    values.forEach(function(v) {
      count +=v;
    });
    return count;
  },
  {query: {"post_meta.country": "NZ"}, out: "word_count"})
}
```

Abb. 8: MapReduce-Analyse der meist genutzten Worte in Reiseberichten aus Thailand

Mithilfe einer MapReduce-Abfrage, wie in Abbildung 8 gezeigt, werden alle Worte innerhalb der Reiseberichte aufsummiert um anschließend anhand der gefunden „Keywords“ bestimmte Reisetypen zu definieren. Um die Abfrage auf relevante Schlüsselwörter zu begrenzen werden die häufigsten deutschen Wortformen (z.B. die, der, und, in, zu, den, das, nicht) bei dieser Analyse ignoriert. Insgesamt wurden 207 Wortformen in einem Array gesammelt, welche anschließend in der Analyse ignoriert wurden. Zusätzlich wurden 621 zu ignorierende Wörter aus dem deutschen Sprachgebrauch hinzugefügt. Das Ergebnis dieser MapReduce-Abfrage wurde tabellarisch dargestellt und in zwei Gruppen gegliedert.

Tabelle 2 enthält die meist genutzten Schlüsselwörter nach Häufigkeit der Vorkommen. Anhand der Tabelle wird versucht, eine Klassifikation von Reisenden in zwei Gruppen bzw. Typen von Reisenden zu unterscheiden. Die verschiedenen Reisetypen werden im Folgenden mit den Namen „kulturelle Entdecker“ und „Erholungssuchende“ bezeichnet. Die Unterteilung in die zwei Gruppen ist anhand der Schlüsselwörter in der Tabelle farblich markiert. Der kulturelle Entdecker in blau und der Erholungssuchende in braun.

Schlagwort	Häufigkeit	Schlagwort	Häufigkeit
bangkok	284	urlaub	84
strand	235	fuhren	82
chiang	228	elefanten	76
hostel	225	straßen	76
entspannen	205	markt	75
insel	198	ausflug	71
stadt	168	party	69
hotel	153	menschen	65
wasser	152	fahrer	61
fahrt	141	tachen	58
thailand	139	bungalow	56
angekommen	129	phuket	54
tempel	127	buddha	51
zimmer	127	wetter	51
ressort	120	affen	50
roller	118	flughafen	48
fähre	96	phangan	44
restaurant	94	samui	44
stand	92		

Tab. 2: Analyse der meist genutzten Worte in Reiseberichten aus Thailand

5.2.2 Kultur- und Erholungstouristen

Die in Punkt 5.2. dargestellte Heatmap wird nun anhand der Schlüsselworte erneut dargestellt. Hierbei werden ausschließlich Reiseberichte auf der Heatmap angezeigt, welche mindestens ein Keyword der jeweiligen Gruppe enthalten.

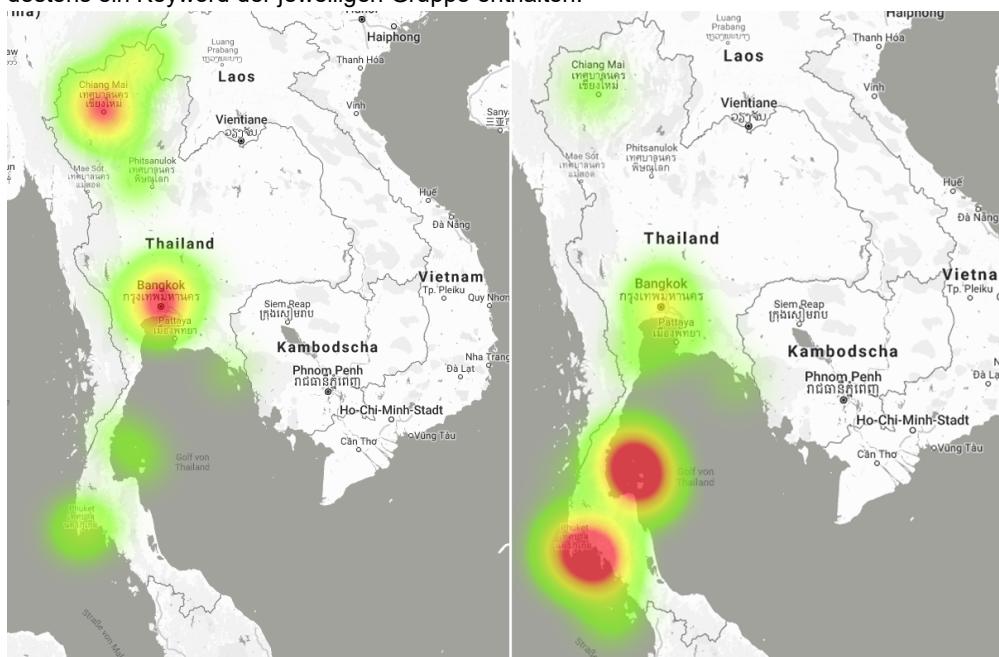


Abb. 9: Heatmap für „Kulturelle Entdecker“ (links) und „Erholungssuchende“ (rechts) (Kartendaten © 2018 Google)

Die linke Seite der Grafik zeigt die Gruppe der kulturellen Entdecker und die rechte Seite repräsentiert die Reiseberichte der Erholungssuchenden. Die Grafik zeigt eine klare Trennung. Die kulturinteressierteren Touristen halten sich vorwiegend im nördlichen Teil Thailands sowie rund um Bangkok auf, wohingegen die Erholungssuchenden (Pauschaltouristen) vorwiegend im Südlichen Teil um Ko Samui und Ko Tao zu finden sind.

6 Zusammenfassung

Die Analyse unstrukturierter Daten wird anhand von Reiseblogs über Thailand aufgezeigt. Die Reiseblogs entstammen der Online-Plattform Traveloca.com. Um auf der Basis dieser Daten Rückschlüsse über das Reiseverhalten ziehen zu können, erfolgt eine geobasierte Analyse und Visualisierung. Hierbei werden NoSQL-Technologien eingesetzt. Die beschriebene Vorgehensweise lässt allgemeine Analysen von Reiseblogs und Reiseberichten zu und zeigt, wie es möglich ist, anhand einer größeren Anzahl von Reiseblogs informative und standortbezogene Informationen zu erhalten. Reisende können diese Informationen für die eigene Reiseplanung verwenden und selbst wieder aktiv, durch die Erstellung von UGC, dazu beitragen, neue Daten zu generieren. Die Analyse und Visualisierung von Reiseblogs kann dazu dienen, Erfahrungen von Reisenden sichtbar zu machen. Erste Ergebnisse lassen vermuten, dass sich Thailand-Reisende in zwei Gruppen einteilen lassen: „kulturelle Entdecker“ und „Erholungssuchende“. Die kulturellen Entdecker halten sich bevorzugt im Norden Thailands auf, wobei die Erholungssuchenden meist im Süden Thailands anzutreffen sind.

Literaturverzeichnis

- [DeGh14] Dean, Jeffrey; Ghemawat, Sanjay: MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters, <https://research.google.com/archive/mapreduce-osdi04.pdf>, Abruf am 20.04.2018.
- [BaGr16] Barton, Thomas; Graf, Marco: Architektur, Funktionen und User Interface einer Cloud-basierten Anwendung für Reiseblogging, HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, Bd. 53, H. 5, 2016, S. 712 – 720.
- [GrBa17] Graf, Marco; Barton, Thomas: Einsatz einer NoSQL-Datenbank zur Analyse von Reiseblogs: Konzept und Integration in Barton, Thomas; Herrmann, Frank; Meister, Vera G.; Müller, Christian; Seel, Christian (Hrsg). Prozesse, Technologie, Anwendungen, Systeme und Management 2017: Angewandte Forschung in der Wirtschaftsinformatik, 1. Aufl. Heide: Mana-Buch 2017, S. 104 – 112.
- [Hao10] Qiang Hao; Rui Cai; Changhu Wang; Rong Xiao; Jiang-Ming Yang; Yanwei Pang; Lei Zhang: Equip Tourists with Knowledge Mined from Travelogues, Tianjin University, Tianjin 300072, P.R. China, Microsoft Research Asia, Beijing 100190, P.R. China, 2010.
- [Meie16] Meier Andreas; Kaufmann Michael: SQL- & NoSQL-Datenbanken, Springer Vieweg, Heidelberg, 2016.
- [Yuan16] Hua Yuan; Hualin Xu; Yu Qian; Yan Li: Make your travel smarter: Summarizing urban tourism information from massive blog data. Int J Inf Manag, China, 2016.

[Peter14] Gretchen N. Peterson: GIS Cartography: A Guide to Effective Map Design, Apple Academic Press Inc., Auflage: 2, 2014.

Kontakt

Marco Graf
Hochschule Worms, Fachbereich Informatik
Erenburgerstraße 19, 67549 Worms
T +49 6241 509-131, graf@hs-worms.de

Prof. Dr. Thomas Barton
Hochschule Worms, Fachbereich Informatik
Erenburgerstraße 19, 67549 Worms
T +49 6241 509-253, barton@hs-worms.de

Hibernate ORM/OGM Performanceanalyse: Docker-basierte relationale und nicht-relationale Datenbankarchitekturen

Jens Kohler, Thomas Specht

Abstract

Mit Blick auf die aktuelle Entwicklung um den *Big-Data*-Hype, stehen die Speicherung, Verarbeitung und Analyse, kurz: das Datenmanagement, großer Datenmengen vor neuen Herausforderungen. Wesentliche Problemstellungen sind dabei nicht nur die Größe der Datenmengen, sondern auch deren Heterogenität und die Notwendigkeit, schnell wesentliche Informationen daraus zu extrahieren. Die verbreitetste Definition von *Big Data* charakterisiert diese Eigenschaften in den sog. 3Vs: *Volume*, *Velocity* und *Veracity*. Die traditionelle Speicherung von Daten in relationalen Datenbanken (3. Normalform) oder die Aggregation der Daten mit aufwendigen *Extraction*, *Transformation* und *Load* (ETL)-Prozessen in Data Warehouses, ist für *Big Data* aufgrund der o.g. 3Vs nicht praktikabel.

Diese Herausforderungen werden deshalb mit nicht-relationalen, sog. NoSQL-Datenbankarchitekturen adressiert. Durch aufgeweichte Konsistenzkriterien oder durch gelockerte Schemarestriktionen bieten diese Architekturen eine schnellere Verarbeitung und Analyse, bzw. eine effizientere Speicherung von heterogenen Daten. Der Einsatz von NoSQL-Architekturen fordert allerdings nicht nur ein Umdenken im Management der Daten, sondern birgt auch neue Herausforderungen, was die Integration bestehender relationaler Daten betrifft.

Genau hier setzt diese Arbeit an, indem sie eine transparente Verwendung von relationalen und nicht-relationalen Datenstrukturen aufzeigt. Die Arbeit abstrahiert dabei die Datenebene komplett von der Anwendungslogik. Dadurch lassen sich sowohl relationale als auch nicht-relationale Datenstrukturen transparent und sogar gleichzeitig nutzen, ohne dass Änderungen an der darüber liegenden Anwendungslogik notwendig sind. Als Abstraktionsframework wird dazu Hibernate ORM/OGM genutzt. Mit Hilfe des bekannten und weit verbreiteten Datenbankbenchmarks TPC, wird die Performance (Antwortzeit) verschiedener relationaler und nicht-relationaler Datenbanksysteme, in einer agilen, Docker-basierten Architektur, evaluiert. Die Arbeit gibt dadurch einen Überblick über die Verwendung aktueller NoSQL Datenbankarchitekturen. Somit kann die Performance verschiedener Datenbanksysteme abgeschätzt und auf die Einsatzfähigkeit in *Big-Data*-Szenarien geprüft werden. Neu ist dabei die Verwendung eines Datenbank-Abstraktionsframeworks, welches die Integration verschiedener Datenbanksysteme zulässt. Darüber hinaus wird die Performance unter Verwendung dieses Datenbank-Abstraktionsframeworks miteinbezogen, was so in der Literatur bisher noch nicht betrachtet wurde.

Stichworte: Docker; Relationale Datenbankarchitekturen, Nicht-Relationale Datenbankarchitekturen, Hibernate, Object Grid Mapping, Object Relational Mapping, TPC Benchmark

1 Einleitung

Das Datenmanagement im *Big-Data*-Zeitalter stellt Unternehmen im praktischen Einsatz, aber auch die wissenschaftliche Forschung vor neue Herausforderungen. Aufgrund der

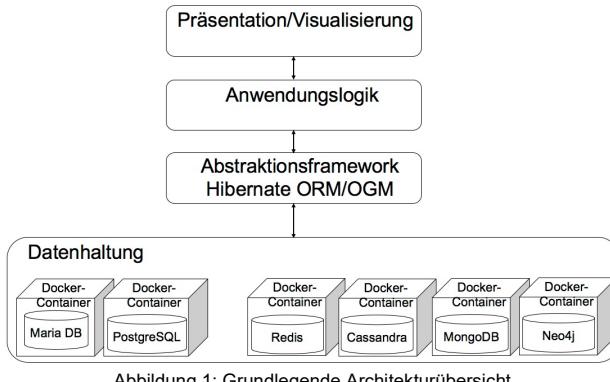
heterogenen Beschaffenheit der großen Datenmengen und der Notwendigkeit, wesentliche Informationen möglichst schnell, laut [Plat13] sogar in Echtzeit, zu extrahieren, werden neue Wege der Speicherung, Verarbeitung und Analyse der *Big Data* benötigt. Der Weg geht dabei aktuell auf sog. NoSQL-Architekturen zu. Diese beschleunigen, bzw. bieten effizientere Speichermöglichkeiten für das Datenmanagement, u.a. durch gelockerte Schemarestriktionen oder durch aufgeweichte Konsistenzkriterien. So wird der drei wesentlichen Anforderungen (3Vs: *Volume*, *Veracity* und *Velocity*) von *Big Data* [Swoy12] zu begegnen versucht. Mittlerweile haben sich vier grundlegende NoSQL-Architekturen herauskristallisiert: *Key-Value Stores*, *Document Stores*, *Column Stores* und *Graph Databases* [Edli16]. Diese Entwicklung zeigt, dass es keine am besten geeignete Datenbankarchitektur gibt, die alle Anforderungen, die an das Management von *Big Data* gestellt werden, erfüllen kann. Jede der vier grundlegenden Architekturen bietet eine Fülle von konkreten NoSQL-Datenbanksystemen, mit jeweiligen Vor- und Nachteilen und Stärken und Schwächen. Eine Übersicht über die aktuell bekanntesten und am weitesten verbreiteten NoSQL-Datenbanksysteme wird in [MoHo13] gegeben.

Die Integration von NoSQL-Architekturen in die bestehende (agile) Systemlandschaft bringt einige Herausforderungen mit sich. So muss einerseits ein Umdenken, weg von festen (relationalen) Datenstrukturen stattfinden. Außerdem muss von Fall zu Fall beachtet werden, ob aufgeweichte Konsistenzkriterien überhaupt möglich sind. Andererseits müssen bestehende relationale Datenstrukturen u.U. mit nicht-relationalen Architekturen kombiniert oder sogar integriert werden. Genau an dieser Problemstellung setzt diese Arbeit an und der folgende Abschnitt definiert im Detail die konkrete Problemstellung, die in dieser Arbeit fo-kussiert wird.

2 Problemstellung

Im Rahmen dieser Arbeit wird ein Weg aufgezeigt, wie sich relationale und nicht-relationale Datenstrukturen transparent, durch das Abstraktionsframework Hibernate ORM/OGM verwenden lassen. Es wird damit die Problematik des sog. *Impedance Mismatch* [IBNW09] aufgegriffen. Dabei geht es in seiner ursprünglichen Form um das Überbrücken der Unterschiede zwischen relationalen Datenstrukturen und objektorientierter Anwendungslogik. Beispielsweise kann die Problematik so zusammengefasst werden, dass relationale Daten in *Tabellen* abgespeichert werden. Im Gegensatz dazu basiert das objektorientierte Programmierparadigma auf *Klassen* und *Objekten* mit *Attributen* und *Methoden*. Ein anderes Beispiel zielt auf den *mengenbasierten Zugriff* auf relationale Daten mittels SQL, wohingegen auf *Objekte*, *Attribute* und *Methoden diskret* (also direkt) zugegriffen wird. Diese und noch weitere Kriterien, die in [IBNW09] genauer analysiert werden, zeigen die Notwendigkeit auf, diese Lücken (*Impedance Mismatch*) zwischen relationaler und objektorientierter Welt zu schließen. Genau dies bewerkstelligen sog. Objekt-Relationalen Mapper (ORM), wie z.B. Hibernate ORM [Redh16] oder EclipseLink [Ecli18]. Im Rahmen dieser Arbeit wird die Problematik des *Impedance Mismatchs* nun nicht nur zwischen relationaler und objektorientierter Welt betrachtet, sondern es werden darüber hinaus auch nicht-relationale Paradigmen, im Sinne der NoSQL-Bewegung (*Key-Value Stores*, *Document Stores*, *Column Stores* und *Graph Databases*), mit in die Problematik einbezogen.

Dadurch, dass die Datenebene komplett von der Anwendungslogik abstrahiert ist, werden die darunterliegenden Datenbanksysteme flexibel austauschbar und lassen sich sogar gleichzeitig verwenden (Abbildung 1).



Diese Arbeit stellt ein typisches Anwendungsszenario aus dem bekannten und weit verbreiteten TPC-Datenbank-Benchmark [TPCH14] dar, in welchem Kundendaten analysiert werden. Die Arbeit fokussiert sich auf die Abfragegeschwindigkeit (Antwortzeit) verschiedener relationaler (MariaDB und PostgreSQL) und nicht-relationaler Datenbanksysteme (MongoDB, Cassandra, Redis und Neo4j). Die genannten Datenbanksysteme sind die aktuell am weitesten verbreiteten in der Forschung sowie in der Industrie. Ferner stellen sie die bekanntesten Vertreter ihrer jeweiligen Datenbankarchitektur dar [Edli16]. Um die Performanceanalyse zu beschleunigen und um eine bessere Nachvollziehbarkeit des Evaluations-szenarios zu gewährleisten, werden alle Datenbanksysteme in Docker-basierten Containern ausgeführt. Die Verwendung von Docker macht das gesamte Evaluationsszenario agiler und leichter verwendbar, da die aufwändige Installation und Konfiguration der verschiedenen Datenbanksysteme durch die Verwendung eines entsprechenden Docker-Containers wegfällt.

Die Ziele dieser Arbeit, die so in der bisherigen Literatur in dieser aggregierten Form noch nicht dargelegt wurden, lassen sich folgendermaßen zusammenfassen. Die Arbeit

- gibt einen Überblick über die Verwendung eines aktuellen Datenbank-Abstraktionsframeworks (Hibernate ORM/OGM), das die gesamte Datenschicht komplett von der Anwendungslogik kapselt.
- führt eine Performanceevaluation basierend auf dem TPC-Datenbankbenchmark bezüglich der Antwortzeit der o.g. relationalen und nicht-relationalen Datenbanksysteme durch.
- Ferner wird die Performanceevaluation unter Einbeziehung des Datenbank-Abstraktionsframeworks Hibernate ORM/OGM durchgeführt, was nicht nur die reine Datenbankperformance, sondern auch die Performance des Abstraktionsframeworks berücksichtigt und vergleicht.

Basierend auf der grundlegenden Architektur, die in Abbildung 1 dargestellt ist, geht folgender Abschnitt nun konkreter auf die Konzeption und auf die Implementierung des Ansatzes und des Evaluationsszenarios ein.

3 Konzept und Implementierung

Ausgangspunkt für die Konzeption und die Implementierung des bisher vorgestellten Ansatzes ist eine Java-Client-Anwendung, die eine Analyse über alle Umsätze (Spalte C_YTD_PMT, Abbildung 2) in einer Kundendatenbank vornimmt.

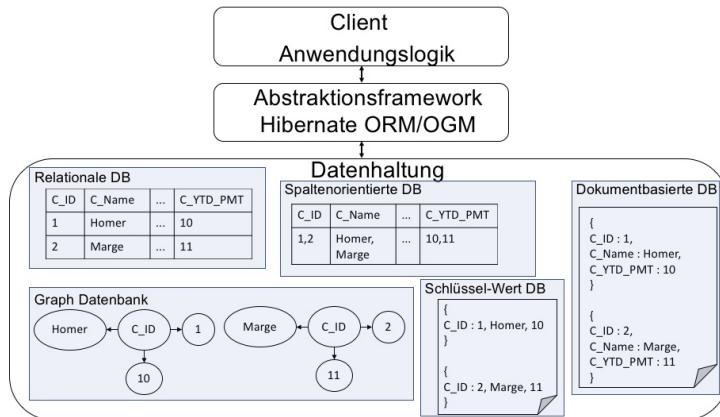


Abbildung 2: Architekturkonzept

Dabei soll es keine Rolle spielen, welches konkrete Datenbanksystem in der Datenhaltungsschicht verwendet wird. Abbildung 2 stellt ferner dar, wie die unterschiedlichen Datenstrukturen in den jeweiligen Datenbankarchitekturen verwaltet werden. So werden bspw. in *Column Stores* die Daten in sog. *Column Families* für schnellere Zugriffszeiten und Aggregatsfunktionen zusammengefasst, wohingegen *Graph Databases* die Daten in einem Graphen aufbauen und somit besonders für hoch-vernetzte Daten geeignet sind. *Key-Value Stores* und *Document Stores* hingegen ähneln sich, da sie die Daten in Schlüssel-Wert Paaren bzw. in Schlüssel-Wert Paaren innerhalb von sog. *Documents* ablegen [Harr15]. Letztlich ist noch die relationale Speicherung von Daten in Form von (normalisierten) Tabellen anzuführen.

Für den die Anwendungslogik (Java Client) sollen sich nun alle genannten Datenbankarchitekturen transparent verwenden lassen, ohne dass Änderungen notwendig werden. Hier stellt sich Hibernate ORM/OGM [Redh16] als geeignetes Abstraktionsframework, zumindest im Java-Umfeld, heraus. Den Autoren ist bisher kein weiteres Abstraktionsframework mit solch einer aktiven Community, solch einer weiten Verbreitung und solch einer breiten Unterstützung für unterschiedlichste Datenbankarchitekturen, sowohl in der relationalen als auch in der nicht-relationalen Welt, bekannt.

