

HOCHSCHULE DER MEDIEN



Master-Studiengang Wirtschaftsinformatik (WIM3)

Masterarbeit

(368301)

Konzeption und Design eines smarten Medikamentenverwaltungssystems

vorgelegt bei

Prof. Dr. Gottfried Zimmermann

Dipl. -Ing. Lukas Smirek

von

Waldemar Jaufmann

Matr.-Nr. 31944

im

Wintersemester 2016/2017

„The walls between art and engineering
exist only in our minds“

Theo Jansen

Eidesstattliche Erklärung

Name:	Jaufmann	Vorname:	Waldemar
Matrikel-Nr.:	31944	Studiengang:	Wirtschaftsinformatik (Master)

Hiermit versichere ich, Waldemar Jaufmann, an Eides statt, dass ich die vorliegende Masterarbeit mit dem Titel „Design und Konzeption eines smarten Medikamentenverwaltungssystems“ selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Die Stellen der Arbeit, die dem Wortlaut oder dem Sinne nach anderen Werken entnommen wurden, sind in jedem Fall unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht. Die Arbeit ist noch nicht veröffentlicht oder in anderer Form als Prüfungsleistung vorgelegt worden.

Ich habe die Bedeutung der eidesstattlichen Versicherung und prüfungsrechtlichen Folgen (§ 26 Abs. 2 Bachelor-SPO bzw. § 23 Abs. 2 Master-SPO (3-semesterig) der Hochschule der Medien Stuttgart) sowie die strafrechtlichen Folgen (siehe unten) einer unrichtigen oder unvollständigen eidesstattlichen Versicherung zur Kenntnis genommen.

Auszug aus dem Strafgesetzbuch (StGB)

§ 156 StGB Falsche Versicherung an Eides Statt

Wer von einer zur Abnahme einer Versicherung an Eides Statt zuständigen Behörde eine solche Versicherung falsch abgibt oder unter Berufung auf eine solche Versicherung falsch aussagt, wird mit Freiheitsstrafe bis zu drei Jahren oder mit Geldstrafe bestraft.

Ort, Datum

Unterschrift

Vorwort

Ohne die Unterstützung und den Zuspruch der folgenden Personen wäre es mir nicht möglich gewesen, diese Masterarbeit Ende März 2017 erfolgreich zu Ende zu bringen.

An erster Stelle möchte ich meinem Vater einen großen Dank aussprechen, der mir bei der Erstellung des Holzgerüsts geholfen hat und mir viele handwerkliche Anregungen zur Erstellung des Systems gegeben hat. Weiterhin möchte ich allen Freunden und Bekannten für ihre Hinweise zum selben Thema danken.

Mein Dank gilt ferner allen Interview- und Gesprächspartnern der stationären Pflegeeinrichtungen, die sich viel Zeit für alle meine Fragen genommen haben und mir viele neue Erkenntnisse liefern konnten, die im Zusammenhang mit der Adhärenz bzw. Non-Adhärenz von älteren Personen stehen, denn aufgrund dieser über vier Wochen lang geführten Interviews konnte ich das System auf die Bedürfnisse der Zielgruppe ausrichten.

Ferner möchte ich meinen beiden Betreuern dieser Masterarbeit, Dr. Gottfried Zimmermann und Lukas Smirek danken, die mir bei Fragen und Problemen immer weiterhelfen konnten und mir stets die richtigen Tipps und Hinweise gegeben haben, die zur Entwicklung des Systems entscheidend beitrugen.

Nicht unerwähnt sollen auch all diejenigen bleiben, die voll Interesse und Geduld Korrektur gelesen haben. Sie haben mir mit zahlreichen wertvollen Ratschlägen geholfen, Fehler und Unklarheiten zu vermeiden.

Management Summary

Durch die vorliegende Masterarbeit werden sowohl der Nutzen als auch die Dringlichkeit des Einsatzes eines assistierenden Systems aufgezeigt, welches älteren Personen bei der Einnahme und Verwaltung von Medikamenten helfen soll. Das Ziel eines solchen Systems ist es, die Einnahmehbereitschaft von Medikamenten in dieser Kohorte zu erhöhen, einerseits um Behandlungskosten zu senken, die aufgrund von Falscheinnahmen entstehen können, und andererseits um diesen Personen einen angenehmen Lebensabend zu gewährleisten.

Die Masterarbeit geht wie folgt vor: Zu Anfang steht eine vergleichende Definition der in dem hier vorliegenden Kontext anzusiedelnden Begriffe wie *Compliance*, *Adhärenz*, *Alter* und *Altern*. Dies ist erforderlich, da diese Begriffe oft als synonym angesehen werden und deswegen eine trennscharfe Bestimmung erfordern. Es wird weiterhin näher auf die Folgen und auf das Ausmaß des demographischen Wandels eingegangen, der in den kommenden Jahrzehnten erhebliche Auswirkungen auf die Zusammensetzung der Bevölkerung Deutschlands haben wird. Zusätzlich wird auf die Lebensumstände älterer Personen eingegangen. Dabei werden Aspekte, wie Wohnsituation oder Gesundheit dieser Bevölkerungsgruppe geklärt und aufgezeigt, welche Erkenntnisse sich ableiten lassen zur Entwicklung eines smarten Medikamentenverwaltungssystems.

Einen besonderen Wert legt die Arbeit auf Konzeption und Entwicklung des smarten Medikamentenverwaltungssystems. Dies spiegelt sich in der Beschreibung der Vorgehensweise bei der Entwicklung der Hard- sowie Software wider. Es wird näher auf die einzelnen Schritte, angefangen von der Anforderungsanalyse bis hin zur Validierung, eingegangen und die Vorgehensweise wird erläutert.

Zum Schluss wird ein Fazit über den Entwicklungsprozess des Systems gezogen. Diesbezüglich wird aufgezeigt, welche Komponenten erfolgreich umgesetzt werden konnten, welche Probleme auftraten und wie diese behoben wurden. Anschließend und abschließend wird ein Ausblick in Bezug auf eine mögliche Weiterentwicklung des Systems vorgenommen.

Schlagwörter: Adhärenz, Non-Adhärenz, Medikamentenverwaltungssystem, smarter Medikamentenspender, openHAB

Abstract

The aim of this thesis is to demonstrate the usefulness and the urgency of the use of an assistive system, which is intended to assist the elderly in the administration and administration of medications. The aim of such a system is to increase the ingestion of medication from this cohort in order not only to reduce treatment costs which may arise due to the nuisance, but also to ensure the persons a pleasant evening of life.

At the beginning of the master thesis a basic comparison and definition of the terms to be settled in the context, such as compliance, adherence, age and aging, takes place. This is necessary, since these terms are often regarded as synonymous and therefore require separation-defining definition. It will also focus on the consequences and extent of demographic change, which will have a significant impact on the composition of the German population over the coming years. In addition, attention is drawn to the life circumstances of elderly persons and aspects such as the housing situation or health of the persons are clarified and the findings can be derived for the development of a smart medication management system.

Particular emphasis is placed on the design and development of the smart drug management system. In this regard, the description of the approach takes place in the development of hardware and software. We will discuss the individual steps, from requirements analysis to validation, and explain the procedure.

Finally, a conclusion is given on the development process of the system. In this regard it is shown which components could be successfully implemented, which problems arose and how these could be remedied. This is followed by an outlook on a possible further development of the system.

Keywords: Adherence, non-adherence, drug management system, smart drug dispenser, openHAB

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	IX
Abbildungsverzeichnis	X
Tabellenverzeichnis	XII
1. Einleitung	1
1.1. Motivation	1
1.2. Ziel der Masterarbeit	2
1.3. Methodisches Vorgehen	2
1.4. Aufbau der Arbeit	3
1.5. Verwandte Arbeiten	5
2. Grundlagen	7
2.1. Terminologische Einordnungen	7
2.1.1. Adhärenz und Compliance	7
2.1.2. Alter und Altern	8
2.2. Demographischer Wandel	9
2.3. Lebenssituation älterer Menschen	10
2.3.1. Gesundheit	10
2.3.2. Adhärenz	12
2.3.3. Wohnsituation	15
2.3.4. Technikakzeptanz	15
2.4. Ambient Assisted Living	18
2.4.1. Geschichte	18
2.4.2. Gegenwärtiger Stand	19
2.4.3. Anwendungsbereiche	20
3. Kategorien von Medikamentenverwaltungssystemen	23
3.1. Einordnung der Medikamentenverwaltungssysteme in Kategorien	23
3.1.1. Smarte Medikamentensponder	23
3.1.2. Smarte Medikamentendosen	26
3.1.3. Smarte Medikamentendosierer	28
3.1.4. Smarte Aufsätze	30
3.2. Bewertung der Kategorien nach Einsatzpotenzial	32
4. Konzeption und Entwicklung des smarten Medikamentenverwaltungssystems	33
4.1. Analysephase	35
4.1.1. Vorbereitung der Anforderungsanalyse	35
4.1.2. Durchführung der Anforderungsanalyse	36

4.1.3.	Auswertung der Anforderungsanalyse	36
4.2.	Konzeptionsphase	37
4.2.1.	Entwurf der Konzepte	37
4.2.2.	Bewertung und Auswahl der Konzepte	40
4.3.	Entwicklung der Hardware	43
4.3.1.	Prototyping	43
4.3.2.	Konstruktion	43
4.3.3.	Einbau der Bestandteile und Elektronik	45
4.3.3.1.	Verwendete Bestandteile	45
4.3.3.2.	Schaltplan	49
4.3.3.3.	Einbau der Elektronik	51
4.4.	Entwicklung der Software	52
4.4.1.	Architektur	52
4.4.2.	Kommunikationsarchitektur	54
4.4.3.	Funktionen	58
5.	Validierung	64
6.	Fazit und Ausblick	66
Anhang 1: Übersicht über bestehende Ambient Assisted Living Anwendungen		70
Anhang 2: Fragenkatalog für die Befragung von stationären Pflegeeinrichtungen		71
Anhang 3: UML-Diagramme der Geschäftslogikschicht		75
Anhang 4: Übersicht aller Funktionen von SmartMedicine		76
Literaturverzeichnis		VII

Abkürzungsverzeichnis

AAL – Ambient Assisted Living

MEMS - Medication Event Monitoring System

TTS – Text to Speech

LED – Lichtemittierende Diode

GPIO - General purpose input/output

UML - Unified Modeling Language

REST - Representational State Transfer

DAZ - Deutsches Zentrum für Altersfragen

TAM - Technical Acceptance Model

BMBF - Bundesministeriums für Bildung und Forschung

MEMS - Medication Event Monitoring System

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Multimorbidität nach Alter im Jahr 2002	11
Abbildung 2: Barmer GEK Versicherte, die Medikamente bezogen haben	12
Abbildung 3: Gründe für Non-Adhärenz.....	13
Abbildung 4: Gegenmaßnahmen zur Non-Adhärenz.....	14
Abbildung 5: Technikaffinität von Pflegeheimbewohner.....	16
Abbildung 6: Generationen von Ambient Assisted Living	19
Abbildung 7: Anwendungsbereiche von AAL	21
Abbildung 8: Hero Medikamentenspender	24
Abbildung 9: My uBox Medikamentenspender	25
Abbildung 10: Dr. Poket Medikamentenspender	25
Abbildung 11: SMRxT Medikamentendose	26
Abbildung 12: Adherence Pill Bottle Medikamentendose	27
Abbildung 13: ROUND Refill Medikamentendose	27
Abbildung 14: Medminder Jon Medikamentenbox	29
Abbildung 15: MedSignals Pill Case/Monitor Medikamentenbox.....	29
Abbildung 16: Pillbox by Tricella Medikamentenbox.....	30
Abbildung 17: iRemember Aufsatz	31
Abbildung 18: GlowCap Aufsatz.....	31
Abbildung 19: Rangliste der Arten	32
Abbildung 20: Produktentwicklungsphasen.....	33
Abbildung 21: Unterphasen von Analysephase.....	33
Abbildung 22: Unterphasen von der Konzeptionsphase	34
Abbildung 23: Unterphasen von Entwicklung der Hardware	34
Abbildung 24: Unterphasen von Entwicklung der Software	35
Abbildung 25: Smarter Medikamentenspender.....	37
Abbildung 26: Konzept 2: Smarter Medikamentendosierer	39
Abbildung 27: Prototyp aus Karton	43
Abbildung 28: Gehäuse aus Holz.....	44
Abbildung 29: Medikamentenspender mit Schaumstoffverkleidung.....	44
Abbildung 30: Sockel für die Medikamentendosen	45
Abbildung 31: Smarte Medikamentendose.....	45
Abbildung 32: Raspberry Pi Spezifikationen	46
Abbildung 33: SG90 Servo Motor	46
Abbildung 34: Waveshare 5 Zoll Touch Screen	47
Abbildung 35: Hall Sensor mit Magnet.....	47
Abbildung 36: 5mm rot leuchtende LED	48
Abbildung 37: Phillips Heu Starter Set 3.....	48
Abbildung 38: Lautsprecher	49
Abbildung 39: Schaltplan.....	49
Abbildung 40: Elektronik des Medikamentenspenders.....	51
Abbildung 41: Hall-Sensor-Modul	51
Abbildung 42: Architektur	52
Abbildung 43: Datenbankarchitektur.....	53
Abbildung 44: Aufruf des JSON-Services.....	55
Abbildung 45: Visuelle Einstellungen	58
Abbildung 46: Akustische Einstellungen	59
Abbildung 47: Manuelle Ausgabe Startbildschirm.....	59
Abbildung 48: Auswahl des gewünschten Termins.....	60

Abbildung 49: Maske zur Eingabe der allgemeinen Medikamenteninformationen	61
Abbildung 50: Einnahme- und Bestandsinformationen	61
Abbildung 51: Zeitpunktangabe	62
Abbildung 52: Detaillierte Terminübersicht	63
Abbildung 53: Kontaktpersonen hinzufügen	63
Abbildung 54: Übersicht von ALL-Anwendungen	70
Abbildung 55: UML-Klassendiagramme der einzelnen Klassen	75
Abbildung 56: UML-Klassendiagramm des REST-Services	75

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anforderungen der Pflegeverantwortlichen an ein smartes Medikamentenverwaltungssystem	36
Tabelle 2: Bestandteile des smarten Medikamentenspenders.....	38
Tabelle 3: Konzept 2: Bestandteile des Smarten Medikamentendosierers.....	40
Tabelle 4: GPIO-Pin Belegungen.....	50
Tabelle 5: Übersicht aller Funktionen von SmartMedicine.....	76

1. Einleitung

1.1. Motivation

Im Laufe des Lebens muss sich jeder irgendwann mit der unangenehmen Thematik der Medikamenteneinnahme auseinandersetzen. Dabei kann es sich zum Beispiel lediglich um eine temporäre Einnahme von Mucosolvan zur Linderung eines unangenehmen Hustens handeln aber auch um eine komplette Tagesplanung, die sich allein an den regelmäßig einzunehmenden Medikamenten ausrichtet. Besonders das Leben älterer Menschen ist geprägt von der aktiven Beachtung ihrer Medikamenteneinnahmezeitpläne, da Menschen ab dem 60 Lebensjahr laut Andrea (vgl. 2006, S. 93) an Multimorbidität leiden und somit mehrere Krankheiten gleichzeitig aufweisen, die durchschnittlich mit drei Arzneimitteln pro Tag behandelt werden müssen. Weiterhin liegt der Anteil der medikamentenpflichtigen Präparate bei älteren Personen laut Barmer GEK bei mehr als 80 Prozent (vgl. Glaeske und Schick Tanz 2015a, 53f.). Dieser Tatsache sollte eine besondere Beachtung geschenkt werden, da fast die Hälfte der älteren Personen, die Medikamente verschrieben bekommen haben, als non-adhären (Beschreibung des Begriffs siehe 2.1.1) gelten (vgl. Hayes et al. 2009, S. 770). Dies resultiert unter anderem daher, dass besonders ältere Menschen durch altersbedingte körperliche oder geistige Einschränkungen schnell die Übersicht über die einzunehmenden Medikamente verlieren (vgl. Lundell et al. 2010, S. 98). Dies führt nicht nur dazu, dass sich der Gesundheitszustand der Personen verschlechtert, sondern auch dazu, dass zusätzliche Krankenhausaufenthalte oder Pflegebedarf nötig werden. So kostete die Non-Adhärenz den deutschen Staat im Jahr 2007 bis zu 10 Milliarden Euro (vgl. ABDA - Bundesvereinigung Deutscher Apothekerverbände e. V. 2007). Da laut Statistischem Bundesamt der Anteil an älteren Personen in Deutschland in naher Zukunft steigen wird, ist davon auszugehen, dass der Behandlungsaufwand für non-adhären ältere Personen weiter zunehmen wird. So wird prognostiziert, dass die Anzahl der über 64-Jährigen im Zeitraum von 2016 bis 2030, von 17,5 Millionen auf 21,8 Millionen steigen wird (vgl. Statistisches Bundesamt 2015). Dies entspricht einer Zunahme von 7 Prozent.

Diesbezüglich sollen unter Verwendung von AAL-Technologien Unterstützungsmaßnahmen geschaffen werden, die älteren Personen bei der Verwaltung und der Einnahme der Medikamente assistieren sollen. Dadurch soll eine Steigerung der Adhärenz der Personen angestrebt werden und zwar nicht nur zur Senkung der daraus resultierenden Behandlungskosten, sondern auch um den Personen einen angenehmen und weitestgehend beschwerdefreien Lebensabend zu gewährleisten.

1.2. Ziel der Masterarbeit

Das Ziel der Masterarbeit ist es, sich mit der Adhärenz von älteren Personen zu befassen und aufzuzeigen, welche Lebensumstände und Gründe zu einem non-adhärentem Verhalten bei älteren Personen führen können. Diese Erkenntnisse fließen dann in die Entwicklung eines smarten Medikamentenverwaltungssystems ein.

1.3. Methodisches Vorgehen

Das methodische Vorgehen zur Erstellung eines smarten Medikamentenverwaltungssystems besteht hauptsächlich aus den folgenden vier Schritten: Literaturrecherche und Studie von bereits vorhandenen smarten Medikamentenverwaltungssystemen, Befragungen von Pflegefachkräften von stationären Pflegeeinrichtungen, Erstellung des Systems sowie dessen Validierung.

Im ersten Schritt wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, um die Gründe herauszufinden, die zu einer Non-Adhärenz bei älteren Personen führen. Diesbezüglich wurden wichtige Aspekte der Lebenssituation älterer Menschen betrachtet, wie z.B. die Gesundheit und Wohnsituation dieser Kohorte, sodass Gründe abgeleitet werden konnten, die zu einer Non-Adhärenz führen. Weiterhin wurden bereits auf dem Markt erhältliche smarte Medikamentenverwaltungssysteme verglichen und in Kategorien eingeteilt. Durch die Untersuchung dieser bereits auf dem Markt erhältlichen Systeme konnten

wichtige Anforderungen an das zu entwickelnde System abgeleitet werden und gegebenenfalls Marktlücken aufgezeigt werden.

Im nächsten Schritt wurden Befragungen von Pflegedienstleitern und Pflegern von stationären Pflegeeinrichtungen durchgeführt. Durch die Befragungen wurden Anforderungen an das zu erstellende Medikamentenverwaltungssystem genau erfasst und definiert. Das Ziel der Befragungen war es auch, weiterhin Gründe herauszufinden, die zu einer Non-Adhärenz führen sowie die Einsatzbereitschaft zur Verwendung eines smarten Medikamentenverwaltungssystems von älteren Personen einzuschätzen, die die Zielgruppe des Systems bilden. Nach dieser Anfangsphase wurde das System anhand der aus den Befragungen gewonnenen Erkenntnisse sowie der Literaturrecherche erstellt. Bei der Erstellung des Systems wurden zwei Konzepte für die beiden bevorzugten Kategorien erstellt und mit den Anforderungen aus den Befragungen verglichen, sodass ein System erstellt werden konnte, welches laut den Pflegern besser zu der Zielgruppe passt. Im Anschluss daran wurde ein Prototyp aus Kartons nachgebaut, um die Benutzerfreundlichkeit testen zu können. Nach der Prototypphase aus Karton wurde ein weiterer Prototyp aus Holz nachgebaut. Danach wurde die Elektronik ins Holzgerüst eingefügt und eine Verkleidung aus Schaumstoff angefertigt. Zum Schluss erfolgte die eigentliche Entwicklung der Software und der Interaktion mit den Sensoren und Dingen, wie der smarten Lampe Philips Hue und dem Lautsprecher.

Nachdem der Prototyp entwickelt wurde, fand eine Validierung des Systems statt. Dabei wurden die Interviewpartner aus der Analysephase ein weiteres Mal kontaktiert und gebeten ein Feedback zu geben sowie Verbesserungsvorschläge zum System zu machen.

1.4. Aufbau der Arbeit

Im ersten Teil der Arbeit werden die allgemeinen Grundlagen behandelt, die in einem Kontext zur Adhärenz und Non-Adhärenz von älteren Personen stehen. Diesbezüglich liegt das Hauptaugenmerk unter anderem auf der Abgrenzung sowie der Klärung der Termini *Alter* und *Altern* (siehe Abschnitt 2.1.2) sowie *Adhärenz* und *Compliance* (siehe Abschnitt 2.1.1). Ebenfalls soll näher auf den demographischen Wandel eingegangen werden, da dieser in den nächsten Jahren vermehrt zu einer

Zunahme der Gruppe der Senioren beitragen wird und somit ein wichtiger Aspekt der Entwicklung von *Ambient-Assisted-Living-Technologien* ist (siehe Abschnitt 2.2). Weiterhin wird in Abschnitt 2.3 auf Aspekte wie *Gesundheit*, *Adhärenz*, *Wohnsituation* sowie *Technikakzeptanz* eingegangen. Dadurch wird gewährleistet, dass nicht nur der Fokus auf dem Produkt liegt, sondern auch auf den individuellen Bedürfnissen, die diese Kohorte mit sich bringt. Der letzte Aspekt, der in den Grundlagen behandelt wird, ist der der Entstehung sowie der zukünftigen Ausrichtung des Forschungsbereichs *Ambient Assisted Living* und dessen Anwendungsfelder.

Im Rahmen der Entwicklung des smarten Medikamentenverwaltungssystems fand zusätzlich eine Marktanalyse der bereits auf dem Markt vorhandenen Geräte statt. Diese Analyse wird in Kapitel 3 näher beschrieben. Ferner wird eine Kategorisierung sowie ein Vergleich von bereits auf dem Markt erhältlichen Produkten durchgeführt. Durch den Vergleich können bereits zu diesem Zeitpunkt wichtige Aspekte von Medikamentenverwaltungssystemen klassifiziert werden, die später in die Entwicklung des smarten Medikamentenverwaltungssystems eingehen.

Der komplette Entwicklungsprozess des smarten Medikamentenspenders, angefangen von der Konzeption bis hin zu seiner Validierung, wird in Kapitel 4 genauer beschrieben. Es wird diesbezüglich näher auf die einzelnen Schritte in dem Produktentwicklungsprozess eingegangen; auch werden Architektur sowie Aufbau der Hardware und Software erläutert.

Zum Schluss wird ein Ausblick über die weiteren Potenziale gegeben, die das entwickelte System mit sich bringt und aufgezeigt, in welche Richtung die Entwicklung des smarten Medikamentenspenders gehen könnte.

1.5. Verwandte Arbeiten

Es wurden bereits etliche wissenschaftliche Arbeiten veröffentlicht, die sich mit dem Thema der Entwicklung eines smarten Medikamentenverwaltungssystems beschäftigt haben. So wurde von Abbey et al. (2012) der Artikel „The Smart Pill Box“ veröffentlicht, in dem beschrieben wurde, wie eine smarte Medikamentenbox mit 24 abtrennbaren Kammern entwickelt wurde, die eine Erinnerungsnachricht an mobile Geräte der Benutzer bei der Fälligkeit des Medikamenteneinnahmezeitpunktes sendet.

Einen ähnlichen Ansatz verfolgte auch Salgi et al. (2015) in dem Artikel „Smart Pill Box“. Darin wird beschrieben, wie eine smarte Medikamentenbox entwickelt wurde, die die Zählung der Pillen durch kapazitive Verfahren in den einzelnen Boxen durchführt und so einen genauen Medikamentenstand liefert. Wenn der Medikamenteneinnahmezeitpunkt erfolgt, so bekommt der Benutzer, durch die Verwendung eines eingebauten GSM-Moduls, eine Nachricht an sein Telefon geschickt. Ebenfalls kann so eine Medikamentenknappheit verhindert werden, da in Kombination mit der kapazitiven Zählweise immer der aktuelle Stand der Medikamente verfolgt wird und bei einer Knappheit eine Nachricht mit einem Bestellauftrag an eine Apotheke versendet werden kann.

Weiterhin wurden Untersuchungen durchgeführt, um herauszufinden, ob kontextsensitive Erinnerungsmechanismen die Adhärenz besser beeinflussen, als normale audiovisuelle, visuelle oder textuelle Erinnerungsfunktionen. Diesbezüglich wurde eine vorausgehende Studie von der Digital Health Group (Lundell et al. 2010) von der Intel Corporation Oregon Health Sciences University mit älteren Personen über 65 Jahren durchgeführt, um herauszufinden welche Erinnerungsfunktionen bei den älteren Personen besser ankommen. Es wurden den beteiligten Personen Geräte zur Verfügung gestellt, die visuelle Erinnerungsfunktionen durch ein Aufleuchten von Lichtern ermöglichten sowie audiovisuelle Erinnerungsfunktionen in Form von Durchsagen und Signaltönen. Ebenfalls fand auch ein Vergleich mit Geräten statt, die textuelle Erinnerungsmechanismen anboten. So stellte sich heraus, dass bei den untersuchten Personen Geräte mit visuellen Erinnerungsmechanismen am schlechtesten ankamen, weil das aufleuchtende Licht oft übersehen wurde. Bevorzugt waren bei den beteiligten Personen

handlichere und mobile *Reminder*, wie zum Beispiel eine Smartwatch, die die getesteten Personen durch Vibrationen bzw. audiovisuelle Signale an die Einnahme erinnern (vgl. Lundell et al. 2010, 101f.).

Aufbauend auf dieser Studie wurde ein kontextsensitives Medikamentenerinnerungssystem von Hayes et al. (2009) entwickelt. Dieses System konnte, basierend auf der Verwendung von Sensoren, den jeweiligen Kontext der Person bzw. der Umgebung erkennen und Erinnerungsnachrichten speziell auf den jeweiligen Kontext angepasst ausgeben. So konnte das System zum Beispiel erkennen, wann das Haus verlassen wurde, um daraufhin eine Erinnerungsnachricht an die Smartwatch der Person zu schicken, anstatt nur audiovisuelle oder visuelle Signale in der Wohnung auszulösen. Ebenfalls wurden keine Erinnerungsnachrichten ausgegeben, wenn die fragliche Person zum Zeitpunkt der Medikamenteneinnahme am Telefon war bzw. im Bett lag.

Weiterhin wurde versucht, herauszufinden, ob ein kontextsensitives Medikamentenerinnerungssystem effektiver ist als ein nicht kontextsensitives System. Diesbezüglich wurde die Adhärenz von Personen ohne Erinnerungsmechanismen, mit einfachen zeitbezogenen Erinnerungsmechanismen und mit kontextsensitiven Erinnerungsmechanismen gemessen. So stellte sich heraus, dass die Adhärenz bei den Personen, die das kontextsensitive System verwendeten, mit 92,3 Prozent am höchsten war im Vergleich zu den einfachen zeitbezogenen Erinnerungsmechanismen, die zu einer Adhärenz von 73,5 Prozent führten. Die Geräte, die keine Erinnerungsmechanismen anboten, kamen auf eine Adhärenz von 68 Prozent (vgl. a. a. O., S. 773). Mit dieser Studie konnten Hayes et al. erstmals beweisen, dass kontextsensitive Erinnerungsmechanismen effektiver sind als reine zeitbezogene Mechanismen (vgl. a. a. O., S. 774).

2. Grundlagen

2.1. Terminologische Einordnungen

2.1.1. Adhärenz und Compliance

Die Begriffe *Compliance* und *Adhärenz* werden von vielen Autoren oft als synonym angesehen ohne eine „trennscharfen Abgrenzung“ vorzunehmen (Dachverband Adherence e.V. 2011). Aufgrund dessen soll in dieser Arbeit eine klare Abgrenzung der Begriffe stattfinden, damit ein besseres Verständnis für deren Bedeutungen und Unterschiede geschaffen werden kann.

Der Terminus *Compliance* kann als ein paternalistisches Modell angesehen werden (vgl. Dachverband Adherence e.V. 2011). Das bedeutet, dass hier der Schwerpunkt ausschließlich auf das Verhalten des Patienten gelegt wird und somit die Mitarbeit und Bereitschaft des Patienten bei der Befolgung von ärztlichen Verordnungen im Vordergrund stehen (vgl. Rödel 2012).

Adhärenz wiederum bezeichnet die „Einhaltung der gemeinsam vom Patienten und dem medizinischen Fachpersonal (Ärzte, Pflegekräfte) gesetzten Therapieziele“ (Rödel 2012). So liegt der Therapieerfolg nicht nur bei den Patienten, sondern auch in einer gemeinsamen Verantwortung mit dem medizinischen Fachpersonal (ebd.). Mit der Zeit ist man zu der Erkenntnis gekommen, dass Therapietreue als ein kooperatives Verhältnis zwischen dem medizinischem Fachpersonal und dem Patienten besteht, sodass sich der Begriff *Adhärenz* mittlerweile für die Therapietreue etabliert hat (vgl. Ehlert 2016, S. 55; vgl. Kirch et al. 2012, S. 53).

Als *non-adhärenz* werden im medizinischem Kontext der Untersuchung von dem Medikamenteneinnahmeverhalten von Patienten, Personen bezeichnet, die die ärztlichen Verordnungen nicht befolgen und Medikamente unregelmäßig einnehmen oder sogar die Behandlung vollkommen eigenverantwortlich und ohne Absprache mit dem Arzt, abbrechen (vgl. Fießl et al. 2014, S. 33).

2.1.2. Alter und Altern

Die Begriffe *Alter* und *Altern* sind Begriffe, die eine getrennte Sichtweise erfordern. Dies resultiert daraus, dass Altern sich nur auf die Veränderungsprozesse über die Lebensspannen definieren lässt und Alter als ein Resultat des Alterns angesehen wird.

So können die Begriffe *Alter* und *Altern* in vieler Hinsicht konnotativ betrachtet werden und bedürfen deswegen einer terminologischen Einordnung. Dies liegt daran, dass der Terminus *Alter* einer „Vielfalt gesellschaftlicher und kultureller Deutungen“ (Backes und Clemens 2013, S. 11) unterliegt. So werden Leistungssportler im Alter von über 30 Jahren bereits zu den Alten gezählt, wohingegen ein sozialengagierte und gesundheitlich weitestgehend unbeschwerter 80-Jähriger bei einem Seniorentreff eines Altersheimes als *jung-geblieben* bezeichnet wird. Deswegen findet in der Wissenschaft eine Unterteilung auf der *sozialen*, *biologischen* und *chronologischen* Ebene statt. (vgl. Sackmann 2007, S. 32)

So kann die *biologische Ebene* erklären, weswegen ein 30-Jähriger Leistungssportler als alt gilt: Dies liegt daran, dass biologische Regelmäßigkeiten des menschlichen Körpers die Leistungsfähigkeiten von Menschen bestimmen. Es kann auch genauer vorhergesagt werden, wann bestimmte körperliche Leistungsfähigkeiten nachlassen (vgl. Sackmann 2007). Aufgrund dessen kann das biologische Alter als ein Resultat aus dem Alterungsprozess angesehen werden, welches sich auf den intrinsischen biologischen Prozess bezieht, der einen generellen körperlichen Abbau beschreibt, welcher mit der Geschlechtsreife beginnt (vgl. Böhm et al. 2009, S. 8).

Der Prozess des *Alterns* in der *soziologischen* Betrachtung legt einen Fokus auf die Lebensläufe und die damit verbundenen individuellen Erfahrungen, Zustände und Übergänge der Lebensabschnitte und bezieht sich auf die resultierenden Ursachen und Konsequenzen der einzelnen Lebensabschnitte, sodass Entwicklungsmuster für die Lebensabschnitte definiert werden können (vgl. Böhm et al. 2009, S. 9). Der bei einem Seniorentreff als *jung-gebliebene* beschriebene Achtzigjährige unterliegt der sozialen Sichtweise des Begriffs *Alter*. So wird auf der sozialen Ebene dieser Begriff durch gesellschaftliche Normen und Kategorien bestimmt, die sich in einem

Bündel an Erwartungen in Bezug auf Altersstatus und Altersrollen definieren (vgl. Sackmann 2007).

Die *chronologische Ebene* ist dagegen nur eine kalendarische Sichtweise der Zeitspanne zwischen der Geburt eines Individuums und eines aktuellen Datums (vgl. Weineck 2004, S. 412). So ist laut Thyrolf (2013) eine gängige Vorgehensweise die Einteilung in das *dritte Lebensalter* (d.h. 65 – 75 Jahre) und das *vierte Lebensalter* (d.h. über 75 Jahre). Zum *dritten Lebensalter* gehören die sogenannten *jungen Alten* (eine Gruppe von weitgehend gesunden sowie sozial aktiven und integrierten Personen), zum *vierten Lebensalter* gehören wiederum Personen, die bereits durch den altersbedingten körperlichen Abbau geprägt sind.

2.2. Demographischer Wandel

In der Gerontologie ist die Betrachtung des demographischen Wandels unumgänglich. Durch die Betrachtung des demographischen Wandels können Veränderungen der Altersstruktur einer Gesellschaft beschrieben werden; auch können mögliche Folgen und Ursachen für die Zusammensetzung einer Gesellschaft und deren Altersaufbau aufgezeigt werden (vgl. Pack 2000, S. 8). So führt eine hohe Geburtenzahl in Kombination mit einer abnehmenden Sterberate zu einer kompakten Alterspyramide (vgl. ebd.); eine sinkende bzw. stagnierende Geburtenrate in Zusammenhang mit einer steigenden Lebenserwartung hingegen führt zu einem unausgewogenen Altersaufbau und somit zu einer Bevölkerung, bei der die Anzahl älterer Personen dominiert (vgl. ebd.). Das zuletzt beschriebene Szenario trifft laut Statistischem Bundesamt in den kommenden Jahren verstärkt auf die Zusammensetzung der deutschen Bevölkerung zu, da in Deutschland die Geburtenrate seit Jahren stagniert. Demnach wurden allein im Jahr 2015 weit weniger Menschen geboren (737.630) als Menschen verstarben (925.239) (vgl. Statista 2016). Dies wird bis zum Jahr 2030 dazu führen, dass in Deutschland nur noch 79,2 Millionen Menschen leben werden. Weiterhin nimmt die Anzahl der über 65-Jährigen in diesem Zeitraum weiter zu. So waren laut Statistischem Bundesamt (2011) im Jahr 2015 knapp 17,3 Millionen über 65 Jahre alt und ihre Anzahl wird bis zum Jahr 2030 um 7 Prozent auf 21,8 Millionen ansteigen. Die Anzahl der unter 20-Jährigen hingegen wird um 1 Prozent von 14 auf 13,8 Millionen fallen (vgl. ebd.).

Die Zunahme der älteren Personen resultiert laut der Hannoverschen Lebensversicherung (2016) aus der Entwicklung des medizinischen Fortschritts, der in den letzten Jahren große Erkenntnisse in der Prävention und Bekämpfung vieler Altersleiden gewonnen hat. Dazu gehören insbesondere Krebs oder Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Weitere Faktoren für die höhere Lebenserwartung sind unter anderem steigender Wohlstand, bessere Arbeitsbedingungen im Vergleich zum 19ten und 20ten Jahrhundert, gesündere Lebensweise und verbesserte Hygiene (vgl. ebd.). Die Zunahme der Lebenserwartung hat zur Folge, dass jedes Jahrzehnt 2,5 Jahre mehr an menschlicher Lebenserwartung hinzukommen und dadurch theoretisch jede künftige neue Generation durchschnittlich 7,5 Jahre länger leben wird (vgl. ebd.).

2.3. Lebenssituation älterer Menschen

Eine grobe Verallgemeinerung und Stigmatisierung von älteren non-adhärenenten Personen, die allzu häufig als gleich als dement bezeichnet werden, ist heutzutage für unsere Gesellschaft kennzeichnend. Studien konnten jedoch nachweisen, dass ganz unterschiedliche Faktoren ausschlaggebend für ein non-adhärenentes Verhalten sind und nicht nur die alterskorrelierte nachlassende Gedächtnisleistung. Deswegen sollen in diesem Kapitel nicht nur diejenigen Gründe aufgegriffen werden, die zu einer Adhärenz führen (siehe Abschnitt 2.3.2), sondern auch die allgemeinen Aspekte im Leben von älteren Personen beschrieben werden. Zu diesen zählen unter anderem Gesundheit (siehe Abschnitt 2.3.1), Wohnsituation (siehe Abschnitt 2.3.3) und Technikakzeptanz (siehe Abschnitt 2.3.4).

2.3.1. Gesundheit

Die Gesundheit ist eines der kostbarsten nicht-materiellen Güter der Menschen. Sie beschäftigt diese ein Leben lang in der Hoffnung Lebensqualität und Lebenserwartung zu steigern. So ist es auch nicht verwunderlich, dass im hohen Alter eine hohe Lebensqualität angestrebt wird. Dies wird jedoch durch viele Faktoren erschwert: Mit dem Alter nimmt die Vulnerabilität und somit die Wahrscheinlichkeit zu erkranken zu (vgl. Müller und Petzold 2009, S. 6). Erschwerend kommt noch hinzu, dass die Wahrscheinlichkeit bei älteren Personen ab 65 Jahren, an Multimorbidität (Befund von mehreren Krankheiten) zu leiden,

zunimmt (vgl. Andreae et al. 2006, S. 92). Dies wird in Abbildung 1 verdeutlicht, die aufzeigt, dass in der Gruppe der 40 bis 54-Jährigen 4 Prozent der Personen im Jahr 2002 an fünf und mehr Krankheiten erkrankten. Die Multimorbidität betrug in der Gruppe der 55 bis 69-Jährigen 12 Prozent und in der Gruppe der 70- bis 85-Jährigen fast 24 Prozent.

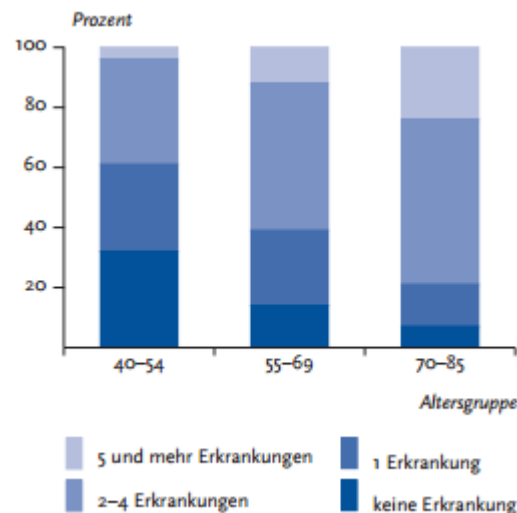


Abbildung 1: Multimorbidität nach Alter im Jahr 2002

(Quelle: Böhm et al. 2009, S. 75)

Multimorbidität führt zu einem hohen Anteil an medikamentöser Dauer- sowie Mehrfachbehandlung (vgl. Renteln-Kruse et al. 2014, S. 1), die sich in einer Multimedikation von zwei bis drei Medikamenten täglich äußern kann (vgl. Andreae et al. 2006, S. 92). Dies wird auch im Barmer GEK Arzneimittelreport 2015 bestätigt, dem gemäß mehr als 80 Prozent der älteren versicherten Personen Medikamente einnahmen (vgl. Glaeske und Schick Tanz 2015a, S. 53). Der Bezug von Medikamenten erweist sich mit zunehmendem Alter als exponentiell steigend (siehe Abbildung 2).

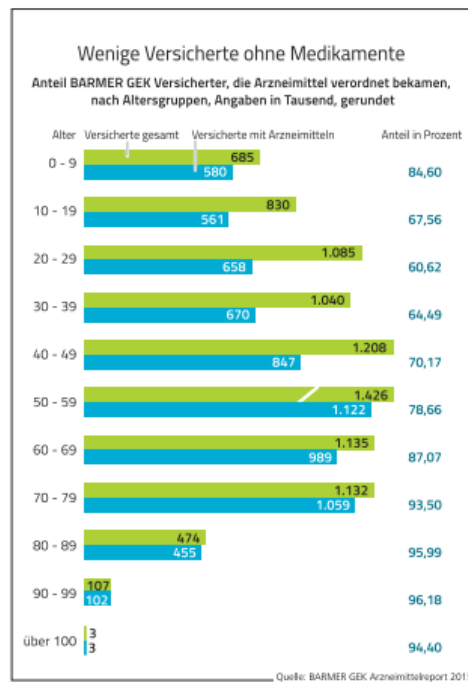


Abbildung 2: Barmer GEK Versicherte, die Medikamente bezogen haben
(Glaeske und Schicktanz 2015b, S. 5)

Die häufigsten Medikamente, die ältere Personen einnehmen müssen, sind Medikamente gegen Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Medikamente gegen Hormon- und Schlafstörungen, Medikamente gegen Schmerzen sowie neuropsychiatrische Medikamente (vgl. Grätzel von Grätz et al. 2016, S. 5).

2.3.2. Adhärenz

Zur Linderung der Krankheiten sowie der Prävention, ist es unabdingbar, dass die Arzneimittel korrekt eingenommen werden. Es kommt jedoch bei 50 Prozent der älteren Personen vor, dass die Medikamente nicht nach dem festgelegten Einnahmezeitplan eingenommen werden (vgl. Hayes et al. 2009, S. 770). Die möglichen Gründe, die zu einer Non-Adhärenz führen, wurden in stationären Pflegeeinrichtungen erfasst. Das Pflegepersonal hat dabei beobachtet, dass es bei einer alterskorrelierten Abnahme der Gedächtnisleistung (oder zunehmender Demenz) zu einem Verlust der Übersicht bei einer Multimedikation und zu Fehleinschätzungen in Bezug auf den eigenen gesundheitlichen Zustand, der Nebenwirkungen und Konsistenz von Medikamenten kommt (siehe Abbildung 3).

Weiterhin kommt es auch vor, dass besonders desorientierte Personen denken, dass sie durch Medikamente vergiftet werden (ebd.).

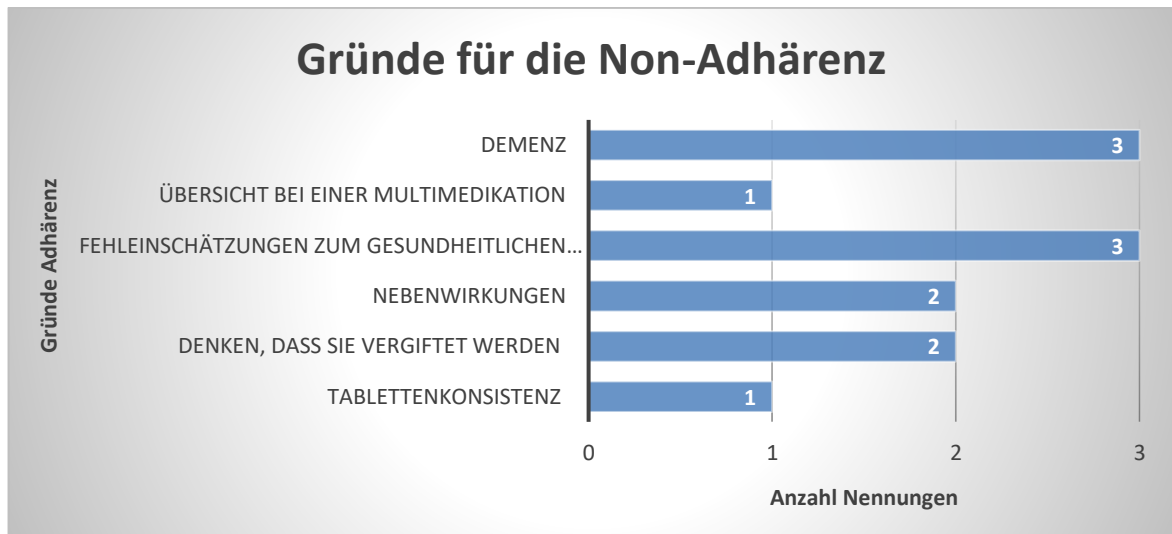


Abbildung 3: Gründe für Non-Adhärenz

(Quelle: Eigene Befragungen von Pflegern und Pflegedienstleiter von stationären Pflegeeinrichtungen)

Diese Gründe erschließen sich unter anderem ebenfalls aus der Literatur (vgl. Köther 2007, S. 535). Die Problematik liegt auch darin - siehe dazu die Studie von Goud et al.- (vgl. 2009, S. 33), in der 135 ältere Personen über ihr Medikamentenboxennutzungsverhalten befragt wurden, dass 93 Prozent dieser Befragten selbstständig die Verwaltung ihrer Medikamente vornahmen. Lediglich drei Prozent ließen Medikamente von Pharmazeuten verwalten und vier Prozent von Familienmitgliedern. So kann es dann aufgrund der alterskorrelierten nachlassenden Gedächtnisleistung oder anderen Krankheiten dazu kommen, dass bei alleinlebenden Personen, die selbstständig die Verwaltung ihrer Medikamente übernehmen, vermehrt ein non-adhärentes Verhalten auftritt.

Eine Non-Adhärenz führt nicht nur dazu, dass sich der Gesundheitszustand der betroffenen Personen verschlechtert, sondern dazu, dass zusätzliche Krankenhausaufenthalte oder Pflegebedarfe nötig sind (vgl. Rödel 2012). Ebenfalls sterben in Europa aufgrund von Non-Adhärenz jährlich 200.000 Menschen (vgl. Hagan 2015, S. 4) und allein den deutschen Staat kostet die Non-Adhärenz jährlich 10 Milliarden Euro (vgl. ABDA - Bundesvereinigung Deutscher Apothekerverbände

e. V. 2007). Deswegen sollte unbedingt eine Steigerung der Adhärenz angestrebt werden. Weitere wichtige Gründe (d.h. Kostensenkung und verbesserte Beschwerdefreiheit) wurden bereits erwähnt. Zur Steigerung der Adhärenz und Prävention können laut Luga und McGuire (2014) drei Strategien verfolgt werden: 1) eine an den Patienten ausgerichtete Strategie (z.B. basierend auf dem Einsatz von Erinnerungsgeräten), 2) eine sich an den Personen orientierende Strategie, die für die Gesundheit von Patienten verantwortlich sind (die z.B. eine gezielte Schulung der Ärzte vorsieht) sowie 3) einer Strategie, die durch externe Faktoren beeinflusst wird (z. B. dem automatischen Nachbestellen von Medikamenten). Pfleger von stationären Pflegeeinrichtungen wiederum legen besonderen Wert auf persönliche Erinnerungen (siehe Abbildung 4). Wenn es trotzdem dazu kommt, dass ein Bewohner einer stationären Pflegeeinrichtung Medikamente komplett ablehnt, dann wird die Medikation in Absprache mit dem Arzt geändert. Medikamente, die schwierig zu schlucken sind, werden gemörsert und mit dem Essen verabreicht (Befragungen von Pfleger und Pflegedienstleiter von stationären Pflegeeinrichtungen).

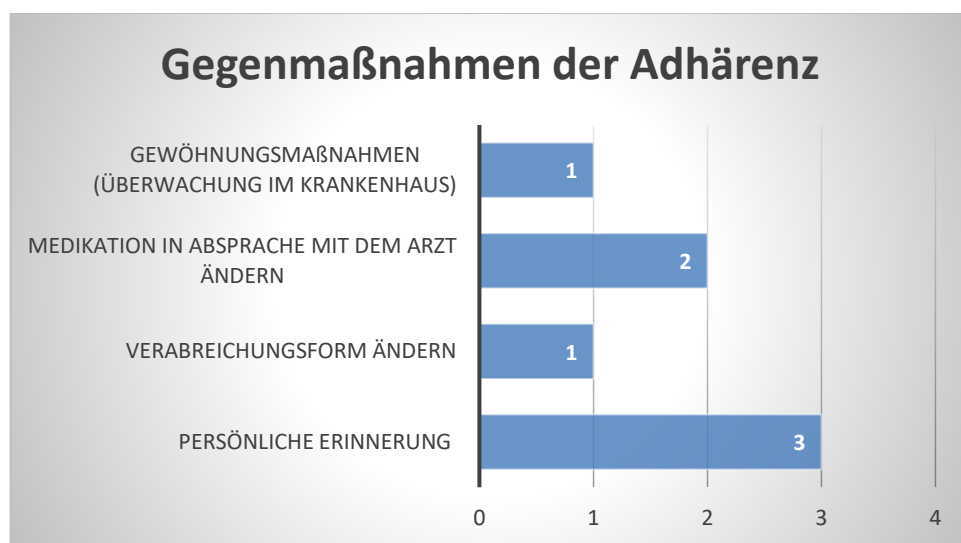


Abbildung 4: Gegenmaßnahmen zur Non-Adhärenz

(Quelle: Befragungen von Pflegern und Pflegedienstleitern stationärer Pflegeeinrichtungen)

2.3.3. Wohnsituation

Das selbstbestimmte und eigenständige Leben ist für viele Personen, ob jung oder alt, das erstrebenswerte Ziel. Denn dadurch ist eine Unabhängigkeit gewährleistet, sodass das eigene Leben und die Wohnsituation selbstbestimmt organisiert werden kann. So ist es nicht verwunderlich, dass das Verlangen nach Selbständigkeit und Unabhängigkeit im Alter weiterhin besteht. (vgl. Georgieff 2008, S. 17) Dies wird dadurch bestätigt, dass laut einer durchgeführten Statistik von *Deutsches Zentrum für Altersfragen (DAZ)* 96,4 Prozent der über 65-Jährigen einen eigenen Haushalt führen. (vgl. Hoffmann et al. 2014, S. 4) Der Bezug zu der eigenen Wohnung ist dadurch im Alter ausgeprägter als in den früheren Lebensphasen. (vgl. Georgieff 2008, S. 17) Dies liegt unter anderem an der Tatsache, dass im Alter die Menschen kleinere Aktionsräume und Umweltbezüge aufweisen (vgl. Keding und Eggen 2011, S. 3), sodass 90 Prozent der Zeit in der Wohnung verbracht wird. (vgl. Georgieff 2008, S. 17) Das autonome Wohnen ist dadurch ein wichtiger Faktor für die älteren Personen, sodass sogar bei gesundheitlichen Beeinträchtigungen das selbstständige wohnen bevorzugt wird (vgl. Peter Georgieff 2009, S. 14 zit. n. Grauel und Spellerberg 2007) und der Umzug in eine stationäre Pflegeeinrichtung als ein Autonomieverlust sowie Verlust der Lebensqualität angesehen wird. (vgl. Schneekloth und Wahl 2008, S. 231) So wohnen nur 3,6 Prozent von den 65 bis 80-Jährigen in einer Gemeinschaftsunterkunft, wie einem Alten- oder Pflegeheim. (vgl. Hoffmann et al. 2014, S. 4)

2.3.4. Technikakzeptanz

Laut den Pflegern und Pflegedienstleiter von stationären Pflegeeinrichtungen, wird die Technikaffinität von den Bewohnern überwiegend mit 5 bewertet (bei einer Skala von 1 bis 5, bei der die 1 für eine hohe Technikaffinität steht und 5 für eine geringe). Obwohl es auch Ausnahmen gibt und viele Bewohner sogar ein Laptop besitzen und bedienen, wird Technologie überwiegend abgelehnt. Dies geht sogar so weit, dass einfache Belüftungsanlagen in den Räumen gemieden werden. (Eigene Befragungen von Pflegern und Pflegedienstleiter von stationären Pflegeeinrichtungen)

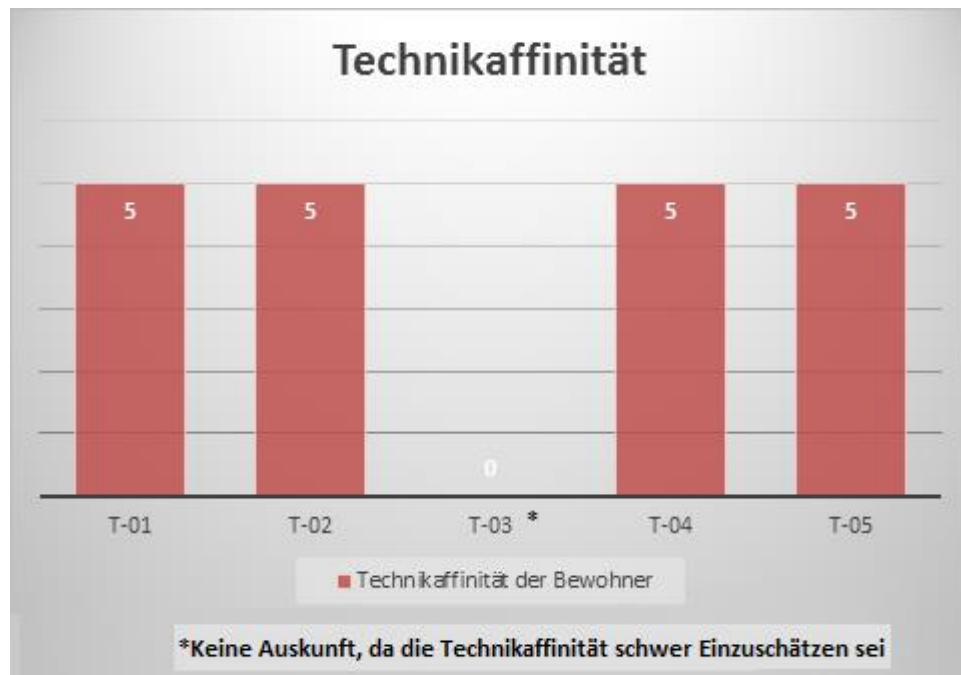


Abbildung 5: Technikaffinität von Pflegeheimbewohner

(Quelle: Eigene Befragungen von Pflegern und Pflegedienstleiter von stationären Pflegeeinrichtungen)

Laut der Literatur erschließt sich jedoch ein anderes Bild im Bezug zur Technikaffinität von älteren Personen. So konnte die Diplom Psychologin Claßen (2012) durch ihre Dissertation mit dem Titel „Zur Psychologie von Technikakzeptanz im höheren Lebensalter: Die Rolle von Technikgenerationen“ nachweisen, dass die oft vorherrschende Stigmatisierung, dass ältere Personen gegenüber der Technik negativ oder kritisch eingestellt sind, in der Realität nicht vorhanden ist und ältere Personen tendenziell nicht abgeneigt sind Technik zu nutzen. Dies konnte auch durch eine Umfrage im Rahmen des Forschungsprojekts „sentha – Seniorengerechte Technik im häuslichen Alltag“ (vgl. Friesdorf und Heine 2007) bestätigt werden. Demnach waren fast zwei Drittel der 1417 Befragten im Alter von 55 bis 90 Jahren dem technischen Fortschritt positiv zugeneigt. (vgl. ebd.) Daraus lässt sich schließen, dass ältere Personen der Technik nicht abgeneigt sind und sich andere Faktoren auf die Akzeptanz auswirken, als nur die Klassifizierung anhand des Alters.

Diese Faktoren wurden unter anderem von Claßen (2012) in ihrer Dissertation behandelt. So wurden von ihr nicht nur die technologischen Aspekte des Produktes (Kompatibilität und Zuverlässigkeit, Prestige) als ausschlaggebend klassifiziert, sondern auch die Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine (Technikerfahrung, Kosten und Nutzen) sowie die soziodemographischen Aspekte der älteren Personen (Bildung und Beruf, Geschlecht, gesundheitlicher Zustand, Persönlichkeit, Alter und Lebensphase). (vgl. Claßen Katrin 2012; Theussig 2012 zit. n. Meyer 2011, S. 30)

Mit diesem Thema befassten sich auch die Wissenschaftler Chen und Kollegen (2012) und konnten anhand einer empirischen Studie, mit der Hilfe des *Technical Acceptance Model (TAM)*, Faktoren herausfinden, die sich als positiv oder negativ auf die Technikakzeptanz von älteren Personen auswirken. So stellte sich heraus, dass ältere Menschen Technologien verwenden, wenn sich die individuellen Vorteile den Nachteilen überwiegen und ein Nutzen angesehen wird. Ebenfalls spielte der gesundheitliche Status der Individuen eine entscheidende Rolle zur Akzeptanz von Technologie. Ältere Personen, die keine gesundheitlichen Einschränkungen aufweisen, sind offener gegenüber Technologie, als ältere Personen mit gesundheitlichen Einschränkungen. Dies konnte in einer unabhängigen durchgeführten Studie von Tomita et al. (2004) nachgewiesen werden, indem sich der Faktor Depressivität unter anderem als ein Prädiktor für die Nicht-Nutzung von technologischen Geräten darstellte. Weiterhin wiesen Personen, die ein kleines familiäres und soziales Umfeld haben und mobiler sind, einen sinkenden Bedarf an der Nutzung von Technologien auf. (vgl. Chen et al. 2012) Die finanzielle Zufriedenheit, der Lebensraum sowie die Zufriedenheit mit dem eigenen Leben erwiesen sich wiederum als Faktoren, die keine Auswirkungen auf die Technikakzeptanz haben. (vgl. ebd.)

2.4. Ambient Assisted Living

Der demographische Wandel schreitet weiter voran und führt dazu, dass die deutsche Bevölkerung zunehmend älter wird (siehe Abschnitt 2.2). Trotz der hohen Vulnerabilität und der alterskorrelierten Krankheiten (siehe Abschnitt 2.3.1) ist der Bedarf dieser Kohorte, ein autonomes und selbstbestimmtes Leben in den eigenen vier Wänden zu führen, weiterhin ungebrochen (siehe Abschnitt 2.3.3). Da jedoch das soziale Aktionsumfeld und dadurch die personelle Unterstützung im Alter schrumpft, sind die meisten Personen vermehrt von einer Vereinsamung betroffen. (vgl. Doh 2012, S. 26) Diese Tatsache erweist sich als erschwerend für den weiteren Verbleib in den eigenen vier Wänden. Durch Konzepte wie AAL soll den Personen ein assistierendes Leben in den eigenen vier Wänden, speziell für ältere Personen mit gesundheitlichen Einschränkungen, ermöglicht werden. Dies erfolgt in Bezugnahme durch „technische Assistenzsysteme, die entsprechend den individuellen Bedürfnissen und Notwendigkeiten im häuslichen Umfeld flexible und modular aufgebaute technische Lösungen bereitstellen“ (Doh 2012, S. 26)

2.4.1. Geschichte

Für die Gewährleistung der Autonomie von älteren Personen in den eigenen vier Wänden, wurden im Laufe der Zeit AAL-Technologiesysteme und -Konzepte entwickelt, die den Personen bei der Bewältigung ihrer alltäglichen Aufgaben helfen sollen. (siehe Abbildung 6)

Die erste Generation von AAL-Technologien bestand aus einfachen Geräten, die das aktive Mitwirken von den betroffenen Personen erforderten. So wurden zum Beispiel Notruf-Buttons in der Form einer Smart-Watch entwickelt, die aktiviert werden konnten, wenn ein Notfall bestand. (vgl. Blackman et al. 2016, S. 57) Daraufhin wurde ein 24h Callcenter-Service verständigt, der abwägen sollte, ob es sich um einen Notfall handelt und welche Interventionen eingeleitet werden sollen. (ebd.)

Die Technologien der zweiten Generation von AAL, sind im Gegensatz zu der ersten Generation, nicht auf die aktive Interaktion der beteiligten Personen angewiesen. So zählen zum Beispiel zu diesen Technologien passive und automatisierte Alarmsensoren, die autonom potentielle Gefahren, wie zum Beispiel das Austreten von Gas in der Wohnung, erkennen und intervenieren können. (vgl. Blackman et al. 2016, S. 58)

Die aktuelle dritte Generation geht einen Schritt weiter und kann nicht nur potentielle Gefahren erkennen und richtig agieren, sondern auch mögliche Gefahren durch Sensoren und Aktoren vorbeugen. (vgl. Blackman et al. 2016, S. 58) So kann zum Beispiel ebenfalls eine automatische Übertragung der Vitalwerte von älteren Personen erfolgen, sodass Abweichungen der Werte von der Norm schnell erkannt werden und geeignete Maßnahmen, wie zum Beispiel Erinnerungen an die Medikamenteneinnahme, erfolgen können. (vgl. Thyrolf 2013, S. 15)

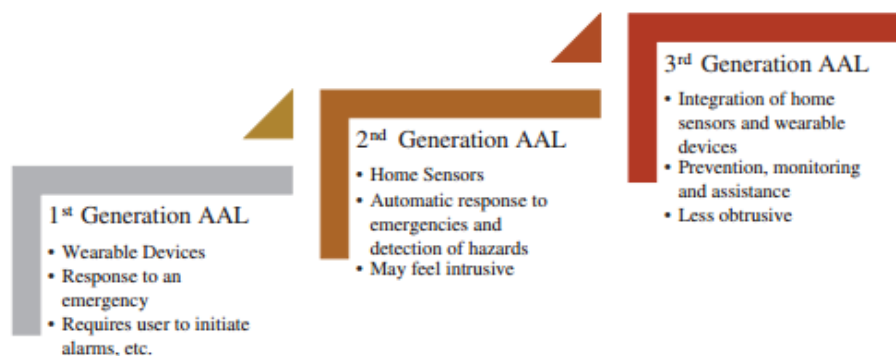


Abbildung 6: Generationen von Ambient Assisted Living

(Quelle: Blackman et al. 2016, S. 57)

2.4.2. Gegenwärtiger Stand

Mittlerweile sind in Europa, im Rahmen des transnationalen Programms AAL-JP, 22 Staaten, zu denen auch Deutschland zählt, an Projekten zur Erforschung von neuen Konzepten und Technologien im Rahmen von AAL beteiligt. (vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung o. J.) Diese Forschungen haben dazu beigetragen, dass im Laufe der Zeit der Forschungsbereich AAL vermehrt technologische und methodische Errungenschaften dazugewinnen konnte. Zu diesen neuen Errungenschaften gehört zum Beispiel die Anwendung *Aladdin*, welches Demenzkranken helfen soll Aufgaben besser zu managen und soziale Kontakte aufrechtzuhalten. Ähnliche Ansätze verfolgen auch die Anwendungen

Rosetta und *Memo-Net*. (vgl. Blackman et al. 2016) Neben Anwendungen wurden auch neue Technologien zur Präsenzerkennung (z. B. „Bad Occupancy Sensor“), zur Erkennung von potenziellen Gefahren (z. B. „Flood Detector“) sowie neue Technologien für die Positionsbestimmung (z. B. „Geo Seeker“) entwickelt. (ebd.) Eine genaue Übersicht über die Technologien kann aus dem Anhang 1 entnommen werden. Diese Übersicht der Technologien und Anwendungen wurde anhand einer Literaturstudie von Blackmann und Kollegen (2012) zusammengetragen.

Die Finanzierungen von den meisten Forschungen und Projekten werden hauptsächlich von VDE/VDI Innovation und Technik GmbH sowie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) übernommen sowie koordiniert. (vgl. Thyrolf 2013, S. 14)

Ebenfalls wird für AAL-Anwendungen und Technologien ein hohes Marktpotenzial die nächsten Jahre prognostiziert. So soll das Marktpotenzial allein für Deutschland auf mehrere Milliarden Euro jährlich belaufen. (vgl. Borrmann 2012, S. 1) Dies wurde auch schon von der GfK im Jahr 2004 prognostiziert. Denn es wurde ausgerechnet, dass wenn die über 50-Jährigen im Jahr 2014, die ein Nettoeinkommen von rund 643 Milliarden Euro besaßen, nur ein Prozent für Assistenzsysteme ausgegeben hätten, so würde das ein Potenzial von 6,43 Milliarden Euro im Jahr ergeben. (vgl. Strese 2010) Die EU-Kommission prognostiziert weiterhin, dass die nächsten Jahre ein Umsatz von 38 Milliarden Euro durch AAL-Anwendungen und Technologien erzielt werden kann. (ebd.)

2.4.3. Anwendungsbereiche

Mit dem Alter ändern sich die Bedürfnisse und Ziele der betroffenen Personen, sodass sich sechs Bedürfniskategorien aufgrund alterskorrelierten Krankheiten und Lebensumständen ableiten lassen können, die durch die Verwendung von AAL-Systeme abgedeckt werden sollen. Zu diesen Bedürfniskategorien zählt laut Thyrolf (2013) der lange Verbleib in den eigenen vier Wänden, der Erhalt und die Förderung der Selbstständigkeit, bessere Lebensqualität und Teilhabe, Erhöhung von Sicherheit und Wohnkomfort, besserer Umgang mit chronischen Erkrankungen sowie Förderung von Mobilität und Kommunikation. Diese Kategorien teilen sich wiederum in vier folgende Anwendungsbereiche: *Gesundheit und Pflege, Sicherheit*

und Privatsphäre, Haushalt und Versorgung sowie Kommunikation und soziales Umfeld ein (siehe Abbildung 7).

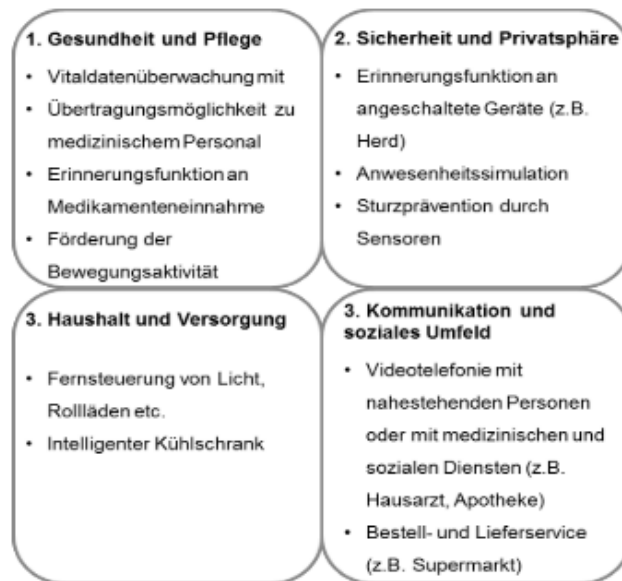


Abbildung 7: Anwendungsbereiche von AAL

(Quelle: Thyrolf 2013, S. 14)

So werden im Bereich *Gesundheit und Pflege* spezielle Systeme und Methoden verwendet, die zum Beispiel durch eine Fernüberwachung es den Angehörigen und Pflegeverantwortlichen ermöglichen die Vitaldaten der älteren Personen zu überwachen und Diagnosen des Zustandes zu erstellen sowie die Rehabilitation der Personen mitverfolgen zu können. (vgl. Thyrolf 2013, S. 14) Hierzu zählen auch die smarten Medikamentenverwaltungssysteme, wie smarte Medikamentendosen, Medikamentendosierer, Medikamentenspender und Aufsätze. (ebd.)

Der Bereich *Sicherheit und Privatsphäre* widmet sich der Zielsetzung, den Personen in den eigenen vier Wänden die bestmögliche Sicherheit zu bieten. Dies kann zum Beispiel in Form von Alarmfunktionen erfolgen, die die Personen von potentiellen Gefahren, zum Beispiel des noch angelassenen Herdes beim Verlassen des Hauses, schützen sollen. (Vgl. Nadhem Kachroudi 2010, S. 14) Zum Schutz der Privatsphäre sollte in den privaten Bereichen auf Kameras und Mikrofone verzichtet werden. (vgl. ebd.)

Die grundlegenden Aufgaben des Bereichs *Haushalt und Versorgung* richten sich tendenziell an die Möglichkeiten zur Erleichterung der Hausarbeit. Diesbezüglich können Staubsauger bzw. Reinigungsroboter eingesetzt werden oder ferngesteuerte und vollautomatische Klimaanlage verwendet werden. (vgl. Nadhem Kachroudi 2010, S. 14) Hauptsächlich befassen sich Forschungen im Rahmen dieser Kategorie mit der Konvergenz und Interoperabilität von bereits vorhandenen Systemen, die zu einer „intelligenten, erweiterbaren und benutzerfreundlichen Struktur“ (ebd.) zusammengesetzt werden, sodass eine bessere Anpassung an die Bedürfnisse der Personen stattfinden kann.

Die sozialen Interaktionen sollen mit der Hilfe des Bereiches *Kommunikation und soziales Umfeld* erleichtert und verbessert werden. Durch den Einsatz von Videotelefonen und anderen Technologien soll die Stärkung der Beziehungen von alleinlebenden älteren Personen weiter gestärkt und ausgebaut werden. (vgl. Nadhem Kachroudi 2010, S. 14; vgl. Thyrolf 2013, S. 14) Ebenfalls kann durch intakte soziale Interaktionen die körperliche und seelische Gesundheit gefördert werden. (vgl. Nadhem Kachroudi 2010, S. 14)

3. Kategorien von Medikamentenverwaltungssystemen

Wissenschaftler beschäftigen sich schon seit Jahren mit dem Thema Adhärenz bei älteren Personen und die Gründe für Non-Adhärenz. So wurden bereits in den späten Achtzigern die ersten elektronischen Geräte zur Messung von Adhärenz erfunden und auf den Markt gebracht. Eines dieser Geräte ist das *Medication Event Monitoring System (MEMS)*. Unter MEMS versteht man kleine Medikamentendosen mit einer Verschlusskappe, die durch die Verwendung eines Mikrocontrollers jede Öffnung der Dose protokollieren können (vgl. van den Boogaard et al., S. 632). So konnte mit MEMS im Jahr 1989 von Cramer et al. (1989) bereits Untersuchungen unter der Verwendung der Medikamentendose angestellt werden, um die Gründe für Non-Adhärenz zu untersuchen. Seitdem gilt MEMS in der Forschung von Adhärenz als der *Goldstandard*. (vgl. van den Boogaard et al. 2011, S. 632). Mittlerweile sind einige smarte Medikamentenverwaltungssysteme in verschiedenen Varianten auf dem Markt gekommen, deren generelle Einteilung in Kategorien vorgenommen wird (siehe Abschnitt 3.1). Diesbezüglich werden die wichtigsten Geräte, die am häufigsten in der Literatur und in den Rezensionen aufgeführt werden, zusammengetragen und näher erläutert. Weiterhin erfolgt eine Bewertung der einzelnen Kategorien nach einem potenziellen Einsatz (siehe Abschnitt 3.2). Diese Bewertung wurde durch Befragungen von Pflegedienstleiter und Pfleger von stationären Pflegeeinrichtungen erhoben.

3.1. Einordnung der Medikamentenverwaltungssysteme in Kategorien

3.1.1. Smarte Medikamentenspender

Die smarten Medikamentenspender zeichnen sich dadurch aus, dass die Ausgabe der Medikamente durch eine Vorrichtung erfolgt, wodurch nur eine bestimmte Anzahl an Medikamente ausgegeben werden. Kennzeichnend für smarte Medikamentenspender ist auch, dass durch deren Verwendung eine falsche Medikamenteneinnahme verhindert werden kann, da die meisten Medikamentenspender die Ausgabe der Medikamente regulieren und nur die Medikamente ausgegeben werden, die Eingenommen werden müssen.

Hero

Hero ist ein smarter Medikamentenspender, der von *HERO Health LLC* entwickelt und für einen Preis von 599 Dollar vertrieben wird. *Hero* ist ein Medikamentenspender, der einen Monatsvorrat von 10 verschiedenen Medikamenten beherbergen kann. Die jeweiligen Medikamente, die eingenommen werden müssen, werden von *Hero* verwaltet und automatisch dem jeweiligen Zeitpunkt zugeordnet, sodass eine Über- oder Unterdosierung bzw. die Einnahme von falschen Medikamenten verhindert wird. Weiterhin wird von dem System eine Medikamentenknappheit durch die Verwendung von Sensoren verhindert, die die vorhandenen Medikamente zählen und bei einer Knappheit eine Nachbestellung bei Amazon tätigen können. (Vgl. HERO Health LLC 2016)



Abbildung 8: Hero Medikamentenspender

(Quelle: HERO Health LLC 2016)

uBox

Der Medikamentenspender *uBox* wurde im Jahr 2007 von *Goutam Reddy* und *Sara Cinnamon* entwickelt, um Tuberkulose erkrankten Menschen in Indien und anderen Entwicklungsländern zu Helfen. (vgl. Abiogenix 2016b) Der Medikamentenspender kann einen Wochenvorrat von 14 verschiedenen Medikamenten beherbergen. Um das Produkt zu erwerben, muss man einen Vertrag von einer Laufzeit von 6 Monaten zu einem Preis von 25 Dollar im Monat abschließen. Neben dem Produkt beinhaltet der Vertrag noch weitere Leistungen: Wie einen technischen Support, kostenlose Upgrades und vieles mehr. (Abiogenix 2016a)



Abbildung 9: My uBox Medikamentenspender

(Quelle: Abiogenix 2016a)

Dr. Poket

Dr. Poket ist ein smarter Medikamentenspender, der erstmalig von dem polnischen Unternehmen *Dr. Poket Sp. z o.o.* auf Kickstarter vorgestellt wurde. Mittlerweile kann man *Dr. Poket* auf der Firmenseite getthepillbox.com für einen Preis von 499 Dollar bestellen. Die Standardversion des Produktes kommt mit der Zentrale, die für die Verwaltung der Medikamente zuständig ist, sowie drei einzelnen Medikamentenspender, die durch die modulare Bauweise auf acht erweitert werden kann. (Vgl. *dr Poket Sp. z o.o.* o. J.)

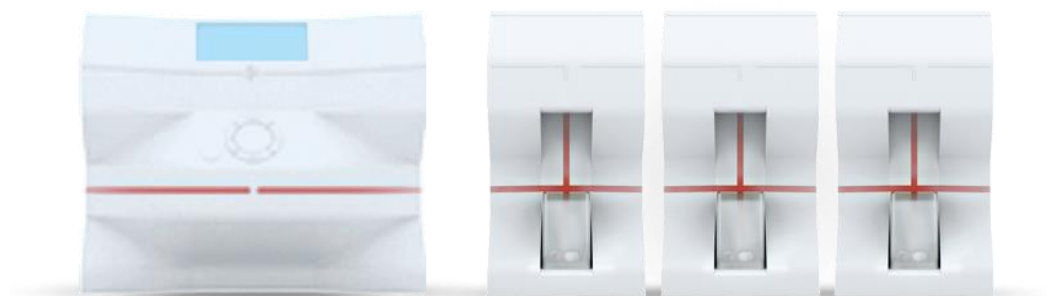


Abbildung 10: Dr. Poket Medikamentenspender

(Quelle: *dr Poket Sp. z o.o.* o. J.)

3.1.2. Smarte Medikamentendosen

Zu der Gruppe der smarten Medikamentendosen gehören die Medikamentendosen, die den normalen Medikamentendosen in der Form ähneln und mit einem Mikrocontroller und einer Batterie bzw. Akku ausgestattet sind, sodass eine Autonomie und Portabilität gewährleistet ist.

SMRxT

Das in New York ansässige Unternehmen *SMRXT INC* entwickelte die smarte Medikamentendose *SMRxT*. Diese hat im Fundament einen eingebauten Gewichtssensor, der messen kann wann und in welcher Menge eine Medikamentenentnahme erfolgte. Die Medikamentendose hat keine Erinnerungsmechanismen, die die Personen durch das Aufleuchten von LEDs oder akustischen Signalen an die Einnahme erinnert und wird hauptsächlich zur Messung von Adhärenz verwendet. (Vgl. SMRXT INC 2015)



Abbildung 11: SMRxT Medikamentendose
(Quelle: SMRXT INC 2015)

Adherence Pill Bottle

Die smarte Medikamentendose *Adherence Pill Bottle* wurde von dem in New York ansässigen Unternehmen *AdhereTech* entwickelt. Die Benachrichtigungen zur Einnahme von Medikamenten erfolgt durch ein Aufleuchten der an der Dose angebrachten LEDs und bei Bedarf durch einen automatischen Anruf oder durch das Versenden von einer Textnachricht. Durch eingebaute Sensoren kann die Dose

mitverfolgen wann eine Öffnung und in welcher Menge eine Medikamentenentnahme stattfand. (Vgl. AdhereTech Inc. 2015)



Abbildung 12: Adherence Pill Bottle Medikamentendose

(Quelle: AdhereTech Inc. 2015)

ROUND Refill

ROUND Refill ist eine smarte Medikamentendose, die von *Circadian Design* entwickelt wurde. Die smarte Medikamentendose ist Lichtresistent und recyclebar. Weiterhin beinhaltet die Dose eine eingebaute Batterie, ein Bluetooth BLE 4.0 Modul, welches eine Kommunikation mit Bluetooth Geräten gewährleistet und einem 3-Axis Accelerometer. Die Verwaltung der Medikamente erfolgt durch eine App, die im Apple Store runtergeladen werden kann. (Vgl. Circadian Design 2016)



Abbildung 13: ROUND Refill Medikamentendose

(Quelle: Circadian Design 2016)

3.1.3. Smarte Medikamentendosierer

Zu der Gruppe der smarten Medikamentendosierer, oder auch Medikamentenboxen genannt, gehören Geräte an, die die Verwaltung der Medikamente durch einzelne Boxen unterstützen, die die Einnahmezeitpunkte repräsentieren. Zu der Gruppe der smarten Medikamentendosierer zählen z.B. die Geräte, die die Kammern nur öffnen, wenn der Einnahmezeitpunkt gekommen ist bzw. durch Sensoren eine Zählung der Medikamente vornehmen können.

Medminder Jon

Der smarte Medikamentendosierer *Medminder Jon* wurde von dem gleichnamigem amerikanischen Unternehmen *Medminder* entwickelt. Der Medikamentendosierer kann über die Webseite Medminder.com in der Form eines Vertrags für 64,99 Dollar im Monat bestellt werden. Medminder bietet vier Versionen zum Verkauf an: *Jon*, *Jon + Alert*, *Maya* und *Maya + Alert*. Die *Jon*-Versionen haben im Vergleich zu der *Maya*-Version einen Schließmechanismus, der verhindert, dass die falschen Medikamentenboxen geöffnet werden. Die *Jon + Alert* und *Maya + Alert* Medikamentenboxen bieten zusätzlich noch einen Notrufknopf in Form einer Halskette oder eines Armbandes an. Die Medikamentenbox besteht aus 28 Boxen und kann somit einen vier Wochenvorrat von verschiedenen Medikamenten beherbergen. Die Medikamentenbox kann über die Webseite konfiguriert werden. Als Erinnerungsmechanismen werden die Benutzer durch das Aufleuchten der jeweiligen Kammer an die Einnahme erinnert und wenn die Einnahme nicht erfolgte, dann erklingt nach 30 Minuten ein akustisches Signal. Wenn das akustische Signal ebenfalls nicht bemerkt wurde, so kann die Medikamentenbox, durch die Verwendung des Cellular Moduls, einen Erinnerungsanruf tätigen. (Vgl. Medminder o. J.)



Abbildung 14: Medminder Jon Medikamentenbox

(Quelle: Medminder o. J.)

MedSignals Pill Case/Monitor

Der *Pill Case/Monitor* besteht aus vier Medikamentenboxen, die eine Kapazität von bis zu 70 Aspirin Pillen von 325mg beherbergen können. Erinnerungen erfolgen über das Aufleuchten der jeweiligen Kammer, einem akustischen Signal in Form einer Durchsage oder ertönen eines Tons. Weiterhin kann ein Erinnerungsanruf durch den eingebauten Cellular-Chip erfolgen. (Vgl. MedSignals / VitalSignals LLC 2014)



Abbildung 15: MedSignals Pill Case/Monitor Medikamentenbox

(Quelle: MedSignals / VitalSignals LLC 2014)

Pillbox by Tricella

Die *Pillbox by Tricella* wurde im Jahr 2014 von dem namensgebenden Unternehmen *Tricella* auf den Markt gebracht. Die Medikamentenbox kann in dem online Shop von *Tricella* für 74,99 Dollar erworben werden. Der Medikamentendosierer besteht standardmäßig aus sieben Medikamentenkammern. *Tricella* verzichtet auf akustische oder visuelle Erinnerungssignale und erinnert die Benutzer lediglich über Benachrichtigungen auf dem Smartphone über die Einnahme. Das aktive Verhindern von Falscheinnahmen durch das Sperren von falschen Medikamentenkammern, wie es bei *Medminder Jon* der Fall ist, erfolgt bei *Tricella* nicht. Hier bekommen lediglich die Bezugspersonen eine Nachricht, wenn eine falsche Kammer geöffnet wurde, aber das aktive Verhindern von dem Öffnen der falschen Kammer findet nicht statt. (Vgl. Tricella Inc. 2015)



Abbildung 16: Pillbox by Tricella Medikamentenbox

(Quelle: Tricella Inc. 2015)

3.1.4. Smarte Aufsätze

Weiterhin gibt es auch neben den smarten Medikamentendosierern, Medikamentendosen und Medikamentenspendern, smarte Aufsätze. Die smarten Aufsätze sind Erweiterungen, die auf bereits bestehende Produkte angebracht werden können und durch die Verwendung von einem Mikrocontroller und Akkus bzw. Batterien autonom agieren können.

iRemember

Der smarte Medikamentendeckel *iRemember* ist ein smarterer Deckel, der auf bereits bestehende Medikamentendosen angebracht werden kann und bei Amazon für 35 Dollar erhältlich ist. Der Deckel benötigt keine App oder Homepage zum Einrichten der Medikamente, sondern kann direkt am Deckel konfiguriert werden. Die

Erinnerung kann über eine akustische Durchsage oder das Aufleuchten von den am Deckel angebrachten LEDs erfolgen. Zusätzlich können die Benutzer von *iRemember* einen an der Dose angebrachten Knopf betätigen, um den letzten Einnahmestand zu erfragen. (Vgl. WEALTHTAXI o. J.)



Abbildung 17: iRemember Aufsatz

(Quelle: WEALTHTAXI o. J.)

GlowCap

Ein weiterer smarter Aufsatz, neben *iRemember*, ist *GlowCap*. Die Erinnerungsbenachrichtigungen von *GlowCap* erfolgen über einen Stecker-Aufsatz, der bei der Fälligkeit der Medikamenteneinnahme die Personen über ein Aufleuchten, ertönen eines akustischen Signals oder durch einen direkten Anruf benachrichtigt. Unterhalb der Dose befindet sich ein Knopf, der betätigt werden kann, wenn eine Nachbestellung der Medikamente erfolgen soll.



Abbildung 18: GlowCap Aufsatz

(Quelle: glowcaps.com 2016)

3.2. Bewertung der Kategorien nach Einsatzpotenzial

Während den durchgeführten Befragungen mit den einzelnen Pflegedienstleitern und Pflegern von stationären Pflegeeinrichtungen wurden den Interviewpartnern bereits auf dem Markt erhältliche smarte Medikamentenverwaltungssysteme vorgestellt und gebeten diese nach einer potenziellen Einsatzbereitschaft einzuordnen. Keiner der Befragten Personen kamen bereits in Kontakt mit einem smarten Medikamentenverwaltungssystem. So stellte sich heraus, dass alle fünf Interviewpartner den Medikamentendosierer bevorzugten. Dies resultiert unter anderem daraus, dass dies bei den Pflegern die bekannteste Variante darstellte, die ebenfalls laut einzelnen Aussagen eine bessere Übersicht und Kontrolle über die Medikation aufwies. Auf dem zweiten Rang wurde der Medikamentenspender eingeordnet, da bei diesem ebenfalls ein hohes Potenzial zugeordnet werden konnte, dies jedoch den Interviewpartner noch als recht Unbekannt im Vergleich zu dem Medikamentendosierer vorkam. Auf dem dritten Rang wurde die Medikamentendose eingeordnet, mit der Begründung, dass die Personen kognitiv in der Lage sein müssten eine Dose zu öffnen und sich hierfür die anderen Kategorien eher als vorteilhaft erweisen. Den letzten Rang belegten die smarten Aufsätze. Es wurden ebenfalls Doppelnennungen in die Rangliste aufgenommen, da Interviewpartner zwei Kategorien einer Rangliste zugeordnet hatten. Die Rangliste kann aus der Abbildung 19 entnommen werden.

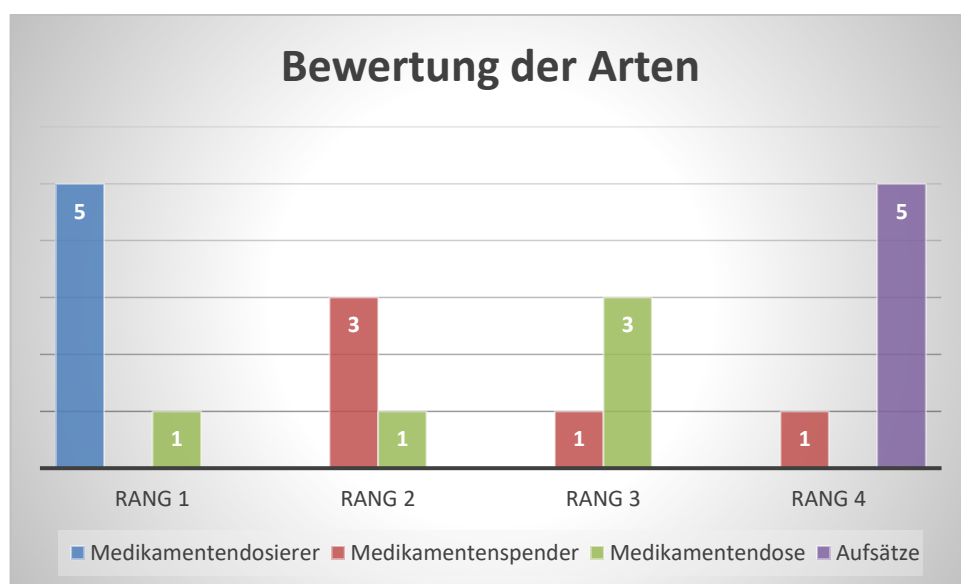


Abbildung 19: Rangliste der Arten

(Quelle: Befragungen von Pflegern und Pflegedienstleiter von stationären Pflegeeinrichtungen)

4. Konzeption und Entwicklung des smarten Medikamentenverwaltungssystems

Dieses Kapitel behandelt die Entstehung des smarten Medikamentenverwaltungssystems. Diesbezüglich wird auf den kompletten Entwicklungsprozess eingegangen und aufgezeigt, wie von der Anforderungsanalyse bis zur Erstellung der Hard- und Software vorgegangen wurde. Als Produktentwicklungsprozess wurde ein Prozess in Anlehnung an Verwon und Herstatt konzipiert und umgesetzt. Dieses gliedert sich in vier Schritte, die wiederum in einzelne Unterprozesse gegliedert sind (siehe Abbildung 20).

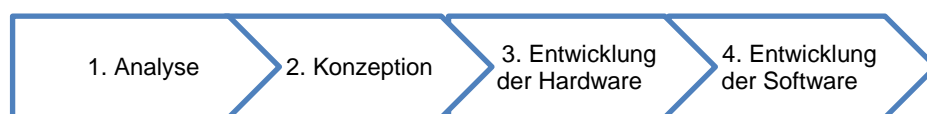


Abbildung 20: Produktentwicklungsphasen

(Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Herstatt und Verwon 2007, S. 3–19)

Diese fünf Phasen *Analyse*, *Konzeption*, *Entwicklung der Hardware* sowie *Entwicklung der Software* gliedern sich wiederum in die folgenden Unterphasen:

Analysephase

In der Analysephase fand die grundlegende Anforderungsanalyse an das Medikamentenverwaltungssystem statt. Es wurden Befragungen mit Pflegefachkräften von stationären Einrichtungen vorbereitet und durchgeführt. Ziel dieser Phase war es von den Pflegefachkräften einen Einblick zur Adhärenz und Non-Adhärenz von älteren Personen zu bekommen. Die komplette Analysephase wird im Abschnitt 4.1 behandelt.

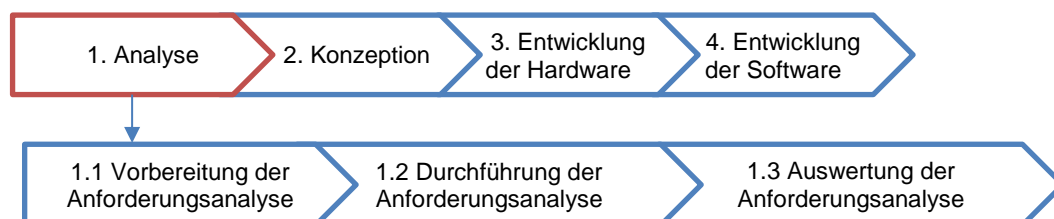


Abbildung 21: Unterphasen von Analysephase

(Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Herstatt und Verwon 2007, S. 3–19)

Konzeptionsphase

In der Konzeptionsphase, die im Abschnitt 0 behandelt wird, wurden Konzepte für die definierten Anforderungen aus der Analysephase umgesetzt. Diesbezüglich wurden zwei Konzepte für die Kategorien erstellt, die laut den Pflegefachkräften ein hohes Einsatzpotential bei älteren Personen aufweisen (siehe Abschnitt 3.2). Anschließend fand ein Vergleich und Bewertung der zwei Konzepte statt, sodass am Ende ein Konzept ausgewählt wurde, welches die meisten Anforderungen erfüllt.

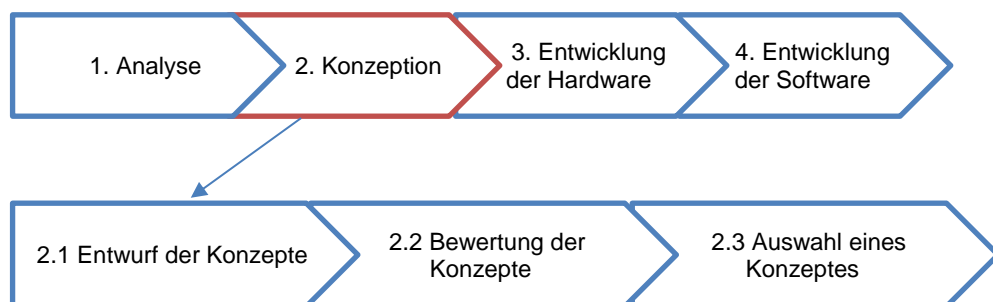


Abbildung 22: Unterphasen von der Konzeptionsphase

(Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Herstatt und Verworn 2007, S. 3–19)

Entwicklung der Hardware

Nachdem ein Konzept festgelegt wurde, welches umgesetzt werden sollte, wurde die Hardware für das smarte Medikamentenverwaltungssystem erstellt (siehe Abschnitt 4.3). Hier wurde zu Beginn des Prozesses ein Prototyp aus Kartons erstellt, der zum Testen der Usability herangezogen wurde. Im Anschluss fand die Erstellung des finalen Grundgerüsts und der Einbau der Elektronik statt.

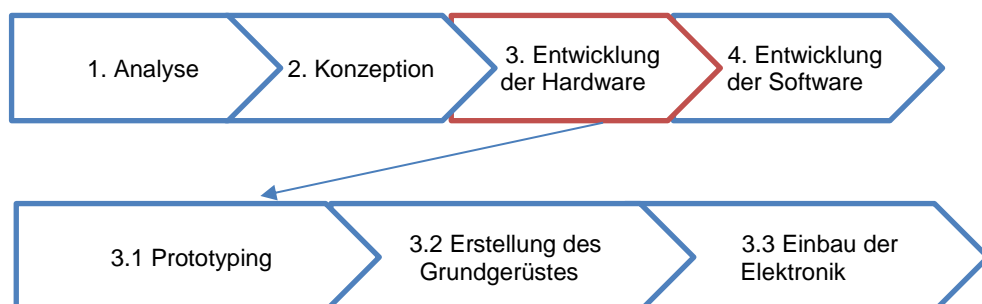


Abbildung 23: Unterphasen von Entwicklung der Hardware

(Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Herstatt und Verworn 2007, S. 3–19)

Entwicklung der Software

Neben dem physischen Medikamentenspender, wurde weiterhin die Software zum Ansteuern der einzelnen Bestandteile entwickelt sowie eine Webanwendung, die für die Verwaltung der Medikamente von den Benutzern in Anspruch genommen werden soll (siehe Abschnitt 4.4).

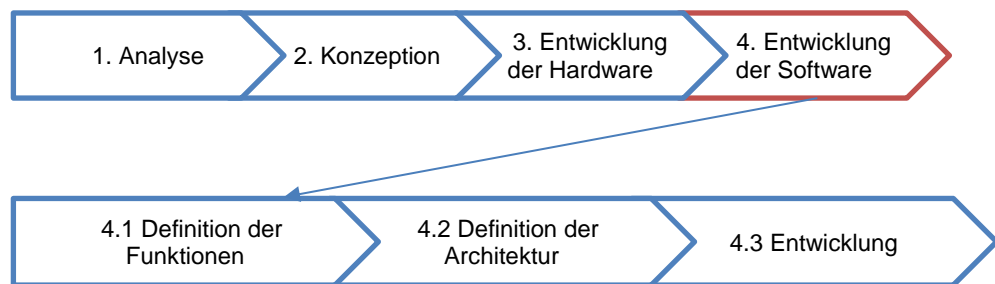


Abbildung 24: Unterphasen von Entwicklung der Software

(Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Herstatt und Verworn 2007, S. 3–19)

Diese vier Phasen und die einzelnen Unterphasen werden in den nächsten Kapiteln ausführlich erläutert.

4.1. Analysephase

4.1.1. Vorbereitung der Anforderungsanalyse

Bevor die Anforderungsanalyse stattgefunden hat, wurden Fragebögen zur Befragung von Altenpflegern erstellt, um herauszufinden wie der stationäre Alltag der Pfleger sich bei der Verwaltung und Ausgabe der Medikamente gestaltet und welchen Herausforderungen die Bewohner der Einrichtungen bei der Einnahme und Verwaltung der Medikamente ausgesetzt sind. Die Fragebögen können aus dem Anhang 2 entnommen werden.

4.1.2. Durchführung der Anforderungsanalyse

Die Befragungen wurden mit den Pflegedienstleitern und zum Teil auch mit examinieren Pflegefachkräften durchgeführt. Bei der Befragung mussten die Interviewpartner unter anderem bereits festgelegte Anforderungen, wie zum Beispiel das Erhalten einer Benachrichtigungs-Email bei Vergessen von Medikamenten, nach dem Einsatzpotenzial bewerten. Weiterhin wurde den Interviewpartnern die Möglichkeit gegeben offene Anforderungen an ein Medikamentenverwaltungssystem zu definieren.

