Hochschule Reutlingen
Reutlingen University

INF

Studiengang
Human-Centered
Computing

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

Wissenschaftliche Vertiefungskonferenz
HuC - Design the Future

Informatik-Konferenz an der Hochschule Reutlingen

22. November 2017

ISBN 978-3-00-057955-4

9 783000 579554

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: wvk@reutlingen-university.de
Webseite: wvk.reutlingen-university.de

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

René Blänsdorf
Tobias Boley
Markus Danilow
Steffen Hähnle
Lucas Herrmann
David Leisten
Markus Rehmann
Maic Schellig
Maxim Stoljar
Jannis Uttenweiler

Hochschule Reutlingen
Reutlingen University

Copyright: Hochschule Reutlingen, Reutlingen 2017
Herstellung und Verlag: Hochschule Reutlingen
ISBN 978-3-00-057955-4

Vorwort

Herzlich willkommen zur Wissenschaftlichen Vertiefungskonferenz WVK'17! Die Konferenz wird von Studierenden des Masterprogramms „Human-Centered Computing" im Rahmen ihrer Forschungsarbeit organisiert und durchgeführt. Das Masterprogramm sieht vor, dass die Studierenden eine wissenschaftliche Vertiefung in einem Forschungsgebiet ihrer Wahl erarbeiten. Dies kann in einer Firma oder in einem Labor der Hochschule oder in ausländischen Partnerhochschulen stattfinden. Als Teil der Ausbildung müssen die Studierenden ihre wissenschaftliche Arbeit in Form eines Forschungsartikels veröffentlichen, präsentieren und mit dem Fachpublikum diskutieren. So entsteht ein doppelter Gewinn: Einerseits können die Studierenden die Fähigkeiten trainieren, ihre Arbeit verständlich zu zeigen und über den Inhalt zu diskutieren. Anderseits wird dem Publikum ein breites Spektrum der aktuellen Themen in der Informatik angeboten.

Die Konferenz wird dieses Jahr zum ersten Mal zusammen mit dem Master-Infoabend veranstaltet. Nach der Begrüßung findet ein Posterflash statt, in dem das Publikum einen schnellen Überblick über die Beiträge gewinnen kann. Anschließend werden die Studierenden ihre Ergebnisse in zwei Poster-Sessions präsentieren, die zum offenen Austausch mit den Teilnehmern einladen. Alles in allem wird die Wissenschaftliche Vertiefungskonferenz zum Treffpunkt von Professoren, Studierenden und Interessenten aus dem Master-Infoabend und sie bietet Raum für interdisziplinäre Gespräche rund um die Informatik.

Das Motto in diesem Jahr lautet: „Design the Future". Die Beiträge sind ein Spiegelbild der menschenzentrierten Rolle der Informatik in der heutigen Welt. Sie zeigen u.a. Forschungen in der Mensch-Maschine-Interkation und Mixed-Reality auf dem Weg zum autonomen Fahren, Innovationen in kollaborativen Systemen in der Form eines Low-Cost Touchfloors und einer Webanwendung zur Electronic-Design-Automation bis hin zu neuen Entwicklungen im Wearables-Design.

Ein letztes Wort möchte ich der Organisation der Konferenz widmen: Der gesamte Prozess wurde von den Studierenden in mehreren Monaten geplant. Vom Call-for-Papers, den Gutachten, der Proceedings-Erstellung bis zur Finanzierung und Logistik wurde alles höchst professionell durchgeführt. An dieser Stelle möchte ich den Masterstudierenden meinen Glückwunsch aussprechen.

Ich wünsche allen für diesen Tag eine spannende Konferenz, neue Erkenntnisse und neue Kontakte sowie viel Spaß.

Reutlingen, 8. November 2017
Prof. Dr.-Ing. habil. Natividad Martínez Madrid

Inhaltsverzeichnis

Tobias Boley
Anforderungen an die Mensch-Maschine Schnittstelle im Automobil auf dem Weg zum autonomen Fahren 7

Markus Danilow
eCEDA – Grundkonzeption einer Webanwendung für die Kollaboration im Chipentwurf 17

Steffen Hähnle
Low-cost Touchfloor zur Unterstützung der Kollaboration eines Projektteams.....29

Isabel Leber
WearIT - Eine Rapid Prototyping Plattform für Wearables 39

Arjana Mehmeti
Die Konzeptionierung und Anwendung von empirischen Forschungsmethoden für die Analyse der Import- und Export- Prozesse innerhalb der HUGO BOSS AG.....49

Armin Müller
Topic Modellierung zur Analyse von Produktfeedbacks 57

Markus Rehmann
Urbaner Mixed-Reality Fahrsimulator 69

Anforderungen an die Mensch-Maschine-Schnittstelle im Automobil auf dem Weg zum autonomen Fahren

Tobias Boley
Hochschule Reutlingen
Tobias.Boley@Student.Reutlingen-University.DE

Abstract

In den letzten Jahrzehnten haben immer mehr Fahrerassistenzsysteme Einzug in das Automobil gefunden und bereiten damit den Weg zu vollautonomen Fahrzeugen der Zukunft vor. So bieten bereits viele Hersteller Ausstattungsvarianten ihrer Fahrzeuge an, die für den Umstieg in die vollautonome Zukunft gewappnet sind. Um den Menschen mit auf den Weg zu nehmen werden einige Anforderung an die Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMS) des Automobils gestellt. Für die teilautonomen Fahrzeuge der nächsten Generation gilt es den Fahrerwechsel zwischen manuellen und autonomen Fahren für den Menschen bestmöglich zu gestalten. Die Arbeit wirft einen Blick auf ausgewählte Ansätze für zukünftige MMS Systeme und bewertet diese Anhand der Übergabezeiten zwischen Mensch und Maschine. Ein Wandel der MMS im Automobil wird empfohlen um den Menschen mit den neuen Technologien vertraut zu machen.

Betreuer Hochschule: Prof. Dr.-ING Michael Tangemann
Hochschule Reutlingen
Michael.Tangemann@Reutlingen-University.de

Wissenschaftliche Vertiefungskonferenz
22. November 2017, Hochschule Reutlingen
Copyright 2017 Tobias Boley

Schlüsselwörter

MMS, Autonomes Fahren, Take Over Request, Lenkrad, Haptisches Feedback, Taktile Displays, Übergabezeit

CR-Kategorien

I.2.9 Robotics: Autonomous vehicles; H.5.2 User Interfaces: User-centered design

1 Einleitung

Die Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMS) im Automobil hat sich im Laufe der Zeit nur wenig geändert, so besteht seit über hundert Jahren nach Einführung des ersten Automobils noch die selbe Schnittstelle, um das Automobil zu steuern [1]. Auch das Hinzufügen von Touchscreens und Displays mit neuen Inhalten zum Interagieren, beeinflusste nur gering die eigentliche Steuerung des Fahrzeuges. Im Zuge der Automatisierung des Fahrens, wird der Mensch nun passiver Begleiter des Automobils und benötigt neue Schnittstellen, um mit den Assistenzsystemen zu kommunizieren. Im Bereich der Flugzeuge bestehen schon länger automatisierte Systeme von denen Stanton et al. [2] bereits einige Probleme herleiteten, die auf das Fahrzeug übertragen werden können. Darunter befindet sich das Problem, dass die Assistenzsysteme im Automobil richtig einzuschätzen sind und die Steuerung dieser dem Menschen gerecht angepasst werden

muss. Da teilweise Automatisierung für den Menschen auch Stress bedeuten kann. [2] Auf dem Weg zum vollautonomen Automobil müssen die Assistenzsysteme dementsprechend integriert werden, dass der Mensch die Vorteile der Sicherheit genießt, jedoch nicht Unachtsam wird und die Systeme in kritischen Momenten nicht bedienen kann. Die nächste Generation an Fahrzeugen wird teilautonom auf den Straßen unterwegs sein und den Menschen erlauben neben dem Fahren andere Aktivitäten auszuführen, die Schnittstelle im Fahrzeug muss jedoch gewährleisten, dass der Mensch im kritischen Situationen jeder Zeit die Kontrolle über das Fahrzeug wiederbekommt.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der These ob für die zukünftigen MMS ein Wandel stattfinden muss und wie dieser aussehen könnte. Dabei wird die Thematik des Wandels von teilautonomen Fahrzeugen zu den vollautonomen Fahrzeugen nachgegangen. In Kapitel 2 und 3 werden aktuelle Systeme aus der Industrie benannt und die Rahmenbedingungen für das autonome Fahren beschrieben. Die Kapitel 4 und 5 betrachten neue Ansätze mit einem Blick auf die Übergabezeit. Kapitel 6 führt eine Diskussion wie MMS Ansätze für zukünftige Fahrzeuge entwickelt werden könnten an. Kapitel 7 gibt eine kurze Zusammenfassung und Kapitel 8 einen Ausblick auf zukünftige Technologien.

2 Stand der Technik

Für einen Blick auf aktuelle MMS in Fahrzeugen findet man beispielsweise bei den Firmen Daimler und Tesla fortgeschrittene Fahrerassistenzsysteme vor. Daimler vertreibt unter dem Namen Mercedes-Benz Intelligent Drive[1] seine aktuellen implementierten Systeme. Diese Systeme unterstützen den Fahrer beim aktiven Fahren vor Gefahren und erhöhen dadurch die Sicherheit des Fahrens im Straßenverkehr. Darunter befinden sich Brems-, Lenk- und Fahrwerksassistenten, wie zum Beispiel ein automatisierter Überholvorgang auf einer Autobahn. Trotz aller Assistenten fordern die Systeme weiterhin den Fahrer dazu auf das Lenkrad immer griffbereit zu haben und lassen für die Zukunft eine Upgrade Option zum vollautonomen Automobil offenstehen. Das MMS bedient sich an Warnmeldungen über Symbole und Geräusche, um den Fahrer zu warnen.

Die Firma Tesla stellt dem Kunden in ihrer kompletten Modelreihe den Autopiloten[2] zur Verfügung. Dieses Assistenzsystem bietet eine gleichwertige Ausstattung wie Mercedes Benz an, und ist ebenso bereit für ein Upgrade auf das vollautonome Fahren, was in den nächsten Jahren kommen soll. Unter dem System finden sich auch Lenksysteme, die auf der Autobahn die Spur halten, wechseln und verlassen können. Die Funktionalität des Autopilots wird bisher durch die rechtliche Situation in Deutschland noch eingeschränkt und bietet daher nicht den vollen Umfang.

Google betreibt seit 2010 [3] ihr eigenes Forschungsprojekt eines autonomen Fahrzeuges, was nun derzeit von Waymo[3] weitergeführt wird. Waymo testete mit Firefly[3] ein autonomes Fahrzeug, das einen MMS Ansatz vertritt, bei dem keine Steuereinheit mehr gegeben ist. Hierbei betritt man das Auto als Passagier und das Fahrzeug übernimmt die Rolle des Taxis. Das Auto bietet keine Möglichkeit das Fahrverhalten manuell zu beeinflussen.

[1] Mercedes-Benz Intelligent Drive. Online verfügbar unter https://www.mercedes-benz.com/de/mercedes-benz/innovation/mercedes-benz-intelligent-drive/, zuletzt geprüft am 13.10.2017.

[2] TESLA: Autopilot. Online verfügbar unter https://www.tesla.com/de_DE/autopilot, zuletzt geprüft am 13.10.2017.

[3] WAYMO: Technology. Online verfügbar unter https://waymo.com/tech/, zuletzt geprüft am 13.10.2017.

Mittels weiterer Partnerschaften mit Automobilherstellern testet Waymo vollautonome Fahrzeuge bereits auf öffentlichen Straßen in den USA. [4] Dabei gibt es Probanden, welche die selbstfahrenden Autos im täglichen Gebrauch testen. Damit existieren bereits Fahrzeuge, die für das autonome Fahren vorbereitet sind und Waymo schreitet von Jahr zu Jahr voran mit ihren Forschungen. Im Jahr 2016 wurden über 1 Milliarde Meilen in der Simulation gefahren. Während auf den öffentlichen Straßenerprobungen der Einsatz von Rückgabeaufforderungen, bei welchen das Auto die Kontrolle an den Menschen zurückgibt von 0,8% auf 0,2% je 1000 Meilen reduziert wurden und damit das Auto selbständiger wird.

3 Autonomes Fahren

Für das autonome Fahren wurden verschiedene Level beschlossen, die Anforderungen an das Fahrzeug stellen. Eine weltweit benutze Skala ist von der Society of Automotive Engineers (SAE) [5] festgelegt worden. Dabei existieren Fünf Level auf dem Weg zum vollautonomen Fahren:

- Level 0 bedeutet keine Assistenzsysteme, der Fahrer hat die komplette Kontrolle
- Level 1 beschreibt Assistenzsysteme die unterstützend wirken während des Fahrens
- Level 2 beschreibt ein System, dass das Lenken, Beschleunigen und Bremsen übernehmen kann, jedoch dem Fahrer alle Entscheidungen überlässt
- Level 3 bedeutet das der Fahrer nur noch auf Befehl des Fahrzeuges die Kontrolle übernimmt
- Level 4 setzt voraus, dass das Fahrzeug alle Aufgaben auf der Straße übernehmen kann und der Fahrer nur noch die Vorgaben über den gewünschten Fahrmodus übernimmt
- Level 5 stellt die volle Automatisierung dar, in der das Auto alle Entscheidungen trifft und in jeder Umgebung bereit ist zu fahren, der Mensch ist hier nur noch Passagier.

In diesen Fünf Leveln wird festgelegt was die Systeme leisten müssen, um den Menschen abzulösen. Das Level 5 der SAE gilt als zukunftsweisender Grad für die Fahrzeuge. Schaut man sich die in Deutschland beschlossenen Automatisierungsgrade der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) [6] an, so stellt man fest, dass der höchste Grad der Vollautomatisierung, bei kritischen Situationen dem Fahrer immer noch eine Übergabezeit einräumen muss. Das bedeutet entgegen dem Level 5 der SAE, dass die in Deutschland fahrenden Fahrzeuge nicht alle Fahrfunktionen übernehmen dürften. Dies hat zur Folge, dass das Fahrzeug über seine definierten Grenzen eine Entscheidung treffen muss, gibt es eine Rückgabe der Steuerung an den Fahrer im Fahrzeug zurück, der die Entscheidung übernehmen muss. Die Zeit, welche der Mensch bekommt, wird dort als ausreichend definiert, hier ist für den Hersteller nicht klar definiert, wie viele Sekunden dem Menschen mindestens gegeben werden müssen. Dies hat zur Folge, dass die MMS entsprechend frühzeitig warnen müssen und der Hersteller die Verantwortung übernimmt eine ausreichende Zeit zur Verfügung zu stellen. [7]

Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur hat bereits eine erste Infrastruktur[4] für das Erproben von automatisierten Systemen auf der Autobahn

[4] BMVI: Digitales Testfeld Autobahn. Online verfügbar unter https://www.bmvi.de/DE/Themen/Digitales/Digitales-Testfeld-Autobahn/Digitales-Testfeld-Autobahn.html, zuletzt geprüft am 18.10.2017.

A9 in Bayern ins Leben gerufen, um den digitalen Wandel auch in Deutschland auf den Weg zu bringen. Auf einer ausgewiesenen Teilstrecke sind die Vorrausetzungen für vernetztes und automatisiertes Fahren gegeben. Des Weiteren wurde im Jahr 2017 das deutsche Verkehrsgesetz neu überarbeitet und es wurde beschlossen, dass bei vollautomatisierten Fahrzeugen eine Blackbox das Verhalten des Menschen im Fahrzeug aufzeichnet und der Mensch immer die letzte Entscheidungsgewalt über das Fahrzeug besitzt. Dies hat zur Folge, dass der Hersteller nicht belangt werden kann für Unfälle autonomer Fahrzeuge. Auch in diesem Gesetzentwurf ist von ausreichender Übergabezeit die Sprache.[8]

Die aktuellen Fahrzeuge gelten als Teilautomatisierte Systeme. Bei diesen erfordert es ständige Überwachung des Menschen und die volle Kontrolle über das Fahrzeug zu jeder Zeit [7]. Die Systeme unterstützen bei der Lenkung und Spurhaltung. Jedoch wie im Kapitel 2 erwähnt, sollen bereits existierende MMS Systeme ein Update auf die Vollautomatisierung erhalten können.

4 MMS Ansätze im Auto

Um das Problem mit der Übergabezeit der Fahrzeugkontrolle zu lösen, findet man in verschiedenen Bereichen der MMS Ansätze zu Lösungen abseits der bisherigen Warnsysteme. Dabei wird in folgenden Kategorien die MMS unterteilt.

4.1 Taktile Displays

Petermeijer et al. [9] beschreiben in ihrer Arbeit den Einsatz einer taktilen Methode um den Fahrer auf das geschehen im Straßenverkehr zurückzuführen. Da der Einsatz von Lenkrädern und Pedalen in vollautonomen Fahrzeugen der Zukunft wegfallen soll, wird hier ein Ansatz geliefert der über den Fahrersitz Informationen an den Fahrer geben kann. Dadurch werden Signale passiv an den Körper übermittelt, wie in Abbildung 1 gezeigt, können diese Signale entsprechend angepasst werden. Es wird argumentiert das visuelle und auditive Signale, durch den Einsatz von anderen kognitiven Tätigkeiten beim autonomen Fahren missachtet werden können, während Vibrationen am Körper schneller umgesetzt werden. [9, 10] Über die Amplitude, Frequenz, Ort und Zeitintervalle werden die Vibrationen erzeugt und entsprechend den Situationen angepasst. Über diese vier Faktoren werden bestimmte Muster erzeugt, die an verschiedenen Stellen am Körper ausgelöst werden. [9]

Chun et al. [11] haben gezeigt das Vibrationen am Lenkrad oder am Gurt, bei bestimmten Gefahrensituationen eine für den Menschen unterstützende Rückmeldung geben können. Wie zum Beispiel der Totwinkelassistentet von einer Vibration profitiert, falls der Fahrer visuelle und akustische Hinweise ignoriert. Shakeri et al. [12] setzen Vibrationsmotoren am Lenkrad ein, um den Fahrer Benachrichtigungen der Systeme zu signalisieren. Während der Fahrer noch an das Lenkrad gebunden ist, können über dieses weiterhin Signale kommuniziert werden. Da bereits die Infotainmentsysteme den Fahrer ablenken, können kurze Vibrationen am Lenkrad diesen wieder auf die Straße zurückführen. Die Studie zeigte das Vibrationen direkt auf der Hand effektive Erfolge erzielte. Dabei wurden 6 Sensoren am Rand des Lenkrades befestigt. [12]

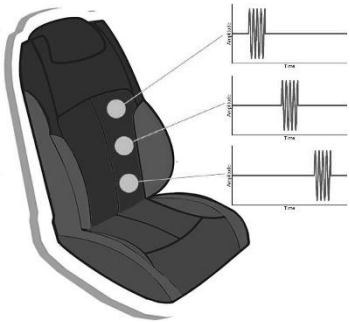

Abbildung 1: Sitz mit vibrations Motoren [9]

4.2 Haptisches Feedback

Manawadu et al. [13] präsentieren in ihrer Arbeit einen haptischen Joystick der Längs- und Seitwärtsbewegungen erfassen kann und das Lenkrad im einem autonomen Fahrzeug ersetzen soll, wie in Abbildung 2 dargestellt. Da bei einem vollautonomen Fahrzeug keine volle Lenkkontrolle mehr nötig wäre, würde es für den Fahrer angenehmer sein über einen Joystick Befehle zu übermitteln, als ein konventionelles Lenkrad zu benutzen. In ihrer Arbeit verglichen sie eine Gestensteuerung über eine Leap Motion gegen die haptische Steuerung über den Joystick und fanden heraus, dass Gesten sich bei langer Benutzung ermüdend auswirkten. Der Joystick war des Weiteren sicherer bei der Eingabe der Befehle und der Umsetzung dieser. Zudem besaß der Joystick zusätzliche Vibrationsmotoren, welche als Warnsignal dienten und das Bewusstsein über die aktuelle Fahrsituation stärkten. [13]

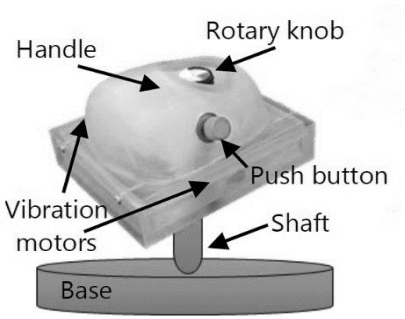

Abbildung 2: Haptischer Joystick [10]

4.3 Transformation

Ein weiterer Ansatz dem Fahrer das autonome Fahren angenehmer zu gestalten, wäre der Einsatz eines Lenkrades, welches beim Umschalten auf den autonomen Modus seine Form reduziert. Diesen Ansatz haben unter anderem Kerschbaum et al. [14] in ihrer Arbeit ausgeführt. Für eine klare Sprache wann der Mensch das Fahrzeug steuern soll, würde sich das Lenkrad ein und ausfahren. Dadurch behält der Mensch die Möglichkeit auch manuell das Fahrzeug bedienen zu können und muss nicht auf den Komfort verzichten das Lenkrad auch zurückstellen zu können. In der Arbeit von Kerschbaum et al. veränderte das Lenkrad seine Form innerhalb kurzer Zeit durch Vier rotierende Gelenke. [14] In einer Studie zuvor fand Kerschbaum et al. [15] heraus, dass ein zurückgestelltes Lenkrad, welches sich nicht bewegte nicht unbedingt zu einem Vertrauensbruch des Situationsbewusstseins führte.

Thyssenkrupp arbeitet an einem Konzept Steer-by Wire [16], welches die Lenkumsetzung über Sensoren an das Lenkgetriebe leitet und dadurch keine Lenkstange mehr am Lenkrad vorhanden ist und übermittelt über Sensoren die Lenkumsetzung. Eine solche Technik wird bereits schon länger an Flugzeugen betrieben und erlaubt dort den Einsatz von Automatisierung. Im Automobil erlaubt es die weitere Funktion, dass Lenkrad komplett im Armaturenbrett verschwinden zu lassen, während dem teilautomatisierten Fahren, wie in Abbildung 3 zu sehen ist. Unter anderem vorgestellt wurde diese Technik auf der Internationalen Automobil Ausstellung Frankfurt 2017. Dort wurde gezeigt wie ein Wechsel von autonomen Modus in den manuellen Modus von statten gehen könnte. Während dem autonomen Modus stellte sich das Lenkrad ein und passte sich der Konsole an, sobald man den Modus wechseln wollte oder musste leuchtete es grün auf und fuhr heraus.

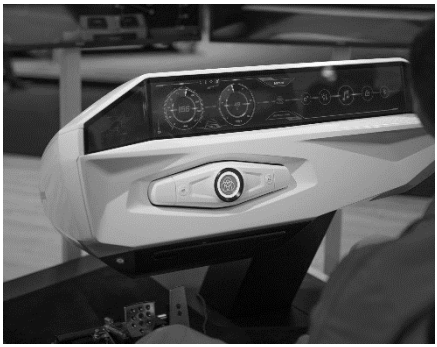

Abbildung 3: Lenkrad Thyssenkrupp IAA 2017 [Tobias Boley]

4.4 Multi Modale Systeme

Udara et al. [17] haben in ihrer Arbeit ein MMS System mit mehreren Eingabevarianten getestet um auch die Beziehungen zwischen den Technologien zu erproben. Dazu setzten Sie ihren haptischen Joystick [13] , Touchscreen und Handgestenerkennung ein. Die Probanden wurden verschiedenen Situationen ausgesetzt, wie zum Beispiel das Einparken oder das Fahren in Innenstädten und hatten die Auswahl zwischen den drei Technologien. Es stellte sich heraus, dass das Einparken überwiegend mit einem Touchdisplay gelöst wurde und die Regulierung von Geschwindigkeiten über den haptischen Joystick. Des Weiteren nutzten viele der Probanden je nach Situation unterschiedliche Eingabetechnologien. [17]

5 Übergabezeit der Systeme

Eine Anforderung an alle MMS Systeme ist die Übergabezeit, auch Time of Request (TOR) genannt. Diese Einheit beschreibt wie lange der Mensch zur Durchführung aller vom MMS gestellten Aufgaben benötigt. Dies spielt bei der Übergabe von autonomen zu manuellen Fahrmanövern, wie auch Gefahrensituationen eine wichtige Rolle. In diesen Fällen wird eine schnelle Reaktion vom System gefordert. Die bisher benannten MMS Systeme müssen daher hinsichtlich der TOR gute Ergebnisse liefern können. Petermann-Stock et al. [18] hat in einer Studie herausgefunden das Zeiten von maximal 8,8 Sekunden eine Grenze darstellen sollten. Je nach System und Messmethode und Aufgabe des Systems können diese Zeiten jedoch stark variieren. Und eine genaue Aussage wann der Fahrer die volle Kontrolle wieder erlangt hat ist schwer einschätzbar und individuell für jede Verkehrssituation. Hier spielen Faktoren wie Stress und Müdigkeit eine wichtige Rolle. [19]

Gold et al. [20] haben in ihrer Arbeit überprüft wie stark die Bremsungen oder die Lenkungen bei der Übergabe während eines Spurwechsels belastet werden. Hier tendierte der Proband dazu bei zu kurzen TORs die Bremse zu betätigen, während bei genügend Vorlauf eine Korrektur per Lenkung genügte. Jedoch sollten zu lange Zeiten abgewogen werden, es muss eine Grenze geben, wie lange das System die Übergabezeit bereitstellt, bevor es selbst die Notbremsung einleitet. Die durchschnittliche Zeit der Probanden um aus dem autonomen Fahren bewusst in das manuelle Fahren zukommen lag bei 7 Sekunden. [20]

Ein weiterer Faktor, welcher die TOR noch beeinflusst ist das Vertrauen in das System. Hierbei spielt es eine Rolle wie vertrauenswürdig das MMS dem Probanden gegenüber erschien. Lässt dieser sich vollkommen darauf ein, so hatte dies zur Folge das manche Warnungen nicht wahrgenommen worden sind. [21]

Des Weiteren könnte ein Misstrauen auch Stress hervorrufen der zur falschen Entscheidung einer Aktion führt. Gold et al. [20] haben gezeigt, dass Probanden durch eine kurze TOR, Situationen hektisch beurteilten und in der Simulation einen Unfall verursachten. Während der TOR muss der Fahrer sozusagen mehrere Stufen durchlaufen, diese kann man wie in [9] auf 4 Prozesse aufteilen:

1) Auf das Geschehen aufmerksam werden
2) Kognitive Anpassung und Auswahl der Aktion
3) Repositionierung um die MMS zu bedienen
4) Aktion ausführen

Hierbei spielt es wie in [22] zu finden, keinen großen Unterschied ob das Signal durch visuelle, auditive oder taktile Reize erzeugt wird. Bei der Studie mit dem transformierenden Lenkrad [14] wurde die TOR auf 7s gesetzt, die der Fahrer Zeit hatte bevor das eigene Fahrzeug auf einen Verkehrsunfall prallte. Die Probanden hatten im direkten Vergleich mit dem stationären Lenkrad keine signifikanten Unterschiede aufgezeigt. Somit beeinflusste das

transformierende Lenkrad die TOR nicht negativ. [14]

Ein taktiles Display kann eingesetzt werden um den Fahrer zu signalisieren welches Element Aufmerksamkeit gegeben werden soll, um ihm mehr Zeit für die TOR zu geben. Dies zeigte auch Mohebbi et al. [23] in einer Studie, welche aufzeigte, dass der Fahrer bei einer aktiven Konversation im Fahrzeug über taktile Informationen schneller erreicht werden kann, als über auditive Reize.

6 Diskussion

Die verschiedenen Ansätze der MMS in zukünftigen Fahrzeugen haben gezeigt, dass es eine Vielzahl an Faktoren gibt, die eine Aktion des Menschen im aktiven Straßenverkehr beeinflussen können. Je weiter man sich dem autonomen Fahren nähert, desto mehr bekommt das Automobil eine neue Rolle zugesprochen und gilt wie bisher nicht mehr als reines Fahrzeug, welches vom Menschen gesteuert werden muss. Bei der Entwicklung von neuen Konzepten sollten kognitive Fähigkeiten des Menschen zur Kommunikation mit Maschinen mehr einbezogen werden, da der Trend der heutigen Zeit in eine Richtung weist, in welcher die Kontrolle an das Automobil abgegeben wird. Die MMS Ansätze haben Ansätze untersucht um eine Reduktion des Bedienfeldes im Automobil zu erreichen. Der Mensch soll nur wenn aufgefordert die Steuerung übernehmen und dann sicher die Aktion durchführen können. Über den Einsatz von visuellen, auditiven oder taktilen Reizen gilt es nun das menschliche System zu lenken und die nötige Zeit für das Handeln zu verschaffen, wenn ein Eingriff nötig wird. Die taktilen Informationen zeigten das bei einer Übergabe die TOR verkürzt werden konnte. Des Weiteren reagierte der Mensch je nach Situation schneller auf die taktilen Informationen. Auf die rein taktilen Informationen zu setzen ließ sich nicht daraus ableiten, es spielt eine große Rolle wie man die Reize des Fahrers in verschiedenen Situationen erreicht. Dabei kann auch eine Veränderung von bisherigen Steuerelementen eine Verbesserung bewirken. Die Transformation des Lenkrades oder auch der Einsatz eines haptischen Joysticks unterstützen durch vereinfachte Prozesse das Eingreifen des Fahrers zu bestimmten Situationen. Die Komplexität der Assistenzsysteme schreitet voran und überlastet derzeitige MMS Lösungen mit vielen Schaltern und Symbolen. Dabei sollen diese Systeme das Fahren vereinfachen, wodurch neu konzipierte Steuerelemente Abhilfe schaffen könnten. Der Fokus des Fahrers verschiebt sich auf den Wechsel des Fahrmodus, die Einschätzung der aktuellen Situation und die Entscheidung wie mit einer Situation umgegangen wird. Dem Fahrer werden neue Aufgaben gegeben auf wodurch eine Verschiebung der Aufmerksamkeit im Automobil geschieht. Während die Automatisierung eine Erleichterung des Fahrens und eine erhöhte Sicherheit während des Fahrens zur Folge haben soll, sollte nicht ungeachtet der Effekt von Entspannung und Ablenkung durch andere Infotainmentsysteme im Automobil vernachlässigt werden. Der Wechsel auf das autonome Fahrzeug wird über Jahre in einem langsamen Wandel stattfinden, während sich die MMS mit der Zeit darauf anpassen müssen. Dabei sollten neue Ansätze in multi Modalen Systemen erprobt werden und auf den Prozess der Übernahme fokussiert sein.

7 Fazit

Für das Automobil der Zukunft muss der Fokus verstärkt auf der Kommunikation mit dem Menschen liegen und dessen kognitiven Fähigkeiten in den Entwicklungsprozess stärker miteinbeziehen. Das Automobil wird einem Wandel unterzogen, der ein Überdenken der bisheriger MMS mit sich bringt. Dabei können die gezeigten Ansätze eine Anlaufstelle geben für die Konzeption neuer MMS im Automobil. Des Weiteren sollte auch die Politik klare Voraussetzungen für das autonome Fahren beschließen.

8 Ausblick

Der nächste Schritt in der Automobilindustrie sollen Fahrzeuge sein, welche das Level 3 der Automation erreichen und dazu auch neue MMS einsetzen werden. BOSCH hat auf der IAA 2017 [24] ihr Konzept für ein MMS gezeigt, welches sich in das soziale Leben des Fahrer verbinden soll. In Abbildung 4 ist das MMS zu sehen. Hier rückt der Fokus auf die Tätigkeiten, die während dem Fahren nebenher erledigt werden können und lässt damit andeuten, dass das Automobil in Zukunft immer mehr Einfluss in den persönlichen Alltag haben sollen. So haben viele Autohersteller auf der IAA 2017 neue Konzepte für eine Integration in den Alltag präsentiert. Dabei gewinnen vor allem die Touchdisplays eine übergeordnete Rolle. So fährt beim BOSCH Showcar während dem autonomen Modus die Fahrerkabine zurück und sorgt für eine klare Abgrenzung zum Lenkrad um den Fokus auf die Touchdisplays zu legen. Des Weiteren wird eine Reduktion der Bedienelemente vorgenommen, um eine klare Vorgabe der Interaktionen für den Fahrer zu schaffen.

Abbildung 4: BOSCH HMI IAA 2017 [Tobias Boley]

Begg [25] beschreibt in seiner Vision London 2050 die Szenarien für autonome Fahrzeuge. Dabei stellt sich heraus, dass viele autonome Systeme bereits heute existieren und die Herausforderung darin liegen werden, wie schnell der Wechsel von statten gehen wird. Er wirft die Frage auf, wenn alle Automobile autonom Fahren, benötigt es dann noch Busse und Taxis, oder können diese Dienste vereint werden.

In Sinne einer vernetzten Welt und das Automobil als Taxi hat Smart auf der IAA 2017 [26] den Vision EQ vorgestellt, wie auf Abbildung 5 zu sehen ist. Dieser Zweisitzer besitzt kein Lenkrad und Pedal, sondern besteht aus Displays an verschiedenen Stellen innerhalb und außenhalb des Autos. Das Konzeptauto zeigt das MMS als wichtigstes Element um seinen Alltag zu planen. So dient das Display außen am Auto als Informationsmedium für die Menschen auf der Straße oder Gehwegen. Es zeigt Wetterinformationen an oder den nächsten Zielort oder Passagier. Das Automobil stellt ein Level 5 Fahrzeug vor, der Mensch hat hier keinerlei Eingriff mehr und der Fokus liegt auf anderen Tätigkeiten um die Fahrzeit angenehmer zu gestalten.