Um eine entsprechende Entkopplung zwischen der Datenhaltungsschicht und der Anwendungslogik zu erreichen, darf die Anwendungslogik keine datenbankspezifischen Funktionen oder Befehle enthalten. Dazu zählt z.B. SQL als Abfragesprache, da die verschiedenen Datenbanksysteme den SQL-Standard teilweise unterschiedlich implementieren. Ein Beispiel sind die sog. *Sequences* (z.B. in Oracle-Datenbanken) mit denen Werte automatisch inkrementell oder dekrementell beeinflusst werden können, die es in anderen Datenbanksystemen, z.B. MariaDB nicht gibt. Analog dazu findet sich z.B. in MariaDB die sog. *auto_increment* Funktion. Der in dieser Arbeit skizzierte Ansatz geht darüber noch weit hinaus, da hier nicht nur verschiedene relationale, sondern auch nicht-relationale Datenbanksysteme verwendet werden.

Die eben beschriebenen Herausforderungen stellen allerdings keine Einschränkungen dar, da Hibernate mit der *Hibernate Query Language* (HQL) [OtGM15] eine entsprechende Sprache geschaffen hat, die von den genannten Datenbanksystemspezifika abstrahiert. Dies geht mittlerweile sogar soweit, dass nicht nur relationale, sondern auch nicht-relationale Datenbanksysteme verwendet werden können. HQL ist dabei an die bekannte Datenbankabfragesprache SQL angelehnt. Folgendes Beispiel verdeutlicht die Unterschiede zwischen SQL und HQL anhand einer beispielhaften Datenbankabfrage.

```
SQL:      SELECT C_ID, C_NAME, C_YTD_PMT FROM CUSTOMER;  
HQL:      SELECT c.C_ID, c.C_NAME, c.C_YTD_PMT FROM CUSTOMER c
```

Das Beispiel zeigt, dass die Syntax der beiden Abfragesprachen sehr ähnlich ist. Der entscheidende Unterschied liegt allerdings in der Semantik. So ist in der SQL-Abfrage mit *CUSTOMER* die eigentliche Datenbanktabelle gemeint, wohingegen sich in HQL der *CUSTOMER* auf die Java-Klasse, welche die Datenbanktabelle nur repräsentiert, bezieht. Daher wird in HQL auch ein Objekt *c* benötigt, mit welchem weitere Operationen ausgeführt oder Attribute gefiltert werden können. Dieses Beispiel zeigt wieder ganz eindeutig den *Impedance Mismatch* zwischen dem relationalen Datenbank- (SQL) und dem objektorientierten (HQL) Paradigma.

Die Kombination aus Abbildung 1 und Abbildung 2 fasst nun das Gesamtkonzept dieser Arbeit in komprimierter Form zusammen. Weitere Details zur Evaluationsinfrastruktur, zur verwendeten Datenabfrage und die Metrik für die gemessenen Antwortzeiten der jeweiligen Datenbanksysteme werden nun im folgenden Abschnitt ausführlicher dargelegt.

4 Evaluation

Für die Evaluation wird ein Szenario, basierend auf dem TPC-C Benchmark [TPCH14] verwendet. Konkret wird die *CUSTOMER*-Tabelle, bestehend aus insgesamt 17 Attributen (z.B. *C_ID*, *C_NAME*, *C_YTD_PMT*, *C_LOGIN*, etc.) verwendet. Wie in Abbildung 2 exemplarisch angedeutet, werden die Kundendaten (im Folgenden auch Tupel genannt) durch das Abstraktionsframework Hibernate ORM 5.0/OGM 5.2 in die verschiedenen Datenbanksysteme persistiert und von dort auch wieder gelesen. Die Abfrage, die im Rahmen dieser Arbeit zur Messung der Antwortzeit verwendet wird, lädt alle vorhandenen Kunden mit allen 17 Attributen aus den jeweiligen Tabellen und ist daher folgendermaßen formuliert:

```
HQL:      SELECT c FROM Customer c
```

Die Zeitmessung beginnt mit dem Absetzen der Abfrage und endet, sobald alle Kunden-Tupel im Client verfügbar sind.

Wie bereits in der Einleitung dargelegt, werden die jeweiligen Datenbanksysteme in Docker-Containern (als leichtgewichtige Alternative zur Virtualisierung) betrieben. Hierzu wurden für jede Datenbank das jeweilige offizielle Docker-Image in der derzeit aktuellsten Version verwendet. Der Performanceverlust von Docker als leichtgewichtige Virtualisierungslösung macht einen vernachlässigbaren Anteil aus, wie bereits u.a. [APCM+15] [PMPS16] [MoKK15] gezeigt haben.

Die Evaluation wird mit folgender Hardware durchgeführt: VMWare Virtuelle Maschine mit 2 Prozessorkernen (2,4 GHz), 8 GB RAM und 25 GB SSD Festplattenkapazität. Innerhalb dieser virtuellen Maschine laufen sowohl der Client mit seiner Anwendungslogik, als auch die jeweiligen Docker-Container mit den entsprechenden Datenbanksystemen. Die Docker-Container laufen dabei ohne besondere Ressourcenbeschränkungen, können also auf die volle Prozessor- und Arbeitsspeicherkapazität der virtuellen Maschine zurückgreifen. Zum Zeitpunkt der Performancemessung läuft immer nur ein Client und ein Docker-Container mit dem jeweiligen Datenbanksystem. Dieses lokale Setup wird verwendet, um eventuell auftretende Seiteneffekte (z.B. schwankende Netzwerklatenz oder unvorhersehbare Lastspitzen) zu vermeiden. Andere Arbeiten, z.B. [KoSS15] [KSFS15] in einer verteilten Architektur, bei der Client und das jeweilige Datenbanksystem auf getrennten Rechnern liegen, haben ergeben, dass der Netzwerkoverhead mit Faktor ~2 zu kalkulieren ist.

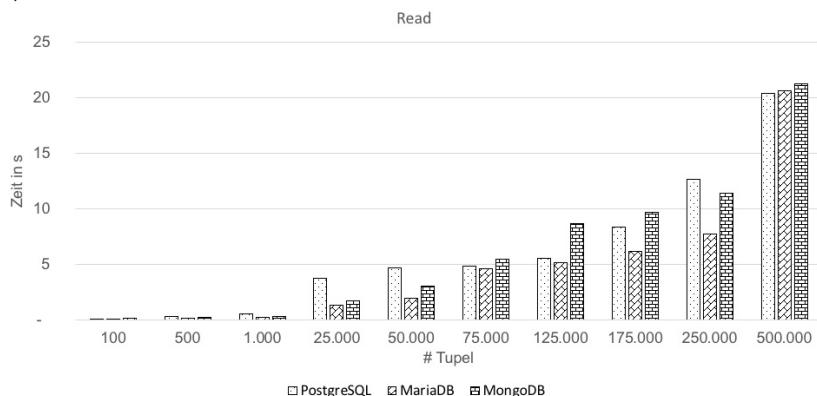


Abbildung 3: Relationale DB PostgreSQL, Relationale DB MariaDB & Document Store MongoDB Read-Performance in s

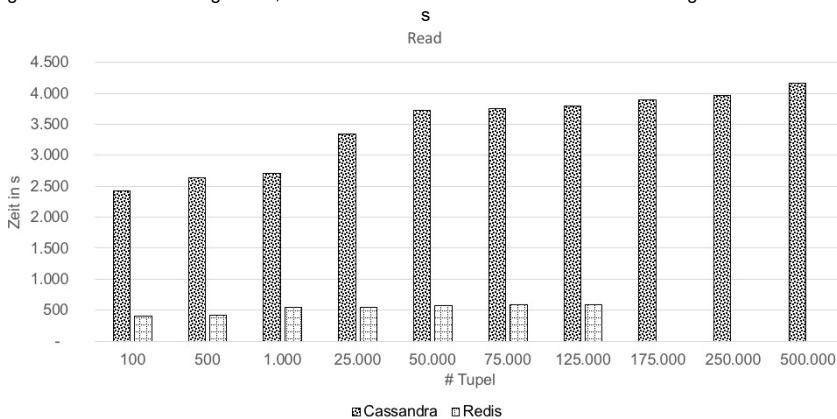


Abbildung 4: Column Store Cassandra & Key-Value Store Redis Read-Performance in s

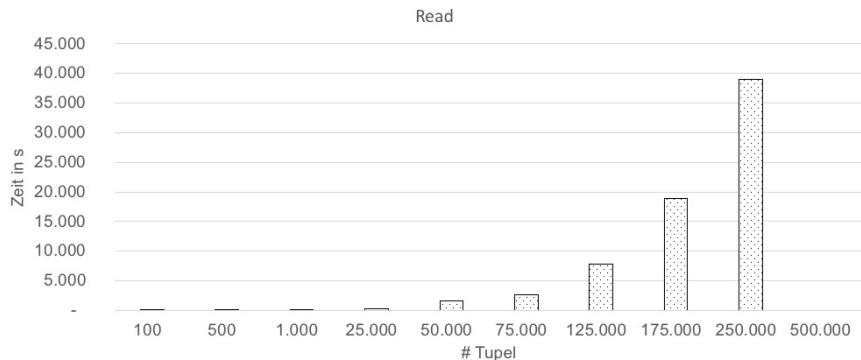


Abbildung 5: Graph Datenbank Neo4j Read-Performance in s

5 Fazit

Mit Blick auf die *read* Performance lässt sich anhand obiger Schaubilder feststellen, dass die relationalen Datenbanken (MariaDB, PostgreSQL) am schnellsten sind. Die einzige nicht-relationale Datenbank, die hier Antwortzeiten in derselben Größenordnung liefert, ist der *Document Store* MongoDB. Weit abgeschlagen und um Größenordnungen (bis zu Faktor ~1.000) langsamer hingegen sind Neo4j, Cassandra und Redis. In den durchgeföhrten Experimenten ließen sich dazu zwei wesentliche Ursachen identifizieren:

- der Flaschenhals in der gesamten Architektur ist Hibernate OGM. Obwohl Hibernate ORM inzwischen als ausgereift gilt und große Verbreitung findet, ist Hibernate OGM im Gegensatz dazu aktuell noch in einem sehr frühen Entwicklungsstadium. So wird derzeit nur eine geringe Anzahl (derzeit 8) von insgesamt mehr als 255 NoSQL-Datenbanksystemen unterstützt [Redh15]. Weiterhin ist anzumerken, dass nicht alle der o.g. 8 NoSQL-Datenbanksysteme in vollem Umfang unterstützt werden. Dies machte sich insbesondere bei Redis und Neo4j (Abbildung 4 und Abbildung 5) bemerkbar, da hier die Messung mit 500K Tupeln aus o.g. Gründen nicht durchgeführt werden konnte.
- wie bereits in der Einführung dargelegt, passt das evaluierte Szenario nicht auf alle NoSQL-Architekturen. Dies wird besonders bei der Evaluation von Neo4j, einer Graph-datenbank (Abbildung 5) deutlich, da diese die Daten in Form eines Graphen persistiert. Werden nun hochgradig miteinander verknüpfte Daten (z.B. Freundschaftsbeziehungen in sozialen Netzwerken) analysiert, ist dies mit entsprechenden Traversierungsalgorithmen effizient durchführbar. Da das hier gezeigte Evaluationsszenario überhaupt keine Verknüpfungen zwischen den (*CUSTOMER*)-Daten hat, ist es sehr aufwendig und ineffizient, das Datenschema als Graphen abzubilden und zu persistieren.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass beide o.g. Ursachen auch bei Redis und Cassandra für die geringe Performance verantwortlich sind. Redis speichert die *CUSTOMER* als Key-Value Paare und bisher ist keine effiziente Abfragemöglichkeit in Hibernate OGM für Teilmengen aus den entsprechenden *Values* implementiert. Dasselbe gilt auch für Cassandra: hier könnten zwar einzelne Spalten (*Columns*) effizient abgefragt werden, da aber im Evaluationsszenario immer alle Tupel mit allen ihren Attributen abgefragt werden, ist Cassandra als *Column Store* für dieses Szenario ungeeignet.

Letztlich ist anzumerken, dass die gemessenen Zeiten in Relation zueinander gesehen werden sollten und das Hauptaugenmerk aufgrund der beschränkten Hardware nicht auf den absoluten Zahlenwerten liegt.

6 Verwandte Arbeiten

Eine interessante Analyse, die sich mit der Frage, welche Datenbankarchitekturen sich für welchen Anwendungszweck eignen, ist in [Catt11] herausgearbeitet. Eine Einführung in die Diskussion über den *Impedance Mismatch* insbesondere auch im NoSQL-Bereich ist in [StKS16] gegeben. Eine umfassende Übersicht über Benchmarks für NoSQL Datenbanken wird in [RGHC+14] gegeben. Durch die große Anzahl an Benchmarks ist es nicht möglich, einen umfassenden Überblick über alle verwandten Arbeiten zu geben. Allerdings kommen bisher durchgeführte Benchmarks (z.B. [KGED+15] [LiMa13] [SwEl16]) zu ähnlichen Ergebnissen wie diese Arbeit. Eine generelle Empfehlung für eine bestimmte NoSQL-Architektur kann also nicht gegeben werden.

7 Ausblick

Die gezeigten Messungen zeigen deutlich, dass sich nicht jede NoSQL-Architektur auf jeden Anwendungsfall performant übertragen lässt. Konsequenterweise sollte diesbezüglich allerdings nicht nur die *read* Performance z.B. mit der o.g. *SELECT* Abfrage, sondern auch noch die *create*, *update* und *delete* Performance mit entsprechenden Abfragen evaluiert werden. Ggf. ließen sich zudem weitere Performanceunterschiede mit komplexeren *read* Abfragen herausarbeiten.

Als weiteres Ergebnis dieser Arbeit kann festgehalten werden, dass der Flaschenhals eindeutig das Datenbankabstraktionsframework Hibernate OGM ist. Es wird zu erwarten sein, dass mit fortschreitender Entwicklung des Frameworks auch die Performance verbessert wird. Deutlich wird dies anhand der aktuellen Dokumentation [Redh15], in der viele Datenbanksysteme, u.a. die in dieser Arbeit verwendeten, als *experimentell* gekennzeichnet sind und Hibernate noch nicht den gesamten Sprachumfang der jeweiligen DB-Systeme implementiert. Mit zunehmender Unterstützung weiterer DB-Systeme können auch diese evaluiert werden, um ggf. (schnellere) Alternativen zu relationalen Datenbanken zu identifizieren.

Letztlich war ein weiterer limitierender Faktor in dieser Arbeit der Arbeitsspeicher (RAM) des Host-Systems der Docker-Container. Um größere Datens Mengen zu evaluieren, müsste ein System mit mehr RAM verwendet werden. Alternativ könnten die Daten in sog. *Streams* [Orac14] verarbeitet werden, um bspw. mit *Map & Reduce* Daten zu aggregieren und diese dann weiterzuverarbeiten. Allerdings wird dies in Hibernate OGM derzeit noch nicht unterstützt, was den Fokus auf die Evaluation alternativer Abstraktionsframeworks wie z.B. EclipseLink oder OpenJPA lenkt [MüWe12].

Abschließend bleibt festzuhalten, dass Hibernate trotz der rudimentären NoSQL-Unterstützung das vorherrschende DB-Abstraktionsframework sowohl in Industrie als auch in der Forschung ist. Die weitere Entwicklung bleibt also insofern spannend, da einerseits angenommen werden kann, dass Hibernate ein wesentlicher Treiber für weitere NoSQL-Datenbanksysteme sein wird und nur solche NoSQL-Datenbanken eine weite Verbreitung finden

werden, die auch eine entsprechende Unterstützung durch Hibernate erfahren werden. Andererseits haben Alternativen zu Hibernate im NoSQL-Bereich die Chance, Hibernate als prävalentes Framework abzulösen. Aktuell kann als grobe Daumenregel festgehalten werden, dass sich für strukturierte Daten relationale Datenbanken am besten eignen. Schwach strukturierte Daten mit wenigen Spalten eignen sich für Key-Value Stores. Werden hingegen nur wenige Spalten sehr oft benötigt, sind Column Stores vorzuziehen. Letztlich sind bei hoch vernetzen Daten Graph Databases das Mittel der Wahl.

Literatur

- [APCM+15] Amaral, M., Polo, J., Carrera, D., Mohamed, I., Unuvar, M., & Steinder, M. 2015. Performance evaluation of microservices architectures using containers. In Proceedings - 2015 IEEE 14th International Symposium on Network Computing and Applications.
- [Catt11] Cattell, R. 2011. Scalable SQL and NoSQL data stores. ACM SIGMOD Record. Vol. 39 (4), December 2010, pp. 12-27.
- [Ecli18] The Eclipse Foundation 2018. EclipseLink Webseite 2018. <http://www.eclipse.org/eclipselink/>. Abruf am 2018-04-03
- [Edli16] Edlich 2016. NoSQL Archive Website 2016. <http://nosql-databases.org/>. Abruf am 2018-02-01
- [Harr15] Harrison, G. 2015. Next generation databases : NoSQL, NewSQL, and Big Data. Apress, New York.
- [IBNW09] Ireland, C., Bowers, D., Newton, M., & Waugh, K. 2009. A classification of object-relational impedance mismatch. In Proceedings - 2009 1st International Conference on Advances in Databases, Knowledge and Data Applications, DBKDA 2009 (pp. 36–43). Gosier, Guadeloupe.
- [KGED+15] Klein, J., Gorton, I., Ernst, N., Donohoe, P., Pham, K., & Matser, C. 2015. Performance Evaluation of NoSQL Databases: A Case Study. Proceedings of the 1st Workshop on Performance Analysis of Big Data Systems, pp. 5–10.
- [KoSS15] Kohler, J., Simov, K., & Specht, T. 2015. Analysis of the Join Performance in Vertically Distributed Cloud Databases. International Journal of Adaptive, Resilient and Autonomic Systems (IJARAS), 1(2).
- [KSFS15] Kohler, J., Simov, K., Fiech, A., & Specht, T. 2015. On The Performance Of Query Rewriting In Vertically Distributed Cloud Databases. In Proceedings of The International Conference Advanced Computing for Innovation ACOMIN 2015. Sofia, Bulgaria.
- [LiMa13] Li, Y., & Manoharan, S. 2013. A performance comparison of SQL and NoSQL databases. In 2013 IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing (PACRIM). pp. 15–19
- [MoHo13] Moniruzzaman, A. B. M., & Hossain, S. A. 2013. NoSQL Database: New Era of Databases for Big data Analytics - Classification, Characteristics and Comparison. arXiv:1307.0191
- [MoKK15] Morabito, R., Kjaellman, J., & Komu, M. 2015. Hypervisors vs. lightweight virtualization: A performance comparison. In Proceedings - 2015 IEEE International Conference on Cloud Engineering, IC2E 2015.

- [MüWe12] Müller, B., & Wehr, H. 2012. Java Persistence API 2: Hibernate, EclipseLink, OpenJPA und Erweiterungen. Carl Hanser Verlag, München.
- [Orac14] Oracle 2014. Java Magazin März/April 2014.
<http://www.oracle.com/technetwork/java/javamagazine/index.html>. Abruf am 2018-02-01
- [OtGM15] Ottinger, J. Guruzu, S. & Mak, G. 2015. Hibernate Recipes. Apress, New York.
- [Plat13] Plattner, H. 2013. A Course in In-Memory Data Management: The Inner Mechanics of In-Memory Databases. Springer, Berlin Heidelberg.
- [PMPS16] Preeth, E. N., Mulerrickal, J. P., Paul, B., & Sastri, Y. 2016. Evaluation of Docker containers based on hardware utilization. In 2015 International Conference on Control, Communication and Computing India, ICCC 2015.
- [Redh15] RedHat 2015. Getting started with Hibernate OGM.
<http://hibernate.org/ogm/documentation/getting-started/>. Abruf am 2018-02-01
- [Redh16] RedHat 2016. ORM Hibernate Documentation.
<http://hibernate.org/orm/documentation/5.0/>. Abruf am 2018-02-01
- [RGHC+14] Rabl, T., Ghazal, A., Hu, M., Crolotte, A., Raab, F., Poess, M., & Jacobsen, H. A. 2014. BigBench specification V0.1 BigBench: An industry standard benchmark for big data analytics. In Lecture Notes in Computer Science. Vol. 8163 LNCS, pp. 164–201.
- [StKS16] Störl U., Klettke M., Scherzinger S. 2016. Kurz erklärt: Objekt-NoSQL-Mapping. Datenbank-Spektrum. Vol. 6 (1). pp 83-87.
- [SwEI16] Swaminathan, S. N., & Elmasri, R. 2016. Quantitative analysis of scalable NoSQL databases. In Proceedings - 2016 IEEE International Congress on Big Data, BigData Congress 2016, pp. 323–326.
- [Swoy12] Swoyer, S. 2012. Big Data - Why the 3Vs Just Don't Make Sense.
<http://tdwi.org/articles/2012/07/24/big-data-4th-v.aspx>. Abruf am 2018-02-01
- [TPCH14] TPC Benchmark C (Decision Support) Standard Specification Revision 2.17.0.
<http://www.tpc.org/tpch/default.asp>. Abruf am 2018-02-01

Kontakt

Dr. Jens Kohler
 Prof. Dr. Thomas Specht
 Hochschule Mannheim, Fakultät für Informatik
 Mannheimer Wirtschaftsinformatik Institut
 Paul-Wittsack-Str. 10, 68163 Mannheim
 T +49 621 292-6739, j.kohler@hs-mannheim.de

Ein prozessorientiertes Konzept zur Nutzung von Co-Creation in der Konsumgüterindustrie

Hannah Ludwig, Jörg Puchan

Zusammenfassung

Der gesellschaftliche, technologische und unternehmerische Trend „Web 2.0“ zur virtuellen Vernetzung und Interaktion, zum Crowdsourcing und zur Integration von Geschäftspartnern entlang der Wertschöpfungskette ermöglicht neue Ansätze zur Produktentwicklung in allen Industrien, allen voran der Konsumgüterindustrie. Die Idee ist, gut portionierte Teilaufgaben in Innovationsprojekten zum Kunden, zu fähigen (Hobby-)Entwicklern oder zu anderen externen Wissensquellen auszulagern, um neue, innovative Lösungsansätze zu erhalten. Insbesondere Innovationsprozesse können durch die kontinuierliche Nutzung von Co-Creation-Communities und Online-Plattformen nach dem Prinzip der Schwarmintelligenz verbessert werden. Neben diesem großen Potential sind jedoch auch Schwierigkeiten zu beachten. Zum einen stellt die systematische und effiziente Einbindung der externen Wissensquellen an geeigneter Stelle im Innovationsprozess eine Herausforderung dar. Zum anderen sind Qualität und Verwendbarkeit der durch Co-Creation entwickelten Ideen abhängig davon, ob die richtigen externen Akteure beteiligt sind. Zur Überwindung dieser Hürden ist eine systematische Anwendung des Co-Creation-Ansatzes für Unternehmen zielführend. Daher wurde in der diesem Beitrag zugrundeliegenden Masterarbeit ein Rahmen-Geschäftsprozess zur Co-Creation bei einem nach Prozessen organisierten Unternehmen als konzeptioneller und gleichzeitig praxisnaher Lösungsansatz entwickelt.

Der neue, hier vorgestellte Geschäftsprozess zeichnet sich nicht nur durch die Beachtung theoriebasierter Bedingungen und Erkenntnisse zur Anwendung des Co-Creation-Ansatzes aus, sondern berücksichtigt zudem zahlreiche allgemeingültige, praxisorientierte und unternehmensstrategische Anforderungen. Die Erarbeitung des Rahmenprozesses liefert für das Unternehmen die Erkenntnis, dass eine externe Co-Creation-Community in die unternehmensinternen Projekte eingebunden werden kann, dabei jedoch Thema und Problemstellung als Rahmenbedingungen zu berücksichtigen sind. Der Lösungsansatz enthält daher entsprechende Stellen, an denen situative Entscheidungen zum Fortlauf oder Abbruch der Nutzung des Co-Creation-Ansatzes für einzelne Projekte eingearbeitet sind. Insoweit erlaubt der Co-Creation-Prozess ein projektspezifisches „Customizing“.

In den folgenden Abschnitten werden die Begrifflichkeiten zum Co-Creation-Ansatz geklärt, die Problemstellung erläutert und das methodische Vorgehen zur Geschäftsprozessentwicklung vorgestellt. Anschließend wird der neu erarbeitete Rahmen-Geschäftsprozess vorgestellt. Im Ausblick werden die nächsten Schritte zur Prozessimplementierung und noch zu klärende Forschungsfragen beschrieben.

1 Definitionen und Problemstellung der wissenschaftlichen Arbeit

Beim Co-Creation-Ansatz handelt es sich um die Kollaboration zwischen Unternehmen beziehungsweise Produzenten und Kunden oder Produktnutzern, die durch interaktive,

kreative und soziale Aspekte geprägt ist. Interaktiv und kreativ bedeuten hierbei, dass sich Kunden am Innovations- oder Produktentwicklungsprozess beteiligen und somit neue, kreative Ideen in das Unternehmen hineingetragen werden, die Unternehmensgrenzen somit geöffnet werden [Hipp17] [PrRa04a] [PrRa04b] [PiLV10]. Dies können beispielsweise neue Produktdesigns oder neue Produktfunktionen sein [RePi09]. Die Kollaboration, also der Informationsaustausch zwischen Kunden und Unternehmen, aber auch die Interaktion und Formierung der Kunden untereinander in einem Netzwerk oder einer Community bilden den oben genannten sozialen Aspekt ab [PiLV10]. Für den Co-Creation-Ansatz relevante Communities sind individuelle Gruppen mit speziellem Wissen und Fähigkeiten [PeBu14].

Co-Creation wird in dem Zusammenhang auch als Crowdsourcing definiert. Also das Auslagnern und Übergeben von Aufgaben und Arbeitspaketen entlang der Wertschöpfungskette an eine größere Gruppe von Menschen, die diese kollektiv bearbeiten und lösen. [Howe06]

Durch die Zusammenarbeit mit externen Akteuren während des Innovationsprozesses verfolgen Unternehmen das Ziel, neue Produkte basierend auf den Kundenwünschen zu entwickeln. Des Weiteren kann der Innovationsprozess in Bezug auf Forschung und Entwicklung beschleunigt werden, da auf das Wissen und die Erfahrung vieler Akteure und fachkundiger Wissenschaftler zurückgegriffen werden kann. [BuCh10] [Bugh12] [RaGo10]

Neben den Chancen sind jedoch auch Risiken in Bezug auf die Nutzung des Co-Creation-Ansatzes im Innovationsprozess zu beachten [Gass13]:

- Strategieoffenbarungsrisiko, da Entwicklungsstoßrichtungen für neue Produkte und Innovationen offengelegt werden
- Follower-Risiko, da neue Geschäftsideen gegebenenfalls den Wettbewerbern durch Projekte in den Communities bekannt werden
- Patentrisiko, da Ideen und Konzepte der Öffentlichkeit bekannt gemacht werden und daher nicht mehr patentrechtlich geschützt werden können

Um die oben genannten Potenziale zu nutzen und gleichzeitig die Hürden und Risiken der Integration externer Akteure in den unternehmensinternen Innovationsprozess zu umgehen, ist in - nach Prozessen aufgebauten - Organisationen die Entwicklung und Anwendung eines speziellen Geschäftsprozesses zielführend.

In aktuellen Arbeiten von Unternehmensberatungen oder Forschungseinrichtungen wird bereits auf wichtige Schritte und Prozesse zur Nutzung des Co-Creation-Ansatzes hingewiesen, wie beispielsweise von Oliver Gassmann in [Gass13] oder im Bericht des Bundesverbands für Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien zum Thema Crowdsourcing [Bitk14]. Neben den State-of-the-Art-Werken wird in der vorliegenden Arbeit der starke Unternehmensfokus berücksichtigt sowie ein ausschlaggebender projektspezifischer Charakter der Aktivitäten in einen neuen Rahmen-Geschäftsprozess eingearbeitet und umgesetzt.

2 Methodik und Vorgehen der wissenschaftlichen Arbeit

Im Hinblick auf die Qualitätssicherung der erarbeiteten Ergebnisse im Verlauf der Abschlussarbeit ist anzumerken, dass zur methodischen Fragestellung gängige Methoden, Konzepte und Techniken des Geschäftsprozessmanagements (GPM) angewendet wurden. Die Orientierung am Leitkonzept GPM stellt sicher, dass der Rahmen-Geschäftsprozess systematisch entwickelt wurde. Zudem bietet das GPM als Leitkonzept ein Inventar aus

verschiedenen Methoden und Techniken, um Daten zu erheben, Prozesse zu visualisieren und zu gestalten oder Anforderungen an die Prozesse zu ermitteln. [Fisc13] [ScSe10]

Die Erarbeitung erfolgt dementsprechend in verschiedenen Schritten, die im Folgenden kurz vorgestellt und erläutert werden.

Voruntersuchung und Benchmarking als theoriebasierte Prozessgrundlage

Ziel der Voruntersuchung ist es, den Geschäftsprozess zur Nutzung einer Co-Creation-Community zu verstehen. Zur Strukturierung und Abgrenzung des Geschäftsprozesses in der Anfangsphase der Prozessentwicklung sind Prozessziele sowie Prozessmerkmale festzulegen. Zielführend in der Phase der Voruntersuchung und der Prozessabgrenzung ist es, die Frage nach dem „Was“ und „Warum“ bei der Nutzung einer Co-Creation-Community zu klären. Das unterstützt den Ansatz, sich von bestehenden Abläufen zu trennen und den Geschäftsprozess an essentiellen Prozessaktivitäten auszurichten. [Gada12] [HaCh94]

Technisch-methodisch wird zur Informationsermittlung hierbei auf eine systematische Literaturanalyse zurückgegriffen. Der Stand der Forschung zur Nutzung einer Co-Creation-Community wird hierbei recherchiert und dadurch ein auf empirische Untersuchungen und aus der Literatur identifizierte Erkenntnisse basierendes, grobes Prozessdiagramm entwickelt [Yavu11]. Das Prozessdiagramm enthält als Zusammenfassung der Literaturanalyse Prozessaktivitäten (Prozessschritte) und -merkmale. Die Literaturanalyse umfasst unter anderem die ausgewählten Werke [Bitk14] [DaMa08] [Gass13] [GoCA16] [Hall13] [PiV10] [RaGo10] [Teu08].

Unternehmensinterne Anforderungsermittlung

Ziel der Anforderungsermittlung ist die Sammlung der Prozessanforderungen und damit die Ausrichtung der Geschäftsprozesse an den Kunden und die Stakeholder im Unternehmen [Fisc13] [ScSe10]. Die Anforderungen an den Prozess zur Nutzung der Co-Creation-Community werden in Form von User Stories umfassend ermittelt, konsolidiert und dokumentiert. Hierbei erfolgte die Informationssammlung hauptsächlich durch Interviews im Unternehmensumfeld. Die so ermittelten Anforderungen dienen als unternehmensspezifische Grundlage für das Prozessdesign und für die Prozessentwicklung. [Cohn10]

Prozessdesign

In der Phase des Prozessdesigns wird ein Prozess entwickelt, in dem die Anforderungen umgesetzt werden. Das Ergebnis des Prozessdesigns ist die konkrete Definition von Input, Output, Prozessschritten, Arbeitsschritten und die Erarbeitung der Ablaufstruktur. Zudem werden an geeigneter Stelle Prozessdokumente und Arbeitsunterlagen zur Unterstützung der zukünftigen Prozessanwender erstellt. [Fisc13]

Prozesskennzahlen zur Erfolgsmessung des Co-Creation-Prozesses

Ziel der Prozessbewertung ist die Qualitätsabsicherung des neu gestalteten Prozesses im Hinblick auf die erstmalige Erstellung und die Leistungsmessung nach Implementierung. Das Qualitätsmerkmal zur Bewertung der Prozesserstellung orientiert sich an der Erfüllung der Anforderungen der Stakeholder, den User Stories. [Fisc13] Nach der in der Anforderungsermittlung verwendeten Methode der User Stories ist die Durchführung der Akzeptanztests hierbei eine gängige Technik. Das Bestehen der Akzeptanztests gilt als Kriterium, um festzustellen, ob eine User Story als fertiggestellt akzeptiert wird. Damit wird der Zielerreichungsgrad dokumentiert. [Cohn10] Zur kontinuierlichen Leistungsmessung des neuen Prozesses wird auf die gängige Methode der Erstellung und Messung von Kennzahlen zurückgegriffen. Leistungsziele, beispielsweise eine hohe Qualität des Outputs, werden mit Kennzahlen, auch Messgrößen genannt, messbar und quantitativ bestimmbar gemacht [Fisc13] [ScSe10]. Hierbei ist es eine Herausforderung, die richtigen Prozesskennzahlen zu

definieren [Fisc13]. Aus Unternehmenssicht entscheidend sind in dieser Arbeit Aussagekraft und Eignung möglicher Kennzahlen für den Geschäftsprozess zur Nutzung einer Co-Creation-Community.

3 Vorstellung des Rahmen-Geschäftsprozesses

Der Vorstellung der Prozess- und Arbeitsschritte des Rahmen-Geschäftsprozesses geht die Auflistung verschiedener wichtiger Rahmenbedingungen voraus.

Rahmenbedingungen und Annahmen aus Unternehmenssicht:

- Anwender des Co-Creation-Prozesses sind Entwicklungs- und Projektteams oder Innovationsabteilungen bevorzugt im B2C-Industriemfeld.
- Die online Plattform, auf der die Co-Creation-Community stattfindet, wird als IT-Werkzeug in den Co-Creation-Prozess integriert.
- Inhaltlicher Bezug zu bestehenden Geschäftsprozessen ist gegeben.
- Startereignis des Prozesses sind erste Produktideen, Fragestellungen in Innovationsprojekten oder einzelne Entwicklungsaufgaben.
- Unternehmensintern unterstützen Experten bei Fragen zu Lizenz- und Geheimhaltungsvereinbarungen.
- Eingliederung der Co-Creation-Community und eines Plattformexperten in den Geschäftsprozess, damit die Prozessstrukturen und Kommunikationsabläufe über die Unternehmensgrenzen hinweg transparent sind.

Rahmenbedingungen aus prozessorganisatorischer Sicht:

- Der Geschäftsprozess ist in Prozessschritte und Arbeitsschritte gegliedert.
- Arbeitsschritte können sequentiell, parallel oder iterativ ablaufen.
- Gestaltungsregeln zur logischen und effizienten Prozessgestaltung sind eingearbeitet. Beispielsweise liegt ein großer Fokus auf der Vorbereitungsphase, um Schleifen und Rückkopplungen im späteren Prozessverlauf zu vermeiden.

Das Grundgerüst für den Co-Creation-Rahmenprozess besteht aus den folgenden Prozessschritten, die während der Voruntersuchung identifiziert wurden: Vorbereitung, Verbinden, Co-Creation-Phase, Integration der Lösungskonzepte und Teilen von Informationen. Diese wurden durch den Input der Anforderungsermittlung um die Schritte der Evaluierung zu Beginn des Prozesses und Evaluierung nach Einreichung der Lösungskonzepte erweitert. Der erarbeitete Rahmen-Geschäftsprozess besteht damit aus insgesamt sieben Prozessschritten (siehe Abbildung 1), die im Folgenden detailliert und mit den einzelnen Arbeitsschritten vorgestellt werden.



Abbildung 1: Prozessschritte des Rahmen-Geschäftsprozesses zur Co-Creation

Evaluierung I

Ziel dieses Schritts ist es, zu bewerten, ob der Co-Creation-Ansatz für eine bestimmte Idee, ein Arbeitspaket, ein Entwicklungsprojekt oder einen Themenbereich (im Folgenden „Projekt“ genannt) genutzt werden kann. Um die Bewertung durchzuführen, ist es notwendig, Informationen zum Anwendungsfall, zur Problembeschreibung und über das zur Verfügung

stehende Budget vorliegend zu haben. Dann ist zu diskutieren, ob im Rahmen des Projekts Co-Creation eingesetzt werden kann. Hierbei stellen strategische, geheimhaltungsrechtsbezogene und patentrechtliche Themen wichtige Entscheidungsparameter dar. Fällt das Ergebnis hier positiv aus, soll das Potentialprofil der Community Mitglieder für das ausgewählte Projekt definiert werden. Mit der Projektbeschreibung und dem Potentialprofil wird der Plattform-Experte konsultiert und nach einer Einschätzung gefragt, ob es den Aufwand lohnt, das Projekt auf die Plattform zu stellen. Hierbei ist abzuwagen, ob die Community am Projekt interessiert ist und ob die Community fähig ist, die Problemstellung zu lösen. Die Ergebnisse der einzelnen Arbeitsschritte sind zu einer finalen Evaluierung zusammenzufassen. Hervorzuheben ist, dass der Prozessschritt jederzeit abgebrochen werden kann, sobald eine Teilbewertung des Projekts im Hinblick auf seine Co-Creation-Eignung (Fit for Co-Creation) negativ ausfällt. Somit werden Zeit und Aufwand gespart, ein ungeeignetes Projekt weiter mit dem Co-Creation-Prozess zu bearbeiten.

Vorbereitung

Ist die Co-Creation-Evaluierung positiv ausgefallen, wird das Projekt detailliert vorbereitet. Hierbei können die Arbeitsschritte parallel durchgeführt werden. Das Projekt ist genauer zu beschreiben, das Projektbudget detailliert zu kalkulieren, der Zeitplan für das Projekt festzulegen, ein Belohnungs- beziehungsweise Vergütungsmodell zu bestimmen und Akzeptanzkriterien für die Bewertung der Lösungskonzepte der Community zu definieren. Außerdem wird festgelegt, wie die Kommunikation und Zusammenarbeit mit der Community während der Projektpause auf der Plattform aus Unternehmenssicht gewünscht wird. Als Abschluss der Vorbereitungsphase muss das Projekt Community-konform aufbereitet und beschrieben und die Projektumgebung für die Plattform bestimmt werden.

Verbinden

Ziel dieses Prozessschritts ist, das Projekt mit der Community zu verbinden und ein virtuelles Projektteam auf der Plattform zusammenzustellen. Ist das Projekt auf der Plattform verfügbar, können Community Mitglieder beispielsweise zur Teilnahme am Projekt eingeladen werden. Parallel können sich interessierte Community Mitglieder auf das Projekt bewerben. Den Einladungen und Bewerbungen folgt ein Schritt des Evaluierens und Bestätigens der erwünschten Community Mitglieder für das Projektteam. Wenn notwendig, erfolgt danach die Abstimmung der rechtlichen Aspekte und der Geheimhaltungsvereinbarung. Erst wenn diese Aspekte mit allseitigem Einverständnis geklärt sind, kann das Projekt auf der Plattform gestartet werden.

Co-Creation

Dieser Prozessschritt stellt im Grunde den längsten Prozessteil dar, da es sich hierbei um die Entwicklung und die Erarbeitung der Lösungskonzepte handelt. Das Projektteam oder mehrere konkurrierende Teams erarbeiten Lösungen zur Fragestellung, um die Akzeptanzkriterien zu erfüllen. Bei Rückfragen oder thematischen Unklarheiten greift das Unternehmen ein und unterstützt, steuert und kontrolliert den Projektablauf. Die Interaktion zwischen virtuellem Projektteam und dem Unternehmen kann bilateral oder multilateral ablaufen, wobei die Plattform idealerweise die entsprechenden Tools und Funktionen zur Verfügung stellt. Wichtig sind hierbei Funktionen zur Interaktion, zur Fortschrittsverfolgung und zum gegenseitigen Bewerten. Gerade bei ergebniskritischen Rückfragen ist die Interaktionsgeschwindigkeit des Unternehmens von großer Bedeutung. Der Prozessschritt endet damit, dass die Projektteams die Lösungskonzepte einreichen.

Evaluierung II

Ziel dieses Prozessschritts ist die Auswahl der besten Lösungskonzepte oder des besten Lösungskonzepts und die darauf basierende Vergütung und Belohnung der jeweiligen Projektteams. Dabei spielen Verwertbarkeit, Funktionalität und Dokumentation der Konzepte sowie das Einhalten der Akzeptanzkriterien eine bedeutsame Rolle. Diese Prüfschritte können parallel durchgeführt werden. Zum Schluss wird basierend auf der Auswahl des Lösungskonzepts das Projektteam mit dem festgelegten Vergütungsmodell entlohnt und ausgezeichnet.

Integration

Nach der Auswahl eines Lösungskonzepts folgt der Prozessschritt der Integration ins Unternehmensumfeld. Hierbei ist festzulegen, ob eine Modifikation oder Weiterbearbeitung des Lösungskonzepts notwendig ist oder ob es in der eingereichten Form verwendet werden kann. Je nach Projekt und Ergebnis der Integrationsphase wird an dieser Stelle mit den angrenzenden und bereits bestehenden Geschäftsprozessen fortgefahrene, aus denen sich auch zum Anfang des Co-Creation-Prozesses die Ideen, Arbeitspakete oder Themenbereiche ergeben haben.

Teilen

Der Prozessschritt des Teilens von Informationen mit der Community muss nicht zwingend mit einem Projekt auf der Plattform zusammenhängen, da auch unabhängige, aber für die Community interessante Ergebnisse oder Informationen aus der Projektarbeit der Unternehmen geteilt werden können. Das Ziel des Teilens von Informationen mit der Community ist es, die Plattform mit neuen Themen voranzutreiben. In der Theorie wird hierbei vom Inside-Out Flow [GoCA16] der Innovationen gesprochen. Zusätzlich wird damit beabsichtigt, als Unternehmen in der Community präsent zu sein und die Reputation zu verbessern. Wichtig ist hierbei zu beachten, dass bewertet werden sollte, ob die Information dem Interesse der Community entspricht. Dann wird unternehmensintern geprüft und bestätigt, ob und in welchem Umfang die Information außerhalb der Unternehmensgrenzen geteilt werden darf. Hierbei sind rechtliche und unternehmensstrategische Aspekte zu beachten. Darauf folgend können die Informationen entsprechend einem Geheimhaltungslevel mit der Community geteilt werden. Je nach Information und Intention kann die Rückmeldung der Community abgefragt werden. Dies stellt ein mögliches Ende des Durchgangs eines Co-Creation-Projekts dar. Der Geschäftsprozess ist jedoch als iterativer und wiederholbarer Geschäftsprozess zu betrachten, da mit den identifizierten und ausgewählten Community Mitgliedern ein Folgeprojekt oder die Weiterentwicklung des Lösungskonzepts unter Zuhilfenahme der Community denkbar ist.

Um den Erfolg des Co-Creation-Rahmenprozesses messbar zu machen, sind verschiedene Zielgrößen und entsprechende Kennzahlen in Zusammenarbeit mit dem Unternehmen erarbeitet worden (siehe Tabelle 1).

4 Ausblick

Der Ausblick enthält Aspekte zur zukünftigen unternehmensspezifischen Projektarbeit sowie zur allgemeingültigen Forschungsarbeit in Bezug auf die systematische Anwendung von Co-Creation im Entwicklungs- und Innovationsprozess von Unternehmen.

Zielgröße	Kennzahl	Berechnung
Kosteneinsparung pro Arbeitspaket	Projektkosten	Differenz zw. internen F&E-Kosten und den Kosten, die bei der Beauftragung der Community entstehen im Verhältnis zu erarbeiteten Lösungskonzepten
Lerneffekt für das Unternehmen	Vernetzungsrate	Vernetzung und Kommunikationsrate zw. Unternehmen und Community
Hohe Community Aktivität	Ideengeberquote	Quote Ideengeber zu Mitgliederanzahl/ Projektteilnehmer
Höhere Ideenquantität	Ideenanzahl	Quote eingereichter Lösungskonzepte zu internen Ideen/Konzepte
Hohe Ideenqualität	Iterationsanzahl	Anzahl der Iterationen der Lösungskonzepte durch Community
	Selektionsrate	Quote selektierte Lösungskonzepte zu eingereichten Lösungskonzepten
Häufige Ideenrealisierung	Umsetzungsrate/Integrationsrate	Quote integrierte Lösungskonzepte zu selektierten Lösungskonzepten

Tabelle 1: Prozesskennzahlen für den Rahmen-Geschäftsprozess

4.1 Nächste Schritte für das unternehmensspezifische Projekt

Für den weiteren Verlauf wird empfohlen, ein Pilotprojekt mit einer potentiellen Community zu planen und umzusetzen, anhand dessen folgende Punkte erprobt werden können.