4.1.3. Auswertung der Anforderungsanalyse

Es stellte sich bei der Auswertung der Anforderungsanalyse heraus, dass akustische Benachrichtigungsfunktionen bevorzugt wurden. Ebenfalls, dass Medikamente in der richtigen Menge und zu den festgelegten Zeiten ausgegeben werden müssen sowie das Belohnungssysteme sich bei älteren Personen, aufgrund von einer möglichen Bevormundung, nicht etablieren würden.

Die Tabelle 1 beschreibt alle Anforderungen, die im Rahmen der Befragungen mit den Pflegedienstleitern und Pflegern von stationären Pflegeeinrichtungen erhoben wurden.

Tabelle 1: Anforderungen der Pflegeverantwortlichen an ein smartes Medikamentenverwaltungssystem

Anforderungen des Pflegepersonals	
Anf. Nr.	Anforderung
F-01	Medikamente nur zu den festgelegten Zeiten freigeben.
F-02	Medikamente nur in der richtigen Dosierung freigeben.
F-03	Benachrichtigungsfunktionen bei Knappheit.
F-04	Mobile Variante (z. B. dass man beim Medikamentendosierer die einzelnen Boxen für die Tage abnehmen kann).
F-05	Es müsste flexible sein. Wenn der Arzt etwas verändert, dann muss es auch in dem System mitübernommen werden.
F-06	Bezugspersonen werden Benachrichtigt, wenn eine wichtige Medikamenteneinnahme ausgelassen wurde.
F-07	Die Erinnerung an die Medikamenteneinnahme sowie Einnahmeinformationen soll über eine akustische Ausgabe erfolgen.
F-08	Das System soll in der Lage sein automatisch Medikamente nachzubestellen, wenn ein bestimmter festgelegter eiserner Bestand erreicht wurde.
F-09	Übersicht des Medikamenteneinnahmeplans.

Legende: **F** = Funktionale Anforderungen, **NF** = Nichtfunktionale Anforderungen

4.2. Konzeptionsphase

Da die meisten Interviewpartner einen Medikamentendosierer bevorzugten, aber als Anforderung angaben, dass die Medikamente in der richtigen Dosierung und zu dem richtigen Zeitpunkt ausgegeben werden sollten - wozu nur der Medikamentendosierer in der Lage ist -, entstanden nicht kongruente und widersprüchliche Aussagen. Aufgrund dessen wurde anhand von den Bewertungen der Interviewpartner für den ersten Rang und den zweiten Rang ein Konzept erstellt (siehe Abschnitt 4.2.1), dessen mögliche Funktionalitäten mit den herausgeleiteten Anforderungen aus den Befragungen verglichen wurden (siehe Abschnitt 4.2.2). Durch diese Vorgehensweise soll gewährleistet werden, dass das richtige System mit den gewünschten Anforderungen erstellt wird.

4.2.1. Entwurf der Konzepte

Konzept 1: Smarter Medikamentenspender

Das erste Konzept ist ein smarter Medikamentenspender, bei dem die Medikamente mit der Hilfe von separaten Medikamentendosen verwaltet werden (siehe Abbildung 25). So erfolgt die Verwaltung nach den Medikamenten, die das System zu den jeweiligen Einnahmezeitpunkten automatisch in einer festgelegten Menge ausgibt. Dadurch kann gewährleistet werden, dass eine Über- bzw. Unterdosierung verhindert werden kann.

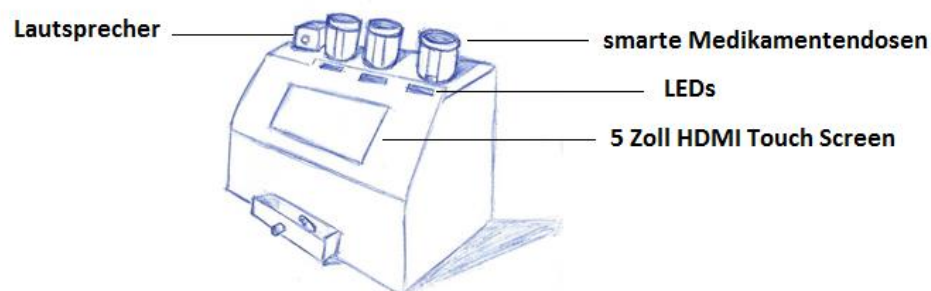


Abbildung 25: Smarter Medikamentenspender

(Quelle: Eigene Skizze)

Der smarte Medikamentenspender besteht aus dem Medikamentenspender und den Medikamentendosen. An dem Medikamentenspender ist an der oberen Seite ein 5 Zoll HDMI TFT Touch Screen angebracht, auf der rechten Seite ein USB-Hub sowie ein Lautsprecher und unterhalb des Medikamentenspenders befindet sich ein Hall-Sensor, der immer den aktuellen Stand der unteren Entnahmebox bestimmen kann. Die genauen Beschreibungen der einzelnen Bestandteile können aus der Tabelle 2 entnommen werden

Tabelle 2: Bestandteile des smarten Medikamentenspenders

Bestandteile des smarten Medikamentenspenders	
Hall-Sensor	
Medikamentenspenders befindet sich ein Hall-Sensor, der immer den aktuellen Stand der unteren Entnahmebox bestimmen kann. Der Hall-Sensor ist in der Lage, die an der Entnahmebox angebrachten Magneten, aufzuspüren.	
Lautsprecher	
Der integrierte Lautsprecher wird verwendet, um die Medikamenteninformationen (wie z. B. Einnahmearten) akustisch wiederzugeben bzw. über ein akustisches Signal die Benutzer an die Medikamenteneinnahme zu erinnern.	
5 Zoll HDMI TFT Touch Screen	
Oberhalb des Medikamentenspenders befindet sich ein Touch Screen, der verwendet wird um zusätzlich visuelle Informationen darstellen zu können, z. B. Hilfestellungen bei der Medikamenteneinnahme, sondern auch um die Medikamente in das System einzupflegen.	
Medikamentendosen	
Bei den separaten Medikamentendosen handelt es sich um Medikamentendosen, die mit einem Servo-Motor ausgestattet sind. Die Medikamentendosen haben eine Aushöhlung an der frontalen Seite, in die Medikamente übereinandergelegt werden können. Die Medikamentendose muss daraufhin nur auf den Sockel gesteckt werden und mit dem Medikamentenspender angeschlossen. Wenn ein Medikamenteneinnahmezeitpunkt gekommen ist, dann wird der Servo-Motor in der Medikamentendose gedreht und das jeweilige Medikament ausgegeben.	

Konzept 2: Smarter Medikamentendosierer

Das zweite Konzept ist ein smarter Medikamentendosierer, der aus 7 einzelnen Kammern besteht, in die die Medikamente für die jeweiligen Wochentage manuell dosiert werden müssen (siehe Abbildung 26). So zeichnet sich der Medikamentendosierer dadurch aus, dass die Medikamentenverwaltung nach den einzelnen Wochentagen erfolgt und nicht nach den einzelnen Medikamenten, wie es bei dem Medikamentenspender der Fall ist. Dies hat den Vorteil, dass dadurch eine Übersichtlichkeit gewährleistet ist und man direkt sehen kann welche Medikamente an welchem Wochentag eingenommen werden müssen.

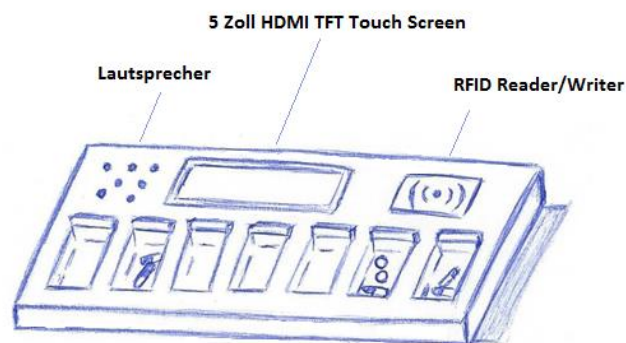


Abbildung 26: Konzept 2: Smarter Medikamentendosierer

(Quelle: Eigene Skizze)

Der Medikamentendosierer hat einen 5 Zoll HDMI TFT Touch Screen und einen Lautsprecher. Weiterhin ist in jeder Box ein Magnet-Sensor sowie Servo-Motor angebracht. Die genauen Beschreibungen der einzelnen Bestandteile können der Tabelle 3 entnommen werden.

Tabelle 3: Konzept 2: Bestandteile des Smarten Medikamentendosierers

Bestandteile des smarten Medikamentendosierers	
Lautsprecher	Der integrierte Lautsprecher wird verwendet, um die Medikamenteninformationen (wie z. B. Einnahmearten) akustisch wiederzugeben bzw. über ein akustisches Signal die Benutzer an die Medikamenteneinnahme zu erinnern.
5 Zoll HDMI TFT Touch Screen	Oberhalb des Medikamentenspenders befindet sich ein Touch Screen, der verwendet wird um zusätzlich visuelle Informationen darstellen zu können, z. B. Hilfestellungen bei der Medikamenteneinnahme, sondern auch um die Medikamente in das System einzupflegen.
Medikamentenkammer	In den einzelnen Medikamentenkammern sind Servo-Motoren angebracht, die dafür zuständig sind die Kammern nur zu den jeweiligen Einnahmezeitpunkten zu öffnen. Weiterhin befindet sich ein Magnetsensor in jeder Kammer, der feststellen kann ob und wann eine Kammer geöffnet wurde.

4.2.2. Bewertung und Auswahl der Konzepte

In diesem Abschnitt findet ein Vergleich der Kategorien, die auf dem ersten und zweiten Rang von den Interviewpartnern eingeordnet wurden, mit den herausgeleiteten Anforderungen aus den Befragungen statt.

Die Begründungen zu den Bewertungen erschließen sich folgendermaßen:

- **Medikamente nur zu den festgelegten Zeiten freigeben:** Die erste Anforderung, dass Medikamente nur zu den festgelegten Zeiten freigegeben werden, erfüllen beide Varianten. Bei dem Medikamentenspender würden die einzelnen Medikamente bei dem Medikamenteneinnahmezeitpunkt ausgegeben und beim Medikamentendosierer öffnet sich nur die jeweilige Klappe des jeweiligen Einnahmezeitpunktes.
- **Medikamente nur in der richtigen Dosierung freigeben:** Die richtige Dosierung der Medikamente erweist sich wiederum bei einem Medikamentendosierer als erschwerend, da die Medikamente von den Personen selber verwaltet werden müssen und so die Personen in der Lage sein müssen die Medikamente richtig einzuordnen. Hier bietet ein Medikamentenspender einen enormen Vorteil, da hier die Dosierung von

dem System übernommen wird und die Personen die Medikamente nur in die richtigen Kammern einsortieren müssen.

- **Benachrichtigungsfunktion bei Knappheit:** Eine Benachrichtigungsfunktion bei Knappheit könnte generell bei beiden Varianten umgesetzt werden, erweist sich jedoch bei einem Medikamentenspender als einfacher und effizienter umsetzbar. Dies liegt daran, dass der Medikamentenspender die einzelnen Medikamente durch Lichtschranken und Abstandssensoren genauer berechnen kann, als im Vergleich zu einem Dosierer. Bei einem Dosierer könnten Gewichtssensoren in Erwägung gezogen werden. Dies erweist sich aber bei einem Medikamentendosierer mit 28 Boxen als zu teuer für jede Box einen Gewichtssensor anzubringen.
- **Mobile Variante:** Diese Anforderung kann von beiden Kategorien umgesetzt werden. Bei dem smarten Medikamentenspender können die einzelnen Medikamentendosen mitgenommen werden und bei dem smarten Medikamentendosierer können die einzelnen Boxen autark gestaltet werden und eignen sich dadurch ebenfalls als eine mobile Variante.
- **Die Medikation sollte flexibel geändert werden können:** Bei einem Medikamentenspender könnte die Medikation einfach geregelt werden, da die Verwaltung nach den einzelnen Medikamenten erfolgt und das System die Dosierung übernimmt. Hingegen bei einem Medikamentendosierer erfolgt die Dosierung primär durch die Anwender und wenn bereits eine Dosierung und Einteilung der Medikamente erfolgte, so ist es im späterem Verlauf unmöglich dies flexibel zu ändern, da die Anwender dann die einzelnen Medikamente der Boxen eigenständig neu sortieren müssten.
- **Bezugspersonen werden Benachrichtigt, wenn eine wichtige Medikation ausgelassen wurde:** Diese Anforderung kann von beiden Varianten erfüllt werden. Bei dem Medikamentendosierer können Sensoren mitverfolgen, ob und wann die Boxen geöffnet wurden und beim Medikamentenspender kann dies mit Distanzsensoren erfolgen, die überprüfen wann und ob ein Behälter

unter die Ausgabeklappe gestellt wurde, sodass Medikamente richtig entnommen werden konnten.

- **Akustische Durchsagen:** Akustische Ausgaben können unabhängig von der Variante gleichermaßen umgesetzt werden.
- **Automatisch nachbestellen von Medikamenten, bei einem bestimmten eisernen Bestand:** Das Nachbestellen von Medikamenten bei einem bestimmten Bestand erweist sich bei dem Medikamentenspender als effizienter umsetzbar, da durch Distanzsensoren und Lichtschranken der aktuelle Stand der Medikamente bestimmt werden kann. Bei einem Medikamentendosierer wiederum kann dies nur anhand von Gewichtssensoren erfolgen, die unter jeder Box angebracht werden müssen und genauer überwachen ob die Medikamente tatsächlich entnommen wurden.
- **Übersicht über die Medikation:** Die Übersicht über die Medikation kann bei beiden Varianten zum Beispiel durch einen angebrachten Bildschirm erfolgen.

Der Medikamentendosierer konnte nur 6 von den 9 Anforderungen erfüllen, wohingegen der Medikamentenspender alle Anforderungen erfüllt. Demzufolge erweist sich der Medikamentenspender als die bessere Variante, um die genannten Anforderungen richtig umsetzen zu können.

4.3. Entwicklung der Hardware

4.3.1. Prototyping

Als nach der Anforderungs- und Konzeptphase der Entwurf des smarten Medikamentenspenders feststand, wurde im Anschluss mit Kartons ein erster Prototyp (siehe Abbildung 27) erstellt, der dazu dienen sollte die Benutzerfreundlichkeit zu erproben sowie einzelne Funktionen, wie das Ausgeben der Medikamente, bereits testen zu können. Dadurch konnten vor der richtigen Konstruktionsphase bereits Anpassungen vorgenommen werden.



Abbildung 27: Prototyp aus Karton

(Quelle: Eigene Grafik)

So konnte nach der Prototypphase schnell festgestellt werden, dass der Bildschirm in einem 45 Grad Winkel angebracht werden musste und eine 90 Grad Befestigung des Bildschirms das tippen an dem Touchscreen sowie die Sicht stark beeinträchtigt.

4.3.2. Konstruktion

Im Anschluss an die Prototypphase wurde das Gehäuse aus Holz angefertigt (siehe Abbildung 28) mit drei frontalen Aushöhlungen für LEDs, Löcher für die Medikamentenausgabe unter den Sockeln, eine Aushöhlung für den Bildschirm ebenfalls eine für die Medikamentenausgabebox unterhalb des Medikamentenspenders sowie für den RFID-Reader an der linken Seite. Aus zeitlichen Gründen wurde der RFID-Reader nicht eingebaut.



Abbildung 28: Gehäuse aus Holz

(Quelle: Eigene Grafik)

Im Anschluss kam eine Verkleidung aus schwarzem Schaumstoff auf das Holzgehäuse sowie einem schwarzen Klebeband zur Abdeckung der Schrauben (siehe Abbildung 29)



Abbildung 29: Medikamentenspender mit Schaumstoffverkleidung

(Quelle: Eigene Grafik)

An der oberen Seite befinden sich drei Sockel für die Medikamentenboxen, die aus den Deckeln von den Medikamentendosen angefertigt wurden (siehe Abbildung 30). An der rechten Seite wurde jeweils ein Loch in den Medikamentendeckel geschnitten, sodass die Medikamente, die aus den Medikamentendosen kommen, runterfallen können.



Abbildung 30: Sockel für die Medikamentendosen

(Quelle: Eigene Grafik)

Die smarten Medikamentendosen sind 65 ml Kunststoffdosen (siehe Abbildung 31), in die ein Servo-Motor eingebaut wurde, der einen Kreisel mit einem Loch in der jeweiligen Medikamentengröße dreht, sodass das jeweilige Medikament in das Loch des Kreisels fällt und dann bis zu dem Ausgabeloch an der Dose geschoben wird. Die Medikamente fallen dann aus dem Ausgabeloch in den Schacht des Medikamentenspenders. An der frontalen Seite des Medikamentenspenders befindet sich eine Plastiktür, die mit einem Klettverschluss befestigt wurde und für das Beladen der Medikamente geöffnet werden kann.



Abbildung 31: Smarte Medikamentendose

(Quelle: Eigene Grafik)

4.3.3. Einbau der Bestandteile und Elektronik

4.3.3.1. Verwendete Bestandteile

Raspberry Pi

Der Raspberry Pi ist das Herzstück des smarten Medikamentenspenders. Der Raspberry Pi wird verwendet, um die Servo-Motoren anzusteuern, die LEDs an- und auszuschalten, die Werte von dem Hall-Sensor auszulesen und er dient ebenfalls als ein Server, auf dem openHAB sowie die SmartMedicine-Webapp läuft.

Verwendet wird die Version 3 Model B, die im Februar 2016 rauskam. Im Vergleich zu der zweiten Generation besitzt die dritte Generation bereits On-Board 802.11n Wireless LAN, Bluetooth 4.1 sowie Bluetooth Low Energy (BLE) und weist einen 1.2GHz 64-bit quad-core ARMv8 Prozessor und 1 GB RAM auf (Brian Benchoff 2016).

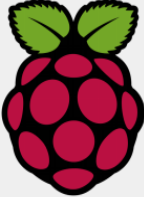
	Raspberry Pi 3 Model B	Raspberry Pi Zero	Raspberry Pi 2 Model B	Raspberry Pi Model B+
Introduction Date	2/29/2016	11/25/2015	2/2/2015	7/14/2014
SoC	BCM2837	BCM2835	BCM2836	BCM2835
CPU	Quad Cortex A53 @ 1.2GHz	ARM11 @ 1GHz	Quad Cortex A7 @ 900MHz	ARM11 @ 700MHz
Instruction set	ARMv8-A	ARMv6	ARMv7-A	ARMv6
GPU	400MHz VideoCore IV	250MHz VideoCore IV	250MHz VideoCore IV	250MHz VideoCore IV
RAM	1GB SDRAM	512 MB SDRAM	1GB SDRAM	512MB SDRAM
Storage	micro-SD	micro-SD	micro-SD	micro-SD
Ethernet	10/100	none	10/100	10/100
Wireless	802.11n / Bluetooth 4.0	none	none	none
Video Output	HDMI / Composite	HDMI / Composite	HDMI / Composite	HDMI / Composite
Audio Output	HDMI / Headphone	HDMI	HDMI / Headphone	HDMI / Headphone
GPIO	40	40	40	40
Price	\$35	\$5	\$35	\$35

Abbildung 32: Raspberry Pi Spezifikationen

(Quelle: Brian Benchoff 2016)

Servo Motor

Zur Ausgabe der Medikamente in den jeweiligen Medikamentendosen wurden drei 9 Gramm Servo Motoren des Typs SG90 verwendet, die einen Durchmesser von 22,2 x 11,8 x 31 mm haben und einen Drehwinkel von 180 Grad aufweisen. (micropik o. J.)



Abbildung 33: SG90 Servo Motor

(Quelle: micropik o. J.)

5 Zoll HDMI Touch Screen

Zur Anzeige der Medikamente an dem Medikamentenspender wird der 5 Zoll HDMI Touch Screen von Waveshare verwendet (siehe Abbildung 34). Durch die Verwendung des Bildschirms haben die Benutzer des Medikamentenspenders die Möglichkeit ihre Medikamenteninformationen direkt am Bildschirm einzugeben.

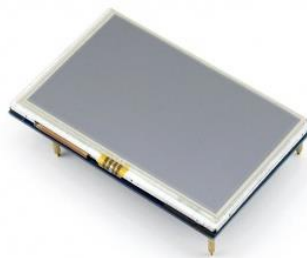


Abbildung 34: Waveshare 5 Zoll Touch Screen

(Quelle: Waveshare 2016)

Hall Sensor

Zur Erkennung der Medikamentenausgabe wird der Sensor KY-003 (siehe Abbildung 35) verwendet, welches magnetische Felder in der Nähe erkennen kann. So kann der KY-003 die angebrachten Magneten an der Medikamentenausgabebox erkennen, wenn diese an die jeweilige Position geschoben wird, und darauffolgend ein Signal an den Raspberry senden.



Abbildung 35: Hall Sensor mit Magnet

(Quelle: Eigene Grafik)

LEDs

Bei den LEDs, die zur Anzeige des aktuellen Medikamentenstandes verwendet werden, handelt es sich um drei 5mm rote LEDs, die in einem Bereich von 14000 bis 16000 MCD leuchten.



Abbildung 36: 5mm rot leuchtende LED

(Quelle: Eigene Grafik)

Phillips HUE Lampen

Die visuellen Erinnerungen erfolgen durch die Verwendung der Philips Hue LED Lampe E27 (siehe Abbildung 37). Bei Fälligkeit eines Medikamententermins wird die Farbe der Lampe geändert, sodass die Personen direkt wissen, dass der Einnahmezeitpunkt gekommen ist.



Abbildung 37: Phillips Heu Starter Set 3

(Quelle: Eigene Grafik)

Lautsprecher

Für die Ausgabe der akustischen Benachrichtigungen und der Einnahmehinweise durch den *Text-To-Speech-Service (TTS)*, wird der 6,7 x 5,2 x 5,5 cm große tragbarer MP3 Lautsprecher von PELTEC verwendet.



Abbildung 38: Lautsprecher
(Quelle: Eigene Grafik)

4.3.3.2. Schaltplan

Die Abbildung 39 symbolisiert den Schaltplan des smarten Medikamentenspenders.

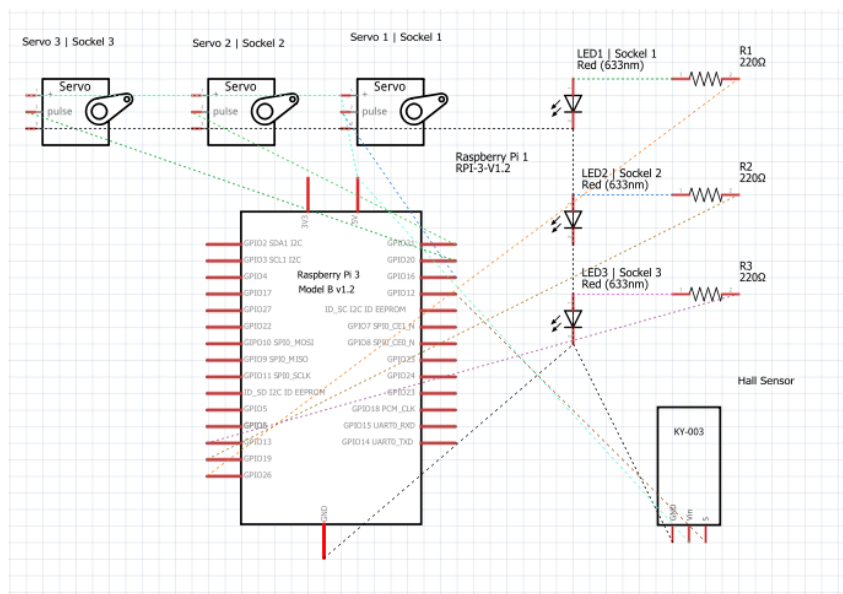


Abbildung 39: Schaltplan
(Quelle: Eigene Grafik)

Der Servo-Motor des Sockels 1 ist mit dem GPIO-PIN 16 von dem Raspberry verbunden, Servo-Motor von Sockel 2 mit GPIO-PIN 21 und vom Sockel 3 mit GPIO-PIN 20. Die LED vom Sockel 1 ist mit GPIO-PIN 26 verbunden, LED vom Sockel 2 mit 19 und LED vom Sockel 3 mit 13. Die LEDs sind alle mit einem 220 Ohm Widerstand vorgeschaltet. Der Hall-Sensor ist mit GPIO-PIN 12 verbunden. Die komplette GPIO-Belegung kann aus der Tabelle 4 entnommen werden.

Tabelle 4: GPIO-Pin Belegungen

Bestandteil	GPIO-Pin	Ground-Pin	Volt-Pin	Hinweis
Servo-Motor Sockel 1	16	6 über Platine	4 über Platine	
Servo-Motor Sockel 2	21	6 über Platine	4 über Platine	
Servo-Motor Sockel 3	20	6 über Platine	4 über Platine	
LED Sockel 1	26	6 über Platine	4 über Platine	220 Ohm Widerstand vorgeschaltet
LED Sockel 2	19	6 über Platine	4 über Platine	220 Ohm Widerstand vorgeschaltet
LED Sockel 3	13	6 über Platine	4 über Platine	220 Ohm Widerstand vorgeschaltet
Hall Sensor	12	6 über Platine	4 über Platine	
Bildschirm	14, 15, 18, 23, 24, 25, 8, 7, 2, 3, 4, 17, 27, 22, 10, 9, 11	6, 9, 14, 20, 25	2, 4, 1, 17	

4.3.3.3. Einbau der Elektronik

In dieser Phase wurden die einzelnen Schächte unter den Sockeln angebracht sowie die Bestandteile und Elektronik verbaut (siehe Abbildung 40).

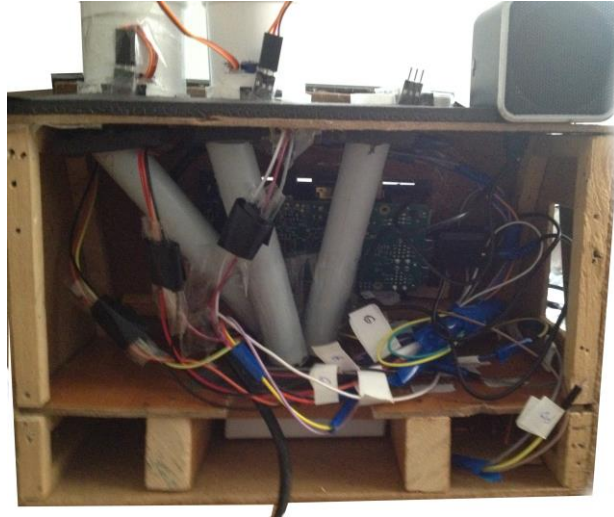


Abbildung 40: Elektronik des Medikamentenspenders

(Quelle: Eigene Grafik)

An der Medikamentenausgabebox wurde das Hall Sensor Modul eingebaut (siehe Abbildung 41).



Abbildung 41: Hall-Sensor-Modul

(Quelle: Eigene Grafik)

Das Hall-Sensor-Modul wird verwendet, um die Präsenz der an den angebrachten Magneten von der Entnahmebox aufzuspüren und jeweils ein Signal abzugeben, wenn die Box wieder an der vorgesehenen Position angebracht wurde. So kann sichergestellt werden, dass nur Medikamente ausgegeben werden, wenn die Medikamentenentnahmebox in dem Schacht ist und die angebrachten Magneten von dem Hall-Sensor erkannt werden.

4.4. Entwicklung der Software

4.4.1. Architektur

Die SmartMedicine-Anwendung wurde unter der Verwendung von Javascript, Java sowie HTML und CSS entwickelt. Weiterhin wurden die Frameworks Bootstraps, JQuery und Ajax verwendet. Als Datenbank wurde die relationale Datenbank MySQL eingesetzt, VoiceRSS als TTS-Service und openHAB als Middleware. Neben der Webanwendung wurde ebenfalls ein REST-Service erstellt, der die Aufgabe hat die Werte aus der Datenschicht zu verarbeiten und diese als ein JSON-Service zur Verfügung zu stellen. Der REST-Service wurde durch die Verwendung von Jersey-RESTful-Services erstellt. Die Architektur kann aus der Abbildung 42 entnommen werden.

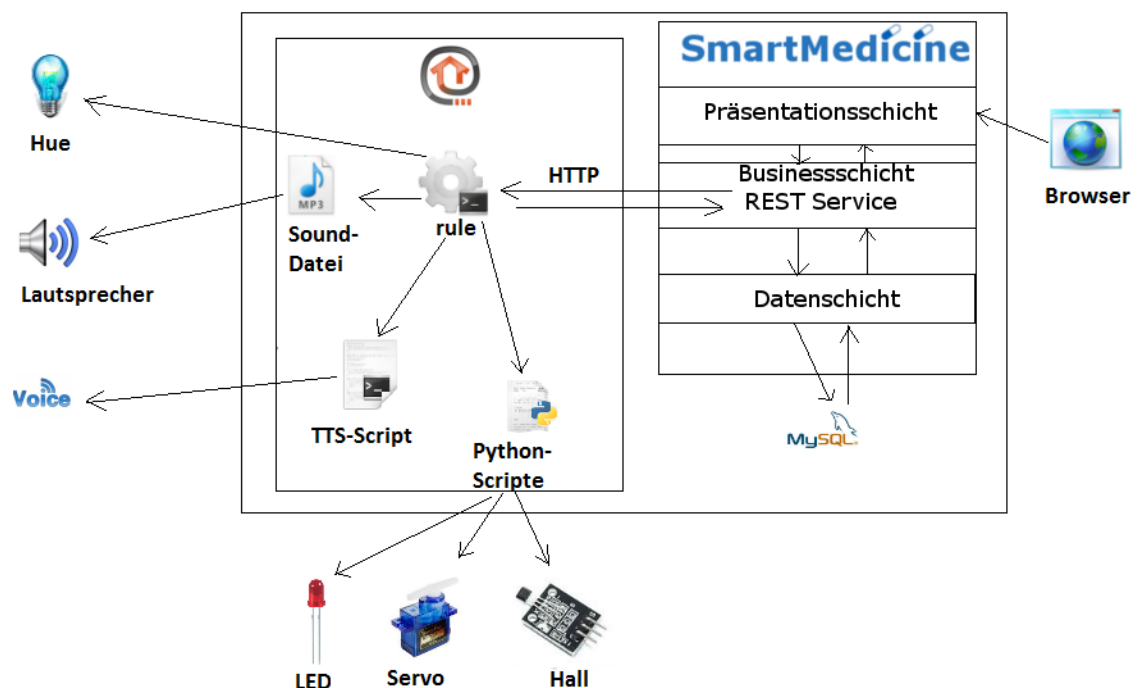


Abbildung 42: Architektur

(Quelle: Eigene Grafik)

Datenschicht

Die Architektur der Datenbank kann aus der Abbildung 43 entnommen werden. Diese zeigt, die angelegten Tabellen mit den Attributen und Ausprägungen

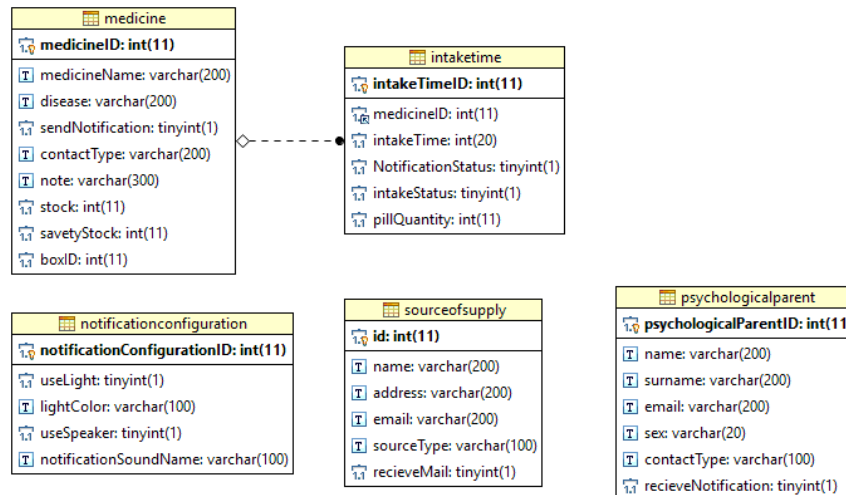


Abbildung 43: Datenbankarchitektur

(Quelle: Eigene Grafik)

Businessschicht

In der Businessschicht wurde ein JSON-Service implementiert, durch dessen Verwendung es ermöglicht wird, einzelne Daten aus der Datenschicht aufzurufen und darauffolgend Aktionen durchzuführen. Das komplette Klassendiagramm kann aus der Anlage 3 entnommen werden. Die Klasse Rest übernimmt in diesem Kontext die Verarbeitung der aus der Klasse DBStatment übergebenen Daten, die wiederum aus der Datenbank ausgelesen wurden.

Präsentationsschicht

Auf der Ebene der Präsentationsschicht wurde die Benutzeroberfläche mit HTML und CSS erstellt. Die dynamischen Funktionen finden durch die Verwendung von Javascript und JQuery statt. Eine asynchrone Kommunikation mit dem REST-Service findet über Ajax-Aufrufe statt.

4.4.2. Kommunikationsarchitektur

Kommunikation mit der MySQL-Datenbank

Die Verbindung mit der MySQL-Datenbank wird durch die Verwendung des Treibers Connector/J gewährleistet, sodass daraufhin in Java durch SQL-Befehle die jeweiligen Werte aus der Datenbank ausgelesen werden können. Die Klasse *DBStatements* ist für die Kommunikation mit der Datenbank sowie das Auslesen der Werte zuständig.

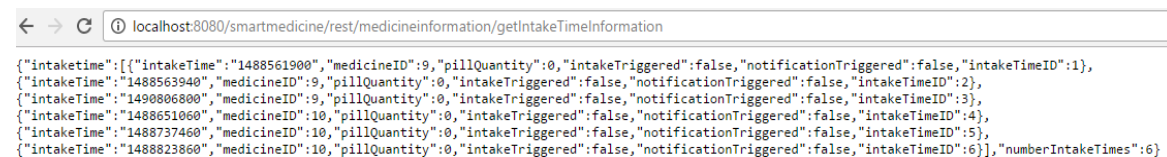
Kommunikation zwischen der Geschäftslogikschicht und der Datenschicht

Auf der Geschäftslogikschicht werden die Werte von der Datenschicht durch die Verwendung von Jersey-RESTful-Service in einen JSON-Rückgabewert verarbeitet. Das folgende Codebeispiel zeigt die Methode *getIntakeTimeInformation*, die dafür zuständig ist alle Einnahmeinformationen als ein JSON-Service zur Verfügung zu stellen:

```
@GET
@Path("/getIntakeTimeInformation")
@Produces("application/json")
public Response getIntakeTimeInformation() throws JSONException, ClassNotFoundException,
    SQLException, ParseException,
    IOException
{
    jsonObject = new JSONObject();
    dbstatement = new DBStatements();
    ArrayList<IntakeTime> listIntakeTime = new ArrayList<IntakeTime>(dbstatement.getIntakeTimeInformation());

    jsonObject.put("intaketime", listIntakeTime);
    jsonObject.put("numberIntakeTimes", listIntakeTime.size());
    return Response.status(200).entity(jsonObject.toString()).build();
}
```

Hier wurde ein GET-JSON Dienst definiert, der durch die Pfadangabe „/getIntakeTimeInformation“ aufgerufen werden kann. Darauffolgend wird die Methode *getIntakeTimeInformation()* aus der Klasse *DBStatements* aufgerufen, die wiederum alle Information aus der Datenbank zurückliefert, sodass diese dann als ein JSON-Service konsumiert werden kann, der unter der Angabe des jeweiligen Pfades aufgerufen wird (siehe Abbildung 44).



The screenshot shows a web browser address bar with the URL `localhost:8080/smartmedicine/rest/medicineinformation/getIntakeTimeInformation`. Below the address bar, a JSON response is displayed, containing an array of intake time records. Each record includes fields for `intakeTime`, `medicineID`, `pillQuantity`, `intakeTriggered`, `notificationTriggered`, and `intakeTimeID`. The response also includes a `numberIntakeTimes` field at the end of the array.

Abbildung 44: Aufruf des JSON-Services

(Quelle: Eigene Grafik)

Kommunikation zwischen dem Raspberry Pi und dem REST-Service

Die Kommunikation zwischen Raspberry Pi und dem REST-Service wird von den Regeln aus gesteuert. Diesbezüglich wurde in der Regel „Check intake time“ ein Cron-Ausdruck definiert, der jede Minute den REST-Service über einen *sendHttpRequest*-Befehl aufruft. Der Cron-Ausdruck wurde folgendermaßen definiert:

Time cron „0/20 * * * * ? „

Dieser Cron-Ausdruck ruft darauffolgend den SmartMedicine REST-Service über den folgenden Befehl auf:

```
sendHttpRequest("http://localhost:8080/smartmedicine/rest/medicineinformation/getIntakeTimeInformation")
```

Die gewonnenen Werte werden darauffolgend mit dem aktuellen Zeitstempel verglichen und wenn der Einnahmezeitpunkt fällig ist, wird eine akustische oder visuelle Benachrichtigung ausgelöst

Auslösen der akustischen Benachrichtigung

Die MP3-Dateien, die zur akustischen Benachrichtigung abgespielt werden, werden durch die Audio-Bibliothek *mpg321* abgespielt. Diesbezüglich wird in der Regel „Test notificaiton sound“ direkt der Befehl `mpg321 @ @/opt/openhab/sounds/notification_1.mp3` über *executeCommandLine* auf dem Raspberry Pi ausgelöst, sodass die jeweilige MP3-Datei abgespielt wird. Dieser Befehl wird in einem Intervall von einer Sekunde abgespielt, bis das Item *playStatus* den Befehl OFF bekommt

```
rule "Test notification sound "  
when  
    Item AccousticalTest received command  
then  
    if (receivedCommand=="notification1") {  
        while(playStatus.state==ON){  
            executeCommandLine("mpg321 @ @/opt/openhab/sounds/notification_1.mp3")  
            Thread::sleep(1000)  
        }  
    } else if (receivedCommand=="notification2"){  
        while(playStatus.state==ON){  
            executeCommandLine("mpg321 @ @/opt/openhab/sounds/notification_2.mp3")  
            Thread::sleep(1000)  
        }  
    } else if (receivedCommand=="notification3"){  
        while(playStatus.state==ON){  
            executeCommandLine("mpg321 @ @/opt/openhab/sounds/notification_3.mp3")  
            Thread::sleep(1000)  
        }  
    }  
}
```

Auslösen einer visuellen Benachrichtigung

Zum Auslösen von visuellen Erinnerungen werden Farbnamen an die Regel „lightColor selection“ gesendet, die darauffolgend einen HSB-Befehl an openHAB sendet und dieser es an die Hue weiterleitet. Das folgende Code-Beispiel zeigt die Kommunikation mit der Lampe:

```
if (receivedCommand=="red") {  
    sendCommand(hueColor, HSBType::RED)  
}
```

Bei dem Codebeispiel kann man sehen, dass das Item *recievedCommand* den Befehl *red* erhalten hat und die Regel daraufhin an das item *hueColor* den HSB-Befehl für rot sendet. Daraufhin sendet openHAB den Befehl an die Philips Hue, die die Farbe der Lampe in rot ändert.

Kommunikation zwischen Raspberry Pi und den Bestandteilen

Die Kommunikation zwischen Raspberry Pi und den Sensoren, Servo-Motoren bzw. LEDs erfolgt über Python-Skripte, die durch die Regeln ausgelöst werden. Der folgende Code zeigt Beispielhaft die Rule, die dafür zuständig ist, die Werte von dem HALL-Sensor auszulesen:

```
rule "Check the status for the dispense box (2)"  
when  
    Item checkMainBoxStatus3 received command  
then  
    executeCommandLine("python @ @/opt/openhab/configurations/scripts/hall3.py")  
end
```

Bei dieser Regel wird über den *executeCommandLine*-Befehl direkt der Befehl `python@ @/opt/openhab/configurations/scripts/hall3.py` auf dem Raspberry ausgeführt, welcher das Python Script *hall3.py* ausführt. Dieses Script liest die Werte des Hall-Sensors aus und sendet diese an openHAB.

Kommunikation zwischen Raspberry Pi und dem TTS-Service

Die Kommunikation mit dem TTS-Service erfolgt durch die folgende Regel:

```
rule "play note information for the box number 1"
when
    Item playNote1 received command
then
    sendCommand(playStatus, OFF)
    executeCommandLine("/opt/openhab/configurations/scripts/tts.sh@@"+"intakeNoteBox1.state+"@"@"
, 2000)
end
```

Bei der Kommunikation zwischen dem Raspberry Pi und dem TTS-Service erfolgt die Kommunikation, ähnlich wie bei den Python-Skripten, über den *executeCommandLine*-Befehl in den jeweiligen Regeln. Hier wird die Regel ausgeführt, wenn das Item *playNote1* einen Befehl bekommt. Daraufhin wird der akustische Benachrichtigungston ausgeschaltet und ein Shell-Skript ausgeführt. Das Shell-Skript, welches durch den *executeCommandLine*-Befehl ausgeführt wird, sendet einen HTTP-Befehl an die Voice-RSS API, die daraufhin eine MP3 Datei zurücksendet, die über die Verwendung des MPlayers abgespielt wird.

4.4.3. Funktionen

Das Ziel von diesem Abschnitt ist es einen genauen Überblick über die Funktionalitäten zu geben, die die SmartMedicine-Anwendung bietet. Diesbezüglich sollen alle umgesetzten Funktionen genauer erläutert und definiert werden. Eine Übersicht aller Funktionen kann aus der Anlage 2 entnommen werden.

Benachrichtigungsfunktionen verwalten

Es wird den Benutzern die Möglichkeit gegeben die akustischen oder visuellen Benachrichtigungsfunktionen nach den eigenen Bedürfnissen zu individualisieren.

Bei den Einstellungen von den visuellen Benachrichtigungen haben die Benutzer die Möglichkeit aus den vier Farben Rot, Violett, Blau und Grün zu wählen (siehe Abbildung 45). Die Phillips Heu Lampe wird während des Einnahmezeitpunktes daraufhin in der jeweiligen Signalfarbe aufleuchten. Weiterhin kann die Benachrichtigungsfunktion ganz ausgeschaltet werden.

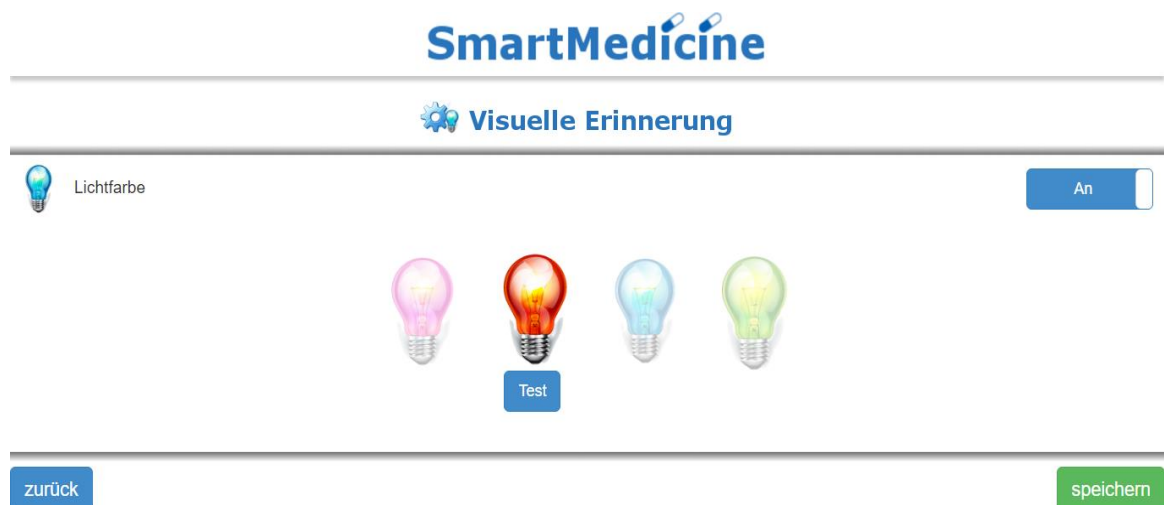


Abbildung 45: Visuelle Einstellungen
(Quelle: Eigene Grafik. Ausschnitt aus der Webapp)

Neben der visuellen Benachrichtigungsfunktion, wird dem Benutzer ebenfalls die Möglichkeit gegeben akustische Benachrichtigungsfunktionen zu individualisieren. So hat man die Möglichkeit über die *Start*- und *Stop* Buttons direkt die Lautstärke der Lautsprecher zu testen und den jeweiligen Benachrichtigungssound zu wählen.



Abbildung 46: Akustische Einstellungen
(Quelle: Eigene Grafik. Ausschnitt aus der Webapp)

Manuelle Ausgabe

Durch die Verwendung der *Manuelle Ausgabe*-Funktion können die Benutzer Medikamente im Voraus oder nachträglich manuell ausgeben (siehe Abbildung 47).

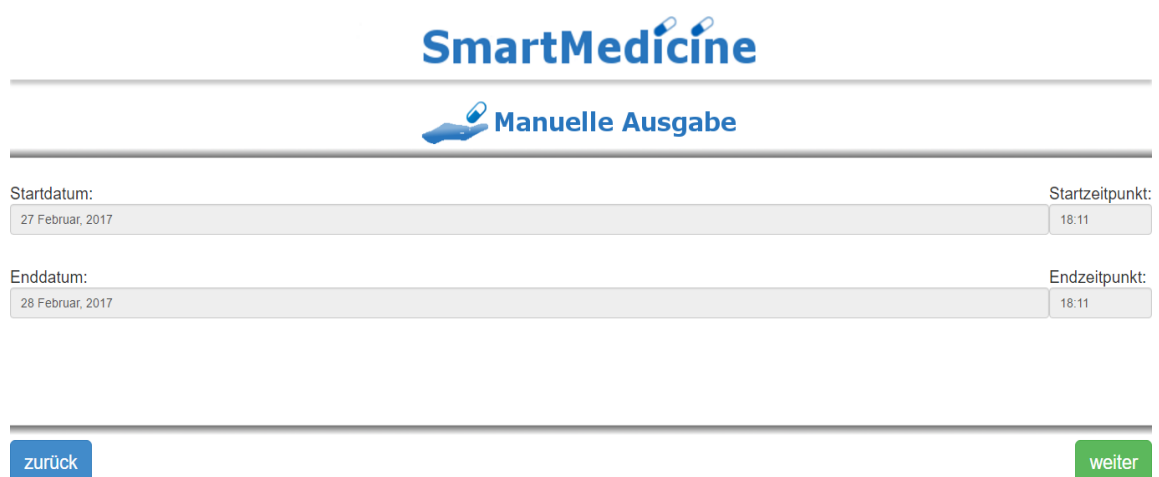


Abbildung 47: Manuelle Ausgabe Startbildschirm
(Quelle: Eigene Grafik. Ausschnitt aus der Webapp)

Zum Ausgeben der Medikamente muss man nur das jeweilige Interwall definieren und darauffolgend auf den *Ausgeben*-Button bei dem Termin klicken (siehe Abbildung 48).

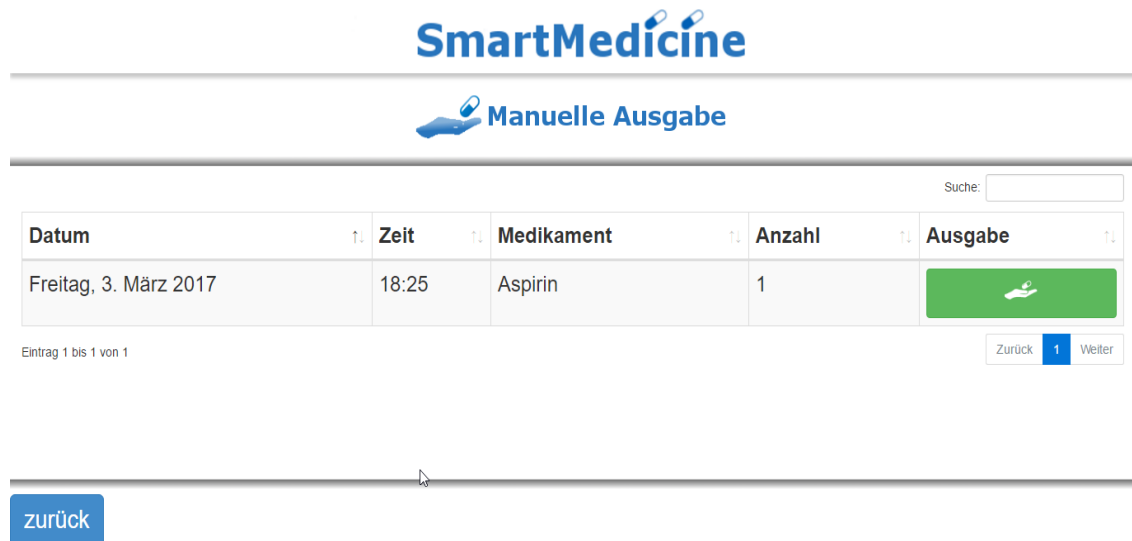


Abbildung 48: Auswahl des gewünschten Termins
(Quelle: Eigene Grafik. Ausschnitt aus der Webapp)

Medikamente verwalten

Das Verwalten der Medikamente kann durch die drei Funktionen *Löschen*, *Bearbeiten* und *Anlegen* erfolgen. Weiterhin ist es möglich eine ausführliche Übersicht der angelegten Medikamente zu bekommen. Bei der Übersichts-, Bearbeiten- und Löschfunktion erfolgen die Aktionen, indem man auf die jeweiligen Buttons auf der rechten Seite neben dem dazugehörigen Eintrag klickt. Bei der Hinzufügen-Funktion müssen in der ersten Maske die allgemeinen Informationen über das Medikament angegeben werden (siehe Abbildung 49). Hierzu zählt der Medikamentenname, Krankheit bzw. die Beschwerde und ob eine E-Mail versendet werden soll beim Vergessen einer Einnahme sowie die jeweilige Bezugsperson, die die E-Mail erhält. Weiterhin muss die Sockel-Nr angegeben werden, auf die die Medikamentendose gestellt wird. Bereits belegte Sockel werden rot gekennzeichnet.

SmartMedicine

Medikamente hinzufügen

Allgemein Einnahme Zeitpunkt

Medikament: Sockel Nr.: 1 2 3-belegt

Krankheit: E-Mail bei vergessen: JA Nein

Welche Bezugsperson soll benachrichtigt werden?

Privat Arzt Sonst

zurück weiter

Abbildung 49: Maske zur Eingabe der allgemeinen Medikamenteninformationen
(Quelle: Eigene Grafik. Ausschnitt aus der Webapp)

In dem nächsten Fenster erfolgen die Informationen zur Einnahme bzw. den Bestand (siehe Abbildung 50). In dem Feld Notiz kann der Benutzer eine Einnahmenschicht angeben, die zusätzlich bei dem Einnahmetermin mit ausgegeben wird. Neben dem Bestand kann noch ein eiserner Bestand angegeben werden, ab dem eine Nachlieferung bei einer Bezugsquelle ausgelöst wird.

SmartMedicine

Medikamente hinzufügen

Allgemein Einnahme Zeitpunkt

Notiz:

Bestand: Nachbestellen? JA Nein

Sicherheitsbestand: Bezugsquelle Apo Arzt Sonst

zurück weiter

Abbildung 50: Einnahme- und Bestandsinformationen
(Quelle: Eigene Grafik. Ausschnitt aus der Webapp)

Im letzten Fenster müssen die Termine eingegeben werden, wann ein Medikament ausgegeben werden soll (siehe Abbildung 51). Hier ist es erforderlich die Medikamentenanzahl anzugeben, die ausgegeben wird, Startdatum und Startzeit sowie einen gewünschten Wiederholtermin. Bei den Wiederholtermin handelt es sich um Medikamenteneinnahmezeitpunkte, die sich täglich, wöchentlich oder monatlich zur selben Zeit wiederholen.

SmartMedicine

Medikamente hinzufügen

Allgemein Einnahme **Zeitpunkt**

Ausgabeanzahl:	Bestand:
<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="10"/>
Startdatum:	Startzeitpunkt:
<input type="text" value="23 March, 2017"/>	<input type="text" value="23:09"/>
Wiederholtermin:	
<input checked="" type="button" value="Tag"/> <input type="button" value="Wo"/> <input type="button" value="Mon"/> <input type="button" value="Kein"/>	
<input type="text" value="5"/>	

zurück
speichern

Abbildung 51: Zeitpunktangabe

(Quelle: Eigene Grafik. Ausschnitt aus der Webapp)

Nachdem man aus den Button *speichern* geklickt hat wird man gefragt, ob man weitere Termine anlegen möchte. Wenn man weitere Termine anlegen möchte, dann kann man einfach auf *Ja* klicken oder durch das klicken auf *Nein* die bereits festgelegten Werte speichern.

Termine verwalten

Nachdem ein Medikament mit einem Termin angelegt wurde ist es möglich die Termine zu löschen, bearbeiten bzw. neue Termine anzulegen oder eine detaillierte Übersicht von den bereits angelegten Terminen einzusehen. Bei der detaillierten Übersicht können die Benutzer genauer einsehen, ob und wann Einnahmetermine ausgelöst wurden bzw. ob der Benutzer die Einnahme verpasst oder erfolgreich wahrgenommen hat (siehe Abbildung 52).



 **Terminübersicht**

Suche:

Datum	Zeit	Anzahl	Erinnerung	Einnahme
Freitag, den 3 März	18:25	1	Ausstehend	Ausstehend
Freitag, den 3 März	18:59	1	Ausstehend	Ausstehend

Eintrag 1 bis 2 von 3

Zurück
1
2
Weiter

zurück

Abbildung 52: Detaillierte Terminübersicht
(Quelle: Eigene Grafik. Ausschnitt aus der Webapp)

Kontaktpersonen verwalten

Die Funktion Kontaktpersonen verwalten ermöglicht es den Benutzern des smarten Medikamentenspenders Kontaktpersonen zu verwalten, die eine Benachrichtigungsmail bekommen, wenn die Einnahme eines wichtigen Medikamentes vergessen wurde. Diesbezüglich ist es Relevant, dass eine korrekte Email-Adresse eingegeben wird (siehe Abbildung 53). Die Funktionalität wurde bisher mit Google-Mail Adressen getestet. Bei anderen Email-Providern kann es zu Komplikationen beim Versenden von Emails kommen.



 **Personen bearbeiten**

Vorname:

Geschlecht:

weibl.
männl.

Name:

E-Mail:

Benachrichtigen?

JA
Nein

Art

Privat
Arzt
Sonst

zurück

speichern

Abbildung 53: Kontaktpersonen hinzufügen
(Quelle: Eigene Grafik. Ausschnitt aus der Webapp)

Bezugsquellen verwalten

Die Benutzer können weiterhin Medikamentenbezugsquellen, wie zum Beispiel Apotheker oder Ärzte, anlegen und definieren, ob diese Bezugsquellen beim Erreichen des festgelegten eisernen Bestandes eine Nachbestellungs-Email erhalten. Der festgelegte eiserne Bestand wird beim Anlegen von Medikamenteninformationen definiert. Hier sollten ebenfalls bevorzugt Google-Mail-Adressen verwendet werden.

5. Validierung

Der letzte Schritt in der Entwicklung des smarten Medikamentenspenders bestand in einer Validierung des Prototyps. Dies ist insofern erforderlich, da unter anderem die umgesetzten Anforderungen mit den Erwartungen der Interviewpartner, mit denen die Anforderungen von der Analysephase erhoben wurden, abgestimmt werden müssen. Aufgrund dessen wurden alle Interviewpartner nochmals kontaktiert und gebeten ein kurzes Gespräch zu führen, damit ein Feedback zu dem entwickelten System eingeholt werden konnte. Es konnte am Ende ein Treffen mit einem Interviewpartner von der Analysephase durchgeführt werden. Bei dem Treffen wurde der Prototyp mit allen Funktionen präsentiert und gebeten die Einsatzbereitschaft des Systems einzuordnen und zusätzliche neue Anregungen an das System zu äußern.

Bei dem Gespräch ist rausgekommen, dass der 5 Zoll Bildschirm als zu klein empfunden wurde und ein größerer Bildschirm erwünscht ist, der mindestens eine Größe von 11 bzw. 13 Zoll aufweisen muss. Weiterhin empfanden die Personen die Navigationsführung für ältere Personen zu kompliziert, da zu viele Schritte durchgeführt werden mussten, um ein Medikament bzw. ein Termin anzulegen. Diesbezüglich kam der Vorschlag, das die Medikamente und Termine direkt in einem visuellen Kalender eingetragen werden sollten. Ebenfalls kam der Vorschlag, den Personen die Eingabe zu erleichtern und eine rote Liste der Medikamente einzuführen. Eine rote Liste ist eine Übersicht aller Medikamente, die von der Apotheke oder dem Arzt zur Verfügung gestellt wird. Durch die Bereitstellung einer roten Liste würde die Eingabe der Medikamenteninformationen entschlacktet

werden, da die Personen das jeweilige Medikament aus der Liste auswählen können, um alle Informationen automatisiert in das System zu laden.

Die Einsatzbereitschaft des Medikamentenspenders im stationärem Umfeld wurde weiterhin ausgeschlossen, da es sich laut den Interviewpartner als zu kompliziert erweisen würde für jeden Bewohner einen Medikamentenspender einzusetzen. Zusätzlich bestand das Interesse in der Erhöhung der Medikamente, die hinterlegt werden können. In dem jetzigen Prototyp werden drei verschiedenen Medikamente unterstützt, was in den Augen der Pfleger als zu wenig erscheint, da einzelne Personen bereits mehr als drei verschiedene Medikamente einnehmen müssen.

Als Fazit konnte festgestellt werden, dass ein großes Interesse an einer Medikamentenverwaltung durch technologische Hilfsmittel besteht. Lediglich für den stationären Bereich sind andere Voraussetzungen erforderlich, die durch den Medikamentenspender nicht erfüllt werden konnten. Zu diesen Anforderungen zählt unter anderem die Verwaltung von mehr als drei verschiedenen Medikamenten, eine übersichtlichere Verwaltung der Medikamente und handlichere Medikamentenspender. Ebenfalls war es wichtig, dass die Medikation flexibel angepasst werden sollte, sodass wenn ein Arzt die Medikation ändert, diese auch in dem System mit übernommen wird.

6. Fazit und Ausblick

Durch die vorliegende Masterarbeit wurde aufgezeigt, dass die Thematik der Non-Adhärenz bei älteren Personen ein ernst zu nehmendes Thema ist. Dies resultiert unter anderem aus der Tatsache, dass sich der Gesundheitszustand von den Personen stark verschlechtert, wenn wichtige Medikamententermine vergessen werden. Aber auch weil die Behandlung von Personen, die ein non-adhärentes Verhalten aufweisen, den deutschen Staat mehrere Milliarden Euro im Jahr kostet. (vgl. ABDA - Bundesvereinigung Deutscher Apothekerverbände e. V. 2007). Diese Problematik findet einen besonderen Anklang in der Betrachtung des prognostizierten demographischen Wandels, der in naher Zukunft dazu führen wird, dass der Anteil an älteren Personen um 7 Prozent zunehmen wird und dadurch eine Zunahme der Kohorte zu verzeichnen ist, die am anfälligsten für non-adhärentes Verhalten ist. (vgl. Statistisches Bundesamt 2015)

Diesbezüglich kamen bereits im Kontext von ALL verschiedene Medikamentenverwaltungssysteme auf den Markt, die sich in die vier verschiedenen Kategorien einteilen lassen: Smarte Medikamentendosen, smarte Medikamentenspender, smarte Medikamentendosier und smarte Aufsätze. Die meisten der Medikamentenverwaltungssysteme sind überwiegend nur in den vereinigten Staaten erhältlich und weisen wenig benutzerspezifische Konfigurationsmöglichkeiten und Interaktionen mit zusätzlichen Geräten auf.

Aufbauend auf dem Gedanken, den Benutzern den größtmöglichen Spielraum in der Interaktion mit weiteren Geräten sowie benutzerspezifische Konfigurationen zu ermöglichen, wurde der smarte Medikamentenspender entwickelt. Die Anforderungsanalyse für den Medikamentenspender wurde durch qualitative Interviews mit Pflegepersonal von Pflegeheimen durchgeführt. Dadurch sollte eine größtmögliche Schnittmenge, angefangen von den Erfahrungen des Pflegepersonals über ältere Personen bis hin zu dem Pflegepersonal selbst, miteinbezogen werden. So konnte aus dem fundiertem Wissen, welches aus der Pflege der Heimbewohner entstand, neue Kenntnisse abgeleitet werden. Während den Befragungen war es interessant zu sehen, welchen Einklang diese Thematik bei den Pflegern fand. Die meisten der Pfleger waren sehr interessiert an einem Einsatz solcher Technologien im ambulanten Bereich, aber im stationärem Umfeld

sahen sie keine Einsatzmöglichkeiten, da laut den Aussagen der Pfleger der persönliche Bezug zu den Menschen wichtig ist. Diese Philosophie ist weitestgehend nachvollziehbar, da es nachgewiesen wurde, dass zu einer guten präventiven Non-Adhärenz Bekämpfung der persönliche Kontakt zu den Ärzten bzw. Pflegeern relevant ist (vgl. Rödel 2012), jedoch hörte man auch oft einen versteckten Missmut der Pfleger gegenüber solchen Technologien raus. Dieser Missmut tendierte zu einer Befürchtung des Jobverlustes, wenn immer mehr Arbeit von Maschinen übernommen würde.

Bei der Konzeptionsphase wurde entschieden, dass zwei Konzepte definiert werden und diese mit den Anforderungen abgeglichen, um das System zu entwickeln, welches mehr Überschneidungen mit den genannten Anforderungen hatte. Dies wurde so entschieden, da die meisten zu dem Einsatz von smarten Medikamentendosen tendierten und Anforderungen nannten, wie dass die Medikamente nur in einer festgelegten Menge und einer festgelegten Zeit ausgegeben werden sollten, was nur durch die Verwendung des Medikamentenspenders möglich ist. Dadurch entstanden nicht kongruente Aussagen im Bezug zu den Anforderungen und der bevorzugten Kategorie. Dies könnte auf die Tatsache zurückgeschlossen werden, dass das Interview nur auf eine bestimmte Zeit festgelegt ist und die Personen sich spontan für eine Kategorie entscheiden mussten. Durch den Vergleich der Kategorien mit den tatsächlich genannten Anforderungen, stellte sich heraus, dass der Medikamentenspender im Vergleich zu dem Medikamentendosierer mehr Anforderungen abdecken konnte und deswegen der Medikamentenspender entwickelt wird.

Während der Prototypphase erwies es sich als sehr vorteilhaft einen Prototyp aus Kartons nachzubauen, damit die Usability getestet werden konnte und bereits im Vorfeld Anpassungen vorgenommen werden konnten. Weiterhin wurden die einzelnen Bestandteile als Schablone verwendet, um das Holzgerüst zu erstellen.

Als die schwierigste Phase erwies sich der Einbau der Elektronik und der Sensoren. Dies resultiert aus der Tatsache, dass Löten und Unterbringen der Elektronik viel Zeit und Erfahrungen in dem Umfeld erfordern. In dieser Phase war auch geplant, dass ein RFID-Reader eingebaut werden sollte, aber aus zeitlichen Gründen und der Tatsache, dass dadurch zusätzliche Komponenten, wie ein Erweiterungsboard benötigt werden würde, wurde der RFID-Reader ausgelassen. Dies ist eine weitere Eingabevariante von Medikamenteninformationen, die in Zukunft in Betracht gezogen werden könnte. Denn dadurch können die Ärzte bzw. Apotheker die Medikamenteninformationen auf einen an der Medikamentendose angebrachten RFID-Chip speichern, sodass die Benutzer von dem Medikamentenspender die Dose nur an den RFID-Reader halten brauchen, um die Informationen automatisiert zu übernehmen. Als weitere Eingabevariante wäre zusätzlich noch die Eingabe von Medikamenteninformationen über eine Sprachsteuerung, die zum Beispiel durch Alexa erfolgen kann. Auch als problematisch in dieser Phase erwies sich die Konzeption und Umsetzung eines sicheren Medikamentenausgabeverfahrens. Denn bei der zurzeit umgesetzten Lösung kommt es noch vereinzelt vor, dass die Medikamente in eine falsche Position gedrückt werden und dies zu Beschädigungen an den Medikamenten führt. Diesbezüglich ist es erforderlich das Ausgabeverfahren zu verbessern, so dass ein sicheres Ausgeben der Medikamente gewährleistet werden kann. Weiterhin bietet der Medikamentenspender nur Platz für drei verschiedenen Medikamente und könnte in Zukunft den Benutzern die Möglichkeit bieten die Plätze durch eine modulare Bauweise zu erweitern.

Weiterhin sei auch anzumerken, dass sich der Erinnerungsmechanismus des smarten Medikamentenspenders nur auf einen beschränkten Radius, in Form von akustischen oder visuellen Erinnerungen, die nur in der Umgebung des Medikamentenspenders wahrgenommen werden können, reduziert. Diesbezüglich ist es erforderlich den Benutzern zu ermöglichen Benachrichtigungen zu bekommen, wenn sie sich während des Einnahmezeitpunktes nicht in der Nähe des Medikamentenspenders befinden. Dies kann durch Telefonanrufe erfolgen, sodass die Personen, die unterwegs sind, einen Anruf bekommen und Benachrichtigt werden, dass Sie ihre Medikamente einnehmen müssen. Eine weitere Möglichkeit besteht darin Wearables einzusetzen, die durch Vibrationen oder Signaltöne die Personen auch unterwegs an die Einnahme erinnern.

Schlussendlich ist es erforderlich, dass in einem weiteren Schritt Feldtests durchgeführt werden, um herauszufinden, ob ein smarter Medikamentenspender von älteren Personen akzeptiert wird und ob der Einsatz eines solchen Medikamentenverwaltungssystems tatsächlich Auswirkungen auf die Adhärenz der Personen hat.

Anhang 1: Übersicht über bestehende Ambient Assisted Living Anwendungen

Devices/Projects	Description
AiperCare	Tracks location, offers telemonitoring, and connects to emergency services
Aladdin	Uses self-management tools, risk assessment, and social networking to enhance the ability for the self-management of individuals with dementia
Bed Occupancy Sensor	Monitors bed occupation and connects to alert systems
Bedmond	Features sensors and behavioral tracking within the home to detect early signs of dementia
Chair Occupancy Sensor	Senses activity and inactivity when the individual is sitting on a chair
Connect Plus	Features alarms and reminders, connects to emergency services; can be connected to other environmental, behavioral, and health sensors
Enuresis Sensor	Monitors bed for moisture and connects to caregiver alert system
Find-Me Tunstall Watch	Incorporates alerts, emergency services, and GPS tracking through a mobile device
Flood Detector	Tracks sinks and baths in order to alert any potentials for flooding
Gas Detector	Connects gas sensors to emergency services
GeoSkeeper	Offers a mobile system for localization and emergency service connection
Giraff	Robotic telepresence system remotely connects carers to individuals and their homes
Health Buddy	Connects carers to systems that track health vitals; provides health information and coaching to individuals
Help at Hand Service	Mobile system with functions for emergencies, localization, detection of falls, and geofencing
Hope	Offers a smart home system for individuals with dementia that features information provision, health support, and monitoring
Independa Ecosystem	TV system for telemonitoring, social connection, and health information
Just Checking	Tracks an individual's movements within their homes; monitoring system tracks elopement, vital signs, and open doors
m-Care	Programs phone with service to emergency services and offers localization features
Memo-Net	Connects applications meant for individuals with dementia, including a digital corkboard, behavioral sensors, medication dispenser, and daily activity diary through a TV platform
Motiva	Uses a TV platform to connect individuals with chronic diseases to a health channel that monitors vitals and care activities
Northwood Intouch	Connects sensors and monitors to an emergency service system
Property Exit Sensor	Tracks home for elopement activity and connects to emergency alert systems
Rosetta	Offers a system to support memory, monitoring, and emergency tracking for persons with dementia
Simply Home System	Incorporates sensors into a system to track performance of ADLs and behavior change
Smoke Detector	Connects a smoke detector to emergency services
TeleStation	Sends vital sign data to care providers remotely and administers surveys to track chronic disease states

Abbildung 54: Übersicht von ALL-Anwendungen

Anhang 2: Fragenkatalog für die Befragung von stationären Pflegeeinrichtungen

Demographische Daten

- Wie alt sind Sie?
- Welchen Beruf üben Sie aus?
- Wie lange üben Sie den Beruf aus?
- Haben Sie auch Pflegeerfahrung im privatem Umfeld?
- Führen Sie auch Außeneinsätze durch?
- Wie viele Bewohner betreuen Sie?
- Welche Patientengruppe/n betreuen Sie?
- Auf einer Skala von 1 (neugierig für neue Technologien) bis 5 (ich versuche Technologien zu vermeiden) wie Technikaffin würden Sie sich einschätzen?
- Wie Technikaffin würden Sie die Bewohner einschätzen?

Bereitschaft zur Verwendung von bestehenden Produkten

Auf dem Markt wurden bereits sogenannte „smarte Medikamentenveraltungssysteme“ in der Form von Medikamentendosen, -Dispenser oder -Boxen veröffentlicht. Durch die Verwendung der smarten Medikamentenverwaltungssysteme kann man Erinnerungsfunktionen einplanen, Statistiken über das Einnahmeverhalten führen sowie bei Bedarf Kontakt mit Pflegeverantwortlichen aufbauen.

- Haben Sie bereits Erfahrungen mit smarten Medikamentenverwaltungssystemen gemacht?
 - Wenn ja:
 - Was konnte dieses Produkt?
 - Was hat Ihnen an diesem Produkt gefallen?
 - Was hat Ihnen an diesem Produkt nicht gefallen?
 - Würden Sie dieses Produkt weiterempfehlen?

- Welche Probleme könnten auftreten bei der Verwendung von solchen Geräten? (Datensicherheit, Falsche Einnahme von Medikamenten)
- Wenn Nein:
 - Würden Sie ein solches Produkt verwenden?

Gründe für die Adhärenz

- Verwalten Sie die Medikamente der Bewohner für die sie zuständig sind, selber oder gibt es auch Personen, die ihre Medikamente in eigener Verantwortung verwalten und zu sich nehmen?

Personen, die die Medikamente selber verwalten

- Was sind die größten Herausforderungen, denen die Bewohner bei Ihnen im Haus beim Verwalten von Medikamenten begegnen?
 - Wie könnten diese Herausforderungen Ihrer Meinung nach gelöst werden?
- Was sind nach Ihren Erfahrungen die Gründe dafür, dass Patienten Medikamente nicht einnehmen?
- Was würden Sie tun, um die Bereitschaft der Personen zu erhöhen Medikamente einzunehmen?
- Gab es bereits bei Ihnen Maßnahmen, die die Bereitschaft zur Medikamenteneinnahme erhöhen sollten?
 - Wenn ja:
 - Wie wurde diese durchgeführt?
 - Welchen Erfolg hatten diese Maßnahmen und welche Erkenntnisse schließen Sie daraus?
 - Wenn Nein:

- Denken Sie, dass eine Maßnahme zur Steigerung der Bereitschaft auf jeden Fall durchgeführt werden sollte?
- Haben Sie Ideen, die durchgeführt werden sollten?