Abbildung 5: Smart Vision EQ IAA 2017[Tobias Boley]

9 Literaturverzeichnis

[1] Sachs, W. 1992. *For love of the automobile. Looking back into the history of our desires*. University of California Press, Berkeley.

[2] Stanton, N. A. and Marsden, P. 1996. From fly-by-wire to drive-by-wire. Safety implications of automation in vehicles. *Safety Science* 24, 1, 35–49.

[3] Poczter, S. L. and Jankovic, L. M. 2013. The Google Car. Driving Toward A Better Future? *JBCS* 10, 1, 7.

[4] WAYMO. 2017. *On the road to fully self-driving. Waymo Safety Report*. https://storage.googleapis.com/sdc-prod/v1/safety-report/waymo-safety-report-2017-10.pdf. Accessed 13 October 2017.

[5] SAE. 2014. *AUTOMATED DRIVING. LEVELS OF DRIVING AUTOMATION ARE DEFINED IN NEW SAE INTERNATIONAL STANDARD J3016*. https://www.sae.org/misc/pdfs/automated_driving.pdf. Accessed 19 September 2017.

[6] BAST. 2012. *Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung*. http://www.bast.de/DE/Publikationen/Foko/Downloads/2012-11.pdf?__blob=publicationFile. Accessed 19 September 2017.

[7] T. M. Gasser, C. Arzt, M. Ayoubi, A. Bartels, J. Eier, F. Flemisch, D. Häcker, T. Hesse, W. Huber, C. Lotz, M. Maurer, S. Ruth-Schumacher, J. Schwarz, W. Vogt. 2012. *Legal consequences of increasing vehicle automation*. http://bast.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2013/723/pdf/Legal_consequences_of_an_increase_in_vehicle_automation.pdf. Accessed 12 September 2017.

[8] Deutscher Bundestag. 2017. *Drucksache 18/11776. Beschlussempfehlung und Bericht*. http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/18/117/1811776.pdf. Accessed 14 October 2017.

[9] Petermeijer, S. M., Winter, J. C. F. de, and Bengler, K. J. 2016. Vibrotactile Displays. A Survey With a View on Highly Automated Driving. *IEEE Trans. Intell. Transport. Syst.* 17, 4, 897–907.

[10] Scott, J. J. and Gray, R. 2008. A comparison of tactile, visual, and auditory warnings for rear-end collision prevention in simulated driving. *Human factors* 50, 2, 264–275.

[11] Chun, J., Lee, I., Park, G., Seo, J., Choi, S., and Han, S. H. 2013. Efficacy of haptic blind spot warnings applied through a steering wheel or a seatbelt. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 21, 231–241.

[12] Shakeri, G., Ng, A., Williamson, J. H., and Brewster, S. A. 2016. Evaluation of Haptic Patterns on a Steering Wheel. In *AutomotiveUI 2016, 8th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications. In-cooperation with ACM SIGCHI : October 24-26, 2016, Ann Arbor, MI, USA : proceedings*. ACM, New York, NY, New York, NY, 129–136. DOI=10.1145/3003715.3005417.

[13] Manawadu, U. E., Kamezaki, M., Ishikawa, M., Kawano, T., and Sugano, S. 2016. A haptic feedback driver-vehicle interface for controlling lateral and longitudinal motions of autonomous vehicles. In *2016 IEEE International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM). 12-15 July 2016*. IEEE, [Piscataway, New Jersey], 119–124. DOI=10.1109/AIM.2016.7576753.

[14] Kerschbaum, P., Lorenz, L., and Bengler, K. 2015. A transforming steering wheel for highly automated cars. In *IV2015. 2015 IEEE Intelligent Vehicles Symposium : June 28-July 1, 2015, COEX, Seoul, Korea*. IEEE,

[Piscataway, New Jersey], 1287–1292. DOI=10.1109/IVS.2015.7225893.

[15] Kerschbaum, P., Lorenz, L., and Bengler, K. 2014. Highly automated driving with a decoupled steering wheel. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* 58, 1, 1686–1690.

[16] thyssenkrupp Automotive. 2017. *Wie wir die Zukunft der Mobilität vorantreiben*. https://www.thyssenkrupp.com/media/iaa/thyssenkrupp_automotive_de.pdf. Accessed 14 October 2017.

[17] Manawadu, U. E., Kamezaki, M., Ishikawa, M., Kawano, T., and Sugano, S. 2017. A multimodal human-machine interface enabling situation-adaptive control inputs for highly automated vehicles. In *2017 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*. IEEE, 1195–1200. DOI=10.1109/IVS.2017.7995875.

[18] Petermann-Stock, I., Hackenberg, L., Muhr, T., and Mergl, C. 2013. Wie lange braucht der Fahrer-eine Analyse zu Übernahmezeiten aus verschiedenen Nebentätigkeiten während einer hochautomatisierten Staufahrt. *6. Tagung Fahrerassistenzsysteme. Der Weg zum automatischen Fahren*.

[19] Melcher, V., Rauh, S., Diederichs, F., Widlroither, H., and Bauer, W. 2015. Take-Over Requests for Automated Driving. *Procedia Manufacturing* 3, 2867–2873.

[20] Gold, C., Damböck, D., Lorenz, L., and Bengler, K. 2013. "Take over!" How long does it take to get the driver back into the loop? *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* 57, 1, 1938–1942.

[21] Gold, C., Körber, M., Hohenberger, C., Lechner, D., and Bengler, K. 2015. Trust in Automation – Before and After the Experience of Take-over Scenarios in a Highly Automated Vehicle. *Procedia Manufacturing* 3, 3025–3032.

[22] Robert J. Kosinski. 2008. *A Literature Review on Reaction Time*. http://homepage.univie.ac.at/andreas.franz.reichelt/intro2cogsci2/data/literature_review_reaction_time.pdf. Accessed 15 October 2017.

[23] Mohebbi, R., Gray, R., and Tan, H. Z. 2009. Driver reaction time to tactile and auditory rear-end collision warnings while talking on a cell phone. *Human factors* 51, 1, 102–110.

[24] Robert Bosch GmbH. *Mobilität intelligent vernetzt. Bosch macht das Auto zum dritten Lebensbereich*. http://www.bosch-mobility-solutions.de/de/highlights/vernetzte-mobilit%C3%A4t/human-machine-interface/. Accessed 19 September 2017.

[25] D. Begg. 2014. *A 2050 vision for London. What are the implications of driversless transport*. http://www.transporttimes.co.uk/Admin/uploads/64165-transport-times_a-2050-vision-for-london_aw-web-ready.pdf.

[26] Mercedes-Benz. 2017. *smart vision EQ fortwo. Urbaner Lifestyle der Zukunft*. https://www.mercedes-benz.com/de/mercedes-benz/design/smart/konzeptfahrzeuge-smart-design/smart-vision-eq-fortwo-urbaner-lifestyle-der-zukunft/. Accessed 11 October 2017.

eCEDA – Grundkonzeption einer Webanwendung für die Kollaboration im Chipentwurf

Markus Danilow
Hochschule Reutlingen
markus.danilow@student.reutlingen-university.de

Abstract

Integrierte Schaltkreise (IC) sind ein integraler Bestandteil vieler Geräte wie zum Beispiel Smartphones, Computer oder Fernseher. Auf den Schaltkreisen werden immer mehr Funktionen integriert. Um die Arbeit auch zukünftig in gegebener Zeit bewältigen zu können, bedarf es daher einer Möglichkeit für die gleichzeitige Zusammenarbeit der Entwickler. Unter dem Arbeitstitel *eCEDA* (*eCollaboration for Electronic Design Automation*) wird ein Konzept für eine Webanwendung entwickelt, die die Echtzeitkollaboration von Entwicklern im Chipentwurf ermöglichen soll. Dieses Konzept sowie verschiedene Aspekte der Kollaboration werden in dieser Arbeit behandelt.

Schlüsselwörter

Kollaboration, Chipentwurf, EDA, Echtzeit, Webanwendung.

Betreuer Hochschule: Prof. Dr. Gabriela Tullius
Hochschule Reutlingen
Gabriela.Tullius@Reutlingen-University.de

Betreuer Firma: Florian Leber
Robert Bosch Zentrum für Leistungselektronik
Florian.Leber@Reutlingen-University.de

Wissenschaftliche Vertiefungskonferenz
22. November 2017, Hochschule Reutlingen
Copyright 2017 Markus Danilow

CR-Kategorien

Collaborative interaction, Software tools for EDA, Real-time systems.

1 EINLEITUNG

Integrierte Schaltkreise (IC) sind ein integraler Bestandteil vieler Geräte wie zum Beispiel Smartphones, Computer oder Fernseher. Der Prozess zur Entwicklung integrierter Schaltkreise wird Chipentwurf genannt. Dieser umfasst hochkomplexe Arbeitsschritte wie den Schaltungs- und den Layoutentwurf. Unterstützt werden die Arbeitsschritte durch die Electronic Design Automation (EDA).

1.1 Kontext

Wie in [1] beschrieben wird, war es in der EDA lange Zeit üblich, Projektdateien mit unterschiedlichen Programmen zu bearbeiten und auf verschiedenen Servern abzulegen. Um Dateien zwischen Entwicklern auszutauschen, wurden E-Mail- oder FTP-Dienste verwendet [1]. Bei aktuellen Infrastrukturen und Entwicklungsumgebungen bestehen diese Probleme nicht mehr. Alle Dateien werden auf einem zentralen Projektserver gespeichert. Für die Entwicklung öffnet ein Experte jeweils seine eigene Entwicklungsumgebung über einen Remote-Desktop auf dem Server. Für die Zusammenarbeit müssten alle beteiligten Experten auf dieselben Projektdateien zugreifen können. Die Entwicklungs-

umgebungen enthalten aber keine Funktionen für eine parallele Bearbeitung einzelner Dateien. So wird der gemeinsame Zugriff beispielsweise in der Software *Cadence Virtuoso*[1] über eine Sperre realisiert. Möchten zwei Experten zur gleichen Zeit Änderungen an derselben Schaltung vornehmen, so müssen sie dies außerhalb der Entwicklungsumgebung miteinander kommunizieren und koordinieren, beispielsweise via E-Mail oder Telefon. So liegt auch die Fertigstellung großer Schaltungen im Layout-Entwurf in der Verantwortung eines einzelnen Entwicklers, der final sämtliche Einzelbausteine der Schaltung zusammenfügen muss.

1.2 Motivation

Auf den ICs werden immer mehr Funktionen integriert. Dadurch wird auch der Chipentwurf komplexer und umfangreicher. Gleichzeitig ist jedoch absehbar, dass die Produktivität nicht in gleichem Maße zunehmen wird [2, 3]. Um die Entwicklung zukünftig in gegebener Zeit zu bewältigen, bedarf es daher mehr Experten, die beim Entwurf eines Chips zusammenarbeiten. Die Kollaboration der Entwickler wird demnach mehr in den Vordergrund rücken [4]. Eine kollaborative Entwicklungsumgebung würde zur Steigerung der Produktivität beitragen. So entfiele beispielsweise die Sperre gesamter Dateien sowie die Kommunikation für deren Freigabe. Das Ziel muss demnach darin bestehen, eine zentrale Plattform zur Bewältigung aller anfallenden Aufgaben sowie zur Kommunikation und Koordination unter den Entwicklern zu schaffen. Entsprechend bedarf es nicht nur eines Konzeptes für die Architektur der Anwendung und den Aufbau der Benutzeroberfläche, sondern auch ein Konzept für die Interaktion sowie den Informationsfluss.

1.3 Zielsetzung

Das Ziel dieser Arbeit besteht in der Grundkonzeption einer Webanwendung für das kooperative Arbeiten im Chipentwurf an einer oder mehreren Schaltungen. Änderungen und andere Informationen sollen allen beteiligten Experten in weicher Echtzeit zukommen. In diesem Zusammenhang sollen die Grundkonzepte der Kollaboration untersucht und auf den Chipentwurf übertragen werden. Der Fokus liegt auf der Veranschaulichung dieser Grundkonzepte anhand von *Mockups* der grafischen Benutzeroberfläche (GUI) und einer anschließenden prototypischen Implementierung der Webanwendung. Diese Arbeit setzt sich nicht die Umsetzung und Lösung aller Aspekte der Kollaboration und der daraus resultierenden Problem- und Fragestellungen zum Ziel. Diese werden im Laufe der Arbeit aufgezeigt und bieten Potential für weiterführende Arbeiten.

1.4 Vorgehensweise

Als erstes wird der Ist-Zustand analysiert. Danach folgt die Ermittlung grundlegender Aspekte der Kollaboration, die verschiedenen Disziplinen und Tätigkeitsfeldern zugrunde liegen. Diese werden anschließend auf die Zusammenarbeit im virtuellen Umfeld übertragen und gegebenenfalls um Aspekte der elektronischen Kollaboration (eCollaboration) erweitert. Unter Berücksichtigung der erarbeiteten Aspekte sowie des Ist-Zustandes wird in Kapitel 3 der Funktionsumfang des Prototyps definiert. Basierend auf all diesen Kriterien können im Anschluss die Mockups skizziert und darauffolgend der Prototyp implementiert werden. Am Ende werden die Ergebnisse dieser Arbeit kritisch betrachtet und abschließend eventuelle Verbesserungs- sowie Erweiterungsmöglichkeiten am Prototyp aufgezeigt.

---

[1] https://www.cadence.com/content/cadence-www/global/en_US/home/tools/ic-package-design-and-analysis/ic-package-design-flows/virtuoso-system-design-platform.html

2 STAND DER TECHNIK

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit Aspekten der Kollaboration im Allgemeinen sowie der *eCollaboration* und zeigt die Problematik der Datensynchronisierung in einem solchen Echtzeitsystem auf.

2.1 Kollaboration im Allgemeinen

Der Begründer des Positivismus, Auguste Comte, beschrieb den Begriff der Kollaboration bereits im Jahre 1848 mit den drei Worten *Love, Order, Progress* (Liebe, Ordnung, Fortschritt) [5, 6]. Eine aktuellere Definition des Begriffes findet sich in [7]. Dort wird die Kollaboration als die Arbeit von zwei oder mehr Individuen definiert, deren Arbeit einem gemeinsamen Sinn unterliegt [6, 7]. Des Weiteren existiert auch ein gemeinsames Ziel, das nur durch die Zusammenarbeit dieser Individuen in einem Team, deren Koordination und Kommunikation untereinander sowie den damit einhergehenden Austausch von Informationen erreicht werden kann [6]. Die Beteiligten gelangen entweder zum Ziel, indem alle mit derselben Verantwortung an derselben Aufgabe arbeiten, oder indem jeder der Beteiligten für seinen eigenen Aufgabenbereich verantwortlich ist [6]. Die Teillösungen werden später zur Gesamtlösung zusammengefügt.

Darüber hinaus gibt es verschiedene Formen der Kollaboration. Bei der klassischen Kollaboration (*Face-to-Face*) treffen sich die Beteiligten beispielsweise in einem Konferenzraum und interagieren in Echtzeit miteinander. Bei der *asynchronen Kollaboration* arbeiten die Beteiligten zu unterschiedlichen Zeiten, sodass sie nicht direkt miteinander interagieren können. Sie befinden sich dabei entweder am selben oder an verschiedenen Orten. Informationen werden beispielsweise über Notizen oder Pinnwände ausgetauscht. Bei der *asynchronen, verteilten Kollaboration* befinden sich die Beteiligten weder am selben Ort, noch interagieren sie in Echtzeit miteinander. Hierbei sind elektronische Medien wie E-Mails unerlässlich. Die vierte und letzte Form wird als *synchrone, verteilte Kollaboration* bezeichnet. Hier interagieren alle Beteiligten räumlich voneinander getrennt in Echtzeit miteinander. Beispiele hierfür sind Telefon- und Videokonferenzen. [6]

Bei der Kollaboration kann es aber auch zu Problemen und Hindernissen kommen. So können der Austausch von Informationen sowie ein fehlendes Verständnis für andere Beteiligte sowohl im technologischen als auch im sozialen und ethischen Kontext zu Zeitverlusten oder Missverständnissen führen.

Im Allgemeinen liegt nur dann eine Produktivitätssteigerung vor, wenn der *Output* des Teams in derselben Zeit höher ist, als die Summe des Outputs eines jeden Einzelnen [8]. Nicht selten arbeiten Experten aus verschiedenen Fachgebieten mit unterschiedlichen Denk- und Arbeitsweisen zusammen. Diese müssen bei der Entwicklung einer kollaborativen Arbeitsumgebung erforscht und verstanden werden, um eine Produktivitätssteigerung zu erzielen und den angeführten Problemen entgegenzuwirken. Vielmehr muss allen Beteiligten auf angenehme und intuitive Weise der Sinn für das Erreichen des gemeinsamen Ziels vermittelt werden. Wie es der Psychoanalytiker Wilfred Bion formulierte, so sei das Individuum stets Teil einer Gruppe [9]. Und eben dieses Bewusstsein müssen die Beteiligten durch den Umgang mit der kollaborativen Umgebung erlernen und in diesem bestärkt werden.

Besonders bei der Kollaboration mit elektronischen oder digitalen Werkzeugen müssen sowohl die technologischen, organisatorischen und menschlichen Faktoren, als auch die Aspekte der Kommunikation und Koordination je nach Anforderungen und Anwendungsgebiet aufeinander abgestimmt werden.

2.2 eCollaboration

CSCW-Systeme (*Computer Supported Collaborative Work* Systeme), auch *eCollaboration* genannt, „bezeichnet die Unterstützung bzw. Ermöglichung der Kommunikation, Koordination und Kollaboration von Menschen in verteilten Projekten, Prozessen und Teams […] mittels Informations- und Kommunikationstechnik“ [10]. Dabei findet in aktuellen CSCW-Systemen, wie beispielsweise *Skype* vermehrt, eine Vermischung des Kommunikations-, Koordinations- und Kollaborationsbegriffes statt, da alle drei Aspekte in einem einzigen System integriert werden [11]. Der Sinn bei der eCollaboration besteht in einem schnellen und kontinuierlichen Austausch von Informationen zwischen allen Beteiligten [12]. Besonders web-basierte Software kann in dieser Hinsicht zu einer Steigerung der Produktivität und Effizienz innerhalb eines Unternehmens führen [12]. So trägt der Begriff auch zur Schaffung eines Rahmens für kollaborative Webanwendungen bei, die ein solch hohes Maß an Dynamik unterstützen [12]. Dabei bieten Webanwendungen den Vorteil, dass alle Beteiligten von überall auf der Welt über einen beliebigen Webbrowser auf Projektdaten und Ressourcen zugreifen können [12], unabhängig vom verwendeten Endgerät oder dem darauf installierten Betriebssystem. Auch lokale Installationen oder Aktualisierungen werden nicht benötigt, da die Software auf einem zentralen Server betrieben wird [12].

„Während Tools zur asynchronen Unterstützung von Zusammenarbeit […] wie Wikis und Dokumentenmanagementsysteme längst zum Alltag […] gehören, finden nun auch synchrone Werkzeuge den Weg zum Arbeitsplatz jedes Mitarbeiters“ [11]. Oft werden Dokumente oder Strategien zur weiteren Vorgehens- und Arbeitsweise entweder in Telefonkonferenzen oder unter Verwendung von *Web-Conferencing-Systemen* besprochen [11]. Letztere zeigen wiederum den Mehrwert web-basierter Lösungen. Der nächste Schritt muss in der synchronen Bearbeitung von Dokumenten bestehen. Mit *eCEDA* wird daher ein synchrones Werkzeug zur verteilten, kooperativen Arbeit von Experten mit gemeinsamen Aufgaben und Interessen geschaffen. Für eine erfolgreiche Zusammenarbeit und das effiziente Erreichen der gemeinsamen Ziele bedarf es jedoch auch Vertrauen [12], sowohl der Mitarbeiter untereinander, als auch der einzelnen Mitarbeiter zum System selbst. Daher muss das System unter anderem durch Zuverlässigkeit und intuitive Bedienbarkeit für die Schaffung eines Grundvertrauens sorgen. Dies spiegelt somit auch Comtes Auffassung der Kollaboration wider.

2.3 Synchronisierung der Daten

Die Herausforderung besteht darin, die vielen zeitgleichen Zugriffe und durchgeführten Änderungen zu synchronisieren, sodass es zu keinen Inkonsistenzen in der Datengrundlage kommt. Würden Arbeitsfortschritte verloren gehen, würde sich dies negativ auf das Grundvertrauen in das gesamte System auswirken und wiederum die Produktivität schmälern.

Die *Operational Transformation* stellt dabei eine standardisierte Beschreibung zur Synchronisierung textbasierter Dokumente dar. Dadurch wird die zeitgleiche Bearbeitung eines Dokuments durch Hinzufügen, Löschen und Modifizieren der Inhalte mehrerer Autoren ermöglicht. [13] Eine konkrete Realisierung dieses Verfahrens kann [14] entnommen werden. Auch Versionierungssysteme wie *Git* oder *SVN* können als Orientierungshilfe zur Lösung des Problems dienen. In [15] findet hierzu eine abstrakte Betrachtung der Quelltextversionierung statt, [16] zeigt darüber hinaus konkrete Implementierungen. Doch wie die Operational Transformation sind auch Versionierungsverfahren für textbasierte Dokumente ausgelegt. Bei Schaltplänen in der EDA handelt es sich jedoch um geometrische Elemente und binäre Dateien. Daher wird in Abschnitt 3.3 ein eigenes Verfahren für diesen konkreten

Anwendungsfall skizziert und exemplarisch vorgestellt.

3 UMSETZUNG

Nach der Betrachtung verschiedener Aspekte der Kollaboration wird darauf basierend ein Konzept für die Kollaboration im Chipentwurf unter dem Arbeitstitel *eCEDA* (*eCollaboration for Electronic Design Automation*) entwickelt. Dieses umfasst den Entwurf der Benutzeroberfläche, die Skizzierung eines Verfahrens zur Datensynchronisierung bei mehreren gleichzeitigen Zugriffen und Änderungen sowie einen abschließenden Blick auf die prototypische Implementierung und die verwendeten Technologien. Im Folgenden wird der Begriff *Cell* verwendet. Dabei handelt es sich um eine Datei zur Bearbeitung eines einzelnen Schaltplans

3.1 Grundkonzept

Wie in Kapitel 2 eruiert wurde, sind die Kommunikation sowie die Koordination durch einen stetigen Austausch von Informationen ein fester Bestandteil moderner eCollaboration-Systeme. Im Zentrum müssen dabei nach wie vor die Arbeit und die Erledigung der Aufgaben stehen. Dementsprechend besteht die Herausforderung bei der Konzeption einer eCollaboration-Plattform darin, die Aspekte Kommunikation und Informationsaustausch richtig zu gewichten. Für die Kommunikation räumlich voneinander getrennter Mitarbeiter benötigt es ein integriertes Chatsystem, das gleichzeitig nicht dazu einladen soll, mehr mit anderen Mitarbeitern zu chatten als sich auf die Arbeit zu konzentrieren. So könnte einer übermäßigen Nutzung des Chats beispielsweise durch automatische Benachrichtigungen entgegengewirkt werden, die den Betroffenen alle relevanten Informationen direkt zukommen lassen. Automatische Benachrichtigungen bergen wiederum das Risiko einer Informations-überflutung. Popups und ähnliche Meldungen würden demnach zu sehr von der Arbeit ablenken und wären somit kontraproduktiv.

Die eben angesprochenen Probleme betreffen den gesamten Funktionsumfang der Plattform. Bei jeder der in den nachfolgenden Abschnitten vorgestellten Funktionen von *eCEDA* muss daher auf das richtige Maß an Benachrichtigung und Kommunikation geachtet werden.

3.1.1 Editor

Das Herzstück für die Bearbeitung der Schaltpläne bildet der Editor. Wie in der Einleitung bereits erwähnt, liegt der Fokus dieser Arbeit vielmehr auf den kollaborativen Konzepten als auf der Implementierung des Editors. Daher können im finalen Prototyp auch lediglich exemplarisch Transistoren platziert, verschoben und wieder entfernt werden.

3.1.2 Aktualisierung der Ansicht

Nimmt ein Entwickler im Editor Änderungen an einem Schaltplan vor, so werden diese in Echtzeit an alle anderen übertragen, die dieselbe Cell editieren. Wird ein Transistor verschoben, geschieht die Verschiebung nahezu gelichzeitig bei allen Betroffenen. Ebenso verhält es sich beim Hinzufügen oder Löschen von Elementen.

3.1.3 Benachrichtigungen

Um dem Problem der Benachrichtigungsflut und der daraus resultierenden Ablenkungsgefahr entgegenzuwirken, wurde von der Verwendung von Popup-Meldungen abgesehen. Stattdessen werden relevante Informationen in Form eines textuellen Benachrichtigungsfeldes am oberen Rand des Fensters für wenige Sekunden angezeigt, bevor diese von selbst wieder ausgeblendet werden. Eine relevante Nachricht zeichnet sich dadurch aus, dass sie für den Benutzer in diesem Moment von Interesse ist und unter Umständen die Zusammenarbeit oder dessen Arbeitsweise beeinflusst. Die Auswahl eines Werkzeugs für die Bearbeitung des Schaltplans ist dagegen nicht relevant für die anderen. Erst die Effekte, die durch die Bearbeitung mit dem gewählten Werkzeug entstehen sind wiederum für all diejenigen interessant, die an diesem Schaltplan mitwirken. Für diese Art der Information ist

eine textuelle Benachrichtigung jedoch völlig ungeeignet, weshalb Änderungen am Schaltplan selbst stets grafisch direkt im Editor angezeigt werden.

Bei den Benachrichtigungen findet außerdem eine farbliche Differenzierung statt. Ist beispielsweise ein Fehler aufgetreten, so erscheint die Nachricht in Rot. Über ein solch visuelles Merkmal erhält der Benutzer schnell Auskunft über den Benachrichtigungstyp.

3.1.4 Benutzerübersicht

Beim Öffnen einer Cell werden zu jedem Eintrag in Form von Avataren diejenigen Benutzer angezeigt, die diese Cell aktuell bearbeiten. Dies soll neben dem reinen Informationsaustausch und der Vorbereitung für ein eventuell zu integrierendes Projekt- und Aufgabenmanagement auch zur Stärkung des Teamgedankens beitragen.

3.1.5 Chat

Um auch bei der Chatfunktion die Arbeit und das gemeinsame Ziel ins Zentrum zu stellen, ist dieser an eine Cell gebunden, sodass alle daran Beteiligten in die Diskussion eingebunden sind und über eventuelle Änderungen oder Probleme bezüglich des Vorgehens informiert werden. Der Chat sorgt demnach dafür, dass die Kommunikation zwischen den Beteiligten ein essentieller Bestandteil auf dem Weg zum Erreichen des gemeinsamen Ziels ist.

Das Chatfenster selbst lässt sich beliebig skalieren und verschieben sowie minimieren, damit es bei der Bearbeitung der Schaltpläne nicht die Sicht auf den Editor versperrt. Über eine Schaltfläche am unteren Bildschirmrand kann das Fenster jederzeit wieder eingeblendet werden. Treffen neue Nachrichten ein, leuchtet diese lediglich dezent auf, anstatt eine Benachrichtigung einzublenden. Ein solch dezenter Hinweis sorgt für weniger Ablenkung. Dennoch wird auch hier eine relevante und benötigte Information vermittelt. Für eine schnellere und einfachere Kommunikation kann diese Funktion um einen Sprach-Chat erweitert werden.

3.1.6 Laserpointer

Es gibt jedoch Situationen, die sich nur schwer über die Chatfunktion kommunizieren lassen. Hierfür wurde die sogenannte *Laserpointer*-Funktion konzipiert. Aktiviert ein Benutzer den Laserpointer, so überträgt er seine eigenen Cursorbewegungen an alle anderen. Befindet sich der Cursor im Sichtbereich eines anderen Entwicklers, so sieht dieser dessen Cursor sich in Echtzeit über den Bildschirm bewegen. Andernfalls leuchtet am Rand ein farbiger Pfeil auf, der die Richtung angibt, in der sich der Cursor des anderen befindet. Folgt man diesem Pfeil, indem man die Ansicht des Editors verschiebt, gelangt man letztlich an die richtige Stelle und kann sich Änderungen direkt im Schaltplan zeigen lassen. Um sich beim Navigieren besser im gesamten Schaltplan zurechtzufinden, wäre es außerdem denkbar, den Editor um eine sogenannte *Minimap* zu ergänzen. Auf dieser kann dann sowohl die Position, an welcher der Laserpointer aktiviert wurde, als auch die Position, an welcher der Entwickler selbst zuletzt Änderungen vorgenommen hatte, markiert werden. So wäre ein schnelles und einfaches Springen zwischen verschiedenen Positionen im Schaltplan ohne langes Verschieben der Ansicht möglich. Sowohl das Prinzip der Pfeile am Bildschirmrand, die anzeigen, dass etwas außerhalb des eigenen Sichtbereiches geschieht, als auch die Minimap kennt man beispielsweise aus Echtzeitstrategiespielen.

3.2 Architektur

Für die Realisierung der kollaborativen Webanwendung wird eine Client-Server-Architektur benötigt, damit alle Projektdaten an einer zentralen Stelle abgelegt und von allen Entwicklern editiert werden können. Außerdem benötigt es eine bidirektionale Kommunikation zwischen Client und Server, die mittels *Web Sockets* umgesetzt wird. Abbildung 1 zeigt das FMC Blockdiagramm der Gesamtarchitektur. Verschiedene Clients

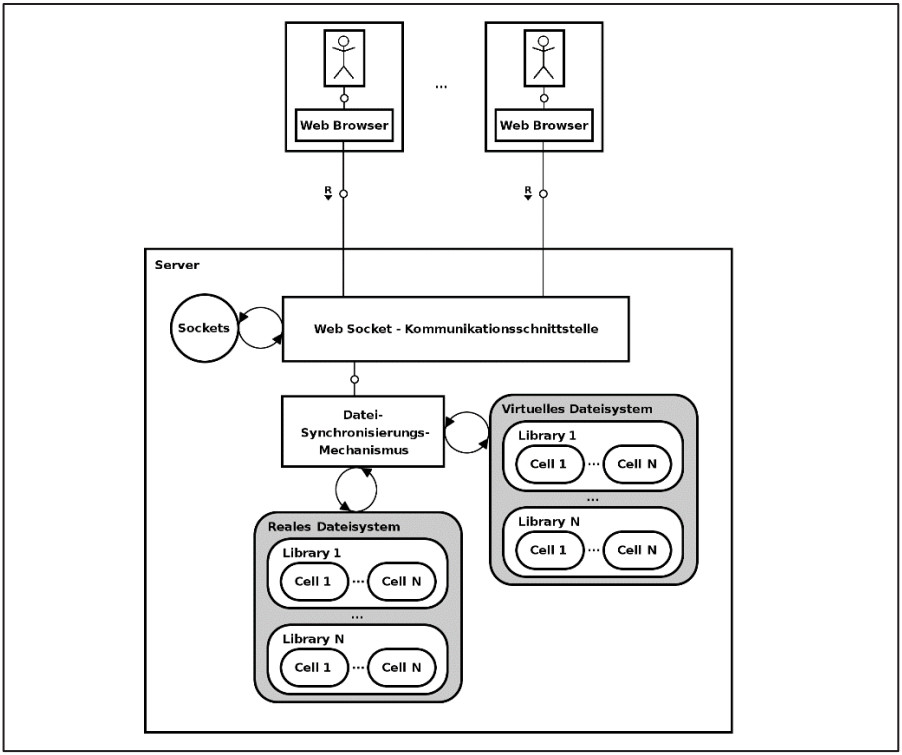

Abbildung 1: FMC Blockdiagramm der Client-Server-Architektur.

rufen die Webanwendung in ihrem Webbrowser auf und verbinden sich dadurch über die Web Sockets mit dem Server. Dieser verfügt über einen *Dateisynchronisierungs-Mechanismus*, welcher dafür sorgt, dass alle Änderungen der Clients an den Schaltplänen miteinander synchronisiert werden, sodass es zu keinen Inkonsistenzen in der Datengrundlage kommt. Des Weiteren ist dieser Mechanismus dafür zuständig, allen Clients bereits verarbeitete und synchronisierte Änderungen zukommen zu lassen. Da die Kommunikation zwischen Client und Server in weicher Echtzeit erfolgt, erzeugen die Clients nur für kurze Zeit lokale Kopien in ihrem Browser. Jegliche vorgenommenen Änderungen werden umgehend an den Server und anschließend an alle anderen Beteiligten übermittelt.

Die Synchronisierung und Speicherung der vorgenommenen Änderungen findet zunächst auf einem *virtuellen Dateisystem* statt. Dieses stellt eine Abbildung des *realen Dateisystems* dar, das die tatsächlichen Projektdateien beinhaltet. Das virtuelle Dateisystem sorgt dafür, dass Änderungen nicht stets direkt auf die Festplatte geschrieben werden, was bei vielen zeitgleichen Änderungen zu einer hohen Datenträgerauslastung führen würde. Stattdessen findet die Synchronisierung und Speicherung zunächst virtuell statt. Die virtuellen Daten werden im Hintergrund in einem fest definierten Zeitintervall auf das reale Dateisystem übertragen. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die Daten im virtuellen System noch nicht binär, in geometrischer Form vorliegen, wodurch die Synchronisierung der Änderungen und eine

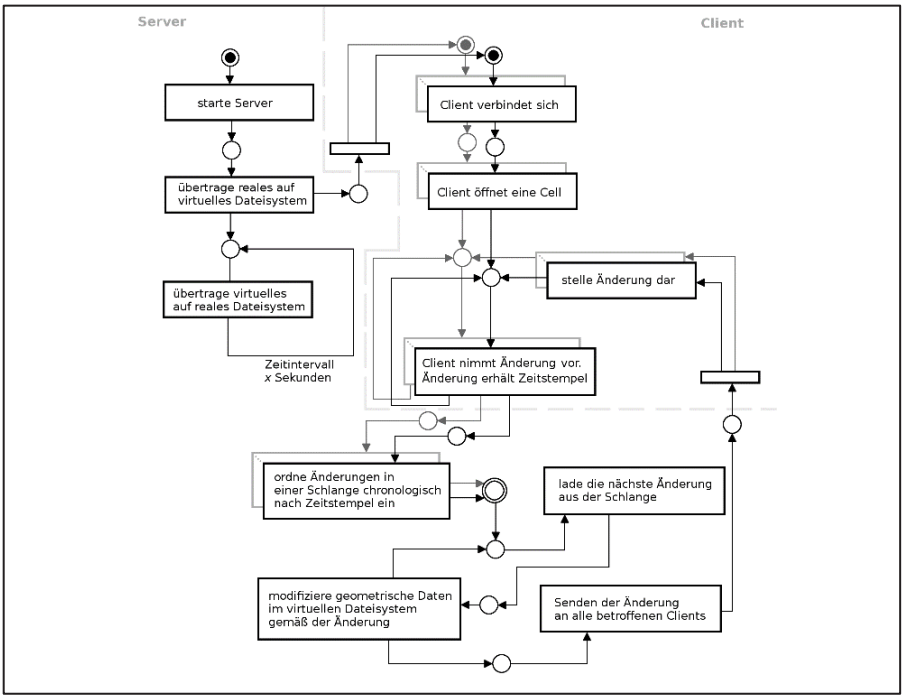

Abbildung 2: FMC Petri-Netz der Datensynchronisierung.

eventuelle Versionsverwaltung deutlich erleichtert werden.

3.3 Skizzierung eines Verfahrens für die Datensynchronisierung

Die Synchronisierung der vorgenommenen Änderungen aller Clients passiert auf Basis des virtuellen Dateisystems, das in einem fest definierten Zeitintervall X auf das reale Dateisystem abgebildet wird. zeigt schematisch in Form eines Petri-Netzes den Ablauf der Synchronisierung von Änderungen aller Beteiligten. Den Einstiegspunkt bilden der Start des Servers und die Abbildung des realen Dateisystems auf das Virtuelle. Erst dann können sich die Clients mit dem Server verbinden, einzelne Cells öffnen und bearbeiten. Bei jedem Bearbeitungsschritt werden die Änderungen umgehend an den Server übermittelt und dort in einer Schlange eingereiht. Geordnet werden die eingehenden Änderungen anhand ihres Zeitstempels, den sie clientseitig zum Änderungszeitpunkt erhalten. Um zeitlich genau zwischen den Änderungen differenzieren zu können. Die Schlange wird serverseitig in einem eigenen Thread abgearbeitet. Mit jeder Iteration wird die am weitesten zurückliegende Änderung geladen. Die darin enthaltenen Modifikationen der geometrischen Schaltplanelemente werden auf das virtuelle Dateisystem übertragen. Ist die Änderung verarbeitet, wird diese an alle Clients, die denselben Schaltplan geöffnet haben, für die Aktualisierung der Ansicht übermittelt.

Selektiert ein Entwickler ein oder mehrere Elemente im Schaltplan, so wird diese Selektion ebenfalls serverseitig registriert. Solange die Elemente selektiert sind, können diese von keinem anderen Entwickler bearbeitet werden. Ebenso bleibt das Element serverseitig als selektiert hinterlegt, solange nicht alle Änderungen aus der Schlange bezüglich des Elementes

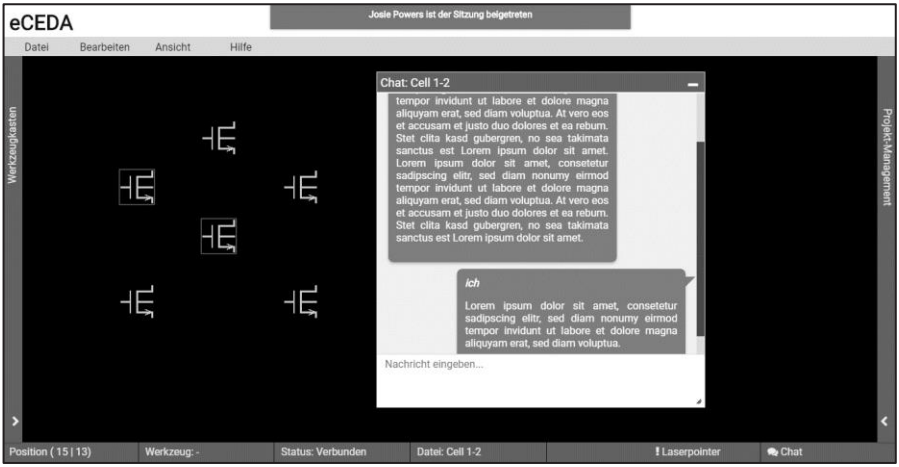

Abbildung 3: Benutzeroberfläche des implementierten Prototyps.

verarbeitet und an die übrigen Clients übermittelt wurden. Entsprechend muss bei Durchführung jedes clientseitigen Änderungsversuchs die Selektion des Clients mit der Liste der serverseitig gesperrten Elemente abgeglichen und die Bearbeitung der Elemente gegebenenfalls unterbunden werden.

3.4 Implementierung des Prototyps

Für die serverseitige Implementierung kam aufgrund der Web Sockets sowie der Anforderung der weichen Echtzeit *Node.js*[2] zum Einsatz. Die Web Sockets selbst wurden sowohl client- als auch serverseitig mittels *Socket.io*[3] realisiert. Demnach erfolgte die Implementierung der gesamten Anwendungslogik in *JavaScript*, die Gestaltung der Benutzeroberfläche mit *HTML* und *CSS*. Der exemplarische Editor für die Bearbeitung der Schaltpläne wurde auf Basis von *WebGL* umgesetzt. Abbildung 3 zeigt die Benutzeroberfläche des Prototyps. Zu Demonstrationszwecken wurden im Editor lediglich einige Transistoren platziert. Die Abbildung erhebt keine Ansprüche, einen validen Schaltplan darzustellen. Alle Funktionen wurden so implementiert, wie es im Konzept beschrieben wurde.

4 FAZIT

Im Rahmen dieser Arbeit galt es, ein Konzept für eine Webanwendung zu entwickeln, die Experten im Chipentwurf bei der Kollaboration in Echtzeit unterstützen soll. Hierfür wurden zunächst Aspekte der Kollaboration im Allgemeinen sowie der eCollaboration untersucht und anschließend auf das Konzept der hier prototypisch zu entwickelnden Plattform übertragen. Das Ergebnis dieser Arbeit stellt der Prototyp *eCEDA (eCollaboration for Electronic Design Automation)* dar.

Eine erfolgreiche Kollaboration geht sowohl mit der Kommunikation als auch der Koordination durch einen stetigen Informationsaustausch zwischen allen Beteiligten einher. Die Herausforderung bei der Schaffung einer eCollaboration Plattform besteht darin, diese Aspekte gegeneinander auszubalancieren, sodass die Arbeit und das Erreichen des gemeinsamen Ziels als Team im Vordergrund stehen. Nur dann ist eine deutliche Produktivitätssteigerung durch Kollaboration möglich. Für die

[2] Webseite Node.js: https://nodejs.org/

[3] Webseite Socket.io: https://socket.io/

Kommunikation und Koordination wurden in Abschnitt 3.1 das Chatsystem, der Laserpointer, die automatisierten Benachrichtigungen sowie die Benutzerübersicht beim Öffnen einer Cell vorgestellt. Für die Schaffung eines Grundvertrauens in die Plattform dürfen trotz gleichzeitiger Bearbeitung keine Änderungen verloren gehen. Zu diesem Zweck wurde in Abschnitt 3.3 ein Verfahren für die Synchronisierung aller Änderungen in Echtzeit vorgestellt. Das Ziel der Schaffung eines Konzeptes für die Echtzeitkollaboration im Chipentwurf inklusive einer ersten prototypischen Implementierung wurde somit erreicht.

5 AUSBLICK

In Abschnitt 3.3 wurde erläutert, wie mittels einer temporären Sperre eine simultane Bearbeitung desselben Elements in einem Schaltplan verhindert werden kann. Doch bringt diese Sperre auch ein Problem mit sich. Sollte ein Benutzer ein Element längere Zeit selektiert haben, ohne es dabei aktiv zu bearbeiten, kann hierdurch eine Behinderung für den Arbeitsablauf anderer Beteiligter entstehen. Eine mögliche Lösung bestünde darin, die Selektion automatisch nach einer gewissen Zeit, etwa nach 5 Minuten, aufzuheben. Doch muss auch der Fall berücksichtigt werden, dass das Element unter Umständen absichtlich blockiert wird, da es zur Lösung eines komplexeren Problems gehört und daher nicht von anderen bearbeitet werden darf. Für eine solche bewusste Elementsperre muss demnach eine neue Funktion vorgesehen werden. Da es sich um eine Webanwendung handelt, müssen auch Sicherheitsaspekte berücksichtigt werden. So bedarf es beispielsweise eines Logins, damit lediglich beteiligte Mitarbeiter auf die Dateien und Werkzeuge zugreifen können. Wird die Plattform dagegen nur innerhalb eines Intranets zugänglich gemacht, wäre die Absicherung gegen öffentliche Zugriffe gegeben. Für Mitarbeiter im Home-Office muss dann ein entsprechender VPN-Zugang eingerichtet werden. Die Authentifizierung könnte in diesem Zuge mittels SSO[4] realisiert werden.

Im Rahmen dieser Ausarbeitung konnte nicht auf alle tiefergehenden sozialen und psychologischen Aspekte sowie die daraus resultierenden Frage- und Problemstellungen eingegangen werden. Ein Ansatz zu deren Beantwortung könnten die Spieletheorie und Aspekte der Gamification darstellen. Die Pfeile bei der Laserpointer-Funktion und die angemerkte Erweiterung um eine Minimap sind bereits zwei Konzepte, die aus dem Spielebereich übernommen wurden. Ob und inwiefern die Spieletheorie und Gamification außerhalb von klassischen Spielen verwendet werden können, wird unter anderem in [17] erläutert. Auch Konzepte der operanten Konditionierung und damit verbundene Lernmethoden, wie sie auch im e-Learning-Bereich Anwendung finden, könnten für weiterführende Arbeiten zu diesem Thema von Interesse sein. In diesem Zusammenhang würde sich auch die nutzerorientierte Gestaltung als Vorgehensweise bei der weiteren Entwicklung empfehlen.

6 LITERATUR

[1] T. Kostienko, W. Mueller, A. Pawlak, T. Schattkowsky; An Advanced Infrastructure for Collaborative Engineering in Electronic Design Automation; 2003; <https://www.researchgate.net/publication/221004504_An_advanced_infrastructure_for_collaborative_engineering_in_electronic_design_automation> (08.10.2017)

[2] D. Chinnery, K. Keutzer; Closing the Gap Between ASIC & Custom; Springer Science & Business Media; 2007; ISBN 1-306-47823-4

[3] J. Yuan, C. Pixley, A. Aziz; Constraint-Based Verification; Springer Science &

[4] Single Sign-on

Business Media; 2006; ISBN 0-387-25947-3

[4] L. M. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh, M. Ollus; Virtual Organizations: Systems and Practices; Springer Science & Business Media; 2006; ISBN 0-387-23755-0

[5] A. Comte; A General View of Positivism; Routledge; 1848; <https://books.google.de/books?id=v6ZJAAAAIAAJ&printsec=frontcover&hl=de&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false> (12.10.2017)

[6] D. Bouchlaghem; Collaborative Working in Construction; Routledge; 2012; ISBN 978-0-415-59699-2

[7] M. M. Beyerlein, S. Freedman, C. McGee, L. Moran; Beyond Teams: Building the Collaborative Organization; Wiley; 2002; ISBN 978-0-7879-6373-6

[8] M. Szenberg, L. B. Ramrattan; Collaborative Research on Economics; Springer; 2017; ISBN 978-3-319-52799-4

[9] W. R. Bion; Experiences in Groups; Routledge; 2013; ISBN 0-203-35907-0

[10] K. Riemer; eCollaboration: Systeme, Anwendung und aktuelle Entwicklungen, in: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik Vol. 46, Issue 3, S. 7-17; 2009; ISBN 978-3-89864-973-5

[11] D. Schuster, A. Schill; Ubiquitäre dokumentenzentrierte Echtzeitkollaboration, in: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik Vol. 46, Issue 3, S. 65-75; 2009; ISBN 978-3-89864-973-5

[12] L. Rusu, V. Rusu; Online Project Management for Dynamic e-Collaboration, in: Informatica Econonimca vol. 14, no. 1/2010; 2010; <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=241736de-e1a0-4ff3-bbe4-202aa9ade5a1%40sessionmgr103> (27.09.2017)

[13] A. Ferrate; Google Wave: Up and Running; O'Reilly Media, Inc.; 2010; ISBN 978-0-596-80600-2

[14] L. Xue, Mehmet Orgun, K. Zhang; Intention Preservation by Multi-versioning in Distributed Real-Time Group Editors, in: Engineering and Deployment of Cooperative Information Systems: First International Conference, S. 510-524; 2002; Springer; ISBN 3-540-44222-7

[15] M. Kleine, R. Hirschfeld, G. Bracha; An Abstraction of Version Control Systems; Universitätsverlag Potsdam; 2012; ISBN 978-3-86956-158-5

[16] R. C. Tausworthe; Algorithms for software development version control and change detection; 1982; <https://www.researchgate.net/publication/23818633_Algorithms_for_software_development_version_control_and_change_detection> (15.10.2017)

[17] J. Kumar, M. Herger; Gamification at Work: Designing Engaging Business Software; The Interaction Design Foundation; 2013; ISBN 978-87-92964-07-6

Low-cost Touchfloor zur Unterstützung der Kollaboration eines Projektteams

Steffen Hähnle
Hochschule Reutlingen
Steffen.Haehnle@Student.Reutlingen-University.DE

Abstract

Die meisten der aktuell im Alltag vorfindlichen Touch-Flächen wurden unter Anwendung komplexer und kostenintensiver Technologien realisiert. Gerade für das Anwendungsszenario eines Touchfloors, bei welchem meist eine überdurchschnittlich große Touch-Fläche erwünscht ist, werden kostengünstigere Umsetzungsmöglichkeiten angestrebt. Dieses Paper dient als Ausgangsbasis für die Umsetzung eines Low-cost Touchfloors, der die kollaborative Arbeit eines Projektteams unterstützen soll. Mithilfe einer Analyse des State of the Arts der Touch-Technologien und einer anschließenden Evaluation, wird die Touch-Technologie abgeleitet, die sich am besten zur Realisierung dieses Low-cost Touchfloors eignet. Aus der Evaluation geht hervor, dass vor allem optische Touch-Technologien, insbesondere Visionsbasierte, für die Umsetzung von kostengünstigen großen Touch-Flächen geeignet sind.

Schlüsselwörter

Touch technologies, Touchfloor, interactive floor, Touchscreen, Multi-touch, Vision-based touch, collaborative work

---

Betreuer Hochschule: Prof. Dr. Gabriela Tullius
Hochschule Reutlingen
swuxLab
Gabriela.Tullius@Reutlingen-University.de

Wissenschaftliche Vertiefungskonferenz
22. November 2017, Hochschule Reutlingen
Copyright 2017 Steffen Hähnle

CR-Kategorien

H. [**Information Systems**]: H.5.2 [**User Interfaces**]: Graphical User interfaces (GUI), Input devices and strategies
I.4 [**Image Processing and Computer Vision**]: I.4.0 [**General**]: Image displays, Image processing software
K.4.3 [**Organizational Impacts**]: Computer-supported collaborative work

1 Einführung

Ein Touchfloor ist eine elektronisch visuelle Anzeige für den Fußboden und kann eine Berührung erkennen und lokalisieren [1]. Durch diese Eigenschaft liefert ein Touchfloor die Möglichkeit, sowohl als Ein-, als auch als Ausgabegerät verwendet werden zu können.

Bereits im Jahre 1965 entwickelte E. A. Johnson für die Anwendung in der Luftverkehrsüberwachung ein nach ihm so bezeichnetes „touch display“ [2]. Sein entwickeltes Ein- und Ausgabegerät bestand bei grober Betrachtung aus einer Kathodenstrahlröhre (kurz: CRT) und einer darauf angebrachten Maske mit mehreren verzinnten Kupferdrähten, die mithilfe fein isolierter Drähte und abgeschirmten Leitungen über die Kanten der Maske mit der restlichen Elektronikausrüstung verbunden waren [2]. Durch die Verbindung mit der abgeschirmten Leitung wurden die verzinnten Kupferdrähte zu einem Teil einer Wechselspannungs-Brückenschaltung. Diese ist im Ausgangszustand ausgeglichen, wird jedoch bei unmittelbarer Nähe eines externen Leiters, beispielsweise einem mensch-

lichen Finger, aus dem Gleichgewicht geworfen [2]. Anhand der Veränderung des Ausgangszustands konnte folglich vom System eine Touch-Eingabe festgestellt werden, die zusätzlich lokalisiert werden konnte. Auf diese Erfindung des ersten kapazitiven Touchscreens von E. A. Johnson hin folgte ziemlich früh ein anderer Umsetzungsansatz. Dr. George Samuel Hurst entwickelte 1970 den ersten resistiven Touchscreen, der Fingereingaben per Druck auf das Display wahrnehmen konnte. Trotz dieser frühen und innovativen Eingabemethoden, die kurz nach der ersten Computermaus erfunden wurden [3], fand die Blütezeit der Touchscreens einige Dekaden später statt. Durch die Ära der mobilen Endgeräte und vor allem mit dem durch das iPhone im Jahre 2007 gestarteten Hype um die ersten Smartphones mit Multi-Touch-Technologie, wurde die Nachfrage an Touchscreens und deren Weiterentwicklung neu entfacht. Heutzutage sind Touchscreens weit verbreitet und in einer Vielzahl an mobilen Endgeräten verbaut. Der Grund, warum Touchscreens vor allem durch die mobilen Endgeräte vermehrt auf dem Markt erschienen sind, liegt wohl daran, dass Touchscreens gleichzeitig als Ein- und Ausgabegerät fungieren können. Physische Eingabeelemente können dadurch ersetzt werden, wodurch am Endgerät massive Platzeinsparungen bei gleichzeitig größeren Displays möglich werden. Steve Jobs stempelte im Jahre 2007 bei seiner offiziellen Vorstellung des Apple iPhones auf der Macworld in San Francisco die bis dato überwiegend verbauten physischen Tastaturen an Mobiltelefonen als unintelligent und benutzerunfreundlich ab. Dem Vortrag von Steve Jobs zufolge sei es die Multi-Touch-Technologie, die eine revolutionäre Benutzeroberfläche für Smartphones zugänglich mache. Seinem Ideal folgend und den Vorteil darin sehend, sprangen auch andere etablierte Smartphone-Hersteller auf die Multi-Touch-Schiene auf. Daher zählt der Touchscreen heutzutage bei den meisten Smartphones zu der Grundausrüstung. Natürlich blieb es nicht nur bei Smartphones und anderen mobilen Endgeräten, bei denen der Touchscreen Einzug gefunden hat, sondern mittlerweile sind Touchscreens beispielsweise auch bei so manchen Elektro-Großgeräten verbaut. Mit dem immer präsenteren Vorkommen von Touchscreens entstand auch vermehrt die Idee, größere Flächen eines Raumes zu nutzen und diese als interaktive Ein- und Ausgabegeräte zu verwenden. Neben den aus dieser Idee resultierten interaktiven Wänden, den häufig sogenannten Touchwalls, haben sich auch interaktive Böden, den sogenannten Touchfloors, entwickelt.

Diese Ausarbeitung dient als Ausgangsbasis für einen zu entwickelnden Touchfloor, der die kollaborative Arbeit eines Projektteams unterstützen soll. Im betrachteten Use-Case soll der Touchfloor einem Projektteam aus der Vogelperspektive heraus einen virtuellen Rundgang durch eine Produktionshalle einer Maschinenfabrik ermöglichen. Wird bei diesem Rundgang ein Fuß auf einer abstrakt dargestellten Maschine platziert, können die Informationen und Kennzahlen zu dieser Maschine ausgelesen werden. Der Touchfloor sollte hierzu mit einer entsprechenden Software ausgestattet sein, die eine Schnittstelle zu allen Maschinen in der Produktionshalle aufweist und dadurch Live-Daten anzeigen kann. Damit der virtuelle Rundgang von mehreren Personen gleichzeitig durchgeführt werden kann und die angezeigten Informationen aus dem Stand der Bediener heraus erkennbar sind, ist eine entsprechend große Bedieneroberfläche unentbehrlich. Herkömmliche Touch-Technologien gelten jedoch immer noch als sehr kostenintensiv, wodurch vor allem große Touch-Flächen sehr kostspielig sind. Im folgenden Kapitel wird auf diese Problemstellung etwas genauer eingegangen.

1.1 Die Problemstellung vieler Touch-Technologien

Ein Großteil der aktuell im Alltag anzutreffenden Touch-Flächen wurden mithilfe von Technologien realisiert, die auf die Verbauung kostspieliger Hardware-Komponenten

angewiesen sind. Im Falle von mobilen Endgeräten, die für eine hohe Mobilität ausgelegt werden und daher bestenfalls leicht, handlich und in deren Größe klein dimensioniert sind, macht sich ein deutlicher Preisunterschied durch die Integration eines Touchscreens schon erkennbar. Jedoch wird dieser Preisunterschied von den meisten Kunden aufgrund von schlagkräftigen Vorteilen, beispielsweise durch ein größeres Display, akzeptiert. Wird jedoch der Blick auf Geräte mit größeren Touch-Flächen gerichtet, dann führt diese Integration einer Touch-Fläche mittels herkömmlichen Touch-Technologien zu gravierenderen Preisunterschieden, wodurch die Endprodukte meist nicht markttauglich werden. Dies stellt wohl auch einen der Hauptgründe dar, warum Touch-Flächen oft in kleinen Formaten vorzufinden sind. Um die Größenskalierung von Touch-Flächen kostengünstiger zu gestalten, wird eine andere Technologie zur Umsetzung benötigt. Am Beispiel eines Touchfloors kommt als zusätzliche Schwierigkeit für die zu wählende Touch-Technologie hinzu, dass einerseits die Touch-Fläche durch das Gewicht der Bediener belastet wird. Andererseits sollte die Bedienfläche auch in der Lage sein, Eingaben von Nichtleitern, beispielsweise von Laufsohlen aus Gummi oder Leder, erkennen zu können.

1.2 Aufbau und Ziel der Ausarbeitung

Neben den für die breite Masse etwas bekannteren Touch-Technologien, die beispielsweise in der Smartphone-Branche zur Umsetzung von Touchscreens gewählt werden, gibt es eine Fülle weiterer Umsetzungsmöglichkeiten für Touch-Flächen. In *Kapitel 2* dieser Ausarbeitung werden alle Touch-Technologien vorgestellt, die im Zuge der Recherche für diese Ausarbeitung gefunden wurden. In *Kapitel 3* werden daraufhin aus dem Use-Case Anforderungen an die Touch-Technologien ausgearbeitet. Die Anforderungen werden daraufhin in der Evaluation aller gefundenen Touch-Technologien in *Kapitel 4* miteinbezogen. Das Ziel dieser Ausarbeitung ist es, für die Umsetzung des Touchfloors aus dem Use-Case eine möglichst geeignete Touch-Technologie zu finden, die darüber hinaus weitestgehend kostengünstig ist. In *Kapitel 5* wird hierzu aus den Ergebnissen der Evaluationsphase eine geeignete Touch-Technologie abgeleitet.

2 State of the Art von Touch-Flächen

In diesem Kapitel wird der letzte Stand der Technik von verschiedenen Touch-Technologien ausgeleuchtet. Generell lassen sich die bis dato existierenden Technologien zur Umsetzung von interaktiven Touch-Flächen mittels sechs verschiedenen Kategorien von Touch-Technologien realisieren: kapazitive, resistive, induktive, akustische, optische und druck-erfassende Technologien [1–17].

2.1 Kapazitive Touch-Technologie

Kapazitiven Touch-Technologien liegt zugrunde, dass ein Leiter, beispielsweise ein menschlicher Finger, in unmittelbarer Nähe zur Bedienfläche, mit einer Elektrode einen Kondensator (engl.: capacitor) bildet. Ein leitender Gegenstand ist für die Eingabe bei einem kapazitiven Touchscreen unentbehrlich, da ansonsten kein Kondensator in Verbindung zur Elektrode zustande kommen kann. In der Literatur werden kapazitive Touch-Technologien meist in zwei verschiedene Arten unterteilt, die in den folgenden Unterkapiteln vorgestellt werden.

2.1.1 Oberflächen-kapazitiv (SCAP)

Bei einer Oberflächen-kapazitiven (engl.: Surface Capacitive – kurz: SCAP) Touch-Fläche liegen viele verschiedene Elektroden zweidimensional angeordnet unterhalb der Glasoberfläche des Bildschirms [4]. Um die Kapazität des zwischen leitenden Eingabegegenstand und Elektrode erzeugten Kondensators zu ermitteln und um dadurch Rückschlüsse auf eine getätigte Eingabe zu erhalten, wird ein zweistufiger Prozess angewandt [4]. Durch die Kondensator-Verbindung wird

eine Spannung an der Elektrode angelegt. Wird diese Elektrode nun über einen weiteren Kondensator geerdet, so fällt die an der Elektrode anliegende Spannung ab [4]. Anhand einer Spannungsmessung mittels Sensorik und Steuereinheiten kann das System feststellen, ob eine Fingereingabe vorgenommen wurde. Da sich unterhalb der schützenden Glasoberfläche mehrere Elektroden befinden, kann darüber hinaus der Spannungsabfall bzw. die Eingabe lokalisiert werden. Die beschriebene Erkennungsmethode wird in der Literatur häufig auch als Eigenkapazitäts-Touch-Technologie betitelt [1]. Sie hat zum Nachteil, dass die Anordnung der Elektroden in Zeilen und Spalten sogenannte „Ghost Points“ erzeugen kann [4]. Darunter werden fälschlicherweise erkannte Schnittpunkte verstanden, die von dem eigentlichen Berührpunkt abweichen. Deswegen kann diese Technologie nur Single-Touch fehlerfrei unterstützen.

2.1.2 Projiziert-kapazitiv (PCAP)

Eine Lösung für Multi-Touch unter den kapazitiven Methoden bietet hingegen die projiziert-kapazitive (engl.: Projected Capacitive – kurz: PCAP) Touch-Technologie. Die PCAP-Touch-Technologie macht sich eine auf Gegenkapazität beruhende Erkennungsmethode zunutze. Diese Erkennungsmethode wird mittels der Messung kleinster Nennkapazitäts-Änderungen zwischen leitfähigen Elektroden in zwei orthogonalen Feldern ausgeübt [5].

2.2 Resistive Touch-Technologie

Schlicht betrachtet besteht die herkömmliche resistive Touch-Fläche aus einer Schutzschicht und aus zwei darunterliegenden leitenden Schichten, die im Ausgangszustand durch Abstandshalter voneinander getrennt sind [6]. Um den zwei Schichten eine Leitfähigkeit für elektrischen Strom zu verleihen, sind diese meist mit Indiumzinnoxid (ITO) beschichtet [7]. ITO ist ein Halbleiter, der bei normalen Lichteinwirkungen transparent ist, wodurch er für das menschliche Auge unsichtbar ist [8]. Wird bei einem resistiven Touchscreen mit beispielsweise einem Finger ein leichter Druck auf die Bedienfläche ausgeübt, so entsteht an dieser Berührstelle ein Kontakt zwischen beiden Schichten [6]. Zumal durch beide Schichten ein elektrischer Strom fließt, wird das elektrische Feld durch den Kontakt gestört bzw. verändert [6]. Dabei ändern sich auch die vom Kontakt beeinflussten Widerstände. Sobald vom Controller eine Widerstandsänderung gemessen wird, können vom System Rückschlüsse auf eine Eingabe und deren Position (in Form von X-Y-Koordinaten) gezogen werden [9]. Die Namensgebung der resistiven Touch-Technologie basiert darin, dass sich die Erkennungsmethode eine Messung der Widerstandsänderung zunutze macht und das äquivalente Wort des deutschen Nomens „Widerstand“ im englischen Sprachraum als „resistance“ übersetzt wird.

Resistive Touch-Technologien lassen sich aufgrund feiner Unterschiede in den Erkennungsmethoden von Eingaben weiterhin in drei Unterkategorien unterteilen.

2.2.1 Analog-resistive Touch-Technologie

Bekannte Vertreter der analog-resistiven Touch-Technologien sind der Vier-Draht (engl.: Four-Wire – kurz: 4W), der Fünf-Draht (engl.: Five-Wire – kurz: 5W) und der Acht-Draht (engl.: Eight-Wire – kurz: 8W) Touchscreen [5]. Allen ist gemeinsam, dass sie eine bestimmte Anzahl an Drähten in der Verbindung zu dem Sensor aufweisen [7]. Im Beispiel eines Vier-Draht-Touchscreens sind vier Drähte mit dem Sensor verbunden [7]. Die anderen Enden der Drähte werden mit den leitenden Schichten verbunden. Jede leitende Schicht erhält dabei an jedem Ende jeweils einen Draht, so dass die X-Achse der einen leitenden Schicht und die Y-Achse der anderen leitenden Schicht mit dem Sensor verbunden sind [7]. Die Drähte selbst fungieren dabei als Stromschienen [7]. Wird durch den Controller eine Spannung an den X-Anschlüssen angelegt und die Spannung an einer der Y-Verbindungen gemessen, kann die X-Position der Berührung bestimmt werden

[7]. Zur Bestimmung der Y-Position der Berührung hingegen wird eine Spannung an den Y-Anschlüssen angelegt und die Spannung an einer der X-Verbindungen gemessen [7]. Da die standardmäßigen Draht-basierten resistiven Touch-Technologien, wie beispielsweise der Vier-Draht, nur Single-Touch-Erkennung unterstützen und damit den meisten Anforderungen der Zielgruppen des heutigen Technik-Zeitalters nicht gerecht werden, wurden resistive Touch-Technologien mit Multi-Touch-Unterstützung entwickelt.

2.2.2 Analog Multi-Touch resistiv (AMR)

Hinter dem Akronym „AMR“ verbirgt sich eine Technologie, die Multi-Touch, basierend auf Modifizierungen an initialen analog-resistiven Touch-Technologien, ermöglicht. Der Aufbau eines AMR-Touchscreens ist dem Aufbau des Vier-Draht-Touchscreens sehr ähnlich, unterscheidet sich jedoch darin, dass die leitenden Schichten andersartig strukturiert sind. Die normalerweise homogen-strukturierten leitenden Schichten sind bei einem AMR-Touchscreen in Streifenmustern aufgebaut [7]. Das Streifenmuster ist dabei so gestaltet, dass jeder Schnittpunkt von den Streifen einen Eckpunkt eines Quadrats bildet [7]. In der Praxis hat dieses Quadrat meist eine Seitenlänge von 10-20 mm [7]. Jedes dieser Quadrate kann eigenständig einen darauf ausgeübten Druck erfassen, wodurch bei Berührung unterschiedlicher Quadrate Multi-Touch gewährt wird. Sollte es innerhalb eines Quadrats zu zwei Berührungen kommen, so wird dies als Single-Touch gewertet [7]. Die Grundidee zur Entwicklung von AMR-Touchscreens war es, eine kostengünstigere Multi-Touch-Alternative zum aktuell in Smartphones meist verbauten PCAP-Touchscreen zu erschaffen [7].

2.2.3 Digital Multi-Touch resistiv (DMR)

Auch bei einem DMR-Touchscreen liegen zwei bei Druck interagierende Schichten vor, welche ebenso, wie die anderen resistiven Touchscreens, mit ITO beschichtet [7] und daher leitfähig sind. Die ITO-Beschichtungen sind dabei zweidimensional in orthogonal zueinanderstehenden Streifen angeordnet [7]. Kommt es zu einer Berührung, entsteht ein elektrischer Kontakt bei den Schnittpunkten der von der Berührung erfassten ITO-Beschichtungen [7]. Jeder Schnittpunkt schließt dabei einen elektrischen Stromkreis [7]. Daher fungieren die Schnittpunkte bei DMR-Touchscreens als Schalter.

2.3 Induktive Touch-Technologie

Wie bei einer kapazitiven Touch-Fläche, muss auch bei der induktiven Touch-Fläche keine direkte Berührung zwischen Eingabe-Gegenstand und Display stattfinden. Bei einer induktiven Touch-Fläche wird jedoch ein spezieller Stylus zur Eingabe benötigt. Dabei handelt es sich um eine Art Stift mit integrierter Induktionsspule, die in unmittelbarer Nähe zur induktiven Touch-Fläche ein Magnetfeld aufbaut. Durch den Austausch elektromagnetischer Wellen zwischen dem Stylus und der induktiven Touch-Fläche, wird mithilfe eines Controllers die Position der Eingabe bestimmt.

2.4 Akustische Touch-Technologie

Bei Touch-Technologien, die sich bei der Erkennung einer Eingabe auf die Akustik berufen, spielen Wellenausbreitungen eine entscheidende Rolle. Zwei häufiger anzutreffende Erkennungsmethoden aus der Rubrik der akustischen Touch-Technologien beruhen auf den akustischen Oberflächenwellen und der akustischen Pulserfassung.

2.4.1 Akustische Oberflächenwellen (SAW)

Bei der auf akustischen Oberflächenwellen (engl.: Surface Acoustic Wave – kurz: SAW) basierten Touch-Technologie breiten sich Transversalwellen in der berührbaren Oberfläche, die meist aus Kalknatronglas gefertigt ist, aus [5, 7]. Mithilfe von piezoelektrischen Wandlern und Reflektoren werden die Transversalwellen über die Oberfläche geschickt

bzw. verteilt und es entsteht dabei ein Raster, das für das menschliche Auge unsichtbar ist [5]. Wird die Oberfläche berührt, so wird ein Teil dieser Transversalwellen abgefangen. Ein Controller kann daraufhin die Positionsdaten der Unterbrechung des Wellenrasters bestimmen [5].

2.4.2 Akustische Pulserfassung (APR)

Um eine akustische Pulserfassung (engl.: acoustic pulse recognition – kurz: APR) für die Erkennung einer Oberflächeneingabe umzusetzen, werden grob betrachtet ein Stück Glas und vier piezoelektrische Wandler benötigt [7]. Das Glas wird, wie bei der SAW-Touch-Technologie, als Berührungsoberfläche verwendet. Die vier piezoelektrischen Wandler sind auf der Rückseite des Glases angebracht und überprüfen das Glas kontinuierlich auf Biegungswellen, die bei der Berührung der Glasoberfläche erzeugt werden und daher auf eine Eingabe hindeuten [7]. Auch bei dieser Technologie wird durch einen Controller, wie bei den meisten Touch-Technologien, der Ort der Berührung bzw. der Eingabe bestimmt [7].

2.5 Optische Touch-Technologien

Optische Touch-Technologien gibt es zwar schon seit einigen Jahrzehnten, doch sie haben erst in den letzten paar Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen [7]. Im Folgenden werden die derzeit bekanntesten optischen Touch-Technologien vorgestellt.

2.5.1 Infrarot-Scanning

Bei einer auf Infrarot-Scanning basierenden Touch-Fläche sind Infrarot-LEDs und Fototransistoren im Rahmen des Bildschirms verbaut. Die Infrarot-LEDs entsenden Lichtsignale, die von den gegenüberliegenden Fototransistoren detektiert werden [1]. Kommt es zu einer Eingabe, so werden ausgesendete Lichtsignale überdeckt bzw. blockiert und gelangen somit nicht bis zu den entsprechenden Fototransistoren. Anhand den X- und Y-Achsenpositionen der blockierten Fototransistoren kann die Position der Eingabe ermittelt werden. Ein wesentlicher Vorteil dieser Technologie geht durch die nicht benötigte direkte Berührung hervor, wodurch auch dickes Panzerglas als Oberflächenmaterial denkbar wird, was wiederum das Endprodukt robuster gestaltet. Außerdem spielt es bei Infrarot-Scanning keine Rolle, ob der Gegenstand, der zur Eingabe gewählt wird, leitend ist oder nicht.

2.5.2 Planare Streuerkennung (PSD)

Bei der Planaren Streuerkennung (kurz: PSD) wird Infrarot-Licht in ein transparentes Substrat entsendet [7]. Durch eine Totalreflexion wird das Infrarot-Licht innerhalb des Substrats gehalten [7]. Wird die Oberfläche berührt, so kommt es aufgrund von frustrierter Totalreflexion (kurz: FTIR) zu einer Zerstreuung des Infrarot-Lichts [7]. Durch die Zerstreuung verliert der initiale Lichtstrahl an Intensität, erreicht jedoch dennoch den Fotodetektor, der sich auf der gegenüberliegenden Seite des Substrats befindet [7]. Mithilfe von Algorithmen und entsprechend verbauter Hardware kann daraufhin die Position der Eingabe bestimmt werden [7].

2.5.3 Visions-basiert

Hinsichtlich Visions-basierten Touch-Erkennungen haben sich diverse Ansätze entwickelt. Die wohl herkömmlichste Erkennungsmethode beruht auf Projektion [7] und bedient sich an den gleichen physikalischen Effekten wie die PSD-Touch-Technologie. Direkt neben einem Projektor, der hinter der berührbaren Fläche angebracht ist, wird eine Videokamera platziert [7]. Sobald eine Eingabe auf der berührbaren Oberfläche erfolgt, wird aufgrund der frustrierten Totalreflexion von dem Berührpunk aus Licht in Richtung des Projektors und der Videokamera gestreut [10]. Bei V. Soleimani et al. wurde ein weiterer Ansatz mittels Projektion und maschinellem Sehen entwickelt [6]. Mithilfe einer Microsoft Kinect der ersten Generation, welche standardmäßig unter anderem aus einem IR-Projektor und einer IR-Kamera besteht,

wurde ein Touchscreen realisiert [6]. In Verbindung mit einem Windows-basierten Rechner mit entsprechender Software wurde dabei ein herkömmlicher LCD-Bildschirm in einen Touchscreen umgewandelt [6]. Eine andere Visions-basierte Touch-Technologie liefert der im Jahre 2011 vorgestellte MultiTaction eines finnischen Unternehmens [11]. Der MultiTaction ist ein modifizierter LCD-Bildschirm, der Multi-Touch unterstützt [11]. Durch die Integration von Infrarot-Emittern und Infrarot-Kameras innerhalb der Hintergrundbeleuchtung des Bildschirms und durch eine auf dem eingebetteten Prozessor installierte Objekt-Tracking-Software wird dem System die Fähigkeit zur Touch-Erkennung verliehen [11]. Eine weitere Variante zur Realisierung einer Visions-basierten Touch-Fläche liefert ein gemeinsames Projekt von Microsoft und Samsung. Der Samsung SUR 40, ausgestattet mit Microsoft Surface 2.0, nutzt Infrarot-Fotodetektoren, die in Pixeln des Bildschirms verbaut werden [7]. Wenn es zu einer Eingabe kommt, reflektiert der Eingabegegenstand einen Teil des Infrarot-Lichts, welches von den Infrarot-Fotodetektoren wahrgenommen werden kann. Bei Detektionen wird mithilfe des Winkels des absorbierten Infrarot-Strahls die Position der Eingabe bestimmt.

2.6 Druck-erfassende Touch-Technologie (FS)

Die aus menschlicher Sicht wohl einfachste Methode um eine Berührung zu erfassen, geht durch die Erkennung des Drucks (Kraft) an verschiedenen Stellen hervor [7]. Technisch gesehen ist dieser Druck-erfassende (engl.: force sensing – kurz: FS) Ansatz vergleichsweise zu den meisten anderen Touch-Technologien sehr komplex [7]. Als Faustregel gilt bei dieser Technologie, dass pro gleichzeitig zu erkennender Berührung vier Drucksensoren in der Oberfläche des Displays verbaut werden müssen [7], wodurch Systeme mit Multi-Touch teurer werden.

3 Anforderungen an die Touch-Technologien aus dem Use-Case

Da sich die in *Kapitel 2* vorgestellten Touch-Technologien unterschiedlich gut für verschiedene Anwendungszwecke eignen, sollte jeglicher Evaluation ein Use-Case vorliegen, aus welchem Anforderungen an die zu wählende Touch-Technologie abgeleitet werden.

Der Touchfloor aus dem Use-Case sollte für mehrere Personen gleichzeitig zugänglich sein, wodurch sich die ersten Anforderungen an die zu wählende Touch-Technologie ableiten lassen. Damit der Touch-Floor durch mehrere Füße bedient werden kann, muss die Touch-Technologie Multi-Touch unterstützen. Dadurch wird der Touchfloor auch betretbar, ohne dabei weitere Eingaben zu blockieren. Außerdem sollte die Touch-Fläche auch ausreichend groß sein, damit sie von mehreren Personen gleichzeitig bedient werden kann. Da in dieser Ausarbeitung nach einer Low-cost Lösung gesucht wird, sollte sich die Touch-Fläche möglichst kostengünstig realisieren lassen. Die ausgewählte Technologie sollte darüber hinaus nur dann Eingaben erfassen, wenn dies auch tatsächlich welche sind. Außerdem sollte der Touchfloor ausschließlich im Stehen bzw. mit den Füßen bedient werden. Da es sehr unwahrscheinlich ist, dass der Touchfloor nur barfuß bedient wird, sollte der Touchfloor Eingaben mit Nichtleitern unterstützen. Zu guter Letzt sollte es mit der gewählten Touch-Technologie auch möglich sein, eine entsprechend stabile berührbare Oberfläche umzusetzen, die dem Gewicht der Bediener standhält.

4 Evaluation der Touch-Technologien im Use-Case

Dieses Kapitel dient zur Bewertung der gefundenen Touch-Technologien im Kontext des Use-Cases. Im ersten Unterkapitel werden zunächst ungeeignete Touch-Technologien für die Umsetzung des Touchfloors aussortiert, so dass im zweiten Unterkapitel nur die für den Use-Case geeigneteren Touch-

Technologien genauer untersucht und bewertet werden.

4.1 Abgrenzung ungeeigneter Touch-Technologien

Touch-Technologien, die mindestens einer Hauptanforderung aus dem Use-Case nicht gerecht werden, werden in *Tabelle 1* aufgezeigt und von dem weiteren Verlauf der Evaluation in *Kapitel 4.2* ausgeschlossen.

4.2 Engere Auswahl

Zur engeren Auswahl für die Umsetzung des kostengünstigen Touchfloors bleiben demnach nur die optischen Touch-Technologien übrig. Vor allem aufgrund der kostengünstigen Umsetzbarkeit von großen Touch-Flächen, finden diese Touch-Technologien auch in ähnlichen wissenschaftlichen Arbeiten Anwendung [12-15]. Zwar wurden auch Touchfloors, die auf anderen Technologien basieren, zum Beispiel auf der resistiven Touch-Technologie [16, 17], entwickelt, doch vergleichsweise zu den optischen Systemen sind die Endprodukte anderer Touch-Technologien teurer [7]. Da es jedoch ein Ziel dieser Ausarbeitung ist, für den angesprochenen Use-Case eine möglichst kostengünstige Technologie zur Umsetzung zu finden, wurden kostspieligere Umsetzungsmöglichkeiten bereits im vorherigen Kapitel aussortiert. Im Folgenden werden die Vor- und Nachteile der jeweiligen optischen Touch-Technologien ausgearbeitet.

Touch-Flächen, die auf der Technologie des Infrarot-Scannings beruhen, lassen sich auf sehr große Formate skalieren [5]. Generell gilt die Technologie als sehr robust und kostengünstig [7], doch um Multi-Touch für gleichzeitig mehrere Personen zu ermöglichen, ist ein ausgeklügeltes Design der Touch-Fläche unumgänglich [5], wodurch andere optische Touch-Technologien im Vergleich kostengünstiger sind [7].

Eine auf der Planaren Streuerkennung (PSD) basierende Touch-Fläche bietet einen sehr robusten Multi-Touch und liefert eine hohe Auflösung von bis zu 400 dpi [7]. Es kann jedoch auch eine frustrierte Totalreflexion von Gegenständen ausgehen, die nicht direkt die Oberfläche berühren, wodurch vom System fälschlicherweise Eingaben wahrgenommen werden [7].

Visions-basierte ermöglichen ebenso wie die auf PSD-basierte Touch-Technologien eine robuste Multi-Touch Eingabe [7]. Doch im

Tabelle 1: Touch-Technologien, die mind. eine Anforderung nicht erfüllen [5, 7]

	Geringe Kosten bei großen Flächen	Multi-Touch ist möglich	Eingabe mit Nichtleiter möglich
SCAP	Nein	Nein	Nein
PCAP	Nein	Ja	Nein
analog-resistiv	Ja	Nein	Ja
AMR	Nein	Ja	Ja
DMR	Nein	Ja	Ja
induktiv	Nein	Nein	Nein
SAW	Ja	Nein	Ja
APR	Ja	Nein	Ja
FS	Nein	Ja	Ja

Unterschied dazu werden bei der Visions-basierten Touch-Technologie Daten mitgeliefert, die von einer Bildverarbeitungs-Software weiterverarbeitet werden können [7]. Wird die Touch-Fläche mithilfe eines Projektors und Tiefenkameras umgesetzt, so kann auch die Visions-basierte Variante kostengünstig realisiert werden. Die letzte Anforderung aus dem Use-Case bezüglich einer stabilen betretbaren Touch-Fläche, kann bei der Projektionsmethode vernachlässigt werden, da der Boden des Raumes zur Touch-Fläche wird. Bei kamerabasierten Systemen ist jedoch eine initiale Kalibrierung notwendig.

5 Ergebnisse und Ausblicke der Evaluationsphase

Durch die diversen Vorteile der Visions-basierten Touch-Technologie und der möglichen kostengünstigen Umsetzung mittels Projektion und Tiefenkameras, eignet sich diese Technologie für die Umsetzung des Low-cost Touchfloors aus dem Use-Case besonders gut. Die Größe der Touch-Fläche kann durch den Projektionsabstand des Projektors variiert werden. Mittels der Erhöhung der Anzahl von Tiefenkameras können darüber hinaus Eingaben genauer erfasst werden. Als Tiefenkameras eignen sich beispielsweise TOF-Kameras, die Lichtimpulse aussenden, welche von opaken Gegenständen, beispielsweise Schuhen, reflektiert werden. Über die dabei gemessene Zeit dieses Vorgangs kann daraufhin die Distanz zu jedem reflektierenden Gegenstandspunkt bestimmt werden, wodurch die Eingaben mit 3D-Informationen erfasst werden. Im Falle eines Touchfloors empfiehlt sich die Verbauung dieser Tiefenkameras in horizontaler Ebene zur Projektionsfläche des Touchfloors. Hierdurch werden bei gezielter Kalibrierung und bei Bedienung im Stehen bestenfalls nur die Füße der Bediener Lichtimpulse reflektieren, wodurch es zu weniger fehlerhaften Eingaben kommt. Um einen robusten Multi-Touch zu erhalten bzw. um möglichst viele Überdeckungen von unterschiedlichen Füßen zu vermeiden, empfiehlt sich der Verbau mehrerer Tiefenkameras im Gesamtsystem. Um die Fläche des von den Bedienern ausgehenden Schattens, der auf die Projektionsfläche geworfen wird, möglichst klein zu halten, empfiehlt sich die Verbauung des Projektors aus der totalen Vogelperspektive heraus. Ein Schattenwurf könnte bei dieser Touch-Technologie nur durch die Projektion aus der entgegengesetzten Richtung zum Bediener vollständig vermieden werden, was sich jedoch in der Umsetzung schwieriger und vor allem kostspieliger gestalten würde.

6 Schlussfolgerung

Bislang gibt es keine Touch-Technologie, die sich für jeden Anwendungsbereich gleichermaßen gut eignet. Es ist daher empfehlenswert, sich bei der Auswahl der Touch-Technologie einen Use-Case vor Augen zu führen, aus dem Anforderungen an das Gesamtsystem abgeleitet werden. Im Falle eines Touchfloors, der die kollaborative Arbeit eines Projektteams unterstützen soll, sind Multi-Touch, eine große Touch-Fläche und die Möglichkeit zur Eingabe mit unterschiedlichen Gegenständen/Materialien nahezu unentbehrlich. Sollte dieser Touchfloor zusätzlich kostengünstig sein, müssen Kompromisse eingegangen werden. Es gewinnt daher nicht unbedingt die Touch-Technologie, die beispielsweise das schärfste Display und die exakteste Erkennung von Eingaben ermöglicht, auch das Rennen. Viel wahrscheinlicher fällt die Wahl auf die Touch-Technologie, mit der kostengünstig und effizient ein den Anforderungen entsprechendes Profil erzielt werden kann. Aus der Evaluationsphase dieser Ausarbeitung ging hervor, dass sich vor allem mithilfe von optischen Touch-Technologien große Touch-Flächen kostengünstig umsetzen lassen. Vor allem aber durch die Umsetzung des Touchfloors mittels einem Visions-basierten System, das sich aus Tiefenkameras, einem Projektor und einem Endgerät mit entsprechender Software zusammensetzen lässt, kann ein kostengünstiger Touchfloor erzielt werden, der den Anforderungen aus dem Use-Case gerecht wird.

7 Literaturverzeichnis

[1] M. R. Bhalla, A. V. Bhalla. Comparative Study of Various Touchscreen Technologies. International Journal of Computer Applications. Volume 6 – No. 8, September 2010.

[2] E. A. Johnson. Touch display – A novel input/output device for computers. Royal Radar Establishment Malvern, Worcs., England. Electronics Letters. October 1965 Vol. 1 No. 8 pp. 219-220. doi: 10.1049/el:19650200

[3] P. Atkinson. The best laid schemes o'mice and men: the evolution of the computer mouse. In: DE RIJK, Timo and DRUKKER, J. W., (eds.) Design and Evolution: Proceedings of Design History Society Conference 2006. Delft, Netherlands, Delft University of Technology, pp. 1-20

[4] T. Hebb. How Capacitive Touch Screens Work. Turfts University Massachusetts 2015.

[5] R. Phares, M. Fihn. Handbook of Visual Display Technology. Introduction to Touchscreen Technologies. pp 935-974. doi: 10.1007/978-3-540-79567-4_63

[6] Vahid Soleimani et. al. Converting every Surface to Touchscreen. Machine Vision and Image Processing (MVIP), 2011 7th Iranian. doi: 10.1109/IranianMVIP.2011.6121587

[7] A. K. Bhowmik. Interactive Displays: Natural Human-Interface Technologies. 2014. DOI: 10.1002/9781118706237

[8] N. C. S. Vieira et. al. Indium Tin Oxide Synthesized by a Low Cost Route as SEGFET pH Sensor. Materials Research. 2013. doi: 10.1590/S1516-14392013005000101

[9] A. Meroth, B. Tolg. Infotainmentsysteme im Kraftfahrzeug. Grundlagen, Komponenten, Systeme und Anwendungen. Vieweg Praxiswissen. pp. 136 ff. ISBN 978-3-8348-0285-9

[10] G. Walker, M. Finn. Beneath the Surface. Information Display 3, 31-34. 2010.

[11] H. Anttila. Multi-User Interactive Technology Advancements for Any Size Display. IHS Touch-Gesture-Motion Conference, Austin, TX.

[12] N. Griffith, M. Fernström. Litefoot – a floor space for recording dance and controlling media. In Proc. Int. Comput., 1998. pp. 475-481

[13] Y. L. Shen, C. S. Shin. Distributed sensing floor for an intelligent environment. IEEE Sensor J., vol. 9, no. 12, 2009. pp. 1673-1678

[14] M. Kourogi, T. Kurata. Personal positioning based on walking locomition analysis with self-contained sensors and a wearable camera. In Proc. 2nd IEEE ACM Int. Symp. Mixed Augment. Real. 2003. pp. 103-112

[15] S. Khan, M. Shah. A multiview approach to tracking people in crowded scenes using a planar homography constraint. In Proc. 9th Eur. Conf. Comput. Vis., 2006. pp. 133-146

[16] K. Hyunseok, C. Seongju: High-Resolution Touch Floor System Using Particle Swarm Optimization Neural Network. IEEE Sensors Journal, vol. 13, no. 6, 2013

[17] S. Chang et. al. Ubi-floor: Design and pilot implementation of an interactive floor system. In Proc. 2nd Int. Conf. Intell. Human-Mach. Syst. Cybern., Vol. 2. 2010. pp. 290-293

WearIT - Eine Rapid Prototyping Plattform für Wearables

Isabel Leber
Hochschule Reutlingen
Isabel.Leber@Student.Reutlingen-University.DE

Abstract

Rapid Prototyping Plattformen reduzieren die Entwicklungszeit, indem das Überprüfen einer Idee in Form eines Prototyps schnell umzusetzen ist und mehr Zeit für die eigentliche Anwendungsentwicklung mit Benutzerschnittstellen zur Verfügung steht. Dieser Ansatz wird schon lange bei technischen Plattformen, wie bspw. dem Arduino, verfolgt. Um diese Form von Prototyping auf Wearables zu übertragen, wird in diesem Paper WearIT vorgestellt. WearIT besteht als Wearable Prototyping Plattform aus vier Komponenten: Einer Weste, Sensor- und Aktorshields, einer eigenen Bibliothek sowie einem Mainboard bestehend aus Arduino, Raspberry Pi, einer Steckplatine und einem GPS-Modul. Als Ergebnis kann ein Wearable Prototyp schnell, durch das Anbringen von Sensor- und Aktorshields an der WearIT Weste, entwickelt werden. Diese Sensor- und Aktorshields können anschließend durch die WearIT-Bibliothek programmiert werden. Dafür kann über Virtual Network Computing (VNC) mit einem entfernten Rechner auf die Bildschirminhalte des Raspberry Pis zugegriffen und der Arduino programmiert werden.

Betreuer Hochschule: Prof. Dr.-Ing. Natividad Martinez Madrid
Hochschule Reutlingen
natividad.martinez@reutlingen-university.de
Wissenschaftliche Vertiefungskonferenz
22. November 2017, Hochschule Reutlingen
Copyright 2017 Isabel Leber

Schlüsselwörter

Wearables, Rapid Prototyping Plattform, Shields, Sensoren, Aktoren

CR-Kategorien

A.0 [**ACM**]: ; B.4.2 [**Input/Output and data communications**]: Miscellaneous; C.5.3 [**Microcomputers**]: Microprocessors; D.2.2 [**Design Tools and Techniques**]: Software libraries; D.2.m [**Rapid prototyping**]: Prototyping; I.2.9 [**Robotics**]: Sensors

1 Einleitung

In der Softwareentwicklung werden Prototypen verwendet, um schnell eine erste Version der Anwendung zu implementieren und eine frühzeitige Rückmeldung über diese Anwendung von bspw. Nutzern oder Kunden zu erhalten. Durch dieses Prototyping wird es dem Entwickler ermöglicht, schon zu einem frühen Zeitpunkt der Entwicklung eine Rückmeldung über die Eignung seiner Idee zu erhalten. Ein großer Trend in der Informatik ist der Einsatz von Wearables. Wearables sind intelligente Uhren, Handbänder, Headsets, Schmuck, Textilien und intelligente Kleidungsstücke [1]. Diese dienen meist zur Verbesserung der Kommunikation, Überwachung von Körperfunktionen, der Umgebungsüberwachung des Trägers sowie der Benachrichtigung des Trägers in Form von Warntönen oder durch haptischen Signale [1]. Die Entwicklung solcher Wearables kann dabei sehr zeit- und kostenintensiv sein. Um eine Entwicklungsidee daher schon sehr früh zu testen, wird eine Wearable Prototyping Plattform benötigt. Mit dieser lassen sich die grundlegenden Ideen einer spä-

teren Anwendung sehr schnell und einfach testen. Im technischen Bereich unterstützen bereits Plattformen, wie bspw. Arduino, den Entwickler bei der schnellen Entwicklung eines ersten Prototypen. Dabei kann der Mikrocontroller durch weitere Funktionalitäten in Form von Shields ergänzt werden. Shields sind dabei Platinen, welche auf den Mikrocontroller aufgesteckt werden und diesen damit in seiner Funktionalität erweitern. Dieses Prinzip soll auf WearIT als Wearable Rapid Prototyping Plattform übertragen werden.

1.1 Problemstellung und Ziel

In der Entwicklung werden bereits eine Reihe von technischen Plattformen für das Rapid Prototyping verwendet. Bei der Entwicklung von Wearables besteht jedoch bisher das Problem, dass schnelle Prototypen für Entwickler schwer zu erstellen sind. Dies liegt daran, dass die elektronischen Komponenten am Körper angebracht werden müssen. Für diese Umsetzung muss Elektronik meist sehr zeitaufwendig aufgenäht und mit einem Mikrocontroller oder Rechner verbunden werden.

Ziel dieser Arbeit ist deshalb die Entwicklung einer Rapid Prototyping Plattform für Wearables. Dabei sollen spätere Anwendungsfunktionen einfach und schnell auf einer Weste getestet werden können.

1.2 Aufbau der Arbeit

Diese Arbeit ist in insgesamt vier große Teile gegliedert. Im erster Teil werden die grundlegenden Anforderungen, basierend auf den Zielen von WearIT als Rapid Prototyping Plattform, formuliert. Im nachfolgenden Stand der Technik werden existierende Prototyping Plattformen vorgestellt und eine Abgrenzung zu verwandten Arbeiten vorgenommen. Der dritte Teil dieser Arbeit beschreibt die technische Umsetzung von WearIT. Dabei wird zuerst der Aufbau der Komponenten modelliert und der Aufbau der Wearable Shields definiert. Anschließend wird der Aufbau des Mainboards sowie die WearIT-Bibliothek beschrieben. Abschließend wird ein Fazit und ein Ausblick auf mögliche, zukünftige Arbeiten gegeben.

2 Anforderungen an WearIT

Bei WearIT handelt es sich um eine Rapid Prototyping Plattform, auf welcher neue Ideen auf ihre Machbarkeit geprüft werden sollen. Dabei soll es den Entwicklern möglich sein, auf schnelle Art und Weise neue Ideen anhand eines Prototyps zu testen. Dafür muss WearIT die folgenden übergeordneten Anforderungen erfüllen:

- Sensoren oder Aktoren sollen schnell auf der Plattform angebracht werden können.
- Es sollen auch bisher nicht eingesetzte Sensoren und Aktoren auf der Plattform eingesetzt werden können.
- Die Shields mit den Sensoren und Aktoren sollen frei platziert werden können.
- Die Wearable Rapid Prototyping Plattform soll an die Kleidungsgröße des jeweiligen Trägers angepasst werden können.
- WearIT soll als Rapid Prototyping Plattform für Wearables im Rahmen des HUC-Studiengangs eingesetzt werden können.
- Über eine Bibliothek soll schnell und einfach auf die bereits existierenden Sensoren und Aktoren zugegriffen werden können.

WearIT soll dabei nicht auf eine Anwendungsdomäne beschränkt sein, sondern für sämtliche interaktive Projekte eingesetzt werden können.

3 Stand der Technik

Nachfolgend wird zuerst auf bestehende Prototyping Plattformen eingegangen und anschließend eine Abgrenzung dieser Arbeit vorgenommen sowie verwandte Arbeiten vorgestellt.

3.1 Prototyping Plattformen

In der Entwicklung werden mit Hilfe von Prototypen Ideen und Lösungen getestet [2]. Zudem wird das Prototyping verwendet, um Ideen und Lösungen an bspw. spätere Nutzer zu kommunizieren [2]. Dabei wird der Fokus zuerst auf die Funktionalität gelegt und die Form des Prototyps zunächst vernachlässigt [3]. Durch Prototypen lassen sich nicht nur Lösungen testen, sie werden zudem bei der Generierung von neuen Ideen verwendet [2]. Bei dem Rapid Prototyping sollen Lösungen und Ideen vor allem schnell anhand eines Prototyps getestet werden. Nach Hodge et al. wird die Relevanz von technischen Prototyping Plattformen in der Zukunft an Bedeutung gewinnen [3]. Für das Erstellen von Prototypen sind in der Technik bereits bekannte Plattformen vorhanden:

- Arduino: Eine der bekanntesten Prototyping Plattformen ist der Arduino [4]. Bei dem Arduino handelt es sich um ein EA-Board mit einem Mikrocontroller [3] und einer großen Auswahl an stapelbaren Shields [5].

- PC-104 und Beagelbone: Die Plattformen PC-104 sowie der Beaglebone sind weitere Plattformen die sich durch stapelbare Shields sowie durch viele drahtlose Sensoren und Aktoren erweitern lassen [3].

Bei diesen Plattformen lassen sich die Shields durch Stapelung verbinden [3] und sind daher sehr eingeschränkt.
Eine Rapid Prototyping Plattform, welche nicht auf die Stapelbildung von Shields beschränkt ist, ist das Calder Toolkit. Das Calder Toolkit ist eine Plattform um schnelle, funktionierende Prototypen für physikalische Benutzereingaben zu erstellen [6]. Dafür stellt das Calder Toolkit wiederverwendbare kleine Input und Output Komponenten zur Verfügung [6]. Für diese besteht eine Schnittstelle zu der Calder Toolkit Entwicklungsumgebung [6]. Für die Berechnungen wird ein externer PC verwendet [6]. Die verwendeten Komponenten sind alle mit einem Mikrocontroller ausgestattet [6]. Die Kommunikation erfolgt über Kabel oder kabellos [6]. Für die kabelgebundene Kommunikation wird ein Universal Serial Bus (USB) verwendet [6]. Für die kabellose Kommunikation wird ein Uplink Transceiver verwendet [6].
Eine weitere Rapid Prototyping Plattform ist OpenCapSense. OpenCapSense ist ein Open Source Toolkit, welches Entwicklern ein schnelles Prototyping von Benutzerschnittstellen ermöglicht [7]. Für die Benutzerschnittstellen werden dabei kapazitive Sensoren verwendet [7]. OpenCapSense besteht aus einem Board mit Mikrocontroller sowie aus acht Sensorkanälen, über die Sensoren mit einem USB-Kabel verbunden sind [7]. Zusätzlich beinhaltet OpenCapSense das Software Framework SenseKit, mit welchem die Inputdaten analysiert werden können [7].
Eine weitere modulare Rapid Prototyping Plattform ist Microsoft .NET Gadgeteer [3]. Diese Plattform enthält ein zentrales Mainboard mit Mikrocontroller [3]. Die Prototypen werden dabei über Module entwickelt, die über 10-polige Flachbandkabel mit dem Mainboard verbunden sind [3]. Gadgeteer zeichnet sich dadurch aus, dass unterschiedliche Shields mit Hilfe des Flachbandkabels auf einfache Art und Weise miteinander verbunden werden können [3].
MySignals ist eine weitere Prototyping Plattform mit der Anwendungsdomäne Vitalwerte. MySignals bietet die Möglichkeit, medizinische und eHealth Anwendungen schnell zu entwickeln [8]. Dafür können entweder die 16 Sensoren von MySignals verwendet werden, oder auch eigene Sensoren angeschlossen werden [8]. Die 16 MySignals Sensoren sind ausschließlich Sensoren für die Messung von Vitalwerten [8]. MySensors enthält ein Arduino kompatibles Mainboard mit einem Atmega 328 Mikroprozessor [8]. Die Sensordaten sind über Klinkenstecker (bis fünf Pole) mit dem Mainboard verbunden [9]. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, Sensoren über Wifi, BEE oder BT2.0 zu verbinden [9]. Die Daten können über einen integrierten TFT-Bildschirm oder

auf mobilen Geräten wie Handy oder Notebook betrachtet werden [8].
Der LilyPad Arduino ist die letzte hier vorgestellte Prototyping Plattform, welche auf die Anwendungsdomäne von Wearables spezialisiert ist. Das LilyPad ist ein Arduino, welcher eine technische Entwicklung auf Basis von Textilien ermöglicht [10]. Das LilyPad Arduino besteht dabei aus einem Mainboard mit einem Mikrocontroller, an welches verschiedene LilyPad-Shields mit Sensoren und Aktoren angeschlossen werden können [11]. Diese Shields, wie auch das Mainboard, verfügen über Ösen, durch welche sie an die Textilien angenäht werden können [11]. Die Verbindung zwischen den Shields und dem Mainboard wird über leitendende Fäden realisiert [11]. Durch diese aufgenähte Verbindung ist sowohl eine elektrische, als auch eine physikalische Verbindung vorhanden [11]. Über diese Verbindung kann die Stromversorgung und der Datenaustausch realisiert werden [11].

3.2 Abgrenzung der Arbeit

WearIT grenzt sich als Wearable Rapid Prototyping Plattform von Plattformen wie Arduino oder PC-104 dadurch ab, dass es sich bei WearIT um eine spezifische Plattform als Wearable handelt. Daher ist die Stapelung von Shields, wie sie bei Arduino oder PC-104 verwendet wird, für WearIT ungeeignet. Ebenfalls ist die Kommunikation über eine USB-Verbindung, wie sie bei dem Calder Toolkit oder bei OpenCapSense verwendet wird, für WearIT ungeeignet. Durch die USB-Verbindung ist eine einfache und schnelle Erweiterung von WearIT mit neuen Sensoren und Aktoren nicht möglich. Dafür müsste jeder Sensor und Aktor mit einer USB-Funktionalität ausgestattet sein, über welche diese nicht verfügen. Zudem handelt es sich bei diesen Plattformen um keine Prototyping Plattform für Wearables. Auch bei der Prototyping Plattform Microsoft .Net Gadgeteer handelt es sich nicht um eine Prototyping Plattform für Wearables. Eine Gemeinsamkeit mit WearIT ist die Erweiterbarkeit mit neuen Sensoren und Aktoren.
MySignals ist eine Prototyping Plattform für medizinische Anwendungen. Da WearIT in der Anwendungsdomäne nicht auf die medizinische Anwendung beschränkt ist, unterscheidet sie sich bereits dadurch von MySignals. Zudem verwendet MySignals nur Sensoren für die Messung von Vitalwerten, während WearIT auch die Nutzung von Aktoren beinhaltet. Die Kommunikation der Sensoren von MySignals ist über Klinkenstecker realisiert. Dabei ist mySingals auf max. 5 Pole in der Kommunikation beschränkt. Um die Flexibilität für den Einsatz von neuen Sensoren und Aktoren zu gewährleisten, ist WearIT nicht auf eine 5-polige Verbindung beschränkt.
Der LilyPad Arduino wird, wie WearIT, als Prototyping Plattform bei Wearables eingesetzt. Allerdings unterscheidet sich WearIT von LilyPad dadurch, dass es sich bei WearIT um eine Rapid Prototyping Plattform handelt. Ein schnelles Prototyping ist bei LilyPad durch das Aufnähen von Schaltkreisen nicht möglich.