Im Hinblick auf die Implementierung des Geschäftsprozesses zur Nutzung der Co-Creation-Community ist sicherzustellen, dass die Kultur im Unternehmen den Co-Creation-Ansatz unterstützt. Das ist die Voraussetzung dafür, dass die Ergebnisse, die mithilfe der Co-Creation-Community erarbeitet wurden, in die internen Projekte integriert werden. [Gass13]

Bei der Implementierung des Co-Creation-Prozesses ist zusätzlich darauf zu achten, dass die rechtlichen Aspekte, wie Intellectual Property Rights (IPR), und die Allgemeinen Geschäftsbedingungen einer Online Plattform mit den internen IT-Abteilungen abgestimmt sind. Dies ging aus Gesprächen zur Prozessabstimmung während der Masterarbeit hervor.

Im Hinblick auf die Prozesskennzahlen sollte das Kennzahlensystem dahingehend weiterentwickelt und mit den internen Abteilungen abgestimmt werden, dass eine Kennzahl zur Messung des Wertbeitrags des Co-Creation-Prozesses am Unternehmensziel und an den Umsätzen der neuen Produkte erarbeitet wird. Außerdem sollten die bestehenden Kennzahlen zu einer Balanced Scorecard weiterentwickelt werden, um verschiedene Perspektiven zur Erfolgsmessung abzudecken.

Aus Sicht des Geschäftsprozessmanagements kann in Zukunft ein Prozess-Assessment mithilfe eines Reifegradmodells durchgeführt werden. Die Methode bewertet unter Zuhilfenahme festgelegter Kriterien (bspw. Effizienz und Effektivität), welche Reifegradstufe der

Geschäftsprozess erreicht. Jede Reifegradstufe besitzt hierbei spezifische Charakteristiken. [ScSe10]

4.2 Nächste Schritte für die Forschung

Zusätzlich zur Implementierung des Rahmen-Geschäftsprozesses sollte unternehmens- und industrieübergreifend weiterführend erarbeitet und beobachtet werden, welche Auswirkungen die Öffnung der Unternehmensgrenzen auf die Mitarbeiter und die Unternehmensziele hat. Zu beobachten wären personelle Entwicklungen in Innovations- und Entwicklungsabteilungen, wie z.B.: Gibt es kausale Zusammenhänge zwischen Open Innovation Bewegungen und personellem Wachstum oder Abbau der unternehmensinternen Abteilungen? Diese Ergebnisse könnten sich auf die Akzeptanz der Co-Creation-Prozesse auswirken.

Zudem ist die theoretisch-wissenschaftliche Erarbeitung der rechtlichen und haftungstechnischen Situation bei in Co-Creation entwickelten Produkten ein wichtiger fortzuführender Forschungsinhalt.

Literaturverzeichnis

- [Bitk14] BITKOM-Arbeitskreis Social Media: Crowdsourcing für Unternehmen – Leitfaden. 2014, <https://www.bitkom.org/niindex/Publikationen/2014/Leitfaden/Crowdsourcing/140917-Crowdsourcing.pdf>. Abruf am 2017-07-04
- [BuCh10] Bughin Jacques; Chui Michael: The rise of the networked enterprise: Web 2.0 finds its payday. In: McKinsey Quarterly Dezember (2010), <https://www.mckinsey.com/industries/high-tech/our-insights/the-rise-of-the-networked-enterprise-web-20-finds-its-payday>. Abruf am 2017-06-30
- [Bugh12] Bughin Jacques: Wiring the open-source enterprise. In: McKinsey Quarterly Januar (2012), <https://www.mckinsey.com/business-functions/strategy-and-corporate-finance/our-insights/wiring-the-open-source-enterprise>. Abruf am 2017-05-04
- [Cohn10] Cohn Mike: User Stories für agile Software-Entwicklung mit Scrum, XP u.a. mitp, Heidelberg, 2010.
- [DaMa08] Dahlander Linus; Magnusson Mats: How do Firms Make Use of Open Source Communities? 2008, DOI: 10.1016/j.lrp.2008.09.003. Abruf am 2017-05-15
- [Fisc13] Fischermanns Guido: Praxishandbuch Prozessmanagement - Das Standardwerk auf Basis des BPM Framework ibo-Prozessfenster®. Schmidt, Gießen, 2013.
- [Gada12] Gadatsch Andreas: Grundkurs Geschäftsprozessmanagement. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2012.
- [Gass13] Gassmann Oliver: Crowdsourcing – Innovationsmanagement mit Schwarmintelligenz. Hanser, München, 2013.
- [GoCA16] Gómez María del Socorro López; Chincha James Alberto Morales; Aedo-Cobo José Edinson: Mechanisms to manage intellectual property in collaborative innovation projects. In: Revista Internacional de Organizaciones 16 (2016), S. 83-98.
- [HaCh94] Hammer Michael; Champy James: Business Reengineering - Die Radikalkur für das Unternehmen. Campus Verlag GmbH, Frankfurt/ Main, 1994.

- [Hall13] Hallerstede Stefan H.: Managing the Lifecycle of Open Innovation Platforms. Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2013.
- [Hipp17] Hippel Eric von: Free Innovation. MIT Press, Cambridge, 2017.
- [Howe06] Howe Jeff: The Rise of Crowdsourcing. In: Wired Magazine Juni (2006), http://www.wired.com/wired/archive/14.06/crowds_pr.html. Abruf am 2017-07-02
- [PeBu14] Pelzer Claudia; Burgard Nora: Co-Economy: Wertschöpfung im digitalen Zeitalter. Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2014.
- [PilV10] Piller Frank T.; Ihl Christoph; Vossen Alexander: A Typology of Customer Co-Creation in the Innovation Process. In: SSRN Electronic Journal Dezember (2010).
- [PrRa04a] Prahalad C.K.; Ramaswamy Venkat: Co-Creation experiences – The next practice in value creation. In: Journal of Interactive Marketing Band 18,3 (2004), S. 5-14.
- [PrRa04b] Prahalad C. K.; Ramaswamy Venkat: The future of competition – co-creating unique value with customers. Harvard Business School Press, Boston, 2004.
- [RaGo10] Ramaswamy Venkat; Gouillart Francis: The Power of Co-Creation: Build it with them to boost growth, productivity and profits. Free Press, New York, 2010.
- [RePi09] Reichwald Ralf; Piller Frank: Interaktive Wertschöpfung: Open Innovation, Individualisierung und neue Formen der Arbeitsteilung. Gabler, Wiesbaden, 2009.
- [ScSe10] Schmelzer Hermann J.; Sesselmann Wolfgang: Geschäftsprozessmanagement in der Praxis - Kunden zufriedenstellen, Produktivität steigern, Wert erhöhen. Hanser, München, 2010.
- [TeXu08] Terwiesch Christian; Xu Yi: Innovation Contests, Open Innovation, and Multiagent Problem Solving. In: Management Science September 2008, S. 1529-1543.
- [Yavu11] Yavuz Hilal: Crowdsourcing: Eine systematische Literaturanalyse. Diplomica, Hamburg, 2011.

Kontakt

Hannah Ludwig (M.Eng)
 Hochschule München, Fakultät für Wirtschaftsingenieurwesen
 Lothstraße 64, 80335 München
 T +49 160 99274788, Hannah-Ludwig@outlook.de

Prof. Dr. Jörg Puchan
 Hochschule München, Fakultät für Wirtschaftsingenieurwesen
 Lothstraße 64, 80335 München
 T +49 89 1265 3937, puchan@hm.edu

Akzeptanz von Smart-Home-Anwendungen: Der Einfluss von Vergnügen, Kontrolle und Nutzen auf die Nutzungsabsicht der Anwender

Birte Malzahn, Martin Spott, Ferdinand Köttler

Zusammenfassung

Die durchgeführte Studie untersucht in Anlehnung an das Technology Acceptance Model (TAM) von [Davi86] Faktoren, die die Absicht von Individuen beeinflussen, Smart-Home-Anwendungen zu nutzen. In einer empirischen Datenerhebung wurden 48 Personen befragt. Zur Analyse des aufgestellten Kausalmodells wurde Partial Least Squares Structural Equation Modelling verwendet.

Die Ergebnisse zeigen, dass der empfundene Nutzen ausschlaggebend für die Absicht ist, eine Smart-Home-Anwendung einzusetzen. Das eingeschätzte Vergnügen bei der Nutzung sowie die eingeschätzte Kontrolle über die Anwendung beeinflussen den empfundenen Nutzen der Anwendung und damit die Nutzungsabsicht indirekt.

In wissenschaftlicher Hinsicht zeigt diese Studie, dass das TAM in diesem Kontext anwendbar ist. Für die Praxis implizieren die Ergebnisse, welche Anforderungen der Nutzer besonders zu berücksichtigen sind, damit sich das Konzept Smart-Home in der Zukunft im deutschen Markt durchsetzen kann.

1 Einleitung

Unter dem Begriff Smart-Home werden Technologien zusammengefasst, die Anwendungen und Geräte in einer häuslichen Umgebung miteinander vernetzen [PKKK17]. Smart-Home-Technologien werden dem Internet der Dinge / Internet of Things (IoT) zugeordnet, bei dem Objekte über das Internet angesprochen, abgefragt und in ihrem Verhalten beeinflusst werden [MaFI10]. Die Steuerung erfolgt über Anwendungen auf mobilen Geräten wie Smartphones und Tablets [PKKK17]. Dem Markt wird ein stetiges Wachstum in den nächsten Jahren vorhergesagt: Der weltweite Umsatz mit Smart-Home-Produkten lag im Jahr 2017 bei 33,4 Mrd. US-Dollar und soll bis zum Jahr 2022 auf 112,8 Mrd. US-Dollar steigen [Stat18a].

In einer Umfrage im Jahr 2017 gaben knapp 58 Prozent der Befragten mit Wohnsitz in Deutschland an, die bisher keine Smart-Home-Anwendungen nutzten, dass die Sorge um ihre Privatsphäre ein Grund sei, weshalb sie kein Interesse an Smart-Home-Anwendungen hätten [Stat17]. Dagegen gaben 51 Prozent aktueller Smart-Home-Anwender „Spaß an der Technik“ als einen Grund für ihre Nutzung einer solchen Anwendung an [Stat18b]. Beide Aspekte scheinen somit einen wichtigen Einfluss auf die Nutzungsentscheidung von Anwendern zu haben.

Das Forschungsmodell in diesem Beitrag integriert die beiden genannten Aspekte und konzeptualisiert auf Basis des TAM Faktoren, die die Adoption von Smart-Home-Anwendungen in Deutschland beeinflussen. Das aufgestellte Modell wird anhand empirisch erhobener Daten untersucht.

Im nächsten Kapitel werden zunächst die theoretischen Grundlagen des Modells erläutert. Im folgenden Kapitel wird das Forschungsmodell dargelegt und die aufgestellten Hypothesen hergeleitet. Anschließend werden das Forschungsdesign erläutert und die Ergebnisse beschrieben. Der Beitrag schließt mit einer Diskussion der gewonnenen Erkenntnisse.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Technology Acceptance Model

Das Technology Acceptance Model (TAM) von [Davi86] wird häufig als Basismodell zur Vorhersage und Erklärung der Technologieakzeptanz durch Individuen verwendet.

Das Modell besagt, dass die Nutzungsabsicht und damit auch die Nutzung einer Technologie maßgeblich durch zwei Determinanten beeinflusst werden [Davi86]: Der *eingeschätzte Nutzen*, der sich aus der Anwendung einer Technologie für ein Individuum ergibt, sowie die *eingeschätzte Leichtigkeit der Nutzung*. Die postulierten Zusammenhänge des TAM wurden in zahlreichen empirischen Überprüfungen bestätigt und um zusätzliche Konstrukte erweitert [Venk00], [AgKa00], [VMDD03], [RRYJ14].

2.2 Eingeschätztes Vergnügen der Technologienutzung

Das TAM wurde u. a. um das Konstrukt des eingeschätzten Vergnügens erweitert, das mit der Nutzung einer Technologie verbunden sein kann. *"In contrast with usefulness, enjoyment refers to the extent to which the activity of using the computer is perceived to be enjoyable in its own right, apart from any performance consequences that may be anticipated"* [DaBW92], [Venk00]. Während der Einfluss des eingeschätzten Nutzens auf die Nutzungsabsicht einer Technologie der extrinsischen Motivation eines Anwenders zuzuordnen ist, ist der Einfluss des eingeschätzten Vergnügens durch seine intrinsische Motivation zu erklären [DaBW92].

2.3 Einschätzte Kontrolle des Schutzes der Privatsphäre bei der Technologienutzung

Das Sammeln, Analysieren und Verwenden von digitalen Nutzerdaten ist für Unternehmen von großer Bedeutung. Im Zuge dieser Entwicklung rückt jedoch auch die Forderung der Konsumenten nach dem Schutz ihrer Privatsphäre in den Fokus [AwKr06]. Nutzer von Technologien sind besorgt darüber, welche Informationen durch diese über sie erfasst, wie diese Informationen gesammelt und an wen diese Informationen weitergegeben werden [DoGr03]. Eingeschätzte Risiken hinsichtlich der Privatsphäre können sich negativ auf die Nutzungsabsicht bzw. die tatsächliche Nutzung einer Technologie auswirken [MaKA04], [XLCR11], [Erns15].

In diesem Zusammenhang wird der Kontrolle, die ein Nutzer hinsichtlich seiner persönlichen Daten annimmt, eine erhebliche Bedeutung beigemessen: Aus Sicht eines Anwenders reduzieren sich Risiken bezüglich der eigenen Privatsphäre dann, wenn er annimmt, dass er die Kontrolle über seine persönlichen Daten hat, die im Zusammenhang mit einer Technologienutzung erfasst werden [XDSH11].

2.4 Bisherige Forschung zur Akzeptanz von Smart-Home

Die meisten Arbeiten in diesem Forschungsgebiet beschäftigten sich mit der Akzeptanz von Smart-Home-Anwendungen durch Senioren bzw. gesundheitlich eingeschränkte Personen [ZiRH11], [MA++13]. [PTFC18] zeigen, dass sich mit Hilfe des TAM die Nutzung von Smart-Home-Anwendungen durch ältere Menschen erklären lässt. Es existieren wenige wissenschaftliche Untersuchungen außerhalb dieses Anwendungskontextes. Beispielsweise bestätigen die Ergebnisse von [PBFS11], dass die Leichtigkeit der Nutzung bei der Gestaltung von Smart-Home-Anwendungen im Bereich Energiemanagement Berücksichtigung finden sollte.

Der Markt für Smart-Home-Anwendungen hat sich in den letzten Jahren rapide verändert. Eine Vielzahl möglicher Anwendungsfelder hat sich entwickelt. Aus diesem Grund wird im Rahmen dieser Studie ein Modell aufgestellt, das die allgemeine Einschätzung von Anwendern hinsichtlich Smart-Home-Anwendungen erfassen soll.

3 Forschungsmodell

Im Folgenden werden die Hypothesen des Forschungsmodells (s. Abbildung 1) hergeleitet. Schätzt ein Individuum eine Technologie als für ihre Ziele und Zwecke *nützlich* ein, so hat dies einen positiven Einfluss auf die Absicht des Individuums, die entsprechende Technologie in der Zukunft zu nutzen. Dieser Zusammenhang stammt aus dem TAM und wurde in einer Vielzahl an Studien und Kontexten empirisch bestätigt [Davi86], [Venk00], [AgKa00], [VMDD03].

Hypothese 1: Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen dem eingeschätzten Nutzen einer Smart-Home-Anwendung und der Absicht, diese zu benutzen.

Geht ein Individuum davon aus, dass die Nutzung einer Technologie mit *Vergnügen* verbunden ist, so übt dies einen positiven Einfluss auf die Absicht des Individuums aus, die entsprechende Technologie in der Zukunft zu nutzen. U. a. [DaBW92] und [Erns15] zeigen, dass das eingeschätzte Vergnügen die Nutzungsabsicht bzw. die tatsächliche Technologie Nutzung eines Individuums positiv beeinflussen kann.

Hypothese 2: Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen dem eingeschätzten Vergnügen bei der Nutzung einer Smart-Home-Anwendung und der Absicht, diese zu benutzen.

Bei der Nutzung von Smart-Home-Anwendungen werden Nutzerdaten im höchst privaten Lebensraum erfasst und ausgewertet. Sorge hinsichtlich des Schutzes der Privatsphäre kann die Nutzungsabsicht bzw. die Nutzung der entsprechenden Technologie negativ beeinflussen [XTTA10], [KBFA10], [Erns15]. Wie [XDSH11] bestätigen, hat die eingeschätzte *Kontrolle* über die eigenen Daten einen maßgeblichen Einfluss auf die eingeschätzten Risiken hinsichtlich der Privatsphäre. Wir postulieren einen direkten Zusammenhang zwischen der eingeschätzten Kontrolle über die persönlichen Daten bei der Nutzung einer Smart-Home-Anwendung und der Absicht, diese zu benutzen.

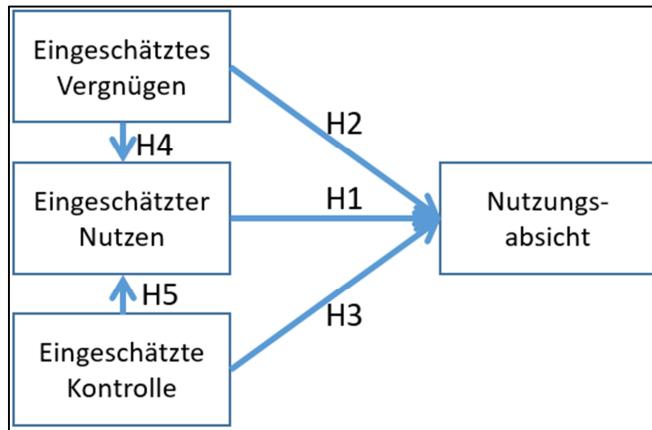


Abbildung 1: Forschungsmodell (Eigene Darstellung)

Hypothese 3: Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen der eingeschätzten Kontrolle über die persönlichen Daten und der Absicht, die entsprechende Smart-Home-Anwendung zu benutzen.

[AgKa00] argumentieren, dass Anwender häufig bestrebt sind, Aktivitäten, die Freude oder Spaß bereiten, auch einen Nutzen zuzusprechen: “*There is likely to be a natural propensity to overlook the hedonistic or pleasurable aspects of an activity and to account for the time spent on the activity by attributing instrumental value*”. [Venk00] zeigt, dass das eingeschätzte Vergnügen der Technologienutzung den eingeschätzten Nutzen über das Konstrukt „Eingeschätzte Leichtigkeit der Nutzung“ beeinflusst. [AgKa00] bestätigen, dass das Konstrukt „Cognitive Absorption“, das sie u. a. über den Faktor „Vergnügen“ konzeptualisieren, einen signifikanten Einfluss auf den durch die Anwender eingeschätzten Nutzen einer Internetnutzung hat.

Hypothese 4: Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen dem eingeschätzten Vergnügen bei der Nutzung einer Smart-Home-Anwendung und dem eingeschätzten Nutzen dieser Anwendung.

[XLCR11] zeigen, dass ein eingeschätztes Risiko hinsichtlich der Privatsphäre einen negativen Einfluss auf die eingeschätzte Nützlichkeit einer Aktivität haben kann. [XDSH11] jedoch legen dar, dass das eingeschätzte Risiko reduziert werden kann, wenn der Anwender davon ausgeht, dass er bei Nutzung der Technologie Kontrolle über seine persönlichen Daten behält. Wir postulieren daher einen direkten Zusammenhang zwischen der eingeschätzten Kontrolle über persönliche Daten und dem eingeschätzten Nutzen einer Smart-Home-Anwendung.

Hypothese 5: Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen der eingeschätzten Kontrolle über die persönlichen Daten und dem eingeschätzten Nutzen der Smart-Home-Anwendung.

4 Forschungsdesign

Der Fragebogen wurde online erstellt und der Zugang über soziale Medien verbreitet.

Von den 48 Teilnehmenden waren 40 Prozent männlich und 60 Prozent weiblich.

Die größte Gruppe der Teilnehmer (46 Prozent) waren zwischen 18 und 29 Jahren alt. 25 Prozent waren jünger als 18 Jahre, 15 Prozent zwischen 30 bis 39 Jahre alt, 15 Prozent älter als 39 Jahre.

Die Stichprobe sollte mindestens zehnmal so viele Datenpunkte enthalten wie die maximale Anzahl der Indikatoren eines Konstrukts (hier vier) bzw. die maximale Anzahl der Pfeile von Konstrukten auf ein Konstrukt (hier drei) [HH++17]. Mit 48 Datenpunkten ist die Stichprobe größer als die Mindestgröße von $10 \times 4 = 40$ Datenpunkten und somit ausreichend groß.

In Tab. 1 sind die Indikatoren der Konstrukte sowie die entsprechenden Literaturquellen dargestellt. Die Indikatoren wurden auf einer 5-stufigen Likert-Skala (stimme voll zu – stimme überhaupt nicht zu) gemessen. Eine Ausnahme bestand bei der Antwortskala von Indikator JOY2 (angenehm – belastend).

Konstrukt	Indikatoren	Referenz
Nutzungsabsicht	UI1: Ich gehe davon aus, dass ich eine Smart-Home-Anwendung in meinem Haushalt in der nächsten Zeit nutzen werde.	[Davi86], [Venk00], [AgKa00], [VMDD03], [VBMB08], [Lee10]
	UI2: Es ist wahrscheinlich, dass ich eine Smart-Home-Anwendung in meinem Haushalt in der kommenden Zeit nutzen werde.	
	UI3: Ich habe vor, eine Smart-Home-Anwendung in meinem Haushalt innerhalb der kommenden 6 Monate zu verwenden.	
	UI4: Ich werde eine Smart-Home-Anwendung in meinem Haushalt innerhalb der nächsten 6 Monate verwenden.	
Eingeschätzter Nutzen	PU1: Durch die Verwendung von Smart-Home-Anwendungen könnte ich Aufgaben im Haus (-halt) schneller erledigen.	[Davi86], [Venk00], [AgKa00], [VMDD03]
	PU2: Die Verwendung von Smart-Home-Anwendungen würde meine Lebensqualität verbessern.	
	PU3: Die Verwendung von Smart-Home-Anwendungen würde es leichter machen, meinen Alltag zu bewältigen.	
