



Uwe Kloos, Natividad Martínez, Gabriela Tullius (Hrsg.)

Informatics Inside connect(IT);

Informatik-Konferenz an der Hochschule Reutlingen
9. Mai 2018



Impressum

Anschrift:

Hochschule Reutlingen / Reutlingen University
Fakultät Informatik
Human-Centered Computing
Alteburgstraße 150
D-72762 Reutlingen

Telefon: +49 7121 / 271-4002

Telefax: +49 7121 / 271-4042

E-Mail: infoinside@reutlingen-university.de

Internet: <http://infoinside.reutlingen-university.de>

Organisationskomitee:

Prof. Dr. Gabriela Tullius, Hochschule Reutlingen
Prof. Dr. Natividad Martínez, Hochschule Reutlingen
Prof. Dr. Uwe Kloos, Hochschule Reutlingen

Benjamin Batt

Claudiu Bräuer

Sinem Cicek Celik

Emanuel Geiger

Frauke Grieble

Peter Grupp

Pia Laubacher

Öznur Öner

Katharina Pavic

Ngoc Linh Phan

Claudia Ryniak

Josia Scheytt

Christian Steinmann

Clemens Weißenberg

Vanessa Willenbrock

Steffen Wittig

Copyright: © Hochschule Reutlingen, Reutlingen 2018

Herstellung und Verlag: Hochschule Reutlingen

ISBN: 9 -83000-586453



Hochschule Reutlingen

Reutlingen University

Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

mit der Informatics Inside 2018 findet diese Veranstaltungsform bereits zum 10. Mal statt und wir freuen uns besonders auf dieses Jubiläum. Die diesjährige Konferenz steht unter dem Motto „connect(IT);“ und zeigt damit einmal mehr die zentrale Bedeutung der Informatik im Zusammenhang mit Vernetzungen und dies auf allen Ebenen. Es geht nicht nur um die technische Vernetzung von Maschinen und Services, sondern auch um die Vernetzung von Menschen untereinander und die Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine. Gerade die letzten beiden Punkte spiegeln einen der Schwerpunkte des Masterstudiengangs Human-Centered Computing sehr schön wieder. Sie finden in dem vorliegenden Tagungsband Fachbeiträge aus dem medizinischen Umfeld ebenso wie vielfältige Anwendungen aus dem Fahrzeugsektor. Selbstverständlich spielt das Thema Sicherheit in vernetzten Umgebungen eine wichtige Rolle und auch dazu finden Sie einen spannenden Beitrag. Der Kulturwandel im Bereich der Softwareentwicklung ist ebenso ein Thema wie Simulationen in verschiedenen Zusammenhängen.

Die Informatics Inside ist eine wissenschaftliche Konferenz des Masterstudiengangs Human-Centered Computing und wird von den Studierenden organisiert und durchgeführt. Sie erhalten während ihres Masterstudiums die Gelegenheit sich in einem Fachgebiet ihrer Wahl zu vertiefen. Dies kann an der Hochschule, in einem Unternehmen, einem Forschungsinstitut oder im Ausland durchgeführt werden. Gerade diese flexible Ausgestaltung der Lehrveranstaltung „Wissenschaftliche Vertiefung“ führt zu vielfältigen Themenfelder, die von den Studierenden bearbeitet werden. Neben der eigentlichen fachlichen Vertiefung spielt auch die Präsentation von wissenschaftlichen Ergebnissen eine wichtige Rolle und dies nicht nur während des Studiums. Ein gewähltes Fachgebiet so allgemeinverständlich aufzubereiten und zu vermitteln, dass es auch für Nicht-Spezialisten verständlich wird, stellt immer wieder eine besondere Herausforderung dar. Dieser Herausforderung stellen sich die Studierenden im Rahmen der Konferenz zur Wissenschaftlichen Vertiefung am 9. April 2018. Neben den Vorträgen der Studierenden wird es auch Posterbeiträge von anderen Projekten der Informatik, der Hochschule Konstanz und der Laura-Schradin-Schule geben.

Mit diesem Tagungsband halten Sie die schriftliche Ausarbeitung der Fachbeiträge, sowie einige Kurzbeiträge verschiedener Projekte in der Hand und können sich selber ein Bild von den Arbeiten der Studierenden machen. Ich wünsche Ihnen eine spannende Lektüre, die Sie vielleicht mit einigen besonderen Ergebnissen überraschen wird und Sie bei Ihrer weiteren Vernetzung unterstützen kann, getreu dem Motto „connect(IT);“.

Prof. Dr. Uwe Kloos
Dekan der Fakultät Informatik

Inhaltsverzeichnis

Longpaper

Josia Scheytt

Segmentierung von Polypen in Koloskopie-Bilddaten - ein Potentialanalyse von Deep-Learning-Methoden..... 1

Benjamin Weinert

Untersuchung der Möglichkeiten und Risiken von Implantate 11

Peter Grupp

Untersuchung der Anforderungen an ein System zur Unterstützung der Reproduzierbarkeit von Ultraschalluntersu..... 21

Öznur Öner

Digitalisierung im klinischen Umfeld zur Förderung der personalisierten Medizin am Universitätsklinikum Tübingen am Fallbeispiel der molekularen Diagnostik mithilfe der MTB-Plattform 31

Sinem Cicek Celik

Kulturwandel von ITIL zu DevOps im Unternehmen..... 41

Christian Steinmann

IT-Sicherheit in Unternehmen - State of the Art, Gefahren und Trends..... 51

Steffen Wittig

Social Crowd Simulation zur Belebung virtueller Welten 61

Janis Uttenweiler

Identifizierung einer geeigneten Prototypingmethode für die multimodale Navigation mit dem E-Bike..... 71

Maic Schellig

Konzeption zur Detektion von sich öffnenden Fahrzeugtüren 81

David Leisten

Konzept einer Motion-Capture basierten Simulationsumgebung zur Untersuchung von Interaktionen zwischen Passanten und autonomen Fahrzeugen 91

Shortpaper

Raphael Eißler, Julian Hennige, Tim Wiedemer

Das Masterprojekt CaMed - Computerassisterte Medizin 101

Neue Welt 9

Masterprojekt: Neue Welt 9 - interaktive Vergangenheitsreise 103

Nils Lüdeke, Steven Cybinski, Annika Dausend, Michael Essich, Tim Laine, Christian Pitters, Tobias Schultze

Masterprojekt Internet of Things 105

Anja Müller, Georgia König

Projektauführung des VR Lab 107

Larissa Bolz, Katharina Böbel, Adrian Fink, Emilia Sauter

Validierung eines low-cost Alkoholsensors 109

Eva Rodriguez de Trujillo, Ralf Seepold, Maksym Gaiduk

An approach for a sleep tracking system 111

Segmentierung von Polypen in Koloskopie-Bilddaten – eine Potentialanalyse von Deep-Learning-Methoden*

Josia Scheytt

Reutlingen University

Josia.Scheytt@student.Reutlingen-University.DE

Abstract

Kolorektale Karzinome haben eine hohe Sterblichkeitsrate, wenn sie spät entdeckt werden. Eine frühzeitige Entfernung von bösartigen Polypen im Magen-Darm-Trakt, die deren Vorstufen bilden, bietet jedoch hohe Überlebenschancen. Bei Darmspiegelungen werden gerade kleine Polypen aber recht häufig übersehen. Zuverlässige bildverarbeitende Systeme, die Polypen in einem Koloskopie-Frame nicht nur detektieren, sondern pixelgenau segmentieren, könnten Ärzten bei Darmkrebs-Screenings helfen.

Diese Arbeit analysiert den aktuellen Stand der Segmentierung von Polypen im Gastrointestinaltrakt. Weiterführend wird untersucht, inwiefern die in letzter Zeit sehr erfolgreichen Methoden des Deep Learning hier Vorteile bieten.

Schlüsselwörter

Segmentierung, Bildverarbeitung, Kolorektalkarzinom, Deep Learning

CR-Kategorien

I.2.6 [Artificial Intelligence]: Learning;

I.2.1 [Artificial Intelligence]: Applications and Expert Systems; I.4.6 [Image Processing and Computer Vision]: Segmentation

*

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Burgert
Hochschule Reutlingen
Burgert@Reutlingen-University.DE

Informatics Inside 2018
Wissenschaftliche Vertiefungskonferenz
09. Mai 2018, Hochschule Reutlingen
Copyright 2018 Josia Scheytt

1 Einführung

Unter den 20 häufigsten Todesursachen weltweit kommen auch 4 Krebsarten vor [1]. Von allen Krebsarten kommen Darmkarzinome am dritthäufigsten vor, und sie sind die Krebsart mit der vierthöchsten Sterblichkeitsrate [2]. Kolorektale Karzinome, also Krebs im Blinddarm oder Dickdarm, machen davon den allergrößten Anteil aus [3]. Wenn bösartige kolorektale Polypen frühzeitig entfernt werden, lässt sich die Mortalität verringern [4]. Ein Entfernen sämtlicher Polypen inklusive der gutartigen birgt Risiken wie Blutungen und Perforation des Darms [5].

Zur genaueren Untersuchung des Dickdarms und der letzten Zentimeter des Dünndarms wird oft eine Darmspiegelung (Koloskopie) durchgeführt [6]. Dieses nichtinvasive Verfahren ermöglicht eine detaillierte visuelle Inspektion des Dickdarms über ein rektal eingeführtes Koloskop. Findet der Arzt Polypen (wie z. B. in Abbildung 1 oben), kann von dem verdächtigen Gewebe direkt eine Probe entnommen werden. Eine solche Biopsie kann dann histologisch auf Gut- oder Bösartigkeit untersucht werden.

2 Problemstellung und Motivation

Viele kleinere Polypen, die sich später zu Karzinomen entwickeln können, sind aufgrund ihrer Größe bei Koloskopien nicht leicht zu erkennen. Mithilfe von Algorithmen, die automatisiert Polypen in Videomaterial von Koloskopien auffinden, ließe sich

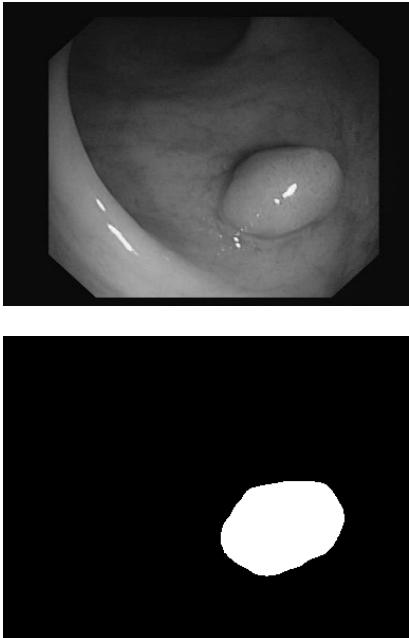


Abbildung 1: Polyp im Dickdarm (oben), Segmentierung des Polypen (unten)

die Arbeit des Arztes erleichtern und der Anteil an gefundenen Polypen erhöhen. Solche Systeme könnten potenziell auch weiterentwickelt werden, sodass sie eine Abschätzung bezüglich der Gut- oder Bösartigkeit des Gewebes durchführen.

Ebenso wäre auch der Einsatz bei einer Spiegelung des Dünndarms möglich. Karzinome im Dünndarm kommen zwar deutlich seltener vor als im Dickdarm [3], aber auch dort stellen Polypen ein Krebsrisiko dar. Bei Dünndarm-Spiegelungen kommen häufig Endoskopkapseln zum Einsatz (Wireless Capsule Endoscopy (WCE)), wobei eine große Menge an Videomaterial anfällt, das nachträglich vom Arzt untersucht werden muss und durch Automatisierung schneller bewertbar wäre.

In dieser Arbeit werden bisherige Forschungsarbeiten vorgestellt und verglichen, die sich mit der Segmentierung von Polypen

in Koloskopie-Bilddaten beschäftigen. Dazu wird in Abschnitt 3 auf Methoden eingegangen, bei denen die Features für die Segmentierung manuell gewählt wurden. Darüber hinausgehend wird in Abschnitt 4 untersucht, inwiefern Methoden aus dem Bereich Deep Learning in diesem Anwendungsfeld einen Vorteil bieten.

Arbeiten, die nur die *Präsenz* von Polypen detektieren, werden hier nicht behandelt. Im Fokus stehen Ansätze, die pixelgenaue Segmentierungen (s. Abbildung 1) produzieren, weil nur dadurch eine präzise Lokalisierung von Polypen im Bild möglich ist.

3 Manuelle Feature-Wahl

In den folgenden Abschnitten wird aufgezeigt, welche Techniken bisher schon verwendet wurden, um Polypen zu segmentieren. Einige dieser Ansätze arbeiten auch auf Bildmaterial von Untersuchungen mit WCE. Da es sich hier um eine Problemstellung aus der Bildverarbeitung handelt, lässt sich das Problem auch in der dazugehörigen Terminologie beschreiben (s. Abbildung 2): Es ist ein *Eingabe* gegeben (das koloskopische Bild, wie in Abbildung 1 oben), aus diesem werden *Features* (markante Merkmale) extrahiert. Auf diese Weise wird der hochdimensionale Input auf die problemrelevanten Dimensionen reduziert. Anhand dieser Features wird ein *Mapping* angewendet, das aus den Features eine *Ausgabe* produziert, nämlich die Segmentierung.

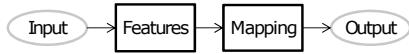


Abbildung 2: Prozess der Bildverarbeitung

Bei maschinellem Lernen werden Mappings grundsätzlich datenbasiert festgelegt, also gelernt. Die im Folgenden vorgestellten Ansätze unterscheiden sich allerdings darin, ob die Wahl der Features manuell, also auf Basis von menschlichem Expertenwissen, festgelegt oder gelernt wird.

Prasath liefert in [7] ein umfassendes Review von Ansätzen im Bereich der Detektion und

Segmentierung von Polypen in Bildmaterial von WCE und teilweise auch Koloskopien. Neben über 20 verschiedenen Ansätzen zur Detektion der Präsenz von Polypen in einem Bild, auf die hier nicht eingegangen wird, sind auch einige Algorithmen aufgeführt, die entweder eine grobe Lokalisierung oder eine pixelgenaue Segmentierung erzielen.

3.1 Lokalisierung

Bei den Segmentierungs-Ansätzen bei [7], die nur eine grobe Lokalisierung vornehmen, kann diese zwar auch als pixelgenaue Maske erfolgen, aber oftmals ist die Ausgabe nur eine Ellipse oder „Bounding Box“ um den/die Polypen-Kandidaten, manchmal sogar nur ein einzelner Punkt im Bild. Diese Lokalisierung basiert in der Regel auf geometrischen Annahmen, nämlich dass Polypen oft kreis- oder ellipsenförmig aussehen. Daraus leiten sich verschiedene handgemachte Features ab, die beispielsweise ein Maß für die Krümmung oder Wölbung von Strukturen im Bild berechnen und daraus ableiten, wie wahrscheinlich ein bestimmter Teil des Bildes einen Polypen enthält. Teilweise kommen zwar zusätzliche Features wie Textur und Farbe ins Spiel, aber Polypen unterscheiden sich in diesen beiden Punkten meist nur wenig von der sie umgebenden Darmschleimhaut.

Abgesehen von den in [7] untersuchten Ansätzen sind folgende Ansätze im Bereich der Lokalisierung als markante Beispiele hervzuheben:

In [8] wird ausgehend vom Modell des Aussehens eines Polypen, das die Autoren in [9] beschrieben haben, hauptsächlich mit der Tiefe von Tälern im Verlauf der Intensitätswerte („Depth of Valley“) entlang verschiedener Richtungen gearbeitet. Zusätzlich bauen sie Mechanismen ein, die einige Kriterien zum Auffinden von Polypen forcieren; darunter Geschlossenheit, Robustheit, Kontinuität und Konkavität. Von diesen Kriterien ausgehend werden „Energy Maps“ aufgebaut, deren Maximalpunkt im ursprünglichen Bild hervorgehoben wird, um die höchstwahrscheinliche Position eines Polypen markie-

ren. Damit diese Methode nicht nur wie ein naiver Konturen-Detektor funktioniert, ist eine ausführliche Vorverarbeitung nötig; ansonsten wären unter den falsch positiven Ergebnissen auch Blutgefäße und Glanzlichter. Bei [10] kommt ein Kantendetektor zum Einsatz, von dessen Ergebnis alle Nicht-Polyphen-Kandidaten gefiltert werden; anschließend werden alle Kandidaten bewertet hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit, dass sie Polypen sind. Das Filtern geschieht anhand von Features, die auf Basis der diskreten Kosinus-Transformation aus Patches des Ausgangsbildes generiert werden. Die Bewertung wiederum stützt sich besonders auf eine „Energy Map“ auf Basis der Normalenrichtung des Gradienten jedes Patches. So wohl in der Filterung als auch bei der Bewertung kommen Lernverfahren zum Einsatz, die ein überwachtes Lernen des Mappings anhand von realen Segmentierungen ermöglichen.

3.2 Segmentierung

Eine möglichst akkurate Segmentierung wird in den bei [7] vorgestellten Ansätzen fast ausschließlich durch den Einsatz einer Konturenverfolgung erzielt. Diese verlassen sich größtenteils auf die bereits erwähnten geometrischen Features. Außer den in [7] vorgestellten Ansätzen sind folgende Ansätze gute Beispiele für eine Polypen-Segmentierung basierend auf manuellen Features:

Bei [9] wird wie bei [8] mithilfe der „Depth of Valleys“ gearbeitet: Nach einigen Vorverarbeitungsschritten, die besonders der Entfernung von Glanzlichtern dienen, wird eine erste Segmentierung mithilfe des Watershed-Algorithmus erstellt. Mithilfe des Depth-of-Valley-Bildes kann dann entschieden werden, welche segmentierte Region der endgültige Polypen-Kandidat ist.

Die Autoren von [11] führen Segmentierungen auf Koloskopie-Bilddaten aus. Auch ihr Algorithmus entfernt Glanzlichter in der Vorverarbeitung. Die Segmentierung wird mit dem Watershed-Algorithmus auf einer hierarchischen Konturen-Map durchgeführt.

In die segmentierten Regionen wird dann eine Ellipse eingepasst; die Region mit der größten Überlappung ist die endgültige Ausgabe.

4 Deep Learning

In diesem Abschnitt werden Ansätze aus dem Bereich der Polypen-Segmentierung vorgestellt, bei denen Features nicht von Experten entwickelt, sondern maschinell gelernt werden. Werden Features gelernt, statt dass sie durch die Wahl bestimmter Algorithmen hart kodiert werden, können diese Merkmale deutlich robuster sein. Zum anderen können aber auch ganz neue Features entdeckt werden, die kein Experte bisher betrachtet hatte. Außerdem ist die Übertragung von solchen Systemen auf neue Anwendungsbereiche, sogenanntes „Transfer Learning“ oder „Domain Transfer“, deutlich leichter machbar und spart dadurch Entwicklungsressourcen.

Genauer betrachtet werden in diesem Abschnitt nur solche Ansätze untersucht, die Deep Learning verwenden. Deep Learning sind künstliche Neuronale Netze (NN) mit mehr als nur einer verborgenen Schicht [12]. Sie sind bei weitem nicht die einzige Möglichkeit, Features durch maschinelles Lernen selektieren zu lassen, aber im Gegensatz zu z. B. k-Means-Clustering oder Hauptkomponentenanalyse sind sie deutlich genereller einsetzbar und dadurch auch erfolgreicher. Der Siegeszug von Deep Learning hat verschiedene Ursachen; Goodfellow et al. [12] identifizieren darunter unter anderem folgende Faktoren:

- die generelle, aber mächtige A-Priori-Annahme, dass abstraktere Konzepte hierarchisch aus immer simpleren Konzepten gelernt werden,
- die Inspiration durch neuronale Strukturen im tierischen und menschlichen Gehirn und
- die Verfügbarkeit von leistungsfähigerer Hardware für ein effizientes Trainieren von tiefen NN.

Bei künstlichen NN werden Schichten von

miteinander verbundenen Neuronen gebildet, inspiriert vom Aufbau natürlicher Hirne. Jedes künstliche Neuron transformiert seine eingehenden Werte anhand einer Aktivierungsfunktion und gibt diese an die Neuronen der nächsten Schichten weiter. Das Training solcher Netze ist in der Regel mit relativ simplen Gradientenabstiegs-Methoden möglich.

Die Besonderheit bei Deep Learning ist die Tiefe der Netze: Es wird eine große Anzahl an Neuronen-Schichten hintereinander geschaltet. Diese Schichten können auch vergleichsweise „schmal“ sein mit wenigen Neuronen in einer Schicht. Die Tiefe der Netze ermöglicht es ihnen, zuerst simple Konzepte zu lernen, in der nächsten Schicht abstraktere Konzepte aus diesen simplen Konzepten zu lernen und diesen Abstraktionsprozess hierarchisch immer weiter fortzuführen.

4.1 Convolutional Neural Networks

Convolutional Neural Networks (CNNs) sind eine Variante von tiefen NN, bei denen in mindestens einer Schicht die Faltungs-Operation angewendet wird [12]. Die Kernelmatrix, mit der gefaltet wird, ist in jedem Bildfenster einer Neuronenschicht dieselbe und ihre Werte werden vom Netz gelernt. Im Gegensatz zu vollständig verbundenen Schichten (Fully Connected (FC) Layers) nutzen mehr Neuronen dieselben Parameter als bei reiner Matrixmultiplikation, was die Speicherkomplexität um mehrere Größenordnungen reduzieren kann. Bei CNNs kommen außerdem Pooling-Schichten hinzu, die dafür sorgen, dass die gelernte Repräsentation der Daten invariant gegenüber kleinen Verschiebungen des Inputs wird. Dadurch drücken CNNs eine A-Priori-Annahme aus, die gerade bei Input-Daten wie Bildern gilt und deswegen dort Vorteile bietet, nämlich dass kleine Verschiebungen innerhalb einer Bildstruktur die Semantik des Bildes nicht verändern.

Genauso wie bei Deep Learning im Allgemeinen gilt auch bei CNNs, dass eine große

Tiefe, also eine hohe Anzahl an Schichten, beim Abstrahieren und robusten Lernen hilft. Hierbei lernt ein CNN z. B. in den ersten Schichten simple Features wie Kanten und Ecken, in tieferen Schichten dann Konturen und Texturen bis hin zu Objektteilen.

Das Trainieren eines CNN erfordert in der Regel viele Trainingsdaten, damit das Netz gut generalisieren kann. Große CNNs, die erfolgreich auf großen und diversen Bild-Datensätzen mit über 1000 Klassen trainiert wurden (z. B. VGGNet [13]), werden gerne als Grundlage für neue CNNs genommen. Solches Transfer Learning wird durchgeführt, indem Teile der Architektur des vortrainierten Netzes mitsamt dessen gelernten Parametern übernommen und nur die dahinter liegenden Schichten angepasst werden.

Dieses Transfer Learning wird besonders häufig in Domänen angewandt, in denen wenig Trainingsdaten zur Verfügung stehen. Es wurde gezeigt, dass der Transfer allgemein vortrainierter CNNs auf die spezifische medizinische Domäne mindestens so gute Ergebnisse erzielt wie ein CNN, das mit zufällig initialisierten Werten trainiert wird [14]. In allen nachfolgend vorgestellten Ansätzen wird ein solches Transfer Learning angewendet.

4.2 Lokalisierung

Bei [15] wird mithilfe von Farb-Features und CNNs in Kombination mit einer Support Vector Machine (SVM) ein Fenster innerhalb des Bildes ermittelt, in dem sich ein Polyp befindet. Die Autoren stellen fest, dass Features, die von CNNs gelernt werden, gegenüber anderen Methoden robuster sind hinsichtlich 3D-Rotation und Rauschen. Als zusätzliches Merkmal nutzen sie zusätzlich noch Farb-Wavelets, die hier nicht näher erläutert werden. Da die Wavelet-Transformation mehrere Skalierungen berücksichtigt, kann mit ihren Features auch eine Skaleninvarianz erzielt werden [16].

Das zu verarbeitende Bild wird in Fenster mit fester Größe aufgeteilt, die nacheinander verarbeitet werden. Wird in einem Fenster ein Polyp gefunden, wird nicht mehr ge-

sucht, ob noch weitere vorhanden sind; es kann also maximal ein Polyp gefunden werden. Es wird auch nicht evaluiert, wie der Einsatz von Farb-Wavelets zusammen mit CNNs gegenüber einem reinen Einsatz von CNNs abschneidet. Dadurch wird nicht ersichtlich, welchen Vorteil eine solche Symbiose bietet, da CNNs sowohl mit Farbe als auch unterschiedlichen Auflösungen umgehen können.

Lequan et al. [17] nutzen zur Polypen-Lokalisierung ein 3D-CNN, das sie zu einem Fully Convolutional Network (FCN) umbauen. 3D-CNNs ermöglichen die Verarbeitung dreidimensionaler Bilddaten wie z. B. von CT und MRT in einem CNN. In diesem Fall ist der Input allerdings eine Bildsequenz, damit nicht nur räumliche, sondern auch zeitliche Zusammenhänge gelernt werden können. Diese 3D-CNN-Architektur wird erweitert auf ein 3D-FCN.

FCNs sind eine spezielle Form von CNNs, bei denen die Faltungs-Operation nicht nur in mindestens einer Schicht zum Einsatz kommt, sondern in allen Schichten [18]. Das macht nicht nur das Training weniger komplex, sondern hebt auch die Beschränkung auf Inputs fester Größe auf: Bilddaten mit beliebiger Auflösung können jetzt verarbeitet werden. Außerdem ist jetzt keine Festerung des Inputs mit einem „Sliding Window“ mehr nötig, denn das gesamte Originalbild wird auf einmal verarbeitet. Die resultierende semantische Segmentierung wird zwar durch ein Upsampling hoch skaliert, welches das Netz selbst lernt, hat aber in der Regel eine geringere Skalierung als der Original-Input.

Das 3D-FCN von Lequan et al. gibt eine Wahrscheinlichkeits-Map aus, deren Maxima auf Polypen-Positionen im Bild hindeuten. Anhand dieser Maxima kann dann mit einer Markierung, die über das ursprüngliche Bild gelegt wird, die Position von Polypen im Bild hervorgehoben werden.

4.3 Segmentierung

FCNs kommen bereits zur Segmentierung von Polypen zum Einsatz bei Vázquez et

al. [19]. Sie präsentieren in diesem Ansatz ein neues öffentliches Dataset, damit Algorithmen zur Polypen-Segmentierung sich daran messen können. Gleichzeitig legen sie direkt eine Baseline fest, nämlich ein ohne zusätzliche Optimierung trainiertes FCN. Die Autoren zeigen, dass die semantische Multi-Klassen-Segmentierung einer koloskopischen Szene mit FCNs in einem einzigen Schritt möglich ist; es wird nicht mehr ein gesonderter Algorithmus pro Segmentierungs-Klasse benötigt. Die 2-Klassen-Segmentierung, die nur Polypen und Hintergrund unterscheidet, schneidet am besten ab.

Eine gängige Praxis bei CNNs ist der Einsatz von Data Augmentation: Hierbei werden Transformationen an den Input-Bildern durchgeführt, um einerseits eine geringe Menge an Trainingsdaten künstlich zu vervielfachen und andererseits die gelernte Repräsentation der Daten robuster zu machen. Zu diesen Transformationen können geometrische Transformationen wie Rotation und Translation zählen, aber auch künstliches Rausches und Moiré-Effekte. Die Autoren von [19] stellen fest, dass die Segmentierung der Polypen und auch die des Hintergrundes sich am meisten verbessert, wenn bei der Data Augmentation eine Kombination von Zoom, Verkrümmung, Scherung und Rotation zum Einsatz kommt.

Wichakam et al. [20] stellen eine Verbesserung dieser Baseline-Architektur vor, bei der das FCN komprimiert wird. Der Hauptvorteil gegenüber der vorherigen Architektur ist eine Beschleunigung der Inferenzzeit, also der Zeit, die bei der Live-Segmentierung eines neuen Samples benötigt wird. Diese wird hier reduziert, sodass Echtzeit-Performance möglich wird, indem die Autoren zwei der Faltungsschichten der vorherigen Architektur verwerfen.

Außerdem verändern sie die Verlustfunktion, sodass der DICE-Score nicht mehr bezogen auf die beiden Klassen „Hintergrund“ und „Polyp“ berechnet wird, sondern nur noch bezüglich der Polypen-Klasse. Dies rechtfertigen sie mit dem Klassen-Ungleichgewicht,

das häufig in medizinischen Bilddaten auftritt: Die Klasse „Hintergrund“ macht die Mehrheit der Pixel der Trainingsdaten aus. Ihre quantitativen Ergebnisse liegen weniger als 1 % unter dem der Baseline, gleichzeitig ist die Inferenzzeit im Vergleich auf unter 15 % gesunken und die Trainingszeit auf etwa ein Drittel.

4.4 Generative Netze

CNNs sind ein Beispiel für die effektive Lösung von überwachten Lernproblemen mit Deep Learning, aber auch bei den unüberwachten Lernverfahren gibt es einige interessante Entwicklungen. Eine dieser Entwicklungen ist von der Motivation getrieben, die vom Netz gelernte Repräsentation besser verstehen zu können, aber auch davon, mit einer geringeren Menge gelabelter Daten auszukommen. Sogenannte generative Netze sind in der Lage, eine Repräsentation der Daten zu lernen und dann selbstständig völlig neue Samples zu generieren, die nicht aus der Trainingsmenge stammen [12]. Die Mehrheit der Ansätze für generative Netze, auf die hier nicht genauer eingegangen wird, sind im Gegensatz zu konventionellen NN nur als ungerichtete Graphen darstellbar, und das sorgt dafür, dass das Training und teilweise sogar die Inferenz nur noch approximiert werden können. Das Training mit den dafür entwickelten Algorithmen verläuft oft zu instabil für einen praktischen Einsatz. Die von Goodfellow et al. entwickelten Generative Adversarial Networks (GANs) hingegen können mit effizienten und für Deep Learning üblichen Methoden trainiert werden [21]. Die spieltheoretische Grundidee besteht darin, dass ein Generator-Netz und ein Diskriminator-Netz gegeneinander arbeiten. Der Diskriminator wird darauf trainiert, realistische Samples von gefälschten Samples zu unterscheiden. Gleichzeitig erzeugt der Generator so lange neue Samples, bis der Diskriminator nicht mehr unterscheiden kann, ob die generierten Samples echt oder unecht sind.

Die ursprünglich entwickelten GANs produzierten anfangs noch Bildsamples von re-

lativ niedriger Auflösung. Spätere Weiterentwicklungen bauten eine Art Laplace'sche Pyramide auf, bei der in jeder Upsampling-Stufe das generierte Sample künstlich mit Gauss-Filter hochskaliert wird und ein GAN pro Stufe eine Verfeinerung der Hochskalierung lernt [22]. Die Qualität dieser Netze wurde wiederum von den Deep Convolutional GANs (DCGANs) [23] noch übertroffen. Diese Art von GAN nutzt ausschließlich Faltungsschichten.

Das Generator-Netz in GANs generiert in seiner ursprünglichen Form ein neues Sample, indem es einen Vektor mit zufällig initialisierten Werten als Eingabe nimmt und diesen durch seine Schichten schickt. Wird hingegen ein GAN umfunktioniert, sodass der Generator statt einem Rausch-Vektor einen „sinnvollen“ Input, z. B. ein Bild, als Eingabe bekommt, ergibt sich ein konditioniertes GAN. Solche Conditional Adversarial Networks (CAN) können dann für überwachte Lernprobleme genutzt werden, bei denen die Verlustfunktion nicht mehr von Hand erstellt wird, sondern von der Netzarchitektur selbst gelernt wird.

Das eröffnet ganz neue Möglichkeiten, beispielsweise für eine Image-to-Image-Translation, bei der die Domänenanpassung nur noch durch die Trainingsdaten geschieht und *keine Anpassung der Verlustfunktion mehr notwendig* ist [24]: Das CAN wird z. B. auf Paaren von Farbbildern und deren Graustufen-Variante trainiert und kann dann Graustufenbilder kolorieren; ebenso kann beim Training mit Paaren von Straßenszenen und deren Segmentierungen aus einer gegebenen Segmentierung eine zugehörige Straßenszene generiert werden und umgekehrt. Theoretisch wäre auch auf diese Weise eine Polypen-Segmentierung durchführbar, wenn genügend Daten zum Trainieren vorhanden sind. Allerdings merken die Autoren an, dass ihre CANs sich noch nicht besonders gut für semantische Segmentierung eignen, da sie zwar hochauflösende Ergebnisse produzieren, aber auch einige kleine Objekte „halluzinieren“, die im Ausgangsbild nicht vorhanden sind.

Das hält Zisimopoulos et al. allerdings nicht davon ab, mithilfe der Image-to-Image-CANs OP-Instrumente in Simulationen von Katarakt-OPs zu segmentieren [25]. Im Vergleich zu FCNs in verschiedenen Auflösungen produziert ein auf hoher Auflösung trainiertes CAN sehr genaue Segmentierungen, die aber immer noch einige kleine falsch positive Ergebnisse enthalten. Goodfellow et al. [12] empfehlen aus ihrer Erfahrung im Erstellen tiefer NN, tendenziell ein Modell mit zu großer Kapazität zu wählen und dessen Überanpassung durch starke Regularisierung einzuschränken statt ein Modell mit geringer Kapazität zu wählen. Diese Einschätzung lässt es möglich erscheinen, dass durch eingehende Regularisierung des CAN ein Netz erzielt werden kann, das präzise Segmentierungen ohne Halluzinationen liefert.

Abgesehen von [25] nutzt der Recherche des Autors nach bisher noch niemand generative Netze oder speziell GANs auf endoskopischen Bilddaten außer Mahmood et al. [26]. Sie greifen folgenden Trend auf, der sich auch im medizinischen Deep Learning ausbreitet: Es werden synthetische Trainingsdaten und die zugehörigen Labels oder Segmentierungen automatisiert erstellt, indem Szenen in einem virtuellen OP-Simulator nachgestellt werden. Dann lernt ein Netz auf diesen Trainingsdaten und es wird angenommen, dass es dann auch auf realen Daten zuverlässig funktioniert. Dieses Vorgehen ist sehr attraktiv, weil maschinelles Lernen viele Trainingsdaten benötigt und diese gerade im medizinischen Sektor teuer zu erzeugen sind. Auch Zisimopoulos et al. [25] sind ein Beispiel für ein solches Vorgehen, allerdings bleiben die Ergebnisse auf realen Daten noch weit hinter den Erwartungen zurück.

Um diese Lücke zu schließen, gibt es bereits Ansätze, die versuchen, mithilfe von GANs synthetische Bilder an reale anzunähern, um dadurch die automatisiert erzeugten Trainingsdaten qualitativ an reale anzunähern. Mahmood et al. gehen den entgegengesetzten Weg: Sie nähern mithilfe eines „Transformer-GANs“ *reale an synthetische Bilder* an, um dann mit Netzen, die auf syn-

thetischen Daten trainiert wurden, eine Tiefenkarte aus dem monokularen Koloskopiebild abzuschätzen. Eine solche Tiefenschätzung könnte dann wiederum verwendet werden, um eine Segmentierung von Polypen zu lernen, da die Form der Polypen das alles entscheidende Feature zu sein scheint.

5 Fazit

In dieser Arbeit wurde untersucht, inwiefern Deep Learning im Bereich der Polypen-Segmentierung Vorteile bringen kann. Eine Analyse des aktuellen Standes der Wissenschaft zeigt, dass bei den von Hand gewählten Features besonders die Form der Polypen aussagekräftiger ist als Farbe und Textur. Das Lernen von Features, für das Deep Learning bisher die erfolgreichste Methode ist, benötigt zwar eine große Menge Trainingsdaten, kann aber potenziell bessere Ergebnisse liefern und außerdem neuartige Features entdecken.

FCNs als vollständig faltende Erweiterung von CNNs ermöglichen eine semantische Segmentierung. Vázquez et al. [19] stellen mit ihrer Anwendung des FCN-8s [18] eine Baseline in der Polypen-Segmentierung auf, deren Performanz in komprimierter Form von Wichakam et al. [20] verbessert wird.

Sie prädizieren allerdings nur auf einzelnen Frames und betrachten den zeitlichen Kontext nicht. Das 3D-FCN von Lequan et al. [17] behandelt eine Frame-Sequenz als 3D-Volumen, erzeugt davon allerdings bisher nur eine punktgenaue Lokalisierung und keine pixelgenaue Segmentierung.

Isola et al. [24] stellen eine domänenunabhängige Image-to-Image-Translation vor, die auf konditionierten DCGANs [23] basiert und auch Segmentierungen lernen kann. Anwendungen im Kontext der Segmentierung von OP-Instrumenten [25] belegen genaue Re Ergebnisse als FCNs, allerdings auch eine höhere Anzahl an falsch positiven Ergebnissen.

Bei der Polypen-Segmentierung werden generative Netze bereits erfolgreich eingesetzt, um reale Koloskopie-Bilder an synthetische anzunähern, damit auf diesen monokularen

Bildern eine Tiefenkarte geschätzt werden kann [26]. Die Segmentierung als nächster Schritt fehlt allerdings noch.

Eine Weiterentwicklung und Fusion der bestehenden Ansätze bietet ein großes Potenzial zur Verbesserung der Polypen-Segmentierung. Denkbare Beispiele aus Sicht des Autors sind

- eine aggressive Regularisierung der CANs von Isola et al.,
- eine Fortführung der Tiefenschätzung von Mahmood et al. (von den Autoren bereits angekündigt),
- alle bereits erwähnten Ansätze (außer 3D-FCN), erweitert um Sequenzbetrachtung – entweder durch Erweiterung des 3D-CNN wie bei Lequan et al. oder durch zusätzliche Features wie den optischen Fluss vom vorherigen Frame.

Literaturverzeichnis

- [1] R. Lozano, M. Naghavi, K. Foreman, S. Lim, K. Shibuya u. a. Global and regional mortality from 235 causes of death for 20 age groups in 1990 and 2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *The Lancet*, 380:2095–2128, 9859, 2012. ISSN: 0140-6736. DOI: 10.1016/S0140-6736(12)61728-0.
- [2] J. Ferlay, H. R. Shin, F. Bray, D. Forman, C. Mathers u. a. GLOBOCAN, Cancer incidence and mortality worldwide: IARC CancerBase No. 10 [Internet]. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer; 2010. *globocan. iarc. fr*, 2012.
- [3] V. Kumar, A. K. Abbas, N. Fausto, S. L. Robbins und R. S. Cotran, Herausgeber. Robbins and Cotran pathologic basis of disease. 7. ed. Auflage. Elsevier Saunders, Philadelphia, Pa., 7. ed. Auflage, 2005. 1525 Seiten. ISBN: 0721601871.

- [4] A. G. Zauber, S. J. Winawer, M. J. O'Brien, I. Lansdorp-Vogelaar, M. van Ballegooijen u. a. Colonoscopic polypectomy and long-term prevention of colorectal-cancer deaths. *The New England journal of medicine*, 366:687–696, 8, 2012. DOI: 10 . 1056/NEJMoa1100370.
- [5] D. K. Rex. Reducing costs of colon polyp management. *The lancet oncology*, 10:1135–1136, 12, 2009. ISSN: 1470-2045.
- [6] G. Schachschal. *Praktische Koloskopie: Methodik, Leitlinien, Tipps und Tricks ; 16 Tabellen*. Thieme, 2010. ISBN: 9783131477415.
- [7] V. B. S. Prasath. Polyp Detection and Segmentation from Video Capsule Endoscopy: A Review. *Journal of Imaging*, 3:1, 1, 2016. DOI: 10 . 3390/jimaging3010001.
- [8] J. Bernal, F. J. Sánchez, G. Fernández-Esparrach, D. Gil, C. Rodríguez u. a. WM-DOVA maps for accurate polyp highlighting in colonoscopy: Validation vs. saliency maps from physicians. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 43:99–111, 2015. ISSN: 0895-6111. DOI: 10 . 1016/j.compedimag .2015.02.007.
- [9] J. Bernal, J. Sánchez und F. Vilariño. Towards automatic polyp detection with a polyp appearance model. *Pattern Recognition*, 45:3166–3182, 9, 2012. ISSN: 0031-3203. DOI: 10 . 1016/j.patcog .2012.03.002.
- [10] N. Tajbakhsh, S. R. Gurudu und J. Liang. Automated Polyp Detection in Colonoscopy Videos Using Shape and Context Information. *IEEE transactions on medical imaging*, 35:630–644, 2, 2016. DOI: 10 . 1109/TMI .2015 .2487997.
- [11] M. Ganz, Y. Xiaoyun und G. Slabaugh. Automatic segmentation of polyps in colonoscopic narrow-band imaging data. *IEEE transactions on bio-medical engineering*, 59:2144–2151, 8, 2012. ISSN: 1558-2531. DOI: 10 . 1109/TBME .2012 .2195314.
- [12] I. Goodfellow, Y. Bengio und A. Courville. *Deep learning*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts und London, England, 2016. XXII, 775 Seiten. ISBN: 978-0-262-03561-3.
- [13] K. Simonyan und A. Zisserman. Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition, 10. Apr. 2015. URL: <http://arxiv.org/pdf/1409.1556>.
- [14] N. Tajbakhsh, J. Y. Shin, S. R. Gurudu, R. T. Hurst, C. B. Kendall u. a. Convolutional Neural Networks for Medical Image Analysis - Full Training or Fine Tuning? *IEEE transactions on medical imaging*, 35:1299–1312, 5, 2016. DOI: 10 . 1109/TMI .2016 .2535302.
- [15] M. Billah, S. Waheed und M. M. Rahman. An Automatic Gastrointestinal Polyp Detection System in Video Endoscopy Using Fusion of Color Wavelet and Convolutional Neural Network Features. *International journal of biomedical imaging*, 2017:9545920, 2017. ISSN: 1687-4188. DOI: 10 . 1155/2017/9545920.
- [16] S. G. Mallat. Multifrequency channel decompositions of images and wavelet models. *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 37:2091–2110, 12, 1989. ISSN: 00963518. DOI: 10 . 1109/29.45554.
- [17] Y. Lequan, C. Hao, D. Qi, Q. Jing und A. H. Pheng. Integrating Online and Offline Three-Dimensional Deep Learning for Automated Polyp Detection in Colonoscopy Videos. *IEEE journal of biomedical and health informatics*, 21:65–75, 1, 2017. ISSN: 2168-2208. DOI: 10 . 1109/JBHI .2016 .2637004.

- [18] J. Long, E. Shelhamer und T. Darrell. Fully convolutional networks for semantic segmentation. In *2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. 2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). (Boston, MA, USA,), Seiten 3431–3440, Piscataway, NJ. IEEE, 2015. ISBN: 978-1-4673-6964-0. DOI: 10 . 1109/CVPR.2015.7298965.
- [19] D. Vázquez, J. Bernal, F. J. Sánchez, G. Fernández-Esparrach, A. M. López u. a. A Benchmark for Endoluminal Scene Segmentation of Colonoscopy Images. *Journal of healthcare engineering*, 2017:4037190, 2017. ISSN: 2040-2295. DOI: 10 . 1155 / 2017 / 4037190.
- [20] I. Wichakam, T. Panboonyuen, C. Udomcharoenchaikit und P. Vateekul. Real-Time Polyps Segmentation for Colonoscopy Video Frames Using Compressed Fully Convolutional Network. In K. Schoeffmann u. a., *Multi-Media modeling*. Band 10704, Nummer 10704, Seiten 393–404. Springer, Cham, 2018. ISBN: 978-3-319-73602-0. DOI: 10 . 1007 / 978 - 3 - 319 - 73603-7_32.
- [21] I. Goodfellow, J. Pouget-Abadie, M. Mirza, B. Xu, D. Warde-Farley u. a. Generative Adversarial Nets. In *Advances in Neural Information Processing Systems*, Seiten 2672–2680, 2014.
- [22] E. L. Denton, S. Chintala, a. szlam arthur und R. Fergus. Deep Generative Image Models using a Laplacian Pyramid of Adversarial Networks. In *Advances in Neural Information Processing Systems*, Seiten 1486–1494, 2015.
- [23] A. Radford, L. Metz und S. Chintala. Unsupervised Representation Learning with Deep Convolutional Generative Adversarial Networks, 2016. URL: <http://arxiv.org/pdf/1511.06434v2.pdf>
- [24] P. Isola, J.-Y. Zhu, T. Zhou und A. A. Efros. Image-to-Image Translation with Conditional Adversarial Networks. In herausgegeben von R. Chellappa, Z. Zhang und A. Hoogs, *30th IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). (Honolulu, HI), Seiten 5967–5976, Piscataway, NJ. IEEE, 2017. ISBN: 978-1-5386-0457-1. DOI: 10 . 1109 / CVPR.2017.632.
- [25] O. Zisimopoulos, E. Flouty, M. Stacey, S. Muscroft, P. Giataganas u. a. Can surgical simulation be used to train detection and classification of neural networks? *Healthcare technology letters*, 4:216–222, 5, 2017. ISSN: 2053-3713. DOI: 10 . 1049 / ht1 . 2017 . 0064.
- [26] F. Mahmood, R. Chen und N. J. Durr. Unsupervised Reverse Domain Adaptation for Synthetic Medical Images via Adversarial Training, 29. Nov. 2017. URL: <http://arxiv.org/pdf/1711.06606.pdf>

Untersuchung der Möglichkeiten und Risiken von Implantaten

Benjamin Weinert

Reutlingen University

[Benjamin.Weinert@student.
Reutlingen-University.DE](mailto:Benjamin.Weinert@student.reutlingen-university.de)

Abstract

Durch das stetige Wachstum an neuen Technologien und Möglichkeiten steht der Verschmelzung von Technologien mit dem Menschen kaum noch etwas im Wege. Die Untersuchung der Implantate und die damit verbundenen Risiken sind ein Teil dieser Arbeit. Von Bedeutung sind hier die Funktionsweise und die IT-Sicherheitsaspekte. Alle in dieser Arbeit dargestellten Implantate benötigen eine Kommunikation nach außen. Diese Kommunikationsmöglichkeit birgt Risiken, die nicht nur auf die Daten der Träger beschränkt sind, sondern auch gesundheitliche Risiken beinhalten.

Schlüsselwörter

RFID, Retina, Sicherheit, Implantat, Mikrochip, Hacking, Risks, Medizin, Biohacking, Hardware

CR-Kategorien

Security, Human Factors, Design, Algorithms, Hardware

Betreuer Hochschule: Prof. Dr. Tangemann
Hochschule Reutlingen
[Michael.Tangemann@Reutlingen-
University.de](mailto:Michael.Tangemann@Reutlingen-University.de)

Informatics Inside 2018
Wissenschaftliche Vertiefungskonferenz
09. Mai 2018, Hochschule Reutlingen
Copyright 2018 Benjamin Weinert

1 Einleitung

Die immer kleiner werdenden Technologien finden nicht nur in Computersystemen ihre Anwendung, sondern sie bestimmen schon heute den Alltag der Menschen. Mikrochips werden für das Bezahlen mit der EC-Karte, für Zugangsberechtigungen anhand von Zugangskarten und für medizinische Anwendungen wie Herzschrittmacher verwendet. Das neueste Anwendungsbereich stellen jedoch Implantate dar. In Filmen wie „The Circle“ oder „Ghost in the Shell“ werden fiktive Implantate dargestellt, die der körperlichen Gesundheitsüberwachung oder als Upgrades für menschliche Fähigkeiten dienen.

Neben den unterschiedlichen Einsatzgebieten der Mikrochips, wie beispielsweise in der Medizin oder der Vernetzung des Menschen, werden Mikrochips auch für die Wireless-Übertragung von Daten verwendet. Dies bedeutet, es muss eine Kommunikationsmöglichkeit integriert sein, welche zusätzlich an der Energieversorgung angeschlossen ist und somit den Energieverbrauch erhöht.

Die Übertragung von Daten über die Luft birgt zudem ein gewisses Risiko. Böswillige Zugriffe auf diese Mikrosysteme können erheblichen Schaden anrichten, nicht nur datenschutztechnischen durch das Stehlen von privaten Informationen, sondern in diesem Falle auch gesundheitlichen. Gelingt es jemanden diese Datenübertragung abzufangen und direkten Zugriff auf die

Daten zu erhalten, besitzt er die Möglichkeit diese für weitere Angriffe zu verwenden.

1.1 Ziel und Aufbau

Ziel der Arbeit ist es zunächst, einen Überblick über die untersuchten Implantate zu geben. Die Auswahl der Implantate wurde so gewählt, dass ein bereits seit längerem bestehendes, ein neueres und ein sich noch in der Forschung befindliches untersucht wird. Des Weiteren wird anschließend auf die IT-sicherheitsspezifischen Fragen eingegangen und die Implantate auf mögliche Angriffe untersucht. Hierzu werden bereits bekannte Angriffsmöglichkeiten auf die Technologien berücksichtigt und neue Angriffsvektoren aufgedeckt, die sich durch die Anwendung von Implantaten ergeben. Dabei werden nicht nur technische Angriffe berücksichtigt, sondern auch gesundheitlich relevante Punkte angesprochen.

Die Arbeit gliedert sich somit in zwei Hauptteile, zum einen die Vorstellung der Implantate und zum anderen die Untersuchung der Implantate in Hinsicht auf die IT-Sicherheit und die gesundheitlichen Risiken. Die in den nachfolgenden drei Kapiteln vorgestellten Implantate besitzen zudem eine kabellose Kommunikations-schnittstelle, welche für die IT-Sicherheit eine relevante Eigenschaft darstellt.

2 Herzschrittmacher

Die Definition von Implantaten ist laut [1] wie folgt. Implantate sind künstliche Teile zur Erfüllung bestimmter Ersatzfunktionen, die in den menschlichen Körper eingebracht werden. Der Herzschrittmacher wie er verallgemeinert genannt wird, ist eines der bekanntesten Implantate. Herzschrittmacher und Defibrillatoren werden umgangssprachlich nicht unterschieden, jedoch führen beide unterschiedliche Funktionen aus. Defibrillatoren springen nur ein, wenn zum Beispiel ein Kammerflimmern erkannt wird und versuchen das Herz wieder in den normalen Sinusrhythmus zu bringen. Der Herzschrittmacher hingegen wird zum

kardinalen Rhythmusmanagement eingesetzt. Dieser greift nur bei Pausen oder zu langsamer Aktivität des Herzens ein, dabei überwacht der Herzschrittmacher permanent die Herzaktivität.

Ein Herzschrittmacher ist im Wesentlichen ein batteriebetriebener Impulsgenerator, welcher bei bestimmten Herzrhythmusstörungen durch elektrische Stimulation des Herzens für einen normalen Herzrhythmus sorgt [2]. Das etwa streichholzschachtelgroße Gehäuse beinhaltet die Stimulator- und Analyseelektronik sowie die Batterie [2]. Eingesetzt wird es normalerweise unter dem Schlüsselbein unter örtlicher Betäubung [2]. Bis zu drei ca. 60cm lange Elektroden werden zum Herzen vorgeschnitten und am Herzmuskel befestigt [2].

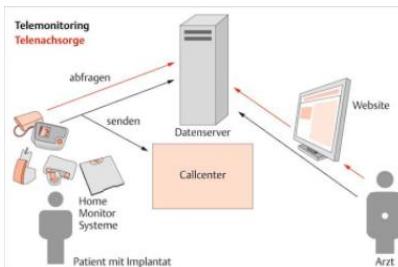


Abbildung 1: Telemonitoring und Telenachsorge [3]

Aktuelle Generationen von Herzschrittmachern besitzen eine Kommunikations-schnittstelle nach außen [3]. Diese wird dazu verwendet, Nachsorgetermine zu reduzieren und die Überwachung durch den Arzt auch dann zu ermöglichen, wenn dieser nicht direkt vor Ort ist. Diese Art der Nachsorge nennt man Telenachsorge oder Telemonitoring. Die Telenachsorge bietet hierbei keine kontinuierliche Datenübertragung, sondern ein kontrollierter Datenaustausch zwischen Arzt und Patient. Der Patient hat somit die Möglichkeit gezielt Daten an den Datenserver zu senden, womit der Arzt diese jederzeit abrufen kann.

Das Telemonitoring hingegen bedeutet eine kontinuierliche Datenübertragung vom

Patienten zum Datenserver, wobei der Arzt all diese Informationen live auf dem Monitor verfolgen kann. Die entstehende Datenflut würde bei der Beurteilung durch den Arzt zusätzlichen Zeitaufwand bedeuten, sodass hier Auswertezentren zur Filterung der Daten erforderlich sind [3].

Die Abbildung 1, stellt diese zwei Verfahren dar. Zu erkennen ist, dass für die Übertragung der Daten des Herzschrittmachers ein Home Monitor System benötigt wird. Beim Telemonitoring ist der Ablauf wie folgt: Der Patient überträgt die Daten des Herzschrittmachers an den Datenserver und zeitgleich eine Benachrichtigung an das Callcenter. Der Arzt kann dann die Daten von dem Datenserver abrufen und erhält somit den kontinuierlichen Datenfluss. Bei der Telenachsorge sendet der Patient eine Abfrage an den Datenserver, bevor die Daten des Patienten an den Datenserver gesendet werden. Der Arzt kann dann über eine Website die auf dem Server liegenden Daten des Patienten direkt abrufen. Er erhält dadurch einen Überblick über den Zustand des Herzschrittmachers und die Aktivitäten des Herzens.

3 RFID und NFC Implantat

Ein RFID (Radio Frequency Identification) Implantat ist keine Zukunftsvision mehr, sondern schon Realität, dies zeigt ein Bericht von [4], bei dem sich eine Person selbst RFID-Implantate gesetzt hat. Weitere Beispiele stellen eine US-Firma und eine schwedische Firma dar, die den Mitarbeitern NFC (Near Field Communication) Implantate einsetzen ließen. [5][6]

In der Literatur wird nur spärlich zwischen RFID und NFC unterschieden, daher wird in dieser Arbeit nur RFID verwendet. Beim RFID-Implantat handelt es sich um eine kleine Kapsel. Diese ist nicht größer als ein Reiskorn, jedoch ausgestattet mit einem technischen Innenleben und der Möglichkeit Daten zu übertragen. Die Bauteile ähneln dem normalen Aufbau der RFID-Chips, sie besitzen eine Glaskapsel mit den Maßen 12mm und einen Durchmesser von 2mm.

Versorgt wird das Implantat über die Induktion. Dabei erzeugt das Lesegerät ein Magnetfeld, welches von der Antenne genutzt wird.

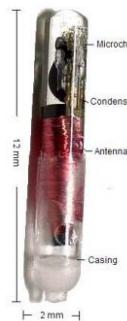


Abbildung 2: RFID-Chipkapsel [7]

Der VeriChip war 2011 der erste RFID-Chip, der für die Implantation im Menschen zugelassen wurde. Auf dem Chip wurden keine persönlichen Daten gespeichert. Auf dem Lesegerät wird lediglich eine 16-stellige Identifikationsnummer abgelesen, welche zu einem Eintrag in der Datenbank führt. Der Eintrag der Datenbank umfasste dabei Angaben über den Implantat-Träger, dessen Ansprechpartner, sowie Informationen über Allergien, Medikation, andere Implantate und frühere chirurgische Eingriffe. [7]

Die RFID-Implantate heutzutage beinhalten dabei sehr viel mehr, als nur eine 16-stellige Identifikationsnummer. Sie sind dazu in der Lage, als Zugangsberechtigung zu fungieren oder persönliche Informationen abzuspeichern. Aktuelle Implantate können auch als Bezahlmöglichkeit verwendet werden; dies hat Graafstra [4] in seinem Selbstversuch bereits bewiesen und zeigt auf, dass noch viel mehr möglich ist. Die RFID-Implantate werden als Rohlinge verkauft und können vom Anwender auch selbst programmiert werden. Dies vergrößert das Einsatzgebiet deutlich und lässt Entwicklern freie Hand, wozu diese die Implantate verwenden [4].

4 Retina Implantat

Ein Implantat oder eine Prothese bezeichnet in der Medizin allgemein den Ersatz von Organen oder deren Teilen [8]. Bezieht man diese Aussage auf das menschliche Auge bedeutet dies, dass ein Teil und dessen Funktion von einem Implantat entweder ganz oder zum Teil übernommen wird. Bei dem Begriff Retina-Implantat geht man jedoch noch einen Schritt weiter und bezieht dies auf solche Technologien, die das Ziel haben, neuronale Funktionen des Sehens zu ersetzen [9].

Innerhalb eines vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projektes wird der Ansatz untersucht, mit Hilfe einer Telemetrie-Anwendung Daten und Energie in das menschliche Auge zu übertragen. Hintergrund ist hierzu die Erkrankung der menschlichen Netzhaut die bei rund 30.000 Menschen allein in Deutschland diagnostiziert wurde. Diese Erkrankung gilt als unheilbar, wie Retinitis Pigmentosa oder Makula-Degeneration. [10] Es existieren momentan zwei Versionen des Retina-Implantats. Zum einen das subretinale Implantat und zum anderen das epiretinale Implantat, welche sich nicht nur in der Funktion unterscheiden, sondern auch im technischen Aufbau.

4.1 Subretinales Implantat

Elektronische Sehimplantate gehören in den Bereich der Neuroprothetik und versuchen Teifunktionen der neuronalen visuellen Sehbahn zu ersetzen [9]. Das subretinale Implantat ersetzt dabei die Funktion der degenerierten Photorezeptoren – dieser Ansatz wird aktuell in einer klinischen Studie in Tübingen verfolgt [9].

Die Ersatzung erfolgt durch das Implantieren eines Mikrochips, der aus mehreren Bauteilen besteht, wie in der Abbildung 3 zu sehen ist. Das Implantat besteht dabei aus einem Mikrochip Alpha IMS von der Retina Implantat AG, dieser besteht aus 1500 Elementen, die auf einer Fläche von 3 x 3mm platziert sind. Jedes dieser Pixel besteht dabei

aus einer lichtempfindlichen Photodiode, einem Differenzverstärker und einer Elektrode. [9]

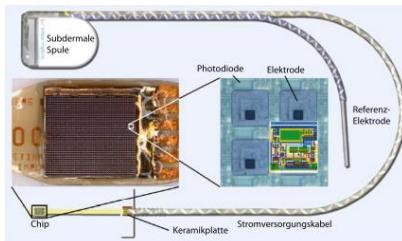


Abbildung 3: Aufbau - Subretinales Implantat [9]

Einfallendes Licht wird Punkt für Punkt von Photodioden aufgefangen und in elektronische Signale umgewandelt, die weiter an den Sehnerv geleitet werden[8].

Die Stromversorgung des subretinalen Implantats wird durch eine externe Stromquelle sichergestellt. Grund hierfür ist die Tatsache, dass das einfallende Licht nicht ausreicht, um den Energiebedarf des Implantats zu decken. Diese externe Stromzufuhr ist auf der Abbildung 3 zu sehen; das Kabel verlässt nach einer als dünne Folie ausgebildeten subretinalen Strecke den Bulbus transchoroidal und transskleral. Es verläuft weiter unter dem Musculus temporalis bis hinter das Ohr und mündet in eine subperiostale Empfangsspule für die Stromversorgung und die Steuersignale. [9]

4.2 Epiretinales Implantat

Im Gegensatz zu dem subretinalen Implantat benötigt das epiretinale Implantat eine externe Kamera, die häufig an Brillen befestigt ist. Dies hat mit der Implantierungsmethode zu tun, denn anders als bei der subretinalen Implantation, wird das Implantat nicht hinter die intakte Netzhaut implantiert, sondern auf die Netzhaut. Die Elektroden stimulieren direkt Ganglienzellen des Sehnervs und

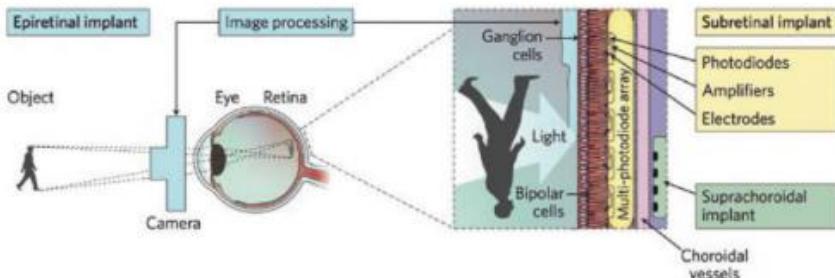


Abbildung 4:Epiretinales (Argus II) und subretinales Implantat (Alpha IMS)[12]

überbrücken somit die gesamte Retina. Generell gilt dieser Eingriff als chirurgisch einfacher zugänglich [11]. Aktuell gibt es zwei verschiedene Systeme des epiretinalen Implantats. Zum einen das Argus II System und zum anderen das EPIRET3 System. Beide Ausführungen verwenden eine außen angebrachte Kamera, die in eine Brille eingelassen wird, und ein Computersystem für die Verarbeitung der Kameradaten.

Das EPIRET3 System [11] besteht dabei aus zwei Teilsystemen, zum einen das extraokulare und zum anderen dem intraokularen. Das extraokulare Teilsystem umfasst dabei ein Computersystem, eine Sendereinheit und eine an einem Halter angebrachte Senderspule, die vor dem Auge platziert wird. Das intraokulare Teilsystem besteht dabei aus einem Empfänger, der notwendigen Elektronik und aus 25 3D-Simulationselektroden. [11]

Das Argus II System ist dabei gleich aufgebaut, wie das EPIRET3 System, jedoch besitzt das Argus II System 60 Elektroden, die aus dem Kamerabild ein Erregungsmuster auf die Netzhaut übertragen [12].

Die Abbildung 4 zeigt die beiden Retina Implantate; deutlich zu erkennen ist hier die Kameravorrichtung vor dem Auge und die Platzierung des epiretinalen Implantats direkt auf der Netzhaut (linker Teil des Bildes). Das subretinale Implantat ist auf dem Bild im rechten Teil zu finden und ist hinter der Netzhaut platziert.

5 Sicherheitsrisiken der Technologien

Sobald Mikrochips und Datenübertragungen möglich sind, gibt es auch Sicherheitsrisiken und mögliche Angriffe, die zu beachten sind. In diesem Kapitel werden mögliche Schwachstellen und konkrete Sicherheitslücken aufgezeigt und diskutiert. Dabei werden die in den Implantaten verwendeten Technologien einzeln betrachtet. Neben den technischen Risiken, werden zudem auch gesundheitliche Risiken angesprochen – dies hat den Grund, da die Technologien und deren technische Bauteile auch gesundheitliche Risiken bergen.

Angriffe auf Technologien verfolgen meist bestimmte Ziele, sei es das System unbrauchbar zu machen, Daten zu erhalten oder einfach Schaden anzurichten und das System temporär zu blockieren. Um diese Ziele zu erreichen, verwenden die Angreifer verschiedene Methoden, auf welche die vorgestellten Implantate untersucht werden.

5.1 Herzschrittmacher

Herzschrittmacher, die eine Wireless Funktion beinhalten, stellen bei Hackern eine unwiderstehliche Versuchung dar [13]. Eine Gruppe von Wissenschaftlern der Universitäten von Massachusetts und Washington gelang es, das Sicherheitssystem des kombinierten Herzschrittmachers mit dem Defibrillator der Firma Medtronic zu überwinden [13]. Ihnen ist es nicht nur gelungen, persönliche Daten auszulesen, sondern sie wären zu dem in der Lage

gewesen, tödliche Stromstöße an ein normal funktionierendes Herz zu senden [13].

Dem bekannten Hacker Barnaby Jack gelang es, eine Reihe von Geräten aus dem Internet der Dinge zu hacken, von Geldautomaten bis hin zu Herzschrittmachern. 2012 entdeckte Jack ernsthafte Schwachstellen in der Software implantierbarer medizinischer Geräte verschiedener Hersteller und es gelang ihm, diese Geräte selbst zu steuern. Aus einer Entfernung von 15 Metern hätte er allein mit einem Befehl über seinen Laptop einen implantierten Defibrillator anweisen können, Stromstöße von 830V in das Herz eines Betroffenen zu schicken. [13]

Solche Angriffe wären für den Implantatbesitzer tödlich und zeigen auf, welche Gefahren aus der Vernetzung des Menschen hervorgehen. Die Sicherheitslücke der Herzschrittmacher und Defibrillatoren war durch die Software verschuldet, welche anschließend durch ein Firmware-Update geschlossen wurde [13]. Aus diesem Anlass entschied sich der Kardiologe des ehemaligen Vizepräsidenten Dick Cheney bei dessen Herzschrittmacher die Funkfunktion abzuschalten, damit keine Terroristen einen tödlichen Stromstoß an das schon leidende Herz schicken können [13].

Der Hacker Barnaby Jack erläuterte sein spezifisches Vorgehen zwar bestimmten Herstellern und seinem befreundeten Sicherheitsforscher Laverett, jedoch nicht der Öffentlichkeit. Somit bleibt es streng geheim, wie genau es Barnaby Jack geschafft hat, die Implantate durch einen manipulierten Transmitter zu steuern [14].

5.1.1 Gesundheitliche Risiken

Neben dem Risiko eines Angriffes und der dadurch verursachten Schäden am Herzen, besitzen Herzschrittmacher weitere gesundheitliche Risiken, die es zu untersuchen gilt. Herzschrittmacher sind anfällig, wenn starke Magnetfelder in der näheren Umgebung sind. Zwar unterscheiden sich die verschiedenen Generationen von Herzschrittmachern bezüglich der Anfälligkeit, jedoch besitzen nicht alle einen

der neuesten Generation. Daher gelten Herzschrittmacher als Kontraindikation für MRT (Magnetresonanztomographie), dies bedeutet, dass bei Patienten die einen Herzschrittmacher besitzen, eher von einem MRT abgesehen werden sollte. [2]

Gesundheitliche Risiken können auch von einem Angriff ausgehen, wie in Kapitel 5.1 beschrieben. Dabei muss ein Angriff nicht unbedingt tödlich enden, sondern kann auch eine Auslastung auslösen, die die verwendete Batterie erschöpft oder das Herz und seinen Rhythmus beeinflusst. Somit wäre es denkbar, dass ein Kammerflimmern oder eine Herzrhythmusstörung ausgelöst werden kann, die die Gesundheit des Patienten gefährdet.

5.2 RFID und NFC Implantat

Die RFID Technologie ist eine ältere Technologie, die in Chip-Karten, wie bei Zugangskarten eingesetzt wird. Bei einem RFID-Implantat bestehen daher auch die schon bekannten Sicherheitsrisiken. Anders als bei Chipkarten, kann der Träger sein Implantat nicht einfach ablegen und trägt es somit immer bei sich. Dies erhöht das Risiko eines Angriffes. Zusätzlich ist der Besitzer dieser RFID Implantate dazu in der Lage, diese selbst zu programmieren, was das Risiko nochmal erhöht, da die gängigen Sicherheitsmechanismen wie beispielsweise kryptografische Verschlüsselung, nicht zwingend bedacht werden.

In den nachfolgenden Unterkapiteln werden Angriffsmöglichkeiten vorgestellt und diskutiert. In Abbildung 5, sind verschiedene Angriffsmöglichkeiten auf RFID Systeme aufgezeigt. Dabei zeigen die grauen Pfeile und somit die einzelnen Angriffsmöglichkeiten direkt auf das betreffende Element des RFID Systems. In dieser Arbeit können nicht alle Angriffsvektoren genau erläutert werden,

daher wurden nur die ausgewählt, die durch das Implantat ein erhöhtes Risiko darstellen.

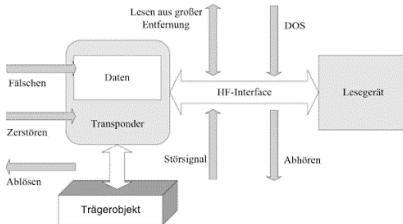


Abbildung 5: Angriffsmöglichkeiten auf RFID Systeme [15]

Somit lassen sich folgende Angriffsmöglichkeiten spezifizieren, welche auch bei einem Implantat angewendet werden können.

5.2.1 Denial of Service

Bei der Zerstörung des RFID-Implantats, können in der Regel zwei Arten angewendet werden. Zum einen die physische Gewalt und zum anderen durch Hilfe von technischen Geräten. In dem Artikel von Graafstra [4] wurde ausprobiert, welche Kraft nötig ist, um das Implantat durch Gewaltanwendung mit einem Hammer zu zerstören. Dabei stellte dieser fest, dass die Gewalteinwirkung so groß sein muss, dass die Hand selbst Schaden erleiden würde.

Die dauerhafte Zerstörung des RFID Implantats kann mittels der Verwendung eines RFID-Zappers erfolgen [16]. Dieser ist ein kleines elektronisches Bauteil, welches ein starkes elektromagnetisches Feld erzeugen kann, ähnlich eines EMP's (elektromagnetischer Impuls) [16]. Dieses Feld erzeugt dabei eine Spannung, welches ein Bauelement der Schaltung des RFID-Chips durchbrennen lassen kann [16]. Im Internet findet man eine Vielzahl von Bauanleitungen, für einen RFID-Zapper [17]. In den meisten Anleitungen werden Bauteile einer Einwegkamera verwendet und eine Art Spule gebaut, siehe Abbildung 6. Jedoch werden bei diesen RFID-Zappern nur von einer Verwendung bei RFID-Chips wie beispielsweise von Personalausweisen

berichtet, nicht bei RFID-Implantaten. Somit müsste noch geprüft werden, ob dieses elektromagnetische Feld ausreichend ist, um die Haut und den Glaskörper des Implantats zu durchdringen und so den RFID-Chip zu zerstören. Das Risiko eines solchen Angriffs ist bei einem Implantat größer, da das Implantat immer dabei ist und nicht abgelegt werden kann. Dennoch ist das Implantat von außen nicht leicht zu erkennen, wodurch der Angreifer gezielt wissen muss, dass man solch ein Implantat besitzt. Je mehr die Implantate verbreitet sind, desto größer wird das Risiko eines solchen Angriffs, da der Angreifer davon ausgehen kann, dass man solch ein Implantat besitzt.



Abbildung 6: RFID Zapper, gebaut aus einer Kamera [17]

Neben der Zerstörung des Implantats gibt es noch weitere Möglichkeiten eine Denial of Service Attacke auszuführen. Die einfachste Methode wäre die Kommunikation zwischen Lesegerät und RFID-Implantat zu unterbrechen. Bei RFID-Karten kann dies durch eine einfach metallische Hülle geschehen, jedoch stellt sich dies, bei einem Implantat als schwierig dar. Eine Alternative wäre hier die Verwendung von aktiven Störsendern. Aktive Störsender beeinflussen das elektromagnetische Feld zwischen dem Implantat und dem Lesegerät und unterbrechen die Datenkommunikation [15]. Der Störsender müsste somit, entsprechend nahe am Lesegerät positioniert sein oder mit entsprechend großen Antennen und Sendeleistung gearbeitet werden [15]. Der Schaden, der sich beim Zerstören ergibt, beträgt nur die Kosten des Implantats selbst.

5.2.2 RFID-Malware

Die RFID-Malware ist ein Angriff, der sich nicht nur auf den Transponder oder auf das Lesegerät beschränkt. Die RFID Malware gliedert sich in 3 Kategorien auf. RFID Worms verbreiten sich über ein Netzwerk ohne Benutzeraktivität. Sie führen Aktivitäten wie Löschen von Dateien, Installieren von Software-Patches oder Senden von Informationen per E-Mail durch. Der ganze Worm kann dabei nicht auf dem RFID-Chip platziert werden, daher wird ein Teil auf dem Chip platziert und der Rest wird heruntergeladen. [18]

RFID Viren sind infektiöse RFID Chips, die im Vorfeld manipuliert wurden. Diese Manipulation breitet sich dann über die Lesegeräte bis hin zum zentralen Managementsystem aus und infizieren somit alle RFID Tags oder Implantate die mit diesem System kommuniziert haben. [18]

RFID Exploits können direkt die Backend Middleware nutzen. Für diese Art des Angriffs benötigt es mehr Einfallsreichtum statt Ressourcen. Die Manipulation von den On-Chip-Daten können Sicherheitslücken in der Middleware ausnutzen, wodurch ihre Sicherheit untergraben wird und möglicherweise der gesamte Computer oder das gesamte Netzwerk kompromittiert wird. Je mehr manipulierte Daten auf einen RFID Chip passen, desto komplexere Angriffe können durchgeführt werden. [19]

5.2.3 Klonen des Transponders

Das Klonen oder auch emulieren eines RFID Transponders ist eine komplexere Art des Angriffs. Dabei wird versucht, den RFID Transponder zu kopieren, um somit einen identischen Transponder zu erzeugen. Da die RFID-Implantate auch als Rohlinge gekauft werden können und nicht nur von Firmen verwendet werden, können diese zunächst noch keine Sicherheitsmechanismen vorweisen. Damit besteht die Gefahr, dass das Klonen ohne Hindernisse geschehen kann. Beim Klonen wird versucht die eindeutige ID des RFID Implantats zu kopieren und dessen Speicher, falls

vorhanden [15]. Für das Auslesen und Klonen kann ein Aufbau wie in Abbildung 7 gezeigt, verwendet werden.



Abbildung 7: Versuchsaufbau zum Auslesen und Klonen eines 125KHz Read-Only Transponders [15]

Der Kopiervorgang geschieht dabei innerhalb weniger Sekunden. Da der Implantat-Träger das RFID-Implantat immer bei sich trägt, kann dieser so gut wie überall ausgelesen werden. Ein Angreifer benötigt hierzu nur ein Lesegerät und ein Laptop, welches sich in einem Rucksack leicht verstauen lässt. Ein wirkungsvoller Schutz gegen das Klonen besteht in der 2 Wege Authentifizierung und der Verschlüsselung [15].

Es ist anzunehmen, dass gerade Firmen die ihren Mitarbeitern RFID-Implantate zur Identifikation anbieten, diese Schutzmechanismen bereits verwenden. Ein weiterer Schutz ist das Implantat selbst. Das Implantat ist äußerlich nicht bis kaum zu erkennen, somit müsste der Angreifer gezielt wissen, dass eine Person solch ein Implantat besitzt. Hierdurch erhöht sich die Gefahr je mehr Menschen sich ein Implantat einsetzen lassen. Erst wenn diese Praktik zum Alltag der Bevölkerung gehören sollte, kann der Angreifer davon ausgehen, dass es auch ohne eine bestimmte Zielperson, RFID-Implantate zum Auslesen und Klonen gibt.

5.2.4 Gesundheitliche Risiken von RFID-Implantaten

Das RFID-Implantat besitzt nicht nur technologische Risiken, sondern auch gesundheitliche Risiken. Dies wurde von Forschern erstmals bei Tieren festgestellt, die einen Identitätschip implantiert bekamen. Es ist nicht sicher, dass diese gesundheitlichen

Risiken auch beim Menschen auftreten können, da es noch keine Langzeitstudien diesbezüglich gibt. [7]

Es wurden 4 Gründe für die Tumorbildung in Zusammenhang mit implantierten Mikrochips ermittelt [7]. Der erste ist die fremdkörperbedingte Tumorbildung. Da der Mikrochip subkutan implantiert wird und vom Körpergewebe als Fremdkörper betrachtet wird, kann die Kommunikation zwischen den Zellen gestört werden und es kann zur Bildung von Tumoren kommen. Als Zweites zu nennen sind Entzündungen, die bei der Injektion entstehen können. Ein weiterer Grund können genotoxische Stoffe in der Implantat-Hülle sein. Des Weiteren wird die elektromagnetische Strahlung als Ursprung für die Tumorbildung genannt. [7]

Es ist jedoch anzunehmen, dass die Auswirkungen der RFID Strahlung ähnliche Nebenwirkungen besitzen kann, wie es bei der Handystrahlung bekannt ist.

5.3 Retina Implantat

Da das subretinale Implantat keinerlei Schnittstelle nach außen besitzt, außer die Stromversorgung, können nur hier Angriffe erfolgen. Denkbar wäre ein Denial of Service-Angriff auf diese Stromversorgungs-schnittstelle. Das epiretinale Implantat im Gegenzug besitzt eine Wireless-Übertragung der Videodaten zum Implantat, welches als Angriffsziel verwendet werden könnte. Da das Implantat sich noch in der Forschung befindet, wurden noch keine sicherheitsrelevanten Angriffsvektoren veröffentlicht. Die nachfolgenden Angriffszenarien bzw. Angriffs-möglichkeiten sind daher nur Vermutungen und besitzen keinen Nachweis. In der Wireless-Übertragung der Videosignale zum Implantat könnte eine Angriffsschnittstelle bestehen. Gelingt es dem Angreifer das Wireless-Signal abzugreifen, könnte dieser das sehen, was der Implantatträger sieht. Die Voraussetzung dazu müsste die passende Reichweite des Signals sein und die passende Hardware, die für das Entschlüsseln der Verschlüsselung notwendig ist. Dies birgt

gerade ein Risiko, da der Angreifer auch sensible Daten wie Passwörter und PIN's abgreifen könnte und diese Daten für weitere Angriffe verwenden kann. Die Folgeangriffe könnten sich dadurch auf verschiedene Bereiche wie das Banking beziehen oder auf Bereiche der Spionage.

6 Fazit

Nachdem nun die verschiedenen Technologien vorgestellt und gleichzeitig die denkbaren Angriffsmöglichkeiten dargestellt wurden, ist ersichtlich, dass auch Implantate dem Risiko eines Angriffs unterliegen.

Es bleibt noch zu sagen, dass die Implantate in der Zukunft mit zunehmender Zuverlässigkeit häufiger Anwendung finden werden. Dies liegt daran, dass gerade im medizinischen Bereich die Implantate neue Möglichkeiten bieten, Menschen mit Erkrankungen zu helfen. Sei es hierbei, dass Blinde wieder etwas sehen können oder Taube wieder etwas hören. Doch gerade bei den medizinischen Implantaten, ist ein erhöhter Sicherheitsstandard von Nöten, denn gelingt es die Implantate anzugreifen, entstehen nicht nur datentechnische Schäden, die die persönlichen Informationen des Trägers betreffen, sondern auch gesundheitliche. Wie Kapitel 5.1 aufzeigt, besteht zu dem ein Risiko, dass Anschläge über die Implantate verübt werden können.

Es ist zusätzlich zu erwarten, dass es auch in der kommerziellen Ebene zu Weiterentwicklungen kommen wird. Hier könnten Systeme entwickelt werden die die gesundheitliche Überwachung übernehmen, auch wenn noch keine konkrete Erkrankung vorliegt – sie würden beispielsweise eine Weiterentwicklung der Fitnessarmbänder darstellen.

7 Literaturverzeichnis

- [1] R. Münstermann, Zahnärztliche Behandlung und Begutachtung: Fehlervermeidung und Qualitätssicherheit, 2009: Georg

- Thieme Verlag, ISBN978-3-13-127092-4
- [2] H. Feser, Elektromagnetische Verträglichkeit,2004, VDE Verlag GmbH,ISBN: 3-8007-2810-9.
- [3] F. Goss, M.Middeke, T.Mengden, N.Smetak, Praktische Telemedizin in der Kardiologie und Hypertensiologie, 2009,George Thieme Verlag KG, ISBN: 978-3-13-149931.
- [4] A. Graafstra, Hands On , ISSN 0018-9235, Page 18-23, IEEE.
- [5] <https://www.heise.de/newstickermeldung/Chip-Implantat-zur-Identifikation-Firma-will-Mitarbeitern-Chips-einsetzen-3780940.html> , Letzter Zugriff 05.03.18
- [6] <http://www.spiegel.de/karriere/schweden-cyborg-firma-implantiert-mitarbeitern-mikrochips-a-1141826.html> ,Letzter Zugriff 05.03.18.
- [7] D. Bertschin, D.Hilber, M.Heiniger, Fallstudie Mikrossteme- Implantierte RFID-Chips und Privatsphäre,2011, Fachhochschule Norwestschweiz
- [8] K. Stingl et al., Was können blinde Patienten mit dem subtextuellen Alpha-IMS-Implantat im Alltag sehen, 2012, Springer Verlag, DOI 10.1007/s00347-011-2479-6
- [9] K. Stingl et al, Subretinale Visuelle Implantate, 2014, Georg Thieme Verlag KG Stuttgart, DOI: 10.1055/s-0029-1245830
- [10] S. Kolsberg, Drahtlose Signal- und Energieübertragung mit Hilfe von Hochfrequenztechnik in CMOS Sensorsystemen, 2002, Fraunhofer IRB Verlag, ISBN 978-3-8167-6129-7.
- [11] G. Roessler et al, Implantation and Explantation of a Wireless Epiretinal Retina Implant Device:
- Observation during the EPIRET3 Prospective Clinical Trial,2009, Invest Ophthalmol Vis Sci, doi:10.1167/iov.08-2752
- [12] S. Busse, K. Beer, Modernes Leben-Leben in der Moderne, 2017, Springer Fachmedien Wiesbaden, ISBN: 978-3-658-13751-9
- [13] M. Goodman, Global Hack: Hacker, die Banken ausspähen, Cyber-Terroristen, die Atomkraftwerke kapern, Geheimdienste, die unsere Handys knacken, 2015, Carl Hanser Verlag, ISBN: 978-3-446-44463
- [14] Beitrag von: Judith Horchert, Spiegel Online, http://www.online.de/digital/sicherheit/id_76509912/herzschriftmacher-hacken-die-sicherheitsluecke-im-brustkorb.html, letzter Zugriff (29.03.2018)
- [15] K. Finkenzeller, RFID-Handbuch: Grundlagen und praktische Anwendungen von Transpondern, kontaktlosen Chipkarten und NFC:2015, Carl Hanser Verlag, ISBN: 978-3-446-43943-6
- [16] T. Schrödel, Ich glaube, es hackt!: Einblick auf die irrwitzige Realität der IT-Sicherheit:2014, Springer Fachmedien, ISBN: 978-3-658-04245-5
- [17] Bildquelle: Chaostreff Bern https://www.chaostreffbern.ch/rfid_report.html: Letzter Zugriff 05.03.18
- [18] EC Council, Ethical Hacking and Countermeasures: Linux Macintosh and Mobile Systems,EC Council, 2010, ISBN: 978-1-4354-8364-4
- [19] M. Rieback, P. Simpson, B.Crispo, A.Tanenbaum, RFID malware: Design principles and examples, 2006, doi:10.1016/j.pmcj.2006.07.00

Untersuchung der Anforderungen an ein System zur Unterstützung der Reproduzierbarkeit von Ultraschalluntersuchungen

Peter Grupp
Reutlingen University
Peter.Grupp@student.Reutlingen-University.DE

Abstract

Eines der gängigsten bildgebenden Verfahren in der Medizin ist die Sonografie. Jedoch ist die Reproduzierbarkeit der Ultraschalldiagnostik bis heute noch immer ein Problem, wodurch Fehldiagnosen gestellt werden. Durch das in diesem Paper vorgestellte prototypische System zur Unterstützung für Medizinstudenten in Ultraschallseminaren sollen Anforderungen zur Reproduzierbarkeit einer Ultraschalluntersuchung definiert werden. Durch Experteninterviews wurden Einblicke in die klinischen Abläufe und den Krankenhaus-Alltag gewonnen, welche Inhalte relevant sind um die Reproduzierbarkeit von Ultraschalluntersuchungen zu ermöglichen.

Schlüsselwörter

Ultraschall (US), Sonografie, elektromagnetisches Trackingsystem, Tracking, chirurgische Navigationssysteme

CR-Kategorien

Applied computing~Health informatics ·
Human centered computing~User Studies ·
Human-centered computing~User Interface
Design

1 Einleitung

In der Medizin ist eines der am häufigsten eingesetzten bildgebenden Verfahren die Sonografie. Dabei versteht man in der Medizin die Anwendung von Ultraschall zur Untersuchung von organismem Gewebe. Wesentliche Vorteile des Ultraschalls sind die geringen Kosten, die Sicherheit, die breite Verfügbarkeit und die bequeme Anwendung. Jedoch besteht eine Schwierigkeit der Sonografie darin, Ultraschallbilder korrekt zu interpretieren.

1.1 Problematik

Die Ultraschalluntersuchung ist abhängig vom Untersucher. Wer als Arzt Ultraschall-diagnostik durchführt, muss den Ort der Ultraschallsonde in Bezug auf die Anatomie des untersuchten Patienten genau kennen und erfassen, die getasteten Informationen seiner Untersuchungshand virtuell durch die Sonografie visualisieren und mit minimalen Korrekturbewegungen die beste Schnittbild-Abbildung der anatomischen Verhältnisse erzielen. Demnach besteht die Problematik dann, Diagnosen zu wiederholen. Das heißt, getroffene Diagnosen können nicht immer sicher in weiteren Ultraschalluntersuchungen

Betreuer Hochschule: Prof. Dr.-Ing. Oliver Burgert
Hochschule Reutlingen
Oliver.Burgert@Reutlingen-University.de

Informatics Inside 2018
Wissenschaftliche Vertiefungskonferenz
09. Mai 2018, Hochschule Reutlingen
Copyright 2018 Peter Grupp

bestätigt werden. Welche vorhandenen Ansätze es im Bereich Sonografie zur Reproduzierbarkeit von Ultraschalluntersuchungen gibt, wird nachfolgend erläutert.

1.2 Stand der Technik

Bei der Recherche zur Reproduzierbarkeit von Ultraschalluntersuchungen wurden keine Ansätze gefunden, die elektromagnetisches Tracking in Kombination mit Ultraschall und der Reproduzierbarkeit zum Ziel haben. Die gefundenen Ansätze beschreiben zum einen Systeme zur Navigation mittels Ultraschall, den Einsatz von elektromagnetischen Tracking in anderen medizinischen Kontexten und die Forschungsergebnisse zu der kombinierten Anwendung von elektromagnetischen Tracking und Ultraschall.

1.2.1 Ultraschallnavigation

Der Literatur nach, siehe Ungi et al. [1], kommt die Ultraschallnavigation bei Interventionen zum Einsatz. Dabei orientiert sich der Arzt anhand von Ultraschallbildern, um eine Nadel an eine bestimmte Stelle im Körper des Patienten zu navigieren. Mit den Ultraschallbildern kontrolliert der Arzt die Ausrichtung der Nadel und die Entfernung zum Zielpunkt. [1] Zwei Publikationen von Zettning et al. [2, 3] beschreiben ebenfalls den Einsatz von Ultraschallnavigation zur Nadelintervention. Bei Zetting liegt jedoch im Gegensatz zu Ungi der Fokus auf dem intraoperativen Einsatz und im Speziellen der neurochirurgischen Navigation. Hierfür stellt Zetting ein bildbasiertes Framework vor. [2, 3] Die Arbeit „Ultraschallgesteuerte Interventionen unter virtueller Führung“ von Birth et al. [4] verfolgt dieselbe Idee. Die Autoren zeigen ebenfalls ein ultraschallbasiertes intraoperatives Navigationssystem auf konzentrieren sich dabei jedoch mehr auf die Herausforderungen beim Einsatz unter realen OP-Bedingungen. [4] In Artikel [5] von Brattain et al. wird ein Prototyp zur Verbesserung ultraschallgestützter Verfahren beschrieben. [5] Eine Veröffentlichung von Moult et al. [6], „Ultrasound-guided facet joint injection training using Perk Tutor“, stellt ein Aug-

mented-Reality-Trainingssystem zur ultraschallgeführten Nadelinterventionen vor, dass wie auch das hier vorgestellte System dem Ziel des Trainings und der Übung dient. [6]

1.2.2 Elektromagnetisches Tracking

Elektromagnetisches Tracking kommt im medizinischen Umfeld zunehmend zur Navigation und Verfolgung von Instrumenten zum Einsatz. Durch an den Instrumenten angebrachte Sensorspulen kann dabei die Position und Orientierung in einem Magnetfeld berechnet werden. Elektromagnetische Trackingsysteme arbeiten nach diesem Prinzip und kommen meist intraoperativ in Kombination mit einem bildgebenden Verfahren wie Computertomographie oder Magnetresonanztomographie zum Einsatz.

Die Arbeit von Brastianos et al. [7] demonstriert ein solches elektromagnetisches Tracking. Dabei dient das Trackingsystem zur Unterstützung beim Einsetzen eines Katheters bei Brusttherapien. Mengfei et al. [8] stellen in ihrer Arbeit ebenfalls ein bildgeführtes elektromagnetisches Trackingsystem zur Navigation vor. Ihr System ist dabei im Gegensatz zu dem von Brastianos et al. computergestützt und konzentriert sich auf den Einsatz bei Nadelinterventionen. [8] In der Veröffentlichung von Kamali et al. [9] wird elektromagnetisches Tracking zur Lokalisierung der Querfortsätze im Ultraschall zur Messung der Wirbelsäulenkrümmung verwendet. [9] Die Studie „Multiview Echocardiography Fusion using an Electromagnetic Tracking System“ von Punithakumar et al. [10] schlägt einen Ansatz vor, um unter Verwendung eines elektromagnetischen Trackingsystems, das Field of View zu verbessern. [10] Damit ist der Bildschirmausschnitt einer Ultraschallsonde gemeint.

1.2.3 Kombination von Sonografie und elektromagnetischem Tracking

Der Einsatz von elektromagnetischen Trackingsystemen ist, wie die Sonografie, für

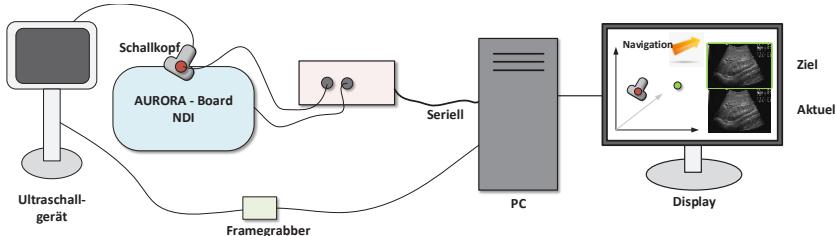


Abbildung 1 Systemaufbau mit Komponenten

den Patienten unschädlich und für Niederlassungen kostengünstig. Durch diese Vorteile eignet sich die Kombination besonders für sich wiederholende Therapien. Ungi et al. [1] beschreiben in ihrem Paper „Spinal Needle Navigation by Tracked Ultrasound Snapshots“ einen Ansatz zur Kombination der beiden Technologien. [1] In der Publikation von Shi et al. [11] wurde eine neue Gefäßmodellierungs- und Navigationsmethode basierend auf der Datenfusion von intravaskulärem Ultraschall und elektromagnetischem Tracking zur Implantation eines Stentgrafts vorgestellt. [11] Ein Stentgraft ist die Kombination aus einem stabilisierenden Drahtgeflecht (= Stent) und einem künstlichen Blutgefäß aus Kunststoff (= Gefäßprothese).

In der Studie „Freehand 3D Ultrasound Imaging System Using Electromagnetic Tracking“ von Daoud et al. [12] wurde ein freihand 3D-Ultraschallbildgebungssystem beschrieben, das auf einem konventionellen 2D-Ultraschallgerät und einem elektromagnetischen Trackingsystem basiert. [12] Krombach et al. [13] präsentieren ein magnetfeldunterstütztes Navigationssystem für sonographisch geführte Interventionen. Das System unterstützt sowohl die Punktion in der Bildebene als auch von einem außerhalb der Bildebene gelegenen Einstichort aus. [13] In einer weiteren Arbeit von Ungi et al. [14] wird durch ein elektromagnetisches Tracking von Ultraschall und chirurgischen Instrumenten eine Navigation zur Entfernung von Brusttumoren vorgestellt. [14]

Die gefundenen Ansätze decken jeweils nur ein Teilgebiet ab oder sind für eine Reproduzierbarkeit von Ultraschalluntersuchungen, beispielsweise die Ultraschallnavigation, nicht geeignet. Aus diesem Grund wurde ein Prototyp entwickelt, der im nächsten Kapitel erläutert wird.

2 Prototyp zur Unterstützung für Medizinstudenten in Ultraschallseminaren

Die Entwicklung des Prototyps zur elektromagnetischen Navigation von Ultraschallgeräten beruht auf dem Ziel, eine Reproduzierbarkeit der Sonografie durch die Integration eines elektromagnetischen Trackingsystems zu ermöglichen.

2.1 Systemaufbau

Als Komponenten des Systems wird eine serielle Kommunikation und eine visuelle Darstellung benötigt. Die serielle Kommunikation ist für die Steuerung und das Tracking der Ultraschallsonde, sowie das aktuelle Ultraschallbild werden durch eine visuelle Darstellung ermöglicht. Hardwareseitig besteht das System aus vier Bestandteilen. Diese sind zum einen ein Computer (Betriebssystem Windows 10) auf dem sich die Softwarekomponente befindet, ein Ultraschallgerät (Esaote MyLabSat) mit Ultraschallkopf, ein NDI AURORA elektromagnetisches Trackingsystem (EMTS) und ein Framegrabber. Um ein Zusammenspiel der

Komponenten zu ermöglichen, bedarf es eines speziellen Aufbaus, der nachfolgend erläutert wird.

Der Computer ist seriell mit dem EMTS verbunden. Das EMTS besteht aus Feldgenerator, System Control Unit, Sensor Interface Unit und Sensor. Ein Framegrabber verbindet den Computer mit dem Ultraschallgerät. Dieses besteht aus der Signalprozessoreinheit und dem Ultraschallkopf mit Ultraschallsonde. Am Ultraschallkopf ist der Sensor des EMTS angebracht. In Abbildung 1 ist der Systemaufbau, der die Komponenten beinhaltet, veranschaulicht. Der Ultraschallkopf sendet die Echosignale an das Ultraschallgerät. Das Ultraschallgerät generiert ein Ultraschallbild, das von einem Framegrabber abgegriffen und an den Computer geleitet wird. Der Computer erhält über die System Control Unit zudem Trackingdaten. Diese Trackingdaten werden durch den Feldgenerator aus dem Sensor, der an den Ultraschallkopf befestigt wird, abgeleitet und in der System Control Unit berechnet. Im Computer werden die Trackingdaten und über Videostream-Capture das Ultraschallbild an die Software weitergegeben.

2.2 Software

Die Software wurde in der Programmiersprache Python umgesetzt. Das Hauptprogramm unterteilt sich in mehrere Funktionen, die GUI Funktion, einen Videocapture und Snapshots des Framegrabbers, die serielle Kommunikation zwischen Computer und EMTS und die Verarbeitung der Trackingdaten zur visuellen Navigation. Die Benutzeroberfläche besteht aus den vier Bereichen Liveansicht Ultraschallbild, Referenz Ultraschallbild, Buttons und Visualisierung. Die Visualisierung wird im nächsten Kapitel betrachtet.

2.3 Visualisierungstechnik

Als Visualisierung der Navigation des Ultraschallkopfes dienen ein Piktogramm, visuelle Pfeile und Kreis-Zusammenhänge. Die Navigation teilt sich in einzelne aufeinander folgende Schritte.



Abbildung 1 Beispiel eines Piktogramms

Zu Beginn wird ein Piktogramm angezeigt, siehe Abbildung 2. Bei Ultraschalluntersuchungen ist es üblich, dass der behandelnde Arzt nach einer Untersuchung spezifische Stellen auf einem Piktogramm markiert, um bei einer Folgeuntersuchung den ungefähren Zielort wiederzufinden. Demnach beginnt die Navigation mit einem Piktogramm. Bewegt ein Arzt den Ultraschallkopf, startet die Navigation zur Position in x-, y- und z-Achsenverschiebung, dann die Rotation und zuletzt die Säge- bzw. Kipp-Bewegung des Ultraschallkopfes.

Die Navigation der Position durch Pfeile auf der x-, y- und z-Achse ist in Abbildung 3 erkennbar. Die Pfeilfarbe Rot symbolisiert, dass die aktuelle Position über 5 mm entfernt vom Positionsziel liegt. Ist die Pfeilfarbe Gelb, befindet sich die aktuelle Position innerhalb von 5 mm zum Positionsziel. Wechselt der Pfeil als visuelles Navigationsmerkmal auf einen grünen Smilie, ist das Positionsziel erreicht und die Rotationsnavigation beginnt.



Abbildung 2 Positionsnavigation

Für die Rotation dient ein Kreuz als visuelles Navigationsmerkmal, siehe Abbildung 4. Das aktuelle Kreuz in Gelb muss mit dem gespeicherten Kreuz in Schwarz deckungs-

gleich werden, um das Rotationsziel zu erreichen und zur Säge- bzw. Kipp-Bewegungsnavigation zu gelangen.

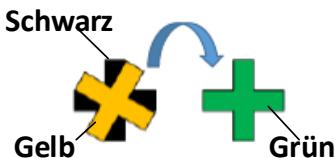


Abbildung 3 Rotationsnavigation

Für die Säge- bzw. Kipp-Bewegung in der Navigationskette müssen die abgebildeten Kreise, siehe Abbildung 5, konzentrisch ausgerichtet werden, um das Ziel zu erreichen.

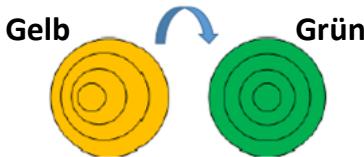


Abbildung 4 Säge- bzw. Kipp-Bewegungsnavigation

Die Navigation ist erfolgreich abgeschlossen, wenn durch das System ein automatischer Snapshot der Liveansicht des Ultraschallbildes erfolgt. Dadurch entsteht eine „Schritt-für-Schritt“ Zielführung, durch die der Benutzer geleitet wird, ohne ihn durch mehrere gleichzeitige visuelle Reize zu verwirren. Im nächsten Kapitel wird der vorgestellte Prototyp in Bezug auf den klinischen Alltag betrachtet und untersucht.

3 Untersuchung

In diesem Kapitel wird der Prototyp zur Unterstützung für Medizinstudenten in Ultraschallseminaren genauer analysiert. Dazu wird das Ziel nachfolgend genau definiert.

3.1 Ziel

Damit die Reproduzierbarkeit von Ultraschalluntersuchungen unterstützt werden kann, wurden Experteninterviews [2] durchgeführt. Das Experteninterview dient dazu, fundierte Erkenntnisse über die Zielgruppe und deren Anforderungen an das System zu gewinnen. Der erwartete Erkenntnisgewinn

ist besonders wichtig, da der Einblick in die klinischen Abläufe und den Krankenhaus-Alltag fehlen. Als Zielgruppe sollen Ärzte im Bereich der Sonografie befragt werden.

Die zentralen Fragestellungen, die durch die Experteninterviews beantwortet werden, sind:

- Besteht bei der Ultraschalldiagnostik die Problematik Diagnosen zu wiederholen?
- Ist eine Reproduzierbarkeit von Ultraschalluntersuchungen gewünscht? Wird sie benötigt?
- Werden Piktogramme verwendet und benötigt?
- Was wird benötigt, um Vergleiche zwischen Untersuchungen an derselben Position durchzuführen?
- Wird ein Snapshot der Liveansicht des Ultraschallbildes benötigt?
- Wird nur das gespeicherte Ultraschallbild benötigt?
- Soll das Ultraschallbild zusätzlich angezeigt werden?
- Wie soll die Position des Ultraschallkopfes angezeigt werden?
- Ist eine „Schritt-für-Schritt“ Navigation oder eine gleichzeitige Navigation besser?
- Wann ist das Ziel erreicht?
- Kann eine Interaktion mit der Benutzeroberfläche erfolgen oder ist das zu umständlich?

3.2 Durchführung

Die Interviews wurden im April 2018 durchgeführt. Die Art ist qualitativ [2]. Die Interviews wurden in Einzelgesprächen anonymisiert aufgezeichnet. Teilgenommen haben Oberärzte der Abteilung „Medizinische Klinik“. Das Experteninterview bestand aus Leitfragen, die aus den zentralen Fragestellungen entstanden sind. Auf der ersten Seite wurde zuerst die Idee vorgestellt. Ziel dessen

war es das der Experte den Zweck des Systems versteht und das Ziel des Interviews nachvollziehen kann. Das nachfolgende Kapitel fasst die Ergebnisse der Experteninterviews zusammen.

3.3 Ergebnisse

Die Erfahrung der befragten Oberärzte durch das Experteninterview lag bei 14 bis 26 Jahren. In den Bereichen innere Medizin, Gastroenterologie und Hepatologie. In der Tumortherapie und Gefäßdiagnostik spielt für Sie die Reproduzierbarkeit der Ultraschalluntersuchung eine wichtige Rolle. Um eine konkrete Stelle bei einer Folgeuntersuchung erneut aufzufinden verwenden die Ärzte Hilfsmittel wie Piktogramme auf Ultraschallbildern und Strukturabbildungen von Organen. Ultraschallbilder die mitgegeben werden oder Videoschleifen, aber auch Sequenzen aus radiologischen Verfahren werden angeschaut, dann korreliert und verglichen, während der Untersuchung. Dabei wird immer wieder auf dem Bildschirm geprüft, auf dem der alte Befund aufgerufen ist, ob dieser Befund wiederzufinden ist. Als Bezugspunkte für den Vergleich beider Befunde werden andere Organe, andere anatomische Strukturen verwendet, um diese auf einem Ultraschallbild als definierte Schnittebene wiederzufinden. Beispielsweise wird bei einem Lebertumor zusätzlich die Niere und die Gallenblase mit im Ultraschallbild dargestellt. Zusätzlich zur Untersuchungsdokumentation der entsprechenden Stellen für erneute Untersuchungen, werden Bezugspunkte auf dem Ultraschallbild und dem Piktogramm markiert. Damit die Lage des Patienten, des Schallkopfes und die Schnittebene die angeschallt wurde, abgebildet wird. Manchmal werden Videoschleifen aufgenommen um den Befund wiedereinzustellen.

Der Vergleich von Ultraschalluntersuchungen am selben Patienten und derselben Stelle über einen längeren Zeitraum, wird durch den Vergleich des Durchmessers einer Läsion oder eines Knoten ermittelt. Jedoch kann der Durchmesser nur bei kugelrunden Strukturen verwendet werden. Deshalb muss für

jeden pathologischen Befund in zwei Schnittebenen die senkrecht aufeinander stehen, Breite, Tiefe und Höhe ausgemessen werden. In der Tumordiagnostik oder -kontrolle ist die Größe nur ein Kriterium, das andere ist, ob in einem Tumor noch Leben ist. Das kann beispielsweise mit Kontrastmittelultraschall überprüft werden. Hierbei liegen die Schwierigkeiten in der fehlenden definierten sonographischen Schnittebene, der Erfahrung mit der Sonografie, an unbrauchbaren Piktogrammen, in der Zusammenführung von Computertomographie oder Kernspinntomographie mit Ultraschall und wenn ein anderer Arzt untersucht hat, was man nicht sofort wiederfindet.

Die befragten Oberärzte wären bereit ein System zur Unterstützung der Reproduzierbarkeit von Ultraschalluntersuchungen regelmäßig einzusetzen. Wenn das System selbstständig erkennt, ob der Schallkopf in der gleichen Schnittebene ist wie bei der Voruntersuchung. Es sollte sagen können, wo das war und sich das bei diesem Patienten merken. Die Einstellungen speichern und sagen können, da muss ich wieder hin, um das zu vergleichen.

Das System soll beim Wiederauffinden einer Schnittebene unterstützen und die Schnitt ebene dann auch finden. Es müsste in der Lage sein alle anderen Parameter anzulegen, die Parameter bei der Ultraschalluntersuchung, wie Eindringtiefe, Bildgröße, Sendeleistung und Empfangsverstärkung. Diese Parameter sind alle auf den Ultraschallbildern abzulesen, sie werden angezeigt. Wenn ein System diese Parameter automatisch bei einer Folgeuntersuchung einstellen könnte, sodass der Schallkopf wieder mit der gleichen Einstellung arbeitet wie bei der Voruntersuchung oder zumindest darauf hinweist, wenn es nicht übereinstimmt. Zusätzlich wäre es für die Oberärzte sinnvoll, wenn der Befund aufgerufen werden kann, dem neuen Befund gegenübergestellt wird, beide parallel dargestellt sind und direkt verglichen werden können.

Die Informationen über Position, Rotation und Säge- bzw. Kipp-Bewegung der Ultraschallsonde im Verhältnis zur gesuchten Stelle bei einer Folgeuntersuchung ist nach Antworten der Ärzte genau das was Sie bräuchten. Sie wünschen es sich, dass gefunden und gesagt werden kann, jetzt habe ich die gleiche Position wiedergefunden. Das ist zwar immer nur ein Teil des Ganzen, weil es auch sein kann, dass der Patient sich beispielsweise verändert hat, dass er anfangs der Therapie mehr gewogen hat und nachher deutlich weniger, dann wäre alles anders. Diesen Teil, diese Position, Rotation, Säge- bzw. Kipp-Bewegung, dass ist das, was Sie wissen wollen. Es wird davon immer alles benötigt, wo wurde angesetzt (Position) und in welche Richtung (Rotation und Bewegung) muss geschallt werden. Das eine ist ohne das andere nicht hilfreich.

Die Art des Feedbacks dieser Informationen ist unterschiedlich. Als Bild, weil angezeigt wird wie angesetzt und wie bewegt werden muss. Wenn nur ein Ton käme der höher oder tiefer wird, dann ist nicht erkennbar in welche Richtung gegangen werden muss. Ultraschaller sind optische Menschen. Es wäre sinnvoll, wenn neben dem aktuellen Bild, das alte Bild grün aufleuchtet, sobald die richtige Schnittebene erreicht ist oder es in 3D anzeigt wo hingegangen werden muss.

Die Wichtigkeit der Darstellung, der Informationen, spielt insoweit eine Rolle, weil eine 3D-Darstellung gebraucht wird, die die dritte Ebene zeigt. Die Reihenfolge der benötigten Informationen wäre durch ein „Schritt-für-Schritt“-Vorgehen verständlicher. Erst mal die Position finden und dann, in welche Richtung der Schallkopf bewegt werden muss. Rotation, Schwenken oder Kipp-Bewegung, das geht organisch ineinander über. Zuerst muss die richtige Ansatzstelle gefunden werden und dann die Einstellbewegung stattfinden. Die Ärzte meinten zusätzlich, dass es ist nicht üblich ist, aber wenn es von der Machbarkeit besser ist, wäre das in Ordnung, das erst verschoben, dann gedreht und

dann gekippt oder gesägt wird, obwohl eigentlich alles gleichzeitig gemacht wird, intuitiv, wenn es ein Erfahrener Ultraschaller ist, Anfänger brauchen das, Anfänger schieben erst, kippen, rotieren. Ein Erfahrener kann die Bewegung schneller gleichzeitig ändern.

Eine Einblendung des alten Ultraschallbildes wird bisher noch nicht benutzt. Es wäre jedoch ideal, wenn das genutzt werden könnte. Aktuell ist das Verfahren, eine radiologische Computertomographie oder Kernspinntomographie am Computer aufzumachen und den Befund darzustellen. Dann wird der Patient geschallt und gleichzeitig auf dem Computermonitor geschaut, wo es ungefähr sein muss und dann mit Hilfe des Bildschirms, der 2-3 Meter entfernt steht, den Befund ungefähr zu finden und zu reproduzieren. Wenn das alles auf einem Monitor wäre, würde das vieles einfacher machen.

Das Ziel wäre mit diesem System erreicht, wenn es anzeigt, dass die gleiche Position und die gleiche Ausrichtung erreicht wurde. Danach geht es darum zu beurteilen wie es sich verändert hat und das wird durch den Arzt subjektiv festgelegt.

Eine Interaktion mit einer weiteren Benutzeroberfläche, während einer Ultraschalluntersuchung, ist möglich, weil die linke Hand verfügbar wäre. Benutzt wird die rechte Hand zum Schallen und mit der linken wird das Keyboard gesteuert. Ein System, dass selber anzeigt, nachdem man es einmal synchronisiert oder auf den gleichen Punkt gesetzt hat, benötigt keine weitere Interaktion.

4 Diskussion

Durch die Ergebnisse geht hervor, dass bei der Ultraschalldiagnostik die Problematik besteht Therapien oder Diagnosen zu wiederholen. Deshalb ist eine Reproduzierbarkeit von Ultraschalluntersuchungen gewünscht. Um eine konkrete Stelle wiederaufzufinden, verwendet der Prototyp das angefertigte Piktogramm zum Navigationsstart.

Der Vergleich des Durchmessers einer Läsion oder eines Knoten, wird durch das Ultraschallgerät ermittelt und Bedarf demnach keine zusätzliche Funktion zur Messung der Läsionen oder Knoten durch den Prototyp. Dies betrifft ebenso die Tumordiagnostik oder -kontrolle. Durch die Snapshot-Funktion der Liveansicht des Ultraschallbildes, können die Parameter der Einstellung in Bezug auf den Befund im Ultraschallbild mitaufgenommen werden. Die automatische Einstellung des Ultraschallgeräts über eine Schnittstelle ist durchaus denkbar, jedoch nicht in den Prototyp implementiert. Durch den Prototyp ist es möglich, das aktuellste Referenz-Ultraschallbild, mit dem Live-Ultraschallbild untereinander darzustellen und direkt zu vergleichen.

Die Informationen über Position, Rotation und Säge- bzw. Kipp-Bewegung der Ultraschallsonde im Verhältnis zur gesuchten Stelle bei einer Folgeuntersuchung sind durch den Prototyp in 6-Freiheitsgraden durch das elektromagnetische Trackingsystem angegeben und wird durch die Visualisierungstechnik, „Schritt-für-Schritt“ navigiert, bis durch den automatischen Snapshot das Erreichen des Zielpunktes in Position, Rotation und Säge- bzw. Kipp-Bewegung signalisiert wird.

5 Fazit

Durch die Experteninterviews ist das Interesse an solch einem System deutlicher geworden. Der Arbeitsprozess soll unterstützt werden, weil es sehr oft vorkommt, dass Voruntersucher trotz Vorschriften nicht ausführlich dokumentieren und das Piktogramm nicht immer eingeben. Dadurch sind die Ultraschallbilder im Grunde wertlos, weil niemand nachvollziehen kann was genau eigentlich abgebildet wurde. Des Weiteren ist für das Vergleichen von Befunden sehr wichtig und hilfreich, dass Bezugspunkte auf den Ultraschallbildern abgebildet sind. Ein weiterer Punkt der die Untersuchung unterrichtet, ist dass der behandelnde Arzt vom Ultraschallgerät zum Computer gehen muss, um sich Voruntersuchungen anzuschauen und zu

vergleichen. Hier bietet der Prototyp eine Hilfe, weil zum Live-Ultraschallbild das aufgenommene Ultraschallbild parallel angezeigt wird. Integriert sollte diese Anzeige am besten im Ultraschallgerät direkt oder in einem weiteren Monitor am Ultraschallgerät. Das durch die Oberärzte in den Interviews durchaus gewünscht wurde, weil es bisher noch nicht möglich ist. Zusätzlich dazu die Möglichkeit zu bieten den Ultraschallkopf im dreidimensionalen Raum verfolgen zu können und durch 6-Freiheitsgrade die Reproduzierbarkeit der Ultraschalldiagnostik zu unterstützen. Das „Schritt-für-Schritt“ vorgenommen dabei, ist je nach Erfahrung des Untersuchers anders zu bewerten, da erfahrene Ärzte intuitiver den Ultraschallkopf bedienen. Das Erreichen des Ziels, wird bislang durch ein Snapshot definiert, wobei die Ärzte sich wünschten zunächst einmal den Befund der Voruntersuchung wiederzufinden, um sich dann selbst die richtige Schnittebene zu wählen, für Ihren abschließenden Befund.

6 Literaturverzeichnis

- [1] Ungi, Tamas, et al. "Spinal needle navigation by tracked ultrasound snapshots." *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* 59.10 (2012): 2766-2772.
- [2] Zettinig, Oliver, et al. "3D ultrasound registration-based visual servoing for neurosurgical navigation." *International journal of computer assisted radiology and surgery* 12.9 (2017): 1607-1619.
- [3] Zettinig, Oliver, et al. "Toward real-time 3D ultrasound registration-based visual servoing for interventional navigation." *Robotics and Automation (ICRA), 2016 IEEE International Conference on*. IEEE, 2016.
- [4] Birth, M., et al. "Ultraschallgesteuerte Interventionen unter virtueller Führung." *Ultraschall in der Medizin* 24.02 (2003): 90-95.

- [5] Brattain, Laura J., et al. "Simple and effective ultrasound needle guidance system." Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC, 2011 Annual International Conference of the IEEE. IEEE, 2011.
- [6] Moult, Eric, et al. "Ultrasound-guided facet joint injection training using Perk Tutor." International journal of computer assisted radiology and surgery 8.5 (2013): 831-836.
- [7] Brastianos, Harry C., et al. "201: Electromagnetic Tracking for Catheter Insertion Guidance for HDR Breast Brachytherapy: Demonstration of Concept in Phantoms." Radiotherapy and Oncology 120 (2016): S73-S74.
- [8] Li, Mengfei, Tomasz Bien, and Georg Rose. "Construction of a conductive distortion reduced electromagnetic tracking system for computer assisted image-guided interventions." Medical Engineering and Physics 36.11 (2014): 1496-1501.
- [9] Kamali, Shahrokh, et al. "Localization of the transverse processes in ultrasound for spinal curvature measurement." Medical Imaging 2017: Image-Guided Procedures, Robotic Interventions, and Modeling. Vol. 10135. International Society for Optics and Photonics, 2017.
- [10] Punitthakumar, Kumaradevan, et al. "Multiview echocardiography fusion using an electromagnetic tracking system." Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2016 IEEE 38th Annual International Conference of the. IEEE, 2016.
- [11] Shi, Chaoyang, et al. "Intravascular modeling and navigation for stent graft installation based on data fusion between intravascular ultrasound and electromagnetic tracking sensor." Micro-Nano Mechatronics and Human Science (MHS), 2012 International Symposium on. IEEE, 2012.
- [12] Daoud, Mohammad I., et al. "Freehand 3D ultrasound imaging system using electromagnetic tracking." Open Source Software Computing (OSSCOM), 2015 International Conference on. IEEE, 2015.
- [13] Ungi, Tamas, et al. "Navigated breast tumor excision using electromagnetically tracked ultrasound and surgical instruments." IEEE Transactions on Biomedical Engineering 63.3 (2016): 600-606.
- [14] GLÄSER, J; LAUDEL, G. Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen. Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwiss., 2010, 2010. (Lehrbuch). ISBN: 9783531172385

Digitalisierung im klinischen Umfeld zur Förderung der Personalisierten Medizin am Universitätsklinikum Tübingen am Fall- beispiel der molekularen Diagnostik mithilfe der MTB-Plattform

Öznur Öner
Reutlingen University
Oeznur.Oener@student.Reutlingen-University.DE

Abstract

Spezialisierte und teils papiergetriebene Abläufe erfüllen die primären Anforderungen der Mediziner im Versorgungskontext, welche die zielgerichtete Therapie eines Patienten als Ziel haben. Dabei stellen diese Abläufe durch geltende Datenschutzrichtlinien und ethische Aspekte eine immer höhere Herausforderung dar, die gewonnenen Labormessergebnisse, Therapieansätze und -verläufe für die Sekundärnutzung im Forschungskontext bereitzustellen. Eine weitere Herausforderung stellt die maschinenlesbare Erfassung von allen o.g. Daten dar, da diese in der Regel als Freitexte in Befunden vorliegen. Vor Einzug der Digitalisierung bedarf es

der Prozessoptimierung in der Datenerfassung wie Parametrisierung, einheitliches Erfassungsmuster (Struktur), einheitliche Dokumentation und Archivierung, Patientenaufklärung (Consent) und die fachspezifische Zuordnung. Die hieraus resultierenden Daten und Gesamtstrukturen bilden eine Grundlage für die Vernetzung und den standortübergreifenden Informationsaustausch. Neben der Bereitstellung der Daten für die Forschung sollen auf Basis von Messkriterien vergleichbare Datensätzen zur gezielten, individualisierten Therapie in der Personalisierten Medizin zum Einsatz kommen.

Schlüsselwörter

Personalisierte Medizin, Digitale Transformation, Molekulare Diagnostik, Molekulares Tumorboard, MTB-Plattform, Klinisches Informationssystem, Sekundärnutzung klinischer Daten, IT-Strategie, Business-Motivation-Model, ETL

CR-Kategorien

J.3 [LIFE AND MEDICAL SCIENCE]

Betreuer Hochschule: Prof. Dr. Christian Thies
Hochschule Reutlingen
christian.thies@Reutlingen-University.de

Betreuer Firma: Universitätsklinikum Tübingen
ZPM
info-zpm@med.uni-tuebingen.de

Informatics Inside 2018
Wissenschaftliche Vertiefungskonferenz
09. Mai 2018, Hochschule Reutlingen
Copyright 2018 Öznur Öner

1 Einleitung

1.1 Personalisierte Medizin

Die Personalisierte Medizin beschreibt den Paradigmenwechsel in der Medizin. Das Ziel dieses Paradigmenwechsels ist es, eine verbesserte Diagnose von Erkrankungen sicherzustellen und zielgerichtete und individuelle Therapien anzuwenden. Im Rahmen der Plattform-1-Exzellenzinitiative des Universitätsklinikums Tübingen (UKT) wurde das interfakultäre Zentrum für Personalisierte Medizin (ZPM) etabliert, welches durch die Verbindung der Aspekte von

- Datenerzeugung,
- Datenanalyse und -interpretation,
- funktioneller Bildgebung,
- Entwicklung neuer Therapien, dessen klinischer Erprobung und Weiterentwicklung

dieses interdisziplinären Forschungsfeldes einen Mehrwert für den Patienten generieren soll. Molekulare Boards (Konferenzen) stellen mit ihrer interdisziplinären und multiprofessionellen Aufstellung eine Erweiterung zu den spezifischen Organboards dar, in welchem auf Basis der molekularen Erkrankungscharakteristik passgenaue und individuelle Therapiekonzepte für den Patienten konzipiert werden[1].

1.2 Molekulares Tumorboard

Das Molekulare Tumorboard (MTB) stellt eine Spezialisierung eines Molekularen Boards in der Onkologie dar, setzt sich aus den Fachgebieten /-disziplinen der

- Onkologie,
- Gastroenterologie,
- Immunologie,
- Radioonkologie,
- Neurologie,
- Gynäkologie,

- Kardiologie,
- Urologie,
- Molekular-/Neuropathologie,
- Dermatologie,
- Humangenetik,
- Molekular-/Systembiologie,
- Bioinformatik,
- Radiologie und Nuklearmedizin

zusammen und befasst sich mit der Analyse und Interpretation vorhandener Daten mit dem Ziel einer bestmöglichen individuellen Therapieempfehlung für Krebspatienten. Dabei richtet sich eine Therapieempfehlung an den behandelnden Arzt, der das MTB bei komplexen Fällen konsultiert[1].

1.3 Zielsetzung

Das Ziel dieser Arbeit ist es, mithilfe einer prototypischen IT-Strategie und der dazugehörigen Instanziierung die Digitalisierung im klinischen Umfeld zu realisieren. Die fachlichen Anforderungen der Stakeholder, bestehend aus den MTB-Mitgliedern, eine Grundlage für einen

- papierarmen,
- ablaufbegleitenden,
- bereichsübergreifenden und
- datenschutzkonformen

Informationsaustausch zur

- Datenerzeugung,
- Datenanalyse und
- Dateninterpretation

zu erhalten, sollen mit der IT-Strategie ermöglicht werden.

2 Grundlagen der Digitalisierung

Die Digitalisierung, auch bekannt unter der Digitalen Transformation und Industrie 4.0, ist eines der aktuellsten Trends seit einigen

Jahren. Dabei werden verschiedenen Disziplinen und Aspekte aus der Volks- und Betriebswirtschaft mit Innovationen aus der Informationstechnologie, aber auch mit anderen Fachgebieten wie zum Beispiel die Medizin enger in Relation gesetzt. Durch dieses sogenannte Alignment (engl. Ausrichtung) sollen bestehende Prozesse optimiert (Effektivität und Effizienz) bzw. durch neue ersetzt und Aufwände minimiert werden. Ein weiteres Ziel der Digitalisierung ist es, einen bestehenden Mehrwert zu erhöhen bzw. einen neuen Mehrwert für Beteiligte zu generieren. Eine Digitalisierung bedarf der Betrachtung (Analyse) der gegenwärtigen Ausgangssituation, der Vision und der Mission, um Chancen und Risiken frühzeitig zu erkennen und entsprechend zu reagieren. Fachliche Strategien sollen durch die Analysen abgeleitet und mittels der Möglichkeiten in der Informationstechnologie effektiv und effizient umgesetzt werden (siehe Abbildung 1: Beispiel für die Planung einer Digitalisierung) [5, 6, 7].



Abbildung 1: Beispiel für die Planung einer Digitalisierung

2.1 SWOT-Analyse

Die SWOT-Analyse ist ein Instrument der strategischen Planung, dient zur Ermittlung der eigenen Stellung auf dem Markt und der Bildung von Strategien, um die eigene Marktposition zu stärken. Die vier Komponenten

- Strengths (Stärken),
- Weakness (Schwächen),
- Opportunities (Chancen) und
- Threats (Bedrohungen)

bilden das englische Akronym SWOT (siehe Tabelle 1: Aufbau einer SWOT-Analyse). Beim allgemeinen Vorgehen wird zwischen

der Unternehmensanalyse (internen Analyse) und der Umfeldanalyse (externe Analyse) unterschieden. Die eigenen Stärken und Schwächen werden während der Unternehmensanalyse ermittelt und gesammelt. Gleichermaßen gilt für Chancen und Bedrohungen während der Umfeldanalyse.

Tabelle 1: Aufbau einer SWOT-Analyse

Stärken	Schwächen
Chancen	Risiken

Im nächsten Schritt werden die genannten Komponenten kombiniert, um Strategien zu entwickeln, um beispielsweise die eigenen Schwächen auf Markt und gegenüber der Konkurrenz zu minimieren oder eigene Stärken auszubauen, um höhere Markttchancen zu erzielen. Die Darstellung der Strategien erfolgt in einer SWOT-Matrix (siehe Tabelle 2: SWOT-Matrix zur Strategieentwicklung) [3, 8].

Tabelle 2: SWOT-Matrix zur Strategieentwicklung

Externe Faktoren		Interne Faktoren		Interne Analyse	
		Stärken	Schwächen	CSt-Strategie	CS-Strategie
Externe Analyse	Chancen				
	Risiken	RSt-Strategie	RS-Strategie		

2.2 Business-Motivation-Modell (BMM)

Das Business-Motivation-Modell zeigt, wie sich Strategien ableiten und umsetzen lassen. Das BMM wird von der Vereinigung Object Management Group betreut, welche sich mit der Standardisierung von Vorgehensweisen insbesondere im IT-Bereich beschäftigt. Das

BMM (siehe Abbildung 2: Aufbau eines Business-Motivation-Modells) unterscheidet zunächst zwischen Zweck und Mittel.

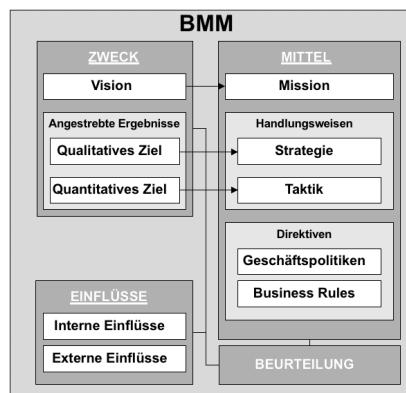


Abbildung 2: Aufbau eines Business-Motivation-Modells

Mithilfe des Mittels soll die Erreichung des Zwecks ermöglicht werden. Ein Beispiel hierfür wäre ein Loch in der Wand als Zweck und ein Bohrer das passende Mittel dazu, um diesen Zweck zu erreichen. Der Zweck einer Unternehmung wird unterschieden in die Vision und den angestrebten Ergebnissen. Die Vision ist ein sehr allgemein formuliertes Ziel, welches beschreibt, was die Unternehmung langfristig und generell erreichen will. Auch wenn die Vision sehr allgemein formuliert ist, zeigt sie deutlich die grundsätzliche Ausrichtung der Unternehmung. Die Vision wird durch die angestrebten Ergebnisse konkretisiert. Diese lassen sich wiederum in Qualitative und Quantitative Ziele unterteilen. Tatsächlich kann direkt nur das Erreichen eines quantitativen Ziels überprüft werden und deshalb benötigt die Unternehmung quantitative Ziele. Qualitative Ziele verbinden die sehr allgemein gehaltene Vision mit den sehr konkret gehaltenen quantitativen Zielen. Dem Zweck einer Unternehmung stellt das BMM die Mittel gegenüber, mit denen dieser Zweck erreicht werden soll. Die allgemeinsten Ebene bildet die Mission einer Unternehmung, diese beschreibt den

Kern der Geschäftstätigkeit. Die Mission einer Unternehmung bildet das Gegenstück zur Vision. Diese Mission kann nun durch Strategien und Taktiken konkretisiert werden. Die Unterscheidung von Strategien und Taktiken ist nicht immer klar zu treffen. Tendenziell wirken sich Strategien auf qualitative Ziele aus, während Taktiken ihre Wirkung auf quantitative Ziele entfalten. All diese Taktiken stellen eigenständige Aufgaben dar, deren erfolgreichen Erledigung durch eigene quantitative Ziele überprüft werden kann und die alle im Kontext der übergeordneten Aufgaben der Beteiligung an innovativen Unternehmen wirken. Eine andere Herangehensweise liegt darin, nicht in Strategien und Taktiken zu differenzieren, sodass Strategien sowohl auf qualitative als auch auf quantitative Ziele hinwirken können. Direktiven sind Anweisungen, die das Geschäft bestimmen und somit IT-Strategien und Taktiken implementieren können.

2.3 Business-IT-Alignment und IT-Strategie

Das Business-IT-Alignment ist die Ausrichtung der IT an die Fachabteilung in Form von zwei BMM (siehe Abbildung 3). Zunächst muss sich die Vision der IT-Abteilung an der Mission des oder der Auftraggeber ausrichten. Da die IT nie ein Selbstzweck ist, muss sie ihren Zweck aus der Unterstützung der wesentlichen Aufgaben ihrer Auftraggeber ableiten. Dies wird auf den Ebenen der Handlungsweisen und der Direktiven konkretisiert. Auf der Ebene der Direktiven kann jedoch auch eine starke Abhängigkeit des Auftraggebers von konkreten Leistungen der IT festgestellt werden. Da IT-Leistung sich nicht immer wie geplant verhalten und es deshalb auf Seiten der IT zu Abweichungen der realisierten von geplanten Strategien kommen kann, muss sich auch der Auftraggeber an die IT ausrichten. Außerdem stellen die Möglichkeiten der IT einen wichtigen Einfluss für den Auftraggeber dar, welches bei der Planung berücksichtigt werden muss.

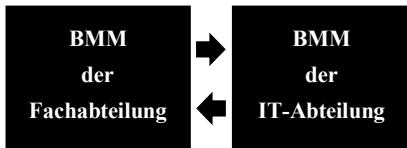


Abbildung 3: Gegenseitige Ausrichtung der Fachabteilung und der IT-Abteilung

Die durch das Business-IT-Alignment entwickelte IT-Strategie beinhaltet alle Bestandteile und Komponenten, um in einer Roadmap mit den Faktoren Zeit und Kosten angereichert und in der Implementierung umgesetzt zu werden (siehe Abbildung 4) [2, 4].

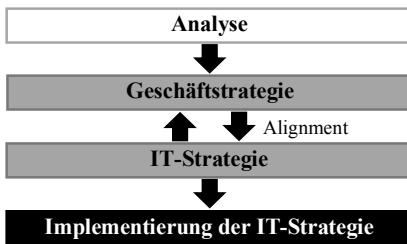


Abbildung 4: Digitalisierungsablauf

3 Methodische Vorgehensweise

Der Autor dieser Arbeit ist als Technischer Leiter in der IT-Abteilung des Zentrums für Personalisierte Medizin angesiedelt.

3.1 Ausgangssituation

Ein MTB-Fall (siehe 1.2 Molekulares Tumorboard) enthält initial eine Synopsis (Zusammenfassung) bisheriger Verlaufsdaten zu einem Patienten und die Fragestellung des Fallmoderators, welcher gleichzeitig der behandelnde Arzt ist (siehe 1.2 Molekulares Tumorboard). Informationen zur Histologie, Genetik und radiologischen Bildgebung werden im Fall konsekutiv ergänzt. Diese Informationsgruppen und deren Werte werden in eigenständigen Fachbereichen im Rahmen der definierten Standardabläufe (SOP) erhoben und in den dazugehörigen Informationssystemen persistent abgelegt. Somit ist der Moderator gezwungen, alle MTB-fallrele-

vanten Daten aus den relevanten Informationssystemen in einem MTB-Fall manuell zusammen zu tragen. Eine besondere Herausforderung stellt das Bioprobenauftragsmanagement dar, da eine Bioprobe mehrere Etappen durchläuft und in jedem Prozessschritt ereignisbedingte Informationen aufnimmt und wieder abgibt. Die nachfolgende Auflistung der Bioprobenprozessierungsabläufe soll die mehrstufige Datenerhebung verdeutlichen:

- Biopsieentnahme
- Probenbegleitschein und Versand
- Einlagerung
- Fixierung in Paraffin
- Schnitt/RNS-Erstellung/Aliquotierung
- Probenbegleitschein und Versand
- Sequenzierung und Analyse
- Befunderstellung und Befundversand

Der Zyklus von der MTB-Fallanlage bis -besprechung hat die definierte Dauer von max. 4 Wochen. Es bedarf somit, dass nicht nur die Datenerhebung im Vorfeld vollständig dokumentiert ist, sondern auch der zeitliche Faktor eingehalten werden muss, um einen MTB-Fall fristgerecht besprechen zu können.

3.2 Relevante Informationssysteme des UKT

In der Umsetzung der IT-Strategie kommen verschiedene Systeme in den notwendigen ETL-Prozessen zum Einsatz und werden in den nachfolgenden Unterkapiteln im Allgemeinen beschrieben.

3.2.1 Klinische Primärsysteme (KIS)

Am UKT kommen verschiedenen Primärsysteme zum Einsatz, die folgend aufgelistet, jedoch nicht im Detail beschrieben werden:

- ISH.med/SAP - Klinisches Informationssystem
- Swisslab - Laborinformationssystem

- PAS.net - Pathologie-Informationssystem
- RadCentre - Radiologieinformationsystem
- GE Centricity - Bildarchivierungssystem
- d3.Archiv - Dokumentarchivierungssystem

Die Kommunikation unter den Primärsystemen erfolgt in der Regel mittels dem Kommunikationsserver CloverLeaf und HL7-Nachrichten. HL7 ist kein Bestandteil dieser Arbeit und wird nicht näher erläutert.

3.2.2 Molekulare Tumorboard-Plattform (MTB-P)

Die MTB-P ist eine digitale, webbasierte Server-Client-Applikation und dient zum Zwecke der Dokumentation der Molekulardiagnostik, der kollaborativen Zusammenarbeit und der Vorbereitung von Molekularen Tumorboard-Konferenzen (MTB-Präsenztreffen). Es handelt sich hierbei um eine zugeschnittene proprietäre Softwarelösung des ZPM in der Erprobungsphase. Die MTB-P befindet sich gegenwärtig in aktuellen Version 1.8 in einer frühen Betatest-Phase und soll die Nutzer (Expertenteam) bei der Verbindung der unter Punkt 1.1 Personalisierte Medizin genannten Aspekte unterstützen und eine dezentrale, zeitversetzte digitale (Vor-)Kommunikation ermöglichen (Diskussion und Austausch vor einer Konferenz). Die Nutzung bedarf einer vorherigen Nutzer-Registrierung und expliziten Freigabe durch die Leiter der MTB-Plattform. Wurden Autorisierung und Authentifizierung fachlich und technisch freigegeben, so kann der Nutzer die MTB-P im klinikinternen Netzwerk (Intranet) nutzen. Das MTB-P setzt auf ein vorgedefiniertes Rollen-und-Rechte-Konzept auf. Dieses Konzept soll die Anforderungen der Betreiber sicherstellen, dass die definierten Sichten, Inhalte und Funktionen zur richtigen Zeit am richtigen Ort durch die Softwarelösung geliefert werden sollen, um die Datenintegrität und -konsistenz aufrecht zu erhalten.

3.2.3 Broad-Consent Managementsystem (BCMS)

BCMS ist eine mehrschichtige, mehrstufige und systemübergreifende Softwarelösung) zur persistenten Haltung von Einwilligungsinformationen (Consent). Das Ziel des BCMS ist es, Systeme mit Consentinformationen zu versorgen, wo die Datenausleitungen den Consent explizit voraussetzt. Die Consent-Vorlage in der aktuellen Version 7 stellt unter anderem sicher, ob und in welchem Zeitraum klinische Daten für die Sekundärnutzung genutzt werden dürfen oder nicht. Obwohl der ETL-Prozess vollautomatisiert ist, muss der Patient im Vorfeld durch den behandelnden Arzt aufgeklärt werden. Nur wenn der Patient mit dem Inhalt der Einwilligung einverstanden ist und dieses unterzeichnet hat, darf die Einwilligung mit seinen Abstufungen im ISH.med in einem parametrisierten medizinischen Dokument (PMD) hinterlegt werden. Ein Nichtunterschreiben oder eine fehlerhafte schriftliche Befüllung der Einwilligungserklärung im Papierform hat eine Ablehnungserklärung zur Folge und wird als solche im ISH.med/PMD erfasst. Sowohl Zustimmungen als auch Ablehnungen werden in einem proprietären XML der zentralen IT (GBIT) für den ETL-Prozess zur Verfügung gestellt.

3.2.4 QBiC-Portal

Das QBiC als Zentrum für Quantitative Bioinformatik stellt mit dem QBiC-Portal eine Portallösung auf Basis von openBIS mit dediziertem Nutzerkreis für das UKT bereit. Des Weiteren liefert QBiC Backup- und Speicherungsdienstleistungen und ETL-Pläne zur Datenübertragung im MTB-Kontext an. Gemäß existierenden schriftlichen Vereinbarungen zur Langzeitarchivierung liefern (exportieren) die Humangenetik (Immag) und die CeGat GmbH Hochdurchsatzdaten an das QBiC über etablierte Schnittstellen. Die Schnittstellen werden unter Punkt 3.4.3 genutzt, um Befundergebnisse aus den Hochdurchsatzdaten an das MTB zu übertragen.

3.2.5 CentraXX

CentraXX (CXX) ist eine kommerzielle Softwarelösung der Kairos GmbH und stellt weitreichende Funktionen als versorgungsnahes Informations- und Managementsystem für Patientendaten, Bioprobandaten, Messdaten, Studiendaten, Business-Intelligence und vieles mehr bereit. Der genaue Funktionsumfang wird an dieser Stelle nicht näher beschrieben. CentraXX wurde durch das Krebszentrum (Comprehensive Cancer Center - CCC) des UKT erworben und Ende 2015 in das ZPM überführt. Ein benanntes Leitungsgremium hat die Kontroll- und Freigabefunktion über CentraXX. Es existieren verschiedene Instanzen für die Versorgung und Forschung. CentraXX bildet das Primärsystem, um den Datenaustausch zwischen den Datenlieferanten über das QBiC-System und der MTB-Plattform zu ermöglichen.

3.3 Fachliche Umsetzung

Nachfolgend werden die Meilensteine, die SWOT-Analyse, das Geschäftsmodell, das BMM, das Business-IT-Alignment, die IT-Strategie und die Implementierung, teils exemplarisch, zpm-spezifisch beschrieben.

3.3.1 Meilensteine

Zur Umsetzung der Digitalisierung wurden im Projekt mit den Projektteilnehmern aus dem

- ZPM,
- QBiC,
- Pathologien,
- Humangenetik (Imgag) und
- CeGat GmbH

relevante Meilensteine definiert und in einem Meilensteinplan zusammengefasst (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Auflistung aller Meilensteine

Meilensteine
M1: Anforderungsaufnahme
M2: Strategieentwicklung, SOP-Erstellung
M3: Schulung der Pathologien
M4: Erstellung der ETL-Prozesse
M5: Test
M6: Rollout und Produktivgang

3.3.2 SWOT-Analyse

Die SWOT-Analyse (siehe Tabelle 4: ZPM-SWOT-Analyse) umfasst die Inhalte aus fachlicher und technischer Sicht. Die Entwicklung von Strategien mittels einer erweiterten SWOT-Matrix ist keine Stakeholder-Anforderung.

Tabelle 4: ZPM-SWOT-Analyse

STÄRKEN	SCHWÄCHEN
Interdisziplinäres Expertenteam	Daten und Informationen aus Interpretationen in vers. Datendomänen (Speicherorten)
Datenerhebung in vers. Systemen	Maschinenlesbare Exporte nur mit Aufwand möglich
Zeitzogene Daten	Schnittstellen existieren nicht
	Manuelle Aggregation und Korrelation nur mit Aufwand möglich
	Zugriffe nicht geregelt
	Systeme nicht erreichbar
CHANCEN	RISIKEN
Neue Erkenntnisse und Entwicklung von neuen Therapien	Informationsfehler/-verlust durch fehlende/ falsche ID-Handhabung

3.3.3 Geschäftsmodell

Im Projekt wurde vereinbart, alle notwendigen Daten gemäß einem einheitlichen Ablauf mit den notwendigen und vordefinierten Nummernkreisen in Informationssystemen zu dokumentieren. Digitale Prozesse im Hintergrund sollen sicherstellen, dass die Daten ereignisgesteuert in MTB-Fällen aggregiert werden, damit die Grundlagen für die Fallbesprechungen in der Versorgung und die Sekundärnutzungen in der Forschung geschaffen werden können. Fachliche Abläufe, technische Komponenten und Methoden bildet in ausgerichteter Form als MTB-Geschäftsmodell (s. Abbildung 5).

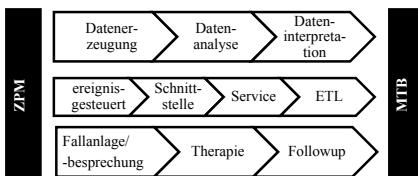


Abbildung 5: MTB-Geschäftsmodell

3.3.4 Business-Motivation-Modell und Alignment

Das BMM der ZPM-IT-Abteilung wurde an das BMM der Fachabteilung ausgerichtet und definiert die IT-Strategie (s. Tabelle 5). Das BMM der Fachabteilung wird an dieser Stelle nicht näher erläutert.

Tabelle 5: ZPM-IT-Strategie

ZWECK	MITTEL
- Infrastruktur anpassen - Schnittstellen erstellen - Services erstellen/anfordern - ETL-Pläne erstellen	- Konfiguration der Systeme, Datenbanken und Webseiten - Proxy-Einstellungen - Erstellung von ETL-Plänen
Vision	Mission
- Einheitliches standortübergreifender Datenaustausch - Aufwandsreduktion durch einheitliche Module / SOP	- einheitliche Client-Server-Architektur - Homogenisierung der ID - Erstellung einheitlicher Datenmodelle - Datenintegration - Entwicklung von Schnittstellen / Web-UI
Angestrebte Ergebnisse	Handlungsweisen
Qualitatives Ziel Abbildung von Befunddaten	Strategie Modellierung
Quantitatives Ziel - Nutzung techn. Trends - Eruierung bestehender Schnittstellen und Services	Taktik - technologische Trends ermitteln - SLA mit Service-Provider
	Direktiven Geschäftspolitik Homogenisierung der mtb-relevanten Informationssysteme
	Business Rules - Abschluss der Anpassungen inkl. SOPs an allen Standorten bis 28.02.2018 nach Kickoff - Schulung und Training aller Mitarbeiter
Einflüsse	Beurteilung
Interne Einflüsse - bestehende Infrastrukturen - Services - proprietäre Schnittstellen - IT-Abläufe (SOPs) - Beurteilungen	- Schnittstellen-Kontrolle - Evaluation der Daten und Zeitaufwendungen
Externe Einflüsse - externe Systeme - Nummernkreise/IDs - Schnittstellen Dritter - Konkurrenz-Systeme - Technologie-Trends - State-of-the-Art	

3.3.5 Prozessablauf (SOP)

Die IT-Strategie setzt voraus, dass alle beteiligten Mitarbeiter und Geschäftspartner grundlegende und notwendige Prozesse durchlaufen, damit die Informationskette nicht unterbrochen wird. Der Einwilligungsstatus und die Tupel, bestehend aus QBiC-Patienten-ID und QBiC-Proben-ID, bilden in den Informationsgewinnungsprozessen die wichtigsten Faktoren. Die Einwilligung deklariert die Kennzeichnung und die ID-Nummer instanziert diese. Fehlt der Einwilligungsstatus oder wurde diese durch den Patienten abgelehnt, so ist das Ergebnis einer Befundung von genetischen Daten nur der Befundbrief im Papierformat. Dieser Brief erfüllt seinen primären Zweck als Informationsträger für die Therapiefindung. Beteiligte Mitarbeiter aus dem Pathologien wurden in der Generierung von QBiC-IDs, der QBiC-Portal-Nutzung, der Biobankverwaltung in CentraXX und im Auftragsmanagement durch das ZPM und QBiC geschult.

3.4 Technische Umsetzung

3.4.1 ID-Handling

Ein Identifier in einem klinischen Informationssystem darf das Universitätsklinikum gemäß den Datenschutzrichtlinien nicht verlassen. Damit die Eindeutigkeit und die Zuordnbarkeit aufrechterhalten werden kann, muss ein gemeinsamer Schlüssel in Form einer öffentlichen ID eingeführt werden. Die private ID repräsentiert die eindeutige klinikinterne SAP-Patienten-ID, die ein berechtigter Mitarbeiter des Uniklinikums neben der dazugehörigen öffentlichen ID besitzen darf. Die Lieferanten (Imgag, CeGat und QBiC), erhalten lediglich die öffentliche ID, mit welchem es den Dienstleister nicht möglich ist, den Patienten ohne größeren Aufwand (Hacking, Phising usw.) zu identifizieren.

3.4.2 Annotationen

Die Ergebnisse aus der Sequenzierung einer Biopsie durch verschiedene Dienstleister sollen in einem harmonisierten Schema abgebildet werden. Hierdurch soll sichergestellt

werden, dass eine einheitliche strukturelle Integrität von Ergebnissen erhalten bleibt und keinen Einfluss auf Transformationen in nachrangigen Systemen ausübt. Die Annotationsen wurden unter den Datenlieferanten definiert, vereinbart und schriftlich dokumentiert.

3.4.3 Schnittstellenaufbau

Die bei den Lieferanten durchgeführten Annotationsen (siehe 3.4.2 Annotationsen) definieren die Datenschemata der Datenbanken und ETL-Prozesse in QBiC und im ZPM, die erstellt wurden. Die Dienstleister QBiC und den QBiC-Core-Facilities CeGat, Imgag repräsentieren mit ihren Informationssystemen gegenüber dem ZPM die Rolle des Datenproduzenten. Die Schnittstellen zwischen QBiC und den QBiC-Core-Facilities werden auf Basis der gemeinsamen Annotation und den vereinbaren Internetprotokoll-Adressen (IP) und den Ports durch die Lieferanten erstellt. Neben der Übertragung von Hochdrucksatzdaten in Rohformaten, sollen die gemäß den Annotationsen strukturierten Befunddaten im TSV-Format durch die QBiC-Core-Facilities an das QBiC über Schnittstellen übertragen werden. ETL-Prozesse im QBiC sollen Befunddaten im TSV-Format in das XML-Format umwandeln und über die CentraXX-REST-Schnittstelle an CXX-P-Sys schicken. Eine elektronische Patientenakte (EPA) in CentraXX-P-Sys beinhaltet neben den demographischen Patientendaten und dem Consent-Status aus dem KIS das QBiC-ID-Tupel zu einem Patienten und seiner Bioprobe. Auf der MTB-P-Seite wird in einem MTB-Fall das QBiC-ID-Tupel persistent halten. Eintreffende QBiC-Befunddaten werden somit automatisch in CentraXX-P-Sys-EPA aggregiert. ETL-Prozesse auf dem ETL-Server prüfen alle 12 Stunden neue QBiC-Dateneingänge in CentraXX-P-Sys. Sobald der ETL-Prozess neue QBiC-Daten identifiziert hat, werden die Befunddaten in CXX an MTB-P übertragen. Sobald ein MTB-Fall eine erwartete reife erreicht hat, exportiert die MTB-Logik einen MTB-Fall in einen definierten und vom ETL-Server observierten

Dateiordner. Der ETL-Server holt sich den MTB-Fall-Export, transformiert diesen und leitet es an CXX-P-Sys weiter.

Abbildung 6 verdeutlicht die technische Umsetzung der fachlichen Anforderungen. Alle relevanten Systeme generieren und liefern Daten orientierend und konsekutiv an anliegenden Geschäftsprozessen.

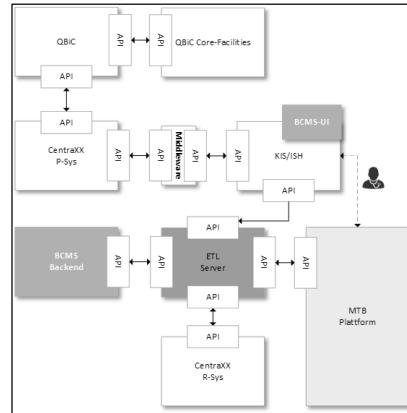


Abbildung 6: Ausrichtung MTB-relevanten Systemen mittels Schnittstellen

4 Ergebnisse

Das Projekt befindet zum aktuellen Zeitpunkt in der Produktivphase, jedoch bleibt CXX-R-Sys leer und inaktiv. Die bisherigen Meilensteine wurden erreicht wie die nachfolgende Übersicht zur Meilensteinumsetzung verdeutlichen soll:

Tabelle 6: Meilensteinumsetzung

Meilenstein	Datum
M1: Projekt-Kickoff	27.10.2017
M1: Abschluss der Anforderungsaufnahme	03.11.2017
M2: Analysen, Erstellung der IT-Strategie und SOPs	10.11.2017
M3: Schulung der Pathologien	14.11.2017
M4 + M5	
Initiale Annotation	15.11.2017
Bereitstellung aller ETL-Prozesse	26.01.2018
1. Testdurchlauf	26.01.2018
Abschluss der ETL-Anpassungen	15.02.2018
2. Testdurchlauf	15.02.2018
M6: Rollout	19.02.2018
M6: Produktivgang	23.02.2018

In einem Export zur Qualitätssicherung (QS) des MTB-Geschäftsprozesses wurden alle re-

levanten MTB-Fälle mit den ZPM-ETL-Prozessen in eine Textdatei geschrieben wie es die nachfolgende Tabelle darstellt:

Tabelle 7: QS-Export

Beobachtung	absolut	relativ
MTB-Fälle mit Zieltherapie	343	100,00 %
davon mit Einwilligung	313	91,25 %
davon mit QBIC-Patient-ID	74	21,57 %
davon mit QBIC-Befund	1	0,29 %

Stand: 28.02.2018

5 Fazit

Interdisziplinäre Expertenteams aus verschiedenen Fachbereichen und -gebieten entwickeln gemeinsam in Zentrum für Personalisierte Medizin Tübingen zielgerichtete und individualisierte Therapien für Patienten mit schweren Erkrankungen. Die reibungslose Kommunikation und Interaktion bildet die Grundlage zur Therapiefindung. Hierbei bedarf es der Ausrichtung aller fachlich-relevanten Standardabläufe zueinander, damit eine Gemeinsame Informationsbasis geschaffen werden kann. Die IT-Strategie unterstützt die Ausrichtung und die Digitalisierung analoger, papiergetriebener Abläufe, um einen Mehrwert für die Versorgung und insbesondere für Sekundärnutzung klinischer Daten in der Forschung zu liefern.

6 Literaturverzeichnis

- [1] Zentrum für Personalisierte Medizin, Webseite, 2018, Online verfügbar unter <https://www.uni-tuebingen.de/de/64728>, Besucht am 12.11.2017

- [2] W. Brenner, R. Zarnekow, F. Pörtig. Entwicklungstendenzen im Informationsmanagement - Auf dem Weg zum Informationsmanagement, 2. Auflage, Springer Verlag, 2003, S. 147-168
- [3] SWOT-Analyse, Webseite, 2018, Online verfügbar unter <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/swot-analyse.html>, Besucht am 06.11.2017.
- [4] Business-Motivation-Model, Webseite, 2018, Online verfügbar unter <http://www.omg.org/spec/BMM>, Besucht am 06.11.2017
- [5] A. Rüter, J. Schröder, A. Göldner, J. Niebuhr: IT-Governance in der Praxis: Erfolgreiche Positionierung der IT im Unternehmen, Springer Verlag, 2010
- [6] I. Hanschke, Lean IT-Management – einfach und effektiv. Der Erfolgsfaktor für ein wirksames IT-Management, Carl Hanser Verlag, S. 79ff., 2014
- [7] Resch, Olaf. Einführung in das IT-Management, 3. Auflage, Erich Schmidt Verlag, 2013
- [8] F. Kotler, F. Bliemel, Marketing-Management: Analyse, Planung und Verwirklichung, 10. Auflage, Schäffer-Poeschel Verlag, 2010, S. 130ff

Kulturwandel von ITIL zu DevOps im Unternehmen

Sinem Cicek Celik

Reutlingen University

Sinem_cicek.celik@Student.Reutlingen-University.De

Abstract

Die Bedeutung und Stellung der Informatiknstechnologie erlebte in den letzten 60 Jahren einen fortlaufenden Wandel. Der anfänglich rein unterstützende Charakter entwickelte sich immer mehr zu einem wichtigen Bestandteil der Aufbau- und Ablauforganisation im Unternehmen. Ein definiertes IT-Servicemanagement im Unternehmen sieht sich mittlerweile gleichgeordnet mit den restlichen Fachabteilungen, tritt mit seinen Leistungen als Dienstleister auf und betrachtet die Fachabteilungen als „Kunde“. Neue Technologien und Innovationen und die daraus resultierenden Neudeinitionen bestehender Anforderungen sollen im Rahmen der Digitalisierung in Unternehmen positive Effekte zeigen. IT Infrastructure Library (ITIL) wird als Framework für IT-Servicemanagement in der Industrie und im öffentlichen Dienst genutzt. Der Ansatz von ITIL unterstützte den Kulturwandel und sensibilisierte das Management und die Mitarbeiter darin, serviceorientiert zu denken. Da dieser Ansatz einen vordefinierten, zyklischen Ablauf hat, könnten schnell eintreffende Kundenanforderungen nicht fristgerecht umgesetzt werden, weshalb agile Methoden wie der DevOps-Ansatz in den Vordergrund rücken. Die Herausforderung besteht darin, den Kulturwan-

del bei der Einführung von DevOps in bestehenden ITIL-Strukturen in Unternehmen zu fördern.

Schlüsselwörter

IT-Management, ITIL, DevOps, Digitalisierung, Kulturwandel

CR-Kategorien

D.2.9 [Management], H.1.1 [Systems and Information Theory]

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Die Devise “Never touch a running system” hat sich im IT-Betrieb in die Gedächtnisse verankert und wird teilweise noch heute gelebt. Jedoch hat man damals nicht berücksichtigt, dass solche Systeme auf langfristige Sicht einen monolithischen Charakter einnehmen und in der Wartbarkeit und in den Anpassungsmöglichkeiten neuen Kundenanforderungen nicht mehr gerecht sein könnten. Dieses Verständnis wurde teilweise durch die Einführung von IT-Service Management mithilfe des ITIL-Frameworks gebrochen und die IT durchlebte eine komplettene Umstrukturierung, da mit dem steigenden Wettbewerb nicht mehr mitgehalten werden konnte [7]. Das IT-Projektmanagement scheitert oft an der langen Umsetzungsdauer und an der mangelnden Kommunikation und Zusammenarbeit zwischen den Stakeholdern (Entwicklung, Betrieb, Kunde etc.). Dauern IT-Projekte zu lange, so verliert auch ein IT-Produkt an Akzeptanz, weil sich die Kundenanforderungen während dieser Periode ändern können und ein Produkt sich am Markt

Betreuer Hochschule: Prof. Dr. Christian Thies
Hochschule Reutlingen
christian.thies@Reutlingen-University.de

Informatics Inside 2018
Wissenschaftliche Vertiefungskonferenz
09. Mai 2018, Hochschule Reutlingen
Copyright 2018 Sinem Cicek Celik

nicht rechtzeitig adaptieren kann [6, 9]. DevOps entstand genau aus solchen Aspekten wie die verspätete Bereitstellung von Releases, die im Deployment Fehler verursachen oder fehlende oder fehlerhafte Dokumentation. Ein weiteres Problem stellt die individuelle Einführung und Interpretation des ITIL-Grundsatzes, welche nicht immer funktioniert, da ein Unternehmen nicht die internen Prozesse überarbeitet, sondern die Prozesse dem Unternehmen anpasst [8]. Das Framework ist eine Best-Practice für das IT-Service Management, jedoch keine ultimative Lösung, weshalb man nach der Implementierung keinen reibungslosen Verlauf erwarten kann. Zudem werden am Beispiel der Landeshauptstadt München nur die IT-Mitarbeiter ITIL-zertifiziert. Es ist ebenso wichtig, dass die Fachabteilungen zumindest eine Einführungsschulung bekommen, um ihre Perspektive zu erweitern und künftige Anforderungen besser zu formulieren. Nachdem viele Unternehmen aus den verschiedensten Branchen ihre IT nach ITIL ausgerichtet haben bzw. immer noch dabei sind, etablieren sich neue Trends wie DevOps und agilen Projektmanagementmethoden (bspw. Scrum). Muss nun die komplette IT-Organisation wieder umstrukturiert werden? Genügt eine alleinige Umstrukturierung? Sind die Mitarbeiter dadurch automatisch agiler und entwickeln nur noch innovative IT-Produkte? Bedeutet DevOps das Ende von ITIL? Diese Fragestellungen sollen in dieser Arbeit Schritt-für-Schritt beantwortet werden [10].

1.2 Stand der Technik

Wie bereits in der Problemstellung erwähnt wurde, haben viele Unternehmen aus verschiedenen Branchen ihre IT nach dem Rahmenwerk ITIL umstrukturiert. Öffentliche Einrichtungen wie die Landeshauptstadt München oder das Uniklinikum Tübingen passten ihre Prozesse nach dieser Best Practice an und zertifizieren ihre IT-Mitarbeiter [5]. Die Hochschul-Informations-System GmbH (HIS) führte Ergebnisse aus der Praxis zusammen und verfasste Konzepte für ein serviceorientiertes IT-Management an Hochschule mit ITIL [11]. Die BMW Group aus

der Automobilindustrie führte das IT-Service Management bereits mit ITIL V2 ein und setzt auch in den Stellenausschreibungen für den IT-Betrieb eine ITIL-Zertifizierung voraus, so auch bspw. die Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG [1].

DevOps hat sich ebenfalls in nennenswerten Unternehmen wie Apple, Amazon, Google, Netflix etc. etabliert. In [7] wird am Fallbeispiel von T-System MMS der agile Ansatz erklärt. Daimler TSS entwickelt seine Softwareprodukte ebenfalls mit dem DevOps-Ansatz und Studien, wie der „State of DevOps Report – 2017“ ([13]) belegen, dass die DevOps-Teams seit 2014 von 16% bis 2017 auf 27% anstiegen. Die Studienorganisatoren haben über mehrere Jahre hinweg 27000 Umfragen ausgefüllt von IT-Spezialisten und Entwicklern analysiert und ausgewertet. Im Jahre 2017 nahmen weitere 3200 Studienteilnehmer weltweit an der Umfrage teil und es gaben mehr IT-Mitarbeiter an, Teil eines DevOps Teams zu sein, als drei Jahre zuvor [7, 12].

1.3 Zielsetzung

Mithilfe dieser Arbeit soll dem Leser ein besseres Verständnis über ITIL und DevOps und ihre Gegenüberstellung vermittelt werden. Es sollen die beiden Ansätze szenarisch anhand eines Use-Cases betrachtet werden, um die Umsetzung von Kundenanforderungen in IT-Projekten zu verbessern. Zudem soll ein Vorschlag über einen Kulturwandel von ITIL zu DevOps extrahiert werden.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 IT-(Service) Management

2.1.1 IT-Management

Mit der bereits im Abstract erwähnten Wandlung der IT, veränderte sich das Aufgabengebiet des IT-Managements (ITM) ebenfalls. Der frühere Schwerpunkt des Betriebs und der Aufrechterhaltung von Großrechnern ist in der heutigen Zeit die Aufgabe des sogenannten Service Desks. Die Verantwortung erweiterte sich mit dem Einsatz von Arbeits-

platzrechnern hinsichtlich der Gewährleistung der Stabilität und der Zuverlässigkeit dieser Rechner und das Management übernahm somit die Aufgaben der IT [2]. Mit diesem Gedankensprung etablierte sich das IT-Management zur Führungsaufgabe zusammen mit dem traditionelle IT-Managementprozess *Plan, Build, Run*. Mit der Serviceorientierung wurde aus *Plan, Build, Run – Source, Make, Deliver* und das ITM wurde in strategisches und operatives Management unterteilt [1]. Vor der operativen Umsetzung muss mit strategische Instrumenten die IT mit den Unternehmenszielen abgeglichen werden, damit IT-Ziele definiert und eine IT-Strategie extrahiert werden kann. Anschließend kann das operative ITM auf Basis der vorgegebenen IT-Ziele und -Strategie ihren Aufgaben wie:

- Wirtschaftliche Nutzung der IT-Ressourcen gewährleisten
- Effektive Entwicklung der IT-Lösungen
- Reibungsloser Verlauf des IT-Betriebs
- Weiterentwicklung und Wartung der Informationssysteme

nachgehen [4].

2.1.2 IT-Service Management

Das IT-Servicemanagement (ITSM) wurde mit der Serviceorientierung und mit ITIL ins Leben gerufen.

„Service Management ist die Steuerung aller fachlichen Fähigkeiten der Organisation zur Bereitstellung eines Mehrwertes für den Kunden in Form von Services.“ [3, S. 3]

Wie jede Managementaufgabe ist auch hier einer der wichtigsten Faktoren die Kostenminimierung. Dagegen soll dies nicht aus dem Aspekt der Einsparungen erfolgen. Mit dem ITSM fand zusätzlich zur Serviceorientierung eine Prozessorientierung im Unternehmen statt. Das Unternehmen wird als Ganzes entlang der Wertschöpfungskette betrachtet und die Aufgaben werden organisationsübergreifend verteilt [3]. Zudem orientiert sich das Managementmodell stark an den Kun-

denanforderungen, die Bestandteil der Unternehmensziele sein können, damit die Akzeptanz durch den Endkunden ermöglicht werden kann, um langfristig durch einen IT-Service mithilfe von Kundenbindung die Wirtschaftlichkeit zu steigern. Das Ziel der IT ist es, die Qualität und Quantität eines IT-Services zu planen, zu überwachen und zu steuern, wodurch mögliche Schwachstellen schneller identifiziert und eventuelle Einsparungsentscheidungen an den richtigen Stellen getroffen werden können. Die IT sieht sich als Dienstleister und soll den Kunden unterstützen. Diese Leistungen sollen im ITSM überwacht, gemessen und verbessert werden. Mithilfe des Reifegrads kann die IT-Organisation bei der Planung und Umsetzung der Bereitstellung von IT-Services (entsprechend der Anforderungen) überwacht werden. [4].

2.2 *IT Infrastructure Library (ITIL)*

Das Referenzmodell ITIL hat sich zum De-facto-Standard des IT-Service Managements entwickelt und definiert generische Prozesse und ihr Zusammenwirken für eine einheitliche Wissensbasis zur ihrer Steuerung. Die Kunden- und Serviceorientierung ist für ITIL eines der Hauptziele, weshalb sich die IT-Services gegenwärtig und künftig nach den Anforderungen des Unternehmens und ihrer Kunden richten. Mit einem kontinuierlichen Verbesserungsprozess (KVP) soll die Qualität dieser Services stetig verbessert und langfristige Kosten, die für die Servicetätigkeiten anfallen, für den Dienstleister und Kunden reduziert werden. Mit klaren Zuordnungen der Verantwortlichkeiten und Kriterien zur Bewertung der Servicequalität sollen die Leistungen messbar und bewertbar werden [4]. Aus dem Blickwinkel der Standardisierung wurde eine einheitliche Terminologie festgelegt, sodass innerhalb der Organisation und zwischen Dienstleister und Kunde ein gleiches Verständnis vorherrscht. Jede Literatur beschreibt einen Prozess mit seinen Unterprozessen (s. Abb. 1) im Detail und was dabei zu beachten ist. In den methodischen



Abbildung 1: Die ITIL®-Prozesse im Überblick [3]

Ansätzen wird der Change-Management Prozess der Service Transition-Phase anhand eines Fallbeispiels szenarisch durchgespielt. Ein Change Request (CR) beschreibt jede Veränderung eines Service, die auch durch neue Kundenanforderungen hervorgerufen werden kann. Die Rolle des Change Managers bewertet diesen und stuft ihn in die jeweilige Kategorie ein. CR's werden unterschieden in **Standard**- (z. B. Druckertonerneuerung), **Normal**- (kein Standard aber auch kein Notfall-Change) und **Notfall-Changes** (bspw. Lösung eines Major-Incidents oder Installation von Sicherheits-Patch). Der Normal-Change kann anhand von drei Kategorien weiter spezifiziert werden, „Major“, „Significant“ und „Minor“. Das Continual Service Improvement hingegen ist für die dauerhafte Verbesserung eines Service zuständig, weshalb mit neuen Anforderungen gegeben falls alle Phasen erneut durchlaufen werden. Wenn nun neue Anforderungen gestellt werden, werden die Phasen von Service Strategy bis Service Operation angestoßen und weitere Rollen wie:

- Der Fachanalyst - nimmt die fachlichen Anforderungen des Kunden auf und überführt diese in Technische
- Der Information Security Manager - bewertet die Risiken eventuell neu
- Der Service Level Manager - muss die Änderungen am Service neu bewerten und

eventuell das Service Level Agreement (SLA) anpassen

- Der Service Catalogue Manager - dokumentiert die Veränderungen im Service Catalogue für die Kunden
- Der Service Owner - sorgt für den reibungslosen Betrieb seines Service trotz der Veränderung
- Der Financial Manager – bewertet die Services monetär, stellt die Budgetplanung sicher und kümmert sich um die Leistungsverrechnung etc.

sind beteiligt [3].

2.3 DevOps

Der Begriff DevOps setzt sich aus *Development* und *Operations* zusammen, die im traditionellen IT-Bereich zwei getrennte Organisationseinheiten mit unterschiedlichen Zielsetzungen sind. Hierfür ist kein Rahmenwerk wie ITIL vorhanden. Das Prinzip wird individuell angewandt und fungiert eher als Erweiterung/Weiterentwicklung bekannter Konzepte. Typische Probleme in der Kooperation des IT-Bereichs sollen mit einer Sammlung von Techniken, Prozessen und Werkzeugen eliminiert werden und das einheitliche Ziel der Verbesserung der Kundenzufriedenheit angestrebt wird [7]. Der bereits im Abstract erwähnte Kulturwandel ist ein Ziel von DevOps, das die Zusammenarbeit

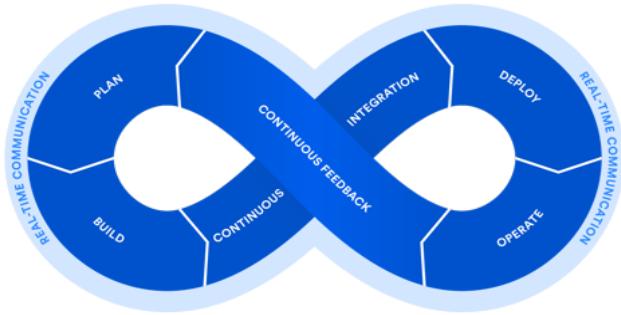


Abbildung 2: Ein mögliches DevOps-Prozessmodell [16]

der Entwicklungs- und Betriebseinheit wandeln bzw. verbessern, aber auch Routineaufgaben weit möglichst automatisieren möchte. Dafür gibt es fünf Grundprinzipien (CALMS) zur weiten Verbreitung und Akzeptanz von DevOps:

- **Culture**, die vertrauensvolle Zusammenarbeit zwischen Entwicklern, Testern und Administratoren mit kontinuierlichem Informationsfluss und Lernbereitschaft,
- **Automation**, die Automatisierung von Arbeitsvorgängen, sowohl einfacher Routineaufgaben als auch Aufbau und Betrieb ganzer Umgebungen,
- **Lean**, die Vermeidung von Verschwendungen, das Schaffen von Transparenz und die Ganzheitlichkeit von Prozessen,
- **Measurement**, Monitoring der gesamten Applikation, ihren Komponenten und den dahinterliegenden Prozessen anhand von einheitlichen und nachvollziehbaren Metriken, und
- **Sharing**, die Bereitschaft Wissen zu teilen, Erkenntnisse proaktiv mitzuteilen, voneinander zu lernen und eine effektive und effiziente Umsetzung mit DevOps [2].

Eine kontinuierliche Software-Auslieferung (Continuous Delivery) wird durch DevOps verfolgt, die weitgehend automatisiert stattfinden soll (Delivery Pipeline). Die Automatisierung erstreckt sich vom Erstellen der

Software bis zur Auslieferung, nachdem diverse wiederholte Last- oder Integrations- tests auf verschiedenen Entwicklungsumgebungen durchgeführt wurden. Um einen kontinuierlichen Produktionsfluss zu gewährleisten, folgt DevOps dem aus der Industrie bereits bekannten „just-in-time“-Produktionsprinzip (s. Abb. 2). Mit dem Continuous Integration-Prinzip (CI) wird der Code verschiedener Entwickler eines Teams zusammengeführt und getestet, wodurch Fehler schnell erkannt und behoben werden können. Continuous Testing ist zwar teilweise in CI enthalten, jedoch erweitert DevOps das Testen hier um eine risikoorientierte Verknüpfung mit den Unternehmenszielen und einer werkzeuggetriebenen Testautomatisierung. Die bereits erwähnte Delivery Pipeline hilft im Anschluss von CI zur direkten vollautomatisierten Überführung (Continuous Deployment) der Änderungen in die Produktivumgebung. Auf diese Art können schnelle Installationen und/oder Konfigurationen automatisch realisiert werden. Somit kann der Erhalt von schnellem Feedback und die enge Zusammenarbeit zwischen der Entwicklung und dem Betrieb optimiert werden. Für die Automatisierung, dem Pipeline-Konzept, wurde das „Infrastructure as Code“-Konzept (IaC) eingeführt, womit der Konfigurationsprozesse beschleunigt, die Flexibilität gesteigert, das Fehlerrisiko minimiert und zusätzlich eine vollständige Dokumentation in Form eines Programmcodes generiert wird [8].

2.4 Digitalisierung und Innovation

2.4.1 Digitalisierung

Unter dem Begriff Digitalisierung kann die Übertragung alter Schriftstücke auf den Computer verstanden werden oder die digitale Erfassung von Patienten in Form einer elektronischen Patientenakte, aber auch die Digitalisierung der Produktionsbetriebe als Smart Factory. Hingegen entstanden mit dem voranschreitenden technischen Fortschritt neue Handlungsfelder und Möglichkeiten über Softwarekomponenten wie z.B.:

- Digitale Produkte („Connected Car“)
- Digitale Geschäftsmodelle („Carsharing“)
- Digitale Transaktionsprozesse („Fernwartung für Carsharing“)
- Digitale Entwicklungsprozesse („Open Innovation-Ansätze“) [7]

2.4.2 Innovation

Der Technologiefortschritt und die Digitalisierung ziehen die Verdrängung bestehender Technologien nach sich, weshalb Innovationen unabdingbar sind. Das Ziel zur Innovation kann mit der **Kognition**, eine wissenschaftliche Grundlagenforschung, beginnen, aber auch mit einer **Invention** (Erfundung). Im Gegensatz dazu ist die Invention jeder **Innovation** vorausgesetzt und enthält neue Anwendung oder Technologie ohne Wirtschaftlichkeit typischerweise in Form eines Prototyps. Während der Innovationsphase werden Fragen zur geschäftlichen Umsetzung und nachhaltigen Wertschöpfung beim Kunden geklärt. Der erfolgte Einsatz einer Innovation wird **Diffusion** genannt. Die Entwicklung des Produkts auf dem Markt wirkt sich auf die Kosten aus, welche abhängig von Parallelinnovationen, Zeitpunkt und Akzeptanz ist. In Bezug auf die Digitalisierung unterliegt das Innovationsmanagement einem großen Veränderungspotenzial und erfordert eine schnelle Innovationsdynamik [7].

3 Methodische Ansätze

3.1 Vergleich von ITIL und DevOps

Um ITIL und DevOps vergleichen zu können, wird ein Use-Case, der die beiden Methoden durchläuft, beschrieben. Der Fachbereich möchte das bestehende Lernmanagementsystem (LMS) um eine Chat-Funktion erweitern. Doch soll diese Funktion bestimmte Begrenzungen haben, wie z.B. das Chatten innerhalb einer Schulungsgruppe für den Austausch über die Veranstaltung. Der Fachbereich geht auf die IT-Abteilung zu und möchte weitere Details mit dieser besprechen.

3.1.1 Szenarische Darstellung eines Change Requests (CR) durch ITIL

Die Fachabteilung kontaktiert ihren Ansprechpartner (Fachanalyst) in der IT-Abteilung und beschreibt diesem die Änderungswünsche an dem LMS (s. Abb. 3). Der Fachanalyst fasst die fachlichen Anforderungen in einem Business Requirement (BR) zusammen und übergibt dieses dem Change Manager und informiert den Service Level Manager, da sich das SLA ändern könnte. Der Change Manager stuft die neue Anforderung am bestehenden System als einen signifikanten Normal-Change (s. Kapitel 2.2) ein. Nachdem der Change eingeordnet wurde, wird der verantwortliche Service Owner für die Vorstellung der Umsetzungsmöglichkeiten und Aufwandschätzung inkl. Start- und Enddatum kontaktiert. Der Umsetzungsvorschlag und Aufwandsschätzung wird vom Fachanalysten mit den Anforderungen des Kunden abgeglichen und über das Financial Management monetär und vom Information Security Manager sicherheitsspezifisch bewertet. Das fertige BR wird dem Fachbereich zur Unterschrift zurückgeschickt. Nachdem das signierte Dokument erneut beim Fachanalysten angekommen ist, kann der Request for Change (RfC) von den Entwicklern umgesetzt werden. Anschließend wird die Änderung dem IT-Betrieb zum Testen übergeben

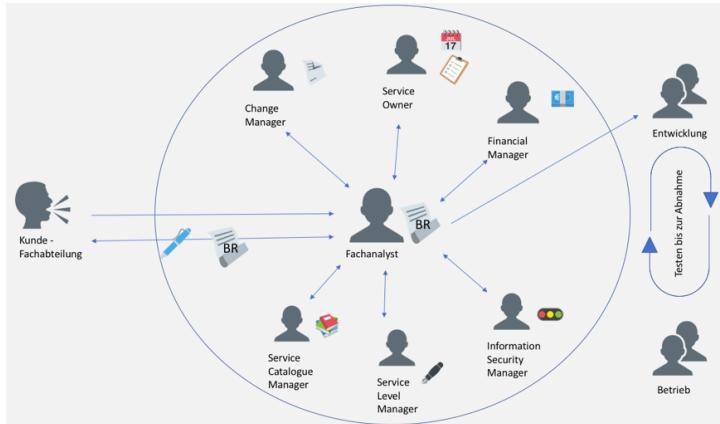


Abbildung 3: Szenarische Darstellung eines CR's durch ITIL

und es wird so lange getestet, bis der Betrieb die Lösung abnimmt, woraufhin mit dem nächsten geplanten Release in einem Monat die neue Einstellung in die Produktivumgebung eingespielt werden kann. Zuvor muss der Service Level Manager die Änderungen im SLA und der Service Catalogue Manager im Service Catalogue anpassen und alle Änderungen sollten im Configuration Management System (CMS) dokumentiert werden.

3.1.2 Szenarische Darstellung eines Change Requests (CR) durch DevOps

Wie auch unter 3.1.1 erhält das DevOps-Team die neue Anforderung aus dem Fachbereich allerdings automatisiert per Ticket (s. Abb. 4). Das Ticket wird einer Gruppe automatisch zugeordnet. Die Gruppe plant den Change und vereinbart hierfür einen Termin mit der Fachabteilung, um die Anforderungen zu besprechen. Es wird ein gemeinsames Ziel festgelegt und das vom Kunden gewünschte Ergebnis verstanden. Der Kunde und der Betrieb sind über den gesamten Prozess hinweg involviert, damit der Informationsfluss und die Kommunikation nicht gestört werden. Die Lösung wird im Team geplant und als solches auch umgesetzt. Über Continuous Integration wird der Code verschiedener Entwickler automatisch vereinigt,

kompiliert und getestet. Das DevOps-Team hat wie die Softwareentwicklungsphasen Build und Testing auch Release und Deployment automatisiert. Sollten dabei keine Fehler auftreten, so wird das Vorprodukt für den Betrieb freigegeben. Der Betrieb hingegen kontrolliert die nun eingebaute Chat-Funktion und meldet eventuelle Fehler oder noch fehlende Funktionen, die er erkennt zurück. Diese fließen wiederum als Feedback wieder in die Planungsphase ein. Dieser Prozess geht erstmal soweit bis das Produkt abgenommen wird und die Änderung wird automatisch in die Produktionsumgebung eingespielt.

3.1.3 Zusammenfassung der Szenarien und die Unterschiede

Betrachtet man die beiden Szenarien, so erkennt man, dass bei ITIL ein starker Aufwand in Bezug auf Abstimmung mit den jeweiligen Instanzen betrieben wird. Es werden die Anforderungen (s. Abb. 3) nur über den Fachanalysten an die jeweiligen Verantwortlichen weitergereicht ohne eine Kommunikation untereinander. Vereinfachen könnte man das, indem ein Kick-Off-Meeting mit allen Stakeholdern organisiert wird, um die Anforderungen von Anfang an sowohl fachlich als auch technisch aufzunehmen. Dadurch haben die Entwicklung und der IT-Betrieb ein besseres Verständnis über

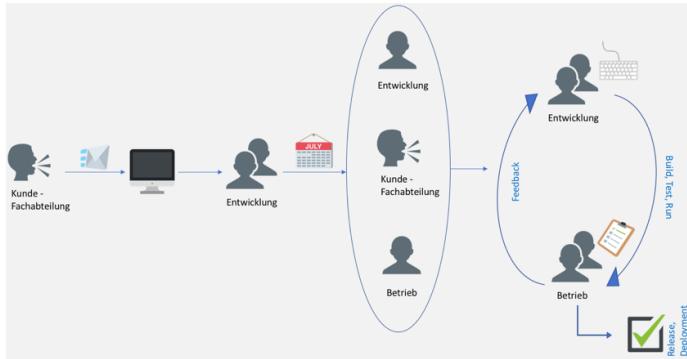


Abbildung 4: Szenarische Darstellung eines CR's durch DevOps

die Kundenwünsche und sie können deren Umsetzung gemeinsam planen. Durch die Arbeitsweise im Team wird die Verantwortung aufgeteilt und der Druck auf einzelnen Personen gemindert. Dies ermöglicht eine lösungsorientierte Umsetzung und steigert die Kreativität, wodurch neue Lösungswege entdeckt werden können. Durch das „Infrastructure as Code“-Prinzip wird Transparenz geschaffen, wodurch jedes Mitglied eines Teams „Service Owner“ ist und diese Rolle nicht prozedural an den Nächsten übergeben wird. Es werden bereits Werkzeuge zur Automatisierung gewisser Prozesse und der Kollaboration wie z.B. GitHub oder Amazon Web Services angeboten und von DevOps-Teams genutzt. Der bereits in ITIL existierende KVP hat für DevOps über die gesamte Struktur hinweg eine höhere Bedeutung. Continuous Delivery, Deployment, Integration, Testing etc. zielt komplett darauf ab, die Software kontinuierlich zu überwachen und zu verbessern.

3.1.4 Akzeptanzprobleme

Auf dem Weg von ITIL zu DevOps kann auf einige Akzeptanzprobleme gestoßen werden. Angefangen damit, dass neue Werkzeuge eingeführt werden müssen, um die DevOps-Prinzipien, wie die Automatisierung, erstmal ermöglichen zu können. Eine neue Tooleinführung bzw. -änderung kann auf Ignoranz treffen, weshalb die Mitarbeiter zuvor sensibilisiert, abgeholt und rechtzeitig geschult

werden müssen. Um die Teamfähigkeit und die Zusammenarbeit von Dev und Ops zu ermöglichen, muss man die Vorurteile, die gegeneinander vorherrschen, eliminieren und deutlich machen, dass man eine IT ist. Ebenso müssen die Machtkämpfe in der Führungsorganisation disqualifiziert werden. Es müssen nicht nur Aufgaben, sondern auch Verantwortungen delegiert werden und Entscheidungsmacht an die Verantwortlichen übergeben werden, wodurch lange Kommunikationswege und resultierende Verzögerungen in der Abstimmung weggeschafft werden. Der Weg zur Agilität muss gründlich durchdacht und geplant werden. Vor allem sollte der primäre Fokus auf dem Kulturwandel sein. Ohne überzeugte Mitarbeiter, kann sich nichts ändern.

4 Ergebnisse

Mit ITIL werden die Prozesse des gesamten Unternehmens betrachtet und deren Management über viele einzelne Prozesse beschrieben. DevOps hingegen ist im Vergleich nicht ganz so tiefgreifend beschrieben und sehr offen in der Handhabung. Viele DevOps-Experten beschreiben in Fachartikeln eine Mischung aus beiden Ansätzen, zu diesem Ergebnis gelangte diese Arbeit ebenfalls. Unter 3.1.1 wurde ein Szenario beispielhaft vorgestellt, woran zu sehen ist, dass die Rollen und Verantwortlichkeiten bei ITIL sehr strikt geregelt werden (s. Abb. 3). Hingegen würde eine bessere Zusammenarbeit zwischen dem

Betrieb (Operation) und der Entwicklung (Development) durchaus den Verlauf vereinfachen, wodurch Prozesse beschleunigt werden können. Beispielsweise bevorzugt DevOps eine Team- und Kundenorientierung, statt einer Prozess- und Serviceorientierung. Somit werden Verantwortungen vollständig an ein Team übergeben, wodurch lange Genehmigungsprozesse bzw. Abstimmungen wegfallen, die Kommunikation gesteigert wird, Fehler schneller identifiziert und ausgebessert werden können und voneinander gelernt werden kann. Für DevOps steht das Ergebnis vor dem Prozess. Allerdings sind die Prozess-Phasen von ITIL wie die Service Strategy und Design in Bezug auf Business IT-Alignment durchaus von Nutzen. Aus dem Gutachten der LHM [5] kann man bspw. in Bezug auf das Change-Management entnehmen, dass der Betrieb und die Entwicklung sich über den Zeitpunkt der Einspielung eines Changes nicht einig sind, da diese zu den Geschäftszeiten der Referate durchgeführt werden und somit Mitarbeiter einschränken. Zusätzlich fehlen die richtigen Werkzeuge, um diesen Prozess zu unterstützen. Die Entwicklung hingegen beschwert sich über die Strategie und die Unklarheit über den Prozess. Im Gegensatz dazu erzielt DevOps immer bessere Ergebnisse [13]. Die Deployment-Frequenz hat sich im Vergleich zum vorherigen Jahr um Faktor 46 verbessert und die Vorlaufzeit für Änderungen ist um Faktor 440 schneller geworden. Die Change-Fehlerrate ist fünf Mal weniger dem vorherigen Jahr gegenüber.

5 Fazit

In der Einleitung standen Fragestellungen offen im Raum in Bezug auf den Kulturwandel von DevOps zu ITIL:

- Muss die komplette IT-Organisation umstrukturiert werden?
- Genügt eine alleinige Umstrukturierung?
- Sind die Mitarbeiter automatisch agiler und entwickeln nur noch innovative IT-Produkte?
- Bedeutet DevOps das Ende von ITIL?

Viele Unternehmen haben viel Arbeit und Zeit in die Umstrukturierung der IT-Organisation investiert, um „ITIL-konform“ zu sein. Einige sind noch immer dabei, die Prozesse in Unternehmen zu implementieren. Nachdem man soviel Aufwand betrieben hat, eine Serviceorientierung auf die Beine zu stellen, wäre es kontraproduktiv eine erneute komplexe Umstrukturierung zu durchleben. Stattdessen sollte man mit der Automatisierung einiger Prozesse beginnen, wie zum Beispiel mehrere Standard Changes zu definieren. Die Standard Changes ermöglichen eine abstimmungslose Durchführung, wodurch bereits Prozesse verschlankt werden können. Diese langen strikten Prozesse wirken sich auf die Wettbewerbsfähigkeit aus, da die Konkurrenz schnellere Lösungen anbieten könnte. Als positiven Nebeneffekt hat man zufriedene Kunden, was zur stärkeren Kundenbindung führt. Außerdem erspart sich das Unternehmen durch die kurzen Durchlaufzeiten wertvolle Arbeitszeit und senkt dadurch ebenfalls die Kosten. Die engere Zusammenarbeit von Dev und Ops in „ITIL-konformen“ Unternehmen sollte ebenfalls angestrebt werden. Denn so wird eine zielorientierte Arbeitsweise gewährleistet und Kommunikationsprobleme, die zu Missverständnissen bzgl. der Kundenanforderungen führen, können aufgehoben werden. Zudem sollte klar sein, dass man mit einem agilen Ansatz nicht automatisch agiler ist und nur noch innovative Produkte entwickelt. Dasselbe gilt für ITIL. Bereits in der Problemstellung wurde erläutert, dass nur die IT-Mitarbeiter ITIL-zertifiziert werden, hingegen sollte für die Förderung des generellen Kulturwandels auch den Fachabteilungen das Service Management nähergebracht werden- zumindest die Grundlagen. Häufig scheitern diese Ansätze auch an den starren hierarchischen Strukturen des Unternehmens und der Abschiebung der Verantwortungen. Die Digitalisierung und der steigende Innovationsdruck erfordern eine gewisse Flexibilität und Agilität in der Umsetzung, weshalb die starren Prozesse unbedingt agiler gestaltet werden müssen, wofür DevOps sich sehr gut eignet.

6 Literaturverzeichnis

- [1] J. Hofmann and W. Schmidt. Masterkurs IT-Management – Grundlagen, Umsetzung und Erfolgreiche Praxis für Studenten und Praktiker. Vieweg + Tu-ebner Verlag, Wiesbaden, 2nd ed., 2010.
- [2] N. Urbach and F. Ahlemann. IT-Management im Zeitalter der Digitalisierung – Auf dem Weg der IT-Organisation der Zukunft. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1st ed., 2016.
- [3] M. Beims and M. Ziegenbein. IT-Service Management in der Praxis mit ITIL® - Der Einsatz von ITIL® Edition 2011, ISO/IEC 20000:2011, COBIT®5 und PRINCE®2. Carl Hanser Verlag, München, 4th ed., 2015.
- [4] E. Tiemeyer. Handbuch IT-Management – Konzepte, Methoden, Lösungen und Arbeitshilfen für die Praxis. Carl Hanser Verlag, München, 6th ed., 2017.
- [5] Accenture. Externes IT Gutachten – Untersuchung der IT der Landeshauptstadt München (LHM), 2016. Online verfügbar unter <https://www.ris-muenchen.de/RII/RII/DOK/SITZUNGSIT-ZUNGS/4277724.pdf>; Besucht am 02.03.2017.
- [6] Matthias Geirhos. IT-Projektmanagement – Was wirklich funktioniert – und was nicht. Rheinwerk Verlag, Bonn, 2nd ed., 2017.
- [7] R. Alt, G. Auth and C. Kögler. Innovationsorientiertes IT-Management mit DevOps – IT im Zeitalter von Digitalisierung und Software-defined Business. Springer Fachmedien, Wiesbaden, 1st ed., 2017.
- [8] G. Kim, J. Humble, P. Debois and J. Willis (Übersetzung von T. Demming). Das DevOps Handbuch – Teams, Tools und Infrastrukturen erfolgreich umgestalten. dpunkt.verlag GmbH, Heidelberg, 1st ed., 2017.
- [9] P. Mangold. IT-Projektmanagement kompakt. Elsevier GmbH, München, 2nd ed., 2004.
- [10] J. Herget and H. Strobl. Unternehmenskultur in der Praxis – Grundlagen-Methoden-Best Practices. Springer Fachmedien, Wiesbaden, 1st ed., 2018.
- [11] K. Wannemacher, H. Moog and B. Kleimann. ITIL goes University? – Serviceorientiertes IT-Management an Hochschulen – Konzepte und erste Praxiserfahrungen. HIS Hochschul-Informations-Systems GmbH, Hannover, 2008.
- [12] Amazon Web Services, Inc. DevOps und AWS – Ressourcen für Hilfsmittel und Infrastruktur für DevOps-Benutzer. Website, 2017. Online verfügbar unter <https://aws.amazon.com/de/devops/>; Besucht am 06.03.18.
- [13] Puppet + DORA. State of DevOps Report 2017. Online verfügbar unter <https://www.ipexpoeurope.com/content/download/10069/143970/file/2017-state-of-devops-report.pdf>; Besucht am 06.03.18.
- [14] D. Söllner. DevOps in der Praxis – Handlungsfelder für eine erfolgreiche Zusammenarbeit von Entwicklung und Betrieb. Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2017.
- [15] P. Schaefer and D. Söllner. DevOps by Scrumban. Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2017.
- [16] Atlassian. DevOps: Schluss mit den Grenzen zwischen Entwicklung und Operations. Website, 2018. Online verfügbar unter <https://de.atlassian.com/devops>; Besucht am 06.03.18.

IT-Sicherheit in Unternehmen – State of the Art, Gefahren und Trends

Christian Steinmann

Reutlingen University

Christian.steinmann@student.reutlingen-university.de

Abstract

Die IT-Sicherheit ist ein wichtiges Thema für Unternehmen. Leider kommt es trotzdem immer wieder zu Vorfällen, in denen Firmen durch Angriffe großen Schaden nehmen. Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Übersicht über die wichtigsten IT-Sicherheitstechniken erstellt, die aktuell in Unternehmen eingesetzt werden. Außerdem wurde auf Basis von Sicherheitsreports der BSI ermittelt, welche Angriffsmethoden im Jahr 2017 die größte Relevanz besaßen. Dabei wird ersichtlich, dass Unternehmen oft nicht ausreichend abgesichert sind. Im dritten Teil der Arbeit wurde ermittelt, welche Trends Sicherheitsexperten für die nächsten Jahre als die wichtigsten erachten.

Schlüsselwörter

IT-Sicherheit, Trendanalyse, Security

CR-Kategorien

K.6: MANAGEMENT OF COMPUTING AND INFORMATION SYSTEMS
K.6.5: Security and Protection

1 Einleitung

Betreuer Hochschule: Prof. Dr. Marcus Schöller
Hochschule Reutlingen
Marcus.Schöller@Reutlingen-University.de

Informatics Inside 2018
Wissenschaftliche Vertiefungskonferenz
09. Mai 2018, Hochschule Reutlingen
Copyright 2018 Christian Steinmann

93% aller Unternehmen in Deutschland waren im Jahr 2017 mit dem weltweiten Netz verbunden [19]. Dazu zählen sowohl das lokale Firmennetz, als auch mobile Endgeräte. Durch die große Anzahl an mobilen Geräten wird es für IT-Sicherheitsexperten zunehmend schwerer nachzuvollziehen, von welchem Ort ausgearbeitet wird, welche Personen sich dort befinden und welche unsicheren Infrastrukturen an dem Arbeitsplatz vorhanden sind. Eine Umfrage ergab, dass 94% der Unternehmen mit mehr als 250 Mitarbeitern, ihren Angestellten mobile Endgeräte zur Verfügung stellen [19]. Dadurch müssen interne Daten auch außerhalb der Konzern-Gebäude zur Verfügung gestellt werden. Genau diese Daten sind auch für manch anderen interessant. So ist neben dem gezielten Angriff auf die Infrastruktur von Unternehmen auch das abfangen von Daten ein großes Problem geworden. Laut einer Umfrage des Thales Data Threat Report 2017 gaben 95% der befragten IT-Sicherheitsmanager an, Angst vor Angriffen zu haben [20]. Außerdem geht daraus hervor, dass allein in Deutschland 25% der 1100 befragten Sicherheitsmanagern einen Datensicherheitsvorfall im Jahre 2017 hatten [3].

Das ist ein alarmierendes Ergebnis in dieser Zeit, in der gerade Datenschutz mehr denn je diskutiert wird. Durch die immer höhere Anzahl an vernetzen Geräten, wird sich die Zahl voraussichtlich auch nicht so einfach reduzieren lassen. Immer mehr neue, sicherheitskritische Quellen kommen hinzu.

Selbst große Unternehmen, bei denen davon ausgegangen werden sollte, dass sie sicher

sind, da sie sich bei diesem Thema auskennen, gab es in der frühesten Vergangenheit Vorfälle. So kam es 2016 zu einer Großstörung des Telekomnetzes, als Angreifer eine Sicherheitslücke der Telekom-Router nutzen wollten, um diese durch einen Exploit dem Mirai-Botnetz hinzuzufügen. Dies misslang zwar, führte jedoch dazu, dass viele Telekomkunden kein Internet, VoIP und Fernsehen mehr nutzen konnten [16].

Seit 2015 werden Unternehmen in zwei Arten von Sicherheitsregelungen eingestuft: Normale Unternehmen und sogenannte „Kritische Infrastrukturen“ („KRITIS“). Dabei handelt es sich um Unternehmen, die eine wichtige Bedeutung für das Gemeinwesen haben [3]. Dazu zählen beispielsweise Banken, Grund-Versorgung wie Wasser und Wärme, oder Kraftwerke. Gerade bei Banken wird durch die, von der Bundesanstalt für Finanzdienstleistungs-aufsicht („BaFin“) definierten Mindest-anforderungen an das Risikomanagement („MaRisk“), weitere Kriterien definiert, die einen Angriff durch Dritte und einen dadurch entstehenden Schaden verhindern sollen [3].

1.1 Problemstellung und Ziele

IT-Sicherheit wird in Deutschland leider immer noch sehr oft vernachlässigt. Der Bericht der BSI zeigt dies sehr deutlich auf. Das Ziel dieser Arbeit ist es, eine Übersicht über die aktuell eingesetzten Basis-Sicherheitstechnologien zu geben. Außerdem soll ermittelt werden, welche Angriffe 2017 die meiste Relevanz besaßen. Zum Schluss wird ein Ausblick auf die zukünftigen Sicherheitsthemen gegeben.

2 Aktuelle Lage

Das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) hat sich auf die Fahne geschrieben, einen sicheren Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnik in der Gesellschaft zu ermöglichen. Hierzu definiert die BSI Mindeststandards und Handlungsempfehlungen, die von Unternehmen eigenverantwortlich umgesetzt werden sollen. Diese Richtlinien werden immer wieder

überarbeitet, um dem Wandel gerecht zu werden. Die BSI bringt zudem jährlich einen Bericht heraus, mit Rückblick auf das vergangene Jahr aus Sicht der IT-Sicherheit.

Aus dem Bericht geht hervor, dass der Mensch selber das größte Sicherheitsrisiko darstellt [3]. So kam es zu den meisten datenschutzrelevanten Vorfällen durch menschliches Versagen, zum Beispiel in Form von falschen Konfigurationen.

Seit 2015 stehen KRITIS-Unternehmen unter genauer Beobachtung der BSI. So sind diese dazu verpflichtet, ihre, für die Betriebung wichtigen, IT-Dienste stets auf dem aktuellen Stand der Technik abzusichern. Alle zwei Jahre muss diese Sicherheit neu überprüft werden [3]. Finanzunternehmen haben dabei durch die BaFin, bzw. durch die MaRisk, noch weitere Vorgaben. Außerdem stehen sie unter strenger Beobachtung der BaFin. Seit Einführung der Meldepflicht von IT-Sicherheitsvergehen von KRITIS Unternehmen am 30. Juni 2017, gab es bisher 34 Meldungen [3]. Ein Großteil davon führt auf das, wie bereits erwähnte, menschliche Versagen zurück. Daraus kann geschlossen werden, dass die Systeme an sich sicher sind, es jedoch weiterhin Sicherheitslücken gibt, die auf Software und Hardware zurückzuführen sind.

Es ist zu beobachten, dass nicht nur neue Techniken für Angriffe auf Unternehmen genutzt werden, sondern auch ältere Vorgehensweisen ihre Renaissance feiern. So nahmen die Vorfälle von Cyber-Spionage wieder zu, nachdem sie 2015 stark abgenommen hatten [3].

Was den Angreifern zugutekommt ist, dass viele Unternehmen ihre Netze gar nicht, oder nur sehr unzureichend voneinander trennen. Sobald ein Angreifer Zugriff auf das Netzwerk einer Firma besitzt, hat er Zugriff auf sämtliche Daten aller Standorte.

Laut BSI sind die häufigsten Versäumnisse: Unzureichende Informatiossicherheitstrategie, schlechte Konfiguration von IT-Systemen, unsichere Vernetzung und Internet-An-

bindung, Nichtbeachtung von Sicherheitserfordernissen, schlechte Wartung von IT-Systemen, sorgloser Umgang mit Passwörtern und Sicherheitsmechanismen, sowie mangelhafter Schutz vor Einbrechern und Elementarschäden [4].

Auf dem 91-seitigen Leitfaden der BSI werden Richtlinien für den Grundschutz der Unternehmen aufgezeigt [4]. So wird empfohlen, den BSI-Standard 100-2 als Grundlage für ein Informationssicherheitsmanagement zu nutzen. Dieser Standard basiert auf den allgemeinen Sicherheitsstandards ISO 27001 und 27002 [2]. Dort wird auch empfohlen, alle wichtigen Daten zu verschlüsseln. Es wird davon ausgegangen, dass diese Standards von jedem Unternehmen als Grundschutz eingesetzt werden. Sollte dies nicht der Fall sein, so rät die BSI, die Umsetzung nachzuholen.

3 State of the Art

Es gibt nicht nur eine Lösung, die alle Sicherheitsrisiken abdeckt. Meistens besteht ein Sicherheitskonzept aus vielen Bausteinen. Dabei muss jedes Unternehmen entscheiden, wieviel Aufwand und Ressourcen in die Absicherung investiert werden soll.

Die Sicherheitsaspekte in Unternehmen sind grob in Kategorien aufteilbar: Vernetzungs- und Internetsicherheit, Digitale Unternehmenssicherheit, Client- und Serversicherheit und Mobile Security.

3.1 Vernetzung

Das Arbeiten von zuhause und unterwegs gewinnt immer mehr an Bedeutung. Dies ist auf mehreren Ebenen abzusichern. Mitarbeiter sollten darauf achten, wo sie sich einwählen. Das lokale Netzwerk sollte bereits über eine entsprechende Sicherheitsstruktur verfügen. Ungesicherte öffentliche Netze bieten Angriffsfläche für beispielsweise Sniffing oder Spoofing [13]. Diese Sicherheit ist von Seiten des Unternehmens nicht überwachbar, da der lokale Netzwerkbetreiber selber dafür verantwortlich ist.

Um nun trotz unbekannter, lokaler Netzwerkgegebenheiten eine gesicherte Verbindung zum Unternehmen herzustellen, werden VPNs (Virtual Private Networks) eingesetzt [7]. Hierbei wird eine verschlüsselte Verbindung zwischen einem externen Gerät oder Dienst zum Netzwerk der Firma hergestellt. Dabei basieren die meisten VPNs auf IPSec (Internet Protocol Security) und SSL (Secure Sockets Layer). Beide Technologien bieten sowohl Vor – als auch Nachteile.

IPSec-VPNs wurde ursprünglich als Verbindung zwischen einzelnen Standpunkten von Unternehmen entwickelt [7]. Dabei läuft die Kommunikation über die Netzwerkschicht und kann sämtliche IP-Protokolle übertragen.

SSL-VPNs hingegen wurde für die mobilen Mitarbeiter entwickelt [7]. Es bietet die Möglichkeit, einen Remote-Zugriff ohne speziellen Client durchzuführen (beispielsweise per Browser).

Meist kommen beide Technologien zum Einsatz. Sobald eine permanente Verbindung benötigt wird, bietet sich IPSec an [7]. Jedoch muss bedacht werden, dass bei diesem System durch den permanenten Kanal eine Zugriffskontrolle anderweitig (Beispielsweise per Network Access Control) geregelt werden muss. Bei mobilen Mitarbeitern hingegen bietet sich ein SSL basiertes VPN an, um eine genaue Zugangskontrolle zu ermöglichen.

Neben der Verbindungsverschlüsselung ist auch die Verschlüsselung von Daten ein weiteres Schlüsselement in der IT-Sicherheit. Kommt es trotz Sicherheitsmaßnahmen zum Datenabfluss, ist die Verschlüsselung von Dateien die letzte Hürde, bevor der Angreifer Zugriff auf die Informationen bekommt. Aktuell basieren die meisten Verschlüsselungen auf dem Public-Key-Verfahren (bspw. RSA, ECDSA oder Diffie-Hellman) [3]. Dabei zählen diese Verschlüsselungsverfahren immer noch als sehr sicher, da Angreifer in der Regel nicht die nötige Rechenleistung zur Verfügung haben, um die Verschlüsselungen zeitnah zu knacken [7]. Schwachstellen kom-

men meist nur zustande, wenn die Verschlüsselung falsch implementiert wird, oder wenn der Angreifer über einen skalierbaren Quantencomputer verfügt [3]. Durch diese neue Art der Computerarchitektur kann eine Verschlüsselungsverfahren in annehmbarer Zeit geknackt werden.

Generell wird empfohlen, alle kritischen Daten in irgendeiner Weise zu verschlüsseln, bzw. verschlüsselt zu übertragen [7]. Häufig wird bei Firmengeräte daher eine Festplattenverschlüsselung vorgenommen. Aber auch E-Mail-Verschlüsselung, Ordner/Datei-Verschlüsselung und Sprach-Verschlüsselung werden in Firmen eingesetzt.

3.2 Internetsicherheit

Für jedes Unternehmen ist der Anschluss an das weltweite Netz grundlegend für die tägliche Arbeit. Durch den Anschluss an ein nicht vertrauenswürdiges Netz wie das Internet, wird ohne ausreichenden Schutz Angreifern das Unternehmens-Netz geöffnet. Aus diesem Grund wird eine Vielzahl von Mechanismen eingesetzt.

3.2.1 Firewall

Firewalls gehören zu den Basics und bieten einen Schutz vor Zugriffen von außen in das lokale Netzwerk. Dabei entscheiden klassische „Stateful-Inspection“- Firewalls aufgrund von Status, Port und Protokoll, ob eine Datenverbindung zugelassen wird oder nicht [5]. Aktuell steigen viele Unternehmen jedoch auf die NGWFs (Next-Generation Firewalls) um [6]. Es handelt sich hierbei um ein auf Hard- und Software basierendes System. Die Sicherheitsrichtlinien arbeiten hierbei auf dem Applikations-, Port- und Protokoll-level.

Im Gegensatz zu den traditionellen Firewalls, werden bei NGWFs die klassischen Firewall-Techniken um Intrusion Prevention Systeme (IPS) und Applikations-Kontrollen erweitert [7]. So bieten sie, neben dem Schutz durch beispielsweise NAT (Network Adress Translation), Virtual Private Networks (VPN) und URL-Blockierung, auch Techniken wie QoS

(Quality of Service), SSL und SSH Inspection, Intrusion Prevention, reputationsbasierte Abwehrsysteme oder Deep-Packet-Inspection.

3.2.2 Intrusion-Prevention-Systeme (IPS) und Intrusion-Detection-Systeme (IDS)

Beide Technologien werden eingesetzt, um Netzwerke und Rechner vor Angriffen zu schützen. Sie können selbstständig Gegenmaßnahmen ergreifen, und beispielsweise bei einem Sicherheitsvergehen eine Nachricht an den Admin senden.

IPS funktioniert ähnlich wie eine Firewall, jedoch wird hierbei eine Blacklist verwendet um Datenpakete auf Legitimität zu prüfen [13]. Schwachstellen hierbei sind die Zeiten zwischen dem Bekanntwerden eines Exploits bis zum Gegenpatch.

IPS wird zum Kontrollieren von Traffic eingesetzt und sitzt zwischen zwei Netzwerken [13]. Dabei bieten verschiedene Anbieter neben den Grundfunktionen oft auch weitere Services als Update an.

IDS geht einen anderen Weg und betrachtet das Netzwerk vom Rande aus. Dadurch ist es möglich, das Netzwerk an bestimmten Punkten zu überwachen, und eine Übersicht über den Sicherheitszustand des Netzwerkes zu bekommen [13]. Durch die von IDS gelieferten Informationen ist es möglich, Sicherheitslücken, Malware, Konfigurationsfehler oder nicht autorisierte Clients/Server zu finden. In Unternehmen wird oft eine Mischung aus Firewall, IPS und IDS eingesetzt.

3.3 Digitale Unternehmenssicherheit

Die Unternehmenssicherheit ist ein elementarer Bestandteil jeder IT-Sicherheit. Sie setzt sich aus vier Kategorien zusammen: Vertraulichkeit, Integrität, Verbindlichkeit und Authentizität [13]. Um diese zu schützen, werden unterschiedliche Verfahren eingesetzt. So kann die Verbindlichkeit und Authentizität durch Digitale Signaturen abgesichert. Dies ist insbesondere bei Website oder

E-Mails wichtig, um sein Gegenüber auf Richtigkeit zu überprüfen.

Um die Vertraulichkeit und Integrität zu schützen, werden oft HSMs (Hardwaresicherheitsmodule) eingesetzt [13]. Dabei handelt es sich um dedizierte Krypto-Prozessoren. Sie schützen kryptografische Schlüssel und bieten Dienste zur Verschlüsselung an. So ist es z.B. möglich Kreditkartenummern zu generieren oder E-mails und PDF automatisch digital zu signieren.

3.4 Client- und Serversicherheit

Antiviren-Scanner und Personal-Firewalls sind immer noch eine der grundlegenden Schutzmaßnahmen für Firmenrechner. Jedoch werden gerade Virenscanner in Zukunft immer mehr an Bedeutung verlieren [8]. Das liegt daran, dass klassische Virenscanner nur bekannte Signaturen in Code ermitteln und zuordnen können. Hacker entwickeln mittlerweile ihre Schadsoftware jedoch oft automatisiert [8]. Dadurch ist es schwierig die Backlists der Virenscanner immer auf dem neuesten Stand zu halten. Es wird außerdem zwischen zwei Arten unterschieden: zwischen präventiven Maßnahmen und Werkzeugen zur Erkennung von Malware. Ersteres zielt darauf ab, das System vor einem Angriff zu schützen, bzw. bei einer Infizierung den Schaden einzuschränken. Das wird in der Regel durch Beschränkung von Schreibrechten, Verschlüsselung von wichtigen Daten, Verwendung digitaler Fingerabdrücke und administrativer Maßnahmen erreicht [5]. Viele Unternehmen setzen außerdem auf Schulung der Mitarbeiter. So ist es in größeren Unternehmen Pflicht, dass alle Mitarbeiter eine ausführliche Schulung im Bereich IT-Sicherheit besuchen müssen.

Bei den Werkzeugen zur Malware-Bekämpfung sind die bekanntesten wohl die Virenscanner. Diese untersuchen Dateien auf bekannte Viren-Kennungen und -Strukturen. Es hat sich aber gezeigt, dass ein klassischer, signaturbasierter Virenscanner nur einen grundlegenden Schutz bietet. Oft dauert es

eine Weile, bis die Scanner mit den neu entdeckten Vireninformationen gefüttert werden. Viele Viren sind mittlerweile so intelligent, dass sie Virenscanner umgehen können, bzw. erkennen, ob diese in einer Analyseumgebung ausgeführt werden. [3]

Aus diesem Grund wird auf Heuristiken zurückgegriffen, die das System intelligent nach verdächtigen Aktivitäten durchsuchen [5]. Eine weitere Möglichkeit besteht in den Aktivitätskontrollen von Programmen, die nach Malware-typischen Änderungen suchen. Außerdem bietet sich Monitoring an, um Dateien auf unautorisierte Modifikation zu beobachten.

3.5 Mobile Security

Zu mobilen Geräten zählen Smartphones, Tablets, Notebooks und Smartwatches. Da viele Mitarbeiter diese Geräte auch im Firmennetz nutzen wollen, muss es eine Anbindung an das Netzwerk geben. So gibt es verschiedene Ansätze wie UoD (User owned Devices) und CoD (Company owned Devices) [5][7][13]. Während bei CoD das Gerät von der Firma bereitgestellt wird, und somit aufgrund von Sicherheitskonfigurationen seitens IT-Sicherheit oft nur eingeschränkt privat genutzt werden kann, ist es bei UoD möglich, private Geräte mit allen relevanten Anwendungen der Firma zu nutzen. Voraussetzung ist, dass das Gerät die Sicherheitsstandards (aktuelle OS Version oder frei von Malware) erfüllt.

4 Häufigste Angriffe 2017

Angreifer entwickeln immer wieder neue Methoden, um auf die Systeme einer Firma, und somit auf die Daten Zugriff zu bekommen. Die Ziele gehen dabei von „einfach Schaden anrichten“ bis hin zu Erpressung. Da immer mehr und neuere Technologien in den Unternehmen eingesetzt werden, wächst auch die Anzahl von Schwachstellen. Im Folgenden wird ein genauer Blick auf die Angriffsmethoden, die im Jahr 2017 besonders relevant waren, geworfen.

4.1 Software

Fehler in der Software sind ein konstantes Sicherheitsproblem. So werden Programme immer umfangreicher und bieten mehr Möglichkeiten. Zwar ist die Anzahl der Fehler pro Zeilen Code gesunken, gleichzeitig wächst aber auch der Code, und somit auch die möglichen Schwachstellen [3].

Sobald ein Fehler entdeckt wird, entwickeln die Anbieter meist schnell ein Update. Jedoch kann bis dahin bereits ein Angriff erfolgt sein. Es kommt zudem vor, dass durch das Patchen von Schwachstellen, ungewollt neue Schwachstellen implementiert werden [3]. Aus diesem Grund nutzen viele Unternehmen noch ältere, jedoch sicherere Programm-Versionen. Erst nach einiger Zeit und nach ausführliche Tests werden beispielsweise neuere Betriebssysteme oder Office-Programme eingeführt.

4.2 Malware (Viren)

Malware gehört zu den wohl ältesten Angriffsmethoden (der erste Virus entstand in den 70er Jahren) und kam auch 2017 zahlreich zum Einsatz [3]. So sind Viren weiterhin eine der größten Bedrohungen für die Unternehmen. Es wurden 2017 insgesamt 280.000 neue Varianten gezählt.

In Unternehmen kommt es oft zu einer Infizierung durch an die Mitarbeiter gesendeten E-Mails [3]. Dabei können die Viren, beispielsweise durch angehängte Office-Dokumente mit Makro-Code, in das System gelangen. Auch sogenannte Drive-by-Downloads sind weiterhin eine der Haupt-Infizierungsquellen.

Viele Angreifer nutzen auch die Neugierde der Mitarbeiter. So werden zum Beispiel USB-Sticks auf dem Parkplatz verteilt. Diese infizierten Speicherträger sollen von Mitarbeitern gefunden werden. Eine Studie ergab, dass 95% der Personen dies auch tun. 45% der Finder öffnen anschließend auch Dateien auf dem USB Stick [22]. Durch Sperren von USB-Ports für firmen-externe und unverschlüsselte USB-Geräte gehen viele Unter-

nehmen mittlerweile gegen diese Art von Angriffen vor [7]. So ist davon auszugehen, dass dieser Angriff in Zukunft weniger relevant sein wird.

Malware wird auch in Zukunft noch eine wichtige Rolle in der IT-Sicherheit einnehmen. Das große Problem dabei ist, dass die Firma meistens auf den durch eine Infizierung hervorgerufenen Kosten sitzen bleiben [5]. Softwarehersteller und -anwender sind für solche Vorfälle nicht haftbar zu machen. Bisher gibt es keine rechtliche Verpflichtung, für einen ausreichenden Virenschutz zu sorgen [5]. Solange das nicht geändert ist, wird voraussichtlich auch in Zukunft teilweise noch fahrlässig gehandelt.

4.2.1 Ransomware

Die Ransomware ist eine Malware die 2017 erheblichen Schaden angerichtet hat [15]. Es handelt sich dabei um eine Art der digitalen Erpressung.

Es wird hierbei zwischen zwei Arten unterschieden: Dem Krypto Trojaner und dem Lockscreen-Trojaner [12]. Ersterer verschlüsselt Dateien, wodurch der Nutzer nicht mehr darauf zugreifen kann. Nach Zahlen des Lösegeldes, werden die Dateien wieder freigegeben. Der Lockscreen-Trojaner schränkt den Nutzer bei der Bedienbarkeit des Gerätes ein. So kann der User, beispielsweise, aufgrund eines Sperrbildschirmes das Gerät nicht mehr nutzen.

Durch den großen Zuwachs der Fälle im vergangenen Jahr, kann davon ausgegangen werden, dass sich die Einnahmen für die Angreifer lohnen. Viele bezahlen den geforderten Betrag, um wieder an ihre Daten zu kommen. Gerade bei den Firmen kann ein Verlust sämtlicher Daten zu einem finanziellen Ruin führen.

Dabei sind alle Geräte und Betriebssysteme davon betroffen. Die meisten Angriffe erfolgen dabei auf Windows-Geräte [3]. Der Grund dafür ist wahrscheinlich die große Verbreitung des Betriebssystems.

Die wohl bekannteste Ransomware des letzten Jahres war der WannaCry Virus. Dieser

infizierte insgesamt 200.000 Organisationen und Personen in mindestens 150 Ländern [23]. Interessant ist, dass jedoch gerade mal ca. 70.000 € Lösegeld zusammen kamen.

Beim Schutz gegen Ransomware gelten die gleichen Empfehlungen, wie bei anderer Malware. Zusätzlich wird jedoch empfohlen, laufend aktuelle Backups zu erstellen, die bei einer Infizierung wieder aufgespielt werden können [12]. Außerdem ist eine gute Kapselfung von Netzwerken und System innerhalb der Unternehmen wichtig. So hat die Ransomware nicht die Chance das gesamte Unternehmens-Netzwerk zu infizieren, sondern nur Netzwerkbereiche [3]. Generell wird davon abgeraten, Lösegeld zu bezahlen, da das die Hacker zum Weitermachen animiert.

4.3 Botnetze

Gerade in der Zeit, in der immer mehr Geräte durch das IoT (Internet of Things) an das Internet angeschlossen werden, gibt es Möglichkeiten Botnetze aufzubauen. 2016 landete das Mirai-Botnet in den Schlagzeilen, da es einen neuen Distributed-Denial-of-Service (DDoS)-Rekord von 1,1 Terabit pro Sekunde aufstellte [17].

Bei Botnetzen handelt es sich um eine Sammlung von kompromittierten Geräten. Diese werden meist von einem Server ferngesteuert. Neue Geräte werden dem Netzwerk durch die Infizierung mit Schadsoftware hinzugefügt. Dabei kann die Größe eine solchen Netzes mehrere Millionen Geräte umfassen [3]. Ein Beispiel für das Hinzufügen weiterer Geräte wurde bereits in der Einleitung anhand der Telekom kurz umrissen.

Auch aktuell werden Botnetze im großen Stil für den Informationsdiebstahl, Spamversand, Verteilen von Schadstoffsoftware und für Distributed-Denial-of-Service- Angriffe eingesetzt. Es werden täglich bis zu 27.000 neue Bot Infektionen allein in Deutschland registriert [3]. Dabei gibt es ca. 108 bekannte Botnetz-Familien. Viele Anwender bemerken die Infizierung ihres Geräts meist gar nicht.

Gerade für Banken sind diese Botnetze aktuell ein Problem, da Untersuchungen ergaben, dass 2017 ein Großteil der Botnetze für Online-Banking-Betrug eingesetzt wurden [3]. Dabei werden die Geräte dazu genutzt, die per SMS-versendeten TANs beim TAN-Verfahren abzufangen. Danach kommt der Einsatz zur Gewinnung neuer „Zombies“, sowie Klickbetrug und Bitcoin-Mining.

Die Bundesregierung versucht, solchen Botnetzen mit Hilfe von Fake-Geräten auf die Schliche zu kommen [3]. Auch in Zukunft wird die Bedrohung durch Botnetze noch weiterhin bestehen. Gerade nun, da der Quellcode von Mirai veröffentlicht wurde, werden viele Hacker den Quellcode nutzen um ihn zu verbessern und weitere Geräte zu infizieren.

4.4 Advanced Persistent Threats (APT)

Der APT Angriff ist meist ein gezielter Angriff auf die Daten der Unternehmen [3]. Gerade die Bereiche wie Ministerium, Herstellung oder Finanzen sind beliebte Ziele. Die Angreifer versuchen, in das Netzwerk rein und wieder raus zu kommen, ohne aufzufallen.

Meist wird versucht, durch Social Engineering legalen Zugang zu erlangen, und anschließend ein Backdoor zu implementieren [3]. Anschließend wird versucht, einen Admin-Zugang oder einen anderen, gültigen Benutzerzugang zu erstellen.

4.5 Social Engineering

Es gibt verschiedene Arten des Social Engineering. Generell macht sich der Angreifer den Faktor Mensch zu Nutze [3]. Dabei versucht er, die potentiellen Opfer durch Manipulation dazu zu bringen, sensible Daten preiszugeben, oder kontaminierte Software zu installieren.

Vor allem Unternehmen sind Ziele der Hacker [3]. Die Angreifer holen sich hierbei über öffentliche Auftritte des Unternehmens Informationen, um dann durch Kontaktnahme per Mail, Social Media oder Telefon

an Informationen zu kommen, oder die Leute zu Aktionen wie das Öffnen von Dateien oder der Tätigung von Zahlungen zu überreden. Dabei geben sich Angreifer oft als bekannte Unternehmen, Marken oder Behörden aus.

Die einzige Möglichkeit, um gegen diese Art von Angriff vorzugehen, ist eine umfangreiche Schulung der Mitarbeiter.

5 Trends für die Zukunft

Die IT-Sicherheit wird auch in Zukunft ein wichtiges Thema in Unternehmen bleiben und mit großer Wahrscheinlichkeit noch mehr Bedeutung gewinnen. Bereits jetzt spekulieren Experten über mögliche neue Angriffe und Sicherheitssysteme.

Ende 2017 stellte der Sicherheitssoftwareanbieter Malwarebytes eine Liste mit Trends auf, die 2018 aus Sicht des Unternehmens relevant werden. So wird angenommen, dass auf PowerShell basierende Angriffe, wie z.B. das Installieren von Schadsoftware, mithilfe von Makros in Office-Dateien, an Relevanz gewinnt [11][18]. Diese Angriffe werden in Zukunft auch komplexer werden, so dass Antiviren-Programme kaum noch Chancen haben diese zu erkennen. Es ist davon auszugehen, dass auch die IT-Sicherheitssoftware selber zum Ziel von Hackern werden könnte.

Gerade in großen Unternehmen und KRITIS-Unternehmen wird das Thema Cloud immer wichtiger werden [1][14]. Bisher gibt es noch Bedenken wegen der Datensicherheit. Es ist nicht immer genau nachvollziehbar, wo die Server stehen. Viele davon befinden sich im EU-Ausland, was für die Datenschutzrichtlinien in Deutschland extrem bedenklich ist. Trotzdem kann davon ausgegangen werden, dass die Cloud ein wichtiger Bestandteil der Digitalisierung ist, und auch weiterhin sein wird. Aus diesem Grund wird es notwendig, geeignete Sicherheitslösungen und Kompromisse mit Cloudanbietern zu finden. Dabei wird auch Vertrauen eine große Rolle spielen, da Firmen ein Großteil ihrer, teils sensiblen, Daten in die Cloud auslagern werden.

Durch das wachsende Interesse der Industrie-wächst auch die Lukrativität für Angreifer. Es wird in Zukunft neue Methoden geben, die genau auf Clouds abzielen [14].

Eine weitere Technologie, die in Zukunft gerade im Finanzbereich wichtig werden wird, sind die Blockchains, bzw. die Distributed Ledger Technologie (DLT) [10][21]. Der bekannteste Dienst, der darauf basiert, sind Bitcoins. Die kryptografischen Verkettungen von dezentralen Datenbanken bieten aber noch viele weitere Einsatzmöglichkeiten, die aktuell nach und nach erforscht werden. Blockchain bietet so unter anderem die Möglichkeit, sichere Informationen zu übertragen, sichere Eigentumsverzeichnisse zu führen, oder den automatisierten Kauf und Verkauf ohne Zwischeninstitut.

So ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass Blockchain eine neue Sicherheitslösung für Unternehmen darstellen kann. Neben den internen Blockchains, um Informationen innerhalb des Unternehmens sicher zu übertragen, werden auch die öffentlichen Blockchains spannend. Durch sie ist es denkbar, Vertragsabschlüsse und -verhandlungen durch sogenannte Smart Contracts abzuwickeln [9][10]. Das würde schriftliche Verträge überflüssig machen. Oder Geldübertragungen ohne Banken. Es wird davon ausgegangen, dass bis 2021 mindestens 25% der „Global-2000-Unternehmen“ Blockchain im großen Stil einsetzen werden [21].

Auch Ransomware wird in Zukunft weiterhin eine Gefahr bleiben. Motiviert durch die erfolgreiche Infizierung im Jahr 2017, werden Hacker wieder vermehrt versuchen Malware zu entwickeln [11]. Viele Unternehmen sehen diese Art von Angriff sogar als Hauptbedrohung [18].

6 Ergebnis und Fazit

Der andauernde Kampf zwischen den Sicherheitsexperten der Unternehmen und den Hackern war auch im Jahr 2017 ein großes Thema. Aber die Trendanalyse für 2018 zeigt, dass es so weitergehen wird. Die Anzahl der infizierten Netzwerke und Datenverluste bei Unternehmen macht deutlich, dass

das Thema IT-Sicherheit noch nicht überall genügend Aufmerksamkeit bekommt.

Durch die Einstufung von Unternehmen als „KRITIS“-Unternehmen kann die BSI zumindest die Systemrelevanten Unternehmen kontrollieren und dadurch eine erhöhte Sicherheit für die Allgemeinheit gewähren.

Viele Verteidigungs-Technologien sind keine Neuheiten. So gibt es Firewalls, Virenscanner und VPN schon lange. Gefühlt bekommen diese aber immer mehr Relevanz. Dabei handelt es sich bei in dieser Arbeit genannten Techniken lediglich um die Basis-Sicherheit. Wer sein Unternehmen wirklich sichern möchte, muss sich noch viele weitere Gedanken machen, und ein ausführliches Sicherheitskonzept erstellen. Dieses sollte dann weitere Themen wie z.B. Device und Protokollkontrolle, Data Leakage Prevention oder Authentication enthalten. Vieles davon sind Unterkategorien des Basis-Schutzes.

Man merkt, dass die IT-Sicherheitsindustrie nicht schläft und versucht die alten Technologien weiterzuentwickeln und neue zu finden. Im vergangenen Jahr traten aber einige neue Angriffsmethoden auf den Plan, was es schwierig macht immer sofort die passende Gegenmaßnahme anbieten zu können. So gab es durch das Rekord-Botnetzwerk Mirai und dem Ransomware Virus WannaCry zwei neue Meilensteine in der IT-Sicherheitsgeschichte. Gerade solche Vorfälle zeigen, dass die IT-Sicherheit noch lange nicht am Ziel ist bzw. wahrscheinlich nie dort hinkommen wird. Es werden immer wieder neue Technologien erforscht und neue Software entwickelt, wodurch neue Angriffsflächen entstehen. Aus diesem Grund wird es auch in Zukunft nie einen 100%igen Schutz geben.

Was soll man also tun? Ganz vom Netz abkapseln? Das ist in der modernen Welt weder für Privatpersonen noch für Unternehmen eine ernsthafte Alternative. Vielmehr sollte man versuchen, die Risiken soweit zu minimieren, dass das übrigbleibende Restrisiko annehmbar ist. Durch die Empfehlungen der BSI aufgrund der ISO-Standards wird bereits eine Schritt- für Schritt-Anleitung an die

Hand gegeben, um grundlegend einen Schutz zu haben. Darüber hinaus gibt es einige hervorragende IT-Sicherheitsunternehmen die guten Lösungen anbieten.

Das A und O ist aber weiterhin ein gut ineinander greifendes und funktionierendes IT-Sicherheits-Gesamtkonzept, das sowohl von den Mitarbeitern gelebt wird, als auch vonseiten der Technologie stetig auf dem aktuellen Stand gehalten wird.

Der kurze Ausblick ins Jahr 2018 zeigt, dass die IT-Sicherheit auch in Zukunft ein Kernthema der IT bleiben wird. Der große „Erfolg“ des Ransomware-Angriffes wird einige Nachahmer animieren einen ähnlich Angriffe durchzuführen. Aber auch neue Angriffe werden zu finden sein, da immer neue Technologien entwickelt werden, um den Geschäftsbetrieb zu verbessern. Es ist aber auch erkennbar, dass der Trend zu besserer Sicherheit da ist. So wird aktiv nach neuen Methoden zum Schutz gesucht und getestet wie z.B. Cloud-Sicherheit oder Blockchain. Es bleibt also spannend, was in der Zukunft noch alles passiert.

7 Literaturverzeichnis

- [1] Abolhassan, Ferri: Security Einfach Machen - IT-Sicherheit als Sprungbrett für die Digitalisierung; Springer Gabler, Wiesbaden, 2017; 978-3-658-14944-4
- [2] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik: Das IT-Sicherheitsgesetz; BSI, 2016; BSI-ITSIG16/602
- [3] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik: Die Lage der IT-Sicherheit in Deutschland 2017; BSI, 2017; BSI-LB17/506
- [4] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik: Leitfaden Informati-onssicherheit; BSI, 2017; BSI-Bro12/311
- [5] Eckert, Claudia: IT-Sicherheit - Konzepte - Verfahren – Protokolle; De Gruyter Oldenbourg, München, 2014; 978-3-486-77848-9

- [6] Frahim, Jazib; Santos, Omar; Ossipov, Andrew: Cisco ASA: All-in-one Next-Generation Firewall, IPS, and VPN Services; Cisco Press, 2014; 0132954419
- [7] Hellmann, Roland: IT-Sicherheit: Eine Einführung; Walter de Gruyter GmbH & Co KG, 2018; ISBN 3110492083
- [8] Korolov, Maria; Maier, Florian: Virenschutz – Verfallsdatum erreicht?; computerwoche, 2017; <https://www.computerwoche.de/a/virenschutz-verfallsdatum-erreicht.3329559> (Aufruf: 03.04.2018)
- [9] Lauer Georg: Security-Trends 2018: Drei sichere Prognosen; ca technologics, 2017; <https://www.ca.com/de/blog-dach/security-trends-2018.html> (Aufruf: 28.02.2018)
- [10] Laurence, Tiana: Blockchain für Dummies; John Wiley & Sons, 2017; 3527815864
- [11] Malwarebytes; <https://blog.malwarebytes.com/> (Aufruf: 04.03.2018)
- [12] Minnich, Sebastian: Tipps zum Schutz vor Ransomware; Heise, 2016; <https://www.heise.de/download/specials/Tipps-zum-Schutz-vor-Ransomware-3169102> (Aufruf: 03.03.2018)
- [13] Müller, Klaus-Rainer: Handbuch Unternehmenssicherheit; Springer-Verlag, 2015; 3658101512
- [14] Reed, Brian: Fünf Cybersecurity-Trends für 2018; elektroniknet, 2017; <http://www.elektroniknet.de/cloud-sicherheit-wird-prioritaet-praevention-verliert-an-bedeutung-147375.html> (Aufruf: 19.02.2018)
- [15] Ronny Richardson and Max North: Ransomware: Evolution, Mitigation and Prevention; International Management Review, 2017, Vol. 13 Issue 1, p10-21. 12p.
- [16] Scherschel, Fabian: Großstörung bei der Telekom: Angreifer nutzten Lücke und Botnetz-Code; Heise, 2016; <https://www.heise.de/securitymeldung/Grossstoerung-bei-der-Telekom-Angreifer-nutzten-Luecke-und-Botnetz-Code-3507088.html> (Aufruf: 21.02.2018)
- [17] Schirrmacher, Dennis: Rekord-DDoS-Attacke; Heise, 2016; <https://www.heise.de/securitymeldung/Rekord-DDoS-Attacke-mit-1-1-Terabit-pro-Sekunde-gesichtet-3336494.html> (Aufruf: 19.02.2018)
- [18] Sicherheitsforum: IT-Gefahren: 7 Trends für 2018; Sicherheitsforum, 2017; <https://www.sicherheitsforum.ch/it-gefahren-7-trends-fuer-2018/> (Aufruf: 28.02.2018)
- [19] Statista: Anteil der Unternehmen in Deutschland; Statista, 2018; <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/221785/umfrage/ausstattung-der-mitarbeiter-von-kmu-mit-mobilen-endgeraeten/> (Aufruf: 28.03.2018)
- [20] Thales: Thales Data Threat Report; Thales, 2017; https://www.thalesgroup.com/sites/default/files/assets/documents/thales_2017_data_threat_report_global_edition.pdf (Aufruf: 16.02.2018)
- [21] Thorenz, Lynn: Die IT-Trends 2018 von IDC; computerwoche, 2017; <https://www.computerwoche.de/a/die-it-trends-2018-von-idc.3332052.3> (Aufruf: 01.03.2018)
- [22] Tischer, Matthew; Durumeric, Zakir; Foster, Sam; Duan, Sunny; Mori, Alec; Burszttein, Elie; Bailey, Michael: Users Really Do Plug in USB Drives They Find; University of Illinois, 2016; DOI 10.1109/SP.2016.26
- [23] Zeit Online: WannaCry; Zeit Online, 2017; <http://www.zeit.de/digital/internet/2017-05/wannacry-ransomware-cyberattacke-bitcoin-windows-microsoft-europol> (Aufruf: 28.02.2018)

Social Crowd Simulationen zur Belebung virtueller Welten*

Steffen Wittig
Reutlingen University
Steffen.Wittig@student.Reutlingen-University.DE

Abstract

Die Simulation menschlichen Gruppenverhaltens kann bei der Kapazitäten-, Risiko- und Evakuierungs-Planung von Gebäuden hilfreich sein, bei der Produktion von Filmen für eindrucksvolle Massen-Szenen eingesetzt werden oder virtuelle Schauplätze in Echtzeit-Anwendungen beleben. Die Herausforderungen liegen vor allem in einem realistischen Erscheinungsbild der virtuellen Crowd, glaubwürdigem Verhalten innerhalb eines sozialen Verbundes, realitätsnahen Animationen und der Wahrung der Echtzeitfähigkeit interaktiver Anwendungen. Im Rahmen dieser Arbeit wird der aktuelle Stand der Technik vorgestellt, Technologien evaluiert und ein Crowd Simulation Prototyp mit der Unity Engine implementiert.

Schlüsselwörter

Crowd Simulation, Künstliche Intelligenz, Sozialverhalten

CR-Kategorien

4.7 [Real-time systems and embedded systems]

1 Einleitung

Das Abbilden von menschlich anmutendem Verhalten auf eine große Menge virtueller Figuren (Agenten) wird als Crowd-

Simulation bezeichnet. Das Verhalten der Agenten lässt sich in der Regel in zwei verschiedene Ansätze einteilen. Der einfachste Ansatz ist es, das Verhalten in Script-Form durch die Aneinanderreihung vieler expliziter (Low-Level) Aktionen zu programmieren. Hierbei sind autonomes Handeln und die Reaktion auf eine sich verändernde Umgebung des Agenten meist nur rudimentär umgesetzt und wird als *Programmed Crowds* bezeichnet. So lassen sich einfache Simulationen erzeugen, bei denen jeder Agenten jeweils nur einen einzigen Zweck verfolgt, beispielsweise Fußgänger, die aus einem brennenden Gebäude fliehen. Ein anderer Ansatz ist die Entwicklung von komplexen autonomen Verhaltensabläufen, welche fortlaufend Feedback aus der Umgebung des Agenten verarbeiten, sogenannte *Autonomous Crowds*. Diese erlauben die Simulation einer großen Menge von virtuellen, selbstständig handelnden, menschlichen Agenten - benötigen aber mehr Ressourcen zur Berechnung des Verhaltens, als *Programmed Crowds*. [1], [2] Die Anwendungen für autonome Crowd-Simulations sind vielfältig: Exakt simuliertes Gruppenverhalten kann bei der Kapazitäten-, Risiko- und Evakuierungs-Planung von Gebäuden hilfreich sein. Die Unterhaltungsindustrie kann mit besonders realistisch wirkenden, großen Mengen von virtuellen Charakteren eindrucksvolle Szenen für Filme und Spiele schaffen. Virtuelle Städte können durch Echtzeit 3D-Crowds bevölkert werden um lebhafter zu wirken. Die Herausforderungen liegen vor allem in einem realistischen Erscheinungsbild der virtuellen Crowd (Dichte,

*
Betreuer Hochschule: Prof. Dr. rer. nat. Uwe Kloos
Hochschule Reutlingen
Uwe.Kloos@Reutlingen-
University.de

Informatics Inside 2018
Wissenschaftliche Vertiefungskonferenz
09. Mai 2018, Hochschule Reutlingen
Copyright 2018 Steffen Wittig

Verteilung und Variation des Aussehens der einzelnen Agenten, ohne sie einzeln zu modellieren), nachvollziehbarem, real wirkendem Verhalten (zum Beispiel dem prediktivem gegenseitigen Ausweichen), glaubwürdiger Animation sowie dem Wahren der Echtzeitfähigkeit der Anwendung. [1]

Damit das Verhalten einer Gruppe von Agenten glaubwürdig wirkt, müssen ihre einzelnen Mitglieder bei näherer Betrachtung wie ein Teil eines sozialen Verbundes agieren, einer *Social Crowd*. Dies kann sich durch das Verfolgen verschiedener geselliger oder egoistischer Ziele äußern, die der Erfüllung von Bedürfnissen dienen. Damit die Agenten ihre virtuellen Ziele und Bedürfnisse erreichen können, müssen sie mit künstlicher Intelligenz ausgestattet werden. Sie müssen in der Lage sein, zu Ziel-Koordinaten im Dreidimensionalen Raum zu navigieren. In komplexen Umgebungen ist es jedoch nicht ausreichend, die Agenten auf geradem Weg auf die Ziel-Koordinaten zusteuern zu lassen, da nicht davon auszugehen ist, dass ein direkter Weg (Luftlinie) existiert und vorhandene Wege nicht durch dynamische Hindernisse versperrt sein könnten. Um nicht in Sackgassen zu enden oder ständig gegen Wände zu laufen, muss der Agent mit einem *Pathfinding*-Algorithmus einen gültigen Pfad zu seinem Ziel ermitteln.

In Echtzeit-Applikationen wird die Wegfindung zumeist durch manuell erzeugte oder automatisch generierte Wegpunkt-Netze erreicht. Wird ein möglichst effizienter Algorithmus auf diese Strukturen angewendet, können die virtuellen Agenten einen, je nach angewandtem Algorithmus, (annähernd) optimalen Pfad zu ihrem Ziel ermitteln.

In dieser Arbeit werden zunächst der Stand der Technik echtzeitfähiger Crowd-Simulationen vorgestellt und anschließend eine beispielhafte Implementierung sozial agierender Agenten beschrieben.

2 Stand der Technik

Die Simulation menschlicher Gruppen fußt auf Forschungsergebnissen der Simulation

einfacher Entitäten, wie Vögeln und Fischschwärm. 2001 stellten Musse und Thalmann [3] ein hierarchisches Modell zur Simulation virtueller menschlicher Crowds vor, bei dem Gruppen als intelligente Strukturen die einzelnen, darin befindlichen Agenten leiten. Eine Crowd setzt sich wiederum aus einer Menge von Gruppen zusammen.

2.1 Echtzeitfähiges Gruppenverhalten

Um die Echtzeitfähigkeit zu wahren werden Entscheidungssysteme verwendet, die reaktive Verhaltensweisen (zum Beispiel Kollisionsvermeidung) implementieren, welche weniger rechenintensiv sind als rationale Entscheidungsmodelle. [3], [1]

Unterhaltungssoftware wie die Städtebau-Simulation *Cities Skylines*, oder Actionspielen wie *Grand Theft Auto V* verwenden einfache, echtzeitfähige Ansätze zur glaubwürdigen Visualisierung von Straßenzügen und öffentlichen Plätzen bei denen Personen den Anschein erwecken, sich ihrer Umgebung bewusst zu sein und sich zielgerichtet zu bewegen. Die Spielereihe *Die Sims* kann als unterhaltungsfokussierte Sozialverhaltens-Simulation angesehen werden und zeigt, wie Agenten auf in realitätsbasiert modellierten Umgebungen (Wohngebäude, öffentliche Plätze, Läden) ihre menschlichen Bedürfnisse erfüllen, zum Beispiel durch Interaktion mit anderen Agenten (Gespräche, zusammen Spielen, etc.).

Die Herausforderung bei der Entwicklung realitätsnah handelnder Passanten liegt in der Wegplanung, dem Vermeiden von Kollisionen mit anderen Passanten und der Echtzeitfähigkeit bei der Simulation großer Menschenmengen (> 100 Agenten). Daniel Thalmann beschäftigt sich seit den späten 1990er Jahren mit Crowd Simulations. Seine Forschungsergebnisse mit Branislav Ulicny ([2]) führten 2001 zur Echtzeit-Simulation von Notfallszenarien in virtuellen Städten mit unterschiedlich handelnden Agententypen (normale Bürger, Feuerwehrleute und Sanitäter).

Hierbei wurden die Verhaltensweisen jedes

einzelnen Agenten, basierend auf einem Regelwerk ausgewählt, welches persönliche Attribute der Agenten zur Wahl ihres konkreten Verhalten interpretiert. Verhaltensweisen wurden als verschachtelbare Finite State Machines implementiert, welche parallel ablaufende Teil-Verhalten erlauben. Neben Gruppenzugehörigkeiten und dem Vermeiden von Hindernissen, wurden zudem Interest Points (Lokalitäten, welche die Agenten passieren möchten) und Action Points (Lokalitäten, bei deren Erreichen die Agenten eine Aktion ausführen) implementiert. Das größte Problem beim Erreichen der Echtzeitfähigkeit der Simulation stellte die Visualisierung der Agenten dar. [2]

Verschiedene regelbasierte Verhaltensmodelle erzeugen realistische menschliche Bewegungsmuster für niedrig- bis mitteldichte Menschenmengen, berücksichtigen aber in der Regel aber nicht den Kontakt der einzelnen Agenten und können somit nicht das körperliche Drängen simulieren, welches sich in hochdichten Menschenmengen abspielt - Stattdessen wird der Kontakt und somit eine hohe Dichte vermieden, indem Warte-Regeln implementiert werden [4]. Studien an realen Menschenmengen zeigten, dass Menschen sich mit steigender Menschendichte sich stattdessen zunächst langsamer fortbewegen, bevor sie zum Stehen kommen [5]. Das Problem der Wegfindung und -planung wurde bereits im Rahmen der Robotik-Forschung umfassend gelöst. Unter dem Gesichtspunkt, kooperative Aufgaben zu lösen, wurden Multiagent Path Planning Lösungsansätze entwickelt, die verlässliche Ergebnisse liefern, deren Anwendung bei großer Agentenmassen wegen ihrer hohen Komplexität aber noch nicht echtzeitfähige Simulationen ermöglicht. Zu den bekanntesten Methoden zählen Social Force Models, Probabilistic Roadmaps, Visibility Graphs und Potential Fields. [1]

Helbing's Social Force Model ([6]) betrachtet jeden Agenten als Partikel, der sozialen Kräften unterliegt, wodurch ein sich selbst organisierender Schwarm entsteht, der dem beobachteten Verhalten von Passanten na-

he kommt. Visibility Graphs eignen sich für eine große Zahl virtueller Agenten: Hierbei werden nur Eckpunkte der beschreibbaren Umgebung miteinander verbunden, wenn diese voneinander gesehen werden können. So wird, inspiriert von Voronoi Diagrammen, automatisch die Topologie der Umgebung extrahiert und ein Navigationspfad berechnet werden. [1]

Das Vermeiden von Kollisionen bevor Sie entstehen (Local Avoidance) ist ein weiteres Problem echtzeitfähiger Anwendungen. Idealerweise kennt jeder Agent den zukünftigen Geschwindigkeitsvektor der Agenten um sich herum oder kommuniziert mit den anderen Agenten, um dann entweder seinen geplanten Weg zu ändern oder seinen aktuellen Geschwindigkeitsvektor anzupassen. Van den Berg et al. schlugen 2008 ([7]) das "reciprocal velocity obstacle" Konzept vor, bei dem Agenten auch ohne explizite Kommunikation mit anderen Agenten in dichtbevölkerten Umgebungen statische und bewegliche Objekte in Echtzeit vermieden. Hierbei berücksichtigen Agenten, dass andere Agenten ebenfalls ähnliche Ausweichmanöver einleiten würden. [1]

Potential Fields und das verwandte Zelluläre Automaten Modell (Cellular Automata Model), teilen die Umgebung der Agenten in Rasterzellen auf, welche unter anderem Informationen über die ideale Laufrichtung und die Agentendichte innerhalb der Zelle enthalten. Agenten bewegen sich von Zelle zu Zelle, wobei ein Weg mit möglichst geringer Agentendichte gefunden werden kann, was zu einer gleichmäßigeren Verteilung, aber bei hochdichten Mengen auch zu auffälligen Mustern (aufgrund der Bewegung entlang der Rasterzellen) führt. Zudem ist die ständige Aktualisierung der Rasterzellen rechenaufwändig. [4], [5]

Typischerweise wird jedoch ein Navigation Mesh verwendet um globale Routen durch eine virtuelle Umgebung zu planen. Während Agenten die geplante Route beschreiten finden Local Avoidance Routinen Anwendung, um anderen beweglichen Charakteren und dynamischen Hindernissen

auf der Route auszuweichen. [5]

Zur komfortablen Modellierung und zur Er-möglichung der Wiederverwendbarkeit von Teil-Verhalten von umfangreicherem Verhal-tensmustern, werden bei proprietären Lösun-gen oft Entscheidungsbäume oder Zustands-maschinen implementiert, da sie sich gut für die Entwicklung von Regelwerken eignen. Mit steigender Komplexität der Verhaltens-muster werden die hierfür häufig bereit-gestellten GUIs für menschliche Benutzer allerdings auch zunehmend schwieriger zu erfassen und zu navigieren.

2.2 Soziale Aspekte

Thalmann beschreibt in seinem Beitrag *Crowd Simulations* im *Encyclopedia of Computer Graphics and Games* ([1]) um-fassend die sozialen Aspekte von Crowd Simulations:

Die Spanne des Verhaltens von Menschen in Mengen reicht von völliger Gelassenheit bis zum Wahnsinn, was wiederum zu einem fröhlichen oder verzweifelten Gefühlszus-tand der einzelnen Simulationsteilnehmer führt. Eine weit verbreitete Annahme ist, dass sich die Persönlichkeit von Menschen in Massensituations temporär ändert, wenn sie sich einer Gruppe anschließen. Viele Au-toren aus dem Bereich der Massenpsycholo-gie stellen fest, dass die bezeichnende Eigen-schaft von Massensituations das Entfallen von üblicherweise anwendbaren kulturellen Regeln, Normen und Ordnungsformen ist. So entfalle in Paniksituations beispiel-sweise die Regel Schlangen zu bilden, wenn auf etwas gewartet wird. [1]

Das Gesamtbild eines virtuellen Massen-verhaltens lässt sich, so Musse und Thal-mann ([8]), durch die Wechselbeziehungen der darin befindlichen Gruppen beschreiben. Gruppen bilden sich bei der Begegnung von virtuellen Agenten, bei denen Sie Ihre emo-tionalen Parameter (beispielsweise der emo-tionale Status) und Ziele (Interest und Ac-tion Points) vergleichen und sich bei großer Ähnlichkeit zusammenschließen. Innerhalb der Gruppen werden Wegpunkte und Ziele geteilt, sodass die Agenten sich nicht mehr

weit voneinander entfernen. Treffen sich zwei Gruppen mit ähnlichen Attributen kann ein Gruppenübergreifender Dominanz-Wert entscheiden, welche Gruppe sich der anderen anschließt. [8]

Pelechano, Allbeck, and Badler ([4]) stellten 2007 eine Lösung für hochdichte Crowd Simulations vor, bei der jeder Agent über Persönlichkeits-Attribute (beispielsweise geduldig, panisch) und eine Influence Disk verfügt - eine Region vor dem Agenten, welche Warte-Verhalten auslöst, wenn ein anderer Agent sich in den Radius der Influence Disc bewegt. Während geduldige Agenten warten, wird ein Agent mit ungeduldigem Attribut den Artgenossen im Weg eher ignorieren ihn aus dem Weg drücken. [4]

Die sozialen Aspekte einer Crowd Simula-tion sind also in Persönlichkeitsattributen, Gruppenbildung und Local Avoidance, sowie in der Kommunikation von Agenten untereinander zu suchen.

Weitere Aspekte, welche die glaubwürdigen Simulation von öffentlichen Flächen unter-stützen könnten, sind wissens-sammelnde Agenten, die Informationen über ihre Umwelt (Points of Interest) erst durch das Erfassen von Wegweisern, den Wis-sensaustausch mit anderen Agenten oder Sichtkontakt während ungezwungenem Erkunden erfahren. Dies gibt Agenten eine zusätzliche Motivation, sich mit anderen Agenten auszutauschen. Gleichzeitig lassen Sie sich über ein Leitsystem aus Schildern, abweichend vom kürzesten Weg, lenken um so beispielsweise die Fußgärdedichte an bestimmten Lokalitäten zu steuern.

Agenten könnten neben Persönlichkeitsat-tributen auch mit Bedürfnissen ausgestat-tet werden, wie Hunger, Durst oder Harn-drang, sowie der Wunsch nach einem Infor-mationen, einem Gespräch, Musik, oder bestimmt Waren, deren Dringlichkeit über die Laufzeit der Simulation stets steigt. Points of Interest könnten der Befriedigung (=Verringerung der Dringlichkeit) dieser Bedürfnisse dienen, wie Schaufenster oder sogar bestimmte Artikel in einem Schaufen-

ster (je nach Granularität der Szene), Waren in einem Laden, Sehenswürdigkeiten, Plätze/Treffpunkte, Sitzgelegenheiten, Toiletten, andere Agenten oder Schilder.

Verschiedene Software-Lösungen ermöglichen die Simulation von Crowds: Das Plugin *Golaem* für Autodesk Maya, welches visuell ansprechende Menschenmengen erzeugen kann, allerdings nicht echtzeitfähig ist. CrowdMaster ist ein Blender-Addon, welches die Kernfunktionalität von Golaem nachahmt, dabei allerdings nicht dessen Umfang und Benutzerfreundlichkeit erreicht. *Viswalk* von PTV erlaubt die Simulation von Fußgängern in Echtzeit und stellt die Agenten wahlweise zweidimensional als Punkte oder dreidimensional als rudimentär animierte Menschenmodelle dar, die allerdings keine Kenntnis voneinander nehmen, wodurch nicht mehr als eine Fluss-Simulation.

3 „Social Crowd“ Prototyp

Zentraler Bestandteil dieser wissenschaftlichen Vertiefungsthematik ist ein Prototyp, der mit der Unity Engine implementiert wurde. Durch einen modularen Aufbau soll die mögliche Weiterentwicklung erleichtert werden.

Zunächst wurden die verfügbare Features und Plugins für Unity evaluiert, um eine technologische Ausgangsbasis für den angestrebten Prototypen einer sozialen Crowd Simulation zu finden. Nach der Evaluationsphase folgte die Implementierung der sozialen Agenten, wobei zentrale Anforderungen die glaubwürdige Wegfindung und rudimentäre *Local Avoidance* waren.

3.1 Technologiewahl

Betrachtet wurden die internen AI Features der Unity Engine, das RAIN AI Plugin und das A* Pathfinding Project Plugin.

Unity bietet im **UnityEngine.AI** Package Methoden zur Lösung von Pfadfindungs-Problemen. Andere Aspekte künstlicher Intelligenz werden nicht abgedeckt. Die Pfadfindung in Unity basiert ausschließlich auf NavMeshes und Off Mesh Links, welche

disjunkte Flächen des NavMesh miteinander verbinden können (zum Überspringen von Abgründen oder dem Erklimmen von Hindernissen). Ein NavMesh bildete komplexe Szenen-Geometrie auf ein Mesh mit wenigen Vertices ab, das nur die betretbare Fläche beinhaltet und so wenig rechenintensiv Pfadfindungsprobleme lösen kann. Es lassen sich in Unity unterschiedliche Navigationsebenen mit unterschiedlichen Traversierungskosten definieren (denkbar sind Straße, Matsch, Schotter, etc.).

Zentrale Aspekte werden über ein eigenes GUI-Panel abgewickelt. Hier lassen sich u.a. verschiedene Agenten-Typen definieren, die sich durch ihre Höhe und Radius, sowie ihr Stufen- und Hang-Verhalten unterscheiden, die unterschiedlichen Geländetypen und ihre Traversierungskosten definieren. Ausgewählte Objekt können als statisch definiert werden - sie werden dann beim Backen von Navmeshes berücksichtigt. Anschließen kann hier auch das Navmesh generiert werden, was bei jeder Änderung der Szenerie im Editor wiederholt werden muss.

Die Navigation und Fortbewegung des Agenten werden über den allgemeinen *CharacterController Component* und einen *NavMeshAgent Component* realisiert. Während ein *GameObject* durch den *NavMeshAgent Component* fortbewegt wird, werden keine Kollisionen des Agenten im Rahmen der Physik Engine von Unity berücksichtigt (*Collider Componenten* sind wirkungslos): Der Agent wird Collider, die sich dynamisch im NavMesh bewegen, reaktionslos durchlaufen.

Hindernisse, die nicht statisch sind, müssen einen *Nav MeshObstacle Component* erhalten, damit ein Agent sie bei seiner Wegplanung berücksichtigt. Alternativ können sie auch dynamisch aus dem NavMesh ausgeschnitten werden, damit Agenten sie bei ihrer Wegfindung erkennen um alternative Routen zu suchen.

Das populäre Plugin **A* Pathfinding Project** aus dem Unity Asset Store beschreibt sein Autor selbst als besonders schnell und einfach zu nutzen. Es unterstützt manuelle

und automatisch generierte NavMeshes und Wegpunkt-Netze (Point Graphs), sowie automatisch generierte Grids.

Eine kostenlose Version des Plugins bietet zwar die notwendigsten Features, NavMeshes können aber nur mit der Pro-Version automatisch generiert werden. Im Gegensatz zum Unity AI Package, bietet das Plugin selbst keine Methoden zur Fortbewegung der Agenten oder zur Programmierung ihres Verhaltens an, sondern beschränkt sich auf Methoden zur Pfadfindung. Die Traversierung des resultierenden Arrays mit Wegpunkten des Pfadfindungsprozesses muss eigenhändig implementiert werden.

Um das A* Pathfinding in eine Szene zu integrieren, muss einem Objekt der *AstarPath Component* hinzugefügt werden. In dessen Konfigurationsdialog werden NavMeshes hinzugefügt und andere rudimentäre Einstellungen vorgenommen. Der Agent benötigt einen *Seeker Component* um Wege zu berechnen und einen weiteren händisch zu implementierenden *Component*, welche die Berechnung des Weges anstößt und den errechneten Weg in eine Bewegung umsetzt. Alle Klassen des A* Pathfinding Project werden als quelloffene wohldokumentierte C# Klassen in das Projekt integriert.

Das **RAIN AI** Plugin erweitert Unity um eine Oberfläche zur Entwicklung von *Behavior Trees*. Unter einem Root-Knoten können hier Action- oder Decision-Knoten hinzugefügt und beliebig verschachtelt werden um komplexe Verhalten zu programmieren.

Im einfachsten Fall befindet sich unter dem Root-Knoten eine *Move* Action, welche dem Agenten ein Ziel (Objekt mit NavigationTargetRig Component) sowie eine Bewegungsgeschwindigkeit zuordnet und die Wegfindung und Navigation des Agenten über den Unity *CharacterController Component* veranlasst.

Die Wegfindung findet entweder über ein Wegpunkte Netz oder ein automatisch generiertes NavMesh und den *NavMeshRig Component* statt, welcher mittels Unity-Ebenen-Masken begehbarer Umgebung, Hindernisse und Agenten unterscheidet. Während der

Navigation und Fortbewegung werden, wie bei den Unity AI Packages, keine Kollisionen zwischen Collidern der Agenten und der Umgebung berücksichtigt. Die Agenten können mittels visuellen und auditiven Sensoren andere Entitäten (*EntityRig Component*) wahrnehmen. Entitäten können wiederum visuelle und auditive *Aspects* zugeordnet werden, welche schließlich in einem *Detect* Knoten im Behavior Tree wahrgenommen werden. Variablen, welche dem Behavior Tree zur Verfügung stehen sollen, werden im *Memory* Tab des Agenten definiert.

Mittels *Custom Actions* können die Fähigkeiten der Agenten über die bereits integrierten Actions hinaus erweitert werden. Custom Actions sind C# Klassen, welche abstrakte Methoden der RAINAction Klasse implementieren müssen und auf die üblichen Unity API Klassen zugreifen können. Im Zusammenspiel mit den Variablen im Memory des Agenten können so auch komplexe Verhaltensweisen entwickelt werden. Ein Vorteil ist die Wiederverwendbarkeit der Custom Actions in verschiedenen Behavior Trees.

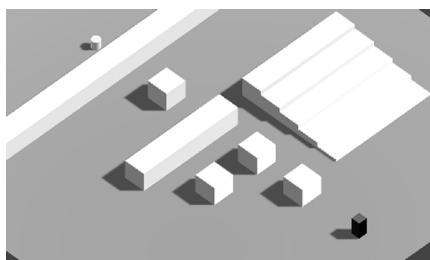


Abbildung 1: Test-Szenario Start Zustand. Der helle Zylinder oben links ist das Navigationsziel und der dunkle Quader unten rechts ein Agent.

Für einen Vergleich der Echtzeitfähigkeit der Lösungen wurde ein einfaches Testszenario entwickelt in dem mittels Mauseingaben Agenten erzeugt und ihr Navigationsziel neu gesetzt werden kann. Hierbei zeigte sich bei 100 zeitgleich aktiven Agenten, dass die

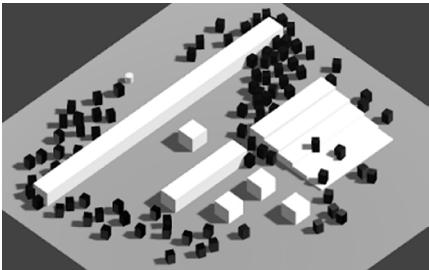


Abbildung 2: 91 Agenten versuchen das Navigationsziel im oberen linken Quadranten der Abbildung zu erreichen.

Framerate unter Verwendung des RAIN AI Plugin auf 24 FPS einbricht, während die Unity AI Klassen und A* Pathfinding noch ohne merkliche Leistungseinbrüche 60 FPS erreichten. Bei 500 Agenten lief letztendlich nur das Szenario mit den Unity AI Klassen noch flüssig, während RAIN AI bei 4 FPS und A* Pathfinding nur noch 10 bis 15 FPS erreichten.

Die visuelle Programmierung der Verhaltensbäume mit den Mitteln des RAIN AI Plugins ist für simple Spiele-AI Routinen, die intelligent navigierende Agenten benötigen, geeignet. Bei komplexen Verhaltensweisen, wie sie im Kontext einer sozialen Simulation zu erwarten sind, ist jedoch mit unübersichtlich großen Bäumen zu rechnen, welche in einer Benutzeroberfläche nur noch schwer nachvollzogen und verwaltet werden können.

Nachteilig für die sozialen Crowd Simulation ist bei allen vorgestellten Lösungen das Beschreiten des kürzesten Weges, und somit die Tendenz, dass Agenten sich nahe an Wänden bewegen und Kurven schneiden, sowie die "übernatürliche" Kenntnis aller Agenten über die gesamte Geographie der Szene, ohne sie zuvor beschritten oder Wegweiser/Karten gelesen zu haben.

Die Wahl zur Implementierung des Prototypen fiel auf die Navigationsklassen von Unity, da Sie sich als performante Lösung herausstellten. Das Fehlen von weiteren KI Hilfsmittel machte es allerdings nötig, die

Implementierung aller anderen Aspekte der Agenten-Intelligenz selbst vorzunehmen.

3.2 Implementierung

Ein Prototyp, welcher es ermöglicht, in einer einfachen Testumgebung (Abbildung 1) eine große Menge Agenten (Abbildung 2) zu initialisieren und Ihnen ein Ziel zuzuweisen, wurde implementiert. Agenten planen stets den kürzesten Weg zum Ziel, weichen einander aus und versuchen dabei stets einen Mindestabstand zu Wänden einzuhalten, außer sie finden nicht genug Platz bei einem Ausweichmanöver - dies wurde mittels höheren Traversierungskosten für Randbereiche des NavMeshes gelöst (Abbildung 5). Agenten suchen sich zufällig ein neues Ziel aus einer Menge von *Points of Interest*, wenn sie ihr zuletzt gesetztes Ziel erreicht haben. Agenten können unterschiedlich Aggressiv ausgeprägt sein, was sich auf Ausweichmanöver auswirkt. (Abbildung 3).