3.3 Verwandte Arbeiten

Die Verwendung von Sensoren und Aktoren auf Kleidung wird bereits für unterschiedliche Anwendungsgebiete eingesetzt. Nachfolgend werden exemplarisch zwei Anwendungsgebiete anhand von wissenschaftlichen Arbeiten aufgezeigt.
Ein Bereich ist die medizinische Domäne. Dabei werden wie bei Hung et al.[12] die Vitalwerte des Nutzers überwacht, während dieser sich zu Hause befindet. Hierbei wird der Blutdruck sowie der Herzschlag über einen Fingerring-Sensor erfasst [12].
Eine weitere Arbeit mit medizinischem Hintergrund ist bspw. das Georgia Tech Wearable Motherboard [13]. Dieses ist eine Sensorweste, welche im militärischen Kontext verwendet werden kann [13]. Dabei kann der Gesundheitszustand des Soldaten überwacht werden [13].
Ein weiteres Beispiel für ein Kleidungsstück zur Überwachung der Vitalwerte ist das Vivo Metrics Life Shirt [14]. Mit Hilfe dieser Oberbekleidung werden plethysmogra-

phische Daten, Beschleunigungsdaten sowie Daten für ein EKG erfasst [14].
Das zweite, hier aufgezeigte Anwendungsgebiet ist der Sicherheitsbereich. Hierbei stellen Jutila et al.[15] eine Weste für die Sicherheit von Kindern vor [15]. Diese Weste enthält einen GPS-Sensor, Temperatur-Sensoren sowie einen Beschleunigungssensor [15]. Dadurch sollen Informationen über die Position sowie das Wohlergehen des Kindes aufgezeichnet werden [15].
Den Ansatz einer Sicherheitsweste verfolgen auch Aleksy et al. [16]. Diese stellen eine Sicherheitsweste im Kontext von Mensch-Maschine Anwendungen vor [16]. Hierbei werden Sensoren für die Überwachung der Umgebung sowie den Vitalwerten des Trägers verwendet [16].

4 Technische Umsetzung

Die technische Umsetzung von WearIT gliedert sich in insgesamt drei große Teile:

Beim Aufbau der Komponenten erfolgt die Auswahl der Weste als Plattform sowie der Gesamtaufbau der Anwendung. Dabei werden im Gesamtaufbau die Sensor- und Aktorshields sowie deren Anbindung an Rechner und Mikrocontroller dargestellt.

Für die Umsetzung der Wearable Shields wurden zuerst grundlegende Aufbaustrukturen ausgewählt und festgelegt. Zudem wurde die Komponentenkommunikation definiert und das Mainboard entwickelt.

Um auf die Sensor- und Aktorshields von WearIT zuzugreifen, wurde eine Bibliothek mit den wichtigsten Steuerfunktionen der Wearable-Shields erstellt.

4.1 Aufbau der Komponenten

Als Basiskomponente für die Prototyping Plattform WearIT wurde ein Kleidungsstück für die schnelle und flexible Anbringung von Sensor- und Aktorshields benötigt. Dafür werden spezifische Anforderungen definiert. Um Anforderungen der Wearability [17] zu erfüllen, sollte das Kleidungsstück bequem sitzen, einfach zu tragen und auszuziehen sein, genügend Bewegungsfreiheit bieten und einen guten Zugriff auf den Körper ermöglichen [17].
Zusätzliche Anforderungen sind die Veränderbarkeit der Kleidungsgröße zur Anpassung auf den jeweiligen Träger sowie die Stabilität des Kleidungsstücks, um Elektronik darauf anbringen zu können.

Abbildung 1: Komponenten der Anwendung

Für die Erfüllung dieser Anforderungen wurde eine Weste gewählt, welche sich im Schulterbereich flexibel in der Länge verstellen lässt und durch einen Klettverschluss in der Breite verstellbar ist (vgl. Abbildung 1). Für die Erweiterung um Sensoren und Aktoren wurden Sensor- und Aktorshields erstellt.
WearIT verfügt als Sensorshields über einen Puls-Shield zur Messung des Pulses, einen Lage-Shield zur Messung der Translation

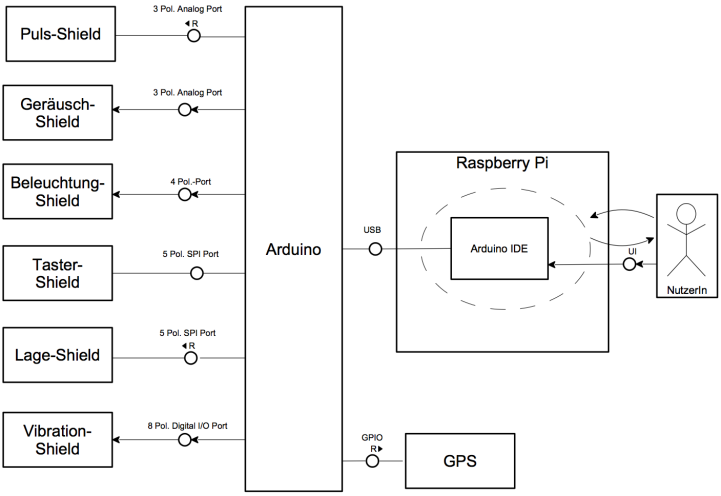

Abbildung 2: Aufbau des Gesamtsystems

und der Rotation, einen Taster- und Anzeige-Shield mit programmierbaren Buttons sowie über einen GPS-Sensor (vgl. Abbildung 1).
Als Aktorshields verfügt WearIT über ein Geräusch-Shield zur Abgabe von Tönen, über Beleuchtungs-Shields sowie über Vibrations-Shields (vgl. Abbildung 1).
Für die flexible Erweiterung von WearIT werden freie Shields für Sensoren und Aktoren zur Verfügung gestellt (vgl. Abbildung 1).
Zudem verfügt WearIT über einen Arduino Uno als Mikrocontroller sowie über einen Raspberry Pi 3 Modell B als Rechner (vgl. Abbildung 1). Als Stromquelle wird ein 9V Batteriepack verwendet (vgl. Abbildung 1).
In Abbildung 2 wurde WearIT als Gesamtsystem mit allen Komponenten anhand FMC (Fundamental Modeling Concepts Modelliert[1]) modelliert, um einen Überblick über WearIT zu geben. Dabei werden die Interaktionen der verschiedenen Komponenten untereinander angezeigt. Als Komponenten sind die Sensor- und Aktorshields, Arduino und Raspberry Pi sowie die Arduino IDE dargestellt (vgl. Abbildung 2).

Der Raspberry Pi beinhaltet als aktive Systemkomponente die Arduino IDE. Da sich die Arduino IDE über die Laufzeit von WearIT ändern kann, handelt es sich hierbei um eine Strukturvarianz. Die Arduino IDE wird als Teilsystem und Speicher erfasst. Dieser Speicher kann durch die Programmierung der Nutzerinnen und Nutzer modifiziert werden.
Die Kommunikation zwischen der Arduino IDE und dem Arduino erfolgt über einen bidirektionalen Kommunikationskanal in Form einer USB-Verbindung (vgl. Abbildung 2). Dadurch können Befehle und Informationen zwischen dem Arduino und der Arduino IDE als Entwicklungsumgebung ausgetauscht werden.
Der Arduino ist als Agent mit den Sensor- und Aktorshields als Teilsystem verbunden. Die Shields sind gemäß der Anzahl der Pole, welche die Portverbindung umfasst, angeordnet. Die Kommunikation zwischen dem Arduino und den Aktorshields erfolgt dabei unidirektional. Die Kommunikation zwischen dem Arduino und den Sensorshields erfolgt dagegen bidirektional über einen „Anfrage-/Antwort-

[1] `http://www.fmc-modeling.org/`

Kommunikationskanal“ (vgl. Abbildung 2).

4.2 Wearable Shields

Um die Erweiterbarkeit von WearIT zu gewährleisten, soll WearIT durch die Shield-Funktionalität erweiterbar sein. Diese Shields sollen dabei den Konzepten aus der Elektronik nachempfunden werden. Für die Shields ergeben sich im Rahmen der Wearable Prototyping Plattform WearIT spezifische Anforderungen: (i) Die Shields sollen frei platzierbar auf der Außen- und Innenseite der Weste sein. (ii) Die Shields sollen schnell anbringbar sein. (iii) Zwischen den Shields und dem Mainboard soll eine einfache Verbindung möglich sein. (iv) Die Polanzahl der Shields soll der jeweiligen Anwendung, mit Sensoren und Aktoren, entsprechen. (v) Die Shields sollen gute elektrische Eigenschaften besitzen. (vi) Die einsetzbaren Shields sollen durch weitere Shields erweiterbar sein. (viii) Neue Shields sollen einfach zu fertigen sein.
Durch diese spezifischen Anforderungen standen verschiedene Ideen für den Aufbau der Shields zur Auswahl.
Eine Idee war das Anbringen der Shields mit Druckknöpfen an die Weste. Dabei sind die Positionen der Sensor- und Aktorshields durch die Druckknöpfe vorgegeben. Gleichzeitig sind die Druckknöpfe auch Kontakte, über die Signale ausgetauscht werden können.
Der Nachteil der Druckknöpfe ist jedoch, dass hierbei eine Festlegung auf eine standardisierte Polanzahl erfolgen muss. Dadurch sind Sensoren und Aktoren mit mehr als fünf Polen ausgeschlossen. Zudem sind die Shields nicht mehr frei platzierbar, da die Platzierung durch die Druckknöpfe definiert ist. Außerdem sind die elektrischen Eigenschaften eher kritisch zu sehen. Weitere Nachteile sind, dass die elektrischen Leitungen bei Druckknöpfen genäht werden müssten. Dadurch wäre die Fertigung von neuen Shields erschwert.

Eine andere Idee ist die Anbindung der Shields über Klett in Verbindung mit Klinkenstecker. Die Steckverbindung über Klinkenstecker wurde bereits erfolgreich bei MySignals [9] eingesetzt. Dabei wären die Kabel am Mainboard beginnend an der Weste vorverlegt und mit der Klinkenbuchse auf dem Shield verbunden.
Das Problem hierbei ist, dass durch die vorverlegten Kabel eine freie Platzierung der Shields nicht möglich ist. Zudem sind Klinkenstecker auf maximal fünf Pole begrenzt. Dies würde zu einem Ausschluss von Sensoren und Aktoren mit mehr als fünf Polen führen. Zudem sind Klinkenbuchsen schwer auf dem Shield anzubringen.

Um die Anforderungen an die Shields zu erfüllen, wurde der folgende Grundaufbau für die Shields definiert: Die erste Lage bildet eine Klettfläche. Da auf die Klettfläche selbst schwer genäht werden kann, wird eine Stoffschicht aufgenäht. Auf diese Stoffschicht wird eine Lochrasterplatine mit aufgelöteten Kabeln aufgenäht. Sensoren oder Aktoren werden entweder direkt auf die Platine aufgelötet oder sind auf dem Stoff aufgenäht und über Kabel oder durch leitende Fäden mit der Platine verbunden. Um die Shields auch stapeln zu können, sind die Shields teilweise mit einer weiteren Klettschicht vernäht. Die Shields variieren dabei zwischen einer Größe von 24x10cm bis 7x3cm.

Tabelle 1: WearIT Shields

Art	Beschreibung	#Pins
Aktor	RGB LEDs WS2812b	4
Aktor	Vibration 2 Vib.Motoren	8
Aktor	Geräusch Piezo-Summer	3
Sensor Aktor	Anzeige & Taster TM1638 LED Modul	5
Sensor	Puls SEN-11574	3
Sensor	Gyro Modul MPU9255	5

In Tabelle 1 sind die WearIT-Shields aufgelistet. In dieser wurde zwischen der Art des Shields als Sensor- oder Aktorshield unterschieden. Zudem enthält die Tabelle eine Beschreibung des Shields mit dem verbauten elektronischen Bauteil sowie die Anzahl der benötigten Pins. WearIT beinhaltet zudem einen GPS-Sensor. Dieser ist jedoch nicht als Shield vorhanden sondern eine Mainboardfunktionalität. Aus diesem Grund ist er nicht in der Tabelle gelistet. Zudem beinhaltet WearIT freie Steckplätze für generische Shields. Da diese noch keine konkrete Funktionalität besitzen, sind auch diese nicht in der Tabelle aufgeführt.

4.3 Mainboard

Die Steuerungslogik für WearIT ist im Mainboard implementiert. Das Mainboard besteht aus einem Arduino Uno, einem Raspberry Pi 3 Modell B, einem Spannungswandler (5 Volt), einem Steckboard sowie einem GPS-Modul. Der Raspberry Pi und der Arduino sind über eine USB-Verbindung miteinander verbunden. Über das WLAN kann der Nutzer anhand einer VNC-Verbindung mit dem eigenen Rechner den Raspberry Pi fernsteuern. Anschließend kann über die Arduino IDE auf dem Raspberry Pi der Arduino programmiert und damit die Sensor- und Aktorshields angesprochen werden. Der Vorteil der VNC-Verbindung besteht darin, dass der Arduino ohne Kabelverbindung programmiert werden kann. Der Arduino kann Daten über eine serielle Verbindung an den Rapsberry Pi senden, um diese dort weiter zu verarbeiten.
Auf dem Arduino ist über die GPIO-Schnittstelle ein Steckboard angebracht. Auf diesem Steckboard befinden sich insgesamt 14 Steckplätze für Sensor- und Aktorshields. Zudem befinden sich alle elektronischen Verbindungen auf dem Steckboard. Die 5V Versorgungsspannung wird von einem Spannungswandler aus dem Batteriepack erzeugt.

4.4 Bibliothek

Um die Programmierung der WearIT-Shields zu erleichtern, beinhaltet WearIT eine eigene Bibliothek. Diese Bibliothek beinhaltet eine Sammlung von WearIT Befehlsdefinitionen. Mit diesen soll es dem Entwickler erleichtert werden, ohne spezifische Fachkenntnisse auf die Sensor- und Aktorshields zuzugreifen sowie basierend darauf neue Anwendungen zu entwickeln. Die Bibliothek von WearIT besteht aus einem Ordner „WearIT“ mit allen vorhandenen Sketches für die Sensor- und Aktorshields. Für jedes Sensor- und Aktorshield existiert dabei eine Headerdatei mit der Endung „.h“ sowie eine C++-Datei. In der Headerdatei stehen alle Funktionen des jeweiligen Shields sowie die benötigten Variablen. In der C++-Datei werden die Inhalte der Shield-Funktionen angegeben. Um die WearIT Funktionen als solche kenntlich zu machen, wurde für die Bibliothek eine einheitliche Namenskonvention festgelegt. Die Namenskonvention beinhaltet dabei den Prefix „WearIT“ und die Nachfolgende Funktionen, getrennt durch einen Unterstrich: WearIT_<Funktion>.

5 Fazit und Ausblick

In dieser Arbeit wurde nach einer Lösung für eine Wearable Prototyping Plattform gesucht. Entwickelt wurde hierfür WearIT, eine Rapid Prototyping Plattform für Wearables. Diese soll die schnelle Entwicklung von Wearable Prototypen unterstützen. Dafür verfügt WearIT über eine Weste mit Klettstreifen, Sensor- und Aktorshields, einem Mainboard bestehend aus einem Steckboard, Arduino, Raspberry Pi und einem GPS-Modul sowie über eine WearIT-Bibliothek für die Programmierung. Für das Prototyping stehen dem Entwickler eine Reihe von Sensor- und Aktorshields, wie auch freie Shields, für die Verwendung von weiteren Sensoren und Aktoren, zur Verfügung. Für die Entwicklung eines Prototypen können die Shields mit Klett frei auf der Weste platziert und über Kabel mit dem Mainboard verbunden werden. Anschließend kann auf den Raspberry Pi über VNC zugegriffen und mit Hilfe der WearIT-Bibliothek der Arduino programmiert werden.
WearIT konnte dabei alle am Anfang der

Entwicklung gestellten Anforderungen sowie alle spezifischen Anforderungen während der Entwicklung erfüllen.

Weiterführende Arbeiten von WearIT wären die Integration von Bluetooth zur Datenübermittlung sowie eine mögliche Weiterverarbeitung der Daten. Dabei könnte über WLAN auf die Daten zugegriffen werden und diese in einer App weiterverarbeitet werden. Auch die Vereinfachung der Programmierung mit bspw. Node-Red wäre eine weiterführende Arbeit, um den Umgang und die Programmierung mit WearIT noch weiter zu vereinfachen.

Literatur

[1] Suranga Seneviratne, Yining Hu, Tham Nguyen, Guohao Lan, Sara Khalifa, Kanchana Thilakarathna, Mahbub Hassan, and Aruna Seneviratne. A survey of wearable devices and challenges. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2017.

[2] Springer International Publishing Springer International Publishing, editor. *Rethink! Prototyping. Transdisciplinary Concepts of Prototyping*. Gengnagel, C. and Nagy, E. and Stark, R., 2016.

[3] S. Hodges, S. Taylor, N. Villar, J. Scott, and J. Helmes. Exploring physical prototyping techniques for functional devices using. net gadgeteer. *Proceedings of the 7th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction*, page 271.274, 2013.

[4] M Banzi. *Getting Started with Arduino*. Make: Projects, 2008.

[5] Jonathan Oxter. Arduino shield list. `http://shieldlist.org/`, 2017.

[6] J. C. Lee, D. Avrahami, S. E. Hudson, J. Forlizzi, P. H. Dietz, and D. Leigh. he calder toolkit: wired and wireless components for rapidly prototyping interactive devices. *Proceedings of the 5th conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques*, pages 167–175, 2004.

[7] T. Grosse-Puppendahl, Y. Berghoefer, A. Braun, R. Wimmer, and A. Kuijper. Opencapsense: A rapid prototyping toolkit for pervasive interaction using capacitive sensing. In *Pervasive Computing and Communications (PerCom)*, pages 152–159. IEEE International Conference on, 2013.

[8] Mysignals. mysignals changes the future of medical and ehealth applications. `http://www.my-signals.com/`.

[9] Libelium Comunicactiones Distribuidas S.L. Mysignals sw. ehealth and medical iot development platform. technical guide. `http://www.libelium.com/downloads/documentation/mysignals_technical_guide.pdf`, July 2017.

[10] L Buechley, M. Eisenberg, J. Catchen, and A. Crockett. The lilypad arduino: using computational textiles to investigate engagement, aesthetics, and diversity in computer science education. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pages 423–432, April 2008.

[11] L. Buechley and M. Eisenberg. The lilypad arduino: Toward wearable engineering for everyone. *IEEE Pervasive Computing*, 7(2):12–15, 2008.

[12] K. Hung, Y.-T. Zhang, and B. Tai. Wearable medical devices for tele-home healthcare. In *Engineering in Medicine and Biology Society, 2004. IEMBS'04. 26th Annual International Conference of the IEEE*, volume 2, pages 5384–5387. IEEE, 2004.

[13] S. Park, K. Mackenzie, and S. Jayaraman. The wearable motherboard: a

framework for personalized mobile information processing (pmip). In *proceedings of the 39th annual design automation conference*, pages 170–174. ACM, 2002.

[14] VivoMetrics. Vivometrics lifeshirt system technology. `http://www.vivometrics.com`, March 2003.

[15] Mirjami Jutila, Helena Rivas, Pekka Karhula, and Susanna Pantsar-Syväniemi. Implementation of a wearable sensor vest for the safety and well-being of children. *Procedia computer science*, 32:888–893, 2014.

[16] Markus Aleksy, Marko Lehtola, and Anil Puchakayala. Design and implementation of a wearable safety suit. *IT Convergence Practice*, 1(1):28–36, 2013.

[17] Sungmee Park and Sundaresan Jayaraman. Enhancing the quality of life through wearable technology. *IEEE Engineering in medicine and biology magazine*, 22(3):41–48, 2003.

Die Konzeptionierung und Anwendung von empirischen Forschungsmethoden für die Analyse der Import- und Export-Prozesse innerhalb der HUGO BOSS AG

Arjana Mehmeti
Reutlingen University
Arjana.Mehmeti@Student.Reutlingen-University.DE

Abstract

Im Rahmen der Wissenschaftlichen Vertiefung werden unterschiedliche empirische Forschungsmethoden erörtert.

Im ersten Schritt werden die Grundlagen der empirischen Forschungsmethoden ermittelt und klassifiziert. Nach der Klassifikation der Forschungsmethoden werden zwei Forschungsmethoden angewandt. Die Auswahl der Methoden fällt auf die quantitative und qualitative Forschungsmethode.

Diese Forschungsmethoden werden während der Analysephase eingesetzt, um den weltweiten Ist-Zustand der Tochtergesellschaften zu ermitteln. Hierbei geht es um die Analyse des Import- und Export- Prozesses bei den Tochtergesellschaften der HUGO BOSS AG. Ziel ist es die Ergebnisse für die Master Thesis einzusetzen. Anhand der Ergebnisse können Gemeinsamkeiten oder auch Abweichungen im Zollabwicklungsprozess aufgezeigt werden, die später in der Konzeption berücksichtigt werden.

Hierzu wurde die quantitative Methode eingesetzt, welche die Basis für die Konzipierung der Umfrage liefert. Abschließend wurde für die Verifikation der Ergebnisse die qualitative Methode für die Interviews eingesetzt.

Schlüsselwörter

Empirische Forschungsmethoden, Qualitative Forschung, quantitative Forschung

CR-Kategorien

A.1 INTRODUCTORY AND SURVEY, A. - General Literature; I.5: PATTERN RECOGNITION; I.5.m: Miscellaneous

1 Einleitung

Dieses Kapitel geht zuerst auf die Motivation der Arbeit ein und macht auf die daraus folgende Problemstellung aufmerksam.

1.1 Motivation

Die Wissenschaftliche Vertiefung ist die Vorarbeit der Masterthesis. Anhand der empirischen Methoden wird der Import- und Export -Prozess der Tochtergesellschaften der HUGO BOSS AG analysiert. In der Masterthesis wird darauf aufbauend ein Konzept

---

Betreuer Hochschule: Dipl.-Jour. Prof. Boris Terpinc
Hochschule Reutlingen
Boris.Terpinc@Reutlingen-University.de
Betreuer Firma: Götz Dittmann
HUGO BOSS AG
Goetz_dittmann@hugoboss.com

Wissenschaftliche Vertiefungskonferenz
22. November 2017, Hochschule Reutlingen
Copyright 2017 Arjana Mehmeti

für Extended Warehouse Management (EWM) -Template generiert. Das EWM ist eine Lagerverwaltungssoftware der SAP, das wurde kundenindividuell entwickelt.[1]

Im Unternehmen werden an verschiedenen Lagerstandorten unterschiedliche Lagerverwaltungssysteme eingesetzt. Durch die einheitliche Einführung des SAP Moduls "Extended Warehouse Management (EWM)" könnten die Prozesse weltweit standardisiert werden. Das SAP EWM Modul wird bereits an Lagerstandorten wie Wendlingen, Filderstadt und Savannah verwendet. In naher Zukunft werden alle Lagerstandorte auf das SAP EWM Modul umgestellt. Um dies zu erleichtern wird ein EWM-Template für die Zukunft konzipiert. So wird der Arbeitsaufwand bei der Umstellung auf das SAP EWM Modul verringert. Der Support durch Spezialisten wird deutlich einfacher, da es sich nicht mehr um unterschiedliche zu betreuende Systeme handelt.

1.2 Problemstellung

Durch die Digitalisierung und Globalisierung sind internationale Transaktionen zwischen Unternehmen von höchster Bedeutung. Die Hintergründe hierfür sind, dass Unternehmen durch internationalen Handel ihre Marktposition verbessern und somit die Existenz des Unternehmens sichern.

Eine Herausforderung für die Tochtergesellschaften der HUGO BOSS AG stellt die Verwaltung der Lagerverwaltungssysteme dar. Durch historisch gewachsene Lager sind unterschiedliche Lagerverwaltungssysteme im Einsatz. Ziel der Einführung des EWM ist es, weltweit eine standardisierte Software einzusetzen.

1.3 Zielsetzung

Das Ziel dieser Arbeit ist, durch Befragung und mit Hilfe von Experteninterview sollten Anforderungen an das neue System ermittelt werden. Hierbei sollen unterschiedliche Aspekte der Zollrichtlinien sowie Systemanforderungen ermittelt werden. Die Informationsgewinnung erfolgt durch die Kombination der quantitativen und qualitativen Methoden. Als Grundlage dieser Arbeit wurde das Projekt EWM-Template definiert. Insbesondere ist das Ziel durch die Interviews und Umfragen relevante Kriterien zu ermitteln, welche für die Entwicklung des Konzeptes eines EWM-Template dienen.

Das angestrebte Ziel der HUGO BOSS AG ist es das SAP Modul EWM an allen Lagerstandorten einzusetzen. Für dieses EWM-Template soll speziell für den Export-Prozess ein Zoll-Konzept erstellt werden. In der Masterarbeit wird eine Konzeption des Prozessdesigns und Datenmodells für das SAP EWM- Template generiert.

2 Empirische Forschungsmethoden

Empirische Forschung ist eine wissenschaftliche Methodik, die eine Aussage durch Befragung, Beobachtung und Messung überprüft [1]. Die gewonnenen Aussagen können verifiziert oder falsifiziert werden [2].

Die empirische Methode basiert auf einer erfahrungsorientierten Vorgehensweise [1]. Die ermittelten Ergebnisse einer empirischen Methode können in Abhängigkeit mit den unterschiedlichen subjektiven Erfahrungen der einzelnen Personen stehen [2].

Die empirische Forschungsmethode lässt sich in zwei Methoden untergliedern. Diese sind die qualitative und die quantitative Methode. [5]

In der Abbildung 1 werden die unterschiedlichen Kriterien der quantitativen und qualitativen Forschungsmethoden dargestellt.

[1] Salt Solution: "SAP EWM: Ihr Lager in einer Software", unter: https://www.salt-solutions.de/industrie/sap-module/sap-ewm.html, (abgerufen am 12.10.2017)

Quantitative Forschung	Qualitative Forschung
Theoretische Prüfung	Theoretische Entwicklung
Geschlossen	Flexibilität und Offenheit
Deduktiv	Indikativ
die große Grundgesamtheit wird betrachtet	individueller Besonderheiten werden berücksichtig
erklären	verstehen

Tabelle 1 Unterschiede zwischen quantitativer und qualitativer Forschung in Anlehnung an Hussy [4]

2.1 Quantitative empirische Methode

Der Ursprung des quantitativen Verfahrens ist auf die empirischen Forschungsmethoden zurückzuführen. Hierbei geht es darum, Verhalten in Form von Modellen, Zusammenhängen und Ausprägungen genau zu beschreiben und vorhersagbar zu machen. Häufig werden die Daten, anhand einer vorher festgelegten Hypothese überprüft. Der Informationsgewinn besteht bei quantitativen Methoden in der Datenreduktion. [7]

Dabei wird der Schwerpunkt auf die Gewinnung neuer Hypothesen gelegt. Die Strategie der quantitativen Methode weist eine logische Ordnung und mathematische Prinzipien auf. Demzufolge handelt es sich in dieser Prozesserstellung um logische Verfahren, welche mit der Aufstellung einer Hypothese beginnen. [6]

Prinzipiell handelt es sich bei der quantitativen Methode um ein objektbezogenes Verfahren, welche das Ziel verfolgt kausale Zusammenhänge zu identifizieren. Demzufolge befasst sich die quantitative Forschung mit der Erfassung der Realität der Hypothese. Die Realität wird innerhalb der Forschung unter einem objektiven Aspekt betrachtet, welche anhand explizite Methoden erfasst wird. [8]

2.2 Qualitative empirische Methode

Die qualitative Methode wird durchgeführt um die Realität anhand der subjektiven Sicht einer kleinen Stichprobe darzustellen. Mit diesem Verfahren sollen mögliche Ursachen aufgedeckt werden, welche das Verhalten einer Situation aufzeigt. Das Verhalten wird anhand einer Stichprobe identifiziert. [8]

Die Datenanalyse einer qualitativen Methode bezieht sich auf eine subjektive Detailanalyse von Einzelfällen. Die Ergebnisse werden über ein persönliches Interview ermittelt. Diese Methode bevorzugt den direkten Zugang zu den betroffenen Personen, um die Verzerrung der Ergebnisse durch theoretische Vorannahmen und standardisierte Untersuchungsinstrumente zu vermeiden. Ein wesentliches Merkmal der qualitativen Forschung, ist die Untersuchung in der alltäglichen Umgebung. [7]

Laut Veröffentlichung von Oelrich ist die qualitative Methode eine Erfassung von Fakten, Argumenten oder Gedanken einer Person. [9]

Aus der Definition lässt sich ableiten, dass anhand der qualitativen Methode neue Inspirationen und Anregungen gewonnen werden, die innerhalb einer Konzeptionierung angewandt werden können. [7]

Durch die größere Offenheit der theoretischen Vorannahmen und Erhebungsinstrumente der qualitativen Methode, ist es möglich flexibel und schnell auf unbekannte Aspekte zu reagieren (emergente Flexibilität). [5]

Qualitative Methoden sind grundsätzlich explorativ angelegt und von einer Hypothese generiert. Die Theoriebildung verläuft schrittweise und wird während der Untersuchung ausgebildet. [3]

Der Ansatz der qualitativen Methode ist ebenso kritisch zu betrachten.

Die größte Schwachstelle ist die mangelnde Objektivität. Die Objektivität wird bei der qualitativen Methode nicht als Störvariable betrachtet, sondern für das Verstehen von Prozessen benutzt. [8]

2.3 Formen der Befragung

Es gibt verschiedene Formen von Befragungen. Hier werden die wichtigsten Befragungsformen dargestellt [13]:

a) Mündliches Interview: wird oft als face-to-face-Interview bezeichnet. Die Befragung wird durch einen Interviewer durchgeführt. Es wird zwischen offenen Interviews, vorstrukturierten Experteninterviews und standardisierten Interviews unterschieden.

b) Schriftliche Befragung: oftmals wird hier ein schriftlicher standardisierter Fragebogen verwendet.

c) Telefonisches Interview: hier werden gezielt Fragen verwendet, die akustisch einfach verständlich sind.

d) Elektronische Befragung: ist auch als Online Befragung bekannt, da diese Befragung meist Online durchgeführt wird.

2.4 Fragearten

Es gibt verschiedene Formen von Umfragen, die ein Zufallssampling erleichtern.

Fragearten, die bei einer Umfrage eine Rolle spielen sind Informationsfragen und Taktische Fragen.

Informationsfragen, so wie der Name berichtet werden gestellt, um Auskunft vom Befragten zu bekommen. Bei den Informationsfragen unterscheidet man zwischen offenen und geschlossenen Fragen. *Offene Fragen* starten mit Fragwörtern „Wer“, „Wie“, „Was“, „Wo“, „Wann“, „Womit“ und so weiter. Dadurch wird der Befragte gefordert in vollen Sätzen zu antworten. *Geschlossene Fragen* beginnen mit einem Verb und können nur mit „Ja“ oder „Nein“ beantwortet werden. [14]

Taktische Fragen erzielen eine Gesprächslenkung und beeinflussen eine positive Atmosphäre. Dazu gehören Suggestivfragen, Alternativfragen und Kontrollfragen. *Suggestivfragen* erhalten die angestrebte oder erwartete Antwort bereits bei der Formulierung. Diese Frageart sollte man nicht in einer Befragung verwenden, weil man keine neuen Informationen erhält, sondern den Befragten manipuliert. *Alternativfragen* sind eine besondere Art der Suggestivfrage, aber sie lassen den Befragten unter verschiedenen Antwortmöglichkeiten aussuchen. *Kontrollfragen*, so wie der Name auch sagt, sollen eine Prüfung gewährleisten. Bspw. um zu prüfen, ob der Befragte auf eine frühere Frage ehrlich geantwortet hat. [14]

3 Konzeptionierung der empirischen Erhebung

Das dritte Kapitel beschreibt den Ablauf der Konzeptphase sowie die Auswahl der empirischen Methoden. Ziel des Konzeptes ist die Darstellung der Ermittlung des Ist-Zustandes der Tochtergesellschaften der HUGO BOSS AG.

Im Vorfeld wurde eine Umfeldanalyse vorgenommen, welche die unternehmensinternen Lagerprozesse untersucht.

Die Analyse war so strukturiert, dass eine Einarbeitungsphase in allen Lagern und Prozessabläufen stattgefunden hat. Nach der Einarbeitungsphase konnte die Ist-Analyse des Import- und Exports- Prozesses am Lagerstandort Filderstadt aufgenommen werden.