	PU4: Ich würde Smart-Home-Anwendungen im Haushalt als nützlich empfinden.	
Eingeschätzte Kontrolle	CO1: Ich denke, dass ich die Kontrolle darüber habe, wer Zugriff auf die Daten hat, die Smart-Home-Anwendungen über mich sammeln.	[KrVe10], [XDSH11]
	CO2: Ich denke, dass ich die Kontrolle darüber habe, wie persönliche Informationen von Firmen genutzt werden, die Smart-Home-Anwendungen anbieten.	
	CO3: Ich denke, dass ich kontrollieren kann, welche persönlichen Informationen von Smart-Home-Anwendungen über mich gesammelt werden.	
Eingeschätztes Vergnügen	JOY1: Ich würde die Nutzung von Smart-Home-Anwendungen genießen.	[Davi86], [Venk00], [AgKa00], [KrVe10]
	JOY2: Das Nutzen von Smart-Home-Anwendungen wäre für mich: (angenehm – belastend)	
	JOY3: Ich hätte Spaß an der Nutzung von Smart-Home-Anwendungen.	

Tab. 1: Indikatoren des Messmodells

5 Ergebnisse

Der Mittelwert und die Standardabweichung der Indikatoren je Konstrukt lagen bei Nutzungsabsicht (4,26 / 1,03), eingeschätzter Nutzen (3,46 / 1,17), eingeschätzte Kontrolle (4,12 / 0,99) und eingeschätztes Vergnügen (2,93 / 1,23).

Für die weitere statistische Analyse und die Untersuchung des Forschungsmodells wurde die Implementierung von PLS-SEM (Partial Least Squares Structural Equation Modelling) [Chin98] in der Software SmartPLS verwendet. Die Messung der Konstrukte erfolgte über reflektive Indikatoren (vgl. Tab. 1). Die Ausführung der Untersuchung folgt den Empfehlungen von [HH++17].

5.1 Messmodell

Die Qualität des Messmodells überprüften wir über verschiedene statistische Maße [HH++17]. Die Gewichte zwischen den Konstrukten und den Indikatoren bzw. äußere Ladungen sind größer als der Schwellenwert von 0,7 (s. Tab. 2).

UI1	UI 2	UI 3	UI4	PU 1	PU 2	PU 3	PU 4	CO 1	CO 2	CO 3	JO Y1	JO Y2	JO Y3
0,9 34	0,8 85	0,9 03	0,8 63	0,7 44	0,8 90	0,8 83	0,7 89	0,9 08	0,9 03	0,7 98	0,8 94	0,8 61	0,9 20

Tab. 2: Äußere Ladungen

Tab. 3 zeigt die Reliabilitätsmaße. Die Cronbachs-Alpha-Werte der vier Konstrukte liegen über dem geforderten Schwellenwert von 0,7. Die Composite-Reliabilität-Werte der Konstrukte liegen über dem Schwellenwert von 0,6. Alle AVE-Werte (durchschnittlich erfasste Varianz) liegen über dem Schwellenwert von 0,5.

	UI	PU	CO	JOY
Cronbachs Alpha	0,919	0,846	0,841	0,871
Composite-Reliabilität	0,942	0,897	0,904	0,921
Durchschnittlich erfasste Varianz (AVE)	0,804	0,687	0,759	0,795

Tab. 3: Reliabilitätsmaße der Konstrukte

Die Ladungen der Indikatoren mit den eigenen Konstrukten liegen deutlich über denen mit den fremden Konstrukten (Kreuzladungen). Das Fornell-Larcker-Kriterium wurde überprüft und ist in unserem Modell erfüllt. Die Werte des Heterotrait-Monotrait-Verhältnisses (HTMT) liegen zwischen 0,375 und 0,820 und damit unter dem Schwellenwert von 0,9.

5.2 Strukturmodell

Die Beziehungen zwischen den Konstrukten in Abbildung 1 bilden das Strukturmodell. Der Einfluss eines unabhängigen Konstrukts auf ein abhängiges Konstrukt wird als Gewicht oder innere Ladung dargestellt.

	CO	JOY	PU	UI
CO			0,268	0,210
JOY			0,449	0,140
PU				0,570
UI				

Tab. 4: Innere Ladungen

Alle drei Konstrukte haben einen positiven Einfluss auf *Nutzungsabsicht* (vgl. Tab. 4). Die VIF-Werte liegen mit höchstens 1,539 deutlich unter dem kritischen Schwellenwert von 5, somit liegt keine signifikante Kollinearität vor.

Mittels Bootstrapsampling wurden 5000 Stichproben aus dem Datensatz gezogen.

	Original Stichprob e (O)	Stichproben- mittelwert (M)	Konfidenz- intervall 2.5%	Konfidenz- intervall 97.5%	P-Werte
CO -> PU	0,268	0,287	0,071	0,482	0,013*
CO -> UI	0,210	0,205	-0,088	0,481	0,157
JOY -> PU	0,449	0,456	0,230	0,655	0,0000006***
JOY -> UI	0,140	0,134	-0,115	0,386	0,281
PU -> UI	0,570	0,573	0,282	0,831	0,0006***

Tab. 5: Ergebnisse Bootstrapsampling

Tab. 5 zeigt die linken (2,5%) und rechten (97,5%) Grenzen der Konfidenzintervalle zum Niveau 95%. Die Ladungen von CO ->UI und JOY -> UI könnten mit einer Wahrscheinlichkeit größer als 2,5% sogar einen negativen Wert annehmen und werden deshalb für diese Stichprobe als statistisch *nicht* signifikant klassifiziert. Für die p-Werte wurden folgende Signifikanzniveaus gewählt: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

Die erklärte Varianz (R^2) des eingeschätzten Nutzens liegt bei 35%, und bei der Nutzungsabsicht bei 59,1%. Beide Werte sind als moderat einzustufen.

Abbildung 2 fasst die wichtigsten Ergebnisse zusammen.

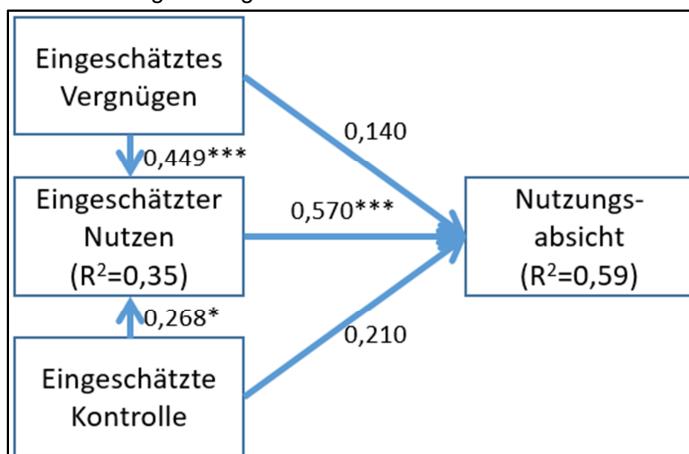


Abbildung 2: Ergebnisse

6 Diskussion und Fazit

Es zeigt sich, dass Smart-Home-Anwendungen hybride Anwendungen sind: Einerseits sollen sie einen produktiven Nutzen erfüllen, andererseits beeinflusst auch das Vergnügen bzw. der hedonistische Nutzen die Nutzungsabsicht ([Heij04], [Erns15]).

Der produktive Nutzen ist jedoch der einzige der drei unabhängigen Faktoren, der einen signifikanten direkten Einfluss auf die Nutzungsabsicht zeigt (Hypothese 1). Ein direkter

Einfluss des eingeschätzten Vergnügens (Hypothese 2) sowie ein direkter Einfluss der eingeschätzten Kontrolle (Hypothese 3) auf die Nutzungsabsicht konnte dagegen *nicht* bestätigt werden. Allerdings übt das erwartete Vergnügen der Nutzung einen starken Einfluss auf den erwarteten Nutzen (Hypothese 4) und damit indirekt auch auf die Nutzungsabsicht aus. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass der Nutzen, den Konsumenten Smart-Home-Anwendungen beimessen, durch das Vergnügen beeinflusst wird, das sie dem entsprechenden Nutzungserlebnis beimessen. Für Anbieter von Smart-Home-Anwendungen ergibt sich daraus, dass sie neben dem produktiven Nutzen, den ihre Anwendung bietet, auch das hedonistische Nutzungserlebnis berücksichtigen müssen. Viele heutige Smart-Home-Anwendungen sind noch verzichtbar bzw. durch Alternativen ersetztbar. Anbieter solcher Anwendungen müssen aus diesem Grund einen Mehrwert durch die Technologie Nutzung als solches bieten.

Auf der anderen Seite zeigte auch die eingeschätzte Kontrolle über die eigenen Daten einen zwar weniger starken, aber dennoch signifikanten Einfluss auf den eingeschätzten Nutzen (Hypothese 5). Haben Anwender das Gefühl, dass sie durch die Nutzung von Smart-Home-Anwendungen die Kontrolle über ihre persönlichen Daten verlieren, schätzen sie den Nutzen einer solchen Anwendung als geringer ein. Für Anbieter von Smart-Home-Anwendungen bedeutet dies, dass bei der Gestaltung entsprechender Angebote der Schutz der Daten der Anwender berücksichtigt werden sollte. Den Anwendern sollte transparent dargelegt werden, welche Daten gespeichert und zu welchem Zweck verwendet werden bzw. auch Einschränkungsmöglichkeiten diesbezüglich gewährt werden.

Diese Studie untersucht die allgemeine Einstellung von Anwendern in Deutschland hinsichtlich der Nutzung von Smart-Home-Anwendungen. In einem nächsten Schritt kann das aufgestellte Modell auf einen spezifischen Anwendungskontext übertragen werden, bspw. die Akzeptanz von Smart Speakern wie Alexa.

Literaturverzeichnis

- [AgKa00] Agarwal, Ritu; Karahanna, Elena: Time Flies when You're Having Fun: Cognitive Absorption and Beliefs about Information Technology Usage. In: MIS Quarterly 4(24) (2000), S. 665 - 694.
- [AwKr06] Awad, Naveen F.; Krishnan, M. S.: The personalization privacy paradox: An empirical evaluation of information transparency and the willingness to be profiled online for personalization. In: MIS Quarterly 1(30) (2006), S. 13 - 28.
- [Chin98] Chin, Wynne W.: The partial least squares approach to structural equation modeling. In: Modern methods for business research 2(295) (1998), S. 295 - 336.
- [Davi86] Davis, Fred D.: A Technology Acceptance Model for Empirically Testing New End-User Information Systems: Theory and results. Dissertation, Massachusetts Inst. of Technology, 1986.
- [DaBW92] Davis, Fred D.; Bagozzi, Richard P.; Warshaw, Paul R.: Extrinsic and intrinsic motivation to use computers in the workplace. In: Journal of applied social psychology 14(22) (1992), S. 1111 - 1132.

- [DoGr03] Dommeyer, Curt J.; Gross, Barbara L.: What Consumers Know and what They Do: An Investigation of Consumer Knowledge, Awareness, and Use of Privacy Protection Strategies. In: *Journal of Interactive Marketing* 2(17) (2003), S. 34 - 51.
- [Erns15] Ernst, Claus-Peter H.: Risk Hurts Fun: The Influence of Perceived Privacy Risk on Social Network Site Usage. In: *Factors Driving Social Network Site Usage*, Claus-Peter H. Ernst (Hrsg.), Springer Gabler, Wiesbaden, 2015, S. 45 - 56.
- [HH++17] Hair, Joseph F.; Hult, G. T. M.; Ringle, Christian M.; Sarstedt, Marko; Richter, Nicole F.; Hauff, Sven: Partial Least Squares Strukturgleichungsmodellierung: Eine anwendungsorientierte Einführung. Franz Vahlen Verlag, München, 2017.
- [Heij04] Heijden van der, Hans: User acceptance of hedonic information systems. In: *MIS Quarterly* 4(28) (2004), S. 695 - 704.
- [KBFA10] Keith, Mark J.; Babb, Jeffrey S., JR.; Furner, Christopher P.; Abdullat, Arnjad: Privacy assurance and network effects in the adoption of location-based services: an iPhone experiment. In: *Proceedings of the 31st International Conference on Information Systems* (2010), S. 1 - 19.
- [KrVe10] Krasnova, Hanna; Veltre, Natasha F.: Privacy calculus on social networking sites: Explorative evidence from Germany and USA. In: *Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)* (2010), S. 1 - 10.
- [Lee10] Lee, Ming-Chi: Explaining and predicting users' continuance intention toward e-learning: An extension of the expectation–confirmation model. In: *Computers & Education*(54) (2010), S. 506 - 516.
- [MaKA04] Malhotra, Naresh K.; Kim, Sung S.; Agarwal, James: Internet Users' Information Privacy Concerns (IUIPC): The Construct, the Scale, and a Causal Model. In: *Information Systems Research* 4(15) (2004), S. 336 - 355.
- [MaFl10] Mattern, Friedemann; Flörkemeier, Christian: Vom Internet der Computer zum Internet der Dinge. In: *Informatik Spektrum* 2(33) (2010), S. 107 - 121.
- [MA++13] Morris, Meg E.; Adair, Brooke; Miller, Kimberly; Ozanne, Elizabeth; Hansen, Ralph; Pearce, Alan J.; Santamaria, Nick; Viegas, Luan; Long, Maureen; Said, Catherine M.: Smart-Home Technologies to Assist Older People to Live Well at Home. In: *Journal of aging science* 1(1) (2013), S. 1 - 9.
- [PBFS11] Paetz, Alexandra-Gwyn; Becker, Birger; Fichtner, Wolf; Schmeck, Hartmut: Shifting electricity demand with smart home technologies—an experimental study on user acceptance. In: *30th USAEE/IAEE North American conference online proceedings* (19) (2011).
- [PTFC18] Pal, Debajyoti; Triyason, Tuul; Funikul, Suree; Chutimaskul, Wichian: Smart Homes and Quality of Life for the Elderly: Perspective of Competing Models. In: *IEEE Access*(6) (2018), S. 8109 - 8122.
- [PKKK17] Park, Eunil; Kim, Sunghyun; Kim, YoungSeok; Kwon, Sang J.: Smart Home Services as the next Mainstream of the ICT Industry: Determinants of the Adoption of Smart Home Services. In: *Universal Access in the Information Society* (2017), S. 1 - 16.
- [RRYJ14] Rauniar, Rupak; Rawski, Greg; Yang, Jei; Johnson, Ben: Technology acceptance model (TAM) and social media usage: an empirical study on Facebook. In: *Journal of Enterprise Information Management* 1(27) (2014), S. 6 - 30.
- [Stat17] Statista: Warum haben Sie kein Interesse an der Nutzung von Smart Home- Anwendungen? 2017, URL: <https://de.statista.com>, Abruf am 03.04.2018.

- [Stat18a] Statista: Markt für Smart-Home-Produkte wächst stark. 2018, URL: <https://de.statista.com>, Abruf am 03.04.2018.
- [Stat18b] Statista: Was war Ihre Motivation, als Sie Ihr Smart Home eingerichtet haben? 2018, URL: <https://de.statista.com>, Abruf am 03.04.2018.
- [Venk00] Venkatesh, Viswanath: Determinants of Perceived Ease of Use: Integrating Control, Intrinsic Motivation, and Emotion into the Technology Acceptance Model. In: Information Systems Research 4(11) (2000), S. 342 - 365.
- [VBMB08] Venkatesh, Viswanath; Brown, Susan A.; Maruping, Likoebe M.; Bala, Hillol: Predicting different Conceptualizations of System Use: The competing Roles of Behavioral Intention, Facilitating Conditions, and Behavioral Expectation. In: MIS Quarterly 3(32) (2008), S. 483 - 502.
- [VMDD03] Venkatesh, Viswanath; Morris, Michael G.; Davis, Gordon B.; Davis, Fred D.: User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. In: MIS Quarterly 3(27) (2003), S. 425 - 478.
- [XDSH11] Xu, Heng; Dinev, Tamara; Smith, Jeff; Hart, Paul: Information Privacy Concerns: Linking Individual Perceptions with Institutional Privacy Assurances. In: Journal of the Association for Information Systems 12(12) (2011), S. 798 - 824.
- [XLCR11] Xu, Heng; Luo, Xin; Carroll, John M.; Rosson, Mary B.: The personalization privacy paradox. In: Decision Support Systems(51) (2011), S. 42 - 52.
- [XTTA10] Xu, Heng; Teo, Hock-Hai; Tan, Bernard C. Y.; Agarwal, Ritu: The Role of Push–Pull Technology in Privacy Calculus: The Case of Location-Based Services. In: Journal of Management Information Systems 3(26) (2010), S. 135 - 173.
- [ZiRH11] Ziefle, Martina; Rocker, Carsten; Holzinger, Andreas: Medical Technology in Smart Homes: Exploring the User's Perspective on Privacy, Intimacy and Trust. In: Proceedings of the 35th IEEE Annual Computer Software and Applications Conference Workshops (2011), S. 410 - 415.

Kontakt

Prof. Dr. Birte Malzahn
 HTW Berlin
 Treskowallee 8, 10318 Berlin
 T +49 30 5019-2452, birte.malzahn@htw-berlin.de

Prof. Dr. Martin Spott
 HTW Berlin
 Treskowallee 8, 10318 Berlin
 T +49 30 5019-3736, martin.spott@htw-berlin.de

Ferdinand Köttler
 HTW Berlin
ferdinand.kuettler@student.htw-berlin.de

Verwendung von Browser-Fingerprinting auf deutschsprachigen Internetseiten

Katharina Simbeck, Tobias Caliskan

Zusammenfassung

Browser-Fingerprinting ist eine Technologie, die auf Internetseiten eingesetzt wird, um Nutzer an Hand möglichst einzigartiger Merkmale ihres Computers wiederzuerkennen. Browser-Fingerprinting funktioniert auch dann, wenn die Seitenbesucher Cookies ablehnen bzw. löschen. Allerdings muss für das sogenannte aktive Browser-Fingerprinting JavaScript aktiviert sein. Die Technologie ist ethisch und rechtlich umstritten: Internetnutzer haben kaum Möglichkeiten, Browser-Fingerprinting zu bemerken oder zu umgehen. Computer werden, vergleichbar mit der Erhebung von IP Adressen, eindeutig identifizierbar.

Die Wiedererkennung von Nutzern ist zentral für Targeting und Re-Targeting im Online-Marketing. Eine große Herausforderung dabei sind Internetnutzer, welche die Speicherung von Cookies nicht zulassen bzw. diese nach jeder Internetsession löschen. Da durch Browser-Fingerprinting Nutzer, bzw. deren Computer, auch ohne Cookies wiedererkannt werden können, ist es möglich, durch die Anwendung von Browser-Fingerprinting sogar vormals gelöschte Cookies wiederherzustellen.

Deutsche Internetnutzer achten zunehmend auf den Schutz Ihrer Privatsphäre. In diesem Artikel untersuchen wir, in welchem Umfang auf deutschen Top-Level-Domains (.de) Browser-Fingerprinting eingesetzt wird. Dazu führen wir eine Datenerhebung mittels eines Crawlers in Anlehnung an [Ac++14] durch (N=1803, Durchführung im Dezember 2017) und identifizieren 70 deutsche Websites, die wahrscheinlich Browser-Fingerprinting einsetzen. Ein Vergleich mit dem Datensatz von [Ac++14] ergibt, dass sich damit der Anteil der Domains in Deutschland, die Browser-Fingerprinting einsetzen, verringert hat.

1 Browser-Fingerprinting und Datenschutz

§13 Abs. 1 Telemediengesetz (TMG) fordert, dass Inhalteanbieter im Internet die Nutzer über Erhebung und Verwendung personenbezogener Daten informieren müssen. Umstritten ist, inwiefern Cookies als personenbezogene Daten anzusehen sind. Dies ist mindestens immer dann der Fall, wenn eine Verknüpfung mit weiteren Daten des Nutzers erfolgt, bspw. beim Login [Schm14]. Deshalb blenden viele Seiten beim Öffnen ein sogenanntes Cookie-Banner ein, welches darüber informiert, dass auf der Seite Cookies verwendet werden.

Nach herrschender Meinung ist der Einsatz von Browser-Fingerprinting ohne Zustimmung des Nutzers ebenfalls untersagt [Diet15, CoHa16, 123]. [BVDW15] dagegen argumentieren, dass ggf. die Möglichkeit zum Opt-out ausreicht.

Browser-Fingerprinting ist aus Datenschutzsicht noch kritischer einzuschätzen als Cookies, da es für den Nutzer intransparenter erfolgt und schwerer durch technische Maßnahmen verhindert werden kann (Cookies können bspw. vom Nutzer gelöscht werden). Im Unterschied zu Cookies werden beim Browser-Fingerprinting allerdings keine Daten auf dem Endgerät des Nutzers abgelegt.

2 Browser-Fingerprinting

2.1 Technologie

Unter dem Begriff Fingerprinting wird ein Verfahren verstanden, bei dem mittels der Kombination der Spezifikationen des Endgerätes sowie des Browsers ein eindeutiger Schlüssel generiert wird. Dieser Schlüssel kann dazu verwendet werden, den Nutzer ohne den Einsatz von Cookies zu identifizieren [Ecke10, BFGI12]. Unterscheiden lassen sich aktives und passives Fingerprinting. Beim passiven Fingerprinting werden die Informationen aus dem Header des Datenpaketes verwendet, welches der Webbrower an den Webserver der Website schickt, sobald diese aufgerufen wird [Jarz13, S. 20]. In diesem Header werden z.B. Informationen über die aktuelle Größe des Browserfensters und den verwendeten Browser gesendet. Daraus wird beim passiven Fingerprinting ein Schlüssel generiert [PeCh04, S. 229]. Da nur die normalen Headerdaten verwendet werden, ist passives Fingerprinting nicht nachweisbar.

