

HOCHSCHULE DER MEDIEN



Master-Studiengang Wirtschaftsinformatik (WIM3)

Masterarbeit

(368301)

Konzeption und Design eines kontextsensitiven smarten Medikamentenverwaltungssystems

vorgelegt bei

Prof. Dr. Gottfried Zimmermann

Dipl. -Ing. Lukas Smirek

von

Waldemar Jaufmann

Matr.-Nr. 31944

im

Wintersemester 2016/2017

Management Summary

Management Summary	II
Abkürzungsverzeichnis	VI
Abbildungsverzeichnis	VII
1. Einleitung	1
1.1. Motivation	1
1.2. Ziel der Masterarbeit	2
1.3. Methodisches Vorgehen	2
1.4. Aufbau der Arbeit	2
1.5. Verwandte Arbeiten	3
2. Grundlagen	5
2.1. Terminologische Einordnungen	5
2.1.1. Adhärenz und Compliance	5
2.1.2. Alter und Altern	6
2.2. Demographischer Wandel	7
2.3. Lebenssituation älterer Menschen	8
2.3.1. Gesundheit	8
2.3.2. Adhärenz	10
2.3.3. Wohnsituation	12
2.3.4. Technikakzeptanz	13
2.4. Ambient Assisted Living	14
2.4.1. Geschichte	15
2.4.2. State of the Art	16
2.4.3. Anwendungsbereiche	16
3. Kategorien von Medikamentenverwaltungssystemen	18
3.1. Einordnung der Medikamentenverwaltungssysteme in Kategorien	19
3.1.1. Smarte Medikamentenspender	19
3.1.1.1. Produkte auf dem Markt	19
3.1.2. Smarte Medikamentendosen	22
3.1.2.1. Produkte auf dem Markt	22
3.1.3. Smarte Medikamentendosierer	25
3.1.3.1. Produkte auf dem Markt	25
3.1.4. Smarte Aufsätze	28
3.1.4.1. Produkte auf dem Markt	28
3.2. Bewertung der Kategorien nach Einsatzpotenzial	30
4. Konzeption und Entwicklung des smarten Medikamentenverwaltungssystems	32
4.1. Analysephase	34

4.1.1.	Vorbereitung der Anforderungsanalyse	34
4.1.2.	Durchführung der Anforderungsanalyse	34
4.1.3.	Auswertung der Anforderungsanalyse	35
4.2.	Konzeptionsphase	36
4.2.1.	Konzept 1: Smarter Medikamentenspender	36
4.2.2.	Konzept 2: Smarter Medikamentendosierer	38
4.2.3.	Bewertung und Auswahl der Konzepte	39
4.3.	Entwicklung der Hardware	42
4.3.1.	Prototyping	42
4.3.2.	Konstruktion	43
4.3.3.	Einbau der Bestandteile und Elektronik	44
4.3.3.1.	Verwendete Bestandteile	44
4.3.3.2.	Schaltplan	47
4.3.3.3.	Einbau der Elektronik	49
4.4.	Entwicklung der Software	50
4.4.1.	Architektur	50
4.4.2.	Funktionen	56
4.4.2.1.	Benachrichtigungsfunktionen verwalten	56
4.4.2.2.	Manuelle Ausgabe	58
4.4.2.3.	Medikamente verwalten	59
4.4.2.4.	Termine verwalten	61
4.4.2.5.	Kontaktpersonen verwalten	61
4.4.2.6.	Bezugsquellen verwalten	62
5.	Validierung	62
6.	Fazit und Ausblick	62
<i>Anhang 1: Übersicht über bestehende Ambient Assisted Living Anwendungen</i>		64
<i>Anhang 2: Fragenkatalog für die Befragung von stationären Pflegeeinrichtungen</i>		65
<i>Literaturverzeichnis</i>		VII
<i>Ehrenwörtliche Erklärung</i>		XII

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

Theo Jansen

Abkürzungsverzeichnis

AAL – Ambient Assisted Living

MEMS - Medication Event Monitoring System

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Multimorbidität nach Alter im Jahr 2002.....	9
Abbildung 2: Barmer GEK Versicherte, die Medikamente bezogen haben.....	10
Abbildung 3: Gründe für die Non-Adhärenz.....	11
Abbildung 4: Gegenmaßnahmen der Non-Adhärenz.....	12
Abbildung 5: Generationen von Ambient Assited Living.....	15
Abbildung 6: Anwendungsbereiche von AAL.....	17
Abbildung 7: Hero Medikamentenspender.....	19
Abbildung 8: uBox Medikamentenspender.....	20
Abbildung 9: Dr. Poket Medikamentenspender.....	21
Abbildung 10: SMRxT Medikamentendose.....	23
Abbildung 11: Adherence Pill Bottle Medikamentendose.....	23
Abbildung 12: ROUND Refill Medikamentendose.....	24
Abbildung 13: Medminder Jon Medikamentenbox.....	26
Abbildung 14: MedSignals Pill Case/Monitor Medikamentenbox.....	26
Abbildung 15: Pillbox by Tricella Medikamentenbox.....	27
Abbildung 16: iRemember Aufsatz.....	29
Abbildung 17: GlowCap Aufsatz.....	29
Abbildung 18: Rangliste der Arten.....	31
Abbildung 19: Produktentwicklungsphasen.....	32
Abbildung 20: Unterphasen von Analysephase.....	32
Abbildung 21: Unterphasen von der Konzeptionsphase.....	33
Abbildung 22: Unterphasen von Entwicklung der Hardware.....	33
Abbildung 23: Unterphasen von Entwicklung der Software.....	34
Abbildung 24: Smarter Medikamentenspender.....	36
Abbildung 25: Konzept 2: Smarter Medikamentendosierer.....	38
Abbildung 26: Prototyp aus Karton.....	42
Abbildung 27: Gehäuse aus Holz.....	43
Abbildung 28: Sockel für die Medikamentendosen.....	44
Abbildung 29: Smarte Medikamentendose.....	44
Abbildung 30: Raspberry Pi Spezifikationen.....	45
Abbildung 31: SG90 Servo Motor.....	45
Abbildung 32: 5mm rot leuchtende LED.....	46
Abbildung 33: Lautsprecher.....	47
Abbildung 34: Schaltplan.....	47
Abbildung 35: Elektronik des Medikamentenspenders.....	49
Abbildung 36: Hall-Sensor-Modul.....	49
Abbildung 37: Architektur.....	50
Abbildung 38: MySQL-Befehl zum Auslesen der Einnahmeinformationen.....	51
Abbildung 39: Parsen der Werte in ein JSON-Objekt.....	52
Abbildung 40: Aufruf des JSON-Services.....	52
Abbildung 41: Cron-Ausdruck zur Überprüfung des Einnahmezeitpunktes.....	52
Abbildung 42: sendHttpRequest zum Aufruf der Einnahmeinformationen.....	53
Abbildung 43: Regel zum Abspielen der akustischen Benachrichtigungsfunktionen.....	53
Abbildung 44: Regel zur Steuerung der visuellen Benachrichtigungsfunktion.....	54
Abbildung 45: Regel zum Ausführen von servo.py.....	54
Abbildung 46: Python-Skript zum ansteuern des Servo-Motors.....	55
Abbildung 47: Regel zum Abspielen der akustischen Einnahmeinformation.....	55
Abbildung 48: TTS Schell-Skript.....	56

Abbildung 49: Visuelle Einstellungen.....	57
Abbildung 50: Akustische Einstellungen	57
Abbildung 51: Manuelle Ausgabe Startbildschirm	58
Abbildung 52: Auswahl des gewünschten Termins	58
Abbildung 53: Maske zur Eingabe der allgemeinen Medikamenteninformationen.....	59
Abbildung 54: Einnahme- und Bestandsinformationen	60
Abbildung 55: Zeitpunktangabe	60
Abbildung 56: Detaillierte Terminübersicht.....	61
Abbildung 57: Kontaktpersonen hinzufügen.....	62

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleich der smarten Medikamentenspender	21
Tabelle 2: Vergleich von smarten Medikamentendosen	24
Tabelle 3: Vergleich von smarten Medikamentenboxen	27
Tabelle 4: Vergleich der smarten Aufsätze	30
Tabelle 5: Anforderungen der Pflegeverantwortlichen an ein smartes Medikamentenverwaltungssystem	35
Tabelle 6: Bestandteile des smarten Medikamentenspenders	37
Tabelle 7: Konzept 2: Bestandteile des Smarten Medikamentendosierers.....	38
Tabelle 8: Vergleich der Anforderungen mit den bewerteten Kategorien von den Interviewpartnern.....	39
Tabelle 9: GPIO-Pin Belegungen	48

1. Einleitung

1.1.Motivation

Im Laufe des Lebens muss sich jeder irgendwann mit der unangenehmen Thematik der Medikamenteneinnahme auseinandersetzen. Dies kann bei manchen nur in einer temporären Einnahme von Mucosolvan zur Linderung des unangenehmen Hustens resultieren und bei anderen wiederum wird die komplette Tagesplanung allein an den einzunehmenden Medikamenten ausgerichtet, die regelmäßig Eingenommen werden müssen. Besonders ältere Personen sind gekennzeichnet von der aktiven Planung 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 Arzneimittel pro Tag behandelt werden müssen. Weiterhin liegt der Anteil der Medikamentenpflichtigen älteren Personen laut der Krankenkasse 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-Adhärenz gelten. (vgl. Hayes et al. 2009, S. 770) Dies resultiert unter anderem davon, dass besonders ältere Personen durch altersbedingte körperliche oder geistige Einschränkungen schnell die Übersicht der einzunehmenden Medikamente verlieren. (vgl. Lundell et al. 2010, S. 98) Dies führt nicht nur dazu, dass sich der Gesundheitszustand der Personen verschlechtert, sondern auch das zusätzliche Krankenhausaufenthalte oder Pflegebedarf nötig ist. So kostete die Non-Adhärenz den deutschen Staat im Jahr 2007 bis zu 10 Milliarden Euro. (vgl. ABDA - Bundesvereinigung Deutscher Apothekerverbände e. V. 2007). Diese Tatsache erfordert eine besondere Beachtung, da laut dem statistischem Bundesamt der Anteil an älteren Personen in Deutschland die nächsten Jahre steigen 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 soll unter der Verwendung von „Ambient Assisted Living (AAL)“-Technologien Unterstützungsmaßnahmen geschaffen werden, die den älteren Personen assistiv bei der Verwaltung und Einnahme der Medikamente helfen sollen. Dadurch soll eine Steigerung der Adhärenz der Personen angestrebt werden und zwar nicht nur zur Senkung der daraus resultierenden Behandlungskosten, sondern auch um älteren Personen einen angenehmen und weitestgehend beschwerdefreien Lebensabend zu gewährleisten

1.2. Ziel der Masterarbeit

Das Ziel der Masterarbeit ist es sich mit der Thematik Adhärenz bei älteren Personen auseinanderzusetzen, um aufzuzeigen welche Gründe bei älteren Personen dazu führen Medikamente nicht einzunehmen, damit Konzepte und Gegenmaßnahmen herausgearbeitet werden können zur Erhöhung der Bereitschaft zur Einnahme der Medikamente. Die gewonnenen Ergebnisse fließen daraufhin in die Entwicklung einer smarten Medikamentendose, die unter der Berücksichtigung der individuellen Einnahmearten und -Rhythmen der Betroffenen Personen als ein Medium zur Verwaltung der Medikamente dienen soll. Die smarte Medikamentendose wird sich speziell durch eine Kontextsensitivität auszeichnen, die den individuellen Benutzer-, Umgebungs- sowie Gerätekontext unter der Verwendung von Sensoren und Aktoren erfassen kann und autonom verarbeiten, sodass speziell auf den Benutzer angepasste Erinnerungsmechanismen erstellt werden können. Als Basis zur Verarbeitung der Sensoren Daten, sowie der Ermöglichung einer Interoperabilität mit anderen Geräten, wird die Middleware OpenHAB verwendet.

1.3. Methodisches Vorgehen

Zur Erforschung der Gründe für die Adhärenz und die Non-Adhärenz von älteren Personen wurden Interviews mit Pflegekräften von Altenpflegeheimen durchgeführt. Durch die Interviews sollten allgemeine demografische Daten über die Bewohner und Pflegeverantwortliche der Einrichtungen, anonymisierte Informationen in Bezug zum Medikamenteneinnahmeverhalten von den Bewohnern, Bereitschaft der Verwendung von smarten Medikamentensystemen sowie den Anforderungen an ein zukünftiges Medikamentenverwaltungssystem erhoben werden. Anhand der Informationen wurden Anforderungen definiert sowie Konzepte erstellt.

1.4. Aufbau der Arbeit

1.5. Verwandte Arbeiten

Es wurden bereits viele 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 erkennen kann, wann Medikamente eingenommen werden müssen. 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 und bei einer Knappheit eine Nachricht mit einem Bestellauftrag an eine Apotheke versendet werden kann.

Weiterhin wurden Untersuchungen angestellt, 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 Geräte den beteiligten Personen zur Verfügung gestellt, die visuelle Erinnerungsfunktionen durch ein aufleuchten von Lichtern bieten, audiovisuelle Erinnerungsmechanismen durch eine Durchsage, dass es Zeit zur Einnahme der Medikamente ist und Wearables, die Textnachrichten anzeigen bei der Fälligkeit der Medikamenteneinnahme. So stellte sich heraus, dass bei den 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, die tragbar sind, zum Beispiel eine Smartwatch und Geräte, die die Personen durch Vibrationen bzw. audiovisuelle Signale an die Einnahme erinnern. (vgl. Lundell et al. 2010, 101f.)

Aufbauend auf dieser Studie wurde daraufhin ein kontextsensitives Medikamentenerinnerungssystem von Hayes et al. (2009) entwickelt. Dieses System konnte, basierend unter 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 Person zum Medikamenteneinnahmezeitpunkt 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 am höchsten war (92.3 Prozent) im Vergleich zu den einfachen zeitbezogenen Erinnerungsmechanismen (73.5 Prozent) sowie keinen Erinnerungsmechanismen (68 Prozent). (vgl. a. a. O., S. 773) Mit dieser Studie konnte Hayes et al. erstmals beweisen, dass kontextsensitives 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 einer „trennscharfen Abgrenzung“. (Dachverband Adherence e.V. 2011) Aufgrund dessen soll 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 nur der Bezug auf das Verhalten des Patienten gelegt wird und somit die Mitarbeit und Bereitschaft des Patienten bei der Befolgung von ärztlichen Verordnungen im Vordergrund steht. (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 medizinischem Fachpersonal. (ebd.) Mit der Zeit ist man zu dem Entschluss 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 medizinischen Kontext der Untersuchung von dem Medikamenteneinnahmeverhalten von Patienten, Personen bezeichnet, die die ärztlichen Verordnungen nicht befolgen und Medikamente unregelmäßig einnehmen oder sogar komplett die Behandlung eigenverantwortlich, ohne die 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 auf der biologischen Ebene damit erklärt werden, weswegen ein 30-Jähriger Leistungssportler als alt gilt: Dies liegt daran, dass biologische Regelmäßigkeiten des menschlichen Körpers die Leistungsfähigkeiten von Menschen bestimmen und genauer vorhergesagt werden kann, wann bestimmte körperliche Leistungsfähigkeiten nachlassen. (vgl. Sackmann 2007) Aufgrund dessen kann das biologische Alter als ein Resultat aus dem Altern angesehen werden, welches sich auf dem 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 als ‚jung-gebliebene‘ beschriebener 60-Jähriger bei einem Seniorentreff unterliegt der sozialen Sichtweise des Begriffs Alter. So wird auf der sozialen Ebene der Begriff Alter durch gesellschaftliche Normen und Kategorien bestimmt, die sich in einem Bündel an Erwartungen vom Altersstatus und Altersrollen definieren. (vgl. Sackmann 2007).

Die chronologische Ebene ist dagegen nur eine kalendarische Sichtweise der Zeitspanne, die sich zwischen der Geburt der Individuen und des aktuellen Datums ansiedelt. (vgl. Weineck 2004, S. 412). So findet laut Thyrolf (2013) eine gängige Einteilung in die Zeitspannen *drittes Lebensalter* (65 – 75 Jahre) und *viertes Lebensalter* (über 75 Jahre) statt. Zu dem *dritten Lebensalter* gehören die sogenannten „jungen Alten“ an (eine Gruppe von weitestgehend gesunden sowie sozial aktiven und integrierten Personen) und zu dem *vierten Lebensalter* gehören wiederum Personen an, die bereits geprägt durch den altersbedingten körperlichen Abbau sind.

2.2. Demographischer Wandel

In der Altersforschung, auch bekannt als Gerontologie, ist die Betrachtung des demographischen Wandels unumgänglich. Dies bezieht sich auf die Tatsache, dass durch die Betrachtung des demographischen Wandels Veränderungen der Altersstruktur in einer Gesellschaft beschrieben werden können sowie mögliche Folgen und Ursachen für die Zusammensetzung einer Gesellschaft und deren Altersaufbau aufgezeigt werden können. (vgl. Pack 2000, S. 8) So führt eine hohe Geburtenzahl in Kombination mit einer abnehmenden Sterberate zu einer kompakten Alterspyramide. (vgl. ebd.) Hingegen eine sinkende bzw. stagnierende Geburtenrate in Zusammenhang mit einer steigenden Lebenserwartung führt zu einem unausgewogenen Altersaufbau und somit zu einer Bevölkerung, bei der die Anzahl der älteren Personen dominiert. (vgl. ebd.) Das letzte beschriebene Szenario trifft laut dem statistischem Bundesamt die nächsten Jahre verstärkt auf die Zusammensetzung der deutschen Bevölkerung zu. Denn seit Jahren besteht in Deutschland eine Stagnation der Geburtenrate, die dazu führt, dass allein im Jahr 2015 weniger Menschen geboren (737.630) wurden, als gestorben (925.239) sind. (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 die nächsten Jahre weiter zu. So waren laut dem statistischem Bundesamt (2011) im Jahr 2015 knapp 17,3 Millionen über 65-Jährige verzeichnet, die bis zum Jahr 2030 um 7 Prozent auf 21,8 Millionen ansteigen werden. Wohingegen die Anzahl der unter 20-Jährigen um ein Prozent von 14 auf 13,8 Millionen fallen wird. (vgl. ebd.)

Die Zunahme der älteren Personen resultiert laut der Hannoverschen Lebensversicherung (2016) in der Entwicklung des medizinischen Fortschritts, der in den letzten Jahren große Erkenntnisse in der Prävention und Bekämpfung von vielen Altersleiden, wie Krebs oder Herz-Kreislauf-Erkrankungen, beigetragen hat. Weitere Faktoren für die höhere Lebenserwartung ist unter

anderem der steigende Wohlstand, die im Vergleich zu dem 19-Jahrhundert besseren Arbeitsbedingungen sowie einer vermehrt besseren Lebensweise und Hygiene. (vgl. ebd.) Die Zunahme der Lebenserwartung hat zufolge, dass jedes Jahrzehnt 2,5 Jahre mehr an Lebenserwartung hinzukommen und dadurch theoretisch jede 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 oft sofort als dement oder sogar obsolet bezeichnet werden, ist heutzutage in der Gesellschaft vermehrt aufzutreten. Studien konnten nachweisen, dass sich unterschiedliche Faktoren, als nur die alterskorrelierte nachlassende Gedächtnisleistung, als ausschlaggebend für ein non-adhärenentes Verhalten bei älteren Personen führen. Deswegen sollen in diesem Kapitel nicht nur die Gründe aufgegriffen werden, die zu einer Adhärenz führen (siehe 2.3.2), sondern auch die allgemeinen Aspekte im Leben von älteren Personen beschrieben werden. Zu diesen zählt unter anderem die Gesundheit (siehe 2.3.1), Wohnsituation (siehe 2.3.3) und Technikakzeptanz (siehe 2.3.4)

2.3.1. Gesundheit

Die Gesundheit ist eines der kostbarsten und nicht materiellen Güter, womit sich die Menschen ihr lebenslang in der Hoffnung der Steigerung ihrer Lebensqualität bzw. Lebenserwartung beschäftigen. So ist es auch nicht verwunderlich, dass auch im hohen Alter ein Verlangen nach einer hohen 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) und als erschwerend kommt noch hinzu, dass die Wahrscheinlichkeit bei älteren Personen ab 65 Jahren an Multimorbidität (Befund von mehreren Krankheiten) zu erkranken zunimmt (vgl. Andrae et al. 2006, S. 92). Dies wird von der Abbildung 1 verdeutlicht, die aufzeigt, dass in der Gruppe der 40 bis 54-Jährigen vier Prozent der Personen im Jahr 2002 an fünf und mehr Krankheiten erkrankten. Die Multimorbidität nahm in der Gruppe der 55 bis 69-Jährigen auf 12 Prozent zu und in der Gruppe der 70- bis 85-Jährigen auf fast 24 Prozent.

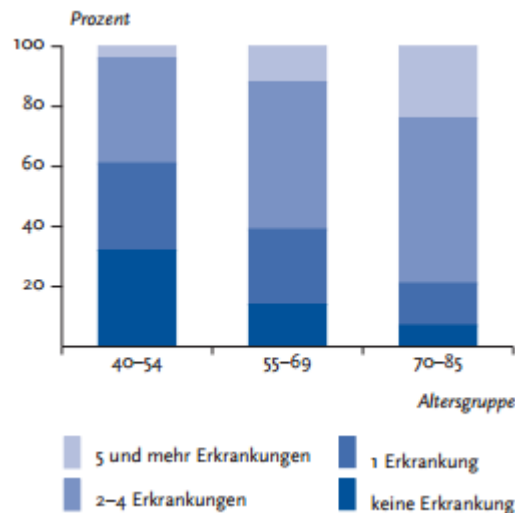


Abbildung 1: Multimorbidität nach Alter im Jahr 2002

(Quelle: Böhm et al. 2009, S. 75)

Eine Multimorbidität führt unter anderem 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) Diese Tatsache wird auch von der Barmer GEK bestätigt: Denn laut dem Barmer GEK Arzneimittelreport 2015 bezogen mehr als 80 Prozent der älteren versicherten Personen Medikamente. (vgl. Glaeske und Schicktanz 2015a, S. 53) Der Bezug von Medikamenten erweist sich mit zunehmendem Alter als exponentiell steigend. (siehe **Abbildung 2**).