3.1 Ablauf des Konzepts der Umfrage

Nach der Ist-Analyse wurde das interne Ziel der Umfrage aufgestellt. Mit der Umfrage sollten Informationen gewonnen werden, die aus einer engen Kooperation zwischen der IT CC Logistics Abteilung und der Customs Management Abteilung definiert worden sind. In einem gemeinsamen Workshop wurden grobe Fragestellungen erarbeitet, aus denen die Umfrage erstellen ließ.

Die Fragen wurden im ersten Schritt in drei Gruppen in Allgemein, Import und Export aufgeteilt. Dann wurde ein Grobkonzept der Umfrage festgelegt.

Allgemeine Fragen:

- Wird nur importiert oder auch exportiert?
- In welche Länder wird importiert bzw. exportiert?
- Wie hoch ist der Import/ Export Anteil in Prozent?
- Wie wird sich der Import und Export in Zukunft entwickeln?

Import Fragen:

- Ist Ihr Importprozess:
  - Systembasiert
  - Broker (externer Dienstleister)
  - Manuell Prozess
- Wie hoch sind die Kosten des Imports?
- Haben Sie eine Prozesslandkarte des Importprozesses?

Export Fragen:

- Ist Ihr Exportprozess:
  - Systembasiert
  - Broker (externer Dienstleister)
  - Manuell Prozess
- Wie hoch sind die Kosten des Exports?
- Haben Sie eine Prozesslandkarte des Exportprozesses?

3.2 Angewandte empirische Methode

Für die Ist-Analyse der Tochtergesellschaften der HUGO BOSS AG wurde die quantitative und qualitative Methode eingesetzt.

Für die quantitative Methode wurde eine Umfrage erstellt und durchgeführt. Bei der qualitativen Methode wurden Interviews konzipiert und durchgeführt.

3.3 Quantitative Methode

Während der Analysephase der Tochtergesellschaften der HUGO BOSS AG fiel die Auswahl auf die quantitative Analysemethode. Aufgrund der eingeschränkten zeitlichen und örtlichen Rahmenbedingungen fiel die Entscheidung des Managements auf die Auswahl dieser Methodik.

Bei der Konzeption wurden die Tochtergesellschaften eingegrenzt. Die Eingrenzung der Kriterien erfolgte auf Basis bereits vorhandener Daten der HUGO BOSS AG. Hierbei wurden im Vorfeld erste Schwachstellen im Hinblick auf die mangelhafte Standardisierung der Lagerverwaltungstools aufgedeckt.

Durch die Eingrenzung wurde die weitere Untersuchung auf folgende Tochtergesellschaften der HUGO BOSS AG beschränkt:

- HUGO BOSS Amerika
- HUGO BOSS Kanada
- HUGO BOSS Mexico
- HUGO BOSS China
- HUGO BOSS Japan
- HUGO BOSS Korea
- HUGO BOSS Hong Kong
- HUGO BOSS Australien
- HUGO BOSS Schweiz
- HUGO BOSS Norwegen

Die Abbildung 2 zeigt die Struktur der Fragenstellung in Prozent (eigene Darstellung).

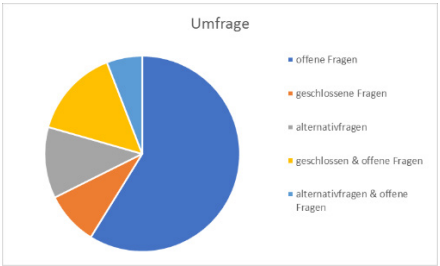

Abbildung 1 strukturierte Fragenstellung in Prozent

Nach einem internen Workshop mit der Abteilung Customs Management und der IT CC Logistcs wurden die Fragen ausgearbeitet. Da offene Fragen ein breites Spektrum an Antworten ermöglichen, überwieget diese Frage Art in der durchgeführten Umfrage.

Vor der Durchführungsphase der Umfrage wurde eine Vorstudie durchgeführt. Ziel diese Vorstudie war eine inhaltliche und technische Prüfung der Umfrage. Neben der inhaltlichen Prüfung wurde die Befragung auf einen zeitlichen Rahmen begrenzt. Hierbei soll die Befragung der Mitarbeiter eine Zeitspanne von 20 Minuten nicht überschreiten.

Die Fragen wurden in verständlicher Form verfasst, um Missverständnisse zu vermeiden. Im Vorfeld wurden mehrere Grobkonzepte erstellt, welche auf Verständlichkeit der Fragen geprüft wurden. Ziel war es, möglichst selbsterklärende Fragen zu formulieren. Hierdurch kann die Vollständigkeit der Umfrage ermöglicht werden, was Fehlinterpretationen ausschließt.

Die Vorstudie wurde mit insgesamt fünf Teilnehmern durchgeführt. Bei den Teilnehmern handelte es sich um Praktikanten der HUGO BOSS AG. Das Experiment der Vorstudie erfolgte über drei Wochen vor der internen Veröffentlichung der Umfrage im Unternehmen. So konnten weitere Schwachstellen ermittelt und behoben werden.

Im Weiteren wurde ein Pretest mit einem Experten von der Tochtergesellschaft HUGO BOSS China durchgeführt, mit dem Ziel, die Verständlichkeit der Fragen für internationale Mitarbeiter zu prüfen.

Die daraus resultierenden Änderungsvorschläge konnten somit berücksichtigt werden und anschließend in das Feinkonzept umgesetzt werden.

Der Vertriebsweg der Umfragen erfolgte durch digitale Kanäle wie Mails.

3.4 Qualitative Methode

Der Interviewleitfaden wurde in Absprache mit der IT CC Logistics und der Customs Management Abteilung konzipiert.

Aufgrund des Update Workshop EWM Template wurden diese Länder nach Metzingen eingeladen. In Rahmen des Workshops ergeben sich die Möglichkeit die internationalen Tochtergesellschaften der HUGO BOSS AG persönlich zu interviewen.

Die Auswahl für die Durchführung der qualitativen Methode wurde auf folgende Länder eingeschränkt:

- HUGO BOSS Amerika
- HUGO BOSS Mexico
- HUGO BOSS China
- HUGO BOSS Japan

Laut der Empfehlung von Ingwer Borg wurde Im Vorfeld ein Interviewleitfaden erstellt und dieser intern im Unternehmen kommuniziert [15].

Somit konnten sich die befragten Personen im Vorfeld auf das Interview vorbereiten. Die Interviews wurden innerhalb einer Woche durchgeführt. Hierbei lag die durchschnittliche Dauer des Interviews zwischen 45 - 60 Minuten.

Der Vorgehensweise der einzelnen Interviews wurde mit Hilfe des vordefinierten Interviewleitfadens so strukturiert, dass zu Beginn eine Vorstellungsrunde der beteiligten Personen stattfand.

Der Fokus des Interviews lag auf der Prozessanalyse des Exportes sowie auf der internen Kommunikationsstruktur der Daten beim dem Export-Prozess.

4 Auswertung

Aufgrund des Betriebsgeheimnisses können die Ergebnisse der angewandten Methoden nicht aufgezeigt werden. Da Firmen interne Daten und Fakten analysiert werden, die nach außen nicht publiziert werden dürfen. Daher wird in diesem Kapitel beschrieben nach welchen Auswertungsmöglichkeiten vorgegangen worden ist.

4.1 Umfrage Auswertung

Aufgrund der niedrigen Stichprobe (15 Teilnehmer) ist aus Sicht der Literatur ein Datenexport in einem Datenverarbeitungsprogramm wie SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) nicht sinnvoll. [2]

Für die Auswertung der quantitativen Methode ist eine Excel basierende Lösung ausreichend. Diese Entscheidung wurde in Absprache mit den Entscheidungsträgern von HUGO BOSS AG getroffen. Die Auswertung wird anhand einer Clusteranalyse erfolgen. Die Clusteranalyse soll die Differenzierung der Import- und Export- Prozesse von Tochtergesellschaften der HUGO BOSS AG aufzeigen. Das Ziel der ermittelten Differenzierung soll die Basis für die späteren Lösungskonzepte bilden.

4.2 Interview Auswertung

Die Auswertung der quantitativen Methode ist ein interpretatives Verfahren basierend auf den schriftlich dokumentierten Interviews [3].

Für die Bewertung der zuvor durchgeführten Interviews wird die Nutzwertanalyse als Methode eingesetzt. Bei der Nutzwertanalyse handelt es sich um eine klassische Methode für die Ermittlung unterschiedliche Handlungsempfehlungen [16].

Das Entscheidungskriterium für die Nutzwertanalyse sind verschiedene komplexe Lösungsalternativen in Bezug zu den Präferenzen des Entscheidungsträgers und dem daraus abgeleiteten systematischen Zielsystem in eine Rangfolge zu bringen. [8]

Um Transparenz und Übersichtlichkeit zu gewährleisten, sollten nur die wichtigsten Kriterien in die Nutzwertanalyse einfließen. Bei der Nutzwertanalyse dient das Ergebnis der Transparenz und Übersichtlichkeit des Gesamtnutzwerts zu repräsentieren. [10]

Die Ergebnisse der quantitativen Methode werden auf das angestrebte Lösungskonzept großen Einfluss haben. [11].

5 Fazit

Zu Beginn des ersten Konzeptes der Umfrage wurden die Fragen so formuliert, dass gezielt nur der Export-Prozess untersucht wurde. Nach der Vorstudie und dem Pretest hat sich herausgestellt, dass das angesetzte Ziel so nicht erreicht werden kann. Um den Export-Prozess der Tochtergesellschaften der HUGO BOSS AG verstehen zu können, sollte zuerst der Import-Prozess analysiert werden. Eine neue Konzeption der Umfrage wurde anhand der Kooperation der Abteilung zwischen der IT CC Logistics und der Customs Management für beide Prozesse ausgearbeitet.

Das Ergebnis dieser Arbeit ist es den Ist-Zustand der Tochtergesellschafen der HUGO BOSS AG aufzunehmen,

Die Schwierigkeit, die bevorsteht ist alle Ergebnisse in der Konzeptionsphase zu beachten. Diese Herausforderung wird mit dem Team des EWM- Templates zusammen bewältigt.

6 Literaturverzeichnis

[1] Winfried Stier: " Empirische Forschungsmethoden" Springer-Verlag Berlin Heidelberg (1996), ISBN 9783540623930.

[2] Atteslander, Peter: "Methoden der empirischen Sozialforschung" Erich Schmidt Verlag (2008), ISBN-13: 9783503106905.

[3] Flick Uwe (Hrsg.), Ernst v. Kardoff, Ines Steinke: „Qualitative Forschung: Ein Handbuch" 10. Aufl., Rowohlt Taschenbuch (2000), ISBN-13: 9783499556289.

[4] Hussy, Walter, Schreier, Margrit, Echterhoff, Gerald: " Forschungsmethoden

[2] SPSS: "Statistical Package for Social Sciences", unter: http://www.statisticssolutions.com/spss-statisticalpackageforsocialsciences/, (abgerufen am 10.10.2017)

in Psychologie und Sozialwissenschaften“ 2. Aufl., Springer (2013), ISBN:9783642343612.

[5] Mayring, Philipp:“ Einführung in die Qualitative Sozialforschung. Eine Anleitung zu qualitativem Denken“, 5. Aufl., Beltz (2002), ISBN-13: 978-3407252524.

[6] Zelewski, Stephan, Akca, Naciye: „Fortschritt in den Wirtschaftswissenschaften: Wissenschaftstheoretische Grundlagen und exemplarische Anwendungen“ In: Zeitschrift für Pädagogik “ Deutscher Universitätsverlag (2006), ISBN-978-3-8350-9199-3

[7] Uwe Flick, Ernst von Kardorff, Heiner Keupp, Lutz von Rosenstiel: „Handbuch qualitative Sozialforschung. Grundlagen, Konzepte, Methoden und Anwendungen“, Beltz; 2. Aufl., (1995), ISBN-13: 978-3621272292.

[8] Wolf, Willi: „Qualitative versus quantitative Forschung“, Weinheim Beltz (1995), ISBN 3-89271-546-7.

[9] Schnurr, Stefan: „Empirische Forschung und Soziale Arbeit. Ein Lehr- und Arbeitsbuch. Darmstadt“, Neuwied (2003), ISBN 978-3-472-05572-3.

[10] Zangemeister, Christof: „Nutzwertanalyse in der Systemtechnik – Eine Methodik zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projektalternativen“, 4. Aufl., München: Wittemann (1976), ISBN 3-923264-00-3.

[11] Christof Zangemeister: „Nutzwertanalyse in der Systemtechnik: Eine Methodik zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projektalternativen“, 5. Aufl., Winnemark (2014), ISBN: 978-3-923264-00-1.

[12] Knut Blicher, Christian Abegglen: „Das Konzept Integriertes Management: Visionen - Missionen – Programme“,9. Aufl., Campus Verlag (2017), ISBN 9783593505992.

[13] Fühles Ubach, Simone: “Handbuch Methoden der Bibliotheks- und Informationswissenschaft“, De Gruyter Saur (2013), ISBN 9783110255546

[14] Kallus, K. Wolfgang: “Erstellung von Fragebogen“, Wien Facultas WUV (2010), ISBN: 3825244652

[15] Ingwer Borg: „Mitarbeiterbefragungen - kompakt Taschenbuch “ Hogrefe Verlag (2002), ISBN-13: 978-3801716240

[16] Kühnapfel, Jörg B.: „Nutzwertanalysen im Marketing und Vertrieb“, Wiesbaden, (2014), ISBN 978-3-658-05509-7

Topic Modellierung zur Analyse von Produktfeedback-Dokumenten

Armin Müller-von Fischer
Hochschule Reutlingen
Armin.Mueller@Student.Reutlingen-University.DE

Abstract

Automatisierte Analyse von Review-Daten beschäftigt sich mit den Möglichkeiten, freien Text zu analysieren und relevante Informationen daraus zu extrahieren. Die Arbeit setzt sich dabei mit Methoden des unüberwachten Lernens auseinander. Hierbei steht die Methode der Topic Modellierung im Mittelpunkt. Es werden Verfahren betrachte, die im Bereich der textbasierten Informationsgewinnung bekannt sind. *Latent Semantic Indexing* LSI, (*probabilistic*) pLSI und *Latent Dirichlet Allocation* (LDA) werden erläutert und verglichen. Die Arbeit zeigt wie LDA genutzt wurde um einen inhaltlichen Überblick über einen Datenkorpus von 1 Mio. Reviews zu bekommen und diesen auf einen feineren Detailgrad zu betrachten. Die Topic-basierte Analyse wird genutzt um Erkenntnisse für ein *Opinion Mining* System zu generieren, welches eine tiefergehende Analyse vornehmen wird. Der gesamte Prozess ist als vollständig automatisiert und maschinell unüberwacht konzeptioniert.

Betreuer Hochschule: Prof. Dr. Cristóbal Curio
Hochschule Reutlingen
Cristobal.Curio@Reutlingen-University.de

Wissenschaftliche Vertiefungskonferenz
22. November 2017, Hochschule Reutlingen
Copyright 2017 Armin Müller-von Fischer

Schlüsselwörter

Information Retrieval (IR), Natural Language Processing (NLP), Topic Modellierung

CR-Kategorien

CCS → Information systems → **Information retrieval**

1. Einleitung

Bei Reviewdaten zu Produkten in einem Online-Shop sind meist wenige Merkmale verfügbar: Produkt, Bewertung, Titel und Bewertender Text. Diesen frei bzw. natürlich geschriebenen Text nutzbar zu machen, bedarf - je nach Größe des Datensatzes - entweder einen hohen manuellen Aufwand, wenn jeder dieser Texte von einem Menschen gelesen werden muss oder einer automatisierten Lösung. Reviews beinhalten ein Feedback des Nutzers, zu einem spezifischen Produkt. Innerhalb dieses Feedbacks macht der Nutzer freie Aussagen zu bestimmten Aspekten des Produktes, die für ihn relevant sind. Bereits hier lässt sich feststellen, dass die in Reviews oft genutzte numerische Bewertung mit einem Punktesystem (z.B. 1 bis 5) nicht ausreicht, um das Nutzerfeedback ausreichend umfangreich darzustellen. Nutzer machen nicht immer zu jedem Aspekt oder Feature eines Produktes in jedem Review eine Aussage. Damit ist eine klassische umfrageartige Struktur bereits ungeeignet für eine Analyse. Eine solche Struktur würde den Nutzer dazu nötigen, zu jedem Aspekt eine Aussage zu treffen,

auch wenn er das nicht möchte. Daher lautet die grundlegende Frage der Arbeit: Kann Informationsgewinnung (Information Retrieval) und speziell Topic Modellierung bei der Aufarbeitung von Reviewdaten eingesetzt werden und welche Mehrwerte können daraus gewonnen werden? Die Arbeit zeigt wie durch Topic Models wie *Latent Dirichlet Allocation* (LDA) Informationen in Reviews identifiziert und als Erkenntnisse in einem Opinion Mining System verwendet werden können. Die folgende Punkten zeigen die Struktur der Arbeit: (1) Verwandte Literatur, (2) *Latent Dirichlet Allocation* und seine Funktionsweise, sowie *Latent Semantic Indexing* (LSI) und *probabilistic* LSI für Topic Modeling, (3) gewonnene Informationen durch Topic Modeling und ihre weitere Verarbeitung, (4) *Opinion Mining* mit Erkenntnissen durch LDA, sowie (5) einer abschließenden Diskussion der Ergebnisse und einem Ausblick.

2. Verwandte Literatur

Historisch war LSI eines der ersten Modelle welches genutzt wurde, um einen Textkorpus auf seinen inhaltlichen Kontext bezogen zu analysieren. LSI wurde von Deerwester et. al. 1990 entwickelt und bot die Grundlage für einige bedeutende Topic Modelle wie pLSI und LDA [1]. LSI nutzt die Eigenschaften von quadratischen Matrizen über das Skalarprodukt, indem Singulärwertzerlegung (*Singular Value Decomposition SVD*) als Verfahren verwendet wird. Ziel der Zerlegung ist es, die unterschiedlichen semantischen Anteile der Dokumente erkennen zu können. LSI nutzt Termfrequenz-Inverse Dokumentfrequenz (TF-IDF). Hiermit werden die Dokumente in Vektoren übertragen. TF-IDF ist ein Textrepräsentationsmodell. Prinzipiell zählt diese Modell alle Terme in allen Dokumenten und gewichtet jeden Term mit den Häufigkeiten in allen anderen Dokumenten. Durch die Matrixzerlegung, die SVD vornimmt, wird es möglich, semantischen Zusammenhänge der Worte innerhalb der Dokument zu identifizieren. Die Grenzen von LSI werden klar, wenn Dokumente unterschiedliche semantische Inhalt aufweisen. So ist es LSI nicht möglich, den Unterschied zwischen '*maschine*' in '*maschine learning*' und '*maschine performance*' festzustellen. Dieser Effekt wird erzeugt, weil LSI eine durchschnittliche Semantik des Dokumentkorpus erzeugt. Hier ging T. Hofmann weiter und baute auf diesen Erkenntnissen auf, um LSI in ein probabilistisches Verfahren umzuwandeln. Das von Hofman beschriebene Modell soll LSI erweitern und das Problem der einzelnen durchschnittlichen Semantik beheben [2].

Dies erreichte er durch ein *generative* Verfahren, in denen die Semantik der Dokumente mithilfe von Topics formuliert wird. Topics beschreiben Kontexte, indem Wortkonstellationen als Sinn betrachtet werden. Um diesen Sinn abzubilden, erhält jedes Wort eine Wahrscheinlichkeit unter der Bedingung, dass dieses mit anderen Worten auftaucht. Die Semantik entsteht so durch die Nachbarn des Wortes. Die Erstellung der Topics geschieht durch einen Optimierungsprozess, der die Variablen nach jedem Lernschritt aktualisiert. Mit dem Erfassen der Topics kann pLSI einem Dokument auch mehrere Topics zuordnen. Diese Zuordnung wird als Misch-Repräsentation (*Mixture Model*) verstanden. Auch die probabilistische Variante weist eine wesentliche Schwäche auf. Es ist nicht in der Lage, die Anteile der Topics über den gesamten Korpus darzustellen. Die Methodik von Blei et. al. nimmt diese Schwäche auf und nutzt die Topics in zwei Verteilungen [3]. Während pLSI auf zwei Ebenen ein Mischmodell beschreibt, definieren Blei et. al. eine weitere um den gesamten Korpus beschreiben zu können. Zunächst werden auf erster Ebene die Worte mit Wahrscheinlichkeiten, entsprechend des Dokumentkontexts beschrieben. Auf zweiter Ebene werden die Topic-Anteile beschrieben. Diese Topic-Anteile zeigen das Mischmodell, welches auch in pLSI zum Einsatz kommt. Die dritte Ebene soll nun die Möglichkeit bieten, den Korpus mithilfe von zufälligen Mischungen von latenten Topic-Variablen darzustellen. Die zufälligen Mischungen von Topics werden über eine Dirichlet-Verteilung betrachtet und zeigen so eine Mischung der Topics über den Korpus

[3]. Durch beobachtete Variablen (Worte) werden die Topics optimiert (gefunden), um danach in der dritten Ebene die Mischung dieser Topics zu beobachten [3]. Dieser Prozess wird näher in Abschnitt 3 erläutert.

Die Arbeit von McAuley et. al. nutzt ein Topic Model, dessen Ziel es ist, in einem Empfehlungssystem (*Recommender System*) Verbindungen zwischen betrachteten Produkten, ähnlichen Produkten und nützlichen Produkten, einer anderen Produktgattung zu identifizieren [4]. Die Annahme von McAuley et. al. beschreibt, dass die Reviews von einem Angesehenen Produkt in Kombination mit Reviews von ähnlichen Produkten durch Empfehlungen eines *Recommender* Systems, Hinweise zu weiteren Produkten geben können, die der Nutzer noch nicht betrachtet hat und zu seinem angesehenen Produkt passen. Beispielhaft: Schaut sich ein Nutzer ein Paar Schuhe an, können die Nutzerreviews dieser und ähnlicher Schuhe dazu genutzt werden, dem Nutzer Socken anzubieten, da die Nutzer in ihren Reviews Socken erwähnten. Hauptaufgabe des Topic Models ist es also, Verbindungen zwischen Produkten unterschiedlicher Gattungen zu identifizieren. Dabei werden bestehende Verbindungen durch Empfehlungssysteme berücksichtigt. Der von McAuley veröffentlichte Datensatz ist auch Grundlage dieser Arbeit [5].

Wang et. al. stellen ein *Topical N-Gram Model* (TNG) vor, welches im Gegensatz zu LDA nicht mit einzelnen Worten sondern Wortketten arbeitet [6]. Während LDA mit einem TF-IDF Maß arbeitet und damit auf Unigramme (einzelne Worte) beschränkt ist, können *N-Grams* über *N*-Worte hinweg Merkmale bilden, welche dann wiederum in einem Model analysiert werden. Durch den Einsatz von N-Grams als Textmerkmale werden auch zusammenhängende Worte, wie zum Beispiel "*Black Hole*", "*New York*" oder "*Maschine Learning*" als einzelnes Merkmal modelliert. Die Arbeit von Wang et. al. zeigt wie durch ein *Sampling* von Unigrammen hin zu Bigrammen (zwei Worte), ein bessere Interpretation der Topics möglich ist. Durch die Sampling Iterationen (*Gibbs Sampling*) werden Worte über Bigramme hinweg miteinander verbunden. Dadurch werden einzelne Worte wie "*Markov Chain Process*" zusammen modelliert. Wang et. al. nutzen den *NIPS* Datensatz, der Konferenzbände von 1987 bis 1999 aus dem Feld der *Neural Information Processing Systems* (NIPS), beinhaltet [6]. Diese Konferenzbände haben einen beträchtlichen Umfang pro Dokument und unterscheiden sich stark von Reviewdaten. Besonders die länge der Dokumente fällt auf.

3. Topic Modellierung

Die in Abschnitt 2 angesprochenen Modelle versuchen durch Analyse, Erkenntnisse aus einem Datenkorpus zu gewinnen (*Information Retrieval*). LDA versucht jedoch, einen Überblick über den Datenkorpus zu geben. Dieser Überblick kann eine Vorbereitung für folgende Analysen, wie Ähnlichkeitsmessungen, Klassifikationen, Relevanz-Ranking oder Visualisierungen sein [3, 4, 6, 7]. Das Basiskonzept von LDA Modellen, beruht auf einem *Bag-of-Words* (BOW) Ansatz und wurde erstmals von David M. Blei in "*Latent Dirichlet Allocation"* in 2003 veröffentlicht [3]. Ein *Bag-of-Words* ist eine Form der Repräsentation von Text, die genutzt wird, um Sätze oder Dokumente in Vektoren umzuwandeln. Worte werden mit Hilfe von Zahlen ausgedrückt. Folgendes Beispiel zeigt die Methodik auf:

- 1: "I like cake, but marry likes pie."
- 2: "Where is the next bakery?"
- BoW(1)=[1,2,1,1,1,2,1]
- BoW(2)=[1,1,1,1,1,0,0].

Die Textrepräsentation von Dokumenten durch den *Bag-Of-Words* speichert jedes im Korpus auftauchende Wort, angefangen beim ersten Dokument, indem ein Wort mit einer Id versehen wird. Taucht ein Wort mehrfach auf, wird nicht dieselbe Id eingesetzt, sondern die Termfrequenz der Wort-Id hochgezählt. Wird dieses Verfahren für jedes Dokument im Korpus genutzt, kann daraus eine Termfrequenz-Inverse Dokumentenfrequenz (TF-IDF) Matrix erstellt werden.

Wenn die Termfrequenz nun mit der invertierten Dokumentfrequenz verbunden wird, entsteht eine Matrix die den Textkorpus repräsentiert. Die Inverse-Dokumentenfrequenz ist ein Faktor, der genutzt wird um die Worte gemäß ihrer Dokumentenfrequenz zu beschreiben. Bei den TF-IDF führt dies dazu, dass die Termfrequenz mit der Dokumentenfrequenz verbunden wird und dadurch Worte mit beiden Faktoren gewichtet werden. Worte die in der Termfrequenz hoch gestellt sind sollten keine zu starke Gewichtung haben, wenn sie in jedem Dokument häufig auftreten. Im Kontext von Topic Modeling bedeutet dies, dass für jedes zu findende Topic ein *Bag-of-Words* gefüllt wird. Diese Bag beschreibt mit einer Verteilung von Worten einen Kontextbereich (Überschrift/Topic) des Datenkorpus.

An dieser Stelle ist wichtig zu erwähnen, dass sich jedes Topic, dass gesamte Wörterbuch des Korpus erstreckt. Hat ein Korpus ein Wörterbuch der Länge 200, hat jeder *Bag* die Länge 200. Es sind die Wahrscheinlichkeiten, die den Worten zugeschrieben werden, wodurch das Topic einen Kontext bildet. Ein und dasselbe Wort kann in mehreren Topics auftreten. Es sind andere Worte, die bei ähnlicher Wahrscheinlichkeit einen anderen Kontext bilden. Beispielsweise unterscheiden sich die Topics t_1 und t_2 im Folgenden sehr, obwohl das selbe Wort an erster Stelle steht: t_1: (w_1: "*machine*", w_2: "metal", w_3: "*productivity*"), entgegen wenn t_2: (w_1: "*machine*", w_2: "*learning*", w_3: "*propability*") einen Kontext bilden. Angefangen beim ersten Schritt werden die Worte entsprechend ihrer Wahrscheinlichkeit des Auftretens den Topics z zugeordnet. Die Berechnung der Wahrscheinlichkeit eines Wortes für ein spezifisches Topic z wird mit p(w) ausgedrückt (Gleichung 1 nach [2]):

$$p(w) = \sum_{z} p(z) \prod_{n=1}^{N} p(w_n|z) \qquad (1)$$

Gleichung 1 zeigt , dass alle w_n in $p(w_n|z)$ als bedingte Wahrscheinlichkeit betrachtet werden. Damit wird ausgedrückt, mit welcher Wahrscheinlichkeit p, w_n zu z zugehörig ist. Wird dieser Prozess für alle Worte w im Dokument n und alle definierten z durchgeführt, wird jedes Dokument mit einem der verfügbaren z dargestellt. Einzelne Topics stellen bei größer werdenden Datenmengen ein Problem da, weil jedes Dokument seine eigene Topic definiert. Somit ist keine allgemeine Basis vorhanden, um die Dokumente miteinander zu vergleichen.

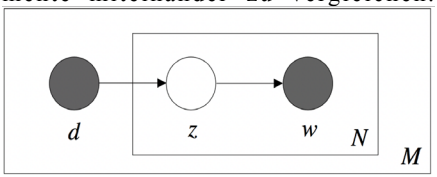

Abbildung 1: Mischmodel zur Zuordnung der Worte *w* in die Topics z und Darstellung der Mischtopic in *d* (für alle z eines Dokuments *N* im Korpus *M*. Abbildung der Struktur des Modells, das pLSI zugrunde liegt [2, 3].

Das bedeutet, Gleichung 1 muss um eine Ebene erweitert werden. Abbildung 1 zeigt diesen Prozess in graphischer Darstellung. Der abgebildete Prozess beschreibt die Funktionsweise von pLSI [2]. Um Topics als Mixtur darstellen zu können, wurde von Hofmann ein *Expecation Maximization* (EM) Algorithmus verwendet. Dieser beschreibt z als latent (versteckte) Variable, die durch den Algorithmus offen gelegt wird. Zunächst werden im Schritt 1 (*Expecation*) alle *Posterior Probabilities* (Nachfolger-Wahrscheinlichkeiten) errechnet. Diese basierend auf den *versteckten* definierten Variablen *z*. Schritt zwei Maximierung (*Maximization*) aktualisiert nun alle z, um wieder bei Schritt eins zu beginnen. Schritt E wird mit 2 beschrieben: [2]

$$p(z|d,w) = \frac{p(z)p(d|z)p(w|z)}{\sum_{z'} p(z')p(d|z')p(w|z')} \qquad (2)$$

Die Dokument-zu-Wort Notation, die *(d,w)* beschreibt werden allerdings unabhängig voneinander betrachtet. Da auch dieses Modell mit einem *BoW* Ansatz arbeitet, kann diese Annahme gemacht werden. Wie im Abschnitt 2 angesprochen ist dieses Modell zwar in der Lage die Topics *z* als Mischvariable für Dokumente *d* wiederzugeben, bietet allerdings keine Möglichkeit den gesamten Korpus auf in dieser Repräsentation

abzubilden. Die Notation von *n(d,w)* zeigt an wie oft was Wort *w* in *d* aufgetreten ist (Wortfrequenz). Danach wird im zweiten Schritt *p(w|z)*, *p(d|z)* und *p(z)* aktualisiert [2]:

$$p(w|z) = \frac{\sum_d n(d,w)P(z|d,w}{\sum_{d,w'} n(d,w')p(z|d,w')} \quad (3)$$

$$p(d|z) = \frac{\sum_w n(d,w)P(z|d,w}{\sum_{d',w} n(d',w)p(z|d',w)} \quad (4)$$

$$p(z) = \frac{1}{R}\sum_{d,w} n(d,w)p(z|d,w), R \equiv \sum_{d,w} n(d,w). \quad (5)$$

In LDA wird dieser EM-Algorithmus genauso verwendet. Allerdings verwenden Blei et.al., siehe Abschnitt 2, zusätzlich *Variational Inference*, um die ruhenden Variablen der Dirichlet Verteilung zu optimieren, damit auch die Mischung von Topics der Dokumente in einer weiteren Verteilung dargestellt werden können. Kurz: die Dirichlet Verteilung stellt (mit den Parametern α und β) die Topic Mischungen der Dokumente als separate Verteilung dar. Abbildung 2 zeigt den Aufbau. Im Vergleich zu Abbildung 1 lässt sich festzustellen, dass *d* durch θ ersetzt wurde.

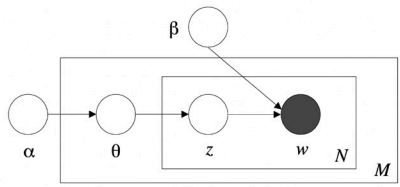

Abbildung 2: LDA als Graphen Model mit Worten *w*, Topics *z* deren Mixtur-Repräsentation in *θ* auf Korpusebene *M* und den Hyper-Parametern der Dirichlet Verteilung *α* und *β*. [2]

Es bezweckt allerdings dieselbe Funktion (Repräsentation des Dokuments mithilfe der Misch- Topics). Des Weiteren sind die Parameter α und β hinzu gekommen. Diese sind die Parameter der Dirichlet Verteilung. Mithilfe dieser Verteilung wird es in LDA möglich die Topics für den gesamten Korpus zu betrachten. Die Gesamtheit der Parameter wird Gleichung 6 wie folgt notiert [2]:

$$p(\theta, w, z|\alpha, \beta) = p(\theta|\alpha)\prod_{n=1}^{N} p(z_n|\theta)p(w_n|z_n, \beta). \quad (6)$$

Gleichung 6 zeigt die Wahrscheinlichkeit von θ, *w* und z bedingt α und β. Um die latente Variable θ in einer Dirichlet Verteilung nutzen zu können, verwenden Blei et. al. einen Prozess, um die vorherigen Hyper-Parameter zu wählen [3, 8]. Dieser Prozess (*Empirical Bayes selection of prior hyper-parameters*) wird von *Petrone* et. al. als effizient bezeichnet, sobald mehrere latente Variablen vorhanden sind und diese von den Daten (Beobachtungen) selbst bestimmt werden sollen [8].

Wichtig für die folgenden Schritte ist $p(z_n|\theta) = \theta_i$ und für jedes *i* gilt $z_n^i = 1$. Diese Verkettung von θ und den Topics z_n erlaubt im nächsten Schritt das Integrieren von θ und Aufsummieren der z_n , um eine Marginalverteilung zu erhalten. Diese bildet die Verteilung über θ als Subset eines Dokuments ab [2].

$$p(w|\alpha, \beta) = \int p(\theta|\alpha)(\prod_{N=1}^{n}\sum_{z_n} p(z_n|\theta)p(w_n|z_n, \beta)) \quad (7)$$

Die im Subset enthaltenen Wahrscheinlichkeiten werden in Gleichung 8 mit dem Produkt von *d=1* für alle Dokumente *M* im Korpus berechnet [2]:

$$p(D|\alpha, \beta) = \prod_{d=1}^{M}\int p(\theta_d|\alpha)(\prod_{n=1}^{N_d}\sum_{z_{dn}} p(z_{dn}|\theta_d)p(w_{dn}|z_{dn}, \beta))d\theta_d \quad (8)$$

Mit der Beschreibung, die Gleichung 8 liefert, kann das Modell eine übergeordneten Blick auf die Dokumente im Korpus liefern. Entscheidender Vorteil ist, dass durch diese Ebene, die LDA bereitstellt, viele Dokumente gleichzeitig begutachtet werden können. Dies ist möglich, da die Verteilung die Mischtopics über den Korpus betrachtet. Somit können viele Dokumente zusammen, aber auch einzelne separat inspiziert werden. Im Kontext der Arbeit bedeutet dies einen Überblick über die Aussagen von Nutzern zu Produkten. Vorgehen und Auswirkungen von LDA im Bezug auf Feedbackdaten werden im folgenden Abschnitt besprochen.

4. Analyse der Feedbackdaten mit LDA

Um mit LDA arbeiten zu können, müssen einige Faktoren aus Abschnitt 3 beachtet werden:

1. die einzigen beobachteten Merkmale des Modells sind die Variablen w und Dokumente d,
2. jede daraus folgende Verteilung (θ und α) wird von der Qualität der abgetasteten w bestimmt und
3. die Merkmale werden eine Wahrscheinlichkeitsverteilung ergeben, welche als Themenspektrum zu betrachten ist.

Dies bedeutet, dass bei der Vorbereitung für die Analyse Vorsicht geboten ist, da alle Ergebnisse zu einem wesentlichen Teil von dieser Vorbereitung abhängen. Das verwendete Datenset wurde von J. McAuley bereitgestellt [5]. Der hier herangezogene Datensatz bietet Reviews, welche von Nutzern auf der Plattform Amazon verfasst wurden. Folgend ein Beispiel der Struktur des Datensatzes [5]:

"**reviewerID**" : „A2SUAM1J3GNN3B",
"**asin**" : „0000013714",
"**helpful**" : (2, 3),
"**reviewText**" : "I bought this for my husband who plays the piano. He is having a wonderful time playing these old hymns. The music is at times hard to read because we think the book was published for singing from more than playing from. Great purchase though!",
"**overall**" : 5.0,
"**summary**" : "Heavenly Highway Hymns".

Des Weiteren sind auch der Name des Erstellers und die Zeit, zu der das Review eingestellt wurde, hinterlegt. Die Daten liegen einheitlich im *".json"*-Format vor und sind nach ihrer übergeordneten Produktkategorie vorsortiert. Interessant für die Arbeit sind zunächst nur die Einträge in "*reviewText*".

4.1. Vorbereitung der Merkmale

Wie oben ersichtlich, handelt es sich um frei geschriebenen Text. Das bedeutet es können Abkürzungen oder Sprachverwirrungen genutzt werden, die im maschinellen Kontext nur schwer einbezogen werden können. Um diese Merkmale auch nutzen zu können, müsste die Sprache generalisiert werden. Der Aufwand diese Sprachkürzel und -konstrukte zu erkennen und zu nutzen wurde als unverhältnismäßig betrachtet und daher nicht weiter berücksichtigt. Um allerdings eine Verfälschung der Verteilungen durch seltene Merkmale vorzubeugen, wurden diese bereits im *Preprocessing* entfernt. Ähnlich gelagert sind Sprachkonstrukte, die statistisch vereinheitlicht werden sollten, weil sie denselben Inhalt bezeichnen, aber anders geschrieben sind. Solche Konstrukte sind zum Beispiel Wortsteigerungen oder Zeitformen [9]. Um diese sprachlichen Eigenschaften zu vereinheitlichen, wurde das sog. *Suffix Stemming* genutzt. Einer der bekanntesten Stemmer ist nach seinem Erfinder Martin Porter benannt [10]. Durch die vom Stemmer beschriebenen Regeln werden die Wortenden gekürzt. Die Kürzungen sind zwar von ihrer Rechtschreibung nicht immer korrekt, werden aber nicht zu einer Verfälschung der Analyse führen. Die verwendete Implementation, wurde vom NLTK (*Natural Lanugage Toolkit*) bereitgestellt [11]. Die Regeln werden ausführlich von M. Porter in Readings in Information Retrieval beschrieben [10]. Die Implementationen kann in [9, 11, 12] nachvollzogen werden. Zur Vereinfachung der Testphasen im Projekt wurden die Datensätze (Beispiel: *Electronics.json*) in Subsets zerteilt. So konnte speziell in der Lernphase der Modelle schneller geprüft werden, ob die gewünschte Funktionsweise eintrat. Dies war nötig da der verwendete Datensatz der Electronics Kategorie bereits eine Größe ca. 1.7 Mio. Daten (*Reviews*) enthielt [9]. Um ein Topic Modell wie LDA mit diesen Daten zu lernen wurden folgende Schritte zur Datenaufbereitung umgesetzt:

1. Separieren der Reviewtexte aus dem Datensatz

2. Zerteilen der Reviews in einzelne Sätze und pro Satz in Worte
3. Für jedes Wort nach Martin Porter Wortursprung identifizieren [9, 11]
4. Worte tokenisieren und seltene Worte entfernen (Beispiel: $freq(w_n > 1)$)
5. Erstellen des Vokabulars *V* über alle Eingabetexte [12]
6. Speichern des Korpus *M* und Vokabulars *V*

Während *M* alle Dokumente hält, werden in *V* alle verfügbaren Merkmale gespeichert. Beim tokenisieren der Worte wird zusätzlich ein Filter verwendet, der direkt beim Erfassen der Worte auf Dokumentebene prüft, ob ein Wort selten vorkommt.

4.2. Korpusexploration

Sobald der Datenkorpus vorbereitet und das Vokabular auf dem neusten Stand ist, kann das Modell angelernt werden. Es wurde *Gensim* für die Arbeit genutzt [12]. Wichtig sind zu Beginn die Modellparameter. Folgend werden einige aufgezählt und anhand der verwendeten Einstellung erläutert:

1. Korpusgröße 1 Million Reviewdokumente aus dem Amazon Review Datensatz [5]
2. *Stopword-Removal, Stemming und Rare Word Filtering* wurden verwendet Anzahl der gesuchten Topics bei 20 angesetzt
3. *Chunksize* = 1000 (Anzahl der untersuchten Dokumente, vor einem Modellupdate)
4. Minimum Wahrscheinlichkeit 0.01

Bei Punkt 1 gilt anzumerken, dass aus dem Gesamtpool an verfügbaren Reviewkategorien ein Bereich (*Electronics*) ausgesucht wurde [5]. Es wurde eine Mio. Reviews aus dem Bereich Electronics analysiert. Aus diesem Korpus an *Reviews*, die zu unterschiedlichsten Produkten geschrieben wurden, kann nun ein Überblick gewonnen werden.Das Resultat waren 20 Topics (3), die alle 1000 Dokumente aktualisiert wurden (4). Eine Aktualisierung schreibt auf Basis der vorhergehenden Wahrscheinlichkeiten und dem analysierten *Chunk,* allen Topics eine neue Wahrscheinlichkeit zu. Durch diesen Prozess wird jedes Topic auf Basis von vorhergehenden und beobachteten Wahrscheinlichkeiten mit jedem Update erneuert, bis alle Dokumente analysiert wurden. Am Ende stehen unterschiedliche Topics, die mit ihren wahrscheinlichsten Worten einen Kontext (*latent Topic*) abbilden. Die Ergebnisse des gelernten Modells ergaben für alle untersuchten Feedbacks Tabelle 1. Die Tabelle zeigt die 20 Topics T_n von oben nach unten und jeweils ihre 10 wahrscheinlichsten Worte w_n , absteigend nach ihrer Wahrscheinlichkeit $P(w_n)$, von links nach rechts sortiert. Zunächst fällt auf durch die Verwendung von Stemming einige Worte etwas ungewöhnlich aussehen. Dafür ist das Porter Stemming verantwortlich.

Bei näherer Inspektion der Tabelle fällt auf, dass einige Worte mehrfach vorkommen. Dies liegt daran, dass das Modell die Koexistenz der Worte untereinander beobachtet und nicht darauf achtet ob Worte in einer Topic bereits vorkamen. Wenn ein Wort in mehreren Topics vorkommt, hat das Modell das Wort aus verschiedenen Kontexten erkannt und dies in mehreren Topics als relevant bemessen. Aus Tabelle 1 kann ein solches Beispiel sehr anschaulich abgelesen werden, wenn Topic 4 und 5 näher betrachtet werden. In beiden ist das wichtigste Wort ’work’. Werden die folgenden Worte auch inspiziert, fällt auf dass diese beiden Topics ähnlich sind, sich aber in ihrer semantischen Bedeutung stark unterscheiden. In beiden scheint es um die Funktionsweise von Produkten zu gehen. Topic 4 weist mit den Worten ’*problem*’, ’*back*’, ’*replace*’ und ’*first*’ ’*month*’ darauf hin, dass es Probleme gab, welche dazu führten, dass das Produkt zurückgesendet oder ersetzt werden muss. Des Weiteren scheinen diese Probleme innerhalb des ersten Monats aufzutreten. Topic 5 beschreibt mit ’*great*’, ’*well*’, ’*recommend*’ und ’*good*’ klar auf einen positiven Kontext was die Funktionsweise des Produktes angeht.

Es ist aber genauso möglich neue Dokumente (Produktfeedbacks), welche noch nicht analysiert wurden, mithilfe des Modells zu

TopicNr.	Wort0	Wort1	Wort2	Wort3	Wort4	Wort5	Wort6	Wort7	Wort8	Wort9
0	speaker	system	sound	room	wire	power	receiv	unit	home	surround
1	light	color	black	blue	configur	white	bright	green	dark	enclosur
2	remot	player	plai	movi	watch	video	button	pictur	control	netflix
3	keyboard	mous	button	us	laptop	kei	type	like	logitech	tablet
4	work	time	just	year	problem	back	will	first	month	replac
5	work	great	well	recommend	good	product	price	bought	just	need
6	like	look	realli	just	thing	screen	good	much	want	better
7	case	protect	ipad	cover	like	fit	nice	well	carri	hold
8	card	memori	nikon	speed	transfer	video	file	fast	micro	flash
9	shot	optic	shoulder	stabil	seri	chip	improv	frame	olympu	depth
10	window	instal	softwar	devic	comput	updat	support	will	us	download
11	batteri	charg	unit	charger	phone	radio	power	antenna	time	us
12	len	shoot	flash	canon	camera	tripod	us	focu	filter	lens
13	kindl	zipper	sensor	fire	read	book	logic	nook	overclock	pouch
14	sound	headphon	qualiti	music	good	ipod	bass	speaker	listen	volum
15	drive	hard	power	extern	suppli	cool	fan	cooler	harmoni	case
16	product	price	amazon	qualiti	purchas	good	review	ship	order	great
17	camera	pictur	video	take	photo	qualiti	imag	mode	good	great
18	mount	plastic	screen	clean	remov	screw	us	will	make	side
19	cabl	connect	router	work	wireless	plug	port	devic	adapt	hdmi

Tabelle 1: Ergebnisse des Modells basierend auf 1 Mio. Nutzerfeedbacks, (Pro Topic T_n , die darin wichtigsten 10 Worte w (absteigend ihrer Wahrscheinlichkeit, nach rechts sortiert.)

klassifizieren. Das eingehende Dokument wird mithilfe der Topics über Wahrscheinlichkeiten beschrieben. Wie in Abschnitt 3 erläutert nutzt LDA die von Hofmann et. al. eingeführte Misch-Repräsentation [2]. An dieser Stelle zeigt sich wie sich diese Repräsentation auf die Analyse eines Dokuments auswirkt. Jede Topic erhält eine Wahrscheinlichkeit und die Misch-Verteilung beschreibt durch die Anteile der verfügbaren Topics das Dokument. Beispielsweise könnte ein Dokument, in dem es um mangelhafte Soundqualität von Kopfhörern geht, von $T_{14} = 0.55$, $T_4 = 0.30$ und $T_0 = 0.14$ beschrieben werden. T_{14},T_4 und T_0 sind also die, für diese Rezension/Dokument beschreibenden, Topics. Diese werden mit den 17 geringeren Aktivierungen der anderen Topics zusammen, in einer Verteilung dargestellt. Die Summe aller Topic-Wahrscheinlichkeiten ergibt immer 1.

Um einen tieferen Einblick in die Daten zu bekommen, wird ein System auf die Erkenntnisse der Topic Modellierung aufgesetzt. Da es sich bei dem hier herangezogenen Datensatz um Nutzerfeedbacks handelt, liegt eine sog. Stimmungsanalyse (*Sentiment Analysis*) nahe. Bei Stimmungsanalysen werden die Nutzer auf ihre Stimmung untersucht, die aus den Dokumenten der Nutzer herausgelesen werden soll [13]. Eine artverwandte Analyse ist *Opinion Mining*. Die sog. Meinungsextraktation (*Opinion Mining*) Systeme versuchen Meinungen, zu bestimmten Aspekten zu identifizieren [14, 15, 16]. Definierte Aspekte auf Meinungen der Nutzer zu untersuchen ergibt im Kontext von Produktfeedbacks mehr Detailgrad, da jedes Feedback gewisse Aspekte eines Produktes anspricht. Aus diesem Grund wurde für die weitere Analyse ein System zur Meinungsextraktion verfolgt. Das System soll die Aufgabe haben, Aspekte eines von LDA reduzierten Datensatzes zu identifizieren und die Meinungen der Nutzer zu diesen Aspekten zu messen. Folgender Abschnitt wird diesen Prozess näher darlegen.

5. Opinion Mining mit LDA-Erkenntnissen

Um nähere Erkenntnisse aus dem Datenkorpus zu gewinnen, wird mit Aspekt- und Opinion Mining eine Strategie verwendet, die auf einem von LDA neu geformten Korpus angewendet wird. Der Nutzer wählt eine Topic aus der LDA Analyse aus und der Prozess formt aus allen Nutzerfeedbacks einen neuen Korpus. Dieser Korpus besteht aus Dokumenten, die nach der Betrachtung unter dem LDA Modell (Gleichung 7, in

Abschnitt 3) einen extrahierten Schwellwert erreichen. Damit extrahiert das LDA Modell also alle Dokumente des originalen Korpus, um die Dokumente zu finden, welche zur gewählten Topic passen. Beispielsweise wird Topic 14 mit einem Schwellwert von 0.7 gewählt, extrahiert das Modell alle Dokumente die Topic 14 in ihrer Mischrepräsentation zu 0.7 (Schwellwert) er- füllen. Aus allen Dokumente die diese Bedingung erfüllen wird ein neuer Korpus erstellt. Dieser dient als Grundlage für die Meinungsanalyse.

Um die Aspekte die ein Nutzerfeedback thematisiert erkennen zu können, wird die Aspekterkennung basierend auf einem *POS* verwendet. Das *POS Tagging* zerlegt alle Sätze in ihre Worte und teilt den Worten (durch Einträge in einem Wörterbuch) ihre entsprechende Wortgruppe zu. Wortgruppen können Nomen, Verben, Adjektive, Adverbien usw. sein. Um die Aspektanalyse simpel zu halten wurden alle Nomen als Aspekte betrachtet. Die Relevanz wird über die Anzahl der Funde des Aspekts im Datensatz angegeben. Für jedes Dokument im neuen Korpus wird jedes Wort, mittels *POS-Tagging* geprüft. Sollte die Prüfung ergeben, dass das Wort ein Nomen ist, wird es zu den Aspekten hinzugefügt. Eine weitere Möglichkeit wäre gewesen alle Nomen aus den Topics des Modells zu nehmen, da der Prozess bereits zuvor mit einem hohen Threshold (*thresh=0.7*) bei der Erstellung des Subsets gearbeitet hat, ist dies nicht zwingend nötig. Als Vorbereitungs-Prozesse zur Aspektanalyse wurde Tokenisierung verwendet. So wird nur ein Satz analysiert, der auch einen Aspekt enthält. Wenn ein Satz auf die Meinung zu einem Aspekt analysiert wird, werden die umliegenden Worte untersucht, um heraus zu finden, ob diese in den Listen (positiv und negativ) vorliegen [15, 16]. Wenn dies nicht der Fall ist, wird der Satz als neutral und damit als irrelevant für die Meinungsanalyse angesehen. Werden jedoch meinungsbeschreibende Worte gefunden, wird die zugehörige Bewertung (positiv | negativ) aufsummiert. Parallel dazu läuft ein Zähler für alle positiven und negativen Detektionen mit, damit nach der Analyse die Mittelwerte berechnet werden können. Der erstellte Prozess geht in folgenden Schritten vor, wenn T_x eine vom Nutzer gewählte Topic und der Schwellwert (*Threshold*) fixiert ist:

1. Dokumente des initialen Korpus nach wahrscheinlichster Zugehörigkeit untersuchen $P(T_x) >= Threshold$
2. Erstelle neuen Korpus M_{neu} , dessen Dokumente $P(T_x) >= Threshold$ erfüllen
3. Verwende *Preprocessing* um den M_{neu} fürAspekt-Extraktion vorzubereiten (Tokenisieren)
4. Aspekt-Extraktion bestimmt mit Hilfe von *POS Tagging* in jedem Dokument

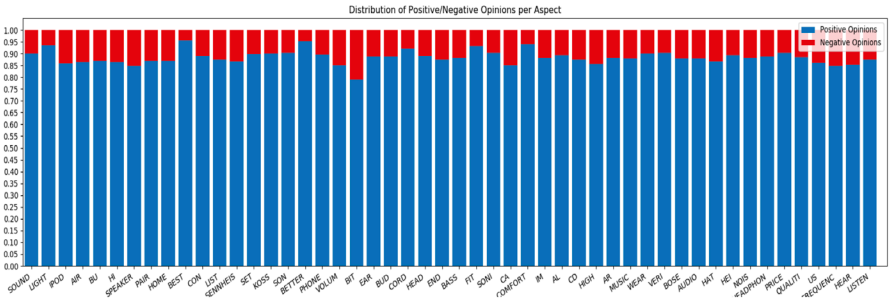

Abbildung 3: Ausschnitt der 50 am häufigsten bewerteten Aspekte. (blau = positiver Meinungsanteil, rot = Negativer Meinungsanteil, Aspektname (nach Stemming) auf der X-Achse)

d alle Aspekte a des Reviews, indem alle Nomen der Reviews erkannt und gezählt werden

5. *Opinion Mining* wird auf jeden Satz in jedem Dokument angewendet, welcher den beobachteten Aspekt beinhaltet
6. Die Meinung wird über die von Hu und Liu veröffentlichten Meinungsworte bestimmt und in einem *Mean (positiv) + Mean(negativ) = 1* dargestellt [15, 16]
7. Meinungen werden zu jedem gefundenen Aspekt analysiert und in einer separaten Datei exportiert
8. Visuelle Aufarbeitung findet an einer dedizierten Schnittstelle statt (siehe Abbildung 3)

An dieser Stelle muss darauf aufmerksam gemacht werden, dass die Arbeiten von Liu und Hu zeigen, dass dieses Verfahren durch Negationen innerhalb des Satzes verfälscht werden können. Diese Arbeit verzichtet jedoch auf Grund des Umfangs auf diese Verfahren. Die Präzision könnte weiter erhöht werden.

6. Ergebnisse und Bewertung

Opinion Mining wurde auf den Ergebnissen in Tabelle 1 aufgesetzt, indem Topic 14 gewählt wurde und diese als Grundlage für das *Opinion Mining* dient. Da jedes Nomen für die Aspektdetektion berücksichtigt wird, wird eine hohe Erkennungsrate der Aspekte erzielt. Diese ist aber bei der Darstellung hinderlich, da so viele Aspekt kaum grafisch überblickt werden können. Auf Grund dieser hohen Erkennungsrate von Aspekten, wurde ein kleineres Subset zur Analyse verwendet. Das gelernte Modell ist das Selbe, während das Basisset von 1 Mio. Reviews auf ein zehntel gestutzt wurde. Mit einer Grenzwert-Konfiguration von 0.7 wurde aus 100.000 Reviews alle extrahiert, die eine Wahrscheinlichkeit von min. 70% zu Topic 14 gehören. Durch den sehr hoch angesetzten Grenzwert, wurden 1,3% der Reviews für die weitere Analyse genutzt. Da der Schwellwert manuell gesetzt wird, zeigte sich nach einigen Tests, dass sich 60-70% (0.6 - 0.7) als solide Basis herausstellten, um nicht zu viele Einflüsse von anderen Topics mit in die Analyse aufzunehmen. Diese geprüfte Wahrscheinlichkeit wird vom Mischmodell der Topics pro Dokument bereitgestellt, siehe Abschnitt 3 und 4.2. Die zuvor in Abschnitt 5 genannten Schritte wurden angewandt und extrahierten auf dem reduzierten Set bereits 809 individuelle Aspekte. Davon sind 106 Aspekte ohne gefundene Meinungen. Die übrigen 713 (validen) Aspekte wurden mit folgendem Format gespeichert: Aspektname, (positive Meinungsanteil %, negative Meinungsanteil %, durchschnittliche Funde):

- aspect: LISTEN opinions [0.8734, 0.1265, 806]
- aspect: SOUND opinions [0.899, 0.1004, 22010]
- aspect: SUB opinions [0.8048, 0.1951, 164]

Wie in der Aufzählung erkennbar, wurde jeder Aspekt wird mit einer Liste assoziiert, in der drei Elemente (Positiv-Mittelwert, Negative-Mittelwert und der Anzahl der Funde) den Aspekt als Ergebnis charakterisieren. Daraus wurde der Gesamtwert über alle Aspekte errechnet, um diesen mit den Sternbewertungen gegenüberstellen zu können. Die reine Anzahl der Funde ist lediglich ein nebensächliches Merkmal. Sie wurden nicht genutzt um den Aspekt für die Auswertung zusätzlich zu gewichten. Über alle gefundenen (validen) Aspekte, wurden folgende Charakteristika ermittelt:

Anzahl der Aspekte (valide): 713; Anzahl von invaliden Aspekte: 106

Durchschnittliche Meinung (P,N,F): [0.8713, 0.1286, 186.47]

Der Gesamtwert aus den Aspekten ergab 87,1% positive Meinungen und 12.9% negative Meinungen der Nutzer im Durchschnitt über alle Aspekte. Abbildung 3 zeigt aus Platzgründen die 50 häufigsten Aspektfunde und deren Grad der positiven und negativen Meinungen zum jeweiligen Aspekt. Um diese Zahlen nun vergleichen zu können, wurden die Sternbewertungen der Reviews aus dem Datensatz genutzt. Diese Bewertungen wurden über alle Reviews

gemittelt und ergaben einen durchschnittlichen Wert für 1-bis-5-Sterne, für das vorliegende Subset.

Die Gesamtbewertung zeigt über alle 1311 Reviews Durchschnittsbewertungen in Tabelle 2. Die ersten beiden Zusammenfassungen in Tabelle 2 liegen nicht in einem direkt vergleichbaren Format vor. Vergleichbarkeit kann nur hergestellt werden, indem die Sternbewertung in Anteile von positiven und negativen Ausprägungen ausgedrückt wird. Die dafür verwendete Prämisse geht davon aus, dass die mittlere Bewertung aus den *Amazondaten* sowohl positiv als auch negativ geprägt sein kann. Die Werte aus dem oberen Teil der Tabelle 2 in die Gleichung eingesetzt werden, ist es möglich die originale Amazonbewertung statt in fünf, mit zwei Werten darzustellen. So können nun die Ergebnisse der Meinungsextraktion mit den Nutzerbewertungen der Produkte aus dem Datensatz verglichen werden. Folgende Gleichung zeigt wie aus den durchschnittlichen Nutzerbewertungen des Datensatzes eine Transformation, hin zu einer zwei-wertigen Darstellung, erfolgt:

$$Trans(P) = Mean(1Stern) + Mean(2Sterne) + \frac{Mean(3Sterne)}{2} \quad (9)$$

$$Trans(N) = 1 - Trans(P) \quad (10)$$

Das Vorgehen erlaubt es, die Ergebnisse aus dem Datensatz direkt mit denen der Analyse zu vergleichen. Es zeigt sich, dass die Abweichung der untersten Zeile die berechnete Differenz zwischen der Bewertung aus dem Datensatz (Zeile 3, Tabelle 2) und den aus dem Prozess berechneten Messungen (Zeile 2, Tabelle 2) ist. Die Abweichung von,17% zeigt, dass dieses Verfahren für Opinion Mining geeignet ist, auch wenn die Präzision nach Hu und Liu noch verbesserter werden kann.

7. Ausblick

Die Arbeit hat aufgezeigt, dass Topic Modellierung sich mithilfe von angeschlossenen Verfahren, wie Meinungsextraktion, sehr gut eignen, um einen Überblick über ein Produktspektrum aus der Nutzersicht zu bekommen. Das Verfahren funktioniert, abgesehen von der Wahl der Topic für die

Amazonbewertungen der Nutzer aus dem Datensatz				
1-Stern	2-Sterne	3-Sterne	4-Sterne	5-Sterne
0.068893	0.0498	0.083225	0.203339	0.594743
			Trans(P)	Trans(N)
Transformierte Amazonbewertung			0,8396	0.1604
		Funde	Positiv	Negativ
Bewertung durch Analyse		186.47	0.8713	0.1287
			Abweichung	
Abweichungen			0.0317	

Tabelle 2: Vergleich der Sternbewertungen des Datensatzes, mit den Ergebnissen der Meinungsextraktion.

Meinungsextraktion, automatisch und bedarf lediglich an dieser einen Stelle eine Nutzeraktion. Es zeigt dadurch, dass aus rein freigeschriebenen Textdaten, detaillierte Erkenntnisse und Strukturen erkannt werden können. Für künftige Projekte bietet es sich an, speziellere Aufgaben an ein Topic Modell zu stellen, um zu prüfen in wie weit sich das Verfahren auch in tiefergehende Analysen durchsetzten kann. Sollten beispielsweise nicht alle Wortmerkmale an das Modell übergeben werden, wären hier weitere Fragen zu beantworten. Eine Variante wären Modelle, die nur eine Wortgattung als Merkmale erhalten (beispielsweise Adjektive oder Verben). Es könnte Anwendungsszenarien geben, in denen diese einen Vorteil bieten könnten. Ebenso interessant können Analysen auf anderen Datengrundlagen sein. Beispielsweise transkribierte Daten. Diese sind in ihrer Struktur potenziell weniger geordnet und könnten damit Einfluss auf die Qualität des Verfahrens haben. Eine Ergänzung zu reinen Diktiersystemen wäre mit Topic Modellen zu bewerkstelligen. Indem das Modell auf diesem transkribiertem Text lernt, kann versucht werden ein zum Inhalt passendes, vorläufiges Dokument zu erstellen. Hier könnte auch das Verfolgen von Topics über die Zeit interessante Fragen beantworten.

8. Literaturverzeichnis

1. Scott Deerwester. 1990. Indexing by Latent Semantic Analysis. In Proceedings of the 41. Journal of America Society of Information Science. American Society for Information Science, 391–407. https://doi.org/10.1002/1097-4571
2. Thomas Hofmann.1999.Probabilistic Latent Semantic Indexing. In Proceedings of the

22Nd Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval (SIGIR '99). ACM, New York, NY, USA, 50–57. https: // doi.org/10.1145/312624.312649

3. David M. Blei, Andrew Y. Ng, and Michael I. Jordan. 2003. Latent Dirichlet Allocation. J. Mach. Learn. Res. 3 (2003), 993–1022. http://dl.acm.org/citation. cfm? id=944919.944937
4. Julian McAuley, Rahul Pandey, and Jure Leskovec. 2015. Inferring Networks of Substitutable and Complementary Products. In Proceedings of the 21th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD '15). ACM, New York, NY, USA, 785–794. https://doi.org/10.1145/2783258.2783381
5. Julian McAuley. 2014. Amazon product data. http://jmcauley.ucsd.edu/data/ amazon/. (2014). [Online; accessed 30-July-2017].
6. Xuerui Wang, Andrew McCallum, and Xing Wei. 2015. Topical N-Grams: Phrase and Topic Discovery, with an Application to Information Retrieval. In Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on Data Mining (ICDM 2007) (ICDM '07). IEEE, Omaha, NE, USA. https://doi.org/ 10.1109/ICDM.2007.86
7. Angelo Resticar and Sophia Ananiadou. 2012. Inferring Appropriate Eligibility Criteria in Clinical Trial Protocols Without Labeled Data. In Proceedings of the ACM Sixth International Workshop on Data and Text Mining in Biomedical Informatics (DTMBIO '12). ACM, New York, NY, USA, 21–28. https: //doi.org/ 10.1145/2390068.2390074
8. Sonia Petrone, Stefano Rizzelli, Judith Rousseau, and Catia Scricciolo. 2014. Empirical Bayes methods in classical and Bayesian inference. METRON 72, 2 (01 Aug 2014), 201–215. https://doi.org/ 10.1007/s40300-014-0044-1
9. MartinPorter.2006.ThePorterStemmingAlgorithm.https://tartarus.org/martin/ Porter-Stemmer/. (2006). [Online; accessed 1-August-2017].
10. M. F. Porter. 1997. Readings in Information Retrieval. Morgan Kaufmann Pub- lishers Inc., San Francisco, CA, USA, Chapter An Algorithm for Su x Stripping, 313–316. http://dl.acm.org/citation.cfm? id=275537.275705
11. NLTK Project. 2017. Natural Language Toolkit. http://www.nltk.org. (2017). [Online; accessed 10-July-2017].
12. Radim Rehurek. 2017. Gensim, Topic Modelling for Humans. https:// radimrehurek.-com/gensim/index.html. (2017). [Online; accessed 10-September- 2017].
13. Alexander Hogenboom, Daniella Bal, Flavius Frasincar, Malissa Bal, Franciskade Jong, and Uzay Kaymak. 2013. Exploiting Emoticons in Sentiment Analysis. In Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on Applied Computing (SAC '13). ACM, New York, NY, USA, 703–710. https://doi.org/10.1145/2480362.2480498
14. Xiaowen Ding and Bing Liu. 2007. The Utility of Linguistic Rules in Opinion Mining. In Proceedings of the 30th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval (SIGIR '07). ACM, New York, NY, USA, 811–812. https://doi.org/ 10.1145/1277741.1277921
15. Minqing Hum and Bing Liu. 2005. Opinion Observer: Analyzing and Comparing Opinions on the Web.. In Proceedings of the 14th International World Wide Web conference (WWW-2005) (14).
16. Bing Liu, Minqing Hum, and Junsheng Cheng. 2004. Mining and Summarizing Customer Reviews.. In Proceedings of the ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD-2004) (14).

Urbaner Mixed-Reality Fahrsimulator

Markus Rehmann
Hochschule Reutlingen
markus_stephan.rehmann@student.reutlingen-university.de

Abstract

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein urbaner Mixed-Reality Fahrsimulator umgesetzt. Die reale Umgebung wird hierbei in einer Greenscreen-Kammer mit Hilfe von Kamerabildern aus Nutzersicht und einem Chroma Key Shader innerhalb der virtuellen Umgebung sichtbar gemacht. Dies soll die Immersion und die Interaktivität innerhalb der virtuellen Umgebung durch die Darstellung und Verwendung von realen Elementen erhöhen.

Als virtuelle Umgebung wurde eine zufallsgenerierte Stadt geschaffen, in der KI-Fahrzeuge fahren. Die Ergebnisse der Entwicklung dieses Fahrsimulators werden in dieser Arbeit erläutert.

Der Fahrsimulator soll der Entwicklung von menschzentrierten Human-Machine-Interfaces und Motion-Capture Komponenten dienen.

Schlüsselwörter

Mixed-Reality, Chroma Key, Driving Simulator, City Generation

CR-Kategorien

I.3.7 [**Computer Graphics**]: Three-Dimensional Graphics and Realism, Virtual reality

---

Betreuer Hochschule: Prof. Dr.-Ing. Cristóbal Curio
Hochschule Reutlingen
cristobal.curio@reutlingen-university.de

Wissenschaftliche Vertiefungskonferenz
22. November 2017, Hochschule Reutlingen
Copyright 2017 Markus Rehmann

1 Einleitung

Die Verwendung einer virtuellen Realität (VR) ist im Automobilbereich besonders häufig. Die virtuelle Umgebung sorgt, besonders bei Fahrsimulatoren, für eine höhere Immersion der Fahrer. [1]

Fahrsimulatoren werden zur Evaluation, Rehabilitation, für Fahrtraining, Straßensicherheitsuntersuchungen und zur Unterhaltung eingesetzt. Ihre Vorzüge gegenüber realen Bedingungen sind die Sicherheit, Analysemöglichkeit und Reproduzierbarkeit von kritischen Situationen des Straßenverkehrs. [1]

1.1 Motivation

Besonders junge Fahranfänger sind meist die Hauptursache von Automobilunfällen. Um dies zu reduzieren sollten die Fahranfänger mehr Fahrzeit in einem sicheren und zuverlässigen System absolvieren und so Situationen, die während des realen Fahrens auftreten können, trainieren. So können die Konsequenzen von Fehlern erkannt und das Fahrverhalten, welches sonst zu Unfällen führen kann, angepasst werden. Im Gegensatz zum realen Fahren, welches zufällig und unkontrollierbar ist, können im Fahrsimulator alle Szenarien beliebig oft wiederholt und trainiert werden. [1]

Eine komplette visuelle Darstellung des eigenen Körpers des Fahrers spielt in einer solchen, virtuellen Welt für die Immersion, die Akzeptanz und den Realismus eine große Rolle. Um diese virtuelle Darstellung umzusetzen wird meist durch Tracking die Gelenkpositionen des eigenen Körpers auf

die eines virtuellen Modells übertragen. Die per Tracking erfassten Gelenkpositionen unterliegen dabei Messfehlern, wodurch falsche Darstellungen entstehen können. Auch die Erfassung mehrerer Personen oder häufig wechselnder Teilnehmer ist meist problematisch. Eigenschaften wie Hautfarbe oder Kleidung werden durch das Tracking nicht erfasst. [2]

Weiterhin stellen einfache physikalische Aufgaben in der realen Umgebung während der Benutzung eines Head-Mounted-Displays (HMD) Schwierigkeiten dar, da die reale Umgebung überhaupt nicht abgebildet wird. Entweder bleibt das HMD vor den Augen, wodurch das Ertasten der realen Umgebung notwendig wird, oder das HMD muss abgenommen werden, was die Immersion zerstört. [3]

Hierfür sind Mixed-Reality Anwendungen, in denen Nutzer ihre eigenen Hände sowie andere reale Gegenstände und Personen in der virtuellen Umgebung wahrnehmen und mit ihnen interagieren können, eine Lösung [3].

Im Rahmen dieser Arbeit soll daher ein urbaner Fahrsimulator entwickelt werden, der unter Verwendung eines Greenscreens in Kombination mit einer HTC Vive eine Mixed-Reality Ansicht der virtuellen Welt sowie der eigenen Arme und den Gegenständen in der Umgebung erlaubt.

Die Sichtbarkeit der eigenen Arme durch Mixed-Reality, anstatt einer mit inverser Kinematik erzeugten virtuellen Repräsentation des eigenen Körpers, soll die Immersion steigern. Das Anfassen der realen Eingabeelemente soll diese höhere Immersion gewährleisten und zugleich ein besseres haptisches Feedback geben. Auch andere Gegenstände oder Personen können so in der virtuellen Welt abgebildet werden. Dabei spielt es keine Rolle, ob die realen Elemente für die Interaktionen im Fahrsimulator wichtig sind oder einen anderen Nutzen haben, wie beispielsweise Uhren oder Getränke.

2 Stand der Technik

In den letzten Jahren kamen einige vielversprechende und kostengünstige VR-HMDs auf den Markt, mit denen Bewegungen des Kopfes und der Hände im Raum erkannt und virtuell abgebildet werden können. Beispiele dafür sind die Oculus Rift und die HTC Vive. Diese wurden hauptsächlich für die Spieleindustrie entwickelt, finden aber auch in Bereichen wie Entwicklung und Therapie viele Anwendungen.

Ein HMD im Bereich der Augmented-Reality (AR) ist die Microsoft HoloLens, welche mit einem durchsichtigen Display virtuelle Einblendungen vor der realen Welt erzeugt. Die HoloLens ist allerdings als mobiles Gerät konzipiert, wodurch sie nur über eine geringe Rechenleistung verfügt und ein eingeschränktes Sichtfeld besitzt.

Zur Darstellung von Mixed-Reality, also der Darstellung einer virtuellen Welt mit der Überblendung von realen Elementen, kommen aktuell entsprechend nur VR-HMDs in Kombination mit Kameras in Frage.

Um Mixed-Reality zu ermöglichen ist mindestens eine Kamera, die die reale Welt aus der Sicht des Benutzers erfasst, notwendig. Während die Oculus Rift mit externen Kameras zusätzlich ausgestattet werden muss, ist die HTC Vive bereits mit einer kleinen, nach vorne gerichteten Kamera ausgestattet. Deshalb wird die HTC Vive für dieses Projekt als technische Grundlage verwendet.

In [4] wird die Verwendung von AR-Überblendungen von Navigationsdaten über der Straße eines Fahrsimulators getestet. In der Studie konnte gezeigt werden, dass im Vergleich zu üblichen Navigationsgeräten Nutzer mit AR-Überblendungen im Mittel bis zu 5,7 Sekunden pro Minute mehr auf die Straße schauen. Die erhöhte visuelle Aufmerksamkeit konnte mit einem verbesserten Fahrverhalten der Nutzer in Verbindung gebracht werden. [4]

Eine Blickführung in Bezug auf Fußgänger wurde in dem in [5] entwickelten Fahrsimulator untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass sich die mittlere Reaktionszeit von 0,475 Sekunden auf 0,375 Sekunden verkürzt, wenn kritische Situationen hervorgehoben werden. Zudem wurde von den Fahrern ein größerer Abstand zu den Fußgängern gehalten und Kollisionen wurden signifikant reduziert. [5]

Beim Training mit dem in [1] vorgestellten VR-Fahrsimulator können Verbesserungen im Fahrverhalten der Nutzer nachgewiesen werden. Im Mittel wurde die Häufigkeit von falschem Verhalten um 17% reduziert [1].

[6] stellt die Verwendung eines Simulators zum Training auf Ölraffinerien vor. Da das Training nur an den realen Geräten stattfinden kann, wenn der Betrieb gestoppt ist, führt es zu hohen Kosten und kann sonst nur theoretisch durchgeführt werden. Mixed-Reality bietet hier die Möglichkeit das Training während des laufenden Betriebs in einer Ölraffinerie durchzuführen. Die Interaktion kann dann immersiv an simulierten Anlagen durchgeführt und die Auswirkungen virtuell beobachtet werden. [6]

Mixed-Reality wird in [7] verwendet um das Training von Holzschnitzfertigkeiten zu üben. Dabei wird mit einem Eingabegerät über reale Objekte gefahren und die Auswirkung virtuell dargestellt [7].

Auch im medizinischen Bereich kann Mixed-Reality angewandt werden. So können in [8] mit Hilfe eines Greenscreen-Handschuhs Änderungen in der Körperwahrnehmung und Temperatursensibilität hervorgerufen werden. Dies dient zur weiteren Erforschung von Phantomschmerzen bei verlorenen Gliedmaßen [8].

Weitere Anwendungen von Mixed-Reality zur Therapie z.B. der Selbstwahrnehmung sind denkbar.

Die technischen Grundlagen zur Einblendung von realen Objekten in Mixed-Reality werden in [2] und [3] beschrieben. Die eigenen Hände wurden in [2] in einer virtuellen Umgebung sichtbar, indem mit einem Klassifikator und einem Fragment-Shader eine Hautsegmentierung von Aufnahmen einer Kamera, die die Sicht des Benutzers erfasst, in Kombination mit einem HMD durchgeführt wurde.

In [3] wurde eine Studie zu verschiedenen Überblendungstechniken im Mixed-Reality-Bereich durchgeführt. Die Studie zeigte, dass die Darstellung von Objekten an ihrer zu erwartenden Position in Bezug auf die Immersion am besten angenommen wurde, während unwichtige Objekte ausgeblendet oder nur durch Kanten repräsentiert wurden [3].

3 Umsetzung

Als virtuelle Umgebung des Fahrers wurde ein urbanes Szenario gewählt, da dort tendenziell komplexere Situationen entstehen können als in ländlichen Szenarien. Solche Situationen könnten sein:

- Kreuzende Verkehrsteilnehmer (Fahrzeuge, Fahrradfahrer oder Fußgänger)
- Ausparkende Fahrzeuge
- Stau
- Komplexere Verkehrsregeln (Einbahnstraßen, Ampeln, Zebrastreifen)
- Missachtung von Verkehrsregeln (durch den Fahrer oder andere Fahrzeuge)

Gemäß [4] ist im städtischen Verkehr eine konstante Gefahrenachtsamkeit gefordert.

3.1 Verwendete Technik

Als HMD wurde die HTC Vive verwendet, da sie sich durch ihre integrierte Frontkamera für den entwickelten Fahrsimulator zunächst am besten eignete.

Zur Steuerung des Fahrzeugs kann entweder das Logitech G29 Gaming-Lenkrad mit zugehörigen Fußpedalen oder alternativ ein Xbox Controller verwendet werden.

Für die Implementierung wurde Aufgrund des umfangreichen Vorwissens und der guten Implementierung von VR in Unity3D als softwaretechnische Grundlage verwendet.

Die Modelle der Häuser, Straßen und Fahrzeuge stammen aus dem Unity Asset Store und sind kostenfrei zugänglich.

Außerdem wurde mit Stativen und einem Greenscreen eine Kammer aufgebaut, in der sich ein Fahrersitz mit dem Lenkrad befindet. Die Kammer besitzt eine Grundfläche von 1,6 x 1,6 Metern und ist 1,85 Meter hoch.

3.2 Zufallsgenerierte Stadt

Um eine änderbare oder dynamische Stadt zu erstellen, wurde eine Form von zufallsbasierter Generierung gewählt. Damit die Stadt zufällig und reproduzierbar erstellt werden kann, ist die Verwendung eines Schlüssels, der als Startwert oder Seed bezeichnet wird, notwendig. Basierend auf dem gewählten Seed werden dann die Details der Stadt durch Noise-Funktionen bestimmt.

Um verschiedene Stadtbezirke zu erzeugen, wird die Perlin-Noise-Funktion verwendet. Diese Noise-Funktion gewährleistet eine Entstehung von weichen, kontinuierlichen Übergängen zwischen ihrem Minimal- und Maximalwert. Das entstehende zweidimensionale Feld kann in verschiedene Wertebereiche aufgeteilt werden, die die Stadtbezirke repräsentieren.

Der verwendete Seed ist eine Zahl, um die der verwendete Ausschnitt der Perlin-Noise-Funktion verschoben wird. Für verschiedene Seeds werden unterschiedliche Stadtmuster erzeugt. Durch die erneute Verwendung eines Seeds, kann ein Stadtmuster wieder gleich reproduziert werden.

Das verwendete Modell eines Gebäudes wird anhand des Stadtbezirks, in dem es sich befindet, festgelegt. In dieser Arbeit wird pro Stadtbezirk lediglich ein Modell verwendet, was durch die Verwendung von verschiedenen Modellen innerhalb eines Bezirks noch erweitert werden kann.

Die in dieser Arbeit umgesetzte, generierbare Stadt ist in einer Gitterstruktur angeordnet. Eine Generierung von sinnvollen Straßennetzen erweist sich als äußerst komplex. Weitere Schritte zur Generierung von Städten ohne Gitterstruktur werden in [9] vorgestellt. In Abbildung 1 ist ein Teil der generierten Stadt zu sehen.

Abbildung 1: Zufallsgenerierte Stadt

Nach der Generierung von Positionen und Typen der Gebäude werden die Straßen mit einer Auswahl von Perlin-Noise-Werten platziert. Gebäude, die keine Straßenanbindung haben, werden wieder in Grasflächen umgewandelt. Die entstehenden Grasflächen repräsentieren Innenhöfe im Innern von Gebäudeblöcken.

Abschließend werden die Gebäude mit den Eingängen zu den Straßen ausgerichtet.

3.3 Fahrsimulation

Zunächst wurden die im Unity Asset Store verfügbaren Fahrzeugmodelle leicht angepasst und anschließend mit Wheel Collidern ausgestattet. Diese werden von Unity zur Verfügung gestellt und beinhalten bereits die Funktionalitäten und Eigenschaften eines Rads wie Einschlagwinkel, Motordrehmoment, Bremsmoment und Schlupf.

Zum Ansprechen dieser Werte wurde zunächst ein Skript zur Steuerung von Fahrzeugfunktionen wie der Brems- und Rückfahrlichter erstellt. Die Lenkung und der Antrieb der Räder erfolgt über leicht angepasste Eingabewerte des Lenkrads und der Pedale.

Dabei wurden verschiedene Werte, wie unter anderem Fahrzeugmasse und maximales Motormoment, einem realen Fahrzeug so gut wie möglich angenähert.

3.4 Künstliche Intelligenz

Die Fahrzeugeigenschaften verhalten sich bei skript-gesteuerten Fahrzeugen ebenso wie bei dem vom Fahrer gesteuerten Fahrzeug. Anstatt der Steuerung des Fahrzeugs über die Eingaben an Lenkrad und Pedalen werden diese Werte anhand der Umgebung von einem Skript generiert.

Die Wegfindung geschieht auf Basis von Wegpunkten, die sich auf den einzelnen Straßensegmenten befinden. In Abbildung 2 sind die Wegpunkte als Sterne dargestellt. Unterschreitet das Fahrzeug einen bestimmten Abstand zum aktuellen Wegpunkt, wird der nächste Wegpunkt ermittelt. An einer Kreuzung wird ein zufälliger Wegpunkt ausgewählt.

Muss das KI-Fahrzeug abbiegen, so verlangsamt es seine Geschwindigkeit in Abhängigkeit des Kurvenradius.

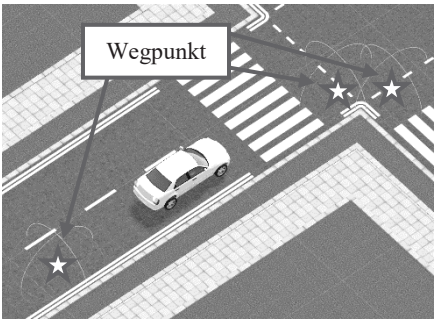

Abbildung 2: Wegpunkte der KI

Mit Hilfe von Raycasts nach vorne können Hindernisse erkannt werden. Wie in Abbildung 3 zu sehen, gibt es drei Raycasts direkt nach vorne und zwei abgewinkelte Raycasts nach links und rechts. Der Winkel beträgt 30 Grad, dies ist anpassbar.

Durch die Detektion von Objekten im Fahrweg kann die Fahrtgeschwindigkeit und die Lenkung angepasst werden, um einem Hindernis auszuweichen. Treffen alle Raycasts auf ein Objekt, kann die Ausweichrichtung nicht bestimmt werden. In einem solchen Fall, kann mit dem mittleren Raycast die Ausrichtung des Hindernisses bestimmt und eine Entscheidung über das Ausweichen nach links oder rechts getroffen werden.

Wird beispielsweise ein Hindernis auf der linken Seite von dem nach vorne zeigenden oder abgewinkelten Raycast erkannt so wird in die andere Richtung also nach rechts gelenkt um auszuweichen. Dieses Verhalten ist ähnlich einem Braitenberg-Vehikel [10]. Der Unterschied zwischen der Erkennung bei einem direkt nach vorne zeigenden und einem abgewinkelten Raycasts ist eine unterschiedliche Stärke des Gegenlenkens. So verhält sich das Fahrzeug natürlicher und weniger abrupt.

Erfassen die Raycasts, dass sich ein fahrendes Fahrzeug vor dem KI-Fahrzeug befindet, so wird die Geschwindigkeit diesem Fahrzeug angepasst und nicht ausgewichen.

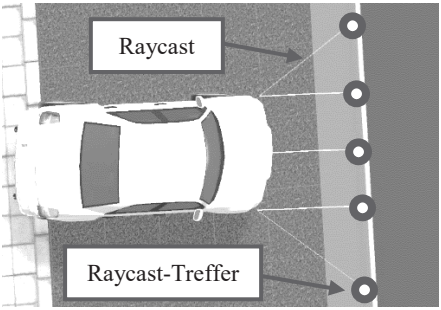

Abbildung 3: Kollisionsvermeidung durch Raycasts

Für eine bessere Erkennung in Kurven wird der Winkel in der horizontalen Ebene aller Raycasts zusätzlich an den Winkel der Vorderräder gekoppelt, wodurch nicht Objekte vor der Motorhaube, sondern in Fahrtrichtung erkannt werden.

Damit die Stadt nicht mit unzähligen KI-Fahrzeugen gefüllt werden muss, werden Fahrzeuge, die einen gewissen Radius um das Fahrzeug des Fahrers verlassen, entfernt. Für jedes entfernte Fahrzeug wird ein neues KI-Fahrzeug in einem bestimmten Bereich um das Fahrzeug des Fahrers zufällig platziert. So soll der Eindruck einer lebendigen Stadt vermittelt werden.

Abgesehen von der Wegpunktfindung und der Geschwindigkeitsanpassung zu vorderen Fahrzeugen, besitzen die KI-Fahrzeuge allerdings noch keine Logik bzw. Verkehrsregeln. Dadurch können gelegentlich „Unfälle“ entstehen, was durch Ampeln oder Rechts-vor-Links-Regeln zukünftig noch verbessert werden kann.

3.5 Radar

Als Erweiterung des Projekts soll ein Vibrationsgürtel eingebunden werden, der am Bauch des Fahrers getragen wird und Warnsignale bei sich annähernden Fahrzeugen oder Hindernissen geben kann.

Auch mit Spiegeln können nicht ständig alle Geschehnisse in 360 Grad rund um das Fahrzeug erfasst werden. Mit einer Radarerfassung könnte eine Verbesserung der Erkennung oder der Reaktionszeit bei abgelenkten Fahrern erzielt bzw. der allgemeine Nutzen auch beim aufmerksamen Fahren untersucht werden.

In dieser Arbeit wurde zunächst der Grundstein für solche Untersuchungen gelegt.

Es sollen kreisförmig um das Fahrzeug alle Objekte in einem gewissen Radius erfasst werden können. Dies kann prinzipiell mit zwei verschiedenen Ansätzen erreicht werden.

- Erfassung aller Collider in einer Sphäre um das Fahrzeug
- Raycasts auf Fahrzeughöhe in einer horizontalen Ebene

Bei der Erfassung von Collidern werden alle Collider erfasst und es muss anschließend gefiltert werden, ob diese überhaupt mit dem Fahrzeug kollidieren würden. Außerdem kann nur die Bounding Box der Collider erfasst werden, diese gibt nur die äußersten Maße als Quader an, Vertiefungen gehen hierbei verloren.

Raycasts hingegen sind Strahlen, die beim Auftreffen auf einen Collider unter anderem die Position der Kollision zurückgeben. Hiermit kann die Oberfläche von Collidern „abgetastet“ werden, ohne Informationen durch eine Bounding Box zu verlieren. Allerdings kann nur in beliebig feinen Gradschritten abgetastet werden, wodurch Lücken in der Erfassung entstehen können. Zukünftig könnten Lücken mit einer zeitabhängigen Rotation aller Raycasts ausgeglichen werden.

Da die sphärische Erfassung aller Collider um das Fahrzeug herum mit zusätzlichen Berechnungen und Detailverlust verbunden ist, wurde die Implementation mittels Raycasts gewählt.

Bei der Verwendung von extrem vielen Raycasts entstehen Performance-Probleme (circa ab 1000 Raycasts), die durch weitere Optimierung noch reduziert werden können. Bereits 180 Raycast repräsentierten die Umwelt ausreichend gut.

In Abbildung 4 ist das Funktionsprinzip der Umgebungserfassung mittels Raycasts als Grafik nochmals verdeutlicht.

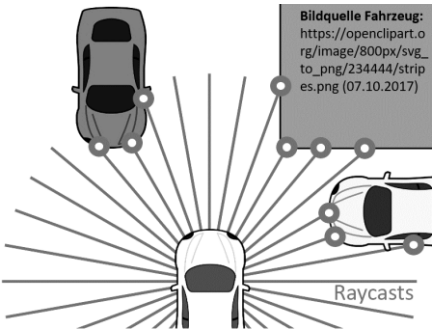

Abbildung 4: Umgebungserkennung durch Raycasts

Trifft ein Raycast auf ein anderes Objekt, so wird auf einem UI-Element im Cockpit des virtuellen Fahrzeugs ein Punkt dargestellt. Dafür musste die Position des Raycast-Treffers in Relation zum Fahrzeug des Fahrers auf das in Abbildung 5 dargestellte UI-Element transformiert werden.

Die Treffer-Punkte sind rot auf grünem Hintergrund. Durch mehrere Treffer entstehen Linien, die Häuser und andere Fahrzeuge repräsentieren.

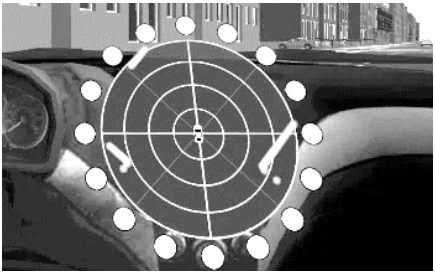

Abbildung 5: UI-Darstellung des Radars

Bisher ist die Darstellung rein visuell, soll aber den Grundstein für die Implementation eines Vibrationsgürtels liefern. Ein solcher Gürtel besitzt mehrere Vibrationselemente, die in gleichen Abständen entlang des Gürtels platziert sind. Die zu sehenden weißen Kreise außerhalb des Radar-UI-Elements repräsentieren diese Vibrationselemente. Abhängig von dem Abstand eines Treffer-Punktes zum Fahrzeug verfärben sich diese Elemente von Weiß zu Rot in der visuellen Darstellung. Später kann dieser Wert verwendet werden um die einzelnen Vibrationselemente eines Gürtels anzusprechen. Die haptischen Informationen der Umgebung können auch von abgelenkten Fahrern passiv erfasst werden, so kann der Fokus in kritischen Situationen eventuell wieder auf die Straße gelenkt werden.

In [11] wurde gezeigt, dass bereits visuelle und auditive Hinweise die Anzahl von Auffahrunfällen bei plötzlich langsamer werdenden oder sich seitlich eingliedernden Fahrzeugen deutlich verringern kann. Dabei wurden die Fahrer durch Konversationen mit Beifahrern abgelenkt. Es wurde allerdings ersichtlich, dass der Fahrer seine Aufmerksamkeit zwischen der Straße und den visuellen und auditiven Hinweisen aufteilen muss. [11]

Ein haptisches Feedback durch einen Vibrationsgürtel könnte sich als intuitiver und weniger beanspruchend erweisen.

Auch in autonomen Fahrzeugen wird der Fahrer vermutlich vorerst zum Eingreifen bereit bleiben müssen, falls kritische Situationen auftreten [11].

Der „Fahrer“ eines autonomen Fahrzeugs wird trotz einer Überwachungspflicht der Versuchung ausgesetzt sein, während der Fahrt anderen Tätigkeiten wie z.B. Lesen nachzugehen. Um die Gefahr solcher Ablenkungen zu reduzieren könnte mit ständigem haptischen Feedback die Entfernung zu Objekten in der Umgebung auf dem Gürtel abgebildet werden. Somit könnte der Fahrer seine Umgebung passiv „spüren“ ohne, dass der Blick ständig auf die Straße gerichtet sein muss. Sich annähernde Objekte von den Seiten oder von hinten könnten zusätzlich erfasst werden ohne, dass die gesamte Umgebung im Blick gehalten werden muss. Ein ähnliches System wird in [12] vorgestellt.

3.6 Chroma Key

Die Ausblendung von Pixeln aufgrund ihrer Farbe wird als Chroma Key bezeichnet.

Zur Anwendung eines Chroma Key Verfahrens werden zunächst die Aufnahmen der Frontkamera der HTC Vive auf eine Ebene vor den Augen des Fahrers projiziert. Wodurch der Fahrer ohne weitere Schritte die Greenscreen-Kammer von innen durch das HMD sehen würde. Der Innenraum der Kammer ist in Abbildung 6 abgebildet.

Abbildung 6: Fahrer in Greenscreen-Kammer

Um die umgebenden grünen Flächen in Unity3D auszublenden, wird vor dem Rendern des Kamerabilds ein eigens erstellter Shader verwendet. Ein Shader ist

für die Darstellung und Positionierung der Pixel von 3D Modellen und Grafiken zuständig.

Es gibt verschiedene Arten von Shadern, folgend wird auf einen Vertex und Fragment Shader weiter eingegangen. Dieser hat zwei Komponenten. Die Vertex Komponente ist zuständig für die geometrische Position eines Pixels, während die Fragment Komponente für die farbliche Darstellung eines Pixels zuständig ist.

Die einfachste Form eines Vertex und Fragment Shaders übernimmt die geometrischen Positionen der Pixel aus einem 3D-Modell. Die Farbinformationen stammen in der Regel aus einer Textur. Bei der Erstellung eines Shaders muss, je nach gewünschtem Effekt, eine oder beide Komponenten angepasst werden.

Da für die Auswahl und Ausblendung von grünen Pixeln lediglich die farbliche Information relevant ist, wurde die Fragment Shader Komponente abgeändert.

Einem Shader können selbstdefinierte Parameter übergeben werden. Bei dem erstellten Shader kann die auszublendende Farbe manuell oder mit einem Pipetten-Tool ausgewählt, sowie ein oberer bzw. unterer Schwellenwert und die Mindestsaturierung angegeben werden.

Basierend auf diesen Werten kann der Shader dem verwendeten Greenscreen und Beleuchtungsunterschieden angepasst werden. Anstatt Grün können auch andere Farben ausgeblendet werden.

Zur einfachen Auswahl von Farbwerten innerhalb eines oberen und unteren Schwellwerts wird der RGB-Wert des Pixels zunächst in den HSV-Raum transformiert.

1978 formulierte Smith in [13] das HSV Model sowie Transformationen vom RGB Bereich. So entspricht Hue (H) der Farbe eines Pixels. Saturation (S) entspricht der Farbreinheit. Value (V) bestimmt die Helligkeit. Der Wertebereich von H, S und V liegt zwischen 0 und 1. [13]

Der HSV Bereich eignet sich besonders gut für die Auswahl von ähnlichen Farben, da die Farbinformation ausschließlich im Hue-Wert wiedergespiegelt wird. Im üblichen RGB Bereich müssten die für die Auswahl von ähnlichen Farben alle drei Kanäle untersucht werden. Die einfache Betrachtung der Farbreinheit im HSV Bereich ist ein weiterer Vorteil. Wodurch schwach saturierte Pixel, wie z.B. von Reflektionen oder fast grauen Farben, einfach ausgeschlossen werden können.

Liegt das aktuelle Pixel im ausgewählten grünen Bereich wird es ausgeblendet indem die Transparenz, auch Alpha-Wert genannt, manipuliert wird. Hinter den ausgeblendeten Pixeln erscheint dann die virtuelle Welt wie in Abbildung 7 zu sehen.

Abbildung 7: Mixed-Reality Sicht des Fahrers

Der erstellte Shader funktioniert ohne spürbare Performance-Einbußen, allerdings besitzt die kleine, integrierte Kamera der HTC Vive nur eine geringe Auflösung und rauscht besonders bei nicht idealen Lichtverhältnissen stark.

Im bisher prototypischen Aufbau der Kammer sind Falten und Verwerfungen zu sehen (s. Abbildung 6) und die Beleuchtung wurde mit zwei kleinen LED-Strahlern durchgeführt. Trotz diesen erschwerten Bedingungen, waren nur bei dem stärksten, sichtbaren Schatten (vordere, rechte Ecke der Kammer) leichte Artefakte zu sehen.

3.7 VR Interaktion

Durch die Sichtbarkeit des realen Lenkrades werden die Handkontroller der HTC Vive nicht benötigt, um den Fahrsimulator zu verwenden. Mit den Händen kann das Lenkrad gesteuert werden, während die Füße, wie bei einem echten Fahrzeug, die Pedale bedienen.

Durch das Tracking des HMDs kann sich der Fahrer durch die Bewegung und Drehung des Kopfes umsehen.

Weitere Aktionen sind durch die Sichtbarkeit von Gegenständen in der Umgebung denkbar. So könnte zum Beispiel ein Sicherheitsgurt am Sitz befestigt werden.

4 Ausblick

Das Projekt bietet noch viele Erweiterungsmöglichkeiten.

Zunächst kann ein Vibrationsgürtel zur Transformation des visuellen in ein haptisches Feedback des Radars eingebunden werden.

Auch die Gitterstruktur der generierten Stadt könnte mit viel Aufwand in ein sinnvolles Straßennetz geändert werden. Auch unebenes Gelände oder mehr als zweispurige Straßen wären eine Verbesserung. Zusätzlich zu Anpassungen der Logik müssen hierfür auch andere 3D Modelle gewählt werden.

Eine Erweiterung der Verkehrssimulation mit Ampeln, Rechts-vor-Links-Regel und Fußgängern würde den Realismus erhöhen.

Die Performance-Kosten von funktionierenden Rückspiegeln in einer VR Umgebung könnten untersucht werden. Für jeden Spiegel müsste das Rendering der Umgebung durchgeführt werden. Auch die Umsetzung der Einfallswinkel-gleich-Ausfallswinkelfunktionalität von Spiegeln durch eine Blickwinkelkorrektur ist zwingend notwendig.

Für weiterführende Untersuchungen könnte ein Wertungssystem für Geschwindigkeitsüberschreitung, Kollisionen, Beachtung der Verkehrsregeln, Verlassen der eigenen Spur oder CO^2-Ausstoß interessant sein.

Die Einbindung eines Eyetrackers ist zudem möglich, wodurch das Feld von fortführenden, durchführbaren Studien steigt.

Eventuell könnte auch mit Stereo oder Time-of-Flight Kameras die Entfernung zu realen Objekten erfasst werden, die dann ab einer gewissen Distanz ausgeblendet werden können. Mit einer solchen Technik könnte die Greenscreen-Kammer ersetzt werden.

5 Fazit

Durch die Fortschritte in der VR Technologie und modernen Game Engines wie Unity konnte ein dem Konzept entsprechender Fahrsimulator entwickelt werden.

Weiterhin wurden die HTC Vive, ein Gaming Lenkrad und eine Greenscreen-Kammer verwendet, um eine Mixed-Reality Anwendung zu kreieren. Dabei wurden verschiedene Techniken angewandt, durch die eine seed-basierte Stadt, KI-Fahrzeuge, ein Radar und das Chroma-Key-Verfahren umgesetzt werden konnte.

Der Fahrsimulator kann fortführend für die Entwicklung von menschzentrierten Human-Machine-Interfaces und in Kombination mit Motion-Capture-Technologie verwendet werden.

6 Literaturverzeichnis

[1] A. Ali, A. Elnaggarz, D. Reichardtz, S. Abdennadher. Gamified virtual reality driving simulator for asserting driving behaviors. IEEE, 2016. DOI: 10.1109/ICGGAG.2016.8052668

[2] F. Steinicke, G. Bruder, K. Rothaus, K. Hinrichs. Poster: A Virtual Body for Augmented Virtuality by Chroma-Keying of Egocentric Videos. IEEE, 2009. DOI: 10.1109/3DUI.2009.4811218

[3] P. Budhiraja, R. Sodhi, B. Jones, K. Karsch, B. Bailey, D. Forsyth. Where's My Drink? Enabling Peripheral Real World Interactions While Using HMDs. arXiv, 2015. DOI: arXiv:1502.04744

[4] Z. Medenica, A. L. Kun, T. Paek, O. Palinko. Augmented reality vs. street views: a driving simulator study comparing two emerging navigation aids. ACM, 2011. DOI: 10.1145/2037373.2037414

[5] L. Pomarjanschi, M. Dorr, E. Barth. Gaze guidance reduces the number of vehicle-pedestrian collisions in a driving simulator. ACM, 2011. DOI: 10.1145/2077451.2077482

[6] M. Träskbäck, M. Haller. Mixed Reality Training Application for an Oil Refinery: User Requirements. ACM, 2004. DOI: 10.1145/1044588.1044658

[7] M. Kawagoe1, M. Otsuki, F. Shibata, A. Kimura. Sharpen Your Carving Skills in Mixed Reality Space. ACM, 2016. DOI: 10.1145/2983310.2989188

[8] M. Thøgersen, L. Petrini. Removing own-limb visual feedback using mixed reality to simulate arm amputations. IEEE, 2017. DOI: 10.1109/ICVR.2017.8007499

[9] Y. I. H. Parish, P. Müller. Procedural modeling of cities. ACM, 2001. DOI: 10.1145/383259.383292

[10] V. Braitenberg. Vehicles: Experiments in Synthetic Psychology. The MIT Press, Cambridge, 1st edition, 1984. ISBN: 0262521121

[11] W.-T. Fu, J. Gasper, S.-W. Kim. Effects of an In-Car Augmented Reality System on Improving Safety of Younger and Older Drivers. IEEE, 2013. DOI: 10.1109/ISMAR.2013.6671764

[12] A. Telpaz, B. Rhindress, I. Zelman, O. Tsimhoni. Haptic seat for automated driving: preparing the driver to take control effectively. ACM, 2015. DOI: 10.1145/2799250.2799267

[13] A. R. Smith. Color gamut transform pairs. ACM, 1978. DOI: 10.1145/965139.807361