Im Gegensatz dazu wird beim aktiven Fingerprinting zusätzlicher JavaScript-Code verwendet, um zusätzliche Daten mit einzubeziehen. Diese Informationen werden wieder dazu verwendet, einen einzigartigen Schlüssel abzuleiten. Der Code sammelt im ersten Schritt Informationen über den genutzten Browser sowie über das System selbst. Dazu gehören der Hersteller des Browsers sowie die Version, das genutzte Betriebssystem und dessen Version, die Auflösung des Bildschirms sowie die installierten Schriftarten. Ferner können, falls der Browser dies ermöglicht, auch Daten wie z. B. der Log-in-Status diverser Plattformen oder die Durchführungsdauer von JavaScript-Methoden herangezogen werden. Im zweiten Schritt werden die gewonnenen Daten komprimiert und zu einem 32 oder 64 Bit langen Schlüssel verhasht [BVDW15]. Beim Canvas-Fingerprinting wird zusätzlich ein Canvas erstellt, welcher mit Hilfe von JavaScript Methoden mit Text- und Grafikelementen gefüllt wird [MoSh12]. In Abhängigkeit von den Spezifikationen des PCs des Nutzers wird das Canvas-Objekt anders gerendert. Anhand des gerenderten Canvas-Objektes wird wiederum ein Schlüssel erzeugt, welcher dem PC und damit dem Nutzer zugeordnet ist [MoSh12].

Mehrere Studien haben gezeigt, dass Browser-Fingerprints in vielen Fällen und insbesondere auf Desktop-Geräten einzigartig sind [MoSh12, Till13], wobei die mittels des aktiven Fingerprintings generierten Schlüssel eindeutiger sind.

Da Smartphones nicht die erforderliche Varianz aufweisen und da zur Generierung des Schlüssels zwingend ein JavaScript-Code ausgeführt werden muss, ist Fingerprinting im mobilen Bereich nicht nutzbar. Blockt ein Anwender JavaScript im Browser, kann kein Schlüssel erstellt werden.

2.2 Verbreitung

[Ac++14] haben im Jahr 2014 untersucht, welche der 100.000 meistaufgerufenen Seiten weltweit Canvas-Fingerprinting verwenden. Sie zeigten, dass 5542 der überprüften Websites Canvas-Fingerprinting zur Identifikation von Nutzern einsetzen. Unter diesen 5542 befanden sich 144 Websites mit einer „.de“ Top-Level-Domain.

3 Untersuchung der Verbreitung von Canvas-Fingerprinting auf deutschen Top-Level-Domains

3.1 ModCrawler

Die Untersuchung wurde analog zu [Ac++14] mit Hilfe des von den AutorInnen auf GitHub zur Verfügung gestellten Tools modCrawler unter Ubuntu 14.04 durchgeführt. (<https://github.com/citp/TheWebNeverForgets/tree/master/modCrawler>) Canvas-Fingerprinting wird vermutet, wenn die JavaScript Methoden `fillText()` (zum Befüllen eines Canvas-Objekts) und `toTextURL()` (zum Auslesen) von einer Webseite aufgerufen werden. Das Tool protokolliert sämtliche Webseiten bei denen dies der Fall ist. Um eine Verfälschung der Ergebnisse zu vermeiden, gilt eine Webseite nur dann als positiv für den Einsatz des Fingerprinting-Verfahrens, sobald folgende drei Bedingungen erfüllt sind:

- Es muss sowohl die Methode `toDataURL()` als auch die Methode `fillText()` durch dieselbe Domain aufgerufen werden.
- Das eingelesene Canvas-Objekt muss mehr als eine Farbe beinhalten und die aggregierte Größe muss größer als 16x16 Pixel sein
- Es sollte sich um kein Format handeln, das eine verlustfreie Kompression verwendet.

Das Tool modCrawler dokumentiert die Ergebnisse in mehreren Dateien. Die Datei „`error.log`“ beinhaltet Informationen über evtl. auftretende Fehler. Die Datenbank „`crawl.sqlite`“ beinhaltet die gesamten Ergebnisse, welche in „`report.html`“ dokumentiert werden, insbesondere mit den auf den positiv getesteten Webseiten gefundenen Canvas-Objekten.

Der modCrawler wird in einem Ubuntu-Terminal mit dem Befehl

```
python crawl.py --urls etc/Top-DE-sites.csv --max_rank 1850 --max_proc 10
```

gestartet, wobei `--urls` den Pfad der Datei, `--max_rank` die maximale URL Zahl und `--max_proc` die Anzahl der parallelen Firefox-Instanzen angibt, mit denen getestet werden soll (maximal 10).

3.2 Bereinigung um falsch positive Ergebnisse

Um die Validität der Herangehensweise zu testen werden die JavaScript-Skripte aller positiv getesteten Websites einzeln auf Plausibilität geprüft. Es ist möglich, dass Websites die drei oben genannten Kriterien erfüllen und trotzdem kein Canvas-Fingerprinting betreiben. Insbesondere wird geprüft, ob die Skripte auch anderen Zwecken dienen könnten.

4 Ergebnisse

4.1 Häufigkeit von Browser-Fingerprinting

Für die Durchführung des Experiments wird ein Datensatz mit den 100.000 meistgenutzten Webseiten von www.alexam.com bezogen. Von diesem Datensatz werden die 1827 Webseiten mit der Top-Level-Domain „.de“ untersucht. Die Auswahl der häufig besuchten de-Domains erscheint plausibel.

Von 1827 getesteten Websites reagierten 33 reagierten nicht innerhalb der Antwortzeit und wurden separat nochmals getestet. Nach dem 2. Versuch verblieben noch 24 Seiten ohne gültige Serverantwort, so dass 1803 Webseiten auf Browser-Fingerprinting geprüft werden konnten.

Von den 1803 mittels des Tools modCrawler überprüften Seiten wurden im ersten Schritt 129 Seiten positiv auf Browser-Fingerprinting getestet. Die Reliabilität der Ergebnisse konnte durch eine Versuchswiederholung im Folgemonat bestätigt werden.

4.2 Häufigkeit nach Bereinigung um falsch positive Ergebnisse

Alle positiv getesteten Websites wurden auf Plausibilität untersucht, die Betreiber der Webseiten wurden per Email kontaktiert.

Es stellte sich heraus, dass das in Abbildung 1 dargestellte Canvas-Element auf 44 mit Wordpress betriebenen Seiten benutzt wird.



Abbildung 1 Wordpress "concatemoji" Element

Dieses Element wird durch den „concatemoji“-Code erzeugt, der in modernen Versionen des Content Management Systems WordPress automatisch eingebunden wird (Listing 1). Weitere WordPress-Seiten enthielten ebenfalls ähnliche Canvas-Elemente. Deshalb wurden insgesamt 61 Webseiten als falsch-positiv herausgefiltert und nicht als Browser-Fingerprinting gewertet. Diese Webseiten betreiben wahrscheinlich kein Browser-Fingerprinting sondern benutzen die JavaScript-Befehle `fillText()` und `toDataURL()` für die Darstellung von Emojis. Ein Sonderfall ist die URL avatrade.de. Auf dieser Wordpress Seite findet sich sowohl das Emoji Plugin als auch ein „tracker.js“ Skript, welches die Funktion „`getFingerprint()`“ enthält.

```

<script type="text/javascript">
window._wpemojiSettings = {
    "baseUrl": "https://s.w.org/images/core/emoji/2.4/V72x72/", "ext": ".png", "svgUrl": "https://s.w.org/images/core/emoji/2.4/svg/", "svgExt": ".svg", "source": {"concatemoji": "https://XXXX.de/wp-includes/js/wp-emoji-release.min.js?ver=95480762b07258ca951ecc6d9342e531"
    }
};
! function(a, b, c) {
    function d(a, b) {
        var c = String.fromCharCode;
        I.clearRect(0, 0, k.width, k.height), I.fillText(c.apply(this, a), 0, 0); var d = k.toDataURL();
        I.clearRect(0, 0, k.width, k.height), I.fillText(c.apply(this, b), 0, 0); var e = k.toDataURL();
        return d === e
    }
    function e(a) {
        var b;
        if (!l || !I.fillText) return !1;
        switch (l.textBaseline = "top", l.font = "600 32px Arial", a) {
            case "flag":
                return !(b = d([55356, 56826, 55356, 56819], [55356, 56826, 8203, 55356, 56819])) && (b = d([55356, 57332, 56128, 56423, 56128, 56418, 56128, 56421, 56128, 56430, 56128, 56423, 56128, 56447], [55356, 57332, 8203, 56128, 56423, 8203, 56128, 56418, 8203, 56128, 56421, 8203, 56128, 56430, 8203, 56128, 56423, 8203, 56128, 56447]), !b);
            case "emoji":
                return b = d([55357, 56692, 8205, 9792, 65039], [55357, 56692, 8203, 9792, 65039]), !b
        }
        return !1
    }

    function f(a) {
        var b = c.createElement("script");
        c.src      = a,          c.defer     = c.type      = "text/javascript",
        b.getElementsByTagName("head")[0].appendChild(c)
        var g, h, i, j, k = b.createElement("canvas"), l = k.getContext && k.getContext("2d");
        for (j = Array("flag", "emoji"), c.supports = {
            everything: !0, everythingExceptFlag: !0
        }, i = 0; i < j.length; i++) c.supports[j[i]] = e(j[i]), c.supports.everything = c.supports.everything && c.supports[j[i]], "flag" !== j[i] && (c.supports.everythingExceptFlag = c.supports.everythingExceptFlag && c.supports[j[i]]);
        c.supports.everythingExceptFlag = c.supports.everythingExceptFlag && !c.supports.flag,
        c.DOMReady = !1, c.readyCallback = function() {
            c.DOMReady = !0
        }, c.supports.everything || (h = function() {
            c.readyCallback()
        }), b.addEventListener ? (b.addEventListener("DOMContentLoaded", h, !1),
        a.addEventListener("load", h, !1)) : (a.attachEvent("onload", h), b.attachEvent("onreadystatechange",
        function() {
            "complete" === b.readyState && c.readyCallback()
        }), g = c.source || {}, g.concatemoji ? f(g.concatemoji) : g.wpemoji && g.twemoji && (f(g.twemoji),
        f(g.wpemoji)))
    }(window, document, window._wpemojiSettings);
</script>

```

Listing 1 concatemoji Code

Es verbleiben 68 URLs, die mit hoher Wahrscheinlichkeit Canvas-Fingerprinting betreiben bzw. entsprechende Skripte von Drittanbietern eingebunden haben.

Ob tatsächlich alle diese URLs Canvas-Fingerprinting betreiben, ist nicht eindeutig festzustellen. Die Internetseite von Opel bindet bspw. ein Skript des Dienstleister Adobe ein („<http://assets.adobedtm.com/4dc2ce146da549e2573910d1a9a56de47901f848/satelliteLib-7f2fa001799c5eee917ada34816917eac505efd.js>“), welches wiederum ein Skript des Anbieters Foresee einbindet (gateway.foresee.com/sites/opel-de/production/gateway.min.js). Es ist möglich, dass von diesem Skript weitere Skripte eingebunden werden, die Browser-Fingerprinting verwenden. Die genaue Funktionsweise ist bei solchen mehrstufigen Einbindungen von JavaScript Dateien schwer nachzuvollziehen.

Nach Bereinigung um 61 falsch positive URLs verbleiben 68 Seiten, die wahrscheinlich Skripte mit Browser-Fingerprinting einsetzen. Dies entspricht einem Prozentwert von 3,8%.

4.3 Verwendete Fingerprinting-Skripte

Eindeutig ist die Nutzung von Fingerprinting auf den 30 URLs, die von Valentin Vasilyev auf [github.com](https://github.com/Valve/fingerprintjs) publizierten (<https://github.com/Valve/fingerprintjs> bzw. <https://github.com/Valve/fingerprintjs2>) Fingerprinting-Skripte nutzen (Abbildung 2 und Tab. 1). Teilweise werden die Skripte über Drittserver eingebunden. Auf allein 8 Seiten wird `fingerprintjs2` über den Anbieter mediaplex.com eingebunden, auf 2 weiteren Seiten wird das Skript durch die Chat-Dienstleistung realperson.de eingebunden.

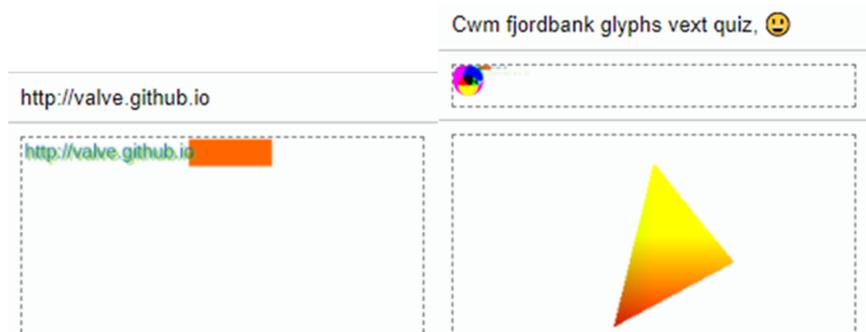


Abbildung 2 Fingerprinting-Canvas der Skripte von github.com/Valve (fingerprintjs und fingerprintjs2)

URLs mit FingerprintJS-Canvas	URLs mit FingerprintJS2-Canvas
http://decathlon.de http://eventim.de http://main-echo.de http://mainpost.de http://zalando.de	http://aida.de http://areadvd.de http://avatrade.de http://bonprix.de http://cosmiq.de http://eglobalcentral.de http://holidaycheck.de http://hypovereinsbank.de http://internetwork.de http://kik.de http://ligainsider.de http://medizinfuchs.de http://mouser.de

	http://moviestarplanet.de http://myspass.de http://notebooksbilliger.de http://otz.de http://payback.de http://ruhrnachrichten.de http://skyscanner.de http://stayfriends.de http://stylight.de http://usp-forum.de http://weltfussball.de http://witt-weiden.de http://yelp.de
--	---

Tab. 1 URLs mit FingerprintJS-Canvas

Weitere 8 URLs binden Code des Dienstleisters Akamai in einem Verzeichnis mit dem Namen „akam“ ein.

Soft Ruddy Foothold 2

!H71JCaj)]# 1@#



Abbildung 3 Fingerprinting-Canvas der Skripte von [github.com/valve \(fingerprintjs und fingerprintjs2\)](https://github.com/valve/fingerprintjs)

URLs
tipico.de
opentable.de
momondo.de
mandmdirect.de
footlocker.de
betrut.de
asos.de
adidas.de

Tab. 2 URLs mit „akam“ Skript

Insgesamt 18 URLs binden Skripte der Anbieter doubleverify.com (http://cdn.doubleverify.com/dvtp_src_internal111.js) und atlassbx.com (https://cdn.atlassbx.com/FB/11122200772940/browser_features1488235112.js) ein, die wahrscheinlich dem Fingerprinting dienen.

Skript von doubleverify.com	Skript von atlassbx.com
http://airliners.de	http://cinemaxx.de
http://boerse-frankfurt.de	http://geo.de
http://boerse-online.de	http://netzwelt.de
http://deutsche-startups.de	http://pcgames.de
http://eatsmarter.de	http://readmore.de

http://gamestar.de http://livingathome.de http://preisvergleich.de http://spielenxxl.de http://tvsplaefilm.de http://wieistmeineip.de http://allestoerungen.de	http://spiegel.de
---	---

4.4 Häufigkeit von Browser-Fingerprinting

Zum Zeitpunkt der Untersuchung von [Ac++14] im Jahr 2014 wurden bei 144 Seiten Anzeichen auf Browser-Fingerprinting gefunden. Zu diesem Zeitpunkt war der Emoji Support noch nicht standardmäßig in Wordpress integriert, es könnten aber entsprechende Plugins installiert gewesen sein, so dass ein Vergleich nur bedingt aussagekräftig ist.

Von den 144 Webseiten mit .de Domain, die im Jahr 2014 positiv getestet worden sind, befanden sich 71 ebenfalls in dem aktuellen Datensatz. Hierbei konnte festgestellt werden, dass von diesen 71 zum Zeitpunkt der Überprüfung nur noch 4 Webseiten das Browser-Fingerprinting-Verfahren einsetzen. Das entspricht einem Anteil von 8,45 %. Zu den Unternehmen, die das Browser-Fingerprinting-Verfahren nicht mehr verwenden, gehören unter anderem die Seiten von T-Online, Kicker, N-TV, Computerbild, Golem, Wetter Online oder Conrad.

Es lässt sich also feststellen, dass der Anteil der deutschen Top-Level-Domains, die Browser-Fingerprinting benutzen seit 2014 deutlich gesunken ist. Die Vielzahl der falsch positiv klassifizierten Wordpress Domains lässt vermuten, dass auch in den Ergebnissen [Ac++14] eine Reihe von Domains falsch klassifiziert waren, auch wenn damals das Emoji Wordpress Plugin noch nicht so stark verbreitet war.

4.5 Feedback der Seitenbetreiber

Alle Seitenbetreiber wurden unter den im Impressum oder Datenschutz angegebenen Emailadressen angeschrieben und befragt, warum sie Browser-Fingerprinting nutzen und ob Sie planen, dies weiterhin zu tun. Keine der Seiten hat diese Fragen beantwortet. Die Datenschutzverantwortliche von Opel hat geantwortet, dass sie kein Browser-Fingerprinting auf ihren Webseiten identifizieren konnten, was auf Grund der oben gezeigten scheinbaren Einbindung von mehreren Dienstleistern nachvollziehbar ist.

4.6 Anbieter

Das Browser-Fingerprinting-Skript wird teilweise von Dritt-URLs aufgerufen. Durch die Überprüfung konnte auch festgestellt werden, welche Fingerprinting-Domains wie häufig verwendet werden (Tab. 3).

Fingerprint-Domain	Häufigkeit
Doubleverify.com	12
Mediaplex.com (fingerprintJS2)	8
Atlassbx.com	6
Cloudfare.com	2
Realperson.de	2
Adesco.re	1

Tab. 3 Drittserver mit Skripten, die wahrscheinlich dem Fingerprinting dienen

5 Fazit

Die Wiedererkennung von Besuchern ermöglicht es Anbietern von Internetseiten, Angebote und Werbung zu personalisieren und damit attraktivere, relevantere Inhalte zur Verfügung zu stellen. Wenn diese Personalisierung auf Basis von Cookies erfolgt, haben die Internetnutzer die Möglichkeit, diese zu löschen. Wenn die Wiedererkennung durch Browser-Fingerprinting erfolgt, ist dies für die Webseitenbesucher nicht erkennbar und nicht verhinderbar. Auch wenn kein Bezug zur „bürgerlichen Identität“ im rechtlichen Sinne hergestellt wird, könnte es von Webseitenbesuchern als Eingriff in die Privatsphäre empfunden werden. Deshalb ist es zu begrüßen, dass die Verwendung von Browser-Fingerprinting in den letzten Jahren zurückgegangen ist. Es ist verwunderlich, dass weiterhin viel besuchte Internetseiten Browser-Fingerprinting einsetzen, insbesondere, wenn sie, wie bspw. E-Commerce Anbieter gleichzeitig eine Loginfunktion anbieten und damit den Brower-Fingerprint mit personenbezogenen Daten verknüpfen könnten.

Die Einbindung von Browser-Fingerprinting erfolgte häufig über Skripte, die von anderen Skripten eingebunden wurden und die häufig auch auf Servern von Drittanbietern lagen. Dies erschwert sowohl die Transparenz für die Nutzer der Internetangebote als auch für die Seitenbetreiber.

Durch die Wiederholung des publizierten Experiments konnte nicht nur eine zeitliche Entwicklung aufgezeigt werden, sondern auch Mängel der ersten Durchführung erkannt werden (falsch positive Erkennungen durch Wordpress-Plugin).

Mit dem vorgestellten Experiment wurden die meistbesuchten deutschsprachigen Internetseiten untersucht, die Ergebnisse sind für typisches Surverhalten auf deutschsprachigen Seiten also durchaus repräsentativ. Die vorgestellten Ergebnisse könnten weiterhin falsch positive Domains enthalten. Es ist ebenso möglich, dass Browser-Fingerprinting von Domains durchgeführt wird, ohne dass die genannten JavaScript Methoden verwendet werden. In diesem Fall ist es mit der vorgestellten Methode nicht nachweisbar.

Literaturverzeichnis

- [Ac++14] Acar, G. et al.: The Web Never Forgets. In (Ahn, G.-J. Hrsg.): Proceedings of the 21st ACM Conference on Computer and Communications Security. November 3 - 7, 2014, Scottsdale, Arizona, USA. ACM, New York, NY, 2014; S. 674–689.
- [BFGI12] Boda, K. et al.: User Tracking on the Web via Cross-Browser Fingerprinting. In (Hutchison, D. et al. Hrsg.): Information Security Technology for Applications. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2012; S. 31–46.
- [BVDW15] Bauer, C. et al.: Browsercookies und alternative Tracking-Technologien: Technische und datenschutzrechtliche Aspekte.
- [CoHa16] Conrad, I.; Hausen, D.: Datenschutz der Telemedien. In (Auer-Reinsdorff, A.; Conrad, I. Hrsg.): Handbuch IT- und Datenschutzrecht. Beck-Online; C.H. Beck, München, München, 2016.
- [Diet15] Dieterich, T.: Canvas Fingerprinting. Rechtliche Anforderungen an neue Methoden der Nutzerprofilerstellung. In ZD, 2015; S. 199–204.

- [Ecke10] Eckersley, P.: How Unique Is Your Web Browser? In (Atallah, M. J.; Hopper, N. J. Hrsg.): Privacy enhancing technologies. 10th international symposium, PETS 2010, Berlin, Germany, July 21 - 23, 2010 ; proceedings. Springer, Berlin, 2010.
- [Jarz13] Jarzyna, D.: TCP/IP. Grundlagen, Adressierung, Subnetting. mitp Verl.-Gruppe Hüthig Jehle Rehm, Heidelberg, Hamburg, 2013.
- [MoSh12] Mowery, K.; Shacham, H.: Pixel perfect. Fingerprinting canvas in HTML5. In Proceedings of W2SP, 2012; S. 1–12.
- [PeCh04] Peikari, C.; Chuvakin, A. A.: Security warrior. [know your enemy]. O'Reilly, Sebastopol Calif. u.a., 2004.
- [Schm14] Schmitz, P.: Datenschutz im Internet. In (Holznagel, B. et al. Hrsg.): Handbuch Multimedia-Recht. Rechtsfragen des elektronischen Geschäftsverkehrs. Beck, München, 2014.
- [Till13] Tillmann, H.: Browser Fingerprinting. Tracking ohne Spuren zu hinterlassen. Diplomarbeit, Berlin, 2013

Kontakt

Prof. Dr. Katharina Simbeck
Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin
Treskowallee 8, 10318 Berlin
T +49 30 5019-3756

Tobias Caliskan
Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin
Treskowallee 8, 10318 Berlin
s0544674@htw-berlin.de

MRMC – Eine Plattform zur Selektion von Erlösmodellen für mobile Anwendungen

Julian Dörndorfer, Christian Seel

Zusammenfassung

Smartphones sind im heutigen Weltbild ubiquitär. Egal, ob es das Empfangen von Mails auf dem Weg zur Arbeit ist, die Bestellungsaufnahme der Bedienung im Restaurant, das Navigieren im Auto oder das Bezahlen im Geschäft. Der Einsatz von Smartphones ist heutzutage vielfältig und wird erst durch den Einsatz der installierten Applikationen (kurz Apps) ermöglicht. Jedoch macht eine ausgezeichnete Idee, gepaart mit einer einwandfrei implementierten mobilen Anwendung, nicht gleich ein erfolgreiches Unternehmen. In Wirklichkeit schaffen es nur ganz wenige Entwickler und Unternehmen monetär erfolgreich eine mobile Anwendung zu vermarkten.

Die Gründe dafür sind vielfältig, jedoch liegt ein Hauptproblem darin, für eine mobile Anwendung das richtige Erlösmodell zu finden. Des Weiteren erschwert die Vielzahl der Erlösmodelle, wie Free, Verkauf, In-App-Verkauf, Werbung, Spende, um nur ein paar zu nennen, das Selektieren weiter. Deshalb wurde mit dem Mobile Revenue Model Catalogue (MRMC) eine Plattform geschaffen, die bei der Selektion des Erlösmodells helfen soll. Ähnlich wie bei dem Wahl-O-Mat sollen mit Fragen zur mobilen Anwendung die Eignung der Erlösmodelle herausgefunden werden und diese in einer geordneten Liste präsentiert werden.

1 Einleitung

Smartphones sind aus dem alltäglichen Leben kaum noch wegzudenken. Egal ob das Steuern von Haushaltsgeräten, wie Glühbirnen und anderen Smart-Home-Systemen oder Onlinebanking von überall aus. Das Smartphone erleichtert die Durchführung von Aufgaben von fast überall aus. Dabei erweitern mobile Informationssysteme unsere kognitiven Fähigkeiten, wie beispielsweise das Orientieren und Navigieren in einer fremden Stadt mit dem Smartphone.

Zum Erfolg des Smartphones trug wesentlich die Öffnung der jeweiligen Betriebssysteme für Drittanbieteranwendungen bei. Dies führte dazu, dass Entwickler nützliche mobile Anwendungen (Apps) für Smartphones entwickelten und somit deren Grundfunktion erweiterten. Heute ist daraus ein riesiger Markt entstanden. Im März 2017 waren in den führenden Appstores über 6,5 Millionen Apps verfügbar [AA+17]. Allein bei Google Play, dem führenden Appstore von Google mit einem Marktanteil von 73,54 % [Stat17], waren über 2,6 Millionen verschiedene Apps erhältlich.

Vor diesem Hintergrund erscheint es wenig verwunderlich, dass auch der generierte Umsatz durch mobile Apps stetig stieg und für 2017 ein weltweiter Umsatz von 82,2 Milliarden US-Dollar prognostiziert wird [App 17]. Dies würde einem Umsatzwachstum von 20 Milliarden US-Dollar im Vergleich zum Vorjahr bedeuten. Solche Zahlen wecken den Anschein, dass Entwickler von mobilen Anwendungen und Unternehmen, die diese vertreiben in guten Zei-

ten leben. Dass dies nicht oft der Fall ist, zeigen mehrere Studien [Loui13], [Asay14], [App 12], [InMo16] zum kommerziellen Erfolg von mobilen Anwendungen, beziehungsweise der Unternehmen, die diese entwickeln. Dabei wurde festgestellt, dass nur ein geringer Teil der Unternehmen einen nennenswerten Umsatz erwirtschaften kann. Die meisten Unternehmen, beziehungsweise Entwickler erzielten einen Umsatz von weniger als 5.000 US-Dollar. Etwa nur 1% der Unternehmen verdienen mehr als 500.000 US-Dollar [InMo16].

Mitunter entscheidend für den kommerziellen Erfolg einer mobilen Anwendung ist die Auswahl des richtigen Erlösmodells. Dies muss zum Geschäftsmodell des Unternehmens passen. Meist sind aber nur die offensichtlichsten Erlösmodelle den Entwicklern bekannt, wie beispielsweise Freemium, Verkauf oder Werbung. Jedoch gibt es eine ganze Reihe weiterer Erlösmodelle, die für mobile Anwendungen nicht so geläufig sind [DöSe16]. Um diese zu erfassen und bekannter zu machen wurde der Mobile Revenue Model Catalogue (MRMC) entwickelt. Dieser soll jedoch nicht nur eine bloße Auflistung von den verschiedensten Erlösmodellen für mobile Anwendungen sein, sondern er soll Unternehmen und Entwicklern helfen, das jeweils passende Erlösmodell auszuwählen. Dazu wurden die identifizierten Erlösmodelle untersucht [DöSe17], um deren Vor- und Nachteile zu identifizieren. Damit ist es möglich passende Erlösmodelle durch die Beantwortung von Fragen zu selektieren.

Daraus ergeben sich folgende Forschungsfragen (RQ):

- *RQ 1:* Welche Anforderungen bestehen an eine Plattform zum Selektieren von Erlösmodellen für mobile Anwendungen?
- *RQ 2:* Wie kann eine Plattform zum Selektieren von Erlösmodellen für mobile Anwendungen konzeptioniert und implementiert werden?

Um die Forschungsfragen erfolgreich beantworten zu können, sollte eine geeignete Forschungsmethodik angewendet werden. Da mit dem MRMC eine prototypische Plattform entwickelt und evaluiert wird, ist die Forschungsmethodik des Design Science nach HEVNER et al. [HeCh10] anwendbar. Diese zeichnet sich unter anderem dadurch aus, Forschungsartefakte (MRMC) zu erstellen und zu evaluieren, was genau dem geplanten Vorgehen entspricht.

Der weitere Artikel ist wie folgt gegliedert. Zunächst wird in Kapitel 2 der MRMC detailliert vorgestellt. In Kapitel 3 wird die Konzeption der MRMC-Plattform erläutert. Dazu gehören unter anderem die Anforderungserhebung (*RQ 1*) und die Auswahl des Algorithmus zur Ermittlung der Rangfolge. Anschließend wird in Kapitel 4 deren Implementierung dargelegt (*RQ 2*). Abschließend werden ein Fazit sowie ein Ausblick in Kapitel 5 gegeben.

2 Der Mobile Revenue Model Catalogue

Der Mobile Revenue Model Catalogue (MRMC) ist ein Katalog mit existierenden Erlösmodellen (englisch Revenue Models) für mobile Anwendungen [DöSe16]. Je nach Branchenkontext gibt es verschiedene Ansätze ein Erlösmodell zu definieren. BIEGER et al. [BiKK11] synthetisieren den Begriff aus den verschiedenen Definition wie folgt: „Das Erlösmodell gibt Auskunft darüber, welche Preise für die einzelnen Leistungsangebote des Unternehmens erhoben werden und welche Mechanismen zu der Preissetzung führen.“

Somit gibt es zwei wesentliche Bestandteile eines Erlösmodells. Zum einen die Erlösquellen und zum anderen die Preissetzung. Als Erlösquellen werden „alle Leistungsangebote einer

Unternehmung, für die ein potenzieller Markt besteht und somit ein Erlös erzielt werden kann“ [BiKK11] verstanden.

Oft verwechselt oder fälschlicherweise als Synonym verwendet wird der Begriff Geschäftsmodell für Erlösmodell. Auch der Begriff Geschäftsmodell ist nicht klar und eindeutig definiert. Neben WIRTZ [Wirt18], definieren auch TIMMERS [TImm98] und GASSMANN et al. [GaFC17] den Begriff. Allen Definitionen gemein ist, dass sie das Erlösmodell als wesentlichen Teil des Geschäftsmodells ansehen und meist als Quell des Einkommens. Darüber hinaus ist bei einem Geschäftsmodell noch zu bestimmen, wer die Kunden sind, was verkauft wird und wie man es herstellt [GaFC17]. Da der MRMC nur die verschiedenen Monetarisierungsstrategien für mobile Anwendungen untersucht, wurde Erlösmodell als Begriff gewählt. Manche verwendete Quellen gebrauchen den Begriff Geschäftsmodell für die untersuchten Erlösmodelle.

Der MRMC umfasst eine Reihe von populären Erlösmodellen, wie *Verkauf*, *In-App Verkauf* oder *Werbung*, aber auch etwas seltener wie *Open-Source*, *Bundling* oder *Marketing* (siehe Tab. 1).

	Werbung	Verkauf	In-App Verkauf	Freemium
Erlösmodelle	Free	Spende	Lizenzierung	Umsatzbeteiligung
	Datensammeln	Pay-per-use	Bundling	Open Source
	Real World Shopping		Marketing	

Tab. 1: Alle identifizierten Erlösmodelle

Insgesamt wurden 14 Erlösmodelle identifiziert [DöSe16] und untersucht [DöSe17]. Alle Erlösmodelle besitzen spezifische Vor- und Nachteile, die es bei der Entwicklung eines Geschäftsmodells für ein Unternehmen, das eine mobile Anwendung erfolgreich vermarkten will, zu berücksichtigen gilt. Somit ist es möglich eine Gewichtung von verschiedenen Kriterien zu entwickeln. Daraus soll ein Fragebogen entwickelt werden, der von Entwicklern beziehungsweise Unternehmern ausgefüllt werden kann. Daraufhin wird mittels eines Selektionsalgorithmus ausgewählt, welche Erlösmodelle gut passen. Das Verfahren ähnelt dem des Wahl-O-Mat vor einer Landes- oder Bundestagswahl. Dadurch soll eine möglichst einfache Selektion des Erlösmodells durch die Beantwortung von relevanten Fragen möglich sein.

3 Konzeption der Plattform

Der MRMC soll bei der Wahl des am besten geeigneten Erlösmodells helfen. Um das zu erreichen und sicherzustellen, müssen zuerst die Anforderungen an die Plattform bestimmt und gesammelt werden. Die Forschungsmethodik gibt dabei vor, wenn möglich auf bereits existierende und etablierte Vorgehensweisen oder Methoden aus der Wirtschaftsinformatik oder verwandten Disziplinen zurückzugreifen. Deshalb werden im Folgenden Methoden aus dem Requirements Engineering verwendet. Zuerst werden die verschiedenen Interaktionsmöglichkeiten, die der Entwickler oder Unternehmer hat, als Use-Case-Diagramm dargestellt. Im nachfolgenden Unterkapitel werden dann die funktionalen Anforderungen aufge-

stellt und kurz erläutert. Im letzten Unterkapitel werden dann verschiedene Selektionsalgorithmen vorgestellt und ein geeigneter selektiert.

3.1 Use-Case

Der erste Schritt, um die Anforderung an den MRCM zu identifizieren, stellt das Use-Case-Diagramm dar. Dieses repräsentiert die drei wesentlichen Bestanteile des Systems. Den Benutzer, der mit dem System interagiert. Die Funktionalitäten, die das System dem jeweiligen Nutzer bietet und die Zuordnung der Funktionalitäten zum Benutzer [Rupp14]. Abbildung 1 zeigt die wichtigsten Funktionalitäten des MRCM für einen Benutzer.

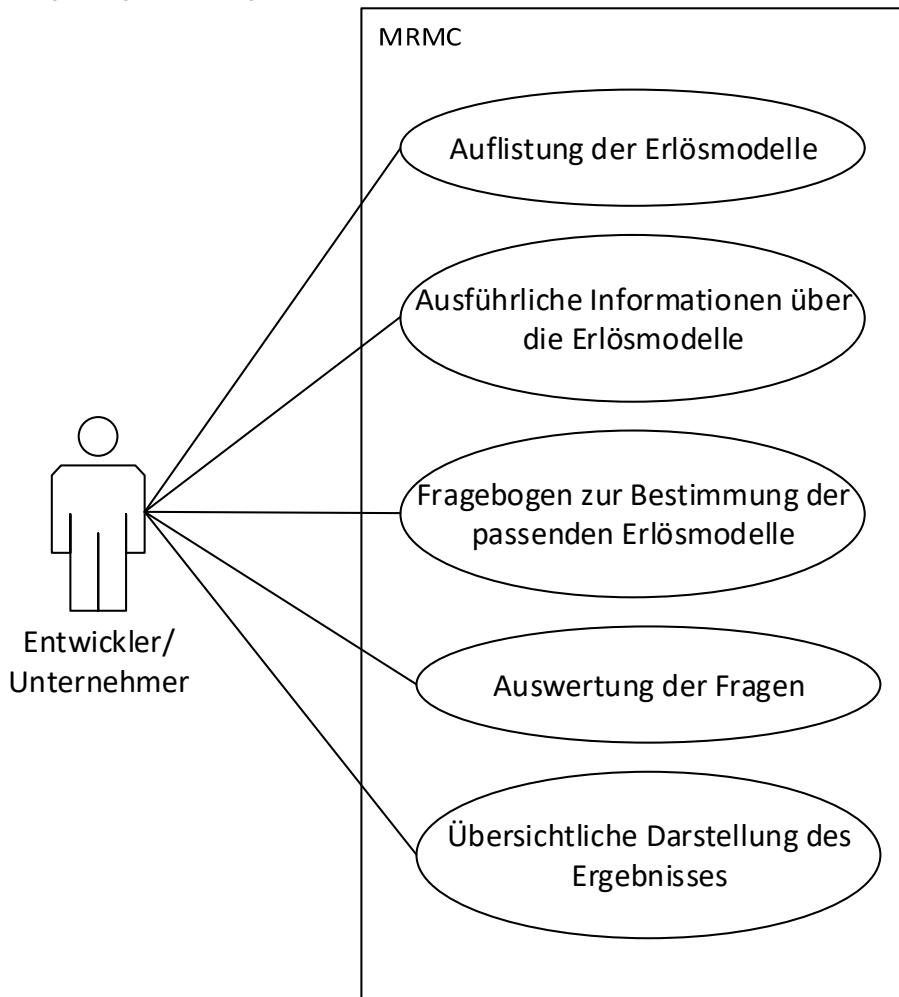


Abbildung 1: Use-Case-Diagramm des MRCM

3.2 Funktionale Anforderungen

Aus dem Use-Case-Diagramm (s. Abbildung 1) können nun die funktionalen Anforderungen abgeleitet werden. Diese beschreiben, was das zu entwickelnde Programm leisten soll [Rupp14]. Diese Anforderungen werden im Folgenden kurz beschrieben.

1. *Auflistung der Erlösmodelle*
Der Entwickler/Unternehmer möchte alle Erlösmodelle auf einen Blick aufgelistet bekommen, um einen Überblick die Erlösmöglichkeiten zu bekommen.
2. *Ausführliche Informationen über die Erlösmodelle*
Der Entwickler/Unternehmer will über die einzelnen Erlösmodelle ausführlichere Informationen erhalten, damit er/sie sich detailliert über Vor- und Nachteile eines Erlösmodells erkundigen kann.
3. *Fragebogen zur Bestimmung der passenden Erlösmodelle*
Der Entwickler/Unternehmern füllt einen Fragebogen bezüglich seiner mobilen Anwendung und Geschäftsidee aus, um eine Auswertung der Erlösmodelle zu ermöglichen.
4. *Auswertung der Fragen*
Der Entwickler/Unternehmer klickt auf einen Button, um seine Antworten aus dem Fragebogen ausgewertet zu bekommen. Danach werden ihm/ihr die Ergebnisse präsentiert.
5. *Übersichtliche Darstellung des Ergebnisses*
Nachdem die Auswertung stattgefunden hat, soll das Ergebnis so präsentiert werden, dass der Entwickler/Unternehmer auf Anhieb erkennt, welches Erlösmodell für ihn am besten geeignet ist und welche guten Alternativen es noch gibt.

3.3 Auswahl des Multi-Criteria Decision Analysis Algorithmus

Die zu erfolgende Selektierung eines Erlösmodells aus der Menge aller Erlösmodelle ist nichts anderes als ein Entscheidungsproblem. Entscheidungen und damit einhergehende Entscheidungsprobleme sind nichts Außergewöhnliches, viel mehr sind sie alltäglich, da wir täglich meist simple Entscheidungen treffen müssen. Oft werden diese mit einfachen Heuristiken entschieden [Gige04]. Wenn jedoch mehrere Ziele verfolgt werden und sich die Lösungsfindung in einem komplexen Kontext abspielt, ist eine Entscheidung nicht mehr trivial. Oftmals stehen sich die Informationen und Ziele gegenüber oder schließen sich aus. Zudem können die Entscheidungen weitläufige Konsequenzen und langfristige Auswirkungen haben, wie beispielsweise die Selektion eines passenden Erlösmodells bei mobilen Anwendungen [BeSt02]. Bei solch komplexen und weitreichenden Entscheidungen ist die Entscheidungsfindung mit Heuristiken nicht mehr praktikabel und für das menschliche Gehirn, durch die begrenzte parallele Informationsverarbeitung [Mill56], nur noch schwer durchführbar.

An diesen Punkt soll die multikriterielle Entscheidungsanalyse (englisch multi criterial decision analysis = MCDA) ansetzen, indem sie hilft die Entscheidungssituation zu formalisieren. Dadurch wird dem Entscheider geholfen, die Informationen so zu organisieren und aufzubauen, dass er sich guten Gewissens für eine Alternative (= Lösung) entscheiden kann [BeSt02].

Im Rahmen des Projektes wurden verschiedene MCDA-Methoden untersucht. Darunter bekannte, wie ELECTREE, Analytic Hierarchy Process (AHP), Analytic Network Process (ANP) [ArLV13] und Simple Additive Weighting (SAW) [BKHY81]. Das Ziel war es dabei die Alternativen (Erlösmodelle) in einer Liste zu ordnen. Unter ordnen wird verstanden, Alternativen der gleichen Klasse in eine Rangfolge zu bringen. Eine Klasse ist dabei eine Gruppe von Alternativen, die innerhalb eines Modells als gleich anzusehen sind [Roy81]. Des Weiteren sollte die MCDA-Methode nachvollziehbar, als Webanwendung implementierbar und nutzerfreundlich sein. Im Zuge der Untersuchung stellten sich ANP und SAW als praktikabel heraus, um sie testweise zu implementieren und zu vergleichen.

Mit ANP können Korrelationen von Alternativen modelliert werden. Diese Korrelationen werden auch als Abhängigkeiten bezeichnet. Dafür werden aus den Alternativen Paare gebildet und der Benutzer entscheidet welche der beiden Alternativen die geeigneter ist. Um die Eignung der beiden Alternativen zu präzisieren kann die Gewichtung auf einer Likertskala [Like32] angegeben werden. Die Ergebnisse in einer Supermatrix gesammelt. Wenn alle Vergleiche durchgeführt wurden, werden die Spalten normalisiert und die gesamte Matrix mit sich selbst so lange multipliziert, bis die Abweichung annähernd null ist [IsNe13].

Bei SAW wird mittels einer Wertefunktion $V(a_i)$ ein globaler Wert einer Alternative ermittelt. Diese Funktion berechnet also einen Gesamtwert pro Alternative, so dass diese in eine vollständige Rangordnung gebracht werden können. Dazu werden zunächst die Einzelwerte pro Kriterium bestimmt g_{ij} und dann mit einer Gewichtung w_j multipliziert. Die Wertefunktion ist in Formel 1 abgebildet.

$$V(a_i) = \sum_{j=1}^i w_j * (g_{ij})$$

Formel 1: Globale Wertfunkiton bei SAW

Im direkten Test der beiden Methoden zeigte sich, dass SAW leichter einzusetzen ist und eine bessere Nutzerzufriedenheit ermöglicht. Die Herausforderung bei ANP ist es, vor dem Paarvergleich möglichst viele Alternativen durch Fragen im Vorhinein auszuschließen. Ansonsten müsste man, aufgrund möglicher Kombinationen bei 14 Erlösmodellen 91 Vergleiche anstellen. Zwar können ein paar Alternativen durch die Befragung ausgenommen werden, jedoch sollten Erlösmodelle nicht voreilig ausgeschlossen werden. Des Weiteren muss der Paarvergleich bei ungünstiger Gewichtung so lange wiederholt werden, bis die Supermatrix eindeutig ist. Dies würde in der Praxis zu hohen Abbruchzahlen bei der Auswahl eines Erlösmodells führen und wäre somit nicht zielführend.

Bei SAW hingegen ist es möglich allein durch die Befragung schon eine geordnete Rangfolge zu erstellen. Somit muss kein nachgelagertes Verfahren eingesetzt werden, um eine Rangfolge zu erstellen. Zusätzlich zur Bewertung der Erlösmodelle ist es auch möglich einzelne Erlösmodelle durch die Befragung auszuschließen. Das dient dazu um zum einen gänzlich unpassende Erlösmodelle auszuschließen und zum anderen eine bessere Übersicht zu gewährleisten. Deshalb wurde im Projekt der Beschluss gefasst mit SAW weiter zu arbeiten.

4 Implementierung

Das Ziel der Implementierung ist es eine Internetplattform für zur Selektion von Erlösmodellen zu erstellen. Dazu musste entschieden werden, ob die Webanwendung in Java oder JavaScript programmiert wird. Ein Hauptunterschied zwischen Java [Orac18] und JavaScript [Mozi18] ist, dass Java erst kompiliert werden muss, während JavaScript beispielsweise in einem Browser interpretiert wird.

Der Nachteil bei Java in der Webprogrammierung ist, dass sehr viel Mehraufwand betrieben werden muss, um ein Webseite zu erstellen. Es muss ein Java-Webserver betrieben wer-

den, der das zuvor kompilierte Java-Programm ausführt. Für JavaScript ist das in dem Umfang nicht nötig, da die Interpretation des Programmcodes auf dem Client erfolgt. Da der MRCM jedoch eine relativ einfache Webanwendung, ohne intensive Rechenoperationen darstellt, wurde JavaScript zur Implementierung ausgewählt.

Um jedoch den bekannten Vorteil der Typsicherheit aus Java beizubehalten, wurde zur Umsetzung des MRCM TypeScript [Micr18] als Obermenge von JavaScript ausgewählt. Des Weiteren wird Angular [Goog18] zur Frontend-Entwicklung eingesetzt.