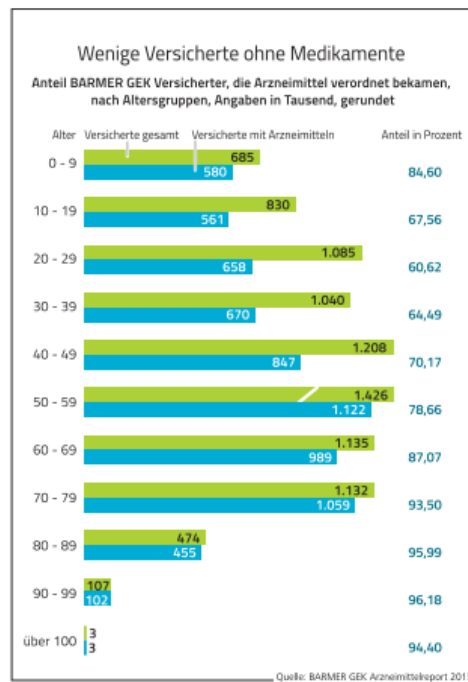


Abbildung 2: Barmer GEK Versicherte, die Medikamente bezogen haben

(Glaeske und Schick Tanz 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, sind laut Gesundheitspfleger, die in stationären Pflegeeinrichtungen arbeiten, die alterskorrelierte Abnahme der Gedächtnisleistung, Demenz, verlieren der Übersicht bei einer Multimedikation, Fehleinschätzungen zum gesundheitlichen Zustand, Nebenwirkungen und die Tablettenkonsistenz (siehe Abbildung 3). Weiterhin kommt es auch vor, dass besonders desorientierte ältere Personen denken, dass sie durch Medikamente vergiftet werden. (ebd.)

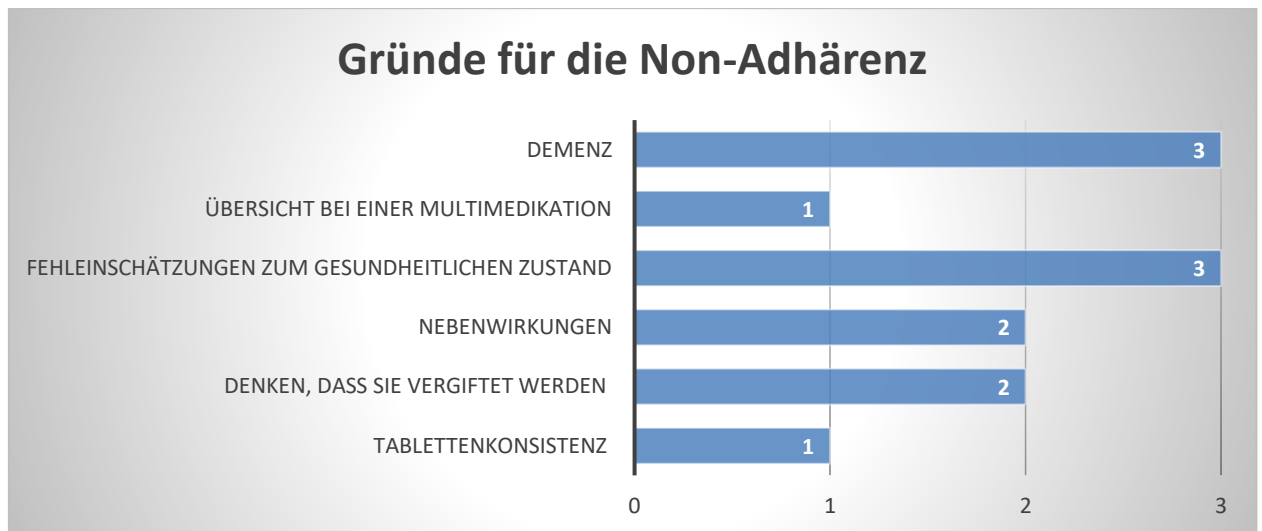


Abbildung 3: Gründe für die Non-Adhärenz

(Quelle: Befragungen von Pflegeern 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, dass nach einer durchgeführten Studie von Goud et al. (vgl. 2009, S. 33), bei der 135 ältere Personen über ihr Medikamentenboxennutzungsverhalten befragt wurden, 93 Prozent der befragten Personen selbstständig in der Verwaltung der Medikamente waren. Lediglich drei Prozent haben Medikamente von Pharmazeuten verwalten lassen 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 vornehmen, vermehrt ein non-adhärentes Verhalten aufzutreten ist.

Eine Non-Adhärenz führt nicht nur dazu, dass sich der Gesundheitszustand der Personen verschlechtert, sondern auch das zusätzliche Krankenhausaufenthalte oder Pflegebedarf nötig ist. (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 eine Steigerung der Adhärenz von den non-adhärenenten Personen angestrebt werden und zwar nicht nur zur Senkung der daraus resultierenden Behandlungskosten, sondern auch um älteren Personen einen angenehmen und weitestgehend beschwerdefreien Lebensabend zu gewährleisten. Zur Steigerung der Adhärenz und Prävention können laut Luga und McGuire (2014) drei Strategien verfolgt werden: Die an die Patienten ausgerichtete Strategie (z.B. Einsatz

von Erinnerungsgeräten), an die Verantwortliche für die Gesundheit der Patienten ausgerichtete Strategie (z. B. gezielte Schulung der Ärzte auf das Thema) sowie einer Strategie, die durch externe Faktoren beeinflusst wird (z. B. automatisches Nachbestellen von Medikamenten). Pfleger von stationären Pflegeeinrichtungen wiederum legen einen 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 bzw. Medikamente, die zu groß zum Schlucken sind, gemörsert und mit dem Essen verabreicht. (Befragungen von Pfleger und Pflegedienstleiter von stationären Pflegeeinrichtungen)

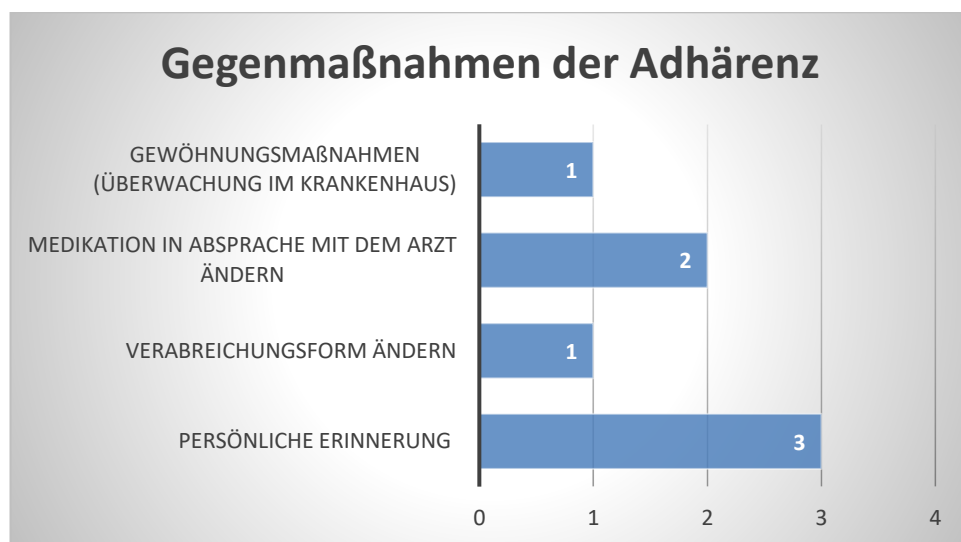


Abbildung 4: Gegenmaßnahmen der Non-Adhärenz

(Quelle: Befragungen von Pflegern und Pflegedienstleiter von stationären 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

Die Diplom Psychologin Claßen (2012) hat sich in ihrer Dissertation mit dem Titel „Zur Psychologie von Technikakzeptanz im höheren Lebensalter: Die Rolle von Technikgenerationen“ mit dem Thema der Technikakzeptanz von älteren Personen beschäftigt und fand heraus, 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 2.2). Trotz der hohen Vulnerabilität und der alterskorrelierten Krankheiten (siehe 2.3.1) ist der Bedarf dieser Kohorte, ein autonomes und selbstbestimmtes Leben in den eigenen vier Wänden zu führen, weiterhin ungebrochen (siehe 2.3.3). Da jedoch das soziale Aktionsumfeld und dadurch die personelle Unterstützung im Alter zunehmend 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 „Ambient Assisted Living (AAL)“ soll den Personen ein assistiertes 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 Ermöglichung der älteren Personen weiterhin selbstbestimmt in den eigenen vier Wänden zu wohnen, wurden im Laufe der Zeit AAL-Technologiesysteme und -Konzepte entwickelt, die den Personen bei der Bewältigung ihrer alltäglichen Aufgaben helfen sollen. (siehe Abb. 5)

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 Generationen 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)

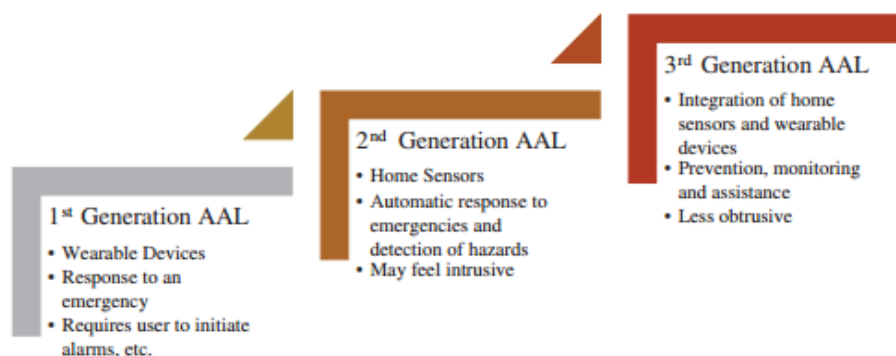


Abbildung 5: Generationen von Ambient Assisted Living

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

2.4.2. State of the Art

Mittlerweile sind in Europa 22 Staaten, zu denen auch Deutschland zählt, an Projekten zur Erforschung von neuen Konzepten und Technologien im Rahmen von Ambient Assisted Living beteiligt. Diese Forschungen haben dazu beigetragen, dass im Laufe der Zeit der Forschungsbereich Ambient Assisted Living vermehrt technologische und methodische Errungenschaften dazugewinnen konnte. Zu diesen neuen Errungenschaften gehört zum Beispiel die Anwendung *Aladdin*, welches Demenzzkranken 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 Altengerechte 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 6**).

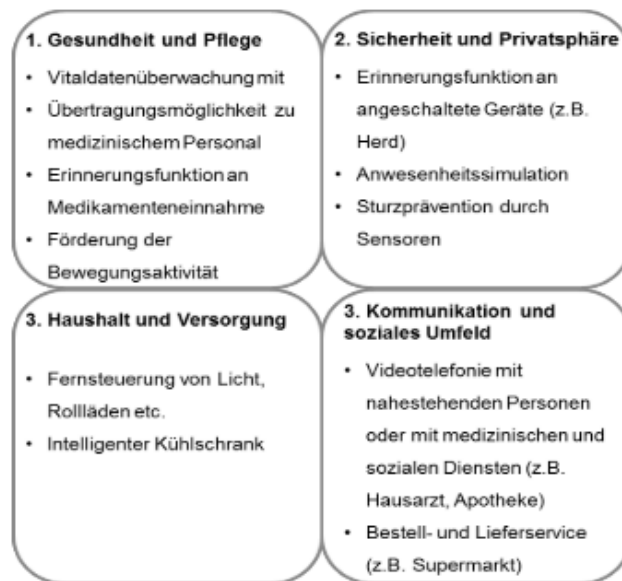


Abbildung 6: Anwendungsbereiche von AAL

(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, Medikamentenboxen, 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, 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, S. 14) Hauptsächlich befassen sich Forschungen im Rahmen dieser Kategorie mit der Konvergenz und Interoperabilität von bereits vorhandenen Systeme, 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, S. 14; vgl. Thyrolf 2013, S. 14) Ebenfalls kann durch intakte soziale Interaktionen die körperliche und seelische Gesundheit gefördert werden. (vgl. Nadhem Kachroudi, 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 Mikrokontrollers jede Öffnung der Dose protokollieren kann (vgl. van den Boogaard et al., S. 632) So wurde mit der Hilfe von MEMS im Jahr 1989 von Cramer et al. (1989) bereits Untersuchungen unter der Verwendung der Medikamentendose angestellt, 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 3.1). Weiterhin erfolgt eine Bewertung der einzelnen Kategorien nach einem potenziellen Einsatz (siehe 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.