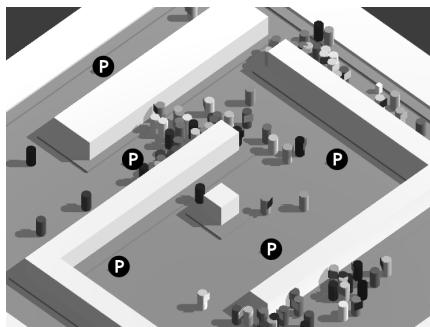


Abbildung 3: Die finale Social Crowd Simulation mit 101 Agenten (eingefärbt nach ihrem Aggressionswert: je dunkler, desto aggressiver). Sie besuchen alle in zufälliger Reihenfolge Points of Interest (mit P gekennzeichnet)

Um auf möglichst viele Szenarien anwendbar zu sein, wurde das Verhalten der sozialen Agenten modular implementiert: Hierzu wird, inspiriert von RAIN AI und der Architektur robotischer Systeme, die Interaktion des Agenten mit der Umgebung durch Sensoren und Aktoren umgesetzt.

Ein „Brain“-Modul fragt das Umgebungs-Feedback der Sensoren ab und steuert damit die Aktoren. Die visuelle und physikalische Repräsentation des Agenten wurde mit den bereits vorhandenen Komponenten der Unity Engine realisiert.

Kernstück der Implementierung sind der *Entity-Component*, der vom Szenario Entwickler jedem Objekt, das an der Simulation teilnimmt, hinzugefügt werden muss und der *Agent-Component*, der jedem Agenten hinzugefügt werden muss. Hindernisse, Points of Interest, sowie Agenten verwenden einen Entity-Component. Dieser besitzt keine weitere Intelligenz - sein einziger Zweck ist es, als Teil der Simulation von Sensoren wahrgenommen zu werden. Der Agent-Component dient als Container von Sensor- und Aktor-Komponenten, sowie dem Brain-Komponent, sowie der Attribute „aggressiveness“ und „extroversion“, zwei Float-Werte, die zufällig für jeden Agenten festgelegt und innerhalb seiner Brain-Logik interpretiert werden um das Verhalten bei der Begegnung anderer Agenten zu steuern. Ein Attribut zur Speicherung der Gruppenzugehörigkeit ist vorgesehen, die Gruppen-Logik wurde aber nicht mehr implementiert. Damit Agenten sich durch Sensoren wahrnehmen, erbt der Agent-Component vom Entity-Component.

Zwei Sensor-Klassen ermitteln entweder alle Entities in einem bestimmten Radius um den Agenten (BasicSensor) oder senden Strahlen in einem bestimmten Winkelbereich vor dem Agenten aus (RadialSensor, siehe Abbildung 4). Ein „BasicMovement“-Aktor wurde implementiert, welcher dazu dient, zu einem Ziel-Punkt zu navigieren. Hierfür berechnet er sporadisch den Weg neu, um Hindernisse (andere Agenten, die von den Sensoren erfasst wurden) zu umgehen.

Die abstrakte Brain-Klasse beinhaltet die nötige Logik um einer periodischen Entscheidungs-Schleife auszuführen. Die SocialBrain-Klasse erweitert die Brain-Klasse um Methoden zur Auswertung der Sensor-Ergebnisse und zur Steuerung der Aktoren. Außerdem werden Gizmos

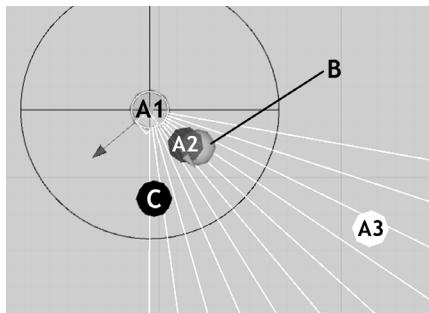


Abbildung 4: Visualisierung der Sensor-Wahrnehmungsmethodik des Agenten A1 im Unity Editor. Schwarzer Kreis: BasicSensor (Personal Space); Weiße Linien: RadialSensor (Vision). Die zuletzt wahrgenommene Position von A2 wird mit Punkt B dargestellt. Punkt C zeigt die ermittelten Ausweichkoordinaten um eine Kollision mit A2 zu vermeiden.

(Sensor-Bereiche, Navigationsziel und erkannte Agenten) im Editor-Fenster von Unity gezeichnet um das Verhalten der Agenten während der Entwicklung nachvollziehbar zu gestalten (zu sehen in Abbildungen 6 und 4).

Mit zunehmender Anzahl und Nähe von Agenten im BasicSensor wird die Fortbewegungsgeschwindigkeit verringert, welche außerdem noch von den Aggressiveness- und Extroversion-Attributen des Agenten beeinflusst wird.

Werden andere Agenten mit dem RadialSensor wahrgenommen, prüft der Agent ob diese ihm bereits ausweichen (Kommunikation von Agenten untereinander). Ist dies nicht der Fall, leitet er selbst ein Ausweichmanöver ein, indem ein neues Navigationsziel an einen nahegelegenen, freien Platz gesetzt wird. Das Extroversion-Attribut entscheidet darüber, wie ausladend das Ausweich-Ziel gewählt wird (introvertierte Agenten nehmen größere Umwege). Wird kein freier Platz zum Ausweichen gefunden, stoppt ein Agent. Agenten mit sehr hohem Aggressiveness-Attribut (>0.95) weichen nie

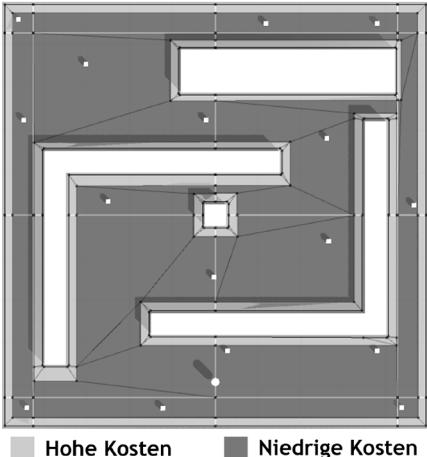


Abbildung 5: Visualisierung des gebackenen NavMeshes mit Traversierungskosten

aus und treffen so häufig mit anderen aggressiven Agenten zusammen.

Befindet sich ein Agent nahe seinem Ziel (etwa $\frac{1}{2}$ Agenten-Durchmesser entfernt), wird das Ziel als erreicht angesehen und "vergessen". Der Agent hat kein Ziel mehr und bleibt stehen.

Der SocialCrowdController ist ein Hilfskonstrukt, das verhindert, dass die Simulation zum Erliegen kommt, wenn alle Agenten ihr Ziel erreicht haben. Dieser Component prüft in jeder Update-Schleife, ob sich Agenten ohne Ziel in der Simulation befinden und weist diesen einen zufällig ausgewählten Point of Interest als neues Ziel zu.

4 Fazit und Ausblick

Der entwickelte Prototyp erlaubte es, die Schwierigkeiten bei der Entwicklung sozialer Agenten zu erkennen. Die entwickelten autonomen Agenten nehmen, abhängig von ihren Attributen, aufeinander Rücksicht und weichen in den meisten Fällen aus um Kollisionen zu vermeiden. Die Verwendung eines NavMeshes mit höherer Gewichtung der Randbereiche verhindert, dass Agenten sich ständig an Wänden entlang schieben. So konnten die Anforderungen der glaub-

würdige Wegfindung und rudimentären *Local Avoidance* erfüllt werden.

Auf dem Test-System lief die Simulation auch mit über 200 Agenten einer Bildwiederholrate von über 60 FPS. Eine Menge von 100 Agenten verstopfte allerdings schnell schmale Durchgänge. Bei längerer Laufzeit bilden sich in den engen Randbereichen des Szenarios Menschentrauben, vor denen Agenten ratlos stehen bleiben, da sie nicht die Fähigkeit besitzen, größere Umwege zu planen.

Als Weiterentwicklungsmöglichkeiten sind weitläufigere und realitätsnahere Testszenarios denkbar (Fußgängerzone einer Innenstadt oder ein Einkaufszentrum mit Läden). Zudem könnten Agenten mit Bedürfnissen ausgestattet werden, welche durch den Besuch von Points of Interest befriedigt werden - Agenten wählen dann als nächstes den Point of Interest, der ihr am wenigsten befriedigte Bedürfnis erfüllt, beispielsweise einen Imbissstandstand, Foto-Laden oder Toiletten - so könnte Konsumentenverhalten simuliert werden.

Mit zunehmendem grafischen Realismus der Umgebung könnte der Einsatz von Computer Vision Fähigkeiten für Agenten erlauben zu ermitteln, wie gut Schilder in Bauwerken noch bei hoher Menschendichte wahrgenommen werden können (beispielsweise in Fluchtsituatiosn). Wegen der erhöhten Rechenlast der Bild-Interpretations-Algorithmen können möglicherweise nur einzelnen Agenten der Simulation die Umgebung auf diese Weise wahrnehmen.

Während der Entwicklung des Prototypen wurden geeignete Schwellwerte für Ausweichmanöver, Agenten-Geschwindigkeit und die Auswirkungen der *Extroversion*- und *Agressiveness*-Attribute durch manuelle Versuche ermittelt und justiert bis ein möglichst glaubwürdig erscheinendes Ergebnis erreicht wurde. Um die Auswirkungen der Änderung dieser Attribute und gegebenenfalls weiterer Simulationsparameter der Simulation besser erkennbar zu machen, könnte die Manipulation über ein Benutzerinterface

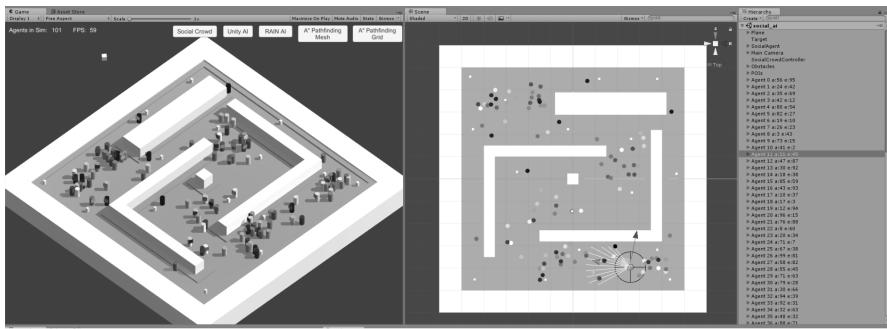


Abbildung 6: Ansicht der Social Crowd Simulation im Unity Editor. Das linke Panel zeigt die isometrische Ansicht, in welcher der Benutzer mit der Simulation interagieren kann. Das mittlere Panel zeigt eine Top-Down View mit Debug-Informationen in Form von Gizmos (für den ausgewählten Agenten). Im rechten Panel ist die Liste der GameObjects zu sehen, darunter viele der Agenten.

(z.B. durch Eingabefelder und Slider) zur Laufzeit der Simulation implementiert werden.

Literatur

- [1] Daniel Thalmann. Crowd simulation. In Newton Lee, editor, *Encyclopedia of Computer Graphics and Games*, pages 1–8. Springer International Publishing, Switzerland, 2015-.
- [2] Branislav Ulicny and Daniel Thalmann. Crowd simulation for interactive virtual environments and vr training systems. In Nadia Magnenat-Thalmann and Daniel Thalmann, editors, *Computer Animation and Simulation 2001: Proceedings of the Eurographics Workshop in Manchester, UK, September 2–3, 2001*, pages 163–170. Springer Vienna, Vienna, 2001.
- [3] S. R. Musse and D. Thalmann. Hierarchical model for real time simulation of virtual human crowds. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 7(2):152–164, 2001.
- [4] N. Pelechano, J. M. Allbeck, and N. I. Badler. Controlling individual agents in high-density crowd simulation. In *Proceedings of the 2007 ACM SIGGRAPH/Eurographics Symposium on Computer Animation, SCA '07*, pages 99–108, Aire-la-Ville, Switzerland, 2007. Eurographics Association.
- [5] Wouter G. van Toll, Atlas F. Cook, and Roland Geraerts. Real-time density-based crowd simulation. *Computer Animation and Virtual Worlds*, 23(1):59–69, 2012.
- [6] D. Helbing, I. Farkas, and T. Vicsek. Simulating dynamical features of escape panic. *Nature*, 407(6803):487–490, 2000.
- [7] Jur van den Berg, Sachin Patil, Jason Se-wall, Dinesh Manocha, and Ming Lin. Interactive navigation of multiple agents in crowded environments. In Eric Haines and Morgan McGuire, editors, *Proceedings of the 2008 Symposium on Interactive 3D Graphics and Games*, page 139, New York, N.Y., 2008. ACM Press.
- [8] Soraya R. Musse and Daniel Thalmann. A model of human crowd behavior: Group inter-relationship and collision detection analysis. In *Computer animation and simulation*, volume 97, pages 39–51, 1997.

Entwicklung eines Prototypingkonzepts für die multimodale Navigation mit dem E-Bike

Janis Uttenweiler
Hochschule Reutlingen
[Janis.Uttenweiler@Student.
Reutlingen-University.DE](mailto:Janis.Uttenweiler@Student.Reutlingen-University.DE)

Abstract

Die Navigation mit dem E-Bike soll eine positive Nutzerfahrung sein. Deshalb wurde im Zuge dieser Arbeit im Rahmen von Bosch E-Bike Systems ein multimodales smart User Interface (MSUI) entwickelt. Das Konzept umfasst visuelle Turn-by-Turn Signale, taktile Vibrationssignale im Lenker und eine auditive Sprachausgabe. Ziel der Arbeit ist ein Prototyp, der sich für die Evaluation von Nutzerbedürfnissen in Bezug auf verschiedene multimodale Rückmeldemöglichkeiten eignet.

Schlüsselwörter

Multimodalität, E-Bike, HMI, UI, Prototyping, Usability, UCD Prozess, Ubiquitous Computing, Makro-HCI

1. Einleitung

Bosch E-Bike Systems sucht nach einer Alternative für die Kartennavigation mit dem

E-Bike, um den Komfort und die Sicherheit der Nutzer zu erhöhen. Der Ansatz dieser Arbeit ist ein Prototypingkonzept bestehend aus visueller, taktiler und auditiver Rückmeldung bei der Navigation. Denn durch multimodale Ausgaben erhofft man sich eine höhere Bedieneffizienz, mehr Intuitivität und eine bessere Aufgabenunterstützung [26]. Das Ergebnis soll für UX-Tests geeignet sein, um die Fragestellung - ob und welche multimodale Kombinationen die Bedürfnisse der Nutzer erfüllen – zu beantworten.

Ziel des Prototypingkonzepts ist demzufolge, die Bedürfnisse der Nutzer zu untersuchen und zu erfüllen. Deshalb basiert die Entwicklung einer geeigneten Prototypingmethode auf dem Ansatz der User Experience (UX) [6]. Es werden nutzerzentrierte Anforderungen an den Prototyp gestellt. Diese Anforderungen ermöglichen die Evaluation des Prototypaufbaus (Low- oder High-Fidelity-Prototyp).

Das ausgearbeitete Konzept für die Entwicklung des MSUI bietet die Basis für die genannten UX-Tests, um verschiedene Rückmeldekombinationen zu evaluieren.

Betreuer Hochschule: Prof. Dr. Gabriela Tullius
Hochschule Reutlingen
Gabriela.Tullius@Reutlingen-
University.de
Betreuer Firma: M. Sc. Veronika Hubl
Bosch E-Bike Systems
Veronika.HUBL@de.Bosch.com

Informatics Inside 2018
Wissenschaftliche Vertiefungskonferenz
09. Mai 2018, Hochschule Reutlingen
Copyright 2018 Janis Uttenweiler

2. Stand der Technik

Wie in der *Einleitung* beschrieben steht die UX bei der Erarbeitung des multimodalen Prototypkonzepts im Mittelpunkt. Deshalb behandelt dieses Kapitel die Abgrenzung der Begriffe UX und Usability-Engineering. Der damit verbundene User Centered Design Prozess dient in diesem Zusammenhang der Einordnung, der in dieser Arbeit relevanten Phase des Prototyping. Die sich anschließenden verwandten Arbeiten aus den Bereichen Navigation und Prototyping dienen später der Entwicklung des Konzepts (siehe *Analyse*).

Abgrenzung Usability und UX

Usability-Engineering hat sich zum Ziel gesetzt eine hohe Benutzerfreundlichkeit bei der Gestaltung von Benutzungsschnittstellen zu erreichen [18]. Benutzungsschnittstelle wird in der DIN EN ISO 9241-110 (2006) definiert als „alle Bestandteile eines interaktiven Systems (Software oder Hardware), die Informationen und Steuerelemente zur Verfügung stellen, die für den Benutzer notwendig sind, um eine bestimmte Arbeitsaufgabe mit dem interaktiven System zu erledigen“ [4]. Das zentrale Vorgehen im Usability-Engineering wird als „User Centered Design“ bezeichnet [1]. Dieser Prozess umfasst die Phasen: Analysieren, Gestalten, Prototyping und Evaluieren.

Die UX geht in der Zielsetzung über die Usability hinaus. Hassenzahl et al. beschreibt UX mit drei Charakteristiken: Ganzheitlich, Subjektiv und Positiv [6]. Jetter et al. beschreibt dies mit einem vereinfachten Modell. Sie zeigen, dass zusätzlich zur Funktionalität und Usability die hedonische Qualität eines Produkts betrachtet werden muss [15].

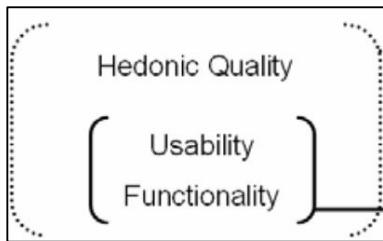


Abbildung 1 - A simplified model of user experience for practical application [6]

Stapelkamp sieht in UX nicht nur Zufriedenheit, sondern geht darauf ein, dass durch die Betrachtung der hedonischen Ebene, Freude und Leidenschaft für das Produkt entstehen sollen [22].

Verwandte Arbeiten

Der nächste Abschnitt zeigt eine Zusammenfassung verschiedener Navigationskonzepte und deren unterschiedliche Rückmeldemöglichkeiten auf dem Fahrrad oder E-Bike. Der Fokus liegt dabei auf der Ideengenerierung und Umsetzung der Prototypen.

Taktile Navigation

Zargamy et al. realisierten eine Smartwatch mit OpenStreetMap Kartenmaterial [29]. Für Richtungswechsel und Wechsel von Verkehrsmittel setzen sie Vibrationspulse ein. Der einsekündige Vibrationspuls signalisiert Rechtsabbiegen, drei aufeinanderfolgende 200 ms Vibrationspulse das Linksabbiegen. Sonstige Benachrichtigungen werden mit zwei 600 ms Vibrationspuls pulse angezeigt.

Poppinga et al. entwickelten in einer weiteren Arbeit ein sogenannten Tacticycle (siehe Abbildung 2), einen taktilen Lenker, um Touristen in ihrer Orientierung bei Fahrradtouren zu unterstützen [19]. Das System navigiert den Fahrer durch taktile links- und rechts Signale am Lenker.

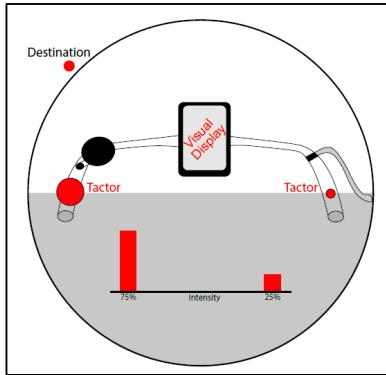


Abbildung 2 - Tacticycle – A tactile display for supporting tourists on a bicycle trip [19]

Einen ähnlichen Ansatz verfolgt das Startup Smrtgrips (siehe Abbildung 3), die mit taktilen Signalen durch integrierte Stangen im Lenker eine Navigation auf dem Fahrrad zur Verfügung stellen [7].



Abbildung 3 - smrtGrips, Eyesfree navigation [7]

In einer Studie von Steltenphol et al. wurde ein taktiler Gürtel, genannt Vibrobelt (siehe Abbildung 4), als Rückmeldung für die Navigation eingesetzt und mit einer visuellen Kartennavigation verglichen [23]. Die Studie zeigte, dass die Probanden zwar weniger vom Straßenverkehr abgelenkt waren, jedoch

mehr Signale falsch interpretierten als bei der Navigation mit der visuellen Karte.

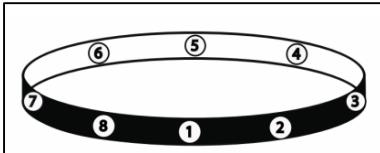


Abbildung 4 - Vibrobelt: tactile navigation support for cyclists [23]

Visuelle Navigation

Willroth untersuchte in einer Simulator Studie Navigationskonzepte, bei der durch LEDs Richtungsinformationen dargestellt werden (siehe Abbildung 5) [25].



Abbildung 5 - Alternatives Navigationskonzept für die Richtungsanweisung durch LEDs auf dem Fahrrad: Simulator Studie [23]

Auditive Navigation

Für auditive Navigation hat das Unternehmen Coros einen sogenannten Smart Cycling Helmet vorgestellt, der durch Sprachsteuerung den Fahrer navigiert [13].

Mit einem weiteren Konzept für die auditive Navigation, mit der „Weltweit erste[n]

Freisprecheinrichtung für Fahrrad oder E-Bike“ wirbt das Unternehmen CESACruise (siehe Abbildung 6) [9].

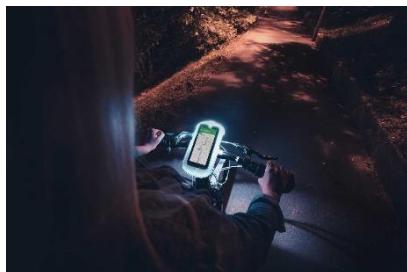


Abbildung 6 - „Weltweit erste Freisprecheinrichtung für Fahrrad oder E-Bike“ [9]

de Waard et al. haben in ihrer Studie einen Prototyp mit vier Rückmeldemöglichkeiten auf dem Fahrrad betrachtet [3]: (1) Eine Papierkarte, (2) eine bewegte Karte, die auf einem Smartphone auf Basis von Google Maps visualisiert wurde, (3) auditive Routenempfehlungen mit Kopfhörern und Lautsprechern und (4) ein eigenständiges System mit flashing lights. Die Studie zeigte, dass visuelle oder auditive Turn-by-Turn Hinweise für ein besseres Verständnis bei räumlicher Orientierung sorgt, als nur die Mapnavigation.

Die verwandten Arbeiten im Stand der Technik zeigten unterschiedliche Navigationskonzepte mit visueller, auditiver oder taktiler Rückmeldung. Diese Arbeiten und Erkenntnisse werden nun in der Analyse verwendet.

3. Analyse

Das Kapitel Analyse behandelt die Prototypingphase des User Centered Design Prozess (siehe *Stand der Technik*).

Für die Konzeptentwicklung ist die Fragestellung, die durch den Prototyp beantwortet werden soll, ausschlaggebend [17].

Ob sich ein Low- oder High-Fidelity-Prototyp eignet, kann von folgender

Fragestellung abgeleitet werden: Welche multimodale Kombination aus visueller, taktiler und auditiver Rückmeldung erfüllt die Bedürfnisse der Nutzer?

Linchuan et al. haben im Kontext des Ubiquitous Computing eine Studie durchgeführt, um zu evaluieren, wann ein Papier und wann ein interaktiver Prototyp für die Identifikation von Usability-Problemen geeignet ist [17]. Für einen interaktiven Prototyp wurde dabei die Wizard of Oz Methode eingesetzt [5]. Das Ergebnis zeigte, dass der interaktive Prototyp fast 50% mehr Usability-Probleme erkannte. Diese Studie spricht also für die Entwicklung des MSUI.

Die Fragestellung, die durch den Prototyp beantwortet werden soll, bezieht sich darüber hinaus nicht nur auf die Usability, sondern auch auf die UX der Nutzer. Wie in Kapitel *Stand der Technik* beschrieben, steht damit zusätzlich die Betrachtung der hedonischen Ebene der Nutzer im Fokus. Christoforakos et al. untersuchten deshalb wie „Erfolgreiches Prototyping im Ideenstatus der Produktentwicklung“ gewährleistet werden kann [2]. Für die „Valide Evaluation des gesamten Nutzungserlebnisses“ empfehlen sie einen funktionsfähigen interaktiven Prototyp.

Shneiderman empfiehlt in diesem Zusammenhang die Fragestellung in Makro- und Mikro HCI zu kategorisieren [21]. Soll die Fragestellung auf Basis etablierten Maßnahmen der menschlichen Erfahrung (Mikro HCI) beantwortet werden? Das könnte eine Simulator Studie wie bei der Studie von Willroth et al. bedeuten [25]. Oder sollen neue Möglichkeiten die darüber hinaus gehen (Makro HCI) untersucht werden?

Da die Bedürfnisse des Nutzers und damit das Nutzererlebnis bei der Beantwortung der Forschungsfrage im Vordergrund stehen, sollte das Nutzererlebnis möglichst nahe an der Realität sein. Christoforakos et al. zeigte, dass für eine valide Evaluation des gesamten Nutzererlebnisses eine hohe Erlebnisnähe entscheidend ist [2]. Da sich die

Forschungsfrage also in den Bereich des Makro HCI einordnen lässt, sollte der Prototyp für den realen Straßenverkehr geeignet sein.

Auf Basis dieser Ergebnisse können die Anforderungen für einen funktionsfähigen High-Fidelity-Prototypen aufgestellt werden.

Dazu müssen nach Richter et al. die Dimensionen des Prototyps identifiziert werden [20]. Die Dimensionen eines Prototyps sind nach Richter et al.: Funktionsumfang, Funktionstiefe, Darstellungstreue, Interaktivität, Datengehalt und die technische Reife.

Funktionsumfang

Der Prototyp soll visuelle, taktile und auditive Rückmeldung für die Navigation bieten (siehe *Einleitung*). Im nächsten Abschnitt wird deshalb untersucht, in welcher Form die visuelle, taktile und auditive Rückmeldung umgesetzt werden soll.

Da die zusätzliche Aufnahme visueller Informationen während der Fahrt, unweigerlich zur Ablenkung der eigentlichen Fahrzeugführungsaufgabe führen, wird dadurch die Sicherheit des Fahrers und die der beteiligten Verkehrsteilnehmer beeinflusst [28]. Deshalb untersuchte Willroth in einer Studie wie die visuelle Belastung durch Navigation mit LEDs reduziert werden kann [25]. Darüber hinaus wird im Zuge dieser Arbeit (siehe *Einleitung*) nach einer Alternative zur Kartennavigation gesucht. In diesem Konzept könnten die visuellen Signale also durch Turn-by-Turn Signale dargestellt werden.

Für die auditiven Signale könnten die visuellen Turn-by-Turn Signale als akustische Sprachausgabe realisiert werden.

Die taktilen Signale könnten an den Kontaktpunkten des Fahrers mit dem E-Bike, also an den Pedalen, am Lenker oder am Sattel angebracht werden. Alternativ könnte ein Gürtel mit taktilen Signalen wie bei der Studie von Steltenphol et al. verwendet

werden [23]. Poppinga et al. empfehlen jedoch auf ein externes User Interface zu verzichten und stattdessen Richtungssignale über den richtungsweisenden Lenker zu integrieren [19]. Auch das Startup smrtGrips bestätigt dies [7]. Für diese Arbeit sollten die taktilen Signale demnach durch den Lenker ausgegeben werden.

Funktionstiefe

Bei der Funktionstiefe stellt sich die Frage, wie die drei Kommunikationskanäle (taktiler, auditiver, visueller Kommunikationskanal) für den Nutzer erlebbar gemacht werden können.

Für die visuellen Turn-by-Turn Signale könnte wie bei der Studie von de Waard et al. (siehe *Verwandte Arbeiten*) auf bestehende Navigationsbibliotheken (Google Maps [8] oder OpenStreetMap [10]) zurückgegriffen und auf Basis von Android oder IOS implementiert werden. Eine weitere Möglichkeit wäre die Schnittstelle des Navigationssystems des Bosch Nyon Bordcomputers zu verwenden [12].

Für die taktile Rückmeldung am Lenker kann auf die Studie von Poppinga et al. (siehe *Verwandte Arbeiten*) zurückgegriffen werden. Es müssen also zwei taktile Aktoren im Lenker befestigt und über ein Arduino angesteuert werden. Die Vibrationspulse könnten unabhängig von den visuellen Turn-by-Turn Signalen mit der Wizard of Oz Methode ausgegeben werden. Da der Prototyp sich jedoch für UX-Tests im Straßenverkehr eignen soll, müsste der „Wizard“ die Signale während der Fahrt per Bluetooth oder Kabelverbindung betätigen. Das würde bei einer multimodalen Kombination (zum Beispiel visuelle Turn-by-Turn Signale in Kombination mit taktilen Signalen am Lenker) schwierig werden. Der „Wizard“ müsste zeitgleich zu den automatisch generierten visuellen Signalen die taktilen Signale betätigen. Das würde sehr wahrscheinlich die Erlebnisnähe einschränken. Deshalb sollte wie in der Studie von Poppinga et al. eine Bluetoothverbindung zwischen der

beschriebenen Navigationsapplikation und den taktilen Aktoren implementiert werden, um die Signale zeitgleich und einheitlich auszugeben.

Die auditive Sprachausgabe könnte über ein Headset mit der Wizard of Oz Methode realisiert werden. Jedoch läge das gleiche beschriebene Problem wie bei der visuellen Anzeige vor. Die Sprachausgabe könnte aber auch anders realisiert werden. Es könnte wie in der Studie von de Waard et al. über ein externes Navigationsgerät realisiert werden [3]. Noch eine Möglichkeit wäre, die auditive Sprachausgabe über die Bibliothek abzurufen, über die auch die visuelle Navigation realisiert wird. Damit wäre das Timing-Problem bei der Kombination der Rückmeldemöglichkeiten gelöst. Diese Möglichkeit sollte demnach in das Konzept aufgenommen werden.

Darstellungstreue

Eine Studie von Struckmeier zeigt, dass Nutzer bei visuell weniger ausgereiften Prototypen mehr dazu tendieren ihre subjektiven Empfindungen und Meinungen zu äußern, als bei einem komplett ausgereiften Prototyp [24]. Das E-Bike an sich kann also sehr prototypisch aussehen, um dem Nutzer zu vermitteln: Es handelt sich hier um einen Prototyp, alle subjektiven Empfindungen dürfen und sollen geäußert werden. Die visuellen, taktilen und auditiven Signale hingegen sollten soweit ausgereift sein, dass es wirklich erlebbar für den Nutzer wird (siehe *Funktionsumfang*).

Die visuellen Turn-by-Turn Signale könnten über ein Android- oder IOS-fähiges Gerät visualisiert werden oder über den Bordcomputer Nyon von Bosch E-Bike Systems. Nyon fällt mit einer Auflösung von (480 x 270 Pixel) jedoch sehr groß aus. Durch die Reduzierung der visuellen Informationen und auch aufgrund der Handlichkeit würde sich ein möglichst kleines Display eignen. Das Display des Nyon-Bordcomputers könnte dafür abgeklebt werden, sodass nur noch auf einem sehr kleinen Bildschirmbereich die Turn-by-Turn

Signale visualisiert werden. Mit einer Androidlösung gäbe es für ein kleines Display hingegen zwei Möglichkeiten: Die Android Applikation könnte auf ein Raspberry Pi installiert werden und das AZDelivery OLED Display [11] mit 1,3 Zoll angeschlossen werden. Alternativ könnte ein möglichst kleines Smartphone verwendet werden. Die Suche nach einem geeigneten Smartphone ergab das Jelly von Unihertz [14]. Das Jelly ist mit 2GB RAM, Android 7, Bluetooth, QuadCore 1.1GHz und GPS deutlich leistungsfähiger als ein Raspberry Pi. Der Bildschirm ist mit 2,45 Zoll jedoch etwas größer. Trotzdem eignet sich das Smartphone aufgrund dessen Leistungsfähigkeit besser als eine Raspberry Pi Lösung, da wie in *Funktionstiefe* beschrieben, das Gerät mit den taktilen Akten verbunden wird und Sprachausgabe abbilden soll.

Die Turn-by-Turn Signale sollten so programmiert werden, dass diese im Verlauf der Tests ausgetauscht werden können. Das heißt die Piktogramme für die unterschiedlichen Verkehrssituationen sollten nachgeladen werden können. Dadurch könnten Tests iterativ durchgeführt werden und die visuelle Darstellung kann iterativ weiterentwickelt werden.

Für die auditive Sprachausgabe könnte die in *Verwandte Arbeiten* vorgestellte Freisprecheinrichtung von CESACruise [9] verwendet werden oder der von Coros entwickelte Smart Cycling Helmet [13]. Der Smart Helmet wäre für einen Prototyp jedoch zu aufwändig, da dieser in verschiedenen Größen vorhanden sein müsste. Die CESACruise Freisprecheinrichtung ist leider nicht für ein 2,45 Zoll Smartphone geeignet (Minimum: 3 Zoll). Die auditive Sprachsignale müssten also wie in der Studie von de Waard et al. über Lautsprecher oder Headset ausgegeben werden.

Interaktivität

Wie in *Funktionstiefe* beschrieben muss die Navigationsfunktionalität inklusive der drei Rückmeldemöglichkeiten implementiert

sein, sodass der Nutzer in den geplanten UX-Tests auf die verschiedenen Signale reagieren kann. Darüber hinaus muss der Nutzer nicht mit dem System interagieren. Es sollte für den Versuchsleiter noch eine Option implementiert werden, dass dieser die Navigationsroute und die Kombinationen der Rückmeldemöglichkeiten einstellen kann.

Datengehalt

Wie in *Funktionstiefe* beschrieben werden wie in der Studie von de Waard et al. (siehe *Verwandte Arbeiten*) echte Daten auf Basis der gewählten Navigationsbibliothek verwendet, um eine möglichst hohe Erlebnisnähe zu schaffen.

Technische Reife

Da der Prototyp für eine Ideenevaluation verwendet werden soll, ist es an der Stelle des Projekts noch nicht entscheidend welche Zielplattformen verwendet werden. Es muss also eine möglichst praktikable Lösung gefunden werden, da gemäß dem UCD Prozess nicht zwingend ein Produkt folgen muss [27].

4. MSUI für die Navigation mit dem E-Bike

Das Resultat der Analyse ist ein Prototypkonzept für die multimodale Navigation mit dem E-Bike (siehe Abbildung 7).

Die visuellen Turn-by-Turn Anweisungen zeigt das Unihertz Jelly Smartphone am E-Bike Lenker an.

Die Lautsprecher oder Kopfhörer geben die auditiven Sprachbefehle aus und empfangen diese von dem Unihertz Jelly Smartphone über ein 3,5 mm Klinke Kabel.

Am Lenker sind rechts und links taktile Aktoren angebracht und per Bluetooth mit dem Unihertz Jelly Smartphone verbunden.

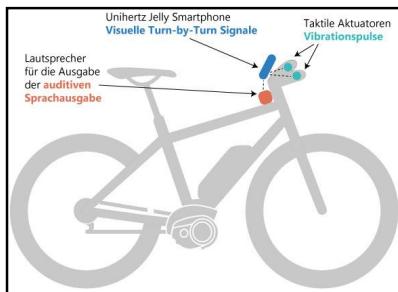


Abbildung 7 - MSUI für die Navigation mit dem E-Bike

In Abbildung 8 ist eine detaillierte Systemmodellierung nach dem Fundamental Modeling Concept von Knöpfel dargestellt [16].

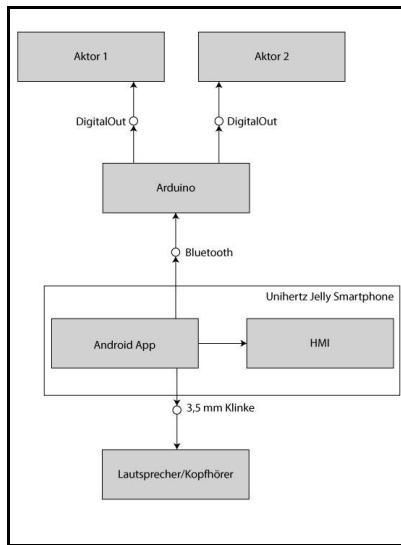


Abbildung 8 - Systemmodellierung des MSUI mit dem Fundamental Modeling Concept [16]

Es wird deutlich, dass die Android Applikation die verschiedenen Rückmelde signale versendet. Die visuellen Signale werden an das Human Machine Interface (HMI) des Unihertz Jelly Smartphones gesendet. Die auditiven Signale

werden von dem Lautsprecher beziehungsweise den Kopfhörern über einen 3,5mm Klinke Anschluss empfangen. Die taktilen Signale sendet die Android Applikation über ein Arduino an die beiden Akten.

5. Schlussfolgerung

Das entwickelte MSUI Konzept besteht aus visuellen Turn-by-Turn Anweisungen, taktilen Vibrationssignalen am Lenker und einer auditiven Sprachausgabe. Der Prototyp eignet sich für UX-Tests in realer Umgebung und damit im Straßenverkehr. Die erlebnisnahe Gestaltung des Prototyps ermöglicht nun Makro-HCI Untersuchungen. Das Konzept eignet sich speziell für die Analyse der Fragestellung: Welche Kombination der drei Rückmeldemöglichkeiten erfüllen die Bedürfnisse der Nutzer am besten?

Darüber hinaus könnte eine Weiterentwicklung des Prototyps folgende Micro-HCI Fragestellungen im Rahmen einer Simulator Studie erforschen: Wie stark müssen die taktilen Signale sein? Welche Lautstärke und Detailgrad muss die Sprachausgabe für ein optimales Verständnis besitzen? Wie müssen die visuellen Informationen dargestellt werden?

Literaturverzeichnis

- [1] Burmester, Michael. "Usability und Design." Kompendium Medieninformatik. Springer, Berlin, Heidelberg, 2007. 245-302.
- [2] Christoforakos, Lara, and Sarah Diefenbach. "Erfolgreiches Prototyping im Ideenstadium der Produktentwicklung." Mensch und Computer 2017-Usability Professionals (2017).
- [3] de Waard, Dick, et al. "Visual map and instruction-based bicycle navigation: a comparison of effects on behaviour." Ergonomics 60.9 (2017): 1283-1296.
- [4] DIN, ENISO. "9241, Teil 11: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten." Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit. Beuth, Berlin (1998).
- [5] Green, Paul. "The Wizard of Oz: a tool for rapid development of user interfaces. Final report." (1985).
- [6] Hassenzahl, Marc, et al. "Der User Experience (UX) auf der Spur: Zum Einsatz von www. attrakdiff. de." Usability Professionals (2008): 78-82.
- [7] <http://smrtgrips.com/> (Aufgerufen am 05.03.2018)
- [8] <https://developers.google.com/maps/?hl=de> (Aufgerufen am 05.03.18)
- [9] <https://pedelec-elektro-fahrrad.de/zubehoer/cesacruise-weltweit-erste-freisprecheinrichtung-fuer-fahrrad-oder-E-Bike/114747/> (Aufgerufen am 05.03.2018)
- [10] https://wiki.openstreetmap.org/wiki/API_v0.6 (Aufgerufen am 05.03.18)
- [11] https://www.amazon.de/AZDelive-ry-TFT-Display-128x160-Pixeln-Display/dp/B078J78R45/ref=pd_sims_147_1?_encoding=UTF8&refRID=YZ379SGRX9A75DA857VX&th=1 (Aufgerufen am 06.03.2018)
- [12] <https://www.bosch-E-Bike.com/de/produkte/nyon/> (Aufgerufen am 05.03.18)
- [13] <https://www.coros.com/omni.php> (Aufgerufen am 05.03.2018)
- [14] <https://www.unihertz.com/jelly.html> (Aufgerufen am 06.03.2018)

- [15] Jetter, C., & Gerken, J. (2006). A simplified model of user experience for practical application. The 2nd COST294-MAUSE International Open Workshop "user Experience - towards a Unified View," 106–111.
- [16] Knöpfel, Andreas: FMC Quick Introduction, FMC Consortium, 2007, von: <http://www.fmcmoeling.org/download/quickintro/FMCQuickIntroduction.pdf> (Abgerufen am 07.03.2018)
- [17] Liu, Linchuan, and Peter Khooshabeh. "Paper or interactive?: a study of prototyping techniques for ubiquitous computing environments." CHI'03 extended abstracts on Human factors in computing systems. ACM, 2003.
- [18] Mayhew, Deborah J. "The Usability Engineering Lifecycle." (1999).
- [19] Poppinga, Benjamin, Martin Pirol, and Susanne Boll. "Tacticycle: a tactile display for supporting tourists on a bicycle trip." Proceedings of the 11th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services. ACM, 2009.
- [20] Richter, Michael, and Markus D. Flückiger. "Usability und UX." Usability und UX kompakt. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2016. 7-19.
- [21] Shneiderman, Ben. "Claiming success, charting the future: micro-HCI and macro-HCI." interactions 18.5 (2011): 10-11.
- [22] Stapelkamp, Torsten. Interaction- und Interfacedesign: Web-, Game-, Produkt- und Servicedesign Usability und Interface als Corporate Identity. Springer-Verlag, 2010.
- [23] Steltenpohl, Haska, and Anders Bouwer. "Vibrobelt: tactile navigation support for cyclists." Proceedings of the 2013 international conference on Intelligent user interfaces. ACM, 2013.
- [24] Struckmeier, Andrea. "Warum „gutes Aussehen nicht immer von Vorteil ist." Tagungsband UP11 (2011).
- [25] Ulla G. Willrodt. "Alternative Navigationskonzepte für das Fahrrad: Simulatorstudie." (2018).
- [26] Vilimek, Roman. Gestaltungsaspekte multimodaler Interaktion im Fahrzeug. Ein Beitrag aus ingenieurpsychologischer Perspektive. 2008.
- [27] Vredenburg, Karel, et al. "A survey of user-centered design practice." Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems. ACM, 2002.
- [28] Winner, Hermann, Stephan Hakuli, and Gabriele Wolf, eds. Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. Springer-Verlag, 2011.
- [29] Zargamy, Arash, et al. "Fußgängernavigation im urbanen Raum-Designvorschlag." Mensch & Computer. 2013.

Konzeption zur Detektion von sich öffnenden Fahrzeugtüren

Maic Schellig
Reutlingen University
Maic.Schellig@Student.Reutlingen-University.DE

Abstract

Über die letzten Jahre nehmen die Verkehrsunfälle zwischen Fahrzeugen und Fahrrädern und Motorrädern immer weiter zu. Die Ursache ist meistens eine unachtsam geöffnete Fahrzeugtür, mit der ein anfahrender Zweiradfahrer kollidiert. Diese Unfälle können verheerende Folgen für alle Beteiligten haben. Aus diesem Grund soll der technologische Fortschritt, welcher sich durch die gesamte Automobilbranche zieht, um eine zusätzliche Komponente erweitert werden. Hierbei handelt es sich um ein System für Zweiradfahrer, welches eine sich öffnende Fahrzeugtür frühzeitig erkennen soll, den Fahrer somit frühzeitig warnen kann und gegebenenfalls Strategien zur Unfallvermeidung einleiten kann. Dieses Konzept soll die Entwicklung des Systems vorgeben und grundlegend erläutern.

Schlüsselwörter

Fahrzeugtür, Detektion, Dooring, Bildverarbeitung, Segmentierung, optischer Fluss, Klassifizierung

CR-Kategorien

I.4.6 [Image Processing and Computer Vision]: Segmentation

I.2.10 [Artificial Intelligence]: Vision and Scene Understanding

1 Einleitung

Der anhaltende technologische Fortschritt der Automobilindustrie liefert immer wieder neue Fahrerassistenzsysteme, welche den Fahrer durch eine nähere Umgebungswahrnehmung unterstützen soll.

Diese Systeme werden hauptsächlich für Autos umgesetzt, wobei hierbei die Unterstützung der Zweiradfahrzeuge meist vernachlässigt wird. Doch genau diese Sparte an Verkehrsteilnehmer sollte stärker berücksichtigt werden, da eine höhere Unfallgefahr und zudem eine erhöhte Verletzungsgefahr herrscht.

1.1 Motivation

Die Gefahrenquelle für Verkehrsteilnehmer auf zwei Rädern wird schnell ersichtlich, wenn ein Blick auf diverse Statistiken über Unfälle zwischen Autos und Zweiradfahrern geworfen wird [1] [6]. Diese zeigen eine hohe Anzahl an Unfällen in den verschiedensten urbanen Gegenden. Zudem wird ersichtlich, dass die Unfallzahl, mit den zusätzlich ansteigenden Fahrzeugzahlen, in einer ansteigenden Phase ist. Diese Statistiken zeigen ebenfalls, dass ein solcher

Betreuer Hochschule: Prof. Dr.-Ing. Cristóbal Curio
Hochschule Reutlingen
Cristobal.Curio@Reutlingen-
University.de
M. Sc. Dennis Ludl
Hochschule Reutlingen
Dennis.Ludl@Reutlingen-
University.de

Informatics Inside 2018
Wissenschaftliche Vertiefungskonferenz
09. Mai 2018, Hochschule Reutlingen
Copyright 2018 Maic Schellig

Unfall meist schwere Folgen für die beteiligten Zweiradfahrer hat.

In dieser Arbeit werden ausschließlich Vorfälle betrachtet, bei denen ein Zweiradfahrer mit einer sich öffnenden Fahrzeugtür kollidiert. Hierbei ist häufig die Rede von dem Begriff des „Dooring“.



Abbildung 1: Möglicher Dooring-Vorfall [8]

Dieser Begriff beschreibt das unerwartete Öffnen einer Fahrzeugtür in den Fahrweg eines motorisierten, sowie eines nicht motorisierten Zweiradfahrers, wie in Abbildung 1 dargestellt ist [1].

Eine Statistik zeigt auf, dass alleine in Berlin 579 Fahrradunfälle im Jahr 2016 aufgezeichnet worden sind, welche alle durch einen Dooring-Fall zustande gekommen sind [6]. Hierbei soll jeder 13. Unfall zu schwerwiegenden Verletzungen geführt haben. Dies zeigt die enorme Gefahrenquelle, da auf nationaler bis hin zur globalen Ebene wesentlich mehr Vorfälle auftreten. Zudem ist die fehlende Knautschzone eines Zweirads der Hauptgrund für die schnell entstehenden schweren Verletzungen.

Eine weitere Statistik zeigt, dass innerhalb der Spanne von 2006 bis hin zu 2010 eine Unfallmenge von 433 aufgezeichneten Kollisionen zwischen Fahrradfahrern und Fahrzeugtüren in Melbourne aufgetreten sind [1]. Hierbei führten 26 % der oben aufgeführten Vorfälle dazu, dass der Zweiradfahrer zur weiteren Behandlung ins Krankenhaus eingeliefert werden musste.

1.2 Zielsetzung

Aufgrund dieser zahlreichen Kollisionen, welche meist schwerverletzte Personen zurücklassen, soll in dieser Arbeit ein Konzept erarbeitet werden, welches sich öffnende Fahrzeugtüren aus der Sicht eines sich von hinten nähерnden Verkehrsteilnehmers erkennen soll.



Abbildung 2: Mögliche Erkennung einer Fahrzeugtür (Konzept)

Das Ziel des Konzepts soll die mögliche Entwicklung eines Systems zur Detektion eben dieser Fahrzeugtüren sein. Hierbei soll beispielsweise, wie in Abbildung 2 zu sehen ist, eine Tür mit einer gewissen Reliabilität erkannt werden, um daraufhin mögliche Maßnahmen zur Unfallvermeidung am Fahrzeug einzuleiten.

Dafür werden in den folgenden Aspekten dieser Arbeit die bestehenden Möglichkeiten und Techniken für eine Reduktion und Vermeidung von Unfällen vorgestellt, analysiert und bewertet.

1.3 Aufbau dieser Arbeit

Diese Arbeit gliedert sich in fünf größere Teilabschnitte, welche die Konzipierung eines Systems zur Detektion von sich öffnenden Fahrzeugtüren vollständig abdecken soll.

Zu Beginn wird ein Einstieg für das Thema und die Motivation hinter dieser Thematik gegeben. Dies soll nahelegen, welche Ziele dieses Konzept verfolgt und welchen Mehrwert es für die diversen Verkehrsteilnehmer hat.

Anschließend wird im Bereich der gegenwärtigen Technologie erläutert, welche Ansätze dieses Thema ähnlich behandelt und mit welchen Technologien und Methoden die diversen Systeme arbeiten. Diese Systeme werden analysiert und bewertet, sodass klar wird, wieso diese Systeme nicht ausreichend sind, um das Szenario vollständig abzudecken.

Nachdem im Kapitel 2 der Stand der Technik, die bisherigen Vorgehensweisen und Begrifflichkeiten beschrieben werden, wird in den Anforderungen definiert, wie das System auszusehen hat. Darunter fallen die notwendigen Fähigkeiten, Robustheit sowie bekannte Probleme und deren möglichen Lösungen. Diese Anforderungen sind zwingend notwendig, um ein funktionierendes System zu entwickeln.

Mit den gegebenen Anforderungen als Grundlage des Systems soll im Hauptteil dieser Arbeit das Konzept für die Umsetzung des Systems erläutert werden. Dazu sollen verschiedene Herangehensweisen und technische Möglichkeiten aus der Sicht des Zweiradfahrers analysiert und bewertet werden. Darauf hin wird, basierend auf der besten Lösung, ein Vorgehen zur Entwicklung eines solchen Systems vorgeschlagen.

Dieses Vorgehen wird im Ausblick sowie im Fazit mit aufgegriffen, um einen möglichen Weg und weiteren Verlauf dieser Arbeit aufzuzeigen.

2 Stand der Technik

Das Dooring-Problem ist schon lange bekannt und wurde schon auf verschiedenen Wegen versucht zu lösen. Dazu gehören sowohl technische als auch nicht-technische Methoden zur Problembewältigung.

Die wohl am einfachsten umzusetzende Möglichkeit ist der sogenannte „Dutch Reach“ [3]. Hierbei handelt es sich um eine nicht-technische Variante, bei der der Fahrer eines Autos die Tür mit der fernen Hand öffnen soll. Hierbei entsteht durch die Körperrotation automatisch ein

Schulterblick, der den Fahrer automatisch dazu bewegt auf Fahrradfahrer zu achten.

Auf diese Vorgehensweise sollte sich in der Realität allerdings nicht verlassen werden. Einerseits wird solch eine Methode aus den verschiedensten Gründen, wie Hektik, Zeitdruck oder aus Unachtsamkeiten schnell vergessen. Hierbei stellt das menschliche Versagen wieder den Hauptgrund dar, weshalb solche Unfälle in diesem Ausmaß auftreten. Aus diesem Grund wird sich in dieser Arbeit hauptsächlich auf die technischen Möglichkeiten der Detektion bezogen.

Ein weiterer Ansatz befasst sich mit der Erweiterung der Intelligenz der Fahrzeugtür bzw. der Seitenspiegel. Hierbei soll das stehende Fahrzeug über ein System innerhalb der Tür bzw. in Kombination mit den an der Tür angebrachten Rückspiegel verfügen, welches eine Kollision mit anderen Verkehrsteilnehmer oder statischen Objekten verhindern soll. Hierfür gibt es diverse Ansätze, welche sich hauptsächlich in der technischen Umsetzung unterscheiden.

Das Hauptaugenmerk hierbei liegt auf der omnidiagonalen Kamera, welche sich auf/im Rückspiegel befindet. Diese erlaubt eine 360° Aufnahme, sodass sämtliche wichtigen Informationen innerhalb des Straßenverkehrs erfasst werden können [14].

Ein Ansatz innerhalb dieser Kategorie befasst sich hauptsächlich mit der Verwendung einer Stereokamera, welche die Tiefeninformationen dreidimensional darstellen und berechnen lässt [15]. Dies ermöglicht eine realistische Tiefenwahrnehmung und Distanzschatzung, da die Objekte mit bekannten Werten, wie der Länge des Autos, gegengerechnet werden können. Allerdings liefert die Lösung von Scharfenberger et al. eine sehr niedrige Auflösung, was die Reliabilität auf größere Distanzen schmälert. Zudem wurde dieses System hauptsächlich für die Abschätzung von Kollisionen auf nahe, statische Objekte evaluiert. Hierbei wurden beispielsweise Tests durchgeführt, um eine Kollision mit

einem stehenden Pfosten beim Einparken zu vermeiden. Auf eine potenzielle Verwendung innerhalb des Straßenverkehrs mit sich schnell nähern den Verkehrsteilnehmern wurde allerdings nicht eingegangen.

Ein zweiter Ansatz, welcher ebenfalls von Scharfenberger et al. ins Leben gerufen wurde, stellt die Verwendung von robusten Methoden der Bildverarbeitung dar.

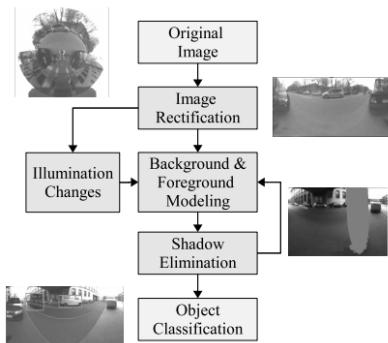


Abbildung 3: Diagramm zur Objekterkennung mit Hintergrundschätzungen, Schattenkompenstation und Berücksichtigung der Beleuchtungsänderungen [14]

Bei dieser Vorgehensweise wird das Bild der omnidirektionalen Kamera mittels Bildverarbeitungsmethoden klassifiziert, wie in Abbildung 3 zu sehen ist [14]. Dadurch können einzelne Komponenten der Szene unterschieden werden und somit potenzielle Gefahrenquellen analysiert und beobachtet werden. Diese Möglichkeit bietet die Differenzierung der gesamten Szene in ihre einzelnen bekannten Bausteine, sodass Fahrzeuge, sowie Fahrstreifen robust erkennbar sowie differenzierbar sind. Ein Problem, welches allerdings mit den omnidirektionalen Kameras einhergeht, ist die starke Verzerrung und die verschiedenen Perspektiven auf ein und dasselbe Objekt. Diese Kamera ermöglicht es ein einzelnes Fahrzeug beim Vorbeifahren in drei verschiedenen Perspektiven aufzunehmen.

Daraus ergibt sich, dass bei Fahrzeugen, welche mit rund 50 km/h fahren und mit einer Kamera mit 30 Bildern pro Sekunde ausgestattet sind, lediglich zwei bis drei Bilder zur Verfügung haben um eine Detektion durchzuführen. Dies erschwert die Robustheit des Systems ebenfalls.

Dieses System zielt ebenfalls nicht direkt auf die Detektion einer Fahrzeugtür ab, allerdings wäre das mit einem ähnlichen Vorgehen vermutlich umsetzbar. Allerdings besteht hier wieder das Problem, ähnlich wie beim „Dutch Reach“, dass sich der Zweiradfahrer auf ein anderes System verlassen muss als das seine. Aus diesem Grund kann diese Technologie zwar berücksichtigt werden in Bezug zur Konzeption eines neuen Systems, allerdings liefert dies keine Alternative.

Penta et al. stellen in ihrer Arbeit ebenfalls eine mögliche Herangehensweise für dieses Szenario vor, welche eine Integration in den Helm des Fahrers vorsieht [11]. Hierbei soll die Umgebung abhängig von der Helmposition mittels Infrarotsensoren analysiert werden. Hierbei dienen die Sensoren als Hinderniserkennung, bei der die Infrarotsignale von den Objekten der Umgebung reflektiert werden. Diese Reflexion wird von einem Transistor empfangen und verarbeitet, sodass die Position des Hindernisses ermittelt werden kann.

Dieser Ansatz ist von der Positionierung und der Ausgangssituation die wohl ähnlichste Variante für das Konzept dieser Arbeit, da das Hauptaugenmerk bei der Assistenz des Zweiradfahrers durch sein eigenes System gegeben sein soll, sodass sich diese nicht auf die Systeme anderer Verkehrsteilnehmer verlassen müssen.

Das Hauptproblem bei der Arbeit von Penta et al. stellt allerdings die Verwendung der Infrarotsensoren dar. Einerseits lassen diese nur eine realistische Schätzung gegenüber statischen Objekten zu, andererseits beträgt die maximale Distanz, aufgrund der Sensorik, etwa einen Meter [11].

3 Anforderungen an das System

Um das System erfolgreich entwickeln zu können sind einige Anforderungen notwendig, welche das Grundgerüst für das Konzept sowie die Umsetzung bilden sollen. Auf die einzelnen Anforderungen wird anschließend genauer eingegangen, wobei das Hauptziel selbstverständlich darin liegt, die Verkehrsteilnehmer, egal mit welchem Gefährt, zu schützen und die Unfallstatistiken im Bereich des Dooring zu senken.

Die Hauptanforderung dieses Konzeptes sieht es vor, dass das System das ankommende Fahrzeug unterstützt. Das heißt, dass ein ähnliches Vorgehen, wie Penta et al. verwendet werden soll. Hierbei soll der Fahrer über ein System im Fahrzeug verfügen, auf das er sich selbst verlassen kann, sodass er nicht von anderen Verkehrsteilnehmern abhängig ist.

Viele dieser Methoden sehen Systeme vor, welche dem stehenden Fahrzeug zugeordnet sind und über diverse Sensoren den ankommenden Verkehr beobachten und bei potenzieller Gefahr die Tür geschlossen halten [14] [15]. Die eingesetzten Technologien sind zwar abgewandelt verwendbar, allerdings nicht in diesem Kontext.

Eine weitere wichtige Anforderung stellt die zeitliche Komponente dar. Da dieses Szenario hauptsächlich in Städten aufzufinden ist, sollte bedacht werden, dass in den typischen innerstädtischen Geschwindigkeiten, eine ausreichend große Toleranz berücksichtigt werden muss.

Laut Berechnungen der Unfallforschung der Versicherer (UDV) müsste ein Radfahrer, welcher mit einer Geschwindigkeit von 20 km/h durch die Straßen fährt, mindestens elf Meter vorher bemerken, dass sich eine Fahrzeugtür öffnet, um noch rechtzeitig zum Stillstand zu kommen und eine Kollision zu vermeiden [16]. Eine Ausweichbewegung sei meistens aufgrund der Verkehrslage nicht

möglich und ist somit keine Option, welche in der Konzeption berücksichtigt werden kann.

Werden höhere Geschwindigkeiten, beispielsweise von Motorradfahrern, betrachtet, so ist ersichtlich, dass ein wesentlich längerer Bremsweg benötigt wird. Dies sorgt dafür, dass die Reaktionszeit des Systems so minimal wie möglich gehalten werden muss.

Um die Detektion auch diesen Geschwindigkeiten innerhalb der Stadt zu gewährleisten muss das Kamerasytem über eine entsprechende Genauigkeit verfügen und eine entsprechende Auflösung besitzen, sodass eine Erkennung für weit entfernte Fahrzeugtüren möglich ist [11]. Hierbei können kleinere Kameras sowie Infrarotsensoren schnell an ihre Grenzen stoßen.

4 Konzeption

In diesem Kapitel sollen die einzelnen möglichen Konzeptideen und Techniken vorgestellt werden. Diese werden verglichen und bewertet. Hierbei handelt es sich um eine Variante, welche die Detektion hauptsächlich mittels optischem Fluss und den unterschiedlich auftretenden Flussrichtungen an einem einzelnen Objekt betrachtet. Ein weiterer Ansatz behandelt die Detektion mittels Tiefeninformationen durch den Einsatz von Stereokameras. Die dritte Variante beschäftigt sich mit dem Ansatz der Klassifizierung und möglichen Mustererkennungen. Der letzte Ansatz, der in dieser Arbeit behandelt wird, ist die Segmentierung und den damit einhergehenden Lernmethoden.

4.1 Optischer Fluss

Der erste denkbare Ansatz befasst sich mit einer Umsetzung mittels optischem Fluss [9]. Der optische Fluss ist eine klassische Methode der Bildverarbeitung, um sich bewegende Objekte in einer Szene zu erfassen.

Eine der wenigen motorradspezifischen Systeme stellt das Rear Approach Warning

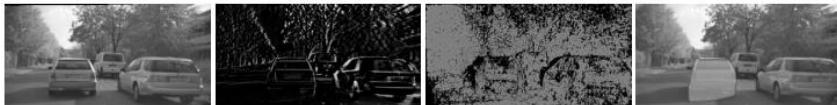


Abbildung 4: Verlauf zur Detektion von sich bewegenden Objekten. Von links nach rechts: Input-Bild, Differenz-Bild, Bewegungswahrscheinlichkeit, Segmentierungsergebnis [17]

System vom Honda Research Institute dar [7]. Das Kamera-basierte System wird am Heck des Motorrads befestigt und betrachtet den rückwärtigen Verkehr. Dieses System ist in der Lage näherkommende Fahrzeuge mittels optischem Fluss zu erkennen, da sich Hintergrund und Vordergrund unterschiedlich schnell bewegen.

Da die Fahrzeugtüren ebenfalls durch ihre Bewegung erkannt werden könnten, scheint diese Methode vielversprechend zu sein. Der Grundgedanke dieses Ansatzes befasst sich damit die Szene mit einem Kamerasytem zu erfassen. Dies wird in Abbildung 4 schnell ersichtlich. Hierbei sollen die Bewegungen innerhalb der Szene durch eine Differenz zwischen zwei oder mehreren Bildern ermittelt werden. Zudem werden erfasste Features auf die nächsten Frames abgebildet.

Für diese Methode wurde eine prototypische Anwendung entwickelt, welche dieses Szenario auf niedriger Ebene zu lösen versucht. Der in Abbildung 5 gezeigte Weg besteht aus der Kombination mehrerer Bildverarbeitungsmethoden.

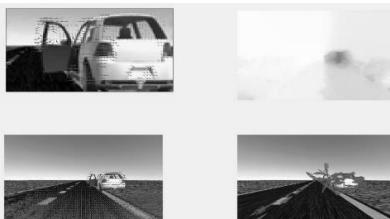


Abbildung 5: Prototypische Umsetzung mittels optischem Fluss. Von links-oben nach rechts-unten: Lokaler Fluss am Fahrzeug, Dense Flow, Grid-basierter Lucas-Kanade, Feature-basierter Lucas-Kanade

Zu Beginn sollen die Fahrzeuge detektiert werden, sodass die Berechnungen lediglich auf den interessanten Bereich des Bildes minimiert werden können.

Daraufhin wird dieser Ausschnitt gekapselt betrachtet, um die Eigenbewegung zu entfernen. Die Eigenbewegung ist ein großes Problem innerhalb dieses Szenarios, da es etliche Faktoren gibt, welche den Fluss beeinflussen können. Darunter fallen beispielsweise jegliche Vibrationen der Kamera, mögliche Autofokus-Methoden des Kamerasytems oder Reflektionen.

In Abbildung 5 ist dieser Interessenbereich, welcher sich lediglich auf das Fahrzeug bezieht, links oben dargestellt. Hierbei kann ein Großteil der Eigenbewegungen und anderen Verzerrungen entfernt werden, sodass hauptsächlich die Bewegung der Tür erfasst wird.

Die Tests innerhalb dieses Prototyps wurden mit einer Simulation erstellt. Diese Simulation beinhaltet lediglich eine gerade Straße, sowie ein stehendes Fahrzeug, ohne die Berücksichtigung jeglicher äußeren Einflüsse, wie schwankende Lichtverhältnisse oder ähnliches. Daraus wurden verschiedene Simulationsvideos gerendert, welche verschiedene Geschwindigkeiten und Distanzen der Fahrzeuge und der Fahrzeugtüren beinhaltet. Hierbei galten natürlich die perfekten Bedingungen ohne Verwacklungen oder Verzerrungen durch das Kamerasytem. Die Verwendung dieser Methode unter realen Bedingungen stellt sich wesentlich schwieriger dar. Ein merkbares Problem des Flusses ist einerseits die Verwendung einer mit Autofokus ausgestatteten Kamera. Dieser erzeugt automatisch einen nicht vorhandenen

Fluss. Andererseits spielt die perspektivische Verzerrung des Fahrzeugs beim Vorbeifahren eine wichtige Rolle. Diese Simulation soll zeigen, dass eine reine Verwendung des optischen Flusses keine ausreichenden Ergebnisse liefert, um eine robuste Detektion zu erhalten.

Zudem wird es mit dieser Methode zunehmend schwierig eine Fahrzeugtür zu erkennen, je langsamer sie geöffnet wird. Des Weiteren kann sämtliche Bewegung in der Nähe eines Fahrzeugs zu einer Fehlinterpretation, wie Fußgänger, bis hin zu sich im Wind bewegenden Bäumen, führen.

4.2 Detektion mittels Tiefeninformationen

Ein großes Problem, in Zusammenhang mit einer Lösung durch optischen Fluss, ist eine realistische Distanzschatzung. Dieses

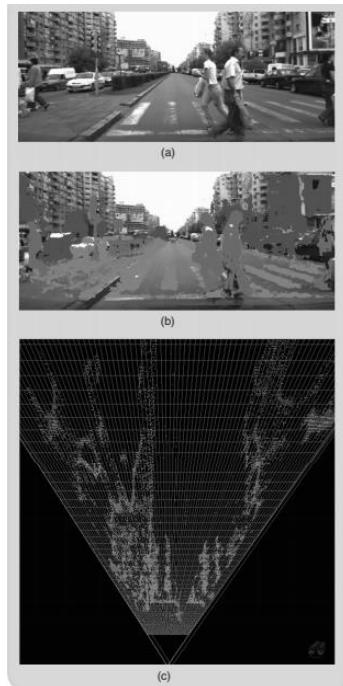


Abbildung 6: Stereoansicht der Szene [5]

Problem lässt sich durch die Verwendung von Stereokameras lösen.

Die Verwendung dieser Kameras ermöglicht es eine realistische Distanzschatzung für die aufgenommene Szene, wie die zum Beispiel in Abbildung 6 gezeigte Tiefentransformation, zu erhalten [5] [15]. Dies erlaubt eine realistische Berechnung der verbleibenden Zeit bis zur möglichen Kollision mit dem Hindernis.

Doch auch hier besteht das Problem, dass eine Menge an Methoden miteinander kombiniert werden müssen, sodass das eine Detektion von sich öffnenden Fahrzeugen ermöglicht wird.

Häufig ist im Bereich der Stereo-wahrnehmung, in Verbindung mit einer Hinderniserkennung/Kollisionsvermeidung, die Rede von einer 6D-Sicht [5]. Hierbei wird das gegebene Tiefenbild mit Methoden wie dem optischen Fluss, dem Kalman-Filter, um wichtige Punkte zu tracken oder ähnliches kombiniert, um somit ein besseres Ergebnis zu erhalten.

Dies hat allerdings den Nachteil, dass durch die vielen verwendeten Komponenten Performanceeinbußen sehr wahrscheinlich sind. Dies sorgt für eine unwahrscheinliche Verwendung in einer Echtzeitumgebung.

4.3 Klassifizierung

Der dritte Ansatz, der in dieser Arbeit berücksichtigt wird, behandelt die Klassifizierung. Klassifizierung spielt heutzutage auch im Automobilbereich eine große Rolle.

Anhand eines genau trainierten neuronalen Netzes, was einen großen Datensatz an Trainingsbildern benötigt, kann mittels Klassifizierung ein Muster angelernt werden. Häufig wird dies im Automobilbereich für die Erkennung von Schadensbildern oder ähnliches verwendet [10]. Doch neben den Schadensbildern können ebenso diverse Ansichten von Fahrzeugteilen sowie Fahrzeuge von verschiedener Fahrzeugherstellern differenziert werden [2].

Da das System zur Erkennung von sich öffnenden Fahrzeugtüren hauptsächlich die Rückansicht sowie die Seitenansicht eines Fahrzeugs behandeln muss, ist eine Klassifizierung durchaus denkbar. Hierbei ergibt es Sinn verschiedene Fahrzeuge von hinten, sowie von schräg-hinten und seitlich als Datensatz zu verwenden, da das Vorbeifahren an einem Fahrzeug für eine perspektivische Verzerrung der Fahrzeugansicht sorgt. Hierbei ist es denkbar verschiedene Muster für verschiedene Öffnungsgrade der Tür anzutrainieren, sodass eine grobe Differenzierung und Abschätzung möglich ist, wie weit eine Tür geöffnet ist und wie schnell sie sich öffnet.

Eine der größeren Herausforderungen dieser Methode wird das Generieren eines geeigneten Datensatzes sein. Dieser muss verschiedene Fahrzeuge, Fahrzeugtüren und verschiedene Perspektiven beinhalten, da das Training des neuronalen Netzes ausschlaggebend für die Genauigkeit des Systems ist [2].

4.4 Segmentierung

Der letzte Ansatz für dieses Szenario behandelt die Bildsegmentierung der Szene. Segmentierung wird heutzutage häufig verwendet um verschiedene Aspekte der Fahrzeuge zu detektieren.

Zhang et al. verwenden diese Methode beispielsweise um einen Türgriff einer Fahrzeugtür zu detektieren [19]. Hierbei wird das Bild zerlegt und nach markanten Punkten gesucht. Dabei dienen Kantendetektoren als Möglichkeit die Fenster eines Fahrzeugs zu finden. Dadurch kann der interessante Bereich des Bildes erarbeitet werden.

Die Segmentierung kann ebenfalls durch Klassifikation behandelt werden, wie das Beispiel von CityScapes in Abbildung 7 zeigt. Dieser Datensatz beinhaltet eine Menge an gelabelten Komponenten aus urbanen Szenen, welche dem angestrebten System von Vorteil sein kann [4]. Dieser Datensatz wird für die verschiedensten Systeme im Bereich des autonomen Fahrens

verwendet, was eine solide Grundlage für ein weiteres, darauf aufbauendes System bietet.



Abbildung 7: Abbildung 7: Beispiel aus dem CityScapes Datasets mit gelabelten Instanzen verschiedener Verkehrsteilnehmer [4]

Ähnlich wie die Erkennung der Fahrzeuge oder der Türgriffe kann natürlich auch die Tür selbst, mittels Kantendetektoren und weiteren Methoden durch Segmentierungen und Klassifizierung, detektiert werden. Das Problem hierbei stellt allerdings die perspektivische Verzerrung des Fahrzeugs sowie die rückwärtige Ansicht des Fahrzeugs und der Tür dar. Da die Tür nur sehr schmal und schwer erkennbar ist, kann es schwer sein eine einheitliche Segmentierung durchzuführen.

Um ein solides und robustes Ergebnis zu erlangen ist es sinnvoll ein „Convolutional Neural Network“ (CNN) anzulernen. Die CNNs erfüllen die Anforderungen für einen robusten Feature-Extraktor, welcher auf verschiedene Szenenarten verallgemeinert werden kann [13]. Ein von Rajpura et al. angesprochener Ansatz befasst sich mit der Verwendung von echten 3D CAD Modellen.

Dieses Vorgehen ist auch für die Detektion von Fahrzeugtüren denkbar, da ähnliche CAD-Daten, von verschiedenen Fahrzeugtüren oder ähnliche Daten aus 3D Simulationsumgebungen, eine vielversprechende Möglichkeit für einen einsetzbaren Datensatz bieten.

Da Daten aus der echten Welt viele zusätzliche Information, wie dynamische Lichtverhältnisse, Spiegelungen, Verdeckungen oder ähnliches, beinhalten, muss das angelernte Modell in der Lage sein eine Verallgemeinerung auf die echte Welt durchzuführen [13]. Für eine solche Trainingsphase werden mehrere tausend Bilder benötigt, die sich in verschiedene Kategorien, wie Ground-Truth, Positiv-Bilder, Negativ-Bilder oder Validierungsbilder, unterteilen [12].

5 Diskussion

Die verschiedenen Methoden liefern viele Möglichkeiten eine Fahrzeugtür zu erkennen, auch unter Berücksichtigung der gegebenen Anforderungen.

Unter richtiger Anwendung bieten alle Methoden hohe Erfolgsschancen, Genauigkeiten und Effizienzen [2] [5] [18]. Aufgrund der ungenauen Bestimmung durch den optischen Fluss und die großen Probleme durch perspektivische Verzerrungen und Eigenbewegungen ist diese Methode die wohl am wenigsten geeignete. Allerdings ist es durchaus denkbar diese Methode kombiniert mit einzubringen [15].

Durch die realistische Distanzschatzung der Tiefeninformationen von Stereokameras entsteht hier ein beachtlicher Vorteil, da eine zeitliche Abschätzung bis zur vermeidbaren Kollision getroffen werden kann [5]. Doch diese Informationen alleine reichen auch nicht aus um das Szenario der Fahrzeugtür zu erfüllen, da die Erkennung der Fahrzeugkomponenten nicht vorhanden ist. Auch hier ist eine Kombination durchaus denkbar.

Eine geeignete Lösung für das zu entwickelnde System kann durch eine

Kombination der Segmentierung und Klassifizierung erreicht werden [18]. Durch ein angelerntes CNN sowie die damit einhergehende Bestimmung der Region of Interest können Fahrzeugtüren genauer sowie schneller detektiert und betrachtet werden.

6 Fazit

In dieser Arbeit wurden diverse Möglichkeiten und Methoden zur Detektion von sich öffnenden Fahrzeugtüren betrachtet und bewertet. Dies soll ein Konzept zur Entwicklung eines Systems zur Bewältigung dieses Szenarios darbieten. Hierbei wurden verwandte Arbeiten und aktuelle Technologien betrachtet und auf dieses Problem abgebildet, sodass eine realistische Umsetzung auf echte Szenarien denkbar ist und darauf abgebildet werden kann.

Eine erfolgreiche Umsetzung erfordert allerdings passende Datensätze, leistungsfähige Systeme und eine stabile Hardware, sodass die typischen Probleme, die beim optischen Fluss erläutert wurden, eliminiert werden können.

7 Literaturverzeichnis

- [1] J. Bolitho. A multi-stage, multi-faceted approach to addressing ‘car dooring’ in inner Melbourne. A safe system: the road safety discussion. Australasian College of Road Safety Conference, 6-8 November, National Wine Centre, Adelaide. 2013
- [2] F. Chabot, M. Chaouch, J. Rabarisoa, C. Teuliére and T. Chateau. Deep Edge-color invariant features for 2D/3D car fine-grained classification. IEEE Intelligent Vehicles Symposium. IEEE 2017.
- [3] M. Charney. Dutch Reach Campaign. Webseite, 2017. Online verfügbar unter <https://www.dutchreach.org/about/>; Besucht am 08.03.2018.
- [4] M. Cordts, M. Omram, S. Ramos, T. Scharwächter, M. Enzweiler, R. Benenson, U. Franke, S. Roth and B.

- Schiele. The Cityscapes Dataset. TU Darmstadt. CVPR 2016.
- [5] R. Danescu, C. Pantilie, F. Oniga and S. Nedevschi. Particle Grid Tracking System Stereovision Based Obstacle Perception in Driving Environments. IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine. IEEE 2012.
- [6] J. Hasselmann. Wie Unfallforscher Radfahren sicherer machen wollen. Webseite. 2017. Online verfügbar unter <http://www.tagesspiegel.de/berlin/fahrradunfaelle-in-berlin-wie-unfallforscher-radfahren-sicherer-machen-wollen/20157680.html>; Besucht am 17.02.2018.
- [7] Honda Research Institute EU. Rear Approach Warning. Webseite. 2018. Online verfügbar unter <http://www.honda-ri.de/research/rear-approach-warning/>; Besucht am 09.04.2018.
- [8] W. Hunter, L. Thomas, R. Srinivasan and C. Martell. Evaluation of Shared Lane Marks. Highly Safety Research Center. University of North Carolina. 2010.
- [9] K. Makino, T. Shibata, S. Yachida, T. Ogawa and K. Takahashi. Moving-Object Detection Method for Moving Cameras by merging Background Subtraction and Optical Flow Methods. Signal and Information Processing. IEEE 2017.
- [10] K. Patil, M. Kulkarni, A. Sriraman and S. Karande. Deep Learning Based Car Damage Classification. IEEE International Conference on Machine Learning and Applications. IEEE 2017.
- [11] M. Penta, M. Jadhav and P. Girme. Bike rider's safety using helmet. International Journal of Electrical and Electronic Engineering & Telecommunications. 2015
- [12] Md A. Rahman and Y. Wang. Optimizing Intersection-Over-Union in Deep Neural Networks for Image Segmentation. Advances in Visual Computing: 12th International Symposium, ISVC 2016.
- [13] P. S. Rajpura, H. Bojinov and R. S. Hegde. Object Detection Using Deep CNNs Trained on Synthetic Images. Computer Vision and Pattern Recognition. Cornell University Library. 2017
- [14] C. Scharfenberger, S. Chakraborty and G. Färber. Robust Image Processing for an Omnidirectional Camera-based Smart Car Door. Embedded Systems for Real-Time Multimedia. 2009
- [15] C. Scharfenberger, S. Chakraborty, J. Zelek and D. Clausi. Motion Stereo-based Collision Avoidance for an Intelligent Smart Car Door. IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems Anchorage. 2012.
- [16] Spiegel Online. Radfahrer stirbt nach Kollision mit Autotür. Webseite. 2016. Online verfügbar unter <http://www.spiegel.de/auto/aktuuell/berlin-toedlicher-fahrrad-crash-so-koennen-dooring-unfaelle-verhindert-werden-a-1152269.html>; Besucht am 11.02.2018.
- [17] A. Wedel, A. Meißner, C. Rabe, U. Franke und D. Cremers. Detection and Segmentation of Independently Moving Objects from Dense Scene Flow. International Workshop on Energy Minimization Methods in Computer Vision and Pattern Recognition. 2009
- [18] W. Wieclawek and E. Pietka. Car Segmentation and Colour Recognition. Mixed Design of Integrated Circuits & Systems. IEEE 2014.
- [19] F. Zhang, M. Hao, M. Liu and J. Yang. Localize Car Door Handles with Image Segmentation and Saliency Detection. IEEE Instrumentation and Measurement Society. 2017

Konzept einer Motion-Capture basierten Simulationsumgebung zur Untersuchung von Interaktionen zwischen Passanten und autonomen Fahrzeugen*

David Leisten
Reutlingen University
[david.leisten@student.
reutlingen-university.de](mailto:david.leisten@student.reutlingen-university.de)

Abstract

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Software-Architektur entwickelt, mit der sich Interaktionen zwischen autonomen Fahrzeugen und Passanten im Straßenverkehr in einer simulierten Umgebung untersuchen lassen. Hierbei wird das autonome Fahrzeug durch einen externen Fahrsimulator gesteuert. Der Einsatz eines Motion-Capture-Systems ermöglicht dabei die Aufzeichnung und Übertragungen der Bewegungsdaten von Passant und Fahrer in die virtuelle Umgebung. Durch den Einsatz von Head-Mounted Displays sollen Akteure die virtuelle Umgebung möglichst als real empfinden. Auf Basis der entwickelten Software-Architektur wurde eine Simulationsumgebung realisiert, in der Interaktionen zwischen einem Passant und einem autonomem Fahrzeug untersucht werden können. Das Projekt soll das Potential von Motion-Capture

gestützten Simulationsumgebungen für die Konzeption und Entwicklung von autonomen Fahrsystemen aufzeigen.

Schlüsselwörter

Motion-Capture, Virtual Reality, Simulation, Interaktion

CR-Kategorien

I.6m [SIMULATION AND MODELING]: Miscellaneous; I.3.7 [COMPUTER GRAPHICS]: Three-Dimensional Graphics and Realism, Virtual reality

1 Einleitung

Die Entwicklung autonomer Fahrzeuge schreitet aktuell schnell voran. Jedoch ergeben sich für die erfolgreiche Integration autonomer Fahrzeuge in den Straßenverkehr eine Vielzahl von Herausforderungen. Die Verkehrssicherheit der Verkehrsteilnehmer sowohl in urbanen als auch ländlichen Umgebungen steht in einem engen Zusammenhang mit einer erfolgreichen Interaktion zwischen allen Straßenverkehrsteilnehmern. Diese Interaktionen können sehr verschieden ausfallen. So kann sich bspw. die Interaktion zwischen einem Autofahrer und einem Passanten auf einen einfachen Blickkontakt beschränken. Dieser Blickkontakt ist für die Einschätzung der aktuellen Situation beider Verkehrsteilnehmer essentiell [6]. Damit Anforderungen an autonome

*

Betreuer Hochschule: Prof. Dr. Cristobal Curio
Hochschule Reutlingen
[Cristobal.Curio@Reutlingen-
University.de](mailto:Cristobal.Curio@Reutlingen-University.de)

Betreuer Hochschule: Dennis Ludl, M.Sc.
Hochschule Reutlingen
[Dennis.Ludl@Reutlingen-
University.de](mailto:Dennis.Ludl@Reutlingen-University.de)

Informatics Inside 2018
Wissenschaftliche Vertiefungskonferenz
09. Mai 2018, Hochschule Reutlingen
Copyright 2018 David Leisten

Fahrzeuge im Bezug auf das Verhalten im Straßenverkehr besser formuliert werden können, ist es notwendig, die Interaktionen zwischen diversen Verkehrsteilnehmer in verschiedensten Situationen zu verstehen und die gewonnenen Erkenntnisse in geeigneter Weise auf das Verhalten von autonomen Fahrzeugen zu übertragen. Die mögliche Vielfalt an Situationen bringt dabei einige Problematiken mit sich. Zum einen ist es nicht wünschenswert, alle erdenklichen Interaktionssituationen regelbasiert in autonome Fahrzeuge zu übertragen, sondern ein geeignetes Interaktionskonzept zu finden; zum andern ist die Beobachtung und Auswertung vieler verschiedener Interaktionen in realen Umgebungen nach [5] limitiert und aufwändig.

Die in dieser Ausarbeitung vorgestellte Software-Architektur soll durch den Einsatz virtueller Simulationsumgebungen und präzisem Motion-Tracking dazu beitragen, die Bandbreite an Testumgebungen zu vergrößern, kosten für Testdurchführung zu verringern und das Repertoire auswertbarer Daten zu vergrößern.

Nach einem kurzen Überblick über den Stand der Technik (Abschnitt 2), wird in Abschnitt 3 die zentrale Software-Architektur vorgestellt, gefolgt von einer konkreten methodischen Umsetzung in Abschnitt 4, die derzeit im Rahmen des OFP-Projektes¹ (Open Fusion Plattform), durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert, eingesetzt und weiterentwickelt wird. Die Arbeit schließt mit einer Diskussion der umgesetzten Implementierung und zeigt künftige Erweiterungen der Software-Architektur auf.

2 Stand der Technik

Damit Interaktionen und mit ihnen verbundene Handlung im Straßenverkehr

beobachtet und analysiert werden können, werden aktuell vorwiegend reale Situationen im Straßenverkehr betrachtet. In einer Studie von Schneemann und Gohl [5] wurde das Interaktionsverhalten von 25 Autofahrern und Fußgängern an Zebrastreifen unter realen Verkehrsbedingungen beobachtet und analysiert. Dazu definierten sie eine Teststrecke auf der die Testfahrer und Passanten aufeinander trafen. Die Teilnehmer wurden anschließend mittels Fragebogen interviewt. Die Studie zeigte, dass das Fahrverhalten und Aufmerksamkeit eines Autofahrers, eng mit der Geschwindigkeit zusammen hängt, mit der er sich dem Zebrastreifen nähert. Darüber hinaus zeigten die Ergebnisse der Studie, dass die Fahrzeuggeschwindigkeit einen signifikanten Einfluss, auf die Entscheidung des Passanten die Straße zu überqueren, hat.

Eine weitere Studie, die das Verhalten von Verkehrsteilnehmern auf autonome Fahrzeuge zu untersuchen, wurde im Rahmen der Studie Ghost Driver von Rothenburg *et al* [4] der Universität Stanford durchgeführt. Dazu tarnten sie den Fahrer als Fahrersitz und ließen so das Fahrzeug als autonom erscheinen. Im Verlauf des Feldtests wurde eine Vielzahl von Interaktionen mittels einer Videokamera aufgezeichnet und diese anschließend ausgewertet. Zudem wurden die Passanten befragt, die auf das autonome Fahrzeug trafen. Diese berichteten, dass sie zwar keinen Fahrer im Fahrzeug sehen konnten, sie aber dennoch ohne Schwierigkeiten das Verhalten des Fahrzeugs einschätzen konnten. Ausgenommen, das Fahrzeug verhielt sich entgegen der Erwartungen des Passanten, z.B. durch Anfahren an Zebrastreifen, wenn der Passant im Begriff war, die Straße zu überqueren.

Resultierend aus den Ergebnissen wie sie Schneemann und Gohl liefern, gehen Langström und Lundgren [12] dazu über, konkrete Vorschläge für Interaktionsmechanismen zu entwickeln und diese ebenfalls in realen Umgebungen zu testen. Dazu

¹Open Fusion Plattform, HELLA GmbH&Co.KGaA. 2016 [http://www.ofp-projekt.de/ofp-project/de/index.html\[8\]](http://www.ofp-projekt.de/ofp-project/de/index.html[8])

montieren sie auf dem Dach ihres Testfahrzeugs eine LED-Leiste, die Passanten auf das aktuelle Vorhaben des Fahrzeugs in Form von visueller Interaktion aufmerksam machen. Für ihre Studie instruierten sie die Passanten über die Bedeutung der verschiedenen visuellen Feedbacks und ließen diese anschließend deren Verständlichkeit und Intuitivität in inszenierten Testsituationen evaluieren.

Der Einsatz von virtuellen Simulationsumgebungen, wie Hartmann *et al* [7] sie in ihrer Arbeit *Pedestrian in the Loop* vorschlagen, kann dazu genutzt werden, verschiedene Szenarien im Straßenverkehr zu simulieren.

3 Software-Architektur

Im folgenden Abschnitt werden die einzelnen Komponenten, die zur Gesamtheit des Konzeptes beitragen, vorgestellt.

3.1 Komponenten

Das entwickelte Konzept basiert auf den folgenden vier Komponenten.

1. Das Motion-Capturing-System der Firma VICON [14]
2. Die Head Mounted Displays (HMD) Oculus Rift und HTC Vive
3. Ein Fahrsimulator mit einem G29 Driving Force-Rennlenkrad der Firma Logitech [9]
4. Die Unity3D Spiel-Engine

Das optische Motion-Capturing System von VICON bietet ein präzises und robustes Motion-Tracking und kann, abhängig vom Aufbau ein für den Zweck dieser Software-Architektur ausreichend großes Tracking-Volumen abdecken. Darüber hinaus verfügt das VICON System über eine TCP/IP-Schnittstelle, über die die Trackingdaten an eine beliebige Anzahl Clients übertragen werden können.

Die HTC Vive wurde als HMD Komponente ausgewählt, da sich das für das Tracking

verwendete Lighthouse-System von Valve gut für weiträumige Tracking-Volumen eignet. Prinzipiell kann dieses System durch weitere Tracking-Basisstationen vergrößert werden. Somit ist gewährleistet, dass sich die getrackte Person im gesamten Tracking-Volumen bewegen kann. Der Einsatz der Oculus Rift ist im Rahmen der Software-Architektur nicht bindend und kann durchaus durch den Einsatz einer weiteren HTC-Vive umgesetzt werden. Allerdings ist der mögliche Tracking-Volumen der mit der Oculus Rift abgedeckt werden kann, deutlich kleiner als das der HTC-Vive.

Der Einsatz eines Fahrsimulators bietet die Möglichkeit, Informationen über Lenkwinkel oder Stellung der Gas- und Bremspedale direkt in die Simulation einzubringen. Darüber hinaus erlaubt das eingebaute Force-Feedback System ein situationsabhängiges Feedback an den Benutzer des Fahrsimulators. Die Unity3D Spiel-Engine wird als Komponente für die Konstruktion und die Ausführung der Virtuellen Realität eingesetzt. Zu den ausgeführten Komponenten existieren bereits frei zugängliche Modelle und Implementierungen die mittels des Unity Asset Stores in die Simulationsumgebung (in Unity3D *Szenen* genannt) integriert werden können.

3.2 Gesamtsystem

Das konzipierte System orientiert sich am Network Systems Concepts der Dokumentation der Unity3D Spiel-Engine [13]. Das Network Systems Concepts beinhaltet die grundlegenden Funktionalitäten und Konzepte, für die Erstellung netzwerkbasierter Anwendungen in Unity3D. Die Software-Architektur wurde gewählt, da sich in der Implementierung (Abschnitt 4) gezeigt hat, dass die Verwendung zweier HMDs am selben Rechner und in der selben Laufzeitumgebung nicht umsetzbar war. Abbildung 1 zeigt den Aufbau des Gesamtsystems und wurde mittels des Fundamental Modeling Concepts (FMC) modelliert. Hierbei bildet der Agent *Server* die zentrale Schnittstelle

zwischen den verbundenen Clients. Die Clients existieren wie auch der Server in eigenständigen Laufzeitumgebungen. Da diese in Unity3D als Szenen verstanden werden, wird im folgenden der Begriff Szenen verwendet. In der hier vorgestellten Software-

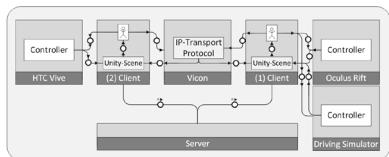


Abbildung 1: Darstellung des Gesamtsystem als Block Diagramm nach FMC [3]

Architektur werden zwei Typen von Clients unterschieden. Der (1) Client (siehe Abbildung 1) stellt den Fahrer dar. Der (2) Client den Passanten. Beide Clients kommunizieren über den Server mittels *Request-Response*-Kanäle. Der (1) Client interagiert mit der Szene mittels des Fahrsimulators. Die Informationen aus dem Fahrsimulator werden dabei mittels des Agenten *Controller* an die Szene in Unity3D übertragen und ermöglichen so die Steuerung des Fahrzeugs in der virtuellen Umgebung. Die Bewegungen der Person in der Rolle des Fahrers können mittels der Komponente Vicon durch den Agenten *IP-Transport Protocol* ebenfalls an die Szene in einen beliebigen Avatar übertragen werden. Die Person in der Rolle des Fahrers kann so nicht nur das Fahrzeug durch die Szenen steuern, sondern kann ebenso ihre eigenen Bewegungen in Gestalt eines Avatars wahrnehmen. Die Komponente der Oculus Rift überträgt auf Basis der Kopfbewegung des Fahrers das Kamerabild der virtuellen Realität zurück an den Fahrer. Der (2) Client kann sich in der Szene mittel der Komponente Vicon mit seinem Avatar frei bewegen.

3.3 Server-Client Kommunikation

Abbildung 2 zeigt den Aufbau der Server-Client Kommunikation. Zu Beginn stellt der

Server über den Agenten *Communication Service* mit den verfügbaren Clients über einen Request-Response Channel eine Verbindung zu den verfügbaren Clients her und erfragt deren Rolle (Passant oder Fahrer). Anschließend erstellt der Server mittels des Agenten *Scene Configuration* über einen Lesezugriff aus dem Speicher (Files) die Konfiguration der Szene. Damit die beiden Akteure (Passant und Fahrer) innerhalb der virtuellen Umgebung interagieren können, müssen Informationen über Position und Bewegung zwischen den einzelnen Akteuren übertragen werden. Den Inhalt der Szene defi-

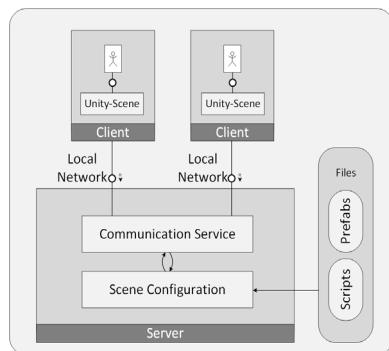


Abbildung 2: Server Client Kommunikation Block Diagramm nach FMC [3]

niert zudem die Rolle des verbundenen Clients. Über den Agenten *Communication Service* werden zur Laufzeit der Simulation alle relevanten Informationen zwischen den Clients ausgetauscht. Dazu gehört in erster Linie das Verhalten (Rotation, Position und Lenkwinkel) des Fahrzeugs in der virtuellen Umgebung, das vom Client in der Rolle des Fahrers gesteuert wird. Die Übertragung der Bewegungen der Avatare beider Clients durch Vicon muss nicht über den Server zwischen den Akteuren kommuniziert werden. Da die Komponenten Vicon eine eigenständige Server-Client Kommunikation zur Verfügung stellt (siehe Abschnitt 4.2) und einen Broadcast aller im Trackingvolumen aktiven Akteure durchführt, können sich beide Clients die Bewegungen aller Avatare direkt

über diesen Broadcast abgreifen. So kann die ausgetauschte Menge an Daten zwischen den Clients reduziert werden und eine aufwändige Interpolation der Bewegung beider Akteure in der Szene umgangen werden. Interpolation wird in der Spielindustrie vor allem im Online-Multiplayer Bereich eingesetzt. Da nicht alle Bewegungsaktionen, aller Spieler in einem Netzwerk übertragen werden können, ohne das dies die Spielqualität drastisch beeinflusst, werden bspw. Charakterbewegungen nur in bestimmten Zeitintervallen zwischen den Spielern ausgetauscht. An dieser Stelle kommt Interpolation zum Einsatz, um bspw. den Pfad einer Bewegungen eines Objektes, aus einer begrenzten Anzahl Positionsdaten zu rekonstruieren und die Bewegung mit möglichst geringer zeitlicher Verzögerung, flüssig erscheinen zu lassen.

3.4 Konzeption des Clients: Fahrer

Der Client *Fahrer* (abgebildet als menschlicher Akteur in Abbildung 3) besteht aus vier Hauptkomponenten.

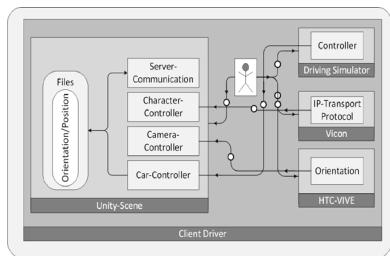


Abbildung 3: Konzept des Clients in der Rolle des Fahrers als Block Diagramm nach FMC

1. *Driving Simulator*: Die Komponente wird aktiv durch den menschlichen Akteur beeinflusst, indem dieser den Fahrsimulator bedient. Der Akteur *Controller* verarbeitet diese Eingaben und überträgt diese an den Agenten *Car-Controller* der Komponente *Unity-Scene*.

2. *Vicon*: Zur besseren Veranschaulichung überträgt der Akteur in dieser Komponente seine Körperbewegungen an das Motion-Capture-System. Streng genommen verfügt diese Komponente nur über die Eigenschaft, die durch das Motion-Capturing aufgezeichneten Bewegungsdaten des Fahrers aus dem Vicon System zu erhalten. Diese Bewegungsdaten werden an den Agenten *Character-Controller* der Komponente *Unity-Scene* übergeben.

3. *HTC-Vive*: Die Kopfbewegungen des Akteurs werden mittels des Lighthouse-Trackings der HTC-Vive berechnet und in Form lokaler Rotations- und Positionsdaten an den Agenten *Camera Controller* der Komponente *Unity Scene* übergeben.

4. *Unity-Scene*: Diese Komponente erhält wie bereits beschrieben die Eingaben aller anderen Komponenten und verarbeitet diese mittels ihrer eigenen Agenten. Sie ist somit dafür zuständig die Szene gemäß den vorhandenen Daten zu erstellen und zu aktualisieren. Der Agent *Car-Controller* berechnet aus den eingehenden Lenkbewegungen und Gas- bzw. Bremsintensitäten des *Driving Simulator* Eingaben für das in der virtuellen Realität vorhandene Fahrzeug. Dazu gehören Einschlagwinkel der Räder, Beschleunigungs- und Bremsverhalten. Der Agent *Car-Controller* überträgt anschließend die globalen Bewegungsdaten sowie den Einschlagwinkel per Schreibzugriff auf einen Speicher, aus dem wiederum der Agent *Server-Communication* lesend zugreifen kann. Je nach Anfrage seitens des Servers können so die Bewegungsdaten des Fahrzeugs an den Client (Passant) übertragen werden.

Zuständig für die Darstellung der virtuellen Umgebung ist der *Camera-Controller*. Dieser errechnet aus den

Kopfbewegungen des Akteurs das entsprechende Kamerabild. Dazu kann in Unity3D die nativ vorhandene Virtual Reality Funktionalität verwendet werden. Der *Character-Controller* erhält seinen Input vom Akteur *IP-Transport Protocol*. Das Vicon Systems baut eine Serververbindung auf, auf die sich Clients registrieren können. Das *IP-Transport Protocol* kann abhängig von der gewünschten Framezahl eine Anfrage an den Server senden und erhält die Bewegungsinformationen aus dem Livetracking des Akteurs in einem definierten Skelett Modell zurück. Damit diese Informationen korrekt in der virtuellen Umgebung dargestellt werden, muss das Charaktermodell in Unity, auf das die Bewegungsdaten übertragen werden sollen, die selbe Konfiguration besitzen wie das definierte Skelett-Modell.

3.5 Konzeption des Clients: Passant

Prinzipiell ist die Funktionsweise des Clients für den Passanten fast identisch zu dem des Fahrers. In Abbildung 4 ist dieser Unterschied in der Übertragung der Informationen des *Car-Controllers* sichtbar. Hier wer-

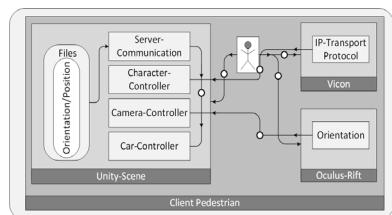


Abbildung 4: Aufbau des Client Pedestrian

den die Bewegungsdaten für das in der Szene vorhandene Fahrzeug aus dem Agenten *Server-Communication* bezogen. Wie bereits in Abschnitt 3.5 vorgestellt, werden die Fahrzeugbewegungen über die Server-Client Kommunikation ausgetauscht. Somit kann

der Client des Passanten auf Anfrage an den Server die aktuellen Eigenschaften des Fahrzeugs in der Szene aktualisieren. Die Bewegungsdaten für den Avatar werden direkt mittels des *IP-Transport Protocol* abgerufen und in der Szene aktualisiert.

4 Umsetzung

Im folgenden Abschnitt wird die Simulationsumgebung beschrieben, die im Rahmen dieses Projektes umgesetzt wurde. In der Umsetzung wurde aus Zeitgründen keine Server-Client Komponente umgesetzt, sowie die Komponente des Fahrsimulators durch die eines autonomen Fahrzeugs ersetzt. Zwar wurde die Funktionalität des Fahrsimulators, darunter Ansteuerung durch eine Person und Übertragung der Daten aus dem G29 Driving Force-Rennlenkrad realisiert, jedoch aufgrund der fehlenden Server-Client Komponente, nicht in das Projekt integriert. Somit ist die Simulationsumgebung derzeit auf einen menschlichen Akteur beschränkt. Abbildung 5 zeigt, welche Komponenten umgesetzt wurden.

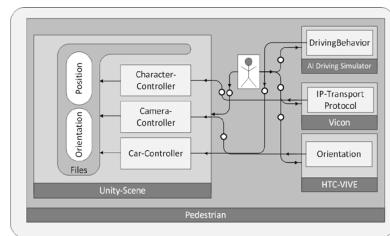


Abbildung 5: Umgesetzter Client Pedestrian

4.1 KI-Fahrzeugsteuerung

In der Umsetzung wurde eine KI gesteuerte Variante eines Fahrzeugs implementiert. Diese ersetzt in der aktuellen Umsetzung den Fahrsimulator. Das verwendete Fahrzeug wurde so konzipiert, dass es nur Eingaben für Lenkwinkel, Beschleunigungs- und Bremsintensität erwartet und damit sowohl durch eine KI-Steuerung als auch durch den Fahrsimulator steuerbar ist. Ab-

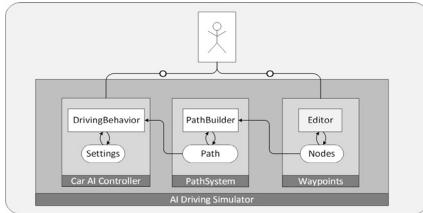


Abbildung 6: Aufbau des AI Car Controllers

Abbildung 6 zeigt die Funktionalität der KI-Fahrzeugsteuerung. Vor dem Start der Simulation muss festgelegt werden, welchem Pfad das autonome Fahrzeug folgen soll. Dazu müssen vorab Wegpunkte definiert werden. Diese sind in der Komponente *Waypoints* gespeichert. Das *PathSystem* verwendet diese Wegpunkte, um daraus mittels einer zusammenhängenden Pfad zu erstellen. Abbildung 7 veranschaulicht die Erstellung des Pfades. Hierzu kann die in Unity3D bereits vorhandene Klasse *Handles* mit der Funktion *Handles.DrawBezier* verwendet werden.

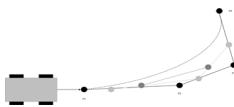


Abbildung 7: Pfadapproximation für ein glatteres Fahrverhalten

Im nächsten Schritt wird mit der Komponente *Car AI Controller* der konstruierte Pfad für das Fahrverhalten aufgegriffen. Die Komponente *DrivingBehavior* navigiert dabei entlang des Pfades und übergibt dazu Lenkwinkel und Beschleunigungs- bzw. Bremsverhalten entsprechend der Kurvenschärfe an das Fahrzeug. Wie die Abbildung 6 zeigt, können hierbei durch den Benutzer zusätzlichlich Parameter für das Verhalten des Fahrzeugs bestimmt werden. Anpassbare Eigenschaften sind hierbei: Kurvengeschwindigkeit, erlaubte Abweichung vom eigentlichen Pfad und der Schwellenwert für die Abbremsdistanz bei Erreichen des Ziels. Abbildung 8 zeigt das Pfadsystem in der Simu-



Abbildung 8: Umsetzung des Pfadsystems in der Simulationsumgebung

lationsumgebung sowie das autonome Fahrzeug, das dem vorgeschriebenen Pfad folgt.

4.2 Streaming: VICON zu Unity3D

Die Livedaten aus dem Motion-Capturing System werden seitens des VICON Systems an eine frei wählbare IP-Adresse über einen beliebigen Port gestreamt. Die Motion-Capture Daten werden hierzu in ein *.bvh* Format übersetzt, sodass nur Rotationen und Translation der Gelenke eines definierten Skelettes über das Streaming übertragen werden. Abbildung 9 zeigt die Konfiguration des definierten Skelettes. Diese Konfiguration muss jedem Modell zu Grunde liegen, damit es durch das Vicon System in einer virtuellen Umgebung gesteuert werden kann. Um die Skelettdaten in Unity3D zu

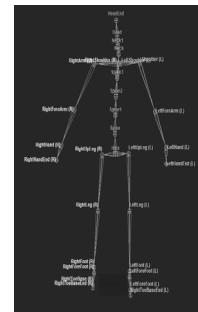


Abbildung 9: VICON Skelettdefinition

übertragen, kommt das Vicon Pegasus SDK zum Einsatz. Das SDK wird von VICON zur Verfügung gestellt. Die Komponenten Vi-

con in Abbildung 5 greift auf die Funktionen des SDKs zu. Die *Vicon* Komponente baut über das SDK eine Verbindung zum Server des *VICON* Systems auf und kann, abhängig von der gewünschten Updaterate, die aktuellen Motion-Capture Daten anfordern. Diese müssen anschließend in ein Skelett übertragen werden, welches der Konfiguration des *.bvh* Formates entspricht. Abbildung 10 zeigt



Abbildung 10: Übertragung der Motion-Capture Daten auf einen Avatar

die Visualisierung der Motion-Capture Daten in der Simulationsumgebung. Die Avatare sind hier frei wählbar, mit der Einschränkung, dass sie dem im *.bvh* Format definierten Skelett entsprechen.

5 Ausblick

Das vorgestellte Projekt bietet eine Vielzahl möglicher Erweiterungen. So sollte in erster Linie die Umsetzung der Server-Client Funktionalität erfolgen. Die Erweiterung erlaubt bspw. Wizard-of-Oz-Experimente. Diese verfolgen das Ziel, die Kommunikation zwischen Menschen und scheinbar autonomen Systemen zu untersuchen [1]. Mit dieser Methode können Studien wie die Ghost Driver Studie [4] auf virtuelle Umgebung übertragen und kontrollierter analysiert werden.

Des weiteren können die Daten sowohl aus dem Motion-Capturing als auch die Verfolgung der Blickrichtung von Passant und Fahrer ermittelt werden. Das Eye-Tracking ist mit einer Eye-Tracking Erweiterung [11], der in Abschnitt 3.1 vorgestellten HMDs möglich. Eye-Tracking ermöglicht die Blickposition der Benutzer in der virtuellen Umgebung zu berechnen. Diese Daten kön-



Abbildung 11: Eye-Tracking in VR

nen bspw. zur Messung der Aufmerksamkeit und Blickrichtung des Fahrers und des Passanten verwendet werden. Der Einsatz des Motion-Capturing-Systems und der damit gewonnenen Daten ermöglicht eine hohe Auswertungsgenauigkeit der Bewegungen aller Beteiligten. Mit Hilfe dieser Daten können Systeme entwickelt werden, die neben einfacher Objekterkennung auch gezielt Bewegungsabläufe zur Detektion und Verfolgung von Verkehrsteilnehmern einsetzen können.

Die Simulationsumgebung kann auch dazu verwendet werden, Bildmaterial zu generieren, mit dem autonome Fahr- und Assistenzsysteme trainiert und getestet werden können. Abbildung 12 demonstriert den



Abbildung 12: Objekt Detektion in virtuellen Umgebungen

Einsatz des aufgezeichneten Bildmaterials für das Training von Objektklassifikationsalgorithmen. Es können sowohl Passanten, Fahrzeuge und andere Objekte detektiert werden. Hierbei haben virtuelle Umgebungen den Vorteil, dass Szenarien beliebig modelliert und unter diversen Beleuchtungs- und Wetterbedingungen ausgeführt werden können.

Die vorgestellte Software-Architektur sowie die Umsetzung sollen in weiteren Arbeiten verwendet werden. Hierbei kann das Fahrzeug in der virtuellen Umgebung um weitere Komponenten erweitert werden. Der Schwerpunkt kann dabei auf visuelle Interaktionsmechanismen gelegt werden, wie sie bspw. von Mercedes-Benz im *Mercedes-Benz F 015* Prototypen [10] und Lanström et. al [12] entwickelt wurden. Diese Mechanismen können in Zukunft die Interaktion zwischen autonomen Fahrzeugen und Passanten erleichtern. Das Ziel dieser Interaktionskonzepte ist es, die Verkehrssicherheit für alle Verkehrsteilnehmer trotz der Beteiligung autonomer Fahrzeuge zu gewährleisten.

6 Diskussion

Die Performance moderner Computersysteme, leistungsfähiger Game Engines wie Unity3D und hoch präzise Motion-Capture-Systeme, machen Technologieentwicklungen und empirische Untersuchungen des autonomen Fahrens im urbanen Umfeld erst möglich.

Das vorgestellte Konzept sieht den Einsatz von HMDs wie bspw. die HTC-Vive vor, sodass die beteiligten Testpersonen die virtuelle Testumgebung so realistisch wie möglich wahrnehmen. In der Simulation wird die Kopfbewegung der Person in der virtuellen Umgebung mit dem Tracking der HTC-Vive realisiert und der Avatar mit dem Motion-Tracking bewegt. Problematisch ist hierbei vor allem die Synchronisation der Bewegungen einer Person zwischen dem Motion-Tracking und dem Light-House Tracking der HTC-Vive. Beide Systeme verwenden unterschiedliche Tracking-Verfahren und Einheiten, die sich nicht ohne weiteres verbinden oder ineinander umrechnen lassen. Im Test der Simulation zeigte sich, dass diese Differenzen mitunter dazu führen, dass sich der Körper des Avatars, bei einer Drehung um die eigene Achse, weiter rotiert als die Kopfposition und

dem daraus resultierenden Kamerabild der HTC-Vive. Diese Differenzen beeinflussen die Immersivität der virtuellen Umgebung.

Studien zu Immersion in virtuellen Umgebungen könnten dazu beitragen, die Testumgebung weiter zu verbessern. Der Einsatz der HMDs bringt in virtuellen Umgebung meist die Problematik der Motion-Sickness mit sich. Motion-Sickness kann auftreten, wenn der visuelle Input aus der virtuellen Umgebung nicht der eigenen Körperwahrnehmung entspricht [2]. In dem Zusammenhang fiel auch das Fehlen der Beschleunigungskräfte bei der Fahrt im Fahrsimulator in virtuellen Umgebungen auf.

7 Fazit

In dieser Arbeit wurde ein Konzept entwickelt, das für diverse Testszenarien die für Untersuchung der Interaktion zwischen Passanten und autonomen Fahrsystemen ermöglicht. Das in dieser Arbeit entwickelte Konzept verwendet das VICON Motion-Capture System für das Motion-Tracking eines Passanten und eines Fahrers, um Daten zur Untersuchung der Interaktionen zu liefern. Ferner soll ein Fahrsimulator eingesetzt werden, der die Steuerung eines autonomen virtuellen Fahrzeuges oder eines herkömmlichen Fahrzeuges ermöglicht. Die Steuerung autonomer Fahrzeuge kann so auf Basis von Wizard-Of-Oz-Experimenten dazu genutzt werden, diverse Verhaltensweisen von menschlichen Akteuren im Bezug auf autonome Fahrzeuge zu untersuchen.

Auf Basis des Konzepts wurde eine Simulationsumgebung realisiert, in der Interaktionen zwischen Passant und autonomem Fahrzeug untersucht werden können. Die Simulationsumgebung wird künftig in einer Masterarbeit sowie im OPF-Projekt [8] weiterentwickelt.

Literatur

- [1] U. C. Bass Leonard J., Gornostaev Juri. Human-computer interaction: Third international conference, ewhci '93, moscow, russia, august 3 - 7, 1993 ; selected papers. Lecture Notes in Computer Science, Berlin u.a., 1993. Springer. DOI:10.1007/3-540-57433-6.
- [2] Y. Chen, H. Peng, and J. W. Grizzle. Fast trajectory planning and robust trajectory tracking for pedestrian avoidance. volume 5, pages 9304–9317. DOI:10.1109/ACCESS.2017.2707322.
- [3] F. M. Consortium. Fmc - notation reference. URL:http://www.fmc-modeling.org/notation_reference Besucht am 13.02.2018".
- [4] Dirk Rothenbücher, Jamy Li, David Sirkin, Brian Mok, Wendy Ju. Ghost driver: A field study investigating the interaction between pedestrians and driverless vehicles: August 26 to august 31, 2016, teachers college, columbia university, new york, u.s.a. DOI:10.1109/ROMAN.2016.7745210.
- [5] I. G. Friederike Schneemann. Analyzing driver-pedestrian interaction at crosswalks: A contribution to autonomous driving in urban environments: 19-22 june 2016. DOI:10.1109/IVS.2016.7535361.
- [6] Gregor M. R. Johannsen. *AutoXpress*. Medien. Diplomica GmbH, Hamburg, 2002. ISBN: 978-3832472535.
- [7] M. Hartmann, M. Viehweger, W. Desmet, M. Stolz, and D. Watzenig. "pedestrian in the loop": An approach using virtual reality. In *ICAT 2017*, pages 1–8, Piscataway, NJ, October 2017. IEEE. DOI:10.1109/ICAT.2017.8171601.
- [8] HELLA GmbH & Co. KGaA. Open fusion platform: Offene fusionsplattform, 2016. URL: <http://www.ofp-projekt.de/ofp-project/de/index.html> Besucht am 14.02.2018.
- [9] Logitech. Logitech g29 driving force-lenkrad. URL: <https://www.logitechg.com/de-de/product/g29-driving-force> Besucht am 13.02.2018.
- [10] Mercedes-Benz International. Der mercedes-benz f 015 luxury in motion., 2015. URL: <https://tinyurl.com/ya7545wo> Besucht am 16.02.2018.
- [11] Pupil Labs GmbH. Pupil platform: We develop open source software and build accessible hardware for eye tracking, 2016. URL: <https://pupil-labs.com/> Besucht am 16.02.2018.
- [12] Tobias Lagström, Victor Malmsten Lundgren. *AVIP - Autonomous vehicles interaction with pedestrians: An investigation of pedestrian-driver communication and development of a vehicle external interface*. Master of science thesis in the master degree program industrial design engineering, CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Gothenborg, 2015.
- [13] Unity Technologies. Unity - manual: Network system concepts: Server and host, 2018. URL: <https://docs.unity3d.com/Manual/UNetConcepts.html> Besucht am 13.02.2018.
- [14] VICON. Motion capture for object tracking and robotics. URL: <https://www.vicon.com/motion-capture/engineering> Besucht am 13.02.2018.

Das Masterprojekt CaMed -Computer-assistierte Medizin

Raphael Eißler

Reutlingen University

Raphael_Dominic.Eissler@Student.Reutlingen-University.DE

Julian Hennige

Reutlingen University

Julian.Hennige@Student.Reutlingen-University.DE

Tim Wiedemer

Reutlingen University

Tim.Wiedemer@Student.Reutlingen-University.DE

Abstract

Das Projekt *CaMed* des Masterstudiengangs Human-Centered Computing bewegt sich im Umfeld der computerassistierten Medizin. Im Rahmen dessen entstehen unterschiedliche Projekte zur Unterstützung des klinischen Personals und der Prozesse vor, während und nach einer OP. In diesem Artikel werden die aktuellen Projekte MRT-Schnittebenen Wahl mittels Scanner Remote Control Projekt und die Einführung einer Krankenhausinfrastruktur vorgestellt.

Schlüsselwörter

Computerassistierte Medizin, Intelligenter OP, Perioperative Prozesse, Informationssysteme, Prozessunterstützung, Datenspeicherung, Krankenhausinfrastruktur

CR-Kategorien

• **Information systems ~ Process control systems** • **Human-centered computing ~ HCI theory, concepts and models** • **Information systems ~ Network attached storage**

• *Information systems ~ Expert systems* • *Information systems ~ Data analytics* • General and reference ~ Empirical studies

1 Einleitung

Das *CaMed*-Masterprojekt ist, neben dem VRLab, IOT und Neue Welt 9, eines der möglichen Wahloptionen für die Studierenden des Masterstudiengangs Human-Centered Computing. Es bietet den Studierenden die Möglichkeit sich über zwei Semester mit einem medizininformatischen Projekt zu beschäftigen, innovative Ideen zu entwickeln und Systeme umzusetzen, die eine Unterstützung des klinischen Personals und der Prozesse im Operationssaals bieten. *CaMed* verbindet damit aktuelle Informationstechnologien mit medizin-technischen Geräten und klinischen Abläufen im Kontext eines intelligenten OPs.

2 Projekte

Aktuell werden im Rahmen von *CaMed* zwei Projekte, die sich mit der MRT-Schnittebenen Wahl mittels Scanner Remote Control und der Einführung einer Krankenhausinfrastruktur beschäftigt.

2.1 MRT-Schnittebenen Wahl mittels Scanner Remote Control

Bei diesem Projekt soll ein MRT der Firma Siemens AG während einer bestimmten Operation vom Arzt gesteuert werden. Genauer gesagt soll der Arzt später die optimale Fluoroskopie-Schnittebene bei der MRT-gesteuerte Radiofrequenzablation mit Hilfe eines

Betreuer Hochschule: Prof. Dr.-Ing. Oliver Burgert
Hochschule Reutlingen
Oliver.Burgert@Reutlingen-University.DE

Informatics Inside 2018
Wissenschaftliche Vertiefungskonferenz
09. Mai 2018, Hochschule Reutlingen
Copyright 2018 Raphael Eißler, Julian Hennige, Tim Wiedemer

Scanner Remote Controls steuern können. Die Fluoroskopie ist die durchgängige Durchleuchtung des menschlichen Körpers mittels eines bildgebenden Verfahrens [1]. Radiofrequenzablation ist eine Ablationsmethode, um Tumore mit gezielter Hitze zu zerstören. Die Hitze wird an der Spitze einer Punktionsnadel durch elektrische Energie erzeugt [2].

Während einer Operation kann der Arzt die Führung der Punktionsnadel zum Tumor mit fluoroskopischen MRT-Sequenzen in nahezu Echtzeit überwachen. Generell ist es nötig Anpassungen der Bildebenen während der Nadeleinführung vorzunehmen, was bisher von einem Assistenten im Kontrollraum durchgeführt wird. Dafür ist die Kommunikation zwischen dem operierenden Arzt im Scanner-Raum und dem Assistenten im Kontrollraum essentiell. Allerdings wird die Kommunikation aufgrund der lauten Geräusche während des Scannens stark beeinträchtigt [3].

In einer Masterarbeit, die als Vorarbeit für dieses Projekt dient, wurden bereits verschiedene Controller evaluiert, welche die Steuerung des MRT vom operierenden Arzt ermöglichen könnten. Auf diesen Grundlagen soll aufgebaut und das Projekt fortgeführt werden. Ein präferierter Controller soll als Scanner Remote in einem kliniknahen Setting getestet werden. Mit dem Controller soll die Schnittführung direkt gesteuert werden können. Da die zeitaufwändige Entwicklung nicht am MRT direkt durchgeführt werden kann, soll mit einem SDK der Firma Siemens AG die Entwicklung soweit wie möglich unabhängig vom Uniklinik Tübingen (UKT) ablaufen – Standort des MRTs. Nach erfolgreicher Simulation, kann in Absprache mit einem Arzt vom UKT die fertige Entwicklung, samt Verarbeitungskette und Softwaresystem, auch in einer realen Umgebung getestet werden.

2.2 Einführung einer Krankenhausinfrastruktur

Eine Krankenhausinfrastruktur besteht aus verschiedenen einzelnen Systemen, wie z.B. einem Bildarchivierungssystem (PACS) Krankenhausinformationssystem (KIS), einem Kommunikationsserver (z.B.: Mirth) oder einem OP-Managementsystem und bildet das Herzstück einer jeden Klinik [4].

Im Rahmen dieses Projekts wird auf einem Server eine Krankenhaus-IT-Landschaft mit den oben genannten Systemen aufgebaut. Anschließend werden die einzelnen Systeme sowie die aus vorhergegangenen Projekten entstandenen Workflow-Engines über eine Middleware für einen erfolgreichen Datenaustausch miteinander verknüpft. Hierbei werden aktuelle Kommunikationsstandards, wie HL7, DICOM und auch FHIR verwendet. Zum Schluss soll eine lebensechte Simulation stattfinden, in der in regelmäßigen zeitlichen Abständen Patienten aufgenommen, behandelt, verlegt, operiert und entlassen werden.

3 Verweise

- [1] „Medizinische Strahlung.“ 12 Juli 2013. [Online]. Available: <http://www.medizinischestrahlung.de/verfahren-der-medizinischen-bildgebung/bildgebende-verfahren-mit-rontgenstrahlung/fluoroskopie/>. [Zugriff am 04 April 2018].
- [2] „Universitäts Klinikum Tübingen.“ [Online]. Available: https://www.medizin.uni-tuebingen.de/Presse_Aktuell/Einrichtungen+A+bis+Z/Kliniken/Radiologie/Diagnostische+und+Interventionelle+Radioologie/Leistungsspektrum/Minimalinvasive+Tumor_+und+Schmerztherapie.html. [Zugriff am 04 April 2018].
- [3] V. Zurawka, „Prototyp zur Steuerung der MR-Fluoroskopie auf Basis eines 3D-Controllers,“ Hochschule Reutlingen, Reutlingen, 2017.
- [4] P. Haas, Medizinische Informationssysteme und Elektronische Krankenakten, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005.

Masterprojekt: Neue Welt 9 - interaktive Vergangenheitsreise

Neue Welt 9
Reutlingen University
NeueWelt9@Reutlingen-University.DE

Abstract

In der virtuellen Welt des Masterprojekts „neue Welt 9“, können Spieler durch die Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft reisen und dabei Geschichten und Entwicklungen durch Interaktionen und Zeitsprünge erfahren. Dazu bedarf es als Vorbereitung ein strukturiertes Konzept, damit die Vergangenheit korrekt erlebbar gemacht werden kann.

Schlüsselwörter

3D-Modellierung, Interaktionen, virtuelle Welt, Vergangenheitsreise, neue Welt 9

CR-Kategorien

1.3.7 [Three Dimensional Graphics and Realism]: Virtual Reality

1 Einleitung

Im Masterstudiengang Human-Centered Computing (HUC) können Studenten eins aus vier Projekten wählen, in das sie sich über zwei Semester einbringen: VRLab (Virtual Reality Laboratory), CaMed (Computer Assisted Medicine), IoT (Internet of Things) und nW9 (neue Welt 9). Im Projekt nW9 geht es darum, die Geschichte

des ältesten Gebäudes des Campus – das Gebäude 9 – und das Bauwerk selbst auf spielerische Weise interaktiv zu erkunden. Architekturen, Stile und Abläufe verändern sich über die Zeit, jedoch bleiben die Erinnerungen der Zeitzeugen und Veröffentlichungen erhalten. Diese werden mit Hilfe der virtuellen Dokumentation für spätere Generationen nachgebildet. Dazu wird das Gebäude virtuell auf der Spieleengine Unity abgebildet. Die darin befindlichen 3D-Objekte werden mittels einer Modellierungssoftware erstellt. Hierfür wurde 3ds Max, Blender oder Maya genutzt. Anschließend werden die 3D-Objekte in die Spieleengine importiert und texturiert. Durch Skripte können Interaktionen hinzugefügt werden, so dass beispielsweise Filme abgespielt und Bilder angesehen werden können. Als Grundlage für das virtuelle Abbild dienen vorhandene Fotos, Videos und Interviews, sowie das Gebäude selbst in seinem jetzigen Zustand.

2 Konzeption

Um das Gebäude 9 nicht nur in seinem jetzigen Zustand darstellen, sondern auch die Geschichte und die damit eingehenden Veränderungen festhalten zu können, ist ein Konzept essentiell. Hierfür existieren interne Unterlagen, Interviews mit Zeitzeugen sowie Bilder und Filme, die auf Änderungen und Gegebenheiten des Gebäudes im Laufe der Zeit eingehen. Diese Quellen dienen jeder neuen Iteration von Studenten als Ausgangspunkt, um in das Projekt einzusteigen.

Die vorhandenen internen Informationen zum Kindergarten und der Bibliothek reichten nicht aus, um damit die Räume zu

Betreuer Hochschule: Prof. Dr. rer. nat. Gabriela Tullius
Hochschule Reutlingen
Gabriela.Tullius@Reutlingen-
University.de
Prof. Dipl.-Journ. Boris Terpinc
Hochschule Reutlingen
Boris.Terpinc@Reutlingen-
University.DE

Informatics Inside 2018
Wissenschaftliche Vertiefungskonferenz
09. Mai 2018, Hochschule Reutlingen
Copyright 2018 Neue Welt 9

realisieren. Darum waren weitere Recherchen notwendig. Als eine erste Anlaufstelle vor Ort diente die Hochschulbibliothek und deren Archiv. Dort gibt es viele Informationen, wie sich die Hochschule allgemein entwickelt hat. Dies beinhaltet auch Portraits zu Professoren und die Änderung des Bibliothekbestands. Jedoch konnten keine Details zum Aussehen der Räumlichkeiten gefunden werden. Durch die Suche im Stadtarchiv Reutlingen, konnten Referenzmaterialien von anderen Einrichtungen aus der Zeit genutzt werden, um einen allgemeinen Eindruck über den zu der Zeit vorhandenen Stil zu gewinnen. Dies konnte durch Internetrecherchen ergänzt werden.

Damit der Bezug zum Gebäude 9 nicht verloren geht, wurden Zeitzeugen eingeladen, die zu Zeiten der PH am Campus waren. Durch sie wurden neue Informationen zum Aussehen und der Aufteilung des Gebäudes erlangt. Die Vorortbegehung war auch für die Studenten hilfreich, um ein besseres Gefühl von der damaligen Zeit zu bekommen. Die Zeitzeugen konnten direkt auf Wände und Einrichtung zeigen und Auskunft darüber geben. Durch das Treffen wurde auch auf weitere Ansprechpartner verwiesen. So konnten viele neue Erkenntnisse über das Gebäude gewonnen werden, da die Ansprechpartner teilweise mit Informationen, wie auch zusätzlichen Auskunftsquellen dienen konnten. Dadurch konnten die Räume realisiert werden.

3 Aktueller Stand

In den vergangenen beiden Semestern wurde neben der Gegenwartsszene auch an der Einbindung der Vergangenheit gearbeitet. In der Gegenwart wurden die Objekte im Filmstudio in ihrem jetzigen Zustand detailgetreu modelliert, um sie in der virtuellen Welt abilden zu können. Im Filmstudio geben eingebundene Interaktionen dem Spieler die Möglichkeit, durch Filmmaterial in die Vergangenheit einzutauchen. So kann der Spieler im gesamten Gebäude charakteristische Objekte einsammeln, die in ein Inventar eingefügt

werden. Sobald ein entsprechendes Objekt aufgenommen wurde, erscheint im Filmstudio eine Filmrolle. Durch Interaktionen mit dieser, kann der Spieler auswählen, zu welchem Objekt er die damit verbundene Geschichte erfahren möchte. Anschließend wird ein Filmprojektor mittels Animationen aktiviert und ein im Bezug zum Objekt passender Film wird an einer Leinwand abgespielt.

In der Vergangenheit wurde die Hochschule in derjenigen Zeit abgebildet, in der sie als Pädagogische Hochschule (PH) fungierte. Hier wurden in der virtuellen Abbildung der Kindergarten und die Bibliothek eingebunden. Um konkret in die Vergangenheit zum Kindergarten und der Bibliothek zu reisen, wurde in Unity eine neue Szene eingefügt, die das Gebäude zur Zeiten der PH zeigt. Für den Spieler gibt es zwei Möglichkeiten aus der Gegenwart in die Vergangenheitsszene durch Interaktionen zu wechseln: Durch ein Kindergartenbild und durch die Verwandlung des Vorlesungssaals 9-040. Dort wird zunächst der Raum in die Vergangenheit gesetzt, so dass Bilder und Zeitungsartikel über einen Diaprojektor und einer Zeitung angesehen werden können. Des Weiteren wird ein PH-Bild sichtbar, welches für den Zeitsprung genutzt werden kann. Auch in den Büchern der Bibliothek und im Kindergarten sind alte Dokumente verborgen, die der Spieler durch Interaktionen entdecken kann. Daneben existieren wieder Objekte für den Szenen- bzw. Zeitwechsel.

4 Ausblick

In der Gegenwartsszene können über weitere einsammelbare Objekte noch mehr Filme und Interaktionsmöglichkeiten eingebunden werden. Derzeit ist die Vergangenheitsszene auf die Bibliothek und den Kindergarten eingegrenzt und kann von nachfolgenden Iterationen erweitert werden.

Masterprojekt Internet of Things

Steven Cybinski

Reutlingen University

Steven.Cybinski@Student.Reutlingen-University.DE

Annika Dausend

Reutlingen University

Annika.Dausend@Student.Reutlingen-University.DE

Michael Essich

Reutlingen University

Michael.Essich@Student.Reutlingen-University.DE

Tim Laine

Reutlingen University

Tim.Laine@Student.Reutlingen-University.DE

Nils Lüdeke

Reutlingen University

Nils.Luedeke@Student.Reutlingen-University.DE

Christian Pitters

Reutlingen University

Christian.Pitters@Student.Reutlingen-University.DE

Tobias Schultze

Reutlingen University

Tobias.Schultze@Student.Reutlingen-University.DE

Abstract

Dieses Paper stellt die aktuellen Projekte des Masterprojekts Internet of Things (IoT), das im Rahmen des Masterstudiengangs Human-Centered Computing an der Hochschule Reutlingen durchgeführt wird, vor. Das Projekt Tigo befasst sich hierbei mit dem Thema Gamification in der Medizintechnik am Beispiel des Thera Trainers.

Mit dem Projekt BLEEP soll ein EKG-Signal über Bluetooth Low Energy (BLE) übertragen werden. Bei den Projekten EARF und BLEC handelt es sich um eine Android App, die eine Verbindung mit mehreren BLE

Geräten herstellen und die von diesen Geräten gestreamten Daten speichern und mit dem Backend des Projektes HoGa synchronisieren kann. Das Projekt IPBAS soll eine Raumüberwachung mittels einer IP-Kamera realisieren. UNICOM beschäftigt sich mit der Entwicklung eines Moduls, welches die Anbindung eigens entwickelter Smart-Home-Dienste an eine bestehende IOT-Infrastruktur ermöglichen soll. HoGa stellt Schnittstellen für EARF, IPBAS und Unicom bereit und erlaubt das Speichern von Daten in einer Datenbank. Die zuletzt genannten Projekte sollen im Ambient Assisted Living Labor zum Einsatz kommen, um den medizinischen Zustand einer Person zu überwachen.

Betreuer Hochschule: Prof. Dr. Natividad Martinez Madrid
Hochschule Reutlingen
Natividad.Martinez@Reutlingen-University.de
Prof. Dr. Sven Steddin
Hochschule Reutlingen
Sven.Steddin@Reutlingen-University.de
Prof. Dr. Marcus Schöller
Hochschule Reutlingen
Marcus.Schöller@Reutlingen-University.de

Informatics Inside 2018
Wissenschaftliche Vertiefungskonferenz
09. Mai 2018, Hochschule Reutlingen
Copyright 2018 Steven Cybinski, Annika Dausend, Michael Essich, Tim Laine, Nils Lüdeke, Christian Pitters, Tobias Schultze

Schlüsselwörter

Masterprojekt, Internet of Things, Human Centered Computing, Home Gateway, Bluetooth Low Energy, EKG, Raumüberwachung, Gamification.

CR-Kategorien

Documentation, Design, Measurement, Experimentation

1 BLEEP

BLEEP steht für “Bluetooth Low Energy Electrocardiography Profile” und hat das Ziel der Übertragung eines EKG-Signals über Bluetooth Low Energy (BLE) an zum

Bsp. ein Smartphone. Die Implementierung erfolgt mithilfe des Zephyr Project, bei dem es sich um ein Open Source Real Time Operating System mit Unterstützung für eine Vielzahl verschiedener Mikrocontroller handelt. Durch Zephrys Hardware Abstraction Layer kann dieselbe Quellcode für unterschiedliche Mikrocontroller kompiliert werden kann. [1]

2 Android App

2.1 EARP

Im Rahmen des Projekts Entwicklungsprojekt **Android Framework** Plattform soll das Framework, bei dem es sich um eine Android App handelt und das im Rahmen der Bachelor Thesis von Nils Lüdeke entstanden ist, erweitert werden. Dabei soll es über eine Schnittstelle mit dem Home Gateway kommunizieren. Das Home Gateway dient zur Synchronisation der gespeicherten Daten des Frameworks. Dazu gehören bspw. gestreamten Daten eines EKG Signals oder andere Daten welche gelesen oder geschrieben werden. Neben der Synchronisation der Daten mit dem Home Gateway müssen diese auch temporär lokal auf dem Smartphone gespeichert werden.

2.2 AppBLEC

BLEC oder auch Bluetooth Low Energy Communication ist eine Teilkomponente der App. Die Aufgabe dieser Komponente ist es, multiple Verbindungen zu verschiedenen Sensoren aufzubauen und zu halten. Außerdem realisiert BLEC die Kommunikation mit den verschiedenen BLE Sensoren, dabei sollen auch Streams möglich sein, sowie eine parallele Datenübertragung in Richtung des BLE Centrals.

3 HoGa

Im Projekt **Home-Gateway** soll ein Cloud Backend als Schnittstelle für sämtliche Sensoren und Anwendungen im Ambient Assisted Living Lab (AAL) unter Verwendung von Serverless Computing entwickelt werden.

4 IPBas

Bei **Image processing based alarm system** handelt es sich um die Erstellung eines Raumüberwachungs-Systems, basierend auf Bildverarbeitung von IP-Kameras. Die Kommunikation mit dem System läuft über eine REST Schnittstelle, die von anderen Systemen verwendet werden kann.

5 Tigo Application

Ziel des Projekts ist es durch spielerische Motivation Personen zu regelmäßiger Training mit dem Thera-Trainer tigo zu bewegen. Dazu wird eine Android App entwickelt, die neben der Anzeige der Trainingsdaten auch das Spielen während des Trainings ermöglicht. Die App soll über ein geeignetes Datenprotokoll mit dem Bewegungstherapiesystem über Bluetooth kommunizieren können. Zusätzlich soll es eine öffentliche Schnittstelle geben, über die der Thera-Trainer mit beliebigen weiteren Spieleprogrammen auf Smartphones oder Tablets verbunden werden kann.

6 UniCom

Das Projekt **Unified communication for home intelligence** beschäftigt sich mit der Entwicklung einer Kommunikationsschnittstelle für eigens entwickelte IoT-Dienste mithilfe des ZigBee-Standards. UNICOM dient hierbei als Modul, welches zur Kommunikation mit bestehenden SmartHome-Diensten via ZigBee verwendet werden kann und die Nutzung dieser ermöglicht. Es umfasst ein konfigurierbares Modul, welches zur Entwicklung eigener SmartHome-Dienste verwendet werden kann und soll die Steuerung sowie den Informationsaustausch mit Assistenzsystemen wie Amazon Alexa ermöglichen.

7 Literaturverzeichnis

- [1] Zephyr Project. Zephyr Leverages HALs to Accelerate Viability. 2017. <https://www.zephyrproject.org/zephyr-leverages-hals-to-accelerate-viability>; Besucht am 01.03.17

Projektübersicht des VR Lab

Anja Müller
Reutlingen University
[Anja.Mueller@student.
Reutlingen-University.DE](mailto:Anja.Mueller@student.reutlingen-university.de)

Georgia König
Reutlingen University
[Georgia_Marie-Theres.Koenig@student.
Reutlingen-University.DE](mailto:Georgia_Marie-Theres.Koenig@student.reutlingen-university.de)

Abstract

Innerhalb des Masterprojekts VR Lab werden von Studierenden Projekte rund um die virtuelle oder erweiterte Realität durchgeführt. Das vorliegende Shortpaper dient als eine Übersicht der bereits beendeten oder aktuell bearbeiteten Projekte. Zu diesem Zweck werden vier studentische Projekte näher skizziert.

Schlüsselwörter

Virtual Reality, Augmented Reality, Head-up Display, Multi-Touch-Table, HoloLens

CR-Kategorien

- **Human-centered computing** → Virtual reality, Mixed / augmented reality, Collaborative interaction
- **Software and its engineering** → Interactive games

1 Einleitung

Innerhalb von virtual reality (VR) werden dreidimensionale Inhalte in einer fiktiven Umgebung platziert. Immer häufiger ist auch der Begriff augmented reality (AR) anzutreffen. Hier können bspw. dreidimensionale Inhalte, Videos oder Bilder durch verschiedene

Interaktionssysteme direkt in die reale Welt projiziert werden.

Die Entwicklung von verschiedenen, interaktionsbasierten Anwendungen für eine Reihe an Endgeräten und Systemen stehen bei diesem Masterprojekt im Mittelpunkt, wie die folgenden vier Projektbeschreibungen illustrieren sollen.

2 iVR HUD

Die Vision des Projektes iVR HUD ist die Entwicklung eines Frameworks für ein interaktives Head-up Display (HUD) mit Blicksteuerung. Video- und Computerspiele nutzen ein HUD als Anzeigebereich am Bildschirmrand um den Spieler kontinuierlich über seine Spieldaten zu informieren.

Das Konzept eines selbst entwickelten HUD wird auf die VR-Umgebung des VR Lab übertragen. Die jeweiligen Anzeigeelemente sollen dabei interaktiv werden. Dazu werden Eyetracking-Kameras genutzt, um festzustellen, ob die Augen des Anwenders auf bestimmte Elemente fokussiert sind. Mit verschiedenen, sogenannten Blinzeln-Befehlen können Interaktionen ausgeführt werden. Aus der geleisteten Arbeit soll ein Framework abgeleitet werden, um die Nutzung des iVR-HUD für zukünftige Projekte innerhalb des VR Labs zu erleichtern. Allgemein soll das Framework Entwicklern von VR-Anwendungen die Möglichkeit bieten, ein blickgesteuertes HUD möglichst leicht in ihre Anwendung zu integrieren. Blicksteuerung und Konfigurierbarkeit sind dabei Kern des Lieferumfangs.

Betreuer Hochschule: Prof. Dr. Cristóbal Curio
Cristobal.Curio@Reutlingen-University.de
Prof. Dr. Uwe Kloos
Uwe.Kloos@Reutlingen-University.de
Prof. Dr. Gabriela Tullius
Gabriela.Tullius@Reutlingen-University.de

Informatics Inside 2018
Wissenschaftliche Vertiefungskonferenz
09. Mai 2018, Hochschule Reutlingen
Copyright 2018 VRLab

3 orbis novem Projekt

Dieses Projekt basiert auf zwei anderen studentischen Arbeiten: Zum einen dem zuvor beschriebenen iVR-HUD-Projekt, sowie dem Projekt „Neue Welt 9“. Dabei handelt es sich um eine, über mehrere Jahre entwickelte, digitale 3D-Präsentation der Fakultät Informatik.

Das orbis novem Projekt plant nun eine Zusammenführung des iVR-HUD und der virtuellen Umgebung „Neue Welt 9“ als VR System. Zusätzlich soll die neu angeschaffte Hardware „Cyberith Virtualizer“ eingesetzt werden. Dabei handelt es sich um eine Lokomotionsplattform, bzw. ein omni-direktionales Laufband mit integrierten Sensoren zur Bewegungserkennung in VR-Anwendungen. Der Simulator ermöglicht somit volle Bewegungsfreiheit in virtuellen Umgebungen. [4]

4 TUI my child

Im Rahmen dieses Projektes wurde ein interaktives Spiel für Kinder erarbeitet, welches auf einem Multi-Touch-Table zur Verfügung gestellt wird. Der Multi-Touch-Table wurde in einem früheren Projekt des VR Labs umgesetzt und im Zuge des Projektes weiter verbessert. Durch ein Tangible User Interface ist es möglich, dass die Spielteilnehmer gleichzeitig Interaktionen durchführen können. Ziel des Spiels soll sein, die sozialen Kompetenzen und Teamfähigkeit bei Kindern früh zu stärken und diese zu fördern.

Bei dem Spiel können maximal vier Spieler teilnehmen. Dabei erhält jeder Teilnehmer als Spielfigur einen sogenannten Fiducial Marker. Fiducial Markers sind Objekte, die eindeutig von der Kamera als Referenzpunkte erkannt werden. Somit ist es möglich Aktionen durchzuführen.

5 HoloLens Projekt

Aktuell ist ein weiteres Projekt mit der Datenbrille HoloLens von Microsoft geplant [3]. Ziel soll sein, den Campus der Hochschule Reutlingen in Form von Low-Poly zu

modellieren und durch die Augmented-Reality-Brille darzustellen.

Bei Low-Poly-Art handelt es sich um eine Stilrichtung bei der Objekte durch eine relativ kleine Anzahl an Polygonen dargestellt werden. Dadurch ist lediglich eine niedrige Rechenleistung notwendig und trotzdem können Hologramme farbkräftig dargestellt werden[1]. Neben der holografischen Darstellung soll die Landschaft durch interaktive Features ergänzt werden. Auch soll es möglich sein, Zusatzinformationen zur Hochschule angezeigt zu bekommen.

6 Ausblick

Zukünftig wird die Relevanz von VR- und AR-Anwendungen sowie die Entwicklung neuer Interaktionskonzepte zunehmen [2]. Aus diesem Grund bietet das VR Lab den Studierenden weiterhin viele Möglichkeiten sich mit spannenden Projekten zu befassen. Auch die Anwendungsbereiche der Technologien können sehr vielfältig sein, wodurch eine breite Auswahl an Themen für das Masterprojekt bereitsteht.

7 Literaturverzeichnis

- [1] Autodesk. 2009. Low Poly Modeling. In *Learning Autodesk 3ds Max Design 2010: Essentials*. Elsevier, 260–295.
- [2] KPMG Wirtschaftsprüfungsgesellschaft. 2016. *Neue Dimensionen der Realität. Executive Summary zur Studie der Potenziale von Virtual und Augmented Reality in Unternehmen*. <https://home.kpmg.com/content/dam/kpmg/pdf/2016/04/virtual-reality-exec-summary-de.pdf>. Zuletzt besucht am 05.03.2018.
- [3] Microsoft. *Microsoft HoloLens*. <https://www.microsoft.com/de-de/hololens>. Zuletzt besucht am 05.03.2018.
- [4] Cyberith. *VR Locomotion - Cyberith Virtualizer VR Treadmill*. <https://www.cyberith.com/>. Zuletzt besucht am 07.03.2018.

Validierung eines low-cost Alkoholsensors

Larissa Bolz
Laura-Schradin-Schule

Katharina Böbel
Laura-Schradin-Schule

Adrian Fink
Laura-Schradin-Schule

Emilia Sautter
Laura-Schradin-Schule

Abstrakt

In dem Projekt überprüfen wir, ob der MQ3-Sensor als eine kostengünstige Alternative zu einem enzymatischen Alkoholtest für den Fermenterversuch in der 2. Jahrgangsstufe des Biotechnologischen Gymnasiums (BTG) geeignet ist. Dies geschieht durch die im folgenden Paper erklärte Validierung des Sensors. Um dies herauszufinden wurde der MQ3-Sensor sowohl in einem geschlossenen System als auch im Fermenter kalibriert und der Fermenterversuch mit dem Sensor durchgeführt. Ein enzymatischer Alkoholtest diente zur Überprüfung der Genauigkeit des Sensors. Die beiden Ergebnisse werden miteinander korreliert.

Schlüsselwörter

MQ3-Sensor, Fermenter, Kalibrierung, Ethanolkonzentration

1 Einleitung

Wenn zu einem bestimmten Zeitpunkt die Alkoholkonzentration einer Lösung bestimmt werden soll, wird im Normalfall der enzymatische Alkoholtest angewendet. Diese Methode hat jedoch viele Nachteile. Zum einen hat er einen hohen Preis von ca. sechs bis sieben Euro pro Test. Zum anderen kommt die begrenzte Anzahl an Tests von 30 Stück. Zusätzlich ist die Durchführung komplex und beinhaltet viele Risiken, ein verfälschtes Ergebnis zu erhalten. Unter anderem muss auf die hohe Alkoholsensibilität des Tests geachtet werden. Der MQ3-Sensor soll eine kostengünstigere Alternative zum enzymatischen Alkoholtest darstellen, bei dem die aufgezählten Nachteile vermieden werden.

2 Hintergrund

Der MQ3-Sensor besteht aus einer Röhre, auf der eine dünne Schicht aus Zinnoxid aufgebracht ist. Dabei handelt es sich um einen Halbleiter. An diese wird eine Spannung angelegt. Das Messprinzip basiert auf den Wechselwirkungen zwischen dem Ethanol und dem Zinnoxid. Je höher die gemessene Alkoholkonzentration ist, desto geringer ist der Widerstand der Zinnoxidschicht. Daraus folgt, dass mehr Strom fließt. Die Menge des fließenden Stroms ist mithilfe einer Messschaltung ermittelbar. Ein AD-Wandler gibt die Messspannung in einem digitalen Wert aus. Dieser wird wiederum in eine noch zu

Betreuer Hochschule: Prof. Dr. rer. biol. Hum. S. Steddin
Hochschule Reutlingen
sven.steddin@Reutlingen-
University.de

Betreuer Schule: Dr. rer. nat. A. Hirner
Dr. rer. nat. U. Pfefferle
Laura-Schradin-Schule

Informatics Inside 2018
Wissenschaftliche Vertiefungskonferenz
09. Mai 2018, Hochschule Reutlingen
Copyright 2018 Larissa Bolz, Katharina Böbel, Adrian Fink und Emilia Sautter

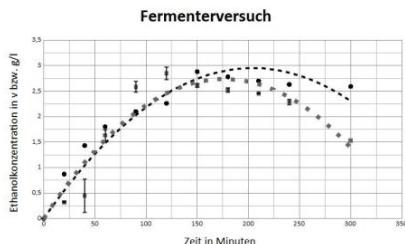
ermittelnde Formel eingesetzt, um die Ethanolkonzentration zu bestimmen.

3 Kalibrierung außerhalb des Systems mit bekannten Ethanolkonzentrationen

Um den linearen Messbereich des Sensors ermitteln zu können, wurde eine Kalibrierung in einem geschlossenen System durchgeführt. Dabei konnte festgestellt werden, dass der Sensor im Bereich von 2,3 % bis 23 % linear misst.

3.1 Fermenterversuch

Nach den gewonnenen Erkenntnissen aus der Kalibrierung stellt sich die Frage, ob der Sensor auch für die Ethanolbestimmung am Fermenter geeignet ist. Das Problem ist, dass es zwischen einem geschlossenen System und dem System des Fermenters Unterschiede gibt, die sich auf den Sensor in einer uns unbekannten Weise auswirken. Der Versuch besteht aus einer sechs stündigen Fermentation mit Hefezellen, die unter aeroben Bedingungen durchgeführt wird. Dabei wird der Ethanolgehalt sowohl mit einem enzymatischen Alkoholtest als auch mit dem MQ3-Sensor gemessen. Der enzymatische Alkoholtest stellt hier eine Kontrolle dar und wird für die Korrelation der beiden Kurven genutzt. Da die Kurvenverläufe sehr ähnlich waren, wurde die Eignung des MQ3-Sensors bestätigt.



**Abbildung 1 Schwarz =MQ3-Sensor
Grau Enzymatik
N=3**

Da der Sensor über das Abluftsystem an den Fermenter angeschlossen wird und so ein Luftstrom auf den Sensor trifft, sind die Messwerte im Vergleich zur Kalibrierung in einem geschlossenen System höher. Diese Abweichung zeigt sich konstant bei allen Messwerten.

3.2 Kalibrierung am Fermenter

Bei der Kalibrierung am Fermenter wird in regelmäßigen Abständen die gleiche bekannte Menge Ethanol zum Hefemedium hinzugegeben. Dieser Versuch wird mehrmals durchgeführt. Dabei sollten die Ergebnisse der Versuche bestenfalls übereinstimmen. Nach jeder Zugabe von Ethanol wird der Wert des Sensors gemessen und dokumentiert. Zusätzlich wird eine Probe aus dem Fermenter entnommen, um diese anschließend mit dem enzymatischen Alkoholtest analysieren zu können. Dieser dient später dem Vergleich mit den Werten des Sensors.

4 Ausblick

Durch die in der Einleitung schon genannten Vorteile gegenüber einem enzymatischen Alkoholtest könnte der MQ3-Sensor eine ernstzunehmende Alternative für die Schulprojekten sein. Zusätzlich kann der komplette Verlauf des Versuches durch eine Software automatisch aufgezeichnet werden. So können keine Fehler bei der Messung passieren. Zusätzlich hat der Sensor durch seinen Preis einen großen Vorteil. Allerdings ist bei dem Sensor auch einiges zu beachten. Er muss 24 Stunden vor der Nutzung vorgeheizt werden und der lineare Messbereich des Sensors muss beachtet werden, da er ab einer bestimmten Ethanolkonzentration übersättigt ist. Ein weiterer Nachteil ist, dass der MQ3-Sensor aus einer Massenproduktion kommt. Dadurch ist jeder Sensor individuell und muss vor der Nutzung kalibriert werden.

An approach for a sleep tracking system

Eva Rodríguez
HTWG, Konstanz
ev851rod@htwg.de

Maksym Gaiduk
HTWG, Konstanz
maksym.gaiduk@htwg-konstanz.de

Ralf Seepold
HTWG, Konstanz
ralf.seepold@htwg-konstanz.de

Abstract

The overall goal of this work is to detect and analyze a person's movement, breathing and heart rate during sleep in a common bed overnight without any additional physical contact. The measurement is performed with the help of sensors placed between the mattress and the frame.

Keywords

Sleep Stages, Respiration Rate, Sensor Bed, Sleep study, Tracking, Pressure sensors.

Introduction

All humans have the need of a healthy sleep. Having slept for an adequate time and with good quality tends to make people feel good and provide more energy performing their daily tasks. Typically, the sleep is analyzed in a sleep lab using Polysomnography (PSG). Here, the electrophysiological signals are captured and interpreted. However, this environment differs from the situation at home. For a person to be monitored over a longer time frame, the only possible solution is an installation at home and with low or even no service support required. An additional aspect is that it reduces the costs while maintaining a similar possibility to track the main relevant sleep parameters. [1] As an example, the monitoring body movement and breathing can support the detection of apnea. [2] The main project goal is to track and analyze the person's

movement, breathing and heart rate during sleep. A major difference of this system in comparison to other approaches is the innovative way to place the sensors under the mattress to ensure the comfort of sleepers.

1 Device and technology

In a first approach, a special frame has been used to isolate each sensor and to capture the pressure: base-plates which hold the mattress in the frame of the bed have been selected. This frame can be bought in a common shop.

1.1 Hardware components

In this project, force sensing resistor (FSR) have been selected because the contact surface is greater than in others pressure sensors. FSR is a Polymer Thick Film (PTF) device that exhibits a decrease in resistance with an increase of the force applied to the active surface. [3]



Figure 1: Bed with sensors on the frame

It is necessary to convert voltage into a digital value, this is done with a help of Analog to Digital Conversion supported by a microcontroller. Sensors are connected to the ATSAMD21J16 32-bit ARM controller. [4]

Betreuer Hochschule: Prof. Dr. Ralf Seepold
Hochschule Konstanz
ralf.seepold@htwg-konstanz.de

Informatics Inside 2018
Wissenschaftliche Vertiefungskonferenz
09. Mai 2018, Hochschule Reutlingen
Copyright 2018 Eva Rodríguez de Trujillo

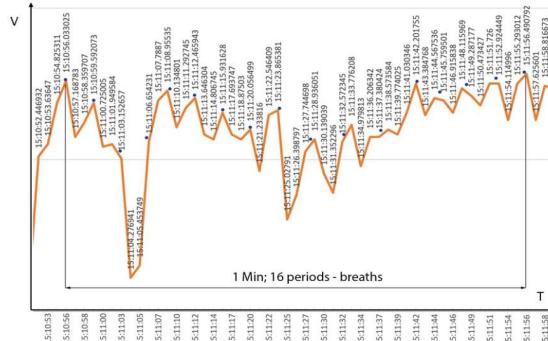


Figure 2: Measurements from one sensor

An Intel Edison board was used as an endpoint that served as a communication node from the mesh network to external service. It recorded the data and passed it into a visualization and analysis tool. Four rows of six FSR sensors have been placed on the pressure-disks. Two nodes and Intel Edison are attached to the bottom of the bed frame and they are connected to the sensors. The data collection is done on the endpoint node. Periodically, the endpoint queries for the new data. In the moment, the system is powered by an external battery.

1.2 Test environment

The mattress deflects the most during the sleep in scapular, gluteal and crural regions. This information was used to decide where should we fix the sensors.

2 Results

The system was mounted according to the description in Chapter 1. An initial measurement session has been performed with three test persons. Here, simulating sleep in different positions was investigated. As a reference device, a BioHarness device with a chest belt sensor, was used during the tests. In figure 2, we can recognize the periodical signal and the peaks of the breathings. For one minute there are 16 breathings detected, the same results were obtained from the BioHarness device. This is the normal range of respiration frequency for adults. [5]

3 Discussion and conclusions

According to the goal of this project, the respiration rate has been recognised with 1 Hz frequency, but not the heart rate, due to the fact that the heart rate needs a higher scan frequency. Next steps to improve the system are the integration of an algorithm to recognize the position of the sleepers and to study the needed frequency to measure the heart rate.

4 References

- [1] A. Muzet, "Dynamics of body movements in normal sleep", Sleep '86, pp. 232-234, 1988.
- [2] M.R. Zeidler, et al. "Predictors of Obstructive Sleep Apnea on Polysomnography after a Technically Inadequate or Normal Home Sleep Test", Journal of Clinical Sleep p. 1313, 2015.
- [3] Interlink El., "FSR406 Datasheet", [Online]. Available: www.trossenrobotics.com/productdocs/2010-10-26-datasheet-fsr406-layout2.pdf [Accessed 29/3/2018].
- [4] Microchip Tech. "32-bit ARM-Based Microcontrollers", [Online]. Available: ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/40001882A.pdf [Accessed 29/3/2018]
- [5] Un. of Rochester, "Health Encyclopedia," [Online]. Available: www.urmc.rochester.edu/encyclopedia [Accessed 28/3/2018].