Verwaltung der Medikamente von dem Pflegepersonal

- Wie verwalten Sie die Medikamente?
- Welche Hilfsmittel verwenden Sie?
- Welchen Herausforderungen begegnen Sie selbst bei der Verwaltung der Medikamente?
 - Wie könnten ihrer Meinung nach diese Herausforderungen gelöst werden?
- Mit wie viel Aufwand ist die Medikamentenausgabe verbunden?
- Wenn Sie mal Medikamente nehmen würden, was würden Sie sich dann wünschen?
- Wie viel Zeit haben Sie für die Medikamentenausgabe?

Anforderungen an ein zukünftiges Medikamentenverwaltungssystem

- Wenn Sie sich ein smartes Medikamentenverwaltungssystem vorstellen würden, was würde es dann können?
- Denken Sie Belohnungssysteme würden dazu beitragen, dass ältere Personen Medikamente eher einnehmen?

- Was würden Sie sagen, wäre die beste Möglichkeit Personen daran zu erinnern, dass sie ihre Medikamente einnehmen müssen? (z. B. akustische Durchsagen, visuelle Erinnerung, Telefonanrufe)
- Wie können Demenzkranke am besten an solche Systeme herangeführt werden?
- Sind für Sie Statistiken des Einnahmeverhaltens der Personen relevant?
- Was halten Sie von der Möglichkeit, eine Benachrichtigung zu bekommen, wenn Personen ihre Medikamente nicht eingenommen haben?

Anhang 3: UML-Diagramme der Geschäftslogikschicht

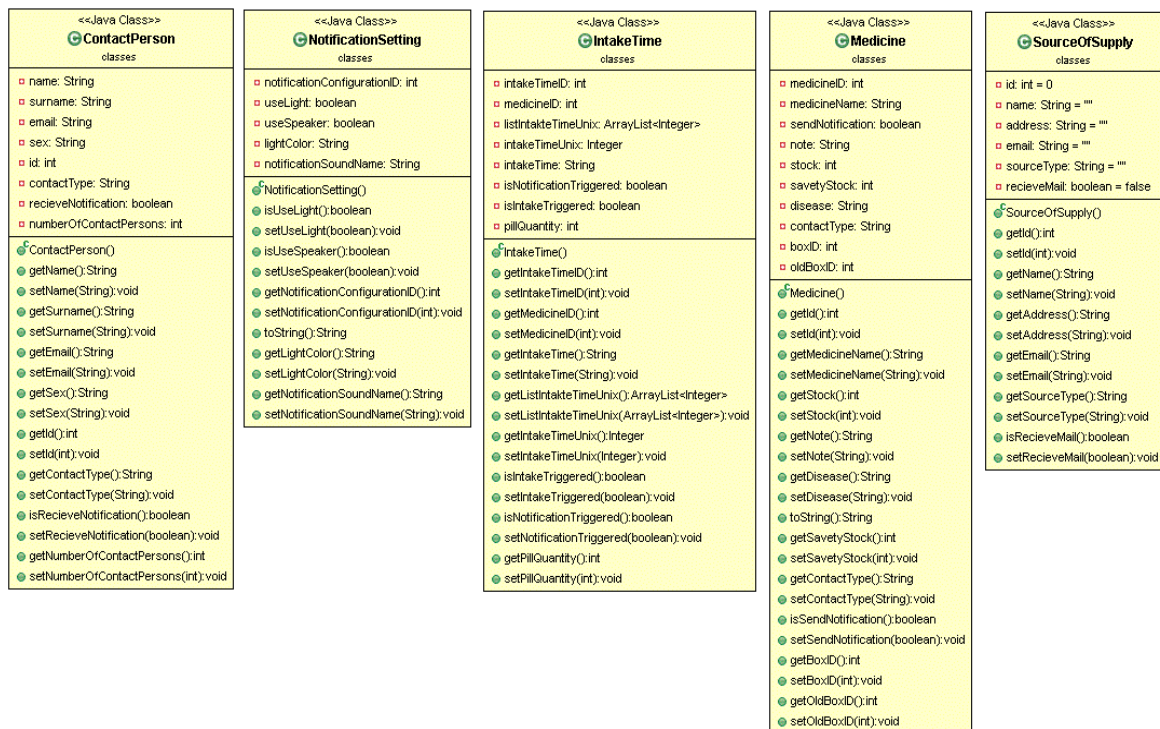


Abbildung 55: UML-Klassendiagramme der einzelnen Klassen

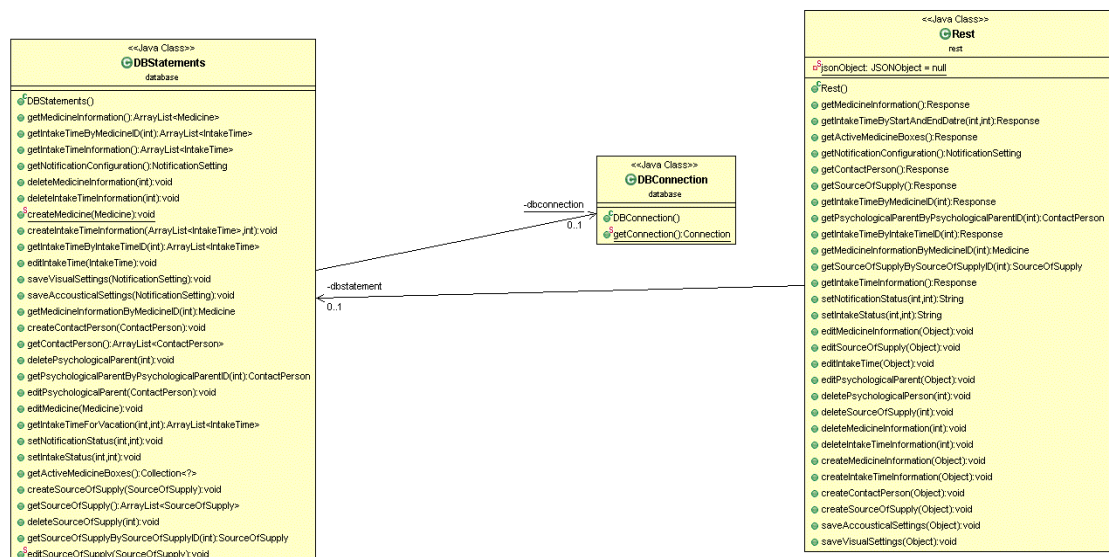


Abbildung 56: UML-Klassendiagramm des REST-Services

Anhang 4: Übersicht aller Funktionen von SmartMedicine

Tabelle 5: Übersicht aller Funktionen von SmartMedicine

Funktion	Beschreibung
Medikamenteninformationen-verwalten	Die Benutzer haben die Möglichkeit die wichtigen Medikamenteninformationen zu hinterlegen, bearbeiten, löschen oder eine Übersicht aufzurufen.
Termininformationen-verwalten	Die Benutzer haben die Möglichkeit die wichtigen Termininformationen zu hinterlegen, bearbeiten, löschen oder eine Übersicht aufzurufen.
Bezugspersonenverwalten	<p>Die Benutzer haben die Möglichkeit die wichtigen Bezugspersonen zu hinterlegen, bearbeiten, löschen oder eine Übersicht aufzurufen.</p> <p>An die hinterlegte Email-Adresse bei den Bezugspersonen wird eine Erinnerungs-Mail versendet, wenn die Einnahme eines wichtigen Medikamentes vergessen wurde.</p>
Bezugsquellenverwalten	<p>Die Benutzer haben die Möglichkeit die wichtigen Bezugsquellen zu hinterlegen, bearbeiten, löschen oder eine Übersicht aufzurufen.</p> <p>An die hinterlegte Email-Adresse bei den Bezugsquellen wird eine Nachbestellungs-Mail versendet, wenn ein festgelegter eiserner Bestand erreicht wurde.</p>
Erinnerungsmechanismen auswählen	Die Benutzer haben die Möglichkeit bevorzugte Erinnerungsmechanismen auszuwählen. Hier haben die Benutzer die Auswahl zwischen visuellen Erinnerungen und akustischen
Sprachausgabe von Einnahmeinformationen	Bei Bedarf werden Einnahmeinformationen, die man selber hinterlegt, durch einen TTS-Service akustisch wiedergegeben.

Automatisch Einnahmeerinnerung	Die Benutzer werden, wenn der Einnahmezeitpunkt gekommen ist, durch akustische oder visuelle Signale, an die Medikamenteneinnahme erinnert.
-----------------------------------	---

Literaturverzeichnis

- Abbey, Brianna; Alipour, Anahita; Camp, Christopher; Hofer, Crystal (2012): The Smart Pill Box.
- ABDA - Bundesvereinigung Deutscher Apothekerverbände e. V. (2007): Non-Compliance kostet 10 Milliarden Euro. Apotheker verbessern Therapietreue. Online verfügbar unter <https://www.abda.de/index.php?id=303>, zuletzt geprüft am 02.10.2016.
- Abiogenix (2016a): My uBox. Online verfügbar unter <https://my-ubox.com>, zuletzt geprüft am 05.10.2016.
- Abiogenix (2016b): The uBox team. Online verfügbar unter <https://my-ubox.com/uBox-team/>, zuletzt geprüft am 05.10.2016.
- AdhereTech Inc. (2015): Smart Wireless Pill Bottles. Track and Improve Adherence in Real-Time. Online verfügbar unter <https://www.adheretech.com>, zuletzt geprüft am 05.10.2016.
- Andreae, S.; Hayek, D. von; Weniger, J. (2006): Krankheitslehre / Altenpflege professionell: Thieme. Online verfügbar unter <https://books.google.de/books?id=juTNRLyL0cC>.
- Backes, Gertrud M.; Clemens, Wolfgang (2013): Lebensphase Alter. Eine Einführung in die sozialwissenschaftliche Alternsforschung. 4., überarb. und erw. Aufl. Weinheim: Beltz Juventa (Grundlagentexte Soziologie). Online verfügbar unter <http://www.socialnet.de/rezensionen/isbn.php?isbn=978-3-7799-2603-0>.
- Blackman, Stephanie; Matlo, Claudine; Bobrovitskiy, Charisse; Waldoch, Ashley; Fang, Mei Lan; Jackson, Piper et al. (2016): Ambient Assisted Living Technologies for Aging Well. A Scoping Review. In: *Journal of Intelligent Systems* 25 (1). DOI: 10.1515/jisys-2014-0136.
- Böhm, Karin; Tesch-Römer, Clemens; Ziese, Thomas (Hg.) (2009): Gesundheit und Krankheit im Alter. Robert-Koch-Institut. Berlin: Robert Koch-Inst (Beiträge zur Gesundheitsberichterstattung des Bundes). Online verfügbar unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0257-1002569>.
- Borrmann, Julia (2012): DAS ÖKONOMISCHE POTENTIAL VON AMBIENT ASSISTED LIVING ODER IT-BASIERTEN ASSISTENZSYSTEMEN. Hg. v. Economica Institut für Wirtschaftsforschung.
- Brian Benchoff (2016): INTRODUCING THE RASPBERRY PI 3. Online verfügbar unter <http://hackaday.com/2016/02/28/introducing-the-raspberry-pi-3/>, zuletzt aktualisiert am 2016, zuletzt geprüft am 02.03.2017.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (o. J.): Ambient Assisted Living Programme (AAL-JP). Online verfügbar unter <http://www.nks-mtidw.de/mtidw-in-europa/ambient-assisted-living-programme-aal-jp>, zuletzt geprüft am 25.03.2017.
- Chen, K.; Chan, A.H.S.; Chan, S. C. (2012): Gerontechnology acceptance by older Hong Kong people. In: *Gerontechnology* 11 (2). DOI: 10.4017/gt.2012.11.02.524.00.
- Circadian Design, Inc. (2016): ROUND Refill. Modernize the medicine cabinet. Online verfügbar unter <https://roundhealth.co/refill/>, zuletzt geprüft am 05.10.2016.
- Claßen Katrin (2012): Zur Psychologie von Technikakzeptanz im höheren Lebensalter: Die Rolle von Technikgenerationen. Dissertation. Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Heidelberg. Fakultät für Verhaltens- und Empirische Kulturwissenschaften. Online verfügbar unter <http://archiv.ub.uni-heidelberg.de/volltextserver/14295/1/Dissertation%20Classen.pdf>.

Dachverband Adherence e.V. (2011): Compliance vs. Adherence. Online verfügbar unter <http://www.dv-adherence.de/index.php/compliance-vs-adherence.html>, zuletzt aktualisiert am 08.10.2016.

Doh, Michael (2012): Der ältere Mensch und die Mediatisierung – Entwicklungslinien, Potenziale und Barrieren des Internets. Online verfügbar unter <http://digitale-chancen.de/assets/includes/sendtext.cfm?aus=11&key=1048>.

dr Poket Sp. z o.o. (o. J.): Pillbox by Dr Poket. Online verfügbar unter <http://getthepillbox.com>, zuletzt geprüft am 05.10.2016.

Ehlert, Ulrike (Hg.) (2016): Verhaltensmedizin. 2., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer (Springer-Lehrbuch). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-48035-9>.

Friesdorf, W.; Heine, A. (2007): sentha - seniorengerechte Technik im häuslichen Alltag: Ein Forschungsbericht mit integriertem Roman: Springer Berlin Heidelberg. Online verfügbar unter <https://books.google.de/books?id=RvkmBAAQBAJ>.

Füeßl, Hermann; Middeke, Martin; Würtemberger, G. (2014): Anamnese und klinische Untersuchung. [Audios zu Herz- und Lungenauskultation plus Untersuchungsfilm online ; + campus.thieme.de]. 5., aktualisierte Auflage. Stuttgart: Thieme (Duale Reihe).

Georgieff, Peter (2008): Marktpotenziale IT-unterstützter Pflege für ein selbstbestimmtes Altern: MFG Stiftung Baden-Württemberg.

Glaeske, Gerd; Schick Tanz, Christel (2015a): Barmer GEK - Arzneimittelreport-2015. Hg. v. Barmer GEK. Online verfügbar unter <http://presse.barmer-gek.de/barmer/web/Portale/Presseportal/Subportal/Presseinformationen/Archiv/2015/151209-Arzneimittelreport-2015/PDF-Arzneimittelreport-2015,property=Data.pdf>.

Glaeske, Gerd; Schick Tanz, Christel (2015b): Barmer GEK - Infografiken zum Arzneimittelreport 2015. Hg. v. Barmer GEK. Online verfügbar unter <http://presse.barmer-gek.de/barmer/web/Portale/Presseportal/Subportal/Presseinformationen/Archiv/2015/151209-Arzneimittelreport-2015/PDF-Infografiken-Arzneimittelreport-2015,property=Data.pdf>.

Gould, Odette N.; Todd, Laura; Irvine-Meek, Janice (2009): Adherence devices in a community sample. How are pillboxes used? (1).

Grätzel von Grätz, Philipp; Baellensiefen, Wolfgang Phd.; Fersch, Michela; Thürmann, Petra A. (2016): Medikamente im Alter: Welche Wirkstoffe sind ungeeignet. Hg. v. Bundesministerium für Bildung und Forschung. Referat Gesundheitsforschung. Berlin. Online verfügbar unter https://www.bmbf.de/pub/Medikamente_im_Alter.pdf.

Hagan, Pat (2015): THE TRUE COST OF MEDICATION NON-ADHERENCE. Online verfügbar unter <http://www.letstakecareofit.com/wp-content/uploads/2015/10/The-True-Cost-of-Medication-Non-Adherence-Report.pdf>.

Hayes, Tamara L.; Cobbinah, Kofi; Dishongh, Terry; Kaye, Jeffrey A.; Kimel, Janna; Labhard, Michael et al. (2009): A study of medication-taking and unobtrusive, intelligent reminding (8).

HERO Health LLC (2016): Hero. Online verfügbar unter <https://herohealth.com>, zuletzt geprüft am 05.10.2016.

Herstatt, Cornelius; Verworn, Birgit (Hg.) (2007): Management der frühen Innovationsphasen. Wiesbaden: Gabler.

Hoffmann, Elke; Gordo, Laura Romeu; Nowossadeck, Sonja (2014): Lebenssituation älterer Menschen in Deutschland. Hg. v. Deutsches Zentrum für Altersfragen.

Joyce A. Cramer; Richard H. Mattson, M. D.; Mary L. Prevey, PhD; Richard D. Scheyer, M. D.; Valinda L. Ouellette, R. N. (1989): How Often Is Medication Taken as Prescribed? A Novel Assessment Technique. In: JAMA (Hg.): The Journal of the American Medical Association. 262. Aufl. (11).

Keding, Hannah; Eggen, Bernd (2011): Wohnsituation älterer Menschen in BadenWürttemberg und Deutschland. In: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (Hg.): Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg. Stuttgart, S. 12–19.

Kirch, Wilhelm; Hoffmann, Thomas; Pfaff, Holger (2012): Prävention und Versorgung. 1. Aufl. s.l.: Georg Thieme Verlag KG. Online verfügbar unter <http://ebooks.thieme.de/9783131694515>.

Köther, I. (2007): Thiemes Altenpflege: Thieme.

Luga, Aurel O.; McGuire, Maura (2014): Adherence and health care costs. In: Dove Press (Hg.): Journal of Risk Management and Healthcare Policy, S. 35–44. Online verfügbar unter <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3934668/pdf/rmhp-7-035.pdf>.

Lundell, Jay; Kimel, Janna; Dishongh, Terry; Hayes, Tamara L.; Pavel, Misha; Kaye, Jeffrey A. (2010): Why Elders Forget to Take Their Meds: A Probe Study to Inform a Smart Reminding System. In: Chris D. Nugent und Juan Carlos Augusto (Hg.): Smart homes and beyond. ICOST 2006 : 4th International Conference on Smart Homes and Health Telematics. Amsterdam, Washington, DC: IOS Press (Assistive technology research series 1383-813X, v. 19), S. 98–105.

Medminder (o. J.): Jon – Locked Pill Dispenser. Online verfügbar unter <https://www.medminder.com/pill-dispensers-2/jon-locked-pill-dispenser/>, zuletzt geprüft am 06.10.2016.

MedSignals / VitalSignals LLC (2014): MedSignals® Pill Case/Monitor. Online verfügbar unter <http://www.medsignals.com/medsignals-pill-case>, zuletzt geprüft am 05.10.2016.

micropik (o. J.): SG90 9 g Micro Servo. Online verfügbar unter <http://www.micropik.com/PDF/SG90Servo.pdf>, zuletzt geprüft am 02.03.2017.

Müller, Lotti; Petzold, Hilarion G. (2009): Resilienz und protektive Faktoren im Alter und ihre Bedeutung für den Social Support und die Psychotherapie bei älteren Menschen. Hg. v. Europäische Akademie für psychosoziale Gesundheit.

Nadhem Kachroudi (2010): Ambient Assisted Living.

Pack, Jochen (2000): Zukunftsreport demographischer Wandel. Innovationsfähigkeit in einer alternden Gesellschaft. Bonn: bmb+f, Bundesministerium für Bildung und Forschung.

Peter Georgieff (2009): Aktives Alter(n) und Technik. Nutzung der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) zur Erhaltung und Betreuung der Gesundheit älterer Menschen zu Hause. Hg. v. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung.

Redaktionsteam Hannoversche (2016): STEIGENDE LEBENSERWARTUNG – WAS SIND GRÜNDE UND FOLGEN? Hg. v. Hannoversche Lebensversicherung AG / Hannoversche Direktversicherung AG. Online verfügbar unter <https://www.hannoversche.de/aktuelles/steigende-lebenserwartung-was-sind-gruende-und-folgen.htm>, zuletzt geprüft am 07.10.2016.

Renteln-Kruse, W.; Frilling, B.; Neumann, L.; Kuhlmeier, A. (2014): Arzneimittel im Alter: De Gruyter.

Rödel, Susanne (2012): Adhärenz in Zahlen: großes Problem, großes Potenzial. Online verfügbar unter <http://www.healthcaremarketingblog.de/non-adhaerenz-kosten-folgen-potenzial>, zuletzt geprüft am 08.10.2016.

Sackmann, Reinhold (2007): Lebenslaufanalyse und Biografieforschung. Eine Einführung. 1. Aufl. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden (Studienskripten zur Soziologie). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-531-90606-5>.

Salgia, Aakash Sunil; Ganesan, K.; Raghunath, Ashwin (2015): Smart Pill Box. In: *Indian Journal of Science and Technology* 8 (S2), S. 95. DOI: 10.17485/ijst/2015/v8iS2/58744.

Schneekloth, U.; Wahl, H. W. (2008): Selbständigkeit und Hilfebedarf bei älteren Menschen in Privathaushalten: Pflegearrangements, Demenz, Versorgungsangebote: Kohlhammer. Online verfügbar unter <https://books.google.de/books?id=jyu-Os6LcnoC>.

SMRXT INC (2015): SMRxT. Online verfügbar unter <https://www.smrxt.com>, zuletzt geprüft am 06.10.2016.

Statista (2016): Anzahl der Geburten und der Sterbefälle in Deutschland in den Jahren von 1950 bis 2015. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/161831/umfrage/gegenueberstellung-von-geburten-und-todesfaellen-in-deutschland/>, zuletzt geprüft am 07.10.2016.

Statistisches Bundesamt (2015): Koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung für Deutschland. Online verfügbar unter <http://www.destatis.de/bevoelkerungspyramide/>, zuletzt geprüft am 02.10.2016.

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (Hg.) (2011): Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg. Stuttgart.

Strese, Hartmut (2010): Ambient Assisted Living - ein zu hebender Schatz für Dienstleister. Hg. v. VDI/VDE Innovation + Technik GmbH. Online verfügbar unter <http://www.vdivde-it.de/ips/archiv/mai-2010/ambient-assisted-living-ein-zu-hebender-schatz-fuer-dienstleister>, zuletzt geprüft am 24.10.2016.

Theussig, Sören (2012): AAL für ALLE? Nutzerakzeptanz-Steigerung von altersgerechten Assistenzsystemen (AAL) durch den Ansatz des Universal Design und Nutzerintegration. Online verfügbar unter <http://nullbarriere.de/aal-fuer-alle.htm>, zuletzt geprüft am 14.10.2016.

Thyrolf, Anja (2013): Ambient Assisted Living. Möglichkeiten, Grenzen und Voraussetzungen einer gerechten Verteilung altersgerechter Assistenzsysteme. Halle (Saale): Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg Interdisziplinäres Zentrum Medizin-Ethik-Recht (Schriftenreihe Medizin - Ethik - Recht, 45).

Tomita, Machiko R.; Mann, William C.; Fraas, Linda F.; Stanton, Kathleen M. (2004): Predictors of the Use of Assistive Devices that Address Physical Impairments Among Community-Based Frail Elders. In: *J appl gerontol* 23 (2), S. 141–155. DOI: 10.1177/0733464804265606.

Tricella Inc. (2015): Pillbox by Tricella. Online verfügbar unter <http://www.tricella.com>, zuletzt geprüft am 06.10.2016.

van den Boogaard, Jossy; Lyimo, Ramsey A.; Boeree, Martin J.; Kibiki, Gibson S.; Aarnoutse, Rob E. (2011): Electronic monitoring of treatment adherence and validation of alternative adherence measures in tuberculosis patients: a pilot study. In: *Bulletin of the World Health Organization* 89 (9), S. 632–639. DOI: 10.2471/BLT.11.086462.

Waveshare (2016): 5inch HDMI LCD. Online verfügbar unter http://www.waveshare.com/wiki/5inch_HDMI_LCD, zuletzt geprüft am 11.03.2017.

WEALTHTAXI (o. J.): Product Description. Online verfügbar unter <http://www.getiremember.com/Home/Description?Length=4>, zuletzt geprüft am 06.10.2016.

Weineck, Jürgen (2004): Sportbiologie. 9. Aufl. Balingen: Spitta-Verl.