3.1.1.1. Produkte auf dem Markt

Hero

Hero ist ein smarter Medikamentenspender, der von HERO Health LLC entwickelt und für einen Preis von 599 \$ 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 7: Hero Medikamentenspender

(Quelle: HERO Health LLC 2016)

MyUBox

Ubox wurde im Jahr 2007 von Goutam Reddy und Sara Cinnamon entwickelt, um Tuberkulose Erkrankten Menschen in Indien und anderen Entwicklungshelfern 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 \$ im Monat abschließen. Neben dem Produkt beinhaltet der Vertrag noch weitere Leistungen: Wie einen technischen Support, kostenlose Upgrades und vieles mehr. (Abiogenix 2016a)



Abbildung 8: uBox Medikamentenspender

(Quelle: Abiogenix 2016a)

Dr. Poket

Dr. Poket ist ein smarterer 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 \$ 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.)

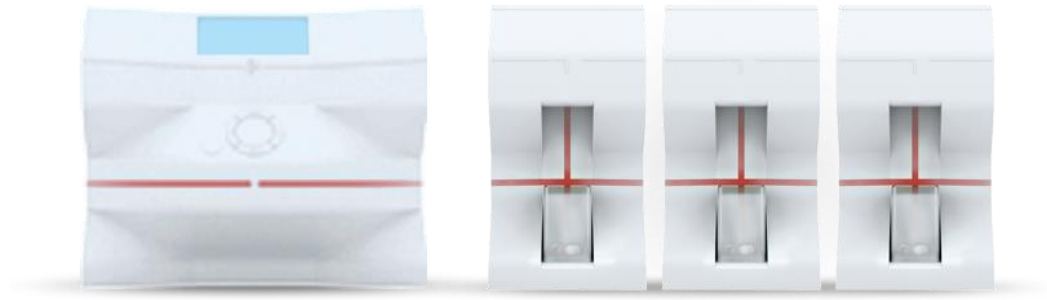


Abbildung 9: Dr. Poket Medikamentenspender

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

Tabelle 1: Vergleich der smarten Medikamentenspender

Kriterien	Hero	MyUBox	Dr. Poket
1. Produkt			
1.1 Preis	599,00 \$	25 \$ im Monat	499 \$
1.2 Kapazität	10 Verschiedene Medikamente	14 Verschiedene Medikamente	3 Verschiedene Medikamente Erweiterbar auf 8
2. Funktionalitäten			
2.1 Erinnerung bei Knappheit	Ja, kann sogar bei Amazon nachbestellen	Unbekannt	Ja
2.2 Visuelle Erinnerung	Nein	Nein	Unbekannt
2.3 Akustische Erinnerung	Ja	Ja	Unbekannt
2.4 Erinnerung durch zusätzliche Geräte (Handy, SmartWatch)	Ja	Unbekannt	Unbekannt
3. Sicherheit			
3.1 Sicherheit vor falscher Einnahme	Ja	Ja	Ja

3.2 Kindersicherheit	Ja	Ja	Ja
4. Benutzbarkeit			
4.1 Portabilität	Bedingt, da unhandliches Design	5 Tages Batterie	Ja
4.2 Behindertengerecht	Unbekannt	Unbekannt	<ul style="list-style-type: none"> • PillBox has large buttons, • LED & Braille indicators • tactile edges to guide you to the correct glass.

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 Mikrokontrollen und einer Batterie bzw. Akku ausgestattet sind, sodass eine Autonomie und Portabilität gewährleistet ist.

3.1.2.1. Produkte auf dem Markt

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 10: SMRxT Medikamentendose

(Quelle: SMRXT INC 2015)

Adherence Pill Bottle

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 erfolgte. (Vgl. AdhereTech Inc. 2015)



Abbildung 11: 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 ist 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 12: ROUND Refill Medikamentendose

(Quelle: Circadian Design 2016)

Tabelle 2: Vergleich von smarten Medikamentendosen

Kriterien	SMRxT	Adherence Pill Bottle	ROUND Refill
1. Produkt			
1.1 Preis	Unbekannt	60 \$	Unbekannt
1.2 Batteriedauer	Unbekannt	6 Monate	Kein Aufladen benötigt
2. Funktionalitäten			
2.1 Erinnerung bei Knappheit	Unbekannt		Nein
2.2 Visuelle Erinnerung	Nein	Ja	Ja
2.3 Akustische Erinnerung	Nein		

2.4 Erinnerung durch zusätzliche Geräte (Handy, SmartWatch)	Nein	Ja	
3. Sicherheit			
3.1 Sicherheit vor falscher Einnahme	Nein		
3.2 Kindersicherheit	Unbekannt	Ja	Ja

3.1.3. Smarte Medikamentendosierer

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

3.1.3.1. Produkte auf dem Markt

Medminder Jon

Die smarte Medikamentenbox Medminder Jon wurde von dem gleichnamigem amerikanischen Unternehmen Medminder entwickelt. Die Medikamentenbox kann über die Webseite Medminder.com in der Form eines Vertrags für 64,99 \$ im Monat bestellt werden. Medminder bietet vier Versionen der smarten Medikamentenbox 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 Patienten durch das Aufleuchten der jeweiligen Kammer an die Einnahme erinnert und wenn die Einnahme nicht erfolgte, dann wird nach 30 Minuten ein akustisches Signal erklingen. 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 13: 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 Kammern, einem akustischem 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 14: 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 \$ erworben werden. Die Medikamentenbox beinhaltet standartmäßig 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 15: Pillbox by Tricella Medikamentenbox

(Quelle: Tricella Inc. 2015)

Tabelle 3: Vergleich von smarten Medikamentenboxen

Kriterien	Medminder Jon + Alert	MedSignals® Pill Case/Monitor	Pill Box by Tricella
1. Produkt			
1.1 Preis	39,99 \$ im Monat	Unbekannt	74,99 \$
1.2 Anzahl an Kammern	28	4	7
2. Funktionalitäten			
2.1 Erinnerung bei Knappheit	Ja	Ja	Nein
2.2 Visuelle Erinnerung	Ja	Ja	Nein
2.3 Akustische Erinnerung	Ja	Ja	Nein
2.4 Erinnerung durch zusätzliche Geräte (Handy, SmartWatch)	Ja	Ja	Ja
3. Sicherheit			
3.1 Sicherheit vor falscher Einnahme	Ja	Nein	Nein
3.2 Kindersicherheit	Nein	Nein	Nein
4. Benutzbarkeit			

4.1 Portabilität	Bedingt. die einzelnen Fächer können abgenommen werden	<ul style="list-style-type: none">• Eingebaute Batterie• Handliches Design	<ul style="list-style-type: none">• Eingebaute Batterie. (Laufzeit 1 Jahr)• Handliches Design
4.2 Behindertengerecht	Unbekannt	Bietet Brailnumber	Nein

3.1.4. Smarte Aufsätze

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

3.1.4.1. Produkte auf dem Markt

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. Weiterhin, wenn man nicht sicher ist ob man seine Medikamente bereits eingenommen hat, so kann der am Deckel angebrachte Knopf betätigt werden, woraufhin eine Durchsage bzw. ein Statusaufleuchten erfolgt. (Vgl. WEALTHTAXI o. J.)



Abbildung 16: iRemember Aufsatz

(Quelle: WEALTHTAXI o. J.)

GlowCap

Ein weiterer smarterer Aufsatz, neben iRemember, ist GlowCap. Die Erinnerungsbenachrichtigungen von GlowCap erfolgen über einen Stecker-Aufsatz, der bei der Medikamenteneinnahmefälligkeit 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 17: GlowCap Aufsatz

(Quelle: glowcaps.com 2016)

Tabelle 4: Vergleich der smarten Aufsätze

Kriterien	IRemember	GlowCap	
1. Produkt			
1.1 Preis	35 \$	80 \$ einmalig, danach 15 \$ jeden Monat	
1.2 Batteriedauer	1 Monat		
2. Funktionalitäten			
2.1 Erinnerung bei Knappheit	Unbekannt	Ja	
2.2 Visuelle Erinnerung	Ja	Ja	
2.3 Akustische Erinnerung	Ja	Ja	
2.4 Erinnerung durch zusätzliche Geräte (Handy, SmartWatch)	Ja	Ja	
3. Sicherheit			
3.1 Sicherheit vor falscher Einnahme	Nein	Nein	
3.2 Kindersicherheit	Ja	Ja	

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. So stellte sich heraus, dass alle 5 Interviewpartner den Medikamentendosierer bevorzugten. Dies resultiert unter anderem daraus, dass dies bei den Pflegern die bekannteste Variante darstellte, die ebenfalls laut einzelnen Aussagen eine hohe Übersicht und Kontrolle 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 16 entnommen werden.

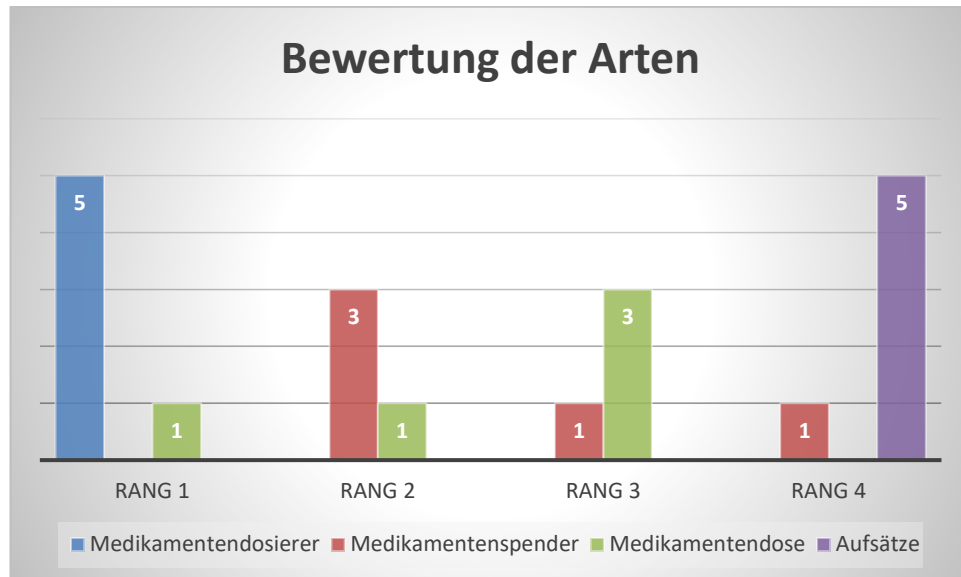


Abbildung 18: Rangliste der Arten

(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 Verworn und Herstatt konzipiert und umgesetzt. Dieses gliedert sich in fünf Schritte, die wiederum in einzelne Unterprozesse gegliedert sind (siehe **Abbildung 19**).

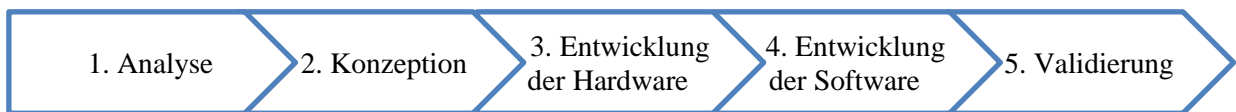


Abbildung 19: Produktentwicklungsphasen

(Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Herstatt und Verworn 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 **Kapitel 4.1** behandelt.

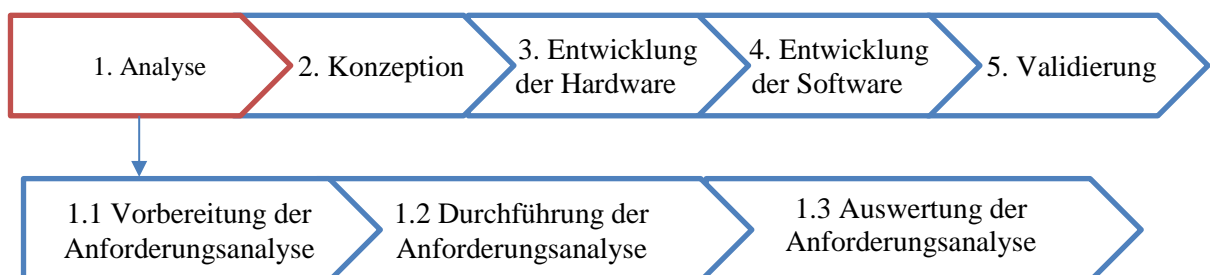


Abbildung 20: Unterphasen von Analysephase

Konzeptionsphase

In der Konzeptionsphase, die im **Kapitel 4.2** 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 Einsatz-Potential bei älteren Personen aufweisen (siehe **3.2**). Anschließend fand ein Vergleich und Bewertung der zwei Konzepte statt, sodass am Ende ein Konzept ausgewählt wurde, welches die meisten Anforderungen erfüllt.

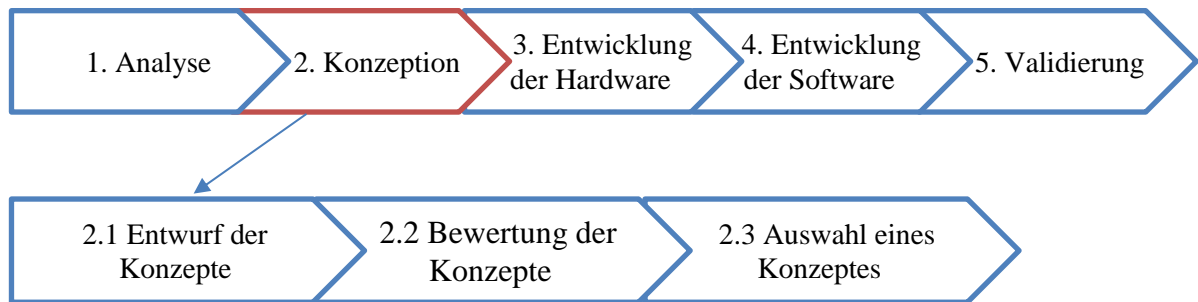


Abbildung 21: Unterphasen von der Konzeptionsphase

Entwicklung der Hardware

Nachdem ein Konzept festgelegt wurde, welches umgesetzt werden sollte, wurde die Hardware für das smarte Medikamentenverwaltungssystem erstellt (siehe **Kapitel 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.

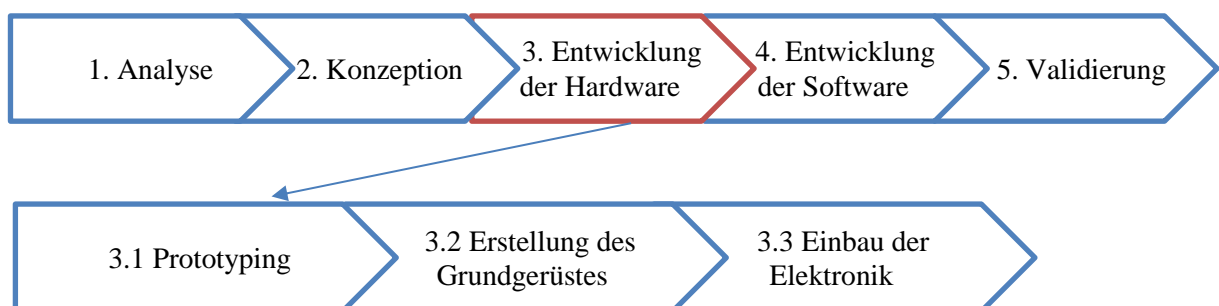


Abbildung 22: Unterphasen von Entwicklung der Hardware

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 **Kapitel 4.4**).

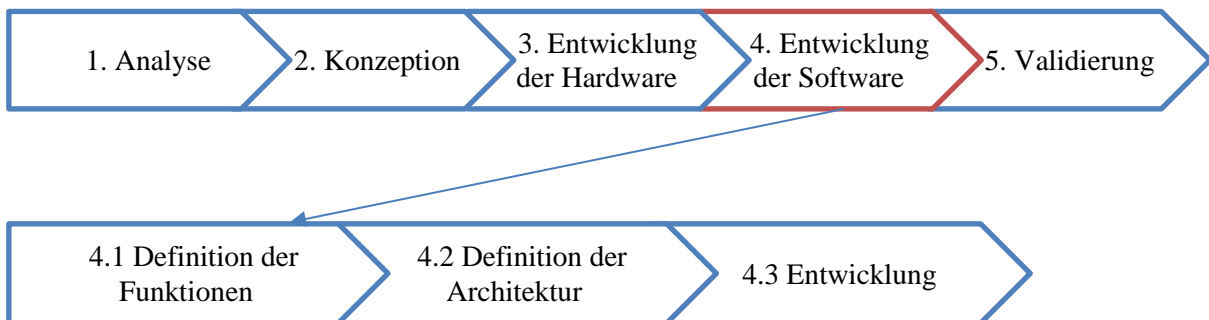


Abbildung 23: Unterphasen von Entwicklung der Software

Diese fünf 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 examinierten Pflegefachkräften durchgeführt. Bei der Befragung mussten die Interview-Partner unter anderem bereits festgelegte Anforderungen, wie zum Beispiel das Erhalten einer Benachrichtigungs-Email bei Vergessen von Medikamenten, nach dem Einsatzpotenzial bewertet werden. Weiterhin wurde

den Interviewpartnern die Möglichkeit gegeben selber 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 5 beschreibt alle Anforderungen, die im Rahmen der Befragungen mit den Pflegedienstleitern und Pflegern von stationären Pflegeeinrichtungen erhoben wurden.

Tabelle 5: 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** und **4.2.2**), dessen mögliche Funktionalitäten mit den herausgeleiteten Anforderungen aus den Befragungen verglichen wurden (siehe **Abschnitt 4.2.3**). Durch diese Vorgehensweise soll gewährleistet werden, dass das richtige System mit den gewünschten Anforderungen erstellt wird.

4.2.1. Konzept 1: Smarter Medikamentenspender

Das erste Konzept ist ein smarter Medikamentenspender, bei dem die Medikamente mit der Hilfe von separaten Boxen verwaltet werden (siehe **Abbildung 24**). 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.

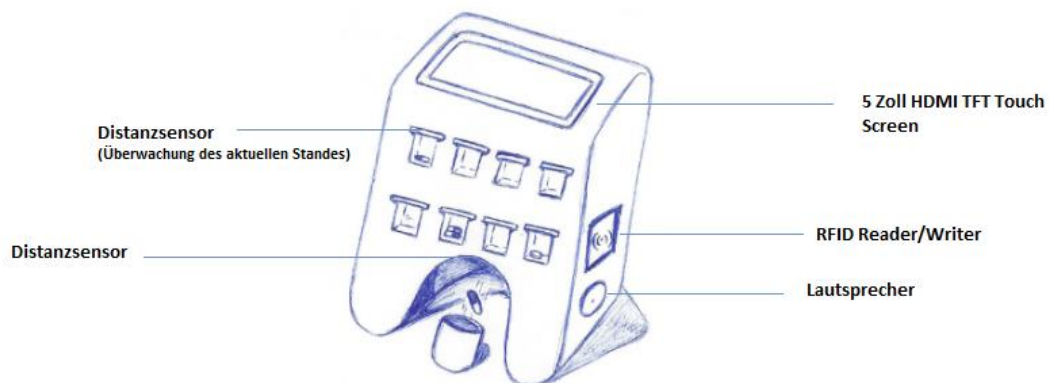


Abbildung 24: Smarter Medikamentenspender

Der smarte Medikamentenspender besteht aus dem Medikamentenspender und den herausnehmbaren Medikamentenboxen. An dem Medikamentenspender ist an der oberen Seite ein 5 Zoll HDMI TFT Touch Screen angebracht, auf der rechten Seite ein RFID Reader/Writer sowie ein Lautsprecher und unterhalb des Medikamentenspenders befindet sich ein Distanzsensor. Die genauen Beschreibungen der einzelnen Bestandteile können der Tabelle 6 entnommen werden.

Tabelle 6: Bestandteile des smarten Medikamentenspenders

Bestandteile des smarten Medikamentenspenders	
RFID-Reader	Der RFID Reader/Writer wird verwendet, um die gespeicherten Informationen auf den RFID-Chips der Boxen auszulesen und im System zu hinterlegen bzw. Information auf einen RFID-Chip zu speichern. Durch diese Möglichkeit kann ein sicherer Austausch von Informationen erfolgen, ohne seine privaten Zugriffsdaten zu dem System den Ärzten oder Apothekern geben zu müssen.
Distanzsensor	Unter dem Medikamentenspender befindet sich ein Distanzsensor, der dafür verantwortlich ist zu überprüfen, ob eine Tasse oder eine Hand unter der Ausgabe sich befindet, sodass die Medikamente daraufhin ausgegeben werden können.
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.
Medikamentenboxen	Bei den Medikamentenboxen handelt es sich um herausnehmbare Boxen, die einen RFID-Chip beinhalten, der z. B. von Apothekern und Ärzten verwendet werden kann, um wichtige Medikamenteneinnahmeinformationen auf den RFID-Chip zu speichern. Weiterhin beinhalten die Medikamentenboxen einen Servo-Motor, der dafür zuständig ist die Medikamentenausgabeklappe der jeweiligen Box nur zu den Medikamenteneinnahmezeitpunkten zu öffnen.

4.2.2. 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 25). So zeichnet 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.

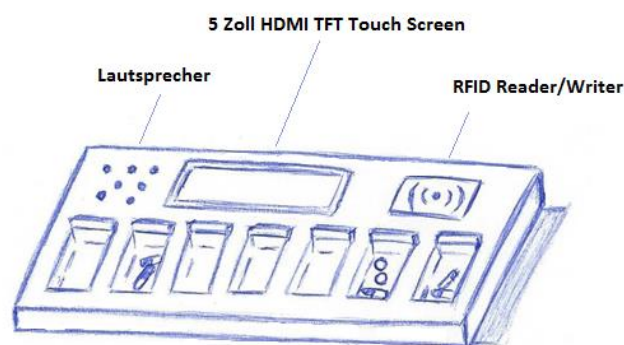


Abbildung 25: Konzept 2: Smarter Medikamentendosierer

Der Medikamentendosierer hat ebenfalls einen RFID Reader/Writer, 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 7 entnommen werden.

Tabelle 7: Konzept 2: Bestandteile des Smarten Medikamentendosierers

Bestandteile des smarten Medikamentendosierers
RFID-Reader Der RFID Reader/Writer wird verwendet, um die gespeicherten Informationen auf den RFID-Chips der Boxen auszulesen und im System zu hinterlegen bzw. Information auf einen RFID-Chip zu speichern. Durch diese Möglichkeit kann ein sicherer Austausch von Informationen erfolgen, ohne seine privaten Zugriffsdaten zu dem System den Ärzten oder Apothekern geben zu müssen.
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.

4.2.3. 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 (siehe **Tabelle 8**).

Tabelle 8: Vergleich der Anforderungen mit den bewerteten Kategorien von den Interviewpartnern

		
Anforderung	Medikamentenspender	Medikamentendosierer
1. Medikamente nur zu den festgelegten Zeiten freigeben.	Ja	Ja
2. Medikamente nur in der richtigen Dosierung freigeben.	Ja	Nein
3. Benachrichtigungsfunktionen bei Knappheit.	Ja	Ja
4. Mobile Variante	Nein	Ja
5. Es müsste flexibel sein. Wenn der Arzt etwas verändert, dann muss es auch in dem System mitübernommen werden.	Ja	Nein

6. Bezugspersonen werden Benachrichtigt, wenn eine wichtige Medikamenteneinnahme ausgelassen wurde.	Ja	Ja
7. Die Erinnerung an die Medikamenteneinnahme sowie Einnahmeinformationen soll über eine akustische Ausgabe erfolgen.	Ja	Ja
8. Das System soll in der Lage sein automatisch Medikamente nachzubestellen, wenn ein bestimmter festgelegter eiserner Bestand erreicht wurde.	Ja	Nein
9. Übersicht des Medikamenteneinnahmeplans.	Ja	Ja

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 Medikamentenspenden 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 sehr zu kostenspielig für jede Box einen Gewichtssensor anzubringen.

- **Mobile Variante:** Bei diesem Punkt hat der Medikamentendosierer einen klaren Vorteil, da die einzelnen Boxen autark konzipiert werden können und dadurch die Möglichkeit besteht, dass die einzelnen Boxen autonom. Dies erweist sich bei einem Medikamentenspender als problematisch, da der Medikamentenspender mehrere Medikamente aufgeteilt in unterschiedlichen Kammern beherbergt und diese jeweils bei einem bestimmten Zeitpunkt verteilt.
- **Die Medikation sollte flexibel geändert werden können:** Bei einem Medikamentenspender könnten 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 gleichermaßen zum Beispiel durch einen angebrachten Bildschirm erfolgen.

Der Medikamentendosierer konnte nur 6 von den 9 Anforderungen erfüllen, wohingegen der Medikamentenspender 8 von 9 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 26**) 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 26: Prototyp aus Karton

So konnte nach der Prototypphase schnell festgestellt werden, dass der Bildschirm in einem 30 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 27**) 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 27: Gehäuse aus Holz

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

BILD

An der oberen Seite befinden sich drei Sockel für die Medikamentenboxen, die aus den Deckeln von den Medikamentendosen angefertigt wurden (siehe **Abbildung 28**). An der rechten Seite wurde jeweils ein Loch in den Medikamentendeckel geschnitten, sodass die Medikamente, die aus den Medikamentendosen kommen, runterfallen können.



Abbildung 28: Sockel für die Medikamentendosen

Die smarten Medikamentendosen sind 65 ml Kunststoffdosen (siehe **Abbildung 29**), 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 29: Smarte Medikamentendose

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).

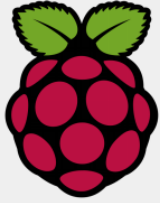
	Raspberry Pi 3 Model B	Raspberry Pi Zero	Raspberry Pi 2 Model B	Raspberry Pi Model B+
Introduction Date	2/29/2016	11/25/2015	2/2/2015	7/14/2014
SoC	BCM2837	BCM2835	BCM2836	BCM2835
CPU	Quad Cortex A53 @ 1.2GHz	ARM11 @ 1GHz	Quad Cortex A7 @ 900MHz	ARM11 @ 700MHz
Instruction set	ARMv8-A	ARMv6	ARMv7-A	ARMv6
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 30: 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 31: SG90 Servo Motor

(Quelle: micropik o. J.)

5 Zoll HDMI Touch Screen

Hall Sensor

Zur Erkennung der Medikamentenausgabe wird der Sensor KY-003 (siehe Abb.) 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.

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 32: 5mm rot leuchtende LED

(Quelle: Eigene Grafik)

Phillips HUE Lampen

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 33: Lautsprecher

(Quelle: Eigene Grafik)

4.3.3.2. Schaltplan

Die Abbildung 34 symbolisiert den Schaltplan des smarten Medikamentenspenders.

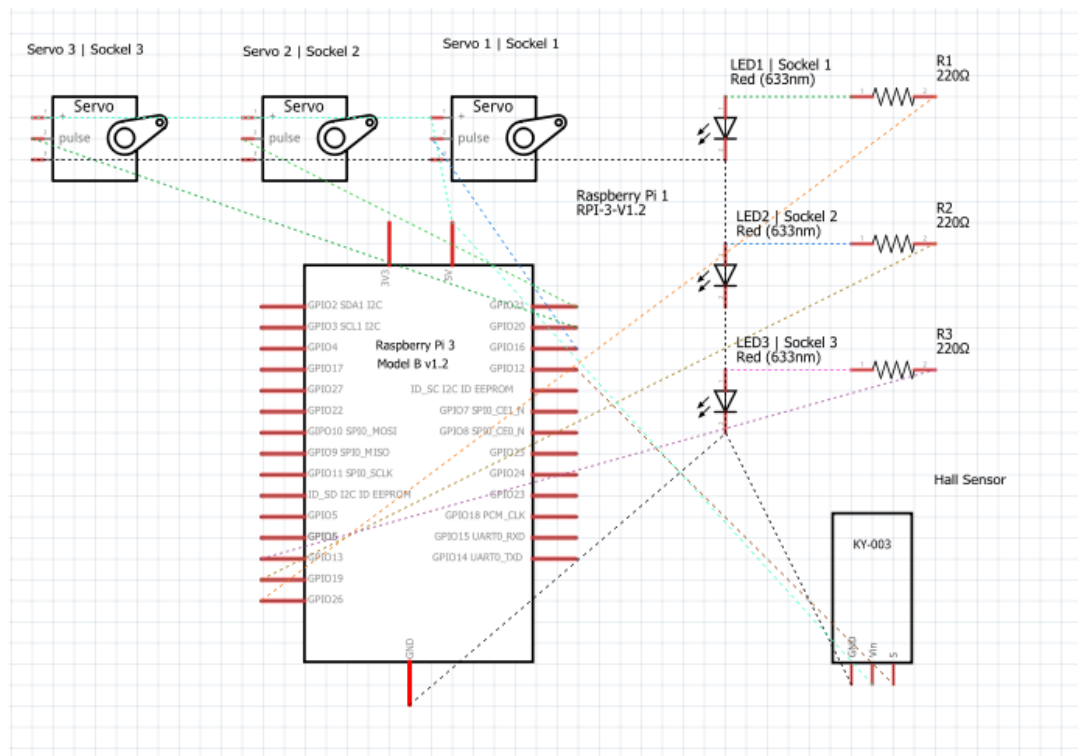


Abbildung 34: Schaltplan

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 9 entnommen werden.

Tabelle 9: 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 35**).

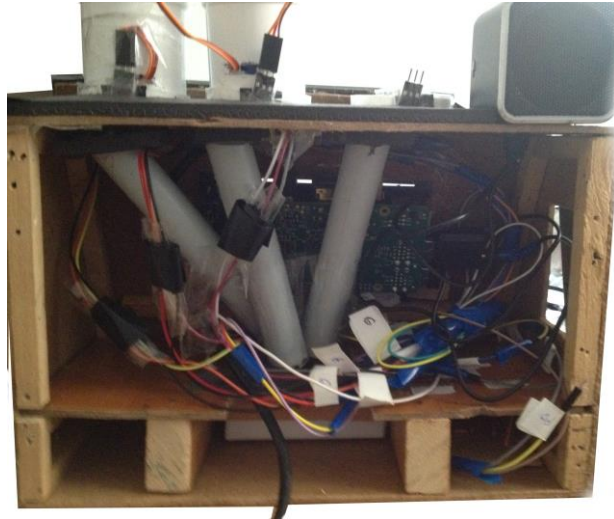


Abbildung 35: Elektronik des Medikamentenspenders

An der Medikamentenausgabebox wurde das Hall Sensor Modul eingebaut (siehe **Abbildung 36**).



Abbildung 36: Hall-Sensor-Modul

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, J-Query 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 37 entnommen werden.

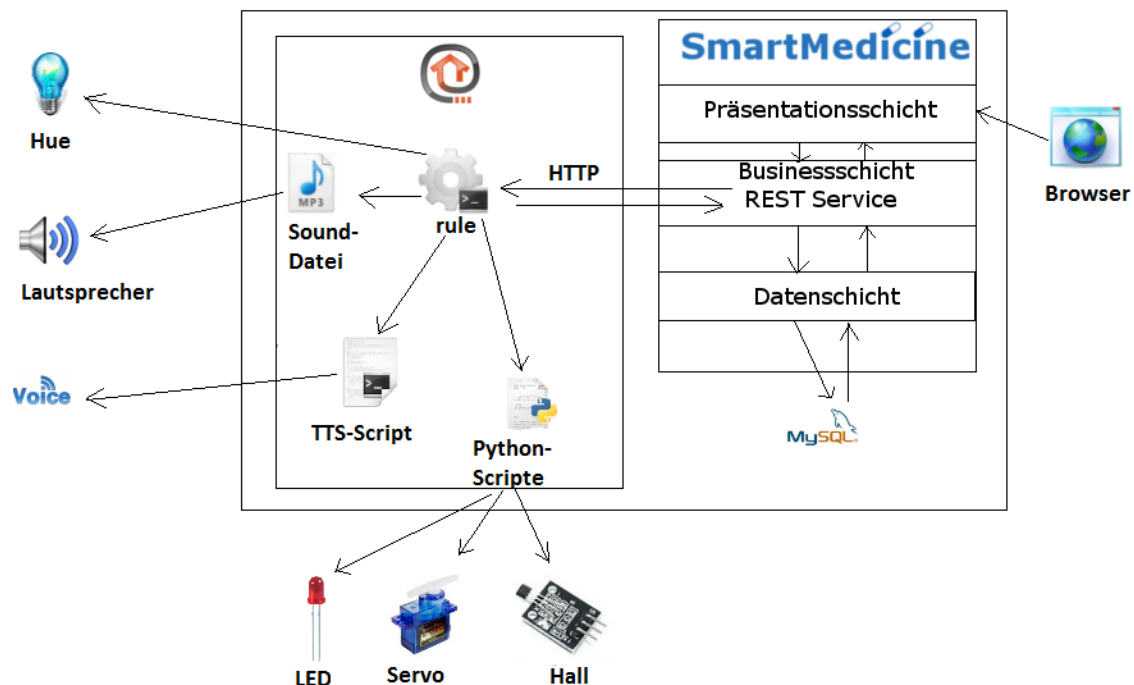


Abbildung 37: Architektur

Anschließend wird die Interaktionen zwischen den einzelnen Komponenten erläutert.

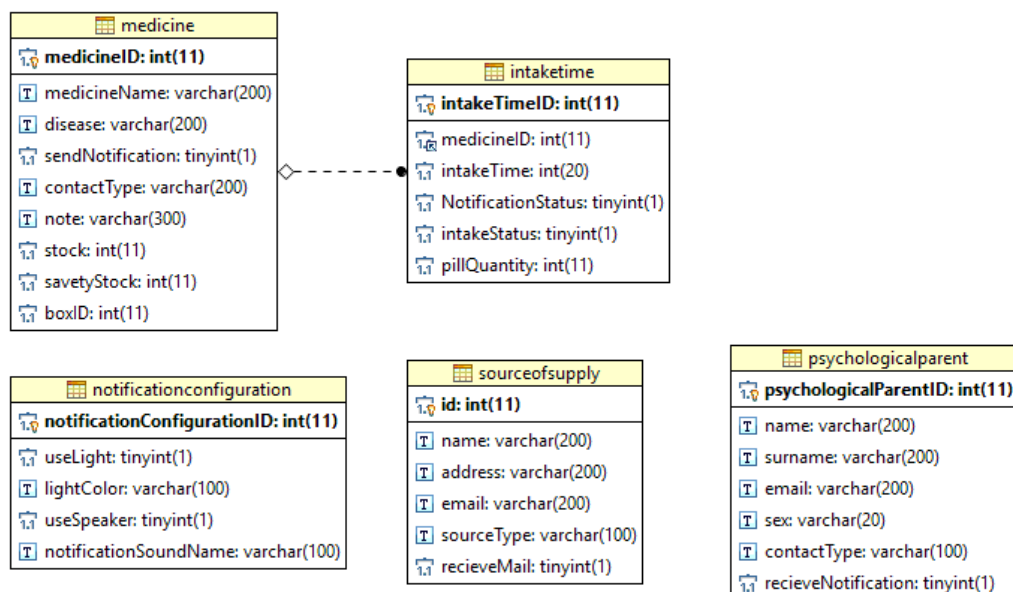
Kommunikation mit der MySQL-Datenbank

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 Abbildung 38 symbolisiert beispielhaft eine Methode aus der Klasse DBStatements zum Verarbeiten von Einnahmeinformationen, die aus der Datenbank extrahiert werden.

```
public ArrayList<IntakeTime> getIntakeTimeInformation() throws ClassNotFoundException, SQLException, ParseException, IOException{
    Connection con = null;
    Statement stmt = null;
    ResultSet rs = null;
    IntakeTime intakeTime = null;
    String query = "SELECT * FROM intakeTime";
    ArrayList<IntakeTime> listIntaketimes = new ArrayList<IntakeTime>();

    try{
        con = DBConnection.getConnection();
        stmt = con.createStatement();
        rs = stmt.executeQuery(query);
        while(rs.next()){
            intakeTime = new IntakeTime();
            intakeTime.setIntakeTimeID(rs.getInt("intakeTimeID"));
            intakeTime.setMedicineID(rs.getInt("medicineID"));
            intakeTime.setIntakeTime(rs.getString("intakeTime"));
            intakeTime.setNotificationTriggered(rs.getBoolean("NotificationStatus"));
            intakeTime.setIntakeTriggered(rs.getBoolean("intakeStatus"));
            listIntaketimes.add(intakeTime);
        }
    }finally{
        if(rs != null) rs.close();
        if(stmt != null) stmt.close();
        if(con != null) con.close();
    }
    return listIntaketimes;
}
```

Abbildung 38: MySQL-Befehl zum Auslesen der Einnahmeinformationen



Kommunikation zwischen der Geschäftslogikschicht und der Datenschicht

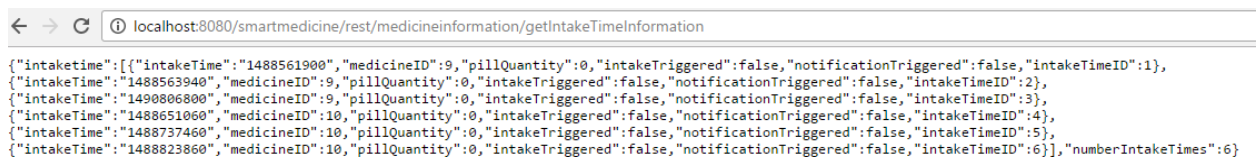
Auf der Geschäftslogikschicht werden die Werte von der Datenschicht durch die Verwendung von Jersey-RESTful-Service in einen JSON-Rückgabewert verarbeitet (siehe **Abbildung 39**).

```
@GET
@Path("/getIntakeTimeInformation")
@Produces("application/json")
public Response getIntakeTimeInformation() throws JSONException, ClassNotFoundException, SQLException, ParseException,
IOException {
    JSONObject 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();
}
```

Abbildung 39: Parsen der Werte in ein JSON-Objekt

Diese Werte werden als ein JSON-Service zur Verfügung gestellt, der unter der Angabe des jeweiligen Pfades aufgerufen werden kann (siehe **Abbildung 40**).



```
{
  "intaketime": [
    {
      "intakeTime": "1488561900",
      "medicineID": 9,
      "pillQuantity": 0,
      "intakeTriggered": false,
      "notificationTriggered": false,
      "intakeTimeID": 1
    },
    {
      "intakeTime": "1488563940",
      "medicineID": 9,
      "pillQuantity": 0,
      "intakeTriggered": false,
      "notificationTriggered": false,
      "intakeTimeID": 2
    },
    {
      "intakeTime": "1490806800",
      "medicineID": 9,
      "pillQuantity": 0,
      "intakeTriggered": false,
      "notificationTriggered": false,
      "intakeTimeID": 3
    },
    {
      "intakeTime": "1488651060",
      "medicineID": 10,
      "pillQuantity": 0,
      "intakeTriggered": false,
      "notificationTriggered": false,
      "intakeTimeID": 4
    },
    {
      "intakeTime": "1488737460",
      "medicineID": 10,
      "pillQuantity": 0,
      "intakeTriggered": false,
      "notificationTriggered": false,
      "intakeTimeID": 5
    },
    {
      "intakeTime": "1488823860",
      "medicineID": 10,
      "pillQuantity": 0,
      "intakeTriggered": false,
      "notificationTriggered": false,
      "intakeTimeID": 6
    }
  ],
  "numberIntakeTimes": 6
}
```

Abbildung 40: Aufruf des JSON-Services

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 * * * * ? "
```

Abbildung 41: Cron-Ausdruck zur Überprüfung des Einnahmezeitpunktes

Nach jeder Minute wird darauffolgend über den „sendHttpRequest“-Befehl der JSON-Service aufgerufen.

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

Abbildung 42: sendHttpRequest zum Aufruf der Einnahmeinformationen

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 direkt ein Befehl über „executeCommandLine“ auf dem Raspberry Pi ausgelöst, sodass die jeweilige MP3-Datei abgespielt wird.

```
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)
        }
    }
}
end
```

Abbildung 43: Regel zum Abspielen der akustischen Benachrichtigungsfunktionen

Auslösen einer visuellen Benachrichtigung

Zum Auslösen von visuellen Erinnerungen werden Farbnamen an die Regel „lightColor selection“ gesendet, die darauffolgend einen HSB-Befehl an den OpenHAB-Bus sendet, der diesen wiederum an das Binding weiterleitet und das Binding die Werte an die Hue (siehe **Abbildung 44**).

```
rule "lightColor selection"
when
    Item lightColorName received command
then
    if (receivedCommand=="white") {
        sendCommand(hueColor, new HSBType(new DecimalType(0),new PercentType(0),new PercentType(0)))
        if(lightState==OFF){
            createTimer(now.plusSeconds(5)) [|
                sendCommand(hue, OFF)
            ]
        }
    }

    if (receivedCommand=="red") {
        lightState = hue.state
        sendCommand(hueColor, HSBType::RED)
    }
    if (receivedCommand=="green") {
        lightState = hue.state
        sendCommand(hueColor, HSBType::GREEN)
    }
    if (receivedCommand=="blue") {
        lightState = hue.state
        sendCommand(hueColor, HSBType::BLUE)
    }
    if (receivedCommand=="violette") {
        lightState = hue.state
        sendCommand(hueColor, new HSBType(new DecimalType(286),new PercentType(99),new PercentType(100)))
    }
end
```

Abbildung 44: Regel zur Steuerung der visuellen Benachrichtigungsfunktion

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 Regel ausgelöst werden. Die Regel „Dispense Medicine of box 1“ (siehe **Abbildung 45**) zum Beispiel führt über „executeCommandLine“ die jeweilige Python Datei aus, die wiederum den Servo-Motor ansteuert (siehe **Abbildung 46**).

```
rule "Dispense medicine of box 1"
when
    Item dispenseMedicineBox1 received command
then
    executeCommandLine("python@@/opt/openhab/configurations/scripts/servo.py")
end
```

Abbildung 45: Regel zum Ausführen von servo.py

```
import RPi.GPIO as GPIO
import time

servoPIN = 16

GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(servoPIN, GPIO.OUT)

p = GPIO.PWM(servoPIN, 50) # GPIO 18 als PWM mit 50Hz
p.start(2.5) # Initialisierung
try:
    dutyCycleForward = 2.5
    for x in range(0, 10):
        p.ChangeDutyCycle(dutyCycleForward )
        time.sleep(0.3)
        dutyCycleForward = dutyCycleForward + 1

    dutyCycleBackward = 12.5
    for x in range(0, 10):
        p.ChangeDutyCycle(dutyCycleBackward)
        time.sleep(0.3)
        dutyCycleBackward = dutyCycleBackward - 1

except KeyboardInterrupt:
    p.stop()
    GPIO.cleanup()
```

Abbildung 46: Python-Skript zum ansteuern des Servo-Motors

Kommunikation zwischen Raspberry Pi und dem TTS-Service

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 (siehe **Abbildung 47**).

```
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
```

Abbildung 47: Regel zum Abspielen der akustischen Einnahmefinformation

Das Schell-Skript sendet einen HTTP-Befehl an die Voice-RSS API, die daraufhin eine MP3 Datei zurücksendet, die über die Verwendung des MPlayers abgespielt wird (siehe **Abbildung 48**).


```
#!/bin/bash
/usr/bin/amixer cset numid=1 $2%

if [ -n "$3" ] ; then
    /usr/bin/aplay /scripts/audio/$3.wav &> /dev/null
fi

INPUT=$1
STRINGNUM=0
ary=($INPUT)

for key in "${!ary[@]}" ; do
    SHORTTMP[$STRINGNUM]="${SHORTTMP[$STRINGNUM]} ${ary[$key]}"
    LENGTH=$(echo ${#SHORTTMP[$STRINGNUM]})

    if [[ "$LENGTH" -lt "100" ]]; then
        SHORT[$STRINGNUM]="${SHORTTMP[$STRINGNUM]}"
    else
        STRINGNUM=$((STRINGNUM+1))
        SHORTTMP[$STRINGNUM]="${ary[$key]}"
        SHORT[$STRINGNUM]="${ary[$key]}"
    fi
done

for key in "${!SHORT[@]}" ; do
    say() { local IFS=+; /usr/bin/mpplayer -ao alsa -really-quiet -noconsolecontrols
        "http://api.voicerss.org/?key=71589ba8a0e145589fdb4c252853779a&f=22khz_16bit_mono&hl=de-de&src=${SHORT[$key]}"; }
    say $*
done
```

Abbildung 48: TTS Schell-Skript

4.4.2. Funktionen

Das Ziel von diesem Kapitel 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 und jeweils einzelne wichtige Komponenten herausgegriffen werden und deren näher auf ihre Entwicklung eingegangen.

4.4.2.1. Benachrichtigungsfunktionen verwalten

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

Visuelle Benachrichtigung

Bei den Einstellungen von den visuellen Benachrichtigungen haben die Benutzer die Möglichkeit aus den vier Farben Rot, Violett, Blau und Grün zu wählen. Die Phillips Heu Lampe wird während

des Einnahmezeitpunktes daraufhin in der jeweiligen Signalfarbe aufleuchten. Weiterhin kann die Benachrichtigungsfunktion ganz ausgeschaltet werden (siehe **Abbildung 49**).

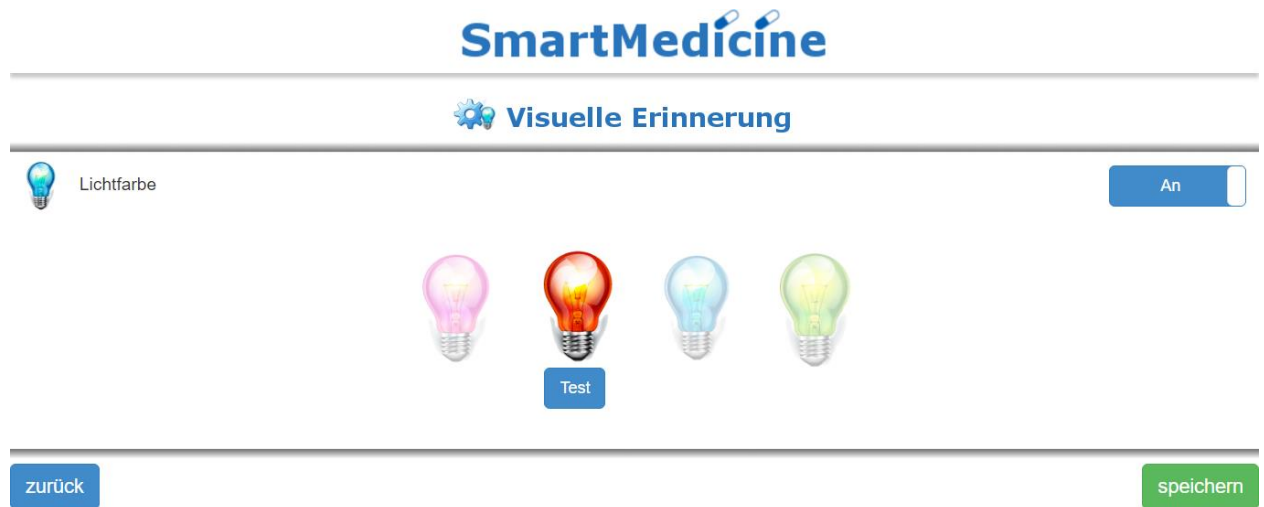


Abbildung 49: Visuelle Einstellungen

Akustische Benachrichtigung

Dem Benutzer wird die Möglichkeit gegen neben der visuellen Benachrichtigungsfunktion ebenfalls 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 50: Akustische Einstellungen

4.4.2.2. Manuelle Ausgabe

Durch die Verwendung der „Manuelle Ausgabe“-Funktion können die Benutzer Medikamente im Voraus oder nachträglich manuell ausgeben (siehe **Abbildung 51**).

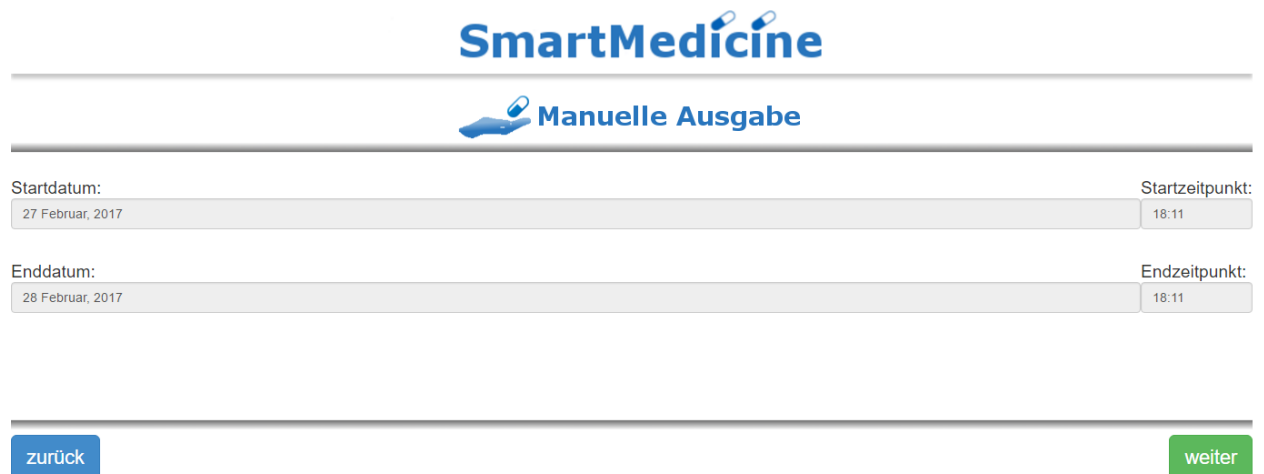
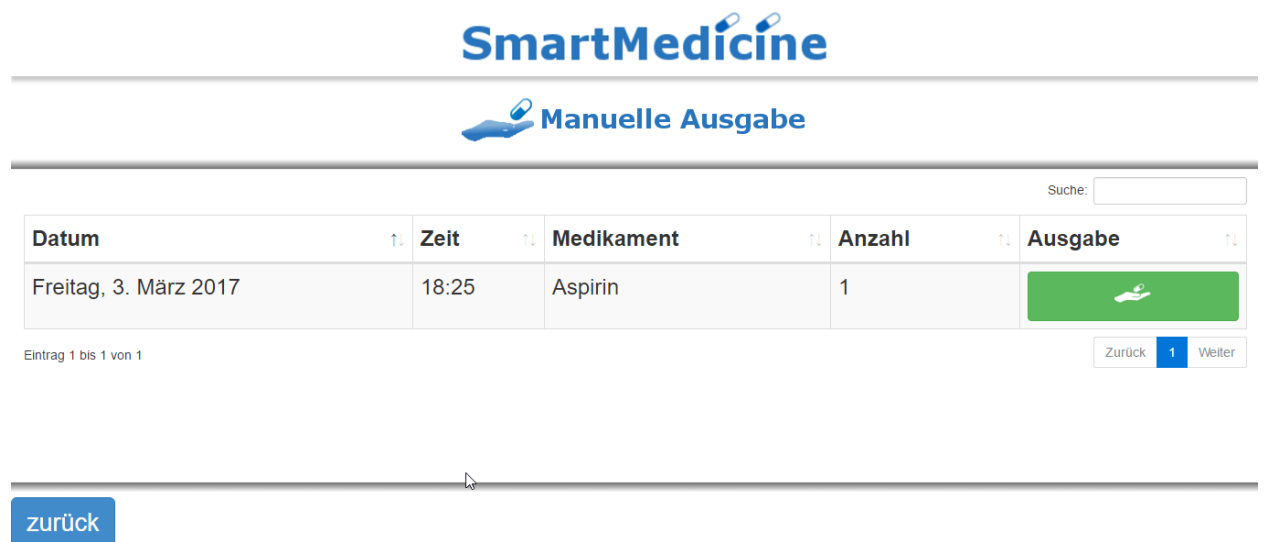


Abbildung 51: Manuelle Ausgabe Startbildschirm

Zum Ausgeben der Medikamente muss man nur das jeweilige Intervall definieren und darauffolgend auf den „Ausgeben“-Button bei dem Termin klicken (siehe **Abbildung 52**).



Datum	Zeit	Medikament	Anzahl	Ausgabe
Freitag, 3. März 2017	18:25	Aspirin	1	

Abbildung 52: Auswahl des gewünschten Termins

4.4.2.3. 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 53**). 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.

Abbildung 53: Maske zur Eingabe der allgemeinen Medikamenteninformationen

In dem nächsten Fenster erfolgen die Informationen zur Einnahme bzw. den Bestand (siehe **Abbildung 54**). In dem Feld Notiz kann der Benutzer eine Einnahmenachricht 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.



 **Medikamente hinzufügen**

Allgemein **Einnahme** Zeitpunkt


Notiz:

Bestand:

Automatische Nachlieferung ab:

Abbildung 54: Einnahme- und Bestandsinformationen

Im letzten Fenster müssen die Termine eingegeben werden, wann ein Medikament ausgegeben werden soll (siehe **Abbildung 55**). 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.



 **Medikamente hinzufügen**

Allgemein **Einnahme** Zeitpunkt

Medikamentenanzahl:

Startdatum:

Startzeitpunkt:

Wiederholtermin:

Abbildung 55: Zeitpunktangabe

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.

4.4.2.4. 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 hat oder erfolgreich eingenommen (siehe **Abbildung 56**).



 **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 56: Detaillierte Terminübersicht

4.4.2.5. Kontaktpersonen verwalten

Die Funktion Kontaktpersonen verwalten ermöglicht es den Benutzern des smarten Medikamentenspender 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 57**). Die Funktionalität wurde bisher mit Google-Mail Adressen getestet. Bei anderen Email-Providern kann es zu Komplikationen beim Versenden von Emails kommen.

SmartMedicine


 **Personen hinzufügen**


Vorname:


Name:

E-Mail:


Art


 Privat

 Arzt

 Sonstige

Geschlecht:

 weiblich

 männlich

Benachrichtigen?

JA

NEIN

zurück

speichern

Abbildung 57: Kontaktpersonen hinzufügen

4.4.2.6. 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

6. Fazit und Ausblick

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

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 Medikamentenverwaltungssysteme“ 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?

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=juTNRLyJL0cC>.
- 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.
- 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.
- 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 Baden-Württemberg 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: 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 <http://images.google.de/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fde.statista.com%2Fgraphic%2F1%2F161831%2Fgegenueberstellung-von-geburten-und-todesfaellen-in-deutschland.jpg&imgrefurl=http%3A%2F%2Fde.statista.com%2Fstatistik%2Fdaten%2Fstudie%2F161831%2Fumfrage%2Fgegenueberstellung-von-geburten-und-todesfaellen-in-deutschland%2F&h=716&w=1000&tbnid=cJoSdPuElgcObM%3A&docid=AoMaBUWUkNfMxM&ei=HyfIV5vJAclIUfPxuIAK&tbm=isch&client=opera&iact=rc&uact=3&dur=699&page=0&start=0&ndsp=16&ved=0ahUKEwjB1MTBxaXPAhXCchQKHfM4DqAQMWgpKAswCw&bih=630&biw=1366>, 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.

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.

Ehrenwörtliche Erklärung

„Ich versichere, dass ich die beiliegende Arbeit ohne Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Diese Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.“

Ort, Datum

Unterschrift