Die Webanwendung setzt sich aus drei Hauptseiten zusammen, um die Anforderungen aus Kapitel 3.2 umzusetzen. In Abbildung 2 sieht man in der Navigationszeile die drei Seiten. Die *Startseite* ist nicht nur Ankunftsseite, sondern informiert über das Projekt und gibt eine erste Übersicht über die verschiedenen Erlösmodelle.

The screenshot shows a web-based survey titled "Mobile Revenue Model Catalogue – MRCM". At the top, there is a header bar with icons for back, forward, search, and other navigation functions. Below the header, the title "Mobile Revenue Model Catalogue – MRCM" is displayed. A sub-header "Erlösmodellselektor" is visible. The main content area contains five questions with radio button options:

- Ist die mobile Applikation für alle gängigen Betriebssysteme programmiert worden?
 Ja
 Nein
- Ist eine Programmietechnische Implementierung im Quellcode des Frontends der mobilen Applikation nötig?
 Ja
 Nein
- Ist eine Programmierung/Erweiterung einer Datenbank nötig?
 Ja
 Nein
- Werden im Gegensatz zu den aktuellen Servern leistungsstärkere Server für das Backend benötigt?
 Ja
 Nein
- Sind die Datenschutzbestimmungen innerhalb der Applikation leicht auffindbar und leicht einsehbar?
 Ja
 Nein

Abbildung 2: Screenshot MRCM

Die Seite *Erlösmodelle* gibt einen detaillierteren Einblick in die einzelnen Erlösmodelle. Sie listet dabei auch die Vor- und Nachteile eines jeden Erlösmodells auf und informiert somit umfassend. Die in Abbildung 2 zu sehende Seite ist der *Erlösmodellselektor*. Der Benutzer bekommt dort einen Fragebogen zu sehen. Die Antworten daraus werden benutzt, um die Rangfolge der Erlösmodelle zu erstellen. Somit wurden die Anforderungen 1-3 erfüllt.

Abbildung 3 zeigt die Ergebnisanzeige des *Erlösmodellselektors*. Die Fragen werden in technisch, juristisch und wirtschaftlich unterschieden, um dem Nutzer eine weitere Hilfe zur Selektion des passenden Erlösmodells zu geben. In jeder Kategorie werden somit die erzielten Punkte angezeigt. Die letzte Zeile zeigt das Gesamtergebnis über alle Kategorien an. Zusätzlich werden die Punkte in ein Netzdiagramm übertragen. Dies zeigt übersichtlich, durch die ausgefüllte Fläche, an, wie gut ein Erlösmodell in allen drei Bereichen abgeschnitten hat. Auch Ausschläge auf einer Achse (= Kategorie) sind deutlich erkennbar. Zu-

dem erlaubt es auch eine grafische Vergleichbarkeit zwischen den Modellen. Somit wurden auch die Anforderungen 4 und 5 aus Kapitel 3.2 erfüllt.

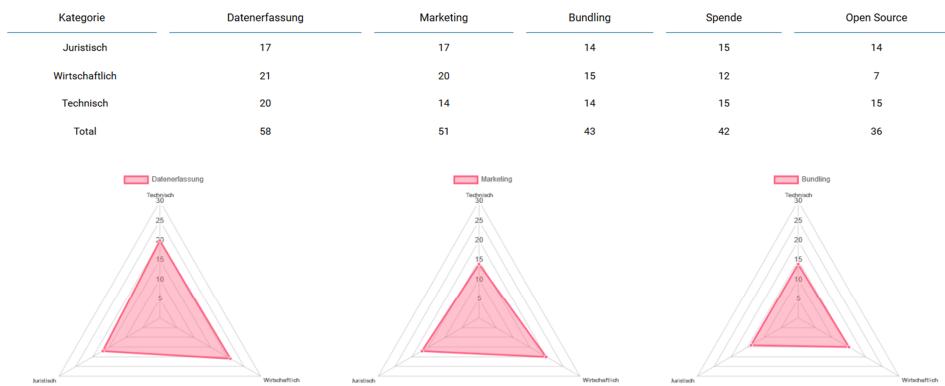


Abbildung 1: Ergebnisanzeige des MRMC

5 Zusammenfassung und Ausblick

Damit Entwickler und Unternehmer besser einschätzen können, mit welchem Erlösmodell sie ihre mobile Anwendung betreiben, wurde der Mobile Revenue Model Catalogue entwickelt. Das Ziel ist es dabei, Entwicklern und Unternehmern zum einen eine Übersicht über die verschiedenen Modelle zu geben. Zum anderen sollen mit Hilfe eines *Erlösmodellselektors* die Modelle geordnet werden. Sie werden dabei von dem geeignetsten Modell absteigend geordnet und in einer Tabelle dargestellt. Zur Ermittlung der Rangordnung wird der SAW-Algorithmus aus dem Bereich der Multi Critirial Decision Analysis angewendet. Dem Entwickler wird somit eine Entscheidungshilfe für ein Erlösmodell an die Hand gegeben, um seine mobile Anwendung mit monetärem Erfolg zu vermarkten.

Um den MRMC weiter zu verbessern, muss eine ausführliche Evaluation stattfinden. Diese soll überprüfen, ob die Gewichtung und die Punktzahl ausgewogen vergeben werden. Damit kann der Selektionsalgorithmus verfeinert und justiert werden. Außerdem soll festgestellt werden, ob Fragen oder Antworten fehlen. Dies soll dazu führen, dass die Benutzer des MRMC die bestmögliche Auswertung zur Verfügung gestellt bekommen.

Weiterhin ist geplant, die Benutzer nach deren Feedback zu fragen. Hierfür sollen die Benutzer nach der Auswertung angeben können, ob die Rangfolge für ihre Entscheidung hilfreich war. Wenn dies nicht der Fall ist, sollen sie angeben warum und wie die Auswertung noch zu verbessern ist. Somit soll Feedback aus der Praxis mit einbezogen werden, um die Auswertung praxisrelevanter zu machen und der Zielgruppe besser zu helfen.

Literaturverzeichnis

- [AA+17] Android et al.: Number of apps available in leading app stores as of March 2017. Cited from statista.com. <http://www.statista.com/statistics/276623/number-of-apps-available-in-leading-app-stores/>, accessed 27 Mar 2018.

- [App 12] App Promo: App Developer Survey, accessed 17 Sep 2014.
- [App 17] Umsatz mit mobile Apps weltweit in den Jahren 2015 und 2016 sowie eine Prognose für 2017 und 2021 (in Milliarden US-Dollar), 2017.
- [ArLV13] Aruldoss, M.; Lakshmi, T. M.; Venkatesan, V. P.: A Survey on Multi Criteria Decision Making Methods and Its Applications. In American Journal of Information Systems, 2013, 1; pp. 31–43.
- [Asay14] Asay, M.: Want To Make Money In Apps? Develop For Business. <http://readwrite.com/2014/07/22/app-developers-enterprise-opportunity/>.
- [BeSt02] Belton, V.; Stewart, T. J.: Multiple Criteria Decision Analysis. Springer US, Boston, MA, 2002.
- [BiKK11] Bieger, T.; Knyphausen-Aufseß, D. zu; Krys, C.: Innovative Geschäftsmodelle. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2011.
- [BKHY81] Beckmann, M. et al.: Multiple Attribute Decision Making. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 1981.
- [DöSe16] Dörndorfer, J.; Seel, C.: Mobile Revenue Model Catalogue: A guide through the diversity of mobile revenue models. In (Hofmann, R. et al. Eds.): Wissenstransfer in der Wirtschaftsinformatik. Fachgespräch im Rahmen der MKWI 2016. Hochschule Aschaffenburg, Information Management Institut, Aschaffenburg, 2016; pp. 10–18.
- [DöSe17] Dörndorfer, J.; Seel, C.: Erlösmodelle von mobilen Anwendungen – Eine Analyse ausgewählter Modelle. In (Barton, T. et al. Eds.): Prozesse, Technologie, Anwendungen, Systeme und Management 2017. Angewandte Forschung in der Wirtschaftsinformatik. mana-Buch, Heide, Holst, 2017; pp. 146–156.
- [GaFC17] Gassmann, O.; Frankenberger, K.; Csik, M.: Geschäftsmodelle entwickeln. 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator, 2017.
- [Gige04] Gigerenzer, G.: Fast and Frugal Heuristics. The Tools of Bounded Rationality. In (Koehler, D. J.; Harvey, N. Eds.): Blackwell handbook of judgment and decision making. Blackwell Pub, Oxford, UK, Malden, MA, 2004; pp. 62–88.
- [Goog18] Google: Angular. <https://angular.io/>, accessed 9 Apr 2018.
- [HeCh10] Hevner, A. R.; Chatterjee, S.: Design Research in Information Systems Theory and Practice. In Integrated Series in Information Systems Volume 22, 2010.
- [InMo16] InMobi: State of mobile app developers, 2016.
- [IsNe13] Ishizaka, A.; Nemery, P.: Multi-Criteria Decision Analysis. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK, 2013.
- [Like32] Likert, R.: A Technique for the Measurement of Attitudes. New York, Columbia Univ., Diss., 1932, New York, NY, 1932.
- [Loui13] Louis, T.: How Much Do Average Apps Make? In Forbes, 2013.
- [Micr18] Microsoft: TypeScript - JavaScript that scales. <https://www.typescriptlang.org/>, accessed 9 Apr 2018.
- [Mill56] Miller, G. A.: The magical number seven, plus or minus two. Some limits on our capacity for processing information. In Psychological Review, 1956, 63; pp. 81–97.
- [Mozi18] Mozilla: JavaScript reference. <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript/Reference>, accessed 9 Apr 2018.

- [Orac18] Oracle: Java Platform, Enterprise Edition (Java EE). <http://www.oracle.com/technetwork/java/javaee/overview/index.html>, accessed 26 Jan 2018.
- [Roy81] Roy, B.: The Optimisation Problem Formulation. Criticism and Overstepping. In Journal of the Operational Research Society, 1981, 32; p. 427.
- [Rupp14] Rupp, C.: Requirements-Engineering und -Management. Aus der Praxis von klassisch bis agil ; [Extra: Wissenstest auf der Ilias-Lernplattform]. Hanser, München, 2014.
- [Stat17] StatCounter: Mobile operating systems' market share worldwide from January 2012 to December 2017. <https://www.statista.com/statistics/272698/global-market-share-held-by-mobile-operating-systems-since-2009/>, accessed 27 Mar 2018.
- [Timm98] Timmers, P.: Business Models for Electronic Markets. In Electronic Markets, 1998, 8; pp. 3–8.
- [Wirt18] Wirtz, B. W.: Electronic business, 2018.

Kontakt

Julian Dörndorfer, Prof. Dr. Christian Seel
 Institut für Projektmanagement und Informationsmodellierung (IPIM)
 Hochschule Landshut
 Am Lurzenhof 1, 84036 Landshut
 T.: +49 (0) 871 506 731, julian.doerndorfer|christian.seel@haw-landshut.de

Autoren

Reinhard André

abas Software AG
Gartenstraße 67, 76135 Karlsruhe
Reinhard.Andre@abas.de

Prof. Dr. Thomas Barton

Hochschule Worms, Fachbereich Informatik
Erenburgerstraße 19, 67549 Worms
T +49 6241 509-253, barton@hs-worms.de

Jan Beckert

Technische Hochschule Brandenburg
Magdeburger Str. 50, 14770 Brandenburg
jan.beckert@th-brandenburg.de

Prof. Dr. Bettina C.K. Binder

HS Pforzheim
Tiefenbronnerstr. 66, 75175 Pforzheim
T +49 7231 28-6682
bettina.binder@hs-pforzheim.de

Prof. Dr. Lars Brehm

Hochschule München
Am Stadtpark 20, 81243 München
T +49 89 2154 1125, Lars.Brehm@HM.edu

Tobias Caliskan

Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin
Treskowallee 8, 10318 Berlin
s0544674@htw-berlin.de

Prof. Dr. Sönke Cordts

Hochschule Flensburg
Fachbereich Wirtschaft
Studiengang Wirtschaftsinformatik
Kanzleistraße 91-93, 24943 Flensburg
T +49 461 805-1406
soenke.cordts@fh-flensburg.de

Philipp Czemann

HS Pforzheim
Tiefenbronnerstr. 65, 75175 Pforzheim
czemannp@hs-pforzheim.de

Julian Dörndorfer

Institut für Projektmanagement und
Informationsmodellierung (IPIM)
Hochschule Landshut
Am Lurzenhof 1, 84036 Landshut
T.: +49 (0) 871 506 769
julian.doerndorfer@haw-landshut.de

Karl Dübon

Hochschule Karlsruhe – Technik und
Wirtschaft
Moltkestraße 30, 76133 Karlsruhe
karl.duebon@hs-karlsruhe.de

Prof. Dr. Gert Faustmann

Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin
Alt-Friedrichsfelde 60, 10315 Berlin
T +49 30 30877 2407
gert.faustmann@hwr-berlin.de

Fariba Fazli

Hochschule für Angewandte Wissenschaften
Hamburg
Berliner Tor 5, 20099 Hamburg
T +49 40 42875-699
fariba.fazli@haw-hamburg.de

Prof. Dr. Dorothee Feldmüller

Hochschule Bochum, Campus
Velbert/Heiligenhaus
Kettwiger Straße 20, 42579 Heiligenhaus
dorothee.feldmueller@hs-bochum.de

Marco Graf

Hochschule Worms, Fachbereich Informatik
Erenburgerstraße 19, 67549 Worms
T +49 6241 509-131, graf@hs-worms.de

Prof. Dr.-Ing. Holger Günzel

Hochschule München
Am Stadtpark 20, 81243 München
T +49 89 1265 2801,
Holger.Guenzel@HM.edu

Stefan Haag
Hochschule Worms
Erenburgerstraße 19, 67549 Worms
T +49 6241 509-424, haag@hs-worms.de

Daniel Hilpoltsteiner
Institut für Projektmanagement und
Informationsmodellierung (IPIM)
Hochschule Landshut
Am Lurzenhof 1, 84036 Landshut
T.: +49 (0) 871 506 769
daniel.hilpoltsteiner@haw-landshut.de

Prof. Dr. Georg Rainer Hofmann
Information Management Institut IMI
Hochschule Aschaffenburg
Würzburger Straße 45, 64743 Aschaffenburg
T +49 6021 4206-700
georg-rainer.hofmann@h-ab.de

Wenxin Hu
Technische Hochschule Brandenburg
Magdeburger Str. 50, 14770 Brandenburg
wenxin.hu@th-brandenburg.de

Prof. Dr. Andreas Humpe
Hochschule München
Schachenmeierstr. 35, München
T +49 89 1265 2112
Andreas.Humpe@HM.edu

Prof. Dr. Norbert Ketterer
Fachbereich Angewandte Informatik
Hochschule Fulda
Leipziger Straße 123, 36037 Fulda
Tel: +49 661 9640 323
norbert.ketterer@informatik.hs-fulda.de

Prof. Dr. Kathrin Kirchner
Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin
Alt-Friedrichsfelde 60, 10315 Berlin
T +49 30 30877 2407

Dr. Jens Kohler
Hochschule Mannheim, Fakultät für Informatik
Mannheimer Wirtschaftsinformatik Institut
Paul-Wittsack-Str. 10, 68163 Mannheim
T +49 621 292-6739
j.kohler@hs-mannheim.de

Marco Kruse
Hochschule für Technik und Wirtschaft
Dresden
Friedrich-List-Platz 1, 01069 Dresden
T +49 (0)351 462-3586
marco.kruse@htw-dresden.de

Ferdinand Küttler
HTW Berlin
ferdinand.kuettler@student.htw-berlin.de

Prof. Dr. Claudia Lemke
Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin
Alt-Friedrichsfelde 60, 10315 Berlin
T +49 30 30877 2407

Hannah Ludwig (M.Eng)
Hochschule München
Fakultät für Wirtschaftsingenieurwesen
Lothstraße 64, 80335 München
T +49 160 99274788
Hannah-Ludwig@outlook.de

Prof. Dr. Birte Malzahn
HTW Berlin
Treskowallee 8, 10318 Berlin
T +49 30 5019-2452
birte.malzahn@htw-berlin.de

Henrike Martius
Hochschule München
Schachenmeierstr. 35, 80636 München
T +49 89 1265 2157
Henrike.Martius@HM.edu

Prof. Dr. Vera G. Meister
Technische Hochschule Brandenburg
Magdeburger Str. 50, 14770 Brandenburg
T +49 3381 355-297
vera.meister@th-brandenburg.de

Prof. Dr. Frank Morelli
HS Pforzheim
Tiefenbronnerstr. 65, 75175 Pforzheim
T +49 7231 28-6697
frank.morelli@hs-pforzheim.de

B. Eng, MBA Manuel Paukner
Hochschule Landshut
Institut für Projektmanagement und
Informationsmodellierung (IPIM)
Am Lurzenhof 1, 84036 Landshut
manuel.paukner@gmail.com

Prof. Dr. Jörg Puchan
Hochschule München
Fakultät für Wirtschaftsingenieurwesen
Lothstraße 64, 80335 München
T +49 89 1265 3937
puchan@hm.edu

Prof. Dr. rer. pol. Dirk Reichelt
Hochschule für Technik und Wirtschaft
Dresden
Friedrich-List-Platz 1, 01069 Dresden
Tel.: +49 (0)351 462 2614
dirk.reichelt@htw-dresden.de

Martin Schmidt
Hochschule für Technik und Wirtschaft
Dresden
Friedrich-List-Platz 1, 01069 Dresden
T +49 (0)351 462-3070
martin.schmidt@htw-dresden.de

Prof. Dr. Eberhard Schott
Information Management Institut IMI
Hochschule Aschaffenburg
Würzburger Str. 45, 64743 Aschaffenburg
T +49 6021 4206-700
eberhard.schott@h-ab.de

Prof. Dr. Christian Seel
Hochschule Landshut
Institut für Projektmanagement und
Informationsmodellierung (IPIM)
Am Lurzenhof 1, 84036 Landshut
christian.seel@haw-landshut.de

Prof. Dr. Katharina Simbeck
Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin
Treskowallee 8, 10318 Berlin
T +49 30 5019-3756

Prof. Dr. Carlo Simon
Hochschule Worms
Erenburgerstraße 19, 67549 Worms
T +49 6241 509-369, simon@hs-worms.de

Prof. Dr. Jessica Slamka
Hochschule München
Am Stadtpark 20, 81243 München
T +49 89 1265 2741
Jessica.Slamka@HM.edu

Prof. Dr. Thomas Specht
Hochschule Mannheim, Fakultät für Informatik
Mannheimer Wirtschaftsinformatik Institut
Paul-Wittsack-Str. 10, 68163 Mannheim
T +49 621 292-6739

Prof. Dr. Martin Spott
HTW Berlin
Treskowallee 8, 10318 Berlin
T +49 30 5019-3736
martin.spott@htw-berlin.de

Maximilian Strempel
abas GmbH & Co. KG
Gartenstraße 67, 76135 Karlsruhe
Maximilian.Strempel@abas.de

Prof. Dr.-Ing. Heiko Thimm
Hochschule Pforzheim
Tiefenbronner Str. 65, 75175 Pforzheim
T +49 (0)7231/28-6451
heiko.thimm(at)hs-pforzheim.de

Prof. Dr. Holger Timinger
Hochschule Landshut
Institut für Projektmanagement und
Informationsmodellierung (IPIM)
Am Lurzenhof 1, 84036 Landshut
holger.timinger@haw-landshut.de

Nils Merlin Ullmann
Hochschule Flensburg
Fachbereich Wirtschaft
Studiengang Wirtschaftsinformatik
Kanzleistraße 91-93, 24943 Flensburg
T +49 461 805-1406

Dr. Axel Wagenitz
Hochschule für Angewandte Wissenschaften
Hamburg
Berliner Tor 5, 20099 Hamburg
T +49 4042875-6965
axel.wagenitz@haw-hamburg.de

Prof. Dr. Rüdiger Weißbach

Hochschule für Angewandte Wissenschaften
(HAW) Hamburg
Berliner Tor 5, 20099 Hamburg
T +49 40 42875-6918
ruediger.weissbach@haw-hamburg.de

Dirk Weißer

INIT GmbH
Käpplerstraße 4-10, 76131 Karlsruhe

Yael Widmann

WidasConcepts GmbH
Maybachstr. 2, 71299 Wimsheim
T +49 7044 95103-100
yael.widmann@widas.de

B.A. Jean Philip Zimmermann

Hochschule für Angewandte Wissenschaften
Hamburg
Berliner Tor 5, 20099 Hamburg
T +49 4042875-6907
jeanphilip.zimmermann@haw-hamburg.de

Beiträge der Fachtagung „**Angewandte Forschung in der Wirtschaftsinformatik**“
im Rahmen der 31. Jahrestagung
des Arbeitskreises Wirtschaftsinformatik an Fachhochschulen (AKWI)
vom 09. bis 12.09.2018 an der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Autoren: Reinhard André, Thomas Barton, Jan Beckert, Bettina C.K. Binder, Lars Brehm,
Tobias Caliskan, Sönke Cordts, Philipp Czemmel, Julian Dörndorfer, Karl Dübon,
Gert Faustmann, Fariba Fazli, Dorothee Feldmüller, Marco Graf, Holger Günzel,
Stefan Haag, Daniel Hilpoltsteiner, Georg Rainer Hofmann, Wenxin Hu, Andreas Humpe,
Norbert Ketterer, Kathrin Kirchner, Jens Kohler, Marco Kruse, Ferdinand Küttler,
Claudia Lemke, Hannah Ludwig, Birte Malzahn, Henrike Martius, Vera G. Meister,
Frank Morelli, Manuel Paukner, Jörg Puchan, Dirk Reichelt, Martin Schmidt,
Eberhard Schott, Christian Seel, Katharina Simbeck, Carlo Simon, Jessica Slamka,
Thomas Specht, Martin Spott, Maximilian Strempel, Heiko Thimm, Holger Timinger,
Nils Merlin Ullmann, Axel Wagenitz, Rüdiger Weißbach, Dirk Weißen,
Yael Widmann, Jean Philip Zimmermann