
TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN
Fakultät für Maschinenwesen
Lehrstuhl für Mikrotechnik und Medizingerätetechnik

System zur Ermittlung und Auswertung von Verhalten von älteren Menschen (SEAV)

Jakob Vincent Gerhard Leonhard Neuhäuser

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Maschinenwesen der
Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Florian Holzapfel

Prüfer der Dissertation:

1. Prof. Dr.rer.nat. Tim C. Lüth
2. Prof. Dr.-Ing. Veit St. Senner

Die Dissertation wurde am 28.06.2017 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Maschinenwesen am 17.09.2018 angenommen.

Danksagung

Diese Arbeit entstand während meiner Tätigkeit am Lehrstuhl für Mikrotechnik und Medizingerätetechnik von Prof. Dr. rer. nat. Tim C. Lüth an der Technischen Universität München.

Herrn Prof. Dr. rer. nat. Tim C. Lüth (Ordinarius des Lehrstuhls für Mikrotechnik und Medizingerätetechnik an der Technischen Universität München) danke ich sehr herzlich für die fachliche Betreuung. Insbesondere danke ich für die ausgezeichnete Förderung, die zahlreichen Entwicklungsmöglichkeiten sowie das gut ausgestattete Labor, die mir während der Promotion geboten wurden.

Bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Veit St. Senner (Professur für Sportgeräte und Sportmaterialien an der Technischen Universität München) möchte ich mich ausdrücklich für die Betreuung der Arbeit als Zweitgutachter bedanken.

Bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Florian Holzapfel (Lehrstuhl für Flugsystemdynamik an der Technischen Universität München) möchte ich mich sehr bedanken für die Bereitschaft den Prüfungsvorsitz zu übernehmen.

Ich bedanke mich bei allen Kollegen, mit denen ich zusammenarbeiten, diskutieren und mich beratschlagen durfte. Allen voran sind hier natürlich die Kollegen aus meiner Gruppe zu nennen: Axel Czabke, Lorenzo D'Angelo, Ian Somlai, Khalil Niazmand und Karin Tonn aber auch Thomas Otnad und Konrad Entfellner für den Blick aus einem anderen Fachbereich. Schließlich danke ich all denjenigen Semestranten und Diplomanden welche mich in Teilen der Arbeit unterstützt haben. Besonders hervorzuheben ist die Abschlussarbeit von Dominik Pröbstl.

Außerdem bedanke ich mich bei den Mitarbeitern der mechanischen Werkstatt des Lehrstuhls MiMed. Die Werkstattmeister Gerhard Ribnitzki und sein Team haben mich stets durch guten Rat und schnelle Tat unterstützt, wenn es um die Fertigung der in der Arbeit vorgestellten Prototypen ging.

Herrn Prof. Dr. Alexander Kurz sowie Frau Prof. Dr. Janine Diehl-Schmid für die Möglichkeit mein System in der Tagesklinik der TU München zu validieren sowie Moritz Wilkening für die Mithilfe bei der Organisation und Durchführung der Versuche.

Neben Axel Czabke, Konrad Entfellner und Thomas Otnad vielen Dank auch an meine Frau für das Korrekturlesen und die Diskussionen zu meiner Arbeit.

Ein besonderer Dank gilt meiner Familie und Freunden, die mich in dieser Zeit unterstützt haben. Speziell auch an meinen jetzigen Kollegen Jakob Löschke der mir ermöglicht hat die Zeit zu nehmen, um die Arbeit fertigzustellen. Und zuletzt noch meiner Frau Meike Neuhäuser-Kunkel die mir die ganze Zeit zur Seite stand und ohne ihrer Liebe und Unterstützung meine Promotionsvorhaben niemals realisierbar gewesen wäre.

Jakob Neuhäuser

Inhalt

1. Einleitung	1
2. Problemstellung	3
2.1 Problemstellung aus medizinischer Sicht – Demenzen im Alter	3
2.2 Problemstellung aus technischer Sicht – Erfassung gesundheitsrelevanter Daten	4
3. Stand der Technik	6
3.1 Geriatisches Assessment	6
3.1.1 <i>Aktivitäten des täglichen Lebens</i>	7
3.1.2 <i>Instrumentelle Aktivitäten des täglichen Lebens</i>	9
3.1.3 <i>Erweiterte Aktivitäten des Täglichen Lebens</i>	10
3.2 Systeme zur Erfassung und Speicherung von verhaltensrelevanten Daten	10
3.3 Erinnerungssysteme	15
3.3.1 <i>Klassische Systeme</i>	15
3.3.2 <i>Kontextsensitive Erinnerungssysteme</i>	17
3.4 Bestehende Systeme des Lehrstuhls	22
3.5 Defizite im Stand der Technik	23
3.5.1 <i>Geriatisches Assessment</i>	23
3.5.2 <i>Systeme zur Erfassung und Speicherung von verhaltensrelevanten Daten</i>	23
3.5.3 <i>Erinnerungssysteme</i>	23
4. System zur Ermittlung und Auswertung von Verhalten von älteren Menschen (SEAV)	25
4.1 Eigener Ansatz	25
4.2 Abgrenzung	26
5. Konzept und Systementwurf	28
5.1 Erfassung des Verhaltens	29
5.1.1 <i>Konzept</i>	29
5.1.2 <i>Statische Systembeschreibung</i>	31
5.1.3 <i>Dynamische Systembeschreibung</i>	32
5.2 Weiterleitung der Daten	33
5.2.1 <i>Konzept</i>	33
5.2.2 <i>Statische Systembeschreibung</i>	34
5.2.3 <i>Dynamische Systembeschreibung</i>	34
5.3 Auswertung der Daten	35
5.3.1 <i>Konzept</i>	36
5.3.2 <i>Statische Konzeptbeschreibung</i>	44
5.3.3 <i>Dynamische Konzeptbeschreibung</i>	45
5.4 Interaktion mit dem Anwender	47
5.4.1 <i>Konzept</i>	48
5.4.2 <i>Statische Konzeptbeschreibung</i>	48
5.4.3 <i>Dynamische Konzeptbeschreibung</i>	48
6. Prototypische Realisierung	52
6.1 Aufbau Eventlogger	52
6.2 Aufbau RFIDlogger	58
6.3 Aufbau Uhr	60
6.4 Aufbau Netzwerkumsetzer	65

6.5	Software zur Unterstützung der Auswertung	69
7.	Praktische Validierungen und Diskussion	74
7.1	Fragebogen – Techniknutzung und Anforderungen Erinnerungssystem	74
7.1.1	<i>Nachzuweisende Vorteile und Funktionen</i>	74
7.1.2	<i>Labor- und Geräteaufbau</i>	74
7.1.3	<i>Ergebnisse und Diskussion</i>	74
7.2	Verifizierung des Funkkonzeptes	76
7.2.1	<i>Nachzuweisende Vorteile und Funktionen</i>	76
7.2.2	<i>Labor- und Geräteaufbau</i>	76
7.2.3	<i>Ergebnisse und Diskussion</i>	78
7.3	Validierung des Eventloggers – Tagesklinik	79
7.3.1	<i>Nachzuweisende Vorteile und Funktionen</i>	79
7.3.2	<i>Labor- und Geräteaufbau</i>	80
7.3.3	<i>Ergebnisse und Diskussion</i>	83
7.4	Validierung des Eventloggers – Haus	87
7.4.1	<i>Nachzuweisende Vorteile und Funktionen</i>	87
7.4.2	<i>Labor- und Geräteaufbau</i>	87
7.4.3	<i>Ergebnisse und Diskussion</i>	90
7.5	Validierung des RFIDloggers	96
7.5.1	<i>Nachzuweisende Vorteile und Funktionen</i>	96
7.5.2	<i>Labor- und Geräteaufbau</i>	96
7.5.3	<i>Ergebnisse und Diskussion</i>	98
7.6	Evaluierung des Auswertesoftware	100
7.6.1	<i>Nachzuweisende Vorteile und Funktionen</i>	100
7.6.2	<i>Labor- und Geräteaufbau</i>	100
7.6.3	<i>Ergebnisse und Diskussion</i>	100
8.	Zusammenfassung und Ausblick	104
8.1	Zusammenfassung	104
8.2	Ausblick	106
9.	Literaturverzeichnis	107
Anhang A:	Fragebogen zur Angehörigenbefragung	114

1. Einleitung

Deutschland befindet sich seit längerem im demographischen Wandel, das bedeutet: Die Älteren werden immer älter, es werden immer weniger Kinder geboren und die geburtenstarken Jahrgänge der so genannten „Babyboomer-Generation“ werden in 15 Jahren ebenfalls über 60 Jahre alt sein. Dass die Bevölkerungszahlen nicht schon seit längerem zurückgehen, verdanken wir dem Zuwanderungsgewinn aus dem Ausland. Ausgehend von der klassischen „Alterspyramide“, der sich auch als Begriff für diesen Diagrammstil durchgesetzt hat, wie sie beispielsweise 1910 (Abbildung 1 oben links) im damaligen Deutschen Reich existierte, vollzog sich im letzten Jahrhundert eine dramatische Änderung. Bei der Betrachtung der klassischen Alterspyramide, stellen die stärksten Jahrgänge die Kinder, die Zahlen der älteren Jahrgänge hingegen nehmen allmählich als Folge der Sterblichkeit ab. Der Altersaufbau des Jahres 1950 (Abbildung 1 oben rechts) weist bei den jüngeren Generationen bereits deutliche Kerben auf, welche Großteils aus den beiden Weltkriegen und der Weltwirtschaftskrise Anfang der 1930er Jahre resultieren. Den heutigen Bevölkerungsaufbau Deutschlands (Abbildung 1 links unten) vergleicht das Statistische Bundesamt (2009) mit einer „zerzausten Wettertanne“. Besonders auffallend sind hier die bevölkerungsstarken mittleren Altersklassen (Babyboomer-Generation) im Gegensatz zu den geringeren älteren und jüngeren Personen. Des Weiteren ist dank der verbesserten medizinischen Versorgung auch ein Anstieg der Hochbetagten deutlich sichtbar. Waren es im Jahre 1950 noch 1 Million 80-Jährige und Ältere, was 1% der Bevölkerung entsprach, so lebten im Jahr 2008 etwa 5 Millionen über 80-Jährige in Deutschland, was bereits 6% der Gesamtbevölkerung entspricht („Staat & Gesellschaft - Bevölkerung - Bevölkerung - Statistisches Bundesamt (Destatis),“ 2013). Bei der Betrachtung der Bevölkerungsschätzung für das Jahr 2060 zeigt sich eine Verschiebung und Ausdünnung der Babyboomer-Generation in den oberen Bereich der Bevölkerungsgraphik sowie eine zahlenmäßige Reduzierung. So entsteht der im Sprachgebrauch als „Urne“ bezeichnete Bevölkerungsaufbau (Abbildung 1 unten links).

Diese strukturelle Veränderung wird für das Gesundheitssystem zwei gravierende Folgen haben: Zum einen werden die Krankenkassen durch eine Abnahme der Erwerbstätigen weniger Einnahmen verbuchen, bei einer gleichzeitig steigenden Anzahl an älteren, teilweise pflegebedürftigen Personen. Zum anderen wird die Anzahl zur Verfügung stehenden Fachkräfte (z.B. Pfleger, Ärzte, etc.) sinken und diese werden ein weitaus höheres Durchschnittsalter als heute aufweisen. Entsprechend nimmt die finanzielle Belastung für Gesundheits- und Sozialsysteme drastisch zu.

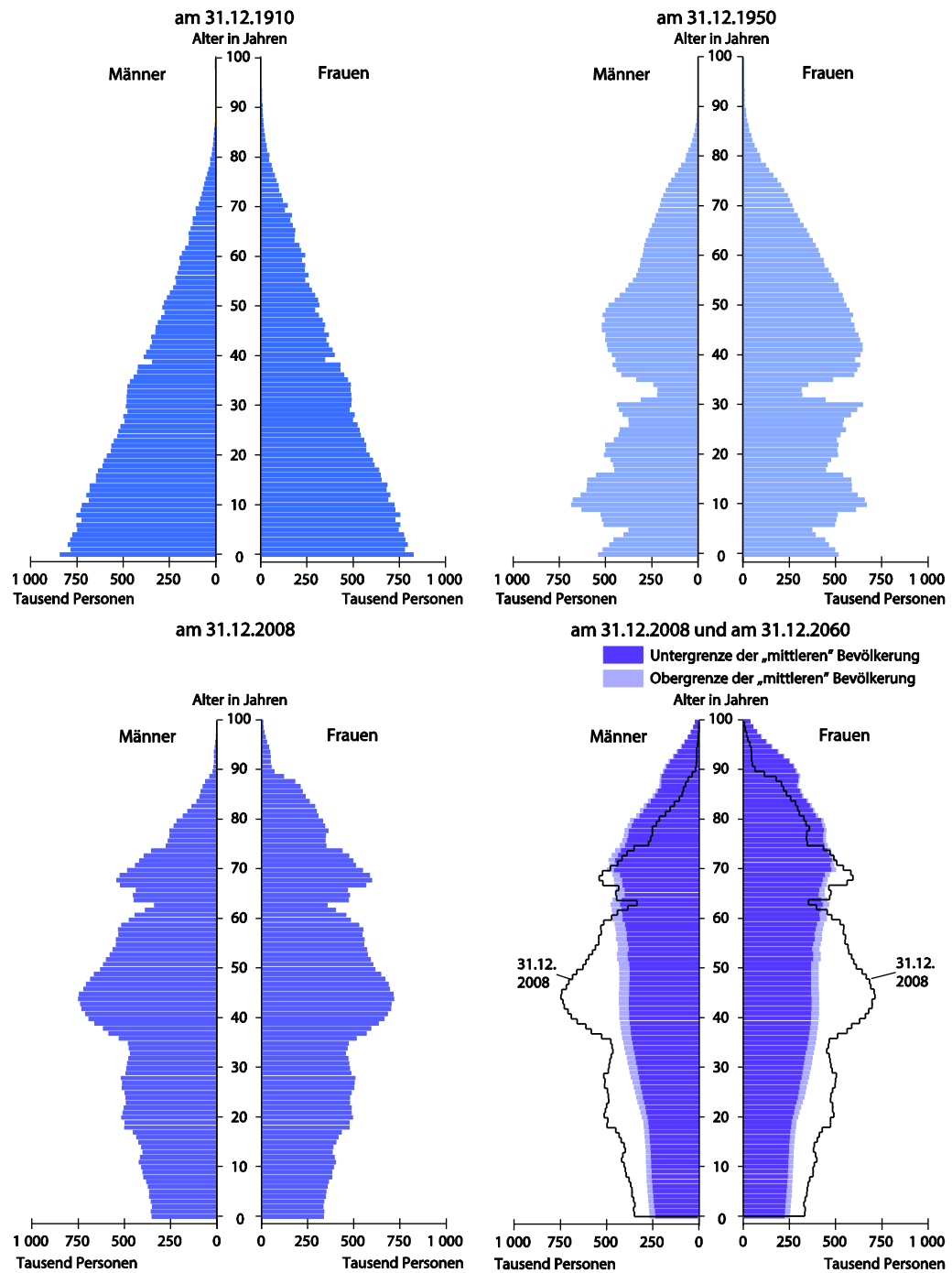


Abbildung 1: Demographischer Wandel in Deutschland 1910-1950-2008-2060 (angelehnt an: *Statistisches Bundesamt, 2009*)

Neben dem demographischen Wandel zeichnet sich auch ein gesellschaftlicher Wandel ab – weg von der Großfamilie hin zum Alleinlebenden. So ist die Zahl der Alleinlebenden in Deutschland von 1991 bis 2011 um rund 4,0 Millionen gestiegen. Dies entspricht einer Steigerung um 40%. Waren es im Jahre 1991 noch 11,4 Millionen Alleinlebende (14% der Bevölkerung) stieg diese Zahl im Jahr 2011 bereits auf 15,9 Millionen (20% der Bevölkerung) an.

2. Problemstellung

Industrienationen müssen sich durch die Veränderung der Altersverteilung neuen Herausforderungen in der Pflege sowie im Gesundheitssystem stellen. Durch die überalternde Gesellschaft gibt es zum einen zunehmend mehr ältere Menschen, die betreut werden müssen, zum anderen jedoch weniger junge Menschen, die arbeiten. Dies ist für unsere Sozialsysteme sowohl eine finanzielle als auch eine personelle Belastung. Hinzu kommt der Wunsch vieler älterer Menschen nach Selbstbestimmung, also möglichst lange ein selbstbestimmtes und autonomes Leben in den eigenen vier Wänden führen zu können. Um dies zu ermöglichen, wird insbesondere in der medizinischen Versorgung nach neuen Betreuungskonzepten gesucht. Hier steht vor allem der Aspekt der Sicherheit im Vordergrund. Um diese zu gewährleisten, ist eine frühzeitige Diagnose sowie Therapie altersbezogener Erkrankungen unerlässlich. Bei einer beginnenden Alzheimer-Demenz ist es von wesentlicher Bedeutung, dass die Betroffenen Hilfe erhalten, um ihre Alltagsstrukturen beibehalten zu können. Dies kann beispielsweise durch Systeme zur Erinnerung an wichtige Aktivitäten erreicht werden. Hierdurch kann eine Einweisung in ein Pflegeheim maßgeblich herausgezögert werden.

2.1 Problemstellung aus medizinischer Sicht – Demenzen im Alter

Es gilt als allgemein bekannt, dass Veränderungen im Verhalten Anzeichen für altersbedingte Krankheiten wie beispielsweise Demenzen sein können. Im Folgenden wird darauf eingegangen, wie Demenzen diagnostiziert sowie behandelt werden und welche Probleme dabei gegenwärtig noch bestehen.

Demenz: Allein in Deutschland sind 1,5% aller Menschen über 65 Jahre sowie über 30 % der über 90-jährigen von Demenzen betroffen, Tendenz steigend. Schätzungen zufolge treten jährlich 200.000 Neuerkrankungen auf. Wobei etwa zwei Drittel aller Demenzerkrankungen auf die Alzheimerkrankheit entfallen (Karin Böhm, et al., 2009). Alzheimer-Demenz ist eine meist chronische Krankheit, welche nach ICD-10 durch eine Verminderung der Denk- sowie Erinnerungsleistung und der daraus resultierenden Beeinflussung der Alltagsaktivitäten (ADL, engl. Activities of Daily Living) charakterisiert ist (WHO, 1992). Die Verminderung der Erinnerungsleistung ist meist die erste kognitive Funktion, die bei einer beginnenden Alzheimer-Demenz beeinträchtigt wird, wobei Beeinträchtigungen zunächst nur in bestimmten Bereichen deutlich werden. Hierzu zählen das episodische Gedächtnis, Aufmerksamkeit, exekutive Funktionen und teilweise Wortfindungsstörungen (Baddeley et al., 2003).

MCI (mild cognitive impairment): Im Zusammenhang mit Demenzen wird auch oft von MCI (mild cognitive impairment) gesprochen. „Unter MCI versteht man subjektiv berichtete und objektiv nachweisbare Gedächtnisstörungen, wobei die übrigen kognitiven Funktionen intakt sind. Die Alltagsfunktionen sind noch nicht beeinträchtigt.“ (Mader und Riedl, 2014). Ob MCI-Zustände letztlich nicht das Frühstadium der Demenz darstellen, wird kontrovers diskutiert. Es wird davon ausgegangen, dass etwa 10-25% der Bevölkerung über 65 Jahren unter einer zumindest leichten kognitiven Störung (MCI) leiden (Mader und Riedl, 2014).

Abgrenzung Demenz-MCI: Der Übergang von normaler Vergesslichkeit zur Demenz erfolgt fließend. Die Abgrenzung zwischen Altersvergesslichkeit, einer leichten kognitiven Beeinträchtigung (MCI) sowie ersten Symptomen einer Demenz ist selbst für Spezialisten nicht einfach zu treffen. Laut Mader und Landendörfer (2010) ist jedoch das entscheidende Kriterium für eine Differenzialdiagnose zwischen einer Demenz und einer MCI das Vorliegen einer Störung der Alltagsfähigkeit. Die Alltagsbeeinträchtigungen werden dabei durch Befragungen ermittelt, den sogenannten geriatrischen Assessments. Da die Patienten zum Teil in der Lage

sind, eine „Fassade“ aufrecht zu erhalten, ist neben der Eigenanamnese die Fremdanamnese von essenzieller Bedeutung. (Mader und Riedl, 2014)

Als problematisch erweist sich diese bei alleinlebenden Personen, da hier meist nur eine subjektive Eigenanamnese zur Verfügung steht.

Therapie - Medikamente: Nach Menche (2011) ist eine kausale Therapie von Demenzen nicht möglich, die symptomatische Behandlung von Alzheimer-Demenz hingegen schon. Diese stützt sich hauptsächlich auf Antidementiva (Cholinesterasehemmer). Die Wirksamkeit von Cholinesterasehemmer ist zwar belegt, jedoch begrenzt, und nicht bei jedem Patienten einsetzbar (Menche, 2011). In einer Metaanalyse, bei der die Ergebnisse von wichtigen wissenschaftlichen Studien in diesem Bereich zusammengeführt wurden, zeigte sich nur ein schwacher Nachweis für die Wirksamkeit dieser Präparate bei Alzheimerdemenz (Kaduszkiewicz et al., 2005). Eine weitere Metaanalyse vermutet jedoch, dass bestimmte Subgruppen von dementen Patienten stärker von der Therapie mit Cholinesterasehemmern profitieren können als andere (Kavirajan und Schneider, 2007).

Therapie – Sonstiges: „Im nichtmedikamentösen Bereich werden vor allem psychologische Therapiemethoden eingesetzt (z.B. Training zum Erhalt von Alltagskompetenzen)“ (Karin Böhm, et al., 2009) sowie ökologische und soziale Maßnahmen.

Stuck et al., (1993) zeigen in ihrer Metaanalyse auf, dass ein geriatrisches Assessment die Lebenserwartung verlängern und die Selbständigkeit älterer Menschen verbessern kann, insbesondere in Kombination mit einer längerfristigen Nachbetreuung. Das heißt eine frühzeitige Erkennung der Krankheit und eine entsprechend darauf abgestimmte Therapie kann den Krankheitsverlauf abschwächen.

Zusammenfassend wäre es daher wünschenswert, über eine objektive und möglichst kontinuierliche Erfassung von gesundheitsrelevanten Daten im häuslichen Umfeld verfügen zu können. Darüber hinaus ist eine Erinnerungsmöglichkeit als Training zum Erhalt von Alltagskompetenzen von großem Vorteil.

2.2 Problemstellung aus technischer Sicht – Erfassung gesundheitsrelevanter Daten

Bei der Sammlung von gesundheitsrelevanten Daten bestehen aus technischer Sicht bestimmte Anforderungen, welche diese erfüllen sollten, um eine Benutzerakzeptanz zu ermöglichen. Ein grober Überblick über diese Anforderungen ist bei Betz et al., (2010) zu finden. Im Folgenden wird eine Untergliederung dieser Anforderungen aus technischer Sicht vorgenommen.

Installation: Neue technische Systeme sollten sich nahtlos in bestehende Wohnumgebungen integrieren lassen. Das bedeutet: zusätzliche bauliche Maßnahmen wie etwa das Schlagen von Schlitzfenstern für das Verlegen von Kabeln sowie weitere Kabelarbeiten sollten nicht notwendig sein. Zu diesem Zweck eignen sich einzig kabellose und somit funkbasierte Systeme oder solche die auf das omnipräsente Stromnetz zurückgreifen. Das neue technische System muss daher auf diesen Prinzipien aufbauen. Zudem gilt es zu beachten, dass in erster Linie bei älteren Häusern Probleme bei Funksystemen durch deren dickere Wände verursacht werden können.

Sicherheit: Da diese technischen Systeme gesundheitsrelevante Daten verarbeiten, muss geprüft werden, ob diese unter das Medizinproduktegesetz (MPG) fallen und somit entsprechende Tests bzw. Markierungsvorschriften eingehalten werden müssen. Zudem muss der Datenschutz garantiert- sowie ein Missbrauch durch Dritte explizit ausgeschlossen sein.

Dies wird gewährleistet, indem der Nutzer im Besitz der Datenhoheit ist und selbständig entscheidet, welche Daten an Dritte weitergeleitet werden dürfen.

Neutralität: Der wichtigste Aspekt, welcher zur Akzeptanz solcher Systeme führt, ist, dass diese nicht als Hilfssysteme für ältere Menschen oder Personen mit Handicap erkennbar sein dürfen. Einer entsprechenden Stigmatisierung kann insbesondere durch ein modernes Design in Form und Funktion entgegengewirkt werden. Im Idealfall vermittelt dies gerade älteren Personen das Gefühl noch „up to date“ zu sein und mit der „modernen Welt“ mithalten zu können. Zudem wird eine hohe Akzeptanz zumeist durch eine hohe Qualitätsanmutung gefördert.

Bedienbarkeit: Insbesondere bei älteren Menschen ist von immenser Wichtigkeit, dass die verwendeten Produkte bereits im Stadium des Prototypen ein hohes Maß an Ausgereiftheit ausstrahlen. Hierdurch werden Irritationen bei den älteren Anwendern verringert und einer ablehnenden Haltung gegenüber dem Produkt vorgebeugt. Grundvoraussetzung dafür ist eine einfache und intuitive Bedienung, welche dazu führt, dass der Benutzer die Technik als beherrschbar empfindet. Zusätzlich ist zu beachten, dass Anzeigen bzw. Displays übersichtlich gestaltet und gut lesbar sind sowie Lautsprecher gut verständlich sind.

Robustheit: Die verwendeten Systeme müssen robust und belastbar sein. Hierdurch nimmt man den Anwendern die Angst bei der Verwendung des Systems „etwas kaputt zu machen“. Zudem ist ein zuverlässiger, störungsfreier und wartungsarmer Betrieb des Systems von großer Wichtigkeit. Darüber hinaus sollte keine Intervention des Nutzers notwendig sein.

Modularität: Die Systeme müssen in unterschiedlichen Umgebungen (individuelle Wohneinheiten) und damit Konfigurationen einsetzbar sein. Daher ist ein modularer Aufbau des Systems zwingend notwendig, um dieses an die jeweiligen Gegebenheiten anpassen zu können. Außerdem ist es wünschenswert Funktionen des Systems abhängig vom Gesundheitszustand des Anwenders zu- bzw. abschalten zu können. Hierdurch kann dem Nutzer optimaler Benutzerkomfort geboten werden.

Nutzen: Technische Systeme im Allgemeinen müssen mindestens ein existentielles Bedürfnis ihres Anwenders befriedigen, um deren Akzeptanz zu erreichen. Diese Tatsache ist bereits in deren Entwicklungs- bzw. Testphase zu beachten, um ein auswertbares Feedback erhalten zu können. Zudem ist hierbei elementar, dass mit der Anwendung eines solchen Systems grundsätzlich keine Änderung des Verhaltens einhergehen darf. Dies ist insbesondere bei Systemen zu beachten, welche das „natürliche Verhalten“ des Anwenders ermitteln.

3. Stand der Technik

3.1 Geriatrisches Assessment

Geriatrisches Assessment bezeichnet eine in der Geriatrie durchgeführte Einschätzung des Patienten bezüglich dessen medizinischen, psychosozialen und funktionellen Möglichkeiten. Diese Einschätzung soll zu frühestmöglichen therapeutischen Interventionen führen. Kolb und Leischker (2009) raten bei allen Patienten über 70 zur Durchführung des geriatrischen Assessments sowie bei Patienten jünger als 70 Jahre, bei denen im Rahmen der Anamnese und klinischer Untersuchungen Hinweise auf funktionelle Einschränkungen bestehen. Beim geriatrischen Assessment werden nach (Kolb und Leischker, 2009) folgende Gebiete untersucht:

- Komorbiditäten (Begleiterkrankungen)
- Konzept der Aktivitäten des täglichen Lebens
- Kognition
- Emotionaler Status
- Sturzrisiko
- Ernährungszustand
- Assessment der sozialen Situation
- Geriatrische Syndrome
- Das Frailty-Konzept (Gebrechlichkeit, Hinfälligkeit)

Im Rahmen dieser Arbeit ist speziell das Konzept der Aktivitäten des täglichen Lebens von Bedeutung, da damit Anzeichen einer Demenz frühzeitig erkannt werden können. Daher wird im Folgenden auf dieses Gebiet detaillierter eingegangen.

Die Basis des funktionsorientierten geriatrischen Assessments stellen die *Aktivitäten des täglichen Lebens* (ADL) (KATZ et al., 1963) mit ihren Ergänzungen *instrumentelle Aktivitäten des täglichen Lebens* (IADL) (Lawton und Brody, 1969) und *erweiterte Aktivitäten des täglichen Lebens* (AADL) (Reuben et al., 1990) dar. Es handelt sich dabei um Skalen, welche über Fragebögen zu den Belastungen im Alltag ermittelt werden. Deren Ziel ist es, relevante Defizite sowie deren alltagsrelevante Auswirkungen zu erfassen. Wichtig hierbei ist jedoch nicht der reine Punktwert, sondern die so gewonnenen Informationen über die Art der Beeinträchtigung, deren Schwere und daraus resultierender Konsequenz. Hierbei misst die ADL die Selbständigkeit unter „Hotelbedingungen“, die IADL ohne „Hotelbedingungen“ und die AADL die Aktivitäten außerhalb des Haushalts, wie z.B. Sport. Veranschaulicht wird dieses in der Abbildung 2.

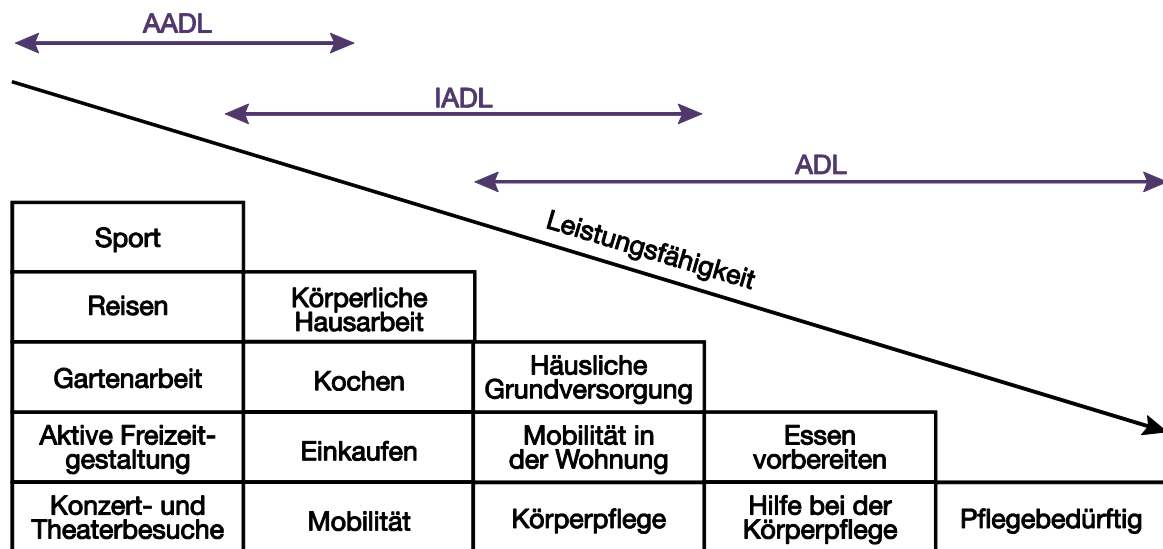


Abbildung 2: Konzept der Aktivitäten des täglichen Leben (nach: Kolb und Leischker, 2009)

3.1.1 Aktivitäten des täglichen Lebens

Mahoney und Barthel (1965) entwarfen basierend auf den ADL den so genannten Barthel-Index, welcher die Fähigkeit einer Person misst, sich selbst zu versorgen. Dieser gilt als Goldstandard zur Messung von ADL und wird im einheitlichen Bewertungsmaßstab (EBM) (Kassenärztliche Bundesvereinigung, 2014) explizit als Bewertungskriterium aufgeführt. Hierbei werden die Aktivitäten Essen, Transfer, persönliche Hygiene, Toilettenbenutzung, Baden, Gehen, Treppensteigen, An- und Auskleiden sowie Kontinenz erfasst. Für Deutschland wurde der Barthel-Index im „Hamburger Manual“ (Lübke, 2002) übersetzt und konkretisiert. Eine Kurzversion davon ist in Tabelle 1 zu sehen. Bei der Ermittlung des Barthel-Index ist zu beachten, dass nur tatsächlich ausgeführte Aktivitäten gewertet werden und nicht solche, die der Patient noch ausführen könnte. Die ermittelte Gesamtskala reicht von 0 (vollständig pflegebedürftig) bis 100 (völlig selbständig). Bei <80 besteht nach (Kolb und Leischker, 2009) meist ein Pflegebedarf von mehr als zwei Stunden pro Tag. Bei über 80 Punkten wird empfohlen, eine weitergehende Erfassung durch das Assessment der IADL durchzuführen.

Tabelle 1: Barthel-Index Kriterium Kurzversion (nach: Lübke, 2002)

ESSEN	
10	komplett selbständig oder selbständige PEG-Beschickung/-Versorgung
5	Hilfe bei mundgerechter Vorbereitung, aber selbständiges Einnehmen oder Hilfe bei PEG-Beschickung/-Versorgung
0	kein selbständiges Einnehmen und keine MS/PEG-Ernährung
AUFSETZEN & UMSETZEN	
15	komplett selbständig aus liegender Position in (Roll-)Stuhl und zurück
10	Aufsicht oder geringe Hilfe (ungeschulte Laienhilfe)
5	erhebliche Hilfe (geschulte Laienhilfe oder professionelle Hilfe)
0	wird faktisch nicht aus dem Bett transferiert
SICH WASCHEN	
5	vor Ort komplett selbständig incl. Zähneputzen, Rasieren und Frisieren
0	erfüllt „5“ nicht

TOILETTENBENUTZUNG

- 10 vor Ort komplett selbständige Nutzung von Toilette oder Toilettenstuhl incl. Spülung / Reinigung
- 5 vor Ort Hilfe oder Aufsicht bei Toiletten- oder Toilettenstuhlbenutzung oder deren Spülung / Reinigung erforderlich
- 0 benutzt faktisch weder Toilette noch Toilettenstuhl

BADEN / DUSCHEN

- 5 selbständiges Baden oder Duschen incl. Ein-/Ausstieg, sich reinigen und abtrocknen
- 0 erfüllt „5“ nicht

AUFSTEHEN & GEHEN

- 15 ohne Aufsicht oder personelle Hilfe vom Sitz in den Stand kommen und mindestens 50 m ohne Gehwagen (aber ggf. Stöcken/Gehstützen) gehen
- 10 ohne Aufsicht oder personelle Hilfe vom Sitz in den Stand kommen und mindestens 50 m mit Hilfe eines Gehwagens gehen
- 5 mit Laienhilfe oder Gehwagen vom Sitz in den Stand kommen und Strecken im Wohnbereich bewältigen alternativ: im Wohnbereich komplett selbständig mit Rollstuhl
- 0 erfüllt „5“ nicht

TREPPENSTEIGEN

- 10 ohne Aufsicht oder personelle Hilfe (ggf. incl. Stöcken/Gehstützen) mindestens ein Stockwerk hinauf und hinuntersteigen
- 5 mit Aufsicht oder Laienhilfe mind. ein Stockwerk hinauf und hinunter
- 0 erfüllt „5“ nicht

AN- & AUSKLEIDEN

- 10 zieht sich in angemessener Zeit selbständig Tageskleidung, Schuhe (und ggf. benötigte Hilfsmittel z.B. ATS, Prothesen) an und aus
- 5 kleidet mindestens den Oberkörper in angemessener Zeit selbständig an und aus, sofern die Utensilien in greifbarer Nähe sind
- 0 erfüllt „5“ nicht

STUHLKONTROLLE

- 10 ist stuhlinkontinent, ggf. selbständig bei rektalen Abführmaßnahmen oder AP-Versorgung
- 5 ist durchschnittlich nicht mehr als 1x/Woche stuhlinkontinent oder benötigt Hilfe bei rektalen Abführmaßnahmen / AP-Versorgung
- 0 ist durchschnittlich mehr als 1x/Woche stuhlinkontinent

HARNKONTROLLE

- 10 ist harnkontinent oder kompensiert seine Harninkontinenz / versorgt seinen DK komplett selbständig und mit Erfolg (kein Einnässen von Kleidung oder Bettwäsche)
- 5 kompensiert seine Harninkontinenz selbständig und mit überwiegendem Erfolg (durchschnittlich nicht mehr als 1x/Tag Einnässen von Kleidung oder Bettwäsche) oder benötigt Hilfe bei der Versorgung seines Harnkathetersystems
- 0 ist durchschnittlich mehr als 1x/Tag harninkontinent

3.1.2 Instrumentelle Aktivitäten des täglichen Lebens

Die IADL (Lawton und Brody, 1969) erweitern die Beurteilung der ADL um die selbständige Lebensführung in einem Haus oder einer Wohnung. Die IADL wird ebenfalls beim EBM 2000plus als Beispiel zur „Beurteilung der Selbstversorgungsfähigkeiten mittels standardisierter, wissenschaftlich validierter Testverfahren“ aufgeführt. Deren Kategorien sind: Telefonieren, Wäsche, Einkaufen, Transportmittel, Kochen, Medikamente, Haushalt und Geldhaushalt. Aus den jeweils erreichten Einzelwerten dieser Bereiche wird ein Summenscore zur Bewertung gebildet (siehe Tabelle 2). Maximal erreichbar sind acht Punkte, was vollständige Selbständigkeit bedeutet. Diese Erweiterung der ADL ist speziell für ambulante Therapiekonzepte relevant, da die Alltagskompetenz jenseits der Grundversorgung eine wesentliche Voraussetzung für die ambulante Betreuung ist. Ist ein Patient nach IADL selbständig, so ist eine Überprüfung der ADL-Funktionen nicht notwendig, da die in der IADL getesteten Funktionen komplexere Aktivitäten des täglichen Lebens darstellen.

Tabelle 2: Lawton IADL nach (Kolb und Leischker, 2009)

TELEFON		WÄSCHE	
Benutzt Telefon aus eigener Initiative	1	Wäscht sämtliche eigene Wäsche	1
Wählt eigene bekannte Nummern	1	Wäscht kleine Sachen	1
Nimmt ab, wählt nicht selbständig	1	Gesamte Wäsche muss auswärts versorgt werden	0
Benutzt das Telefon überhaupt nicht	0		
EINKAUFEN		TRANSPORTMITTEL	
Kauft selbständig die meisten benötigten Sachen ein	1	Benutzt unabhängig öffentliche Verkehrsmittel, eigenes Auto	1
Tätigt wenige Einkäufe	0	Bestellt und benutzt selbständig Taxi, benutzt aber keine öffentlichen Verkehrsmittel	1
Benötigt bei jedem Einkauf Begleitung	0	Benutzt öffentliche Verkehrsmittel in Begleitung	1
Unfähig zum Einkaufen	0	Beschränkte Fahrten in Taxi oder Auto in Begleitung	0
KOCHEN		MEDIKAMENTE	
Plant und kocht erforderliche Mahlzeiten selbständig	1	Reist überhaupt nicht	0
Kocht erforderliche Mahlzeiten nur nach Vorbereitung durch Drittpersonen	0	MEDIKAMENTE	
Kocht selbständig, hält aber benötigte Diät nicht ein	0	Nimmt Medikamente in genauer Dosierung und zum korrekten Zeitpunkt	1
Benötigt vorbereitete und servierte Mahlzeiten	0	Nimmt vorbereitete Medikamente korrekt	0
		Kann korrekte Einnahme von Medikamenten nicht handhaben	0
HAUSHALT		GELDHAUSHALT	
Hält Haushalt instand oder benötigt zeitweise Hilfe bei schweren Arbeiten	1	Regelt finanzielle Geschäfte Selbständig (Budget, Schecks, Einzahlungen, Gang zur Bank)	1
Führt selbständig kleine Hausarbeiten aus	1	Erledigt täglich kleine Ausgaben. Benötigt Hilfe bei Einzahlungen, Bankgeschäften	1
Führt selbständig kleine Hausarbeiten aus, kann aber die Wohnung nicht rein halten	1	Ist nicht mehr fähig mit Geld umzugehen	0
Benötigt Hilfe in allen Haushaltsverrichtungen	1		
Nimmt überhaupt nicht teil an tägl. Verrichtungen im Haushalt	0		

Dieser Bogen ist retrospektiv erhoben und die rein subjektive Einschätzung des Probanden
Gesamtpunktzahl ____/8

3.1.3 Erweiterte Aktivitäten des Täglichen Lebens

Wie bereits beschrieben, ermitteln die Aktivitäten des täglichen Lebens sowie die instrumentellen Aktivitäten des täglichen Lebens (die unmittelbaren Aktivitäten im Haushalt. Die AADL hingegen erweitern diese um Aktivitäten, welche über den Haushalt hinausgehen. Entsprechend werden soziale Interaktion, Sport und höhere körperliche Belastung erfasst. Die AADL Skalen sind laut (Kolb und Leischker, 2009) weit weniger verbreitet als die ADL- und IADL-Erfassung, können jedoch wertvolle Informationen über aktive ältere Patienten liefern. Eine Einteilung erfolgt hierbei anhand der drei körperlichen Leistungsstufen: regelmäßiger Sport, regelmäßiges Gehen längerer Strecken (>1km), regelmäßiges Gehen kurzer Strecken (<1km).

3.2 Systeme zur Erfassung und Speicherung von verhaltensrelevanten Daten

Es werden im Folgenden Systeme zur Erkennung von verhaltensrelevanten Daten betrachtet, welche in Versuchen mit älteren Menschen evaluiert wurden.

Bereits kurz nach der Einführung von miniaturisierten Sensoren wie Beschleunigungssensoren, welche durch die Industrialisierung zu low-Cost Artikeln wurden, erkannte die Wissenschaft das Potential dieser für die Erhebung von Daten des täglichen Lebens mittels Bewegung und Aktivitäten (Veltink et al., 1996).

Eines der ersten Systeme zur Überwachung der tagesrhythmischen Aktivitäten ist die HIS²-Plattform „Health Integrated Smart Home Information System“ (Virone et al., 2002). Hierzu wurden Bewegungssensoren in Schlafzimmer, Wohnzimmer, Küche, Dusche und Flur sowie Magnet-Schalt-Sensoren an Zimmer- und Haustüre einer Versuchswohnung installiert (Noury et al., 2000). Die HIS²-Plattform zeichnet innerhalb dieser Wohnung alle vom Patienten getätigten Aktivitäten kontinuierlich auf und bildet hieraus stündliche Aktivitätsphasen. Nach Ablauf einer „gewissen Zeit“ gehen die Autoren davon aus, dass der statistische Mittelwert von schnellen und kurzen rhythmischen Fluktuationen während einer Aktivitätsphase erreicht ist. Damit kann das durchschnittliche Verhalten des Patienten innerhalb einer Stunde dargestellt werden. Die Aneinanderreihung dieser stündlichen Aktivitätsphasen ergibt einen Tagesrhythmus (24 Stunden). Zur Erstellung des Tagesrhythmus sowie zum Erkennen möglicher Abweichungen vom „normalen Rhythmus“ des Patienten, führt das System stündliche Datenanalysen durch. Hierbei wird jeweils der aktuelle stündliche Ablauf mit dem „normalen“ stündlichen Ablauf verglichen. Unterschiede zwischen diesen beiden Abläufen werden als Abweichungen des Patientenverhaltens angesehen und der medizinische Versorger alarmiert. Das System gibt zudem die Anzahl und den Schweregrad der Abweichungen an.

Ein weiteres System stammt von Najafi et al., (2003). Diese veröffentlichten eine Untersuchung mit einem tragbaren System bestehend aus einem eindimensionalen Gyrometer sowie einem zweidimensionalen Beschleunigungssensor. Dieses wird am Brustkorb montiert und ermittelt die Körperposen (sitzen, stehen, liegen). Das System kann 12 Stunden betrieben werden bevor eine erneute Aufladung nötig ist. Es wurden drei Versuchspersonen mit einem Alter über 65 ausgewertet. Dabei ergaben sich Sensitivitäten und Spezifitäten von je über 90%.

Mit Hilfe der Überwachung von elektronischen Geräten sowie Tür-Kontakten versuchte ein Team um Nambu et al., (2005) den Gesundheitsstatus von älteren Menschen zu ermitteln. Dazu statteten sie Kühl- und Gefrierschrank, Ofen, die Küchentür und den Fernseher einer „Testwohnung“ mit Sensoren aus. Sie fanden zunächst keine Korrelation der mittels der unterschiedlichen „Objektsensoren“ erhobenen Daten, sodass es daher nicht möglich war, den

Gesundheitszustand der 78-jährigen Testperson zu ermitteln. Daher entschieden die Autoren ihre Diagnosemethode auf ein Objekt zu beschränken. Hier erschien der Fernseher als am Geeignetesten. Mit Hilfe der Startzeiten des Fernsehers gelang es den Autoren, so ein Verhaltensbild des Probanden zu erstellen. Insgesamt erstreckte sich dieser Test über sieben Monate, wobei eine einmonatige Unterbrechung aufgrund der gesundheitlichen Situation der Testperson vorgenommen werden musste. Dieser zeitliche Einschnitt war ebenfalls im erzeugten Verhaltensbild sichtbar.

Noury et al. (2011) veröffentlichten zudem eine Arbeit über die Erkennung von ADLs mittels Stromüberwachung. Hierzu wurden insgesamt 25 ältere Personen als Probanden rekrutiert. Wobei 13 hiervon über einen Zeitraum von neun Monaten und zwölf über sechs Monate beobachtet wurden. Die hierbei aufgezeichneten Daten wurden im Anschluss daran dazu verwendet zehn ADLs zu ermitteln. Dazu zählten „Essen sowie deren Zubereitung“, „Hygiene“ und „Toilettengang“ zu den unterschiedlichen Zeiten sowie tägliche und nicht-tägliche Aktivitäten. Die Auswertung der so erhobenen Daten erfolgte mittels einer Kombination von statistischer Auswertung (Bayes) sowie einer gewichteten Auswertung (Barycenter). Abschließend konnte so gezeigt werden, dass diese ADLs in Tagesprofilen ausgewertet werden können.

Zu den bekanntesten Systemen zur Erfassung und Speicherung von verhaltensrelevanten Daten zählt SHIMMER (Burns et al., 2010). Es ist eine der wenigen Sensorplattformen welche kommerziell verfügbar ist. Deren tragbaren Module können Daten entweder auf einer SD-Karte speichern oder diese über Bluetooth versenden. Darüber hinaus sind diese Module mit Accelerometer, Gyrometer, Magnetometer und Drucksensor ausgestattet. Zudem können über Erweiterungen weitere Werte wie die des EEGs oder Hautwiderstand aufgezeichnet werden. Interessanterweise ist, obwohl das System kommerziell verfügbar ist und es zur Aufzeichnung von ADLs für ältere Menschen konzipiert ist, bisher keine Veröffentlichungen mit älteren Testpersonen erschienen. Publikationen zu SHIMMER, welche mit jüngeren Probanden arbeiten, stellt beispielsweise das Projekt von (Dalton et al., 2012) dar. Hierbei werden Bewegungsmuster bei Patienten mit epileptischen Anfällen erstellt.

Ein weiteres aus Beschleunigungssensoren bestehendes System zur Aktivitätsmessung von älteren Menschen wurde von (Mathie et al., 2004) entwickelt. Dieses System enthält einen dreidimensionalen Beschleunigungssensor und wird am Gürtel getragen. Es sendet sekundlich drei Beschleunigungswerte, welche jeweils mit einem Zeitstempel versehen sind an ein Funkempfängermodul. Dieses Modul wiederum sendet die Daten an einen PC wo diese gespeichert werden und für eine spätere Auswertung zur Verfügung stehen. Die Autoren erhoben ihre Daten über einen Zeitraum von 403 Tagen mit Hilfe von sechs älteren (80-86 Jahre) gesunden Probanden. Hierbei wurden Daten mit einer durchschnittlichen Aufzeichnungszeit von 11,2 Stunden gesammelt. Es konnte eine moderate Korrelation zwischen den aufgezeichneten Daten und der Selbsteinschätzung der Probanden ermittelt werden. Es wurde abgeleitet, hatte ein Proband gesundheitliche Probleme, so war dies auch an der geringeren Aktivität erkennbar.

Chan et al., (2005) untersuchten in ihrer Veröffentlichung von 2005 ein selbst entwickeltes System, welches mittels in der Wohnung verteilten Infrarotsensoren die Aktivitäten „im Bett“, „Aufstehen“, „Wohnung verlassen“ und „Toilettenbesuch“ detektiert. Hierzu wurden zehn Infrarotsensoren in der Testwohnung verteilt und mittels einem RS485 Netzwerk mit einem PC verbunden. Die hierbei teilnehmenden vier Probanden waren im Alter zwischen 76 und 94 Jahre, wobei eine Person als hilfsbedürftig eingestuft wurde, eine weitere eine nicht näher bezeichnete Demenz aufwies und zwei weitere Demenzen vom Typ Alzheimer. Die Datenerhebung erstreckte sich über einen Zeitraum von acht Monaten. Im Ergebnis zeigte sich

eine Korrelation zwischen „Bettunruhe“ und „Aufstehen“. Hieraus folgern Chan et al., (2005), dass das Erkennen von „Bettunruhe“ als ein erster Schritt zur Erfassung von Gefahrensituationen angesehen werden kann. Dies begründen die Autoren in der Tatsache, dass die „Bettunruhe“ ein „Aufstehen“ zur Folge haben kann, welches wiederum zu einem Sturz führen könnte.

Die Arbeitsgruppe um Suzuki et al. (2006) widmeten sich in Ihrer Untersuchung der Ermittlung eines Tagesrhythmus sowie atypischer Tage. Hierzu verwenden sie Bewegungssensoren, Tür-/Fensterschaltkontakte, Abstandssensoren sowie ein Wattmeter zur Erkennung der Fernsehernutzung. Hieraus wurden die ADLs „schlafen“, „aufstehen“, „hinlegen“, „Toilettengang“, „baden“, „kochen“, „Mahlzeit einnehmen“, „Wohnung verlassen“ und „Wohnung betreten“ ermittelt. Die Auswertung der Sensoren erfolgte dabei sekundlich, einmal täglich wurden die so erhobenen Daten zudem via Internet zur weiteren Auswertung an einen Server übertragen. Die Aktivitäten der 72-jährigen Versuchsperson wurden zunächst über zwölf Tage mit Hilfe des verwendeten Systems aufgezeichnet. Anhand der so erhobenen Daten, sowie mit Hilfe eines Fragebogens wurde zunächst ein „Basistagesrhythmus“ ermittelt. Dieser ist unterteilt in: „schlafen“ 23:00- 04:59, „aufstehen/Frühstück“ 05:00-08:59, „häusliche Aktivitäten/ Haus verlassen“ 09:00-16:59 und „Abendessen/schlafen gehen“ 17:00- 22:59. Anschließend erfolgte eine weitere Datenerhebung über sechs Monate woraus 29 atypische Tage ermittelt werden konnten. Bei 13 dieser Tage konnte keine Übereinstimmung mit der persönlichen Einschätzung der Probandin gefunden werden.

Tyrer et al. (2007) ermittelten mit ihrem System Verhaltensveränderungen aufgrund von „einschlägigen Ereignissen“. Im Rahmen ihrer Datenerhebung statten die Autoren die Wohnungen zweier Probanden im Alter von 80 und 82 Jahren mit Bewegungssensoren aus, welche über einen Zeitraum von 14 bzw. 16 Monaten Daten erhoben. Diese wurden zeitgleich mittels Datenlogger gesammelt und an einen Server übertragen, wo sie für eine spätere Auswertung zur Verfügung standen. Im Ergebnis konnte ein Zusammenhang zwischen der „restlessness“ (Wert aus Zeit und Eventfrequenz) und den aufgezeichneten Aktivitäten der Probanden gefunden werden. Hierzu werden die Erhöhung der „Schlafzimmeraktivität“ in Folge einer Knieoperation sowie die Erhöhung der „Badbesuche“ nach Medikamentenwechsel als Belege angeführt.

Ein weiteres System, welches Aktivitäten des täglichen Lebens mittels Messung des Stromverbrauchs von elektrischen Geräten ermittelt, wurde von (Franco et al., 2008) vorgestellt. Diese beobachteten in Ihrer Untersuchung den Stromverbrauch einzelner Lampen in unterschiedlichen Räumen sowie von elektrischen Geräten wie dem Backofen oder dem Bügeleisen. Die zugrundeliegende Untersuchung erfolgte mit 13 Probanden, welche einen Altersdurchschnitt von 80 Jahren aufwiesen. Zum Testzeitpunkt lebten alle Probanden allein, wobei eine Person an Alzheimer erkrankt war. Der Untersuchungszeitraum lag im Mittel bei 6,4 Monaten. Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass der Aktivitätslevel der Probanden nicht wesentlich durch die Jahreszeiten (Sommer, Winter) beeinflusst wird. Es konnte jedoch ein Unterschied zwischen den Probanden in Bezug auf die Häufigkeit, mit der ein Zimmer betreten wird, festgestellt werden. So wechselten die weniger aktiven Probanden im Mittel nur acht Mal am Tag den Raum, die aktiveren jedoch bis zu 43 Mal.

Ein System, welches ebenfalls mit Bewegungssensoren arbeitet liegt den Veröffentlichungen von (Alwan et al., 2006) und (Virone et al., 2008) zu Grunde. Diese ermittelten mit Hilfe von Bewegungssensoren ein Verhaltensmuster ihrer Versuchspersonen. Auch hierzu wurden Sensoren in unterschiedlichen Räumen der Wohnungen von Versuchspersonen angebracht. Diese Bewegungssensoren senden ihre Daten drahtlos an einen PC, der wiederum mit einem webbasierenden Server verbunden ist, welcher im Anschluss die Speicherung sowie die

Auswertung der Daten vornimmt. Virone und sein Team rekrutierten 22 Probanden (im Mittel 83,78 Jahre) und erhoben ihre Daten über einen Zeitraum zwischen drei und zwölf Monaten. Um Abweichungen vom „normalen“ Verhalten der Probanden zu ermitteln, kategorisierten sie die Auftretenswahrscheinlichkeiten von Aktivitäten in drei Bereiche: „normales Verhalten“, „nicht normales Verhalten“ und „alarmierendes Verhalten“. Abschließend kommen die Autoren zu dem Schluss, dass sie mit Hilfe ihres Systems Verhaltensänderungen erkennen konnten und dieses die Pfleger korrekt alarmierte (keine Fehlalarme). Des Weiteren ist es möglich, anhand der Auswertung Aussagen über die Qualität des Schlaf-, Geh- und Essverhalten der Probanden zu treffen.

Tabelle 3 zeigt eine Zusammenfassung der hier vorgestellten Systeme mit einer Kategorisierung in Bedienbarkeit, Daten, Messung, Probanden und Ergebnissen. Bei der Bedienbarkeit wird unterschieden zwischen den Personengruppen Anwender, Untersucher und Entwickler. Bei der Datenverarbeitung wird unterschieden ob eine online oder eine offline Auswertung möglich ist. Für die Messung wird unterschieden zwischen Bewegungsmessung (Beschleunigung und Rotation) und Interaktionsmessung mit Objekten. Das Alter der Probanden sowie die Größe der Stichprobe wird ebenso wie die wichtigsten Ergebnisse werden ebenfalls angegeben.

Tabelle 3: Zusammenfassung der Systeme zur Erfassung und Speicherung von verhaltensrelevanten Daten

System	Bedienbarkeit			Daten		Messung		Probanden	Ergebnisse
	Anwender	Untersucher	Entwickler	Online	Offline	Bewegung	Interaktion		
(Najafi et al., 2003)	0	0	kI	+	-	2D 1R	-	44 (Mittel 77 Jahre) kurze Tests	
(Nambu et al., 2005)	+	kI	kI	kI	+	-	EL K	1 (78 Jahre) 7 Monate	
(Noury et al., 2011)	+	0	kI	kI	+	-	EL	12 (Mittel 80,5 Jahre) 6 Monate	6 ADL erkennbar
(Burns et al., 2010)	+	+	+	+	+	3D 3R EM	-	-	-
(Mathie et al., 2004)	0	kI	kI	kI	+	3D	-	6 (80-86) gesund 12 Wochen	moderate Korrelation zw. Daten und Selbsteinschätzung
(Chan et al., 2005)	+	kI	kI	kI	0	-	IR	4 (76-94) 8 Monate	Korrelation zwischen Bettunruhe und aufstehen/ Schlafzimmer verlassen
(Suzuki et al., 2006)	+	kI	kI	kI	+	-	IR EL K	1 (72 Jahre) 6 Monate	Ermittlung von Tagesroutine, 29 Atypische Tage
(Tyrer et al., 2007)	+	kI	kI	kI	+	-	IR	2 (80,82 Jahre) 14-16 Monate	Verhaltensänderung nach elementaren Ereignissen
(Franco et al., 2008)	+	kI	kI	kI	+	-	EL	13 (Mittel 80) 6,4 Monate	Saisonale Verhaltensänderungen nicht signifikant; Differenzierung der Alzheimerperson möglich
(Alwan et al., 2006; Virone et al., 2008)	+	kI	kI	kI	+	-	IR	22 (Mittel 83,8) 3-12 Monate	Aussage über Qualität des Schlafs, Geh- und Essverhalten über Tagesrhythmus

kI keine Information; + gut; 0 akzeptabel; - nicht möglich; D Beschleunigungsachsen; R Rotationsachsen; EM Magnetsensor; IR Infrarot; EL Strommessung; K Kontakte

3.3 Erinnerungssysteme

Zum Erhalt von Alltagskompetenzen werden ebenfalls Erinnerungssysteme gezählt, die an Alltagsaktivitäten oder auch Termine erinnern. Systeme zur Unterstützung der Erinnerung können in kontextsensitive und „klassische“, nicht kontextsensitive System unterteilt werden (Abbildung 3).

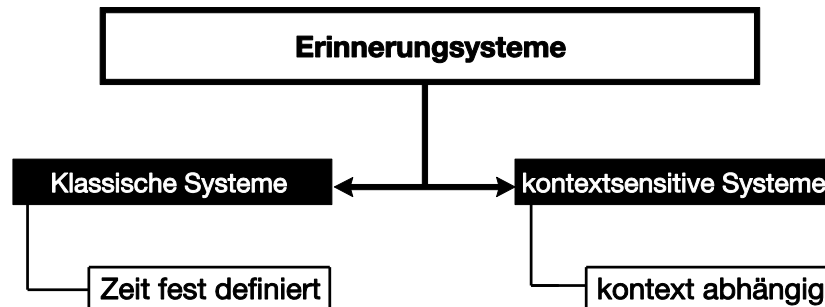


Abbildung 3: Erinnerungssysteme eingeteilt in klassische und kontextsensitive Systeme

Klassische Systeme erinnern den Anwender, zu einer vorher von Dritten festgelegten Zeit, an bestimmte Ereignisse. Das bedeutet der Inhalt der Hinweise sowie der Zeitpunkt sind fest definiert, und passen sich nicht selbständig an die Situation an. Anders bei den kontextsensitiven Systemen, welche durch bewusste oder unbewusste Interaktionen mit dem Anwender automatisiert erkennen, ob und welcher Hinweis zum gegebenen Zeitpunkt benötigt wird.

3.3.1 Klassische Systeme

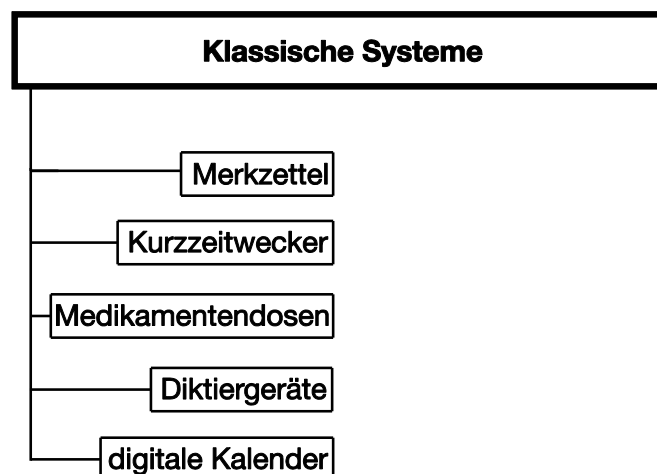


Abbildung 4: Klassische Systeme

Eine Übersicht über die klassischen Systeme zeigt Abbildung 4. Zu den gegenwärtig erhältlichen, klassischen Erinnerungssystemen zählen Merkzettel, beispielsweise in Form von POST-IT-Aufklebern, die angebracht an bestimmten Geräten oder Objekten an Aktivitäten erinnern sollen (Baddeley et al., 2003). Darüber hinaus existieren simple Geräte wie etwa Kurzzeitwecker oder Medikamentendosen, welche durch akustische Signale an die Einnahme erinnern. Ein Beispiel hierfür ist die Pillenbox *MEMO 2002* von Extra Markt 2000. Diese Box ist mit einem Wecker versehen, der je nach Einstellung an die Einnahme erinnert. Des Weiteren gibt es Diktiergeräte, wie das *MEM-X* von MEM-X Diffusion SAS welches zeitgesteuert

aufgenommene Nachrichten abspielen kann. Hierbei können einmalige, tägliche und wöchentliche Ereignisse programmiert werden (“mem-x,” 2008). Ein weiteres Diktiersystem namens *Voice Organizer* wurde bereits evaluiert (Van den Broek et al., 2000), ist aber auf dem Markt gegenwärtig nicht mehr erhältlich. Ein ähnliches System ist der *MEMOmessenger* von Abilia (“MEMOmessenger-Abilia,” 2013), welcher zusätzlich über eine stationäre Einheit mit Uhr verfügt. Des Weiteren gibt es die klassischen Kalenderfunktionen von Smartphones und PDAs, die als Erinnerungshilfe eingesetzt werden können. Auf einer Kalenderfunktion aufbauend vertreibt Abilia den *MEMOplanner*, welcher über eine einfache digitale Darstellung mittels Symbolen an Ereignisse erinnert (“MEMOplanner,” 2013). Darüber hinaus existieren mittlerweile Apps für Smartphones, welche die Funktionalitäten der Diktiergeräte nachbilden. Als Beispiel hierfür sei der *Voice Organizer* genannt (“Voice Organizer für iPhone, iPod touch und iPad im iTunes App Store,” 2013)

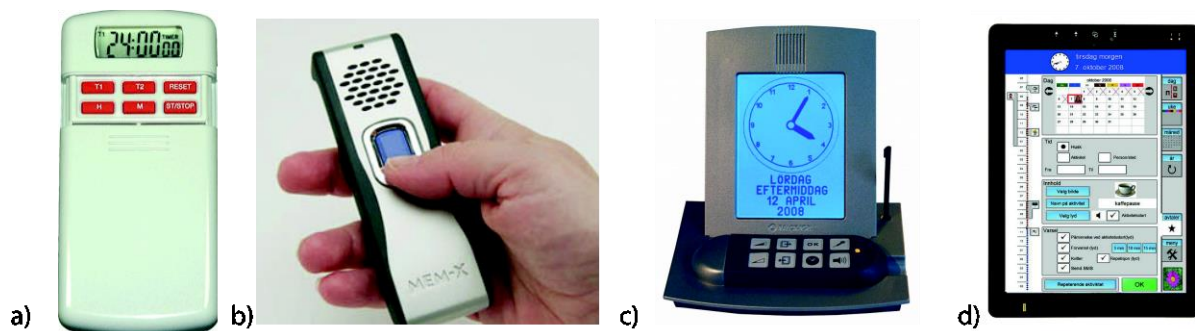


Abbildung 5: Erhältliche Erinnerungssysteme: a) Pillenbox mit Timer (MEMO2002), b) Diktiergerät mit Timer (MEM-X), c) Diktiergerät mit Timer (MEMOmessenger), d) Digitaler Kalender (MEMOplanner)

Klassische Erinnerungssysteme finden sich ebenso in der Forschung. Wade und Troy (2001) untersuchten in ihrer Abhandlung die Tauglichkeit von Handys als Erinnerungssystem. Hierzu wurden jedoch keine weiteren Sensoren verwendet, sondern lediglich der „Handywecker“ zur Erinnerung genutzt. Es konnten fünf Personen im Alter von 18-51 Jahren mit diversen Hirnverletzungen als Probanden gewonnen werden. Bei allen Teilnehmern war eine Verbesserung der gestellten Aktivitäten erkennbar. Aufgrund der kurzen Evaluationsdauer von bis zu drei Monaten konnte ein Gewöhnungsaspekt jedoch nicht berücksichtigt werden.

O'Neill et al. (2011) hingegen nutzen ein System bestehend aus drei Komponenten. Ein modifiziertes Handy, um anhand von personalisierten Videonachrichten, Erinnerungen an dementiell Erkrankte zu liefern. Ein Pflegerinterface welches den Pflegern ermöglicht Videoerinnerungen zu erzeugen und einem Server, der die Speicherung sowie die Kommunikation zwischen dem Handy und dem Pflegerinterface sicherstellt. Anhand von einfachen Schaltersensoren können bis zu vier Objekte markiert werden, welche anschließend als komplette Aktivität angesehen werden. Evaluiert wurde das System von einer 28-Jährigen Person in einem Zeitraum von sechs Wochen. In dieser Zeitspanne waren 143 Erinnerungsmöglichkeiten möglich und 72% der Aktivitäten wurden richtig erkannt. O'Neill et al. treffen jedoch keine Aussage über den genauen Einsatz des Erinnerungssystems.

Zudem untersuchten Meiland et al. (2012) die Verwendungsmöglichkeit von elektronischen Geräten zur Unterstützung von Personen mit leichtgradiger Demenz. Um Erinnerungen durchzuführen, wurde hierbei ein Touchmonitor sowie ein Handy verwendet, welche hauptsächlich von den Betreuern bzw. den Technikern eingetragen wurden. Das Erinnerungssystem wurde in drei Phasen von 16, 14 und 12 Probanden mit Demenz sowie deren Betreuer über je drei bis acht Wochen evaluiert. Diese befanden das System als benutzerfreundlich und hilfreich. Eine Aussage über die Effektivität im Tagesgebrauch war

jedoch aufgrund der kurzen Testphase sowie technischen Problemen des Prototyps nicht möglich. Laut der Autoren ist außerdem ein Sensornetzwerk zur Erkennung von Aktivitäten geplant, eine entsprechende Veröffentlichung scheint bisher nicht erfolgt.

Schulze (2004) entwickelte ebenfalls eine elektronische Gedächtnishilfe *MEMOS* für hirngeschädigte Patienten. Dieses System besteht aus einem tragbaren *Personal Memory Assistant (PMA)* und einer Basisstation. Der *PMA* erhält die Daten von der Basisstation und erinnert den Patienten an bevorstehende Termine und Aufgaben. Zur Evaluierung des Systems wurden neun demenziell erkrankte Personen über je zwei Wochen mit zwei verschiedenen elektronischen Hilfen und ohne diese untersucht. Als Ergebnis wurde festgehalten, dass mit beiden elektronischen Hilfen eine Verbesserung der Erinnerung erreicht wird. Ohne Erinnerung wurden 72% der Aufgaben erfüllt, mit dem einfachen Handysystem 80% und mit dem *MEMOS* System 94% (Schulze, 2003).

3.3.2 Kontextsensitive Erinnerungssysteme

Kontextsensitive Erinnerungssysteme sind im Gegensatz zu den klassischen Erinnerungssystemen bisher nur in der Forschung anzutreffen sind.

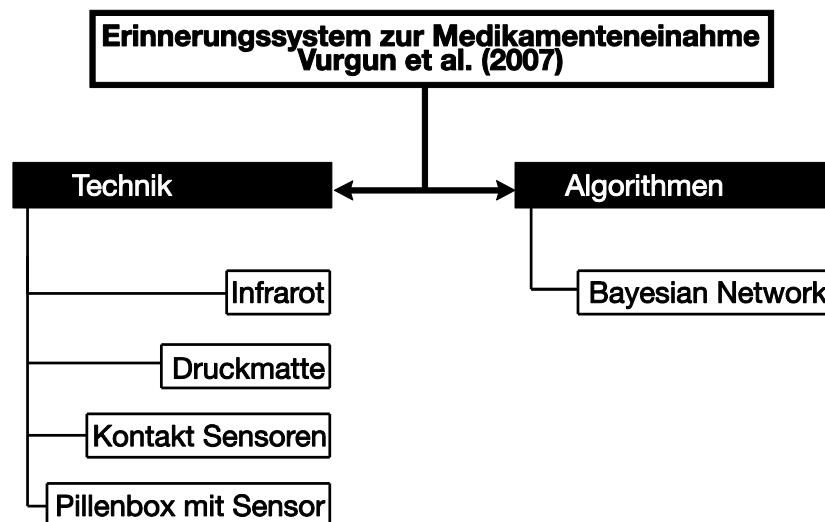


Abbildung 6: Erinnerungssystem zur Medikamenteneinnahme

Vurgun et al. (2007) entwickelten ein Erinnerungssystem zur Medikamenteneinnahme mit Hilfe eines Bayesian Network Systems. Dessen Hardware besteht aus vier bis sechs Funk-Infrarotbewegungssensoren, einer Druckmatte im Bett, Kontaktsensoren an den Zimmertüren sowie dem Kühlschrank und einem Sensor zur Detektierung der Nutzung des Telefons und dem *MedTracker*. Der *MedTracker* ist eine Pillenbox mit einem Sensor pro Gefäß und Tag ausgestattet ist. Zur Erinnerung an die Einnahme gibt es neben dem *MedTracker*, welcher mittels LED und Lautsprecher Signale ausgibt, die *Aktivitäts-Beacons* welche batteriebetrieben und kabellos sind und mittels Licht, akustischen Signalen und Audio Nachrichten abgeben können. Die Pillenbox enthält zwei Alarmierungsstufen, die erste nutzt das zum Benutzer nächste *Aktivitäts-Beacon* und signalisiert dort die Medikamenteneinnahme. Die Zweite wird aktiviert, wenn Alarm ein zehn Minuten andauert und unbeantwortet (also durch die Einnahme der Medikamente deaktiviert wird) bleibt. Bei der Aktivierung von Alarm zwei werden alle zu Verfügung stehenden *Aktivitäts-Beacon* eingesetzt. Der Alarm wird gestoppt, sobald die Medikamente eingenommen werden. Als Algorithmus zur Erkennung der Aktivitäten wird ein „Dynamic Bayesian Network“ (DBN) verwendet. Die aufgezeichneten Daten werden in fünf

sekündige Zeitintervalle aufgeteilt. Anschließend wird eine Wahrscheinlichkeit $Pr(n|Pa(n))$ ermittelt basierend auf den vorherig aufgetretenen Ereignissen $Pa(n)$. Um die Wahrscheinlichkeiten für den DBN zu ermitteln, ist es notwendig, die aufgenommenen Daten zuzuordnen. Dies geschieht manuell bzw. bei keiner Änderung „automatisch“. Dieser Vorgang ist jedoch sehr zeitaufwendig. Evaluiert wurde das System über zwölf Wochen mit sechs Probanden. Es konnte gezeigt werden, dass eine Steigerung der Einnahme der Medikamente von 56% ohne Erinnerung, auf 74% unter Verwendung des Systems von Vurgun et al. stattfand. Rein zeitliche Erinnerungen die Medikamenteneinnahme ohne Kontexteinbindung erreichten eine Steigerung auf 63%.

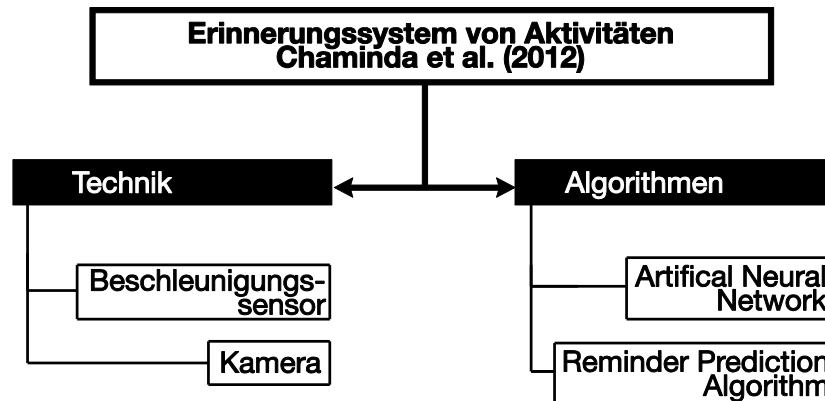


Abbildung 7: Erinnerungssystem von komplexen, zusammenhängenden Aktivitäten

Chaminda et al. (2012) entwickeln ein System zur Erinnerung von komplexen, zusammenhängenden Aktivitäten (siehe Abbildung 7). Seine Rohdaten erhält dieses System von je einem Beschleunigungssensor pro Hand sowie einer Kamera zur Erkennung des Ortes. Die Beschleunigungswerte werden auf den Frequenz- und Zeitbereich reduziert und anschließend mit einem „Artificial Neural Network“ (AAN) Algorithmus kategorisiert. Die Kategorisierung der Bilder zur Lokalisierung erfolgt auf die gleiche Weise. Anhand von bereits aufgezeichneten Daten wird für jede Aktivität eine Wahrscheinlichkeit berechnet, diese Tätigkeit zu vergessen. Zusätzlich wird geprüft, ob die Aktivität infolge einer Ortsänderung oder aufgrund einer anderen Aktivität unterbrochen wurde. Der anschließende „Reminder Prediction Algorithm“ (RPA) wertet anhand der berechneten Variablen diese „Erinnerung“ aus. Die Evaluierung des Systems erfolgte durch vier gesunde Probanden, welche vier unterschiedliche Flaschen an vier verschiedenen Orten öffneten und schlossen. Hierbei wurden zum Teil hohe Erkennungsraten von über 90% gemessen.

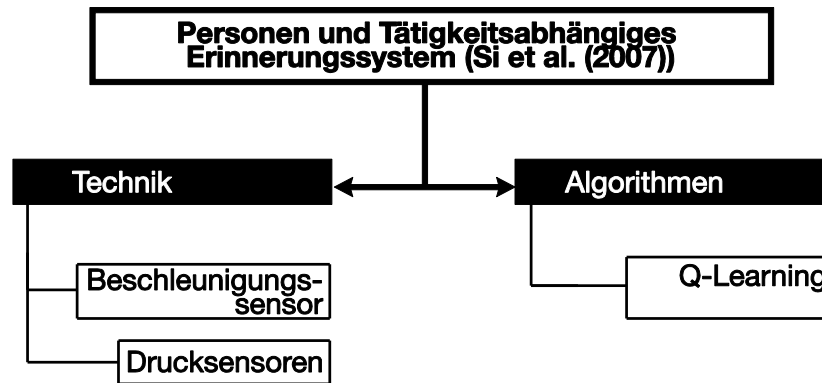


Abbildung 8: Personen- und Tätigkeitsabhängiges Erinnerungssystem von Si et al. (2007)

Das System *CoReDA* (*Contextaware Reminding System for Daily Activities*) setzt *Pavenet* Sensoren ein, die über Beschleunigungs- und Drucksensoren Manipulationen von Objekten erfassen (Abbildung 8). Damit werden ADLs identifiziert und darauf aufbauend Hinweise gegeben, um aktiv durch Tätigkeiten zu führen (Si et al. (2007a) und (2007b)). Dieses System passt sich an den Nutzer an, lernt von ihm und gibt die jeweils minimal nötige Unterstützung. Die Abtastrate der Sensoren entspricht 10 Hz. Wird in drei dieser zehn Überprüfungen pro Sekunde ein definierter Beschleunigungswert überschritten, wird eine Benutzung des jeweiligen Objekts angenommen und die ID an den Server übermittelt. Aus diesen ermittelten Daten lernt das System die Routine des Benutzers kennen und kann ihn bedarfsgerecht an einen Tätigkeitsschritt erinnern, der basierend auf den bisher ausgeführten Handgriffen folgen sollte. Der Algorithmus basiert auf dem „Q-Learning Algorithmus“ von Sutton und Barto (1998). Die Hilfestellung erfolgt über das mit einem Monitor versehene Erinnerungssystem, welches auch die ID des als nächstes zu nutzenden Objekt übermittelt bekommt. Eine Erinnerung ist definiert als die Anzeige einer Textmitteilung und eines Bildes des als nächstes zu benutzenden Gerät. Zusätzlich blinkt eine LED des *Pavenet*-Sensors an dem entsprechenden Objekt. Es stehen zwei LED-Farben zur Verfügung, wobei grün bedeutet, dass das Objekt verwendet werden soll und rot, dass das Objekt falsch genutzt wird. Es sind zwei Ebenen von Erinnerungen vorgesehen. Im minimalen Modus wird ein kurzer Hinweis gegeben. Im detaillierten Modus erfolgt die Meldung mit einer genaueren Beschreibung des zu nutzenden Objekts. Dabei erfolgt das Blinken in einer höheren Frequenz. Das System wurde über die Anwendungsbeispiele „Tee kochen“ und „Zähne putzen“ evaluiert. Der Erkennungsalgorithmus ist darauf ausgelegt, Tätigkeiten und Reihenfolgen erst zu erlernen, bevor er diese erkennen kann. Dafür sind jedoch relativ viele Wiederholungen nötig. Um die genannten Tätigkeiten zu 95 Prozent richtig zu erkennen sind für „Zähne putzen“ 49 Iterationen und für „Tee kochen“ 56 Iterationen notwendig. Für eine Wahrscheinlichkeit von 98 Prozent verdoppeln sich diese Werte nahezu. Das System ist so ausgelegt, dass es über den ganzen Nutzungszeitraum Veränderungen innerhalb von Prozessen lernen kann. Laut der Autoren ist dies jedoch bei demenziell Erkrankten nicht sinnvoll, da so auch falsche Abläufe erlernt werden können. Auch ist es noch nicht möglich, mehr als eine Ablaufroutine für eine Tätigkeit zu erkennen.

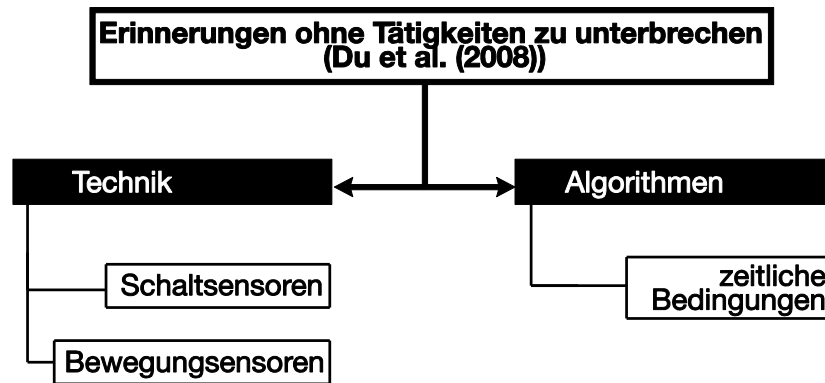


Abbildung 9: Erinnerungen ohne Tätigkeiten zu unterbrechen von Du et al. (2008)

Bei Erinnerungssystemen werden Aktivitäten in einen Tagesplan eingefügt und eine Erinnerung zu einer festgelegten Zeit ausgegeben. Von Du et al. (2008) wird ein Konzept beschrieben, das es ermöglicht, diese Erinnerungen so zu verschieben, dass eine Unterbrechung der momentan ausgeführten Tätigkeit vermieden werden kann. Im Folgenden wird beschrieben, wie dieses Konzept mit Konflikten zwischen von vorausgeplanten und ausgeführten Aktivitäten umgehen. Zu diesem Zweck wurden drei beispielhafte Tätigkeiten gewählt, bei denen eine ältere Person nicht unterbrochen werden sollte: „Telefonieren“, „Schlafen“ und „Toilettengang“. Um diese Tätigkeiten festzustellen, werden nur einfache Kontaktsensoren verwendet (Abbildung 9). So ist es direkt möglich, „Telefonieren“ zu erkennen, wenn der Hörer abgenommen wird. Dies bezeichnen die Autoren als „low-level-Kontext“, da ein Schalter ausreicht. Um andere Aktivitäten zu erkennen, ist jedoch eine Kombination von Sensoren nötig. Diese können auch aus dem „low-level-Kontext“ abgeleitet werden. Die Toilettennutzung etwa soll durch eine geschlossene Badezimmertüre, einen Aufenthalt der Person im Bad, angeschaltetes Licht und einen heruntergeklappten Toilettensitz erkannt werden. Bei einigen Tätigkeiten wird die Unterbrechung als nicht kritisch angesehen, zum Beispiel wenn die ältere Person fernsieht, um sich zu beschäftigen oder ohne Aufgabe im Haus umher geht. Derartige Tätigkeiten können einfach übergangen werden und die Erinnerung an die vorgeplante Aufgabe kann erfolgen. Eine zum Zeitpunkt der Veröffentlichung bestehende Schwierigkeit liegt darin, dass nicht alle Aktivitäten durch einfache Sensorsysteme erkannt werden können, etwa wenn ein Besucher im Haus ist und die Person mit diesem an einem Tisch sitzt. Im Allgemeinen verfügt das System über zwei Grundsätze: Wenn ein Konflikt zwischen vorgeplanter und ausgeführter Aktivität entsteht, werden Erinnerungen an kritische Tätigkeiten präsentiert, egal welche Aktivität dafür unterbrochen wird. Ist die Erinnerung nicht zeitkritisch, wird sie verschoben oder ganz gestrichen, wenn eine zu späte Erinnerung verwirrend wäre, um die ursprüngliche Tätigkeit nicht zu stören. Erinnerungen werden über mehrere in der Wohnung befindliche Anzeigegeräte präsentiert. Ist eine Erinnerung notwendig, erfolgt diese in zwei Stufen. Bei Level 1 für zehn Sekunden auf dem nächsten Anzeigegerät und bei Level 2 auf allen Geräten für einen längeren Zeitraum.

Zu einem angekündigten Prototyp dieses Sensorsystems konnten keine weiteren Informationen gefunden werden. Von besonderem Interesse wäre hierbei, falls Ergebnisse zur Aufzeichnung von Verhaltensweisen der Nutzer, der Benutzeroberfläche für das Pflegepersonal zur Planung von ADLs oder der Anzeigen für Erinnerungen vorlägen.

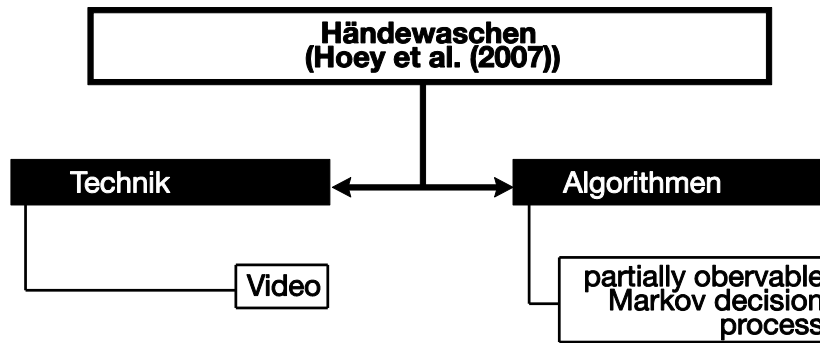


Abbildung 10: Erkennung der Aktivität „Händewaschen“

Ein System, das demenziell Erkrankte beim „Händewaschen“ unterstützen soll, wird von Boger et al. (2006) und später von Hoey *et al.* (2007) vorgestellt. Zum Tracking von Händen und Handtuch werden hierbei nur Echtzeit-Videoaufnahmen und ein Algorithmus, der auf dem *Markov-Entscheidungsprozess* basiert, verwendet (Abbildung 10). Händewaschen ist mit neun Zustandsvariablen, drei Beobachtungsvariablen und 25 Aktionen modelliert. Daraus ergeben sich 207.360 Zustände und 198 mögliche Beobachtungen. Eine Besonderheit, die es ermöglicht auf Veränderungen einzugehen, sind Gruppen von Anordnungen, welche sich im Aussehen ähnlich sind, aber kleine individuelle Unterschiede aufweisen. Die Aufgabe Händewaschen wird in acht Teilschritte unterteilt, zum Beispiel: „Hände dreckig und trocken“, „Hände seifig und trocken“ oder „Hände sauber und nass“, wobei das Benutzerverhalten einen Übergang von einem zum nächsten Schritt verursacht. Der Nutzer hat dabei folgende Möglichkeiten: „Seife verwenden“, „Hände am Wasser“, „Hände am Wasserhahn“, „Hände am Waschbecken“, „Hände beim Abtrocknen“ oder „Hände entfernt“. Ein wesentliches Element des Systems ist die Beurteilung der Fähigkeiten und des Demenzgrades durch langfristige Beobachtung des Händewaschverhaltens. So kann eine Anpassung der Hilfestellung abhängig von Bewusstsein, Ansprechbarkeit und Demenzgrad der Person erfolgen. Dabei charakterisiert das Demenzlevel die Demenzstufe einer Person, das Bewusstsein besagt, ob sich der Benutzer der Aufgabe bewusst ist und die Ansprechbarkeit gibt an, auf welche Art von Hinweis der Benutzer reagiert. Die Hinweise erfolgen akustisch und visuell oder durch Herbeirufen einer Bezugsperson. Die Hinweise können in drei Stufen von unspezifisch, wie etwa „Hände abtrocknen“ bis sehr spezifisch, zum Beispiel „John, trockne dir mit dem rosa Handtuch, das rechts neben dem Waschbecken hängt, die Hände ab“, gewählt werden. Als Erinnerung kann der Ablauf eines Tätigkeitsschrittes auch in einem Video gezeigt werden.

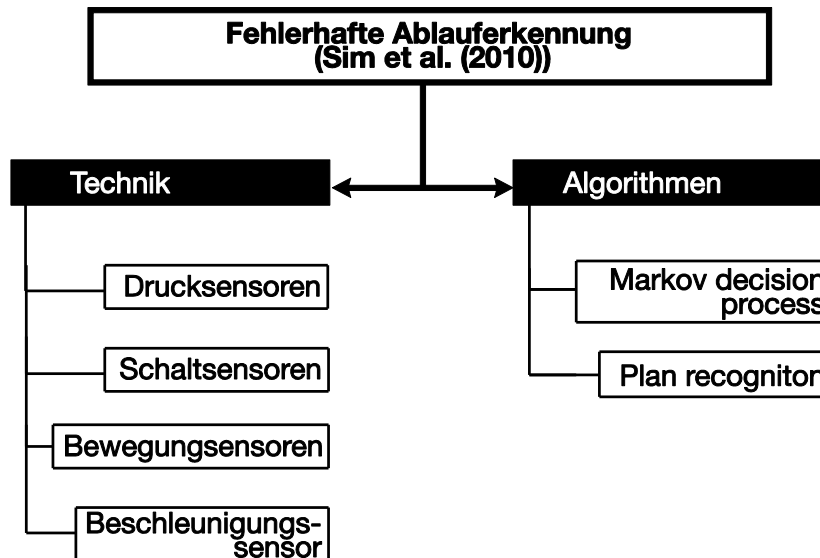


Abbildung 11: Fehlerhafte Ablaufferkennung

Ein weiteres System zur Erkennung und Erinnerung von ADLs wurde von Sim et al. (2010) vorgestellt. Als Sensoren zur Erkennung von ADLs nutzen die Autoren Schalter, Infrarot-, Beschleunigungs- und Drucksensoren (Abbildung 11). Mit diesen Sensoren sollen im Essbereich und in der Küche Aktivitäten und Abläufe zum Zubereiten des Essens erkannt werden. Aktivitäten, welche von den Sensoren erkannt werden, werden kontinuierlich über codierte Zeichen in eine Datenbank eingetragen. Das *EPR System* (Erroneous-Plan Recognition) überwacht dabei den Zeichenstream, um die Aktivitäten des Nutzers zu erkennen und um den aktuellen Plan des Nutzers zu bestimmen. Die Zeichen werden anhand eines *MDP* („Markov-Decision Process“) ausgefiltert, wenn diese nicht zur aktuellen Aktivität passen. Dies ist notwendig, da die Sensoren nicht vollständig robust sind und daher Fehlerkennungen auftreten können. Das anschließende *plan recognition module* liest diese Zeichen aus und erkennt einen fehlerhaften Ablauf. Dieses System wurde mit Hilfe von drei Schauspielern, anhand eines Mahlzeit-Szenarios getestet. Dabei lag die Genauigkeit, dass Aktivitäten erkannt wurden, bei ca. 75%.

3.4 Bestehende Systeme des Lehrstuhls

Die *HomeCareUnit (HCU)* ist ein Rechensystem zur Speicherung von Vitalparametern. Das System verfügt über ein Touchdisplay zur Interaktion mit dem Anwender sowie Schnittstellen zur Datenübertragung zum Beispiel etwa zum Arzt. Durch den modularen Softwareaufbau ist es möglich, schnell und ohne großen Arbeitsaufwand Geräte zur Erfassung von Vitalparametern einzubinden. (A Czabke et al., 2011)

Der *Motionlogger* ist ein System bestehend aus einem Mikrocontroller mit 3D Beschleunigungssensor zur Ermittlung der Bewegungsphasen „ruhe“, „gehen“, „laufen“ und „unbekannte Bewegung“. Die Bewegungsphasen werden zusammen mit einem Zeitstempel auf einer SD-Karte gespeichert und via Kabel auf die *HCU* übertragen. (Axel Czabke et al., 2011)

Die *Messhose* und der *Messpullover* sind Kleidungsstücke mit integrierten Beschleunigungssensoren. Die *Messhose* besitzt fünf integrierte Beschleunigungssensoren, der *Messpullover* acht. Diese Daten der Sensoren werden in einer Auswerteeinheit ausgelesen

und anschließend als Rohdaten oder durch Algorithmen überarbeitet auf der SD-Karte gespeichert. (Niazmand et al., 2010)

3.5 Defizite im Stand der Technik

3.5.1 Geriatrisches Assessment

Subjektivität: Beim geriatrischen Assessment werden die Patienten selbst bzw. deren Angehörige befragt. Hierbei besteht die Gefahr, dass es zur Selbstüberschätzung der Patienten, bzw. Unterschätzung der Fähigkeiten eines Patienten durch dessen Angehörige kommt.

Fehlende kontinuierliche Messung: Eine Befragung mittel dieser Fragebögen kann immer nur ein retrospektives Bild eines Patienten erstellt werden. Meist erfolgen solche Untersuchungen erst wenn der Patient bereits auffällig geworden ist und somit auch bereits in Behandlung ist. Eine kontinuierliche Messung der Aktivitäten einer Person, um so frühzeitig Veränderungen im Verhalten erkennen zu können und zeitnah therapeutische Interventionen beginnen zu können, wäre jedoch von immenser Wichtigkeit.

3.5.2 Systeme zur Erfassung und Speicherung von verhaltensrelevanten Daten

Fehlende Anpassung an die Zielgruppe: Viele der vorgestellten Systeme wurden an Menschen aller Altersgruppen evaluiert, die meist aufgrund von Gehirnverletzungen an Erinnerungsstörungen litten. Jedoch gab und gibt es, insbesondere bei älteren Nutzern, eine geringere Akzeptanz und damit schlechtere Resultate bei der Anwendung, wenn diese mit modernen Geräten wie Smartphones oder Tablets interagieren mussten. Dies ist nicht verwunderlich, da insbesondere ältere Menschen häufig Probleme haben, sich mit moderner Technik anzufreunden bzw. diese auszuprobieren.

Hoher Installationsaufwand: Viele der aktuell verfügbaren oder vorgestellten Systeme nutzen eine Vielzahl an unterschiedlichen Sensoren, welche speziell an die individuellen Umstände in der Wohnung des Anwenders angepasst und entsprechend ausgewählt und installiert werden müssen.

Fehlender Schutz der Privatsphäre: Die Erfassung und Aufzeichnung von Video- und Audiosignalen stellen einen massiven Eingriff in die Privatsphäre des Anwenders sowie dessen Umfeld dar. Die Tatsache kann, insbesondere bei älteren Menschen zur Ablehnung eines solchen Systems führen.

3.5.3 Erinnerungssysteme

Fehlende Kontexteinbindung: Die auf dem Markt erhältlichen klassischen Systeme, sind nicht in dem Anwenderkontext eingebunden, da nur bei vorher eingegebenen Hinweisen zu einer festgelegten Zeit ein Alarm ausgegeben wird. Dies kann dazu führen, dass Erinnerungen systematisch ignoriert werden, falls Hinweise zur falschen Zeit oder in unangebrachten Situationen gegeben werden.

Nichtmitführen des Erinnerungssystems: Häufig sind die Systeme stationär bzw. können aufgrund ihrer Beschaffenheit leicht vergessen werden. Befindet sich die Person zu diesem Zeitpunkt nicht in der Nähe des Erinnerungssystems, wird die Erinnerung erst zu spät oder gar nicht erkannt.

alle vorgestellten Systeme haben gemein, dass Sie keine langfristigen Veränderungen erkennen können, welche Folgen einer fortschreitenden Demenz bzw. Alzheimer sein könnten. Hierzu sind Datensätze notwendig, die erst durch eine langfristige Anwendung eines Systems wie den im Stand der Technik bereits vorgestellten, gesammelt werden können. Eine solche Studiendauer würde sich, je nach Probanden und deren Erkrankungen, über mehrere Jahre, wenn nicht sogar Jahrzehnte erstrecken, was den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde. Es stehen daher aktuell keine Vergleichsdaten zur Verfügung, um Aussagen hierüber treffen zu können.

4. System zur Ermittlung und Auswertung von Verhalten von älteren Menschen (SEAV)

Im Folgenden wird das neue System zur Ermittlung und Auswertung von Verhalten, kurz SEAV vorgestellt. Bisher wird das Verhalten vom Anwender durch sich und seine Umwelt bestimmt. Mit SEAV soll dieses Verhalten nun durch die Messung von Interaktionen ermittelt werden. Das ermittelte Verhalten wird mit dem persönlichen Verhaltensprofil verglichen und anschließend ausgewertet, ob eine Rückmeldung an den Anwender notwendig ist. Die Rückmeldung wird über eine Erinnerung an den Anwender gegeben. Daraus ergibt sich ein geschlossener Regelkreis (Abbildung 12).

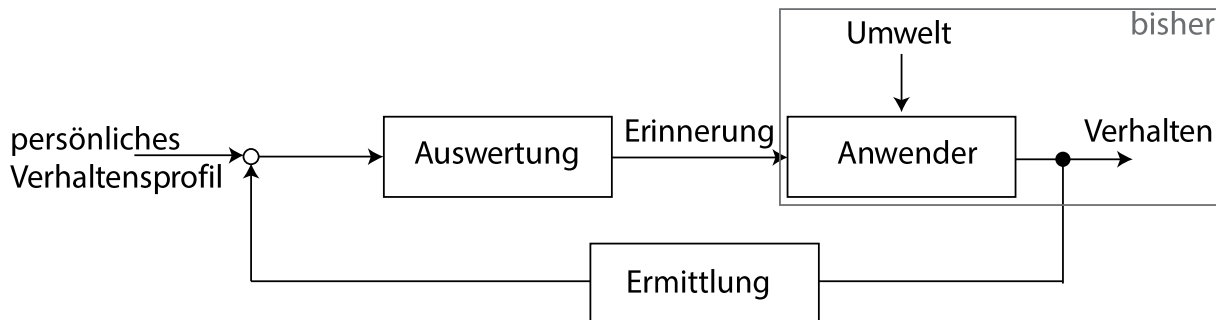


Abbildung 12: System zur Ermittlung und Auswertung von Verhalten von älteren Menschen (SEAV)

4.1 Eigener Ansatz

Das System zur Ermittlung und Auswertung von Verhalten zeichnet sich durch folgende neue Eigenschaften aus:

Ermittlung des Verhaltens

- **Hohe Privatsphäre**
Es wird auf Video- und Tonaufzeichnungen verzichtet. Diese haben vor allen Dingen bei älteren Menschen geringere Akzeptanz. Die Datenhoheit liegt darüber hinaus stets beim Anwender.
- **Mehrere Benutzer**
Das System ist mit mehreren Benutzern in einer Wohnung anwendbar.

Auswertung

- **Online und Offline Auswertung**
Da das neue System zur Evaluierung und Entwicklung eines Algorithmus zur Erkennung von Verhaltensänderungen eingesetzt wird, ist dieses sowohl online als auch später offline auswertbar.

Erinnerung

- **Interaktion Anwender - System**
Mit Hilfe der Kombination aus Uhr und Erinnerungssystem ist jederzeit eine Interaktion mit dem Anwender möglich. Durch das Erinnerungssystem und dessen Rückmeldungen an den Anwender ergibt sich zusätzlich ein direkter Nutzen für diesen und das bereits in der Evaluierungs- und Entwicklungsphase.
- **Kontextsensitive Erinnerungsfunktion**

Das System erinnert den Anwender nur wenn dieser eine entsprechend wichtige Aktivität nicht durchgeführt hat und prüft zudem, dass durch die Erinnerung keine Unterbrechung einer anderen wichtigen Aktivität stattfindet.

Gesamtsystem

- **Einbindung der Zielgruppe**

Bereits in der Konzeptphase soll die Zielgruppe mit einem Alter von über 65 Jahren durch Fragebögen und Komponentenevaluation eingebunden werden. Dies ist wichtig, um später eine hohe Akzeptanz bei der Zielgruppe zu erzielen.

- **Geringer Installationsaufwand**

Um eine nachträgliche Installation in Eigenheimen zu ermöglichen, ist es notwendig, den Installationsaufwand gering zu halten. Das bedeutet, es werden nur Kabelinstallationen wie Stromleitungen verwendet, die sicher in jedem Haushalt verbaut sind oder andernfalls müssen die Module über Funk eine Kommunikation aufbauen.

- **Einbindung weiterer Messsysteme von Vitalparametern**

Das System kann weitere Messsysteme wie beispielsweise Bewegungsmesssysteme einbinden, um die Erkennung des Verhaltens zu optimieren.

4.2 Abgrenzung

Folgende Bausteine des Konzeptes wurden verwendet, jedoch nicht selbst entwickelt.

Funkmodul: Als Funkmodul wurde das *NanoLOC AVR Modul* von Nanotron verwendet. Dieses Modul besitzt eine Keramikantenne und eine in 64 Schritten einstellbare Sendestärke.

Kommunikationsstandarts: Im Rahmen der Arbeit wurden keine neuen Kommunikationsstandarts entwickelt, jedoch bestehende verwendet und diese in den neuen Kontext eingebettet. Für die Netzwerkkommunikation wird beispielsweise das UDP-Protokoll verwendet, bei den Funkmodulen entweder Zigbee oder das proprietäre Protokoll der Firma Nanotron.

Netzwerkmodul: Als Netzwerkmodul wurde das *WIZ200WEB* von Wiznet verwendet. Dies kann über AT-Befehle in Netzwerkprotokolle wie UDP übersetzen.

RFID-Modul: Hierzu wurde das *SkyeM7* von Syketek verwendet. Dabei handelt es sich um ein auf 868Mhz sendendes RFID-Modul, welches über AT-Befehle gesteuert werden kann und empfangene RFID-Tags übermittelt.

HCU: Die bereits in Kapitel 3.4 beschriebene *HomeCareUnit* wurde am Lehrstuhl entwickelt welche eine Plattform zur Speicherung von Vitalparametern darstellt. Des Weiteren sind die Systeme *Messhose/Messpullover* sowie der *Motionlogger* bereits am Lehrstuhl entwickelt worden. Diese wurden lediglich in das hier vorgestellte Gesamtsystem zusätzlich eingebettet.

Algorithmen zur automatischen Erkennung von ADL und automatischen Erinnerung
Langfristiges Ziel ist es, Algorithmen zu entwickeln, welche automatisch die Aktivitäten des täglichen Lebens erkennen und daraus bedarfsgerecht Erinnerungen ermöglichen bzw. bei Veränderungen des Tagesprofils Dritte verständigen. In dieser Arbeit werden zwar die Vorleistungen für solche Algorithmen wie die Hardware sowie grundlegende

Entscheidungsbäume präsentiert, jedoch keine automatisierten Algorithmen entwickelt bzw. validiert.

Algorithmen zur Erkennung von Tätigkeiten anhand von Beschleunigungen. Es wird in der Arbeit angenommen, dass es möglich ist, Tätigkeiten genauer zu identifizieren anhand von Beschleunigungsprofilen. Diese Beschleunigungsprofile sind jedoch nicht in der Arbeit untersucht bzw. erstellt worden.

5. Konzept und Systementwurf

Das Verhalten von Menschen ist immer abhängig von Umwelteinflüssen und dem Gesundheitszustand der Person. Das in dieser Arbeit vorgestellte System versucht hieraus einen geschlossenen Regelkreis zu bilden, in dem es das Verhalten erfasst, es weiterleitet und verarbeitet und im Anschluss daran eine Rückmeldung in Form von Erinnerungen an nicht durchgeführten Tätigkeiten gibt.

Entsprechend besteht dieses System, aus den folgenden vier Subsystemen:

- 1) Erfassungseinheit
- 2) Weiterleitungseinheit
- 3) Auswertungseinheit
- 4) Interaktionseinheit mit dem Anwender

Abbildung 13 zeigt diese vier Subsysteme. Das Verhalten des Anwenders (5) wird von der mobilen *Erfassungseinheit* des Verhaltens (1) aufgezeichnet. Die so erzeugten Daten werden an eine *Weiterleitungseinheit* (2) gesendet. Diese leitet die Daten unabhängig von der Umgebung sicher an die *Auswerteeinheit* weiter (3). Die ausgewerteten Daten werden anschließend über die *Weiterleitungseinheit* (2) an die *Interaktionseinheit mit dem Anwender* (4) gesendet, um so dem Nutzer eine Rückmeldung in Form von Erinnerungen zur Verfügung zu stellen.

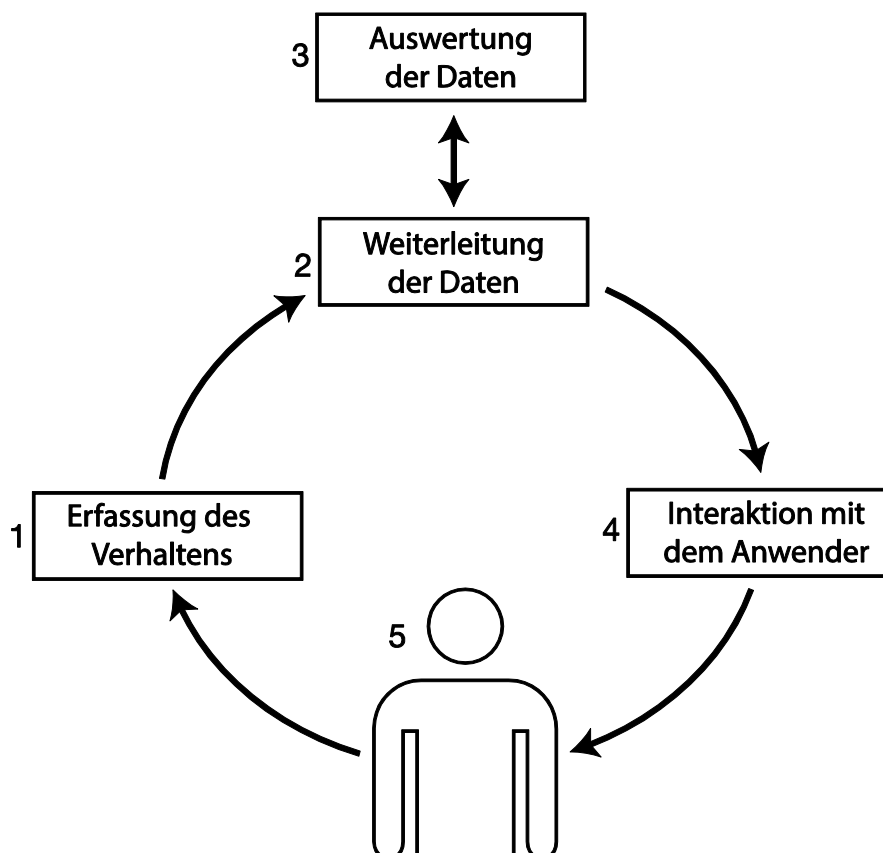


Abbildung 13: Gesamtkonzept bestehend aus den vier Subsystemen 1) System zur Erfassung des Verhaltens, 2) System zur Weiterleitung der Daten, 3) System zur Auswertung der Daten 4) System zur Interaktion mit dem Anwender

5.1 Erfassung des Verhaltens

Der erste Schritt zur Erkennung von „Verhalten“ ist die Erfassung von Daten. Diese erfolgt direkt am Anwender mittels mobiler Geräte. Für die Einbindung in das Gesamtsystem werden die Daten über Sensoren erfasst, von einer mobilen Prozesseinheit verarbeitet und anschließend via Funk an das Weiterleitungssystem gesendet. Eine Einordnung in das Gesamtsystem ist in Abbildung 14 zu sehen. Mögliche Techniken zur Ermittlung des Verhaltens am Anwender stellen Beschleunigung und Interaktion mit Objekten dar. Die Ermittlung von Verhalten über Beschleunigung ist hier nur der Vollständigkeit halber genannt, wird aber in der folgenden detaillierteren Darstellung nicht weiter betrachtet.

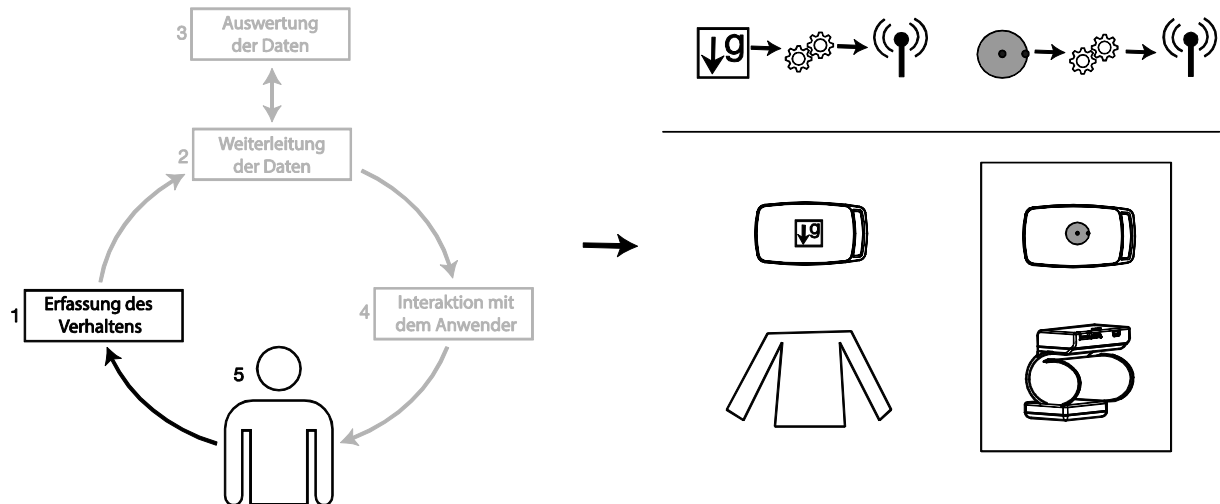


Abbildung 14: Systeme zur Erfassung des Verhaltens; links Einordnung; rechts Möglichkeiten der Ermittlung (Beschleunigung und Interaktion mit Objekten)

Interaktion mit Objekten: Zur Erfassung von Interaktionen des Anwenders mit Objekten ist es notwendig, diese mit einer Identifikationsmöglichkeit bzw. mit einer Erkennungsmöglichkeit auszustatten. Hierzu bieten sich funkbasierte Systeme an. Durch Variation der Sendeleistung kann der Abstand zusätzlich ermittelt bzw. eingestellt werden. In dieser Arbeit wird auf zwei unterschiedliche Systeme eingegangen: Ein funkbasierter Ansatz, bei dem sowohl Objekte wie auch Anwender mit aktiven Funkmodulen ausgestattet werden (Czabke et al., 2010), (Neuhaeuser et al., 2011) und ein RFID-basierter Ansatz bei dem die Objekte mit passiven Tags versehen werden und der Anwender ein aktives Lesesystem trägt (Neuhaeuser et al., 2014).

5.1.1 Konzept

Der hier verwendete Ansatz zur Erfassung des Verhaltens beruht auf den Arbeiten von (Czabke et al., 2010), (Neuhaeuser et al., 2011) sowie (Czabke et al., 2012). Zum besseren Verständnis des entwickelten Ansatzes sei zunächst ein Analogieszenario beschrieben. Bei einer Rede in einem großen Raum wird der Vortragende mit einer stärkeren Lautstärke sprechen, als bei einem vier Augengespräch. Das bedeutet Menschen passen unsere Lautstärke an die Umgebung an, um mit geringem Aufwand den notwendigen Nutzen zu erreichen und reduzieren somit die Störgeräusche für andere Unterhaltungen. Analog zu diesem Prinzip wurden für diese Arbeit Objekte des täglichen Lebens mit Funkmodulen verwendet, welche über eine bestimmbare Reichweite verfügen. Diese Funkmodule senden ihre ID mit einer Reichweite, welche dem Aktionsradius r_{SADL} des Objektes entspricht. Das bedeutet bei einer Tasse wird das Funkmodul auf etwa einen halben Meter Reichweite eingestellt, wohingegen bei einem Raum wie der Küche eine Reichweite von etwa zwei bis drei Metern eingestellt wird. Bringt man nun ein weiteres Funkmodul in die Aktionsradien der Objekte ein, so erkennt dieses die jeweiligen IDs

der Objekte. Im Allgemeinen können somit drei unterschiedliche Zustände zwischen zwei Funkmodulen (a, b) mit den Positionen $p_{a/b}$ entstehen:

$$p_a \begin{pmatrix} x_a \\ y_a \\ z_a \end{pmatrix}; p_b \begin{pmatrix} x_b \\ y_b \\ z_b \end{pmatrix}; r_{sADL_a} > r_{sADL_b} \quad (5.1)$$

Zustand 1: Beide Funkmodule sind außerhalb der Reichweite des jeweilig anderen Moduls (Abbildung 15):

$$|p_a - p_b| > r_{sADL_a} > r_{sADL_b} \quad (5.2)$$

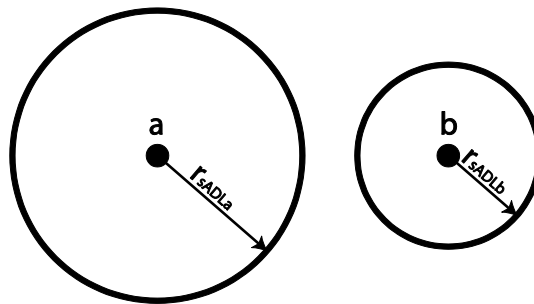


Abbildung 15: Zustand 1 Funkmodule a und b erkennen sich nicht

Zustand 2: Nur ein Funkmodul erkennt das andere (Abbildung 16):

$$r_{sADL_a} > |p_a - p_b| > r_{sADL_b} \quad (5.3)$$

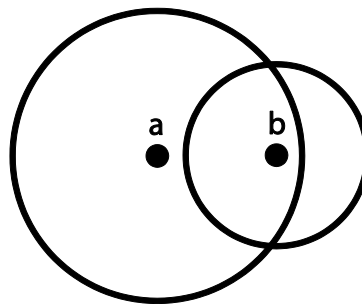


Abbildung 16: Zustand 2 Funkmodul b erkennt a

Zustand 3: Beide Funkmodule erkennen sich gegenseitig (Abbildung 17):

$$r_{sADL_a} > r_{sADL_b} > |p_a - p_b| \quad (5.4)$$

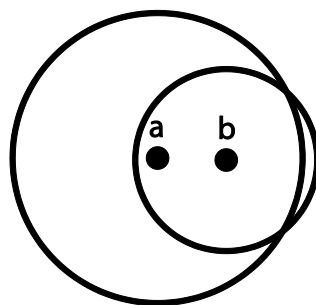


Abbildung 17: Zustand 3 beide Funkmodule a und b erkennen sich gegenseitig

Ist der Abstand zwischen zwei Funkmodulen kleiner als die Sendereichweite bzw. der Aktionsradius r_{sADL_a} , so wird bei Funkmodul b ein Event E_a generiert:

$$|p_a - p_b| < r_{sADL_a} \Rightarrow E_a \quad (5.5)$$

Das Funkmodul b speichert den Beginn des Events E_a ab. Wird das Event E_a nicht mehr erkannt, so wird die Dauer zwischen Beginn und Ende berechnet und anschließend das Event, die Anfangszeit und die Dauer per Funk versendet bzw. abgespeichert.

Als zweiter Ansatz wird die Interaktion von Objekten mittels RFID-Lesegerät und batterielosen Tags verfolgt.

5.1.2 Statische Systembeschreibung

Die passive Sendeeinheit *Eventlogger* (1) besteht aus einem Funkmodul (17) verbunden mit einem Mikrocontroller (15) und einer Stromversorgung mit Akku (13). Zusätzlich kann dieses Modul direkt mit einem Netzteil in einem Steckdosenadapter verbaut werden (siehe Abbildung 18).

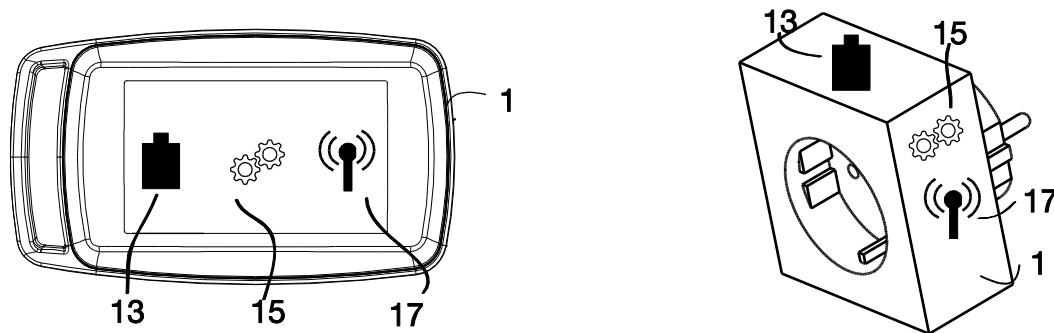


Abbildung 18: Statische Aufbau der passiven Sendeeinheit (1): 17) Funkmodul, 15) Mikrocontroller, 13) Stromversorgung mit Akku

Die aktive Sende/Empfangseinheit wie beispielsweise die später beschriebene *EventloggerUhr* setzt sich aus denselben Hauptkomponenten wie die passive Sendeeinheit zusammen: Funkmodul zum Senden und Empfangen der Daten, Mikrocontroller zum Verarbeiten der Daten und einem Akku als Stromversorgung.

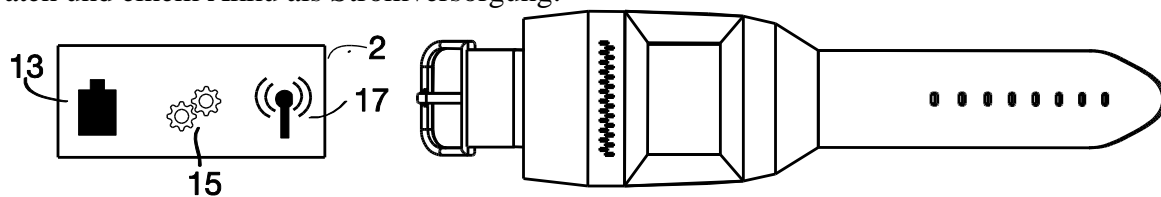


Abbildung 19: Statische Aufbau der aktiven Sendeeinheit (2): 17) Funkmodul, 15) Mikrocontroller, 13) Stromversorgung mit Akku

Der *RFIDlogger* besitzt nahezu den gleichen Aufbau, lediglich hat dieser zusätzlich ein RFID-Lesegerät zur Erkennung von Interaktionen mit Objekten (Abbildung 20).

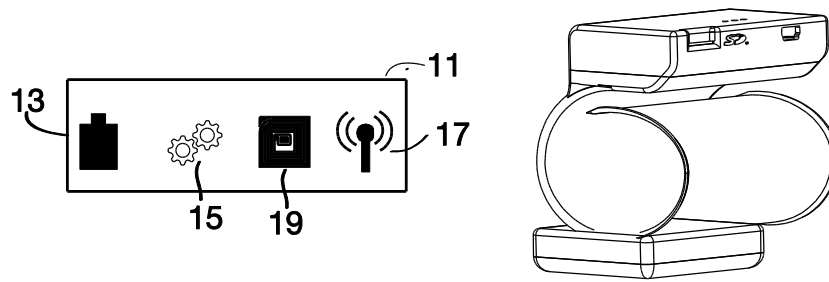


Abbildung 20: Komponenten des *RFIDloggers* (11) bestehend aus: 13) Akku, 15) Mikrocontroller, 19) RFID-Leser, 17) Funkmodul

5.1.3 Dynamische Systembeschreibung

Die *passiven Eventlogger* werden an unterschiedlichen Objekten angebracht. Diese senden anschließend ihre ID_x mit einer vorher eingestellten Sendestärke p_x aus (siehe Abbildung 21).

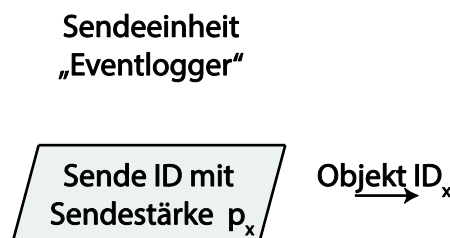


Abbildung 21: Dynamisches Verhalten der *passiven Eventlogger*

Die *aktiven Eventlogger* senden ebenfalls ihre ID_x mit einer vorher eingestellten Sendestärke p_x aus, können jedoch zusätzlich die anderen ID_x in ihrer Reichweite empfangen. Aus den empfangenen Objekten x werden die Events E_x generiert, welche anschließend an den *Netzwerkumsetzer* weitergeleitet werden. Alternativ kann der *aktive Eventlogger* daraus eine Tätigkeit T_x bestehend aus Event E_x , Anfangszeit und Dauer ermitteln und anschließend die Tätigkeit T_x an den *Netzwerkumsetzer* weiterleiten (siehe Abbildung 22).

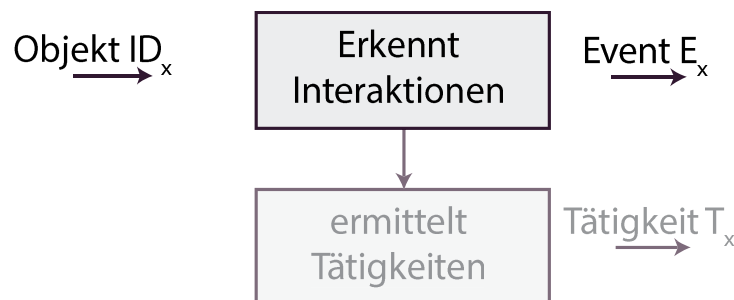


Abbildung 22: Dynamisches Verhalten der *aktiven Eventlogger*

Das dynamische Verhalten des *RFIDloggers* ist ähnlich, lediglich werden die Interaktionen über einen integrierten RFID-Leser ermittelt.

5.2 Weiterleitung der Daten

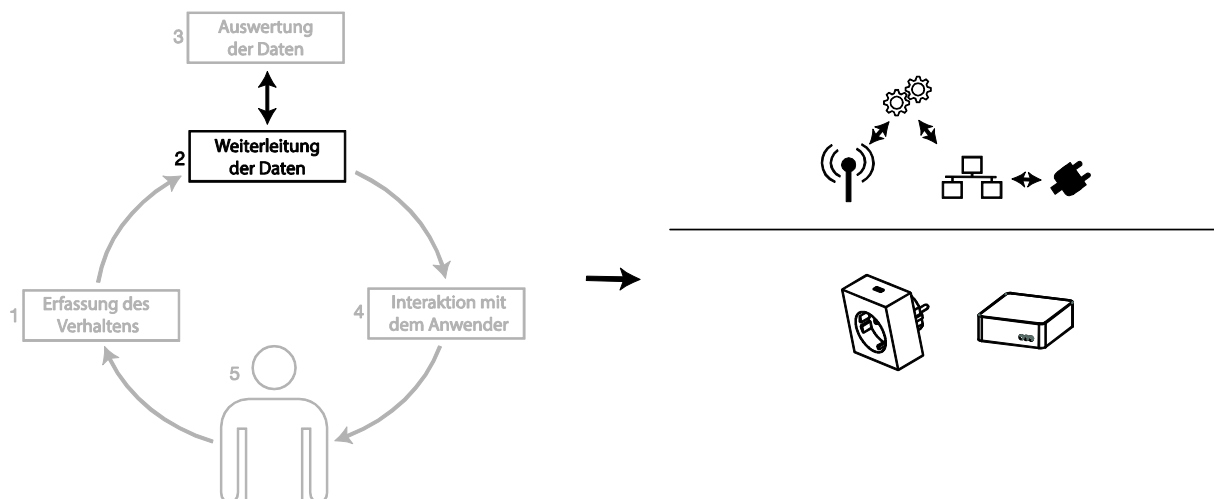


Abbildung 23: System zur Weiterleitung der Daten links) Einordnung, rechts) Komponenten des Systems

Sind die Daten erfasst, so müssen diese an die Auswerteeinheit weitergeleitet werden. Da dies wie bereits erwähnt, bei Funk durch bauliche Eigenschaften gestört werden kann, bedarf es eines Systems, das die Daten der mobilen Geräte mit proprietären Protokollen empfängt und diese mittels eines standardisierten Protokolls sicher an die Auswerteeinheit weiterleitet (D'Angelo et al., 2014). Darüber hinaus wäre eine Vorselektion der Daten über dieses System möglich. Um die vorhandene Infrastruktur von Wohnungen und Häusern nutzen zu können, ist es notwendig, dass standardisierte Protokoll nochmals umzuwandeln und über das Stromnetz zu übertragen. Das Stromnetz stellt in diesem Zusammenhang das einzige Netz dar, welches sich in jeder häuslichen Umgebung befindet. Das System zur Weiterleitung der Daten besteht somit aus den Funkmodulen zum Empfang der Verhaltensdaten, einer Recheneinheit, welche die Daten in ein standardisiertes Protokoll umrechnet und einem Modul, dass dieses Protokoll in das Stromnetz einbringt (siehe Abbildung 23).

5.2.1 Konzept

Das Funkmodul kann permanent Daten der *Eventlogger* bzw. *EventloggerUhr* empfangen. Die Verbindung mit der Auswerteeinheit wird über ein Netzkabel bzw. die Stromleitung hergestellt. Durch die Installation dieses Systems ergibt sich schließlich ein vermaschtes Rechnernetz (siehe Abbildung 24).

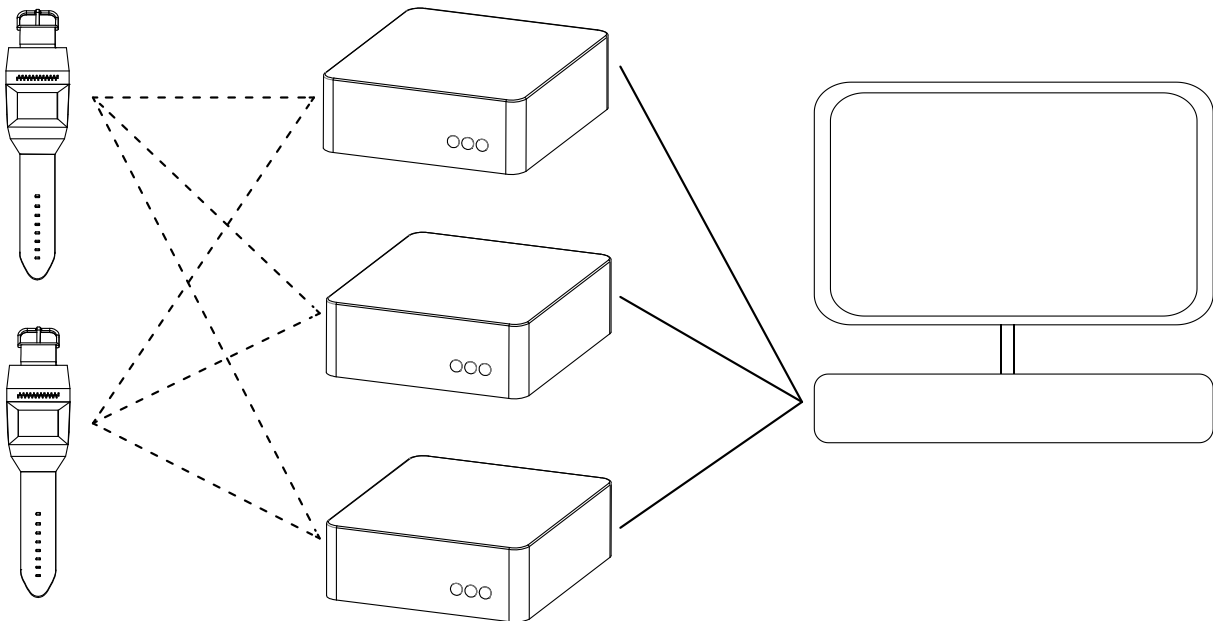


Abbildung 24: Verbindungen der einzelnen Komponenten mit dem System zur Weiterleitung der Daten (gestrichelte Linie: Funkverbindung; durchgezogene Linie: LAN bzw. Powerline Verbindung über Kabel)

5.2.2 Statische Systembeschreibung

Der *Netzwerkumsetzer* dient zur Umwandlung der über Funk versendeten Informationen in das Netzwerkprotokoll und anschließend in Netzwerkinformationen im Stromnetz. Im *Netzwerkumsetzer* (3) wird zunächst die Spannung für den Mikrocontroller (35) umgewandelt (33). Der Mikrocontroller (35) empfängt die Daten über das Funkmodul (37) und wandelt diese in Netzwerk-Daten (38) um, welche über das Stromnetz (31) übertragen werden. Durch die Nutzung dieses bereits vorhandenen Netzes kann bei nachträglicher Installation des Systems (z.B. Nachrüstung einer bestehenden Wohnung) auf das Verlegen zusätzlicher Kabel verzichtet werden. Optional könnte eine Lademöglichkeit mit USB-Buchse (32) angedacht werden. Der *Netzwerkumsetzer* (30, 39) ist in Abbildung 25 schematisch dargestellt.

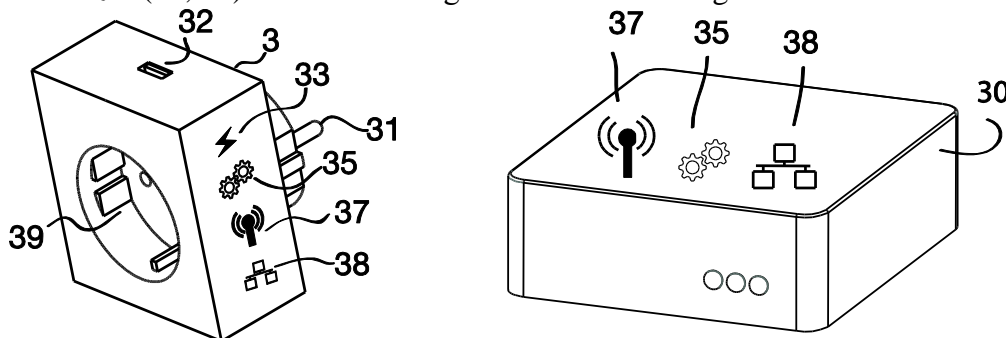


Abbildung 25: *Netzwerkumsetzer*, bestehend aus: Stromstecker (31), optionale USB Ladebuchse(32), Netzteil (33), Recheneinheit (35), Funkmodul (37), und Netzwerkanschluss (38) sowie einer Strombuchse (39) links als Steckerversion, rechts als Box

5.2.3 Dynamische Systembeschreibung

Die ermittelten Tätigkeiten bzw. Events des *Eventloggers* werden an den *Netzwerkumsetzer* gesendet und von diesem empfangen. Der *Netzwerkumsetzer* fügt die aktuelle Uhrzeit hinzu und leitet die Informationen zunächst an eine Netzwerkschnittstelle und anschließend über das Stromnetz an eine Auswerteeinheit wie beispielsweise die *HomeCareUnit* weiter. Im *Netzwerkumsetzer* kann zudem eine Vorsortierung bzw. Gewichtung der Daten erfolgen. Darüber hinaus werden die „Erinnerungen“ vom System zur Auswertung über den *Netzwerkumsetzer* an das System zur Interaktion mit dem Anwender weitergeleitet (Abbildung 26).

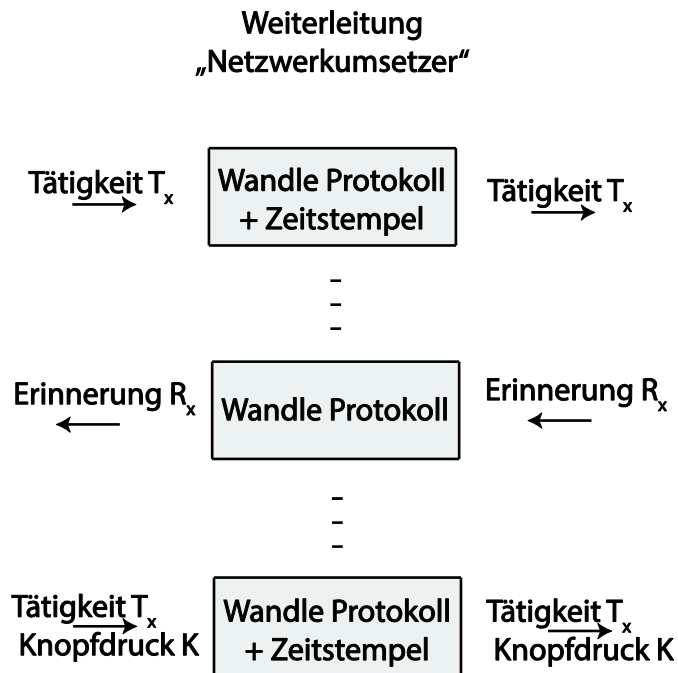


Abbildung 26: Dynamischer Ablauf des Systems zur Weiterleitung der Daten "Netzwerkumsetzer"

Bei der Installation der *Netzwerkumsetzer* ist zu beachten, dass die *Eventlogger* von mindestens einem *Netzwerkumsetzer* empfangen werden müssen. Daher sollte, bei älteren Mauerwerken sowie bei Stahlbetonwänden, mindestens ein *Netzwerkumsetzer* pro Raum verwendet werden.

5.3 Auswertung der Daten

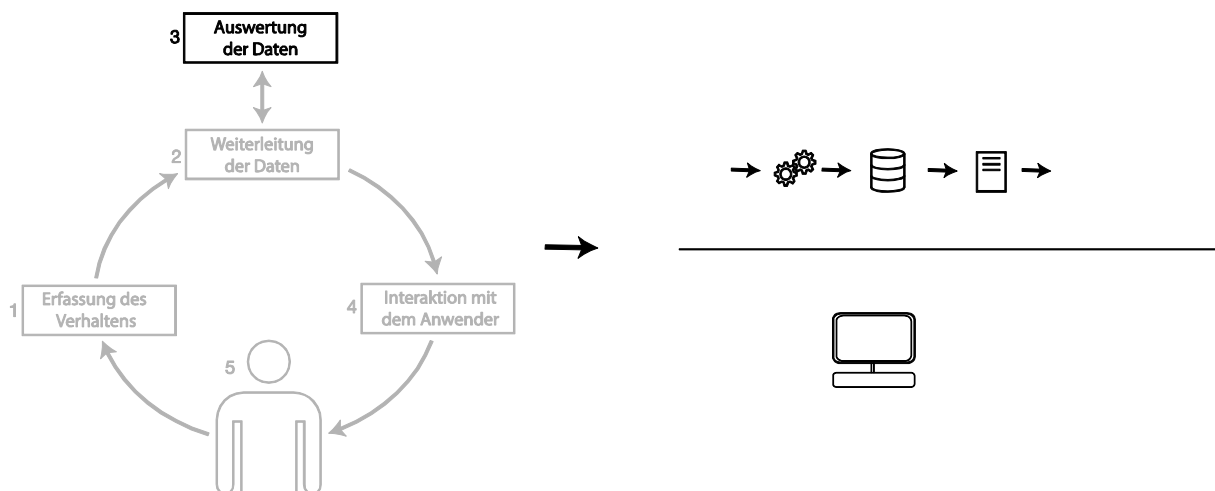


Abbildung 27: System zur Auswertung der Daten; links) Einordnung; rechts) Basisstation

Als *System zur Auswertung der Daten* kann entweder ein handelsüblicher Rechner verwendet werden oder die von Czabke et al. (2011) entwickelte *HomeCareUnit (HCU)*. Die wichtigsten Eigenschaften dieser Einheit sind eine Datenbank zur Speicherung der Daten sowie die Darstellung dieser Daten bzw. deren Auswertungen anhand eines Monitors. Bei dem *System zur Auswertung der Daten* wären weitere Schnittstellen wie ein GSM-Modul oder eine Anbindung an eine Dokumentationssoftware von Vorteil (Abbildung 27).

5.3.1 Konzept

Ermittlung der sADL

Aus den erhaltenen Ereignissen E der *Eventlogger* Module wird auf Aktivitäten zurückgeschlossen. Da dies ein vereinfachter Rückschluss ist, werden diese Aktivitäten mit sADL (simple ADL) bezeichnet, vgl. (Neuhaeuser et al., 2012b). Tabelle 4 stellt die vom System erkennbaren sADLs der unterschiedlichen ADL-Tests dar, wobei die in dieser Arbeit validierten in kursiv gehalten sind. Im Folgenden wird näher darauf eingegangen, wie diese erkannt werden sowie deren Verwendung zur verhaltensabhängigen Erinnerung.

Tabelle 4: Vom System ermittelbare sADL, in grau vom System nicht ermittelbare sADL

Barthel-Index	IADL	AADL
<i>Essen</i>	<i>Telefon</i>	Wegstrecken
Aufsetzen & Umsetzen	Einkaufen	soziale Interaktion
sich waschen	Kochen	höhere körperliche Belastung
<i>Toilettenbenutzung</i>	Haushalt	
Baden/Duschen	Wäsche	
Aufstehen & Gehen	Transportmittel	
Treppensteigen	Medikamente	
An- und Auskleiden	Geldhaushalt	
Stuhlkontinenz		
Harnkontinenz		

Für das verhaltensabhängige Erinnerungssystem werden Interaktionen mit ausgewählten Objekten zur genaueren Identifizierung von Tätigkeiten verwendet. In diesem Abschnitt wird detailliert darauf eingegangen, welche Tätigkeiten erkannt werden können und wie diese bei der Nutzung ermittelt werden könnten. Diese werden durch die momentane Interaktion, teilweise auch unter Einbezug der vorausgegangenen Interaktionen sowie den Beschleunigungen des dominanten Arms identifiziert. Zudem wird zum Teil das Zeitfenster, in dem eine Tätigkeit in der Regel stattfindet und deren Dauer sowie andere nutzerspezifische Gewohnheiten zu einer genaueren Einordnung verwendet.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird bei den beobachteten Aktivitäten zwischen wichtigen und optionalen Tätigkeiten unterschieden. Erstere sind solche, die ein „normaler Tagesablauf“ zwingend enthalten muss. Zu zweiten zählen solche, die in der Regel ebenfalls in einen „normalen Tagesablauf“ enthalten sind, deren Ausbleiben jedoch nicht als kritisch bewertet werden muss. Zu den wichtigen Tätigkeiten zählen Medikamenteneinnahme, Frühstück, Mittagessen, Abendessen, An- und Auskleiden und Toilettennutzung. Zu den optionalen Tätigkeiten gehören Telefonieren, Kochen sowie Wäschewaschen.

Tabelle 5: Wichtige vs. optionale sADL

Wichtige sADL	Optionale sADL
Medikamenteneinnahme	Kochen
Toilettennutzung	Telefonieren
Ankleiden	Wäschewaschen
Essen (Früh, Mittag, Abend)	
Händewaschen	

Wichtige sADL

Medikamenteneinnahme: Altersbedingte Erkrankungen können häufig medikamentös behandelt jedoch nicht aufgehoben oder geheilt werden. Medikamente können jedoch dazu beitragen, einzelne Symptome zu lindern, Verschlechterungen hinauszuzögern oder sogar die Lebensqualität der Betroffenen zu steigern. Daher ist eine sichere Erkennung der Einnahme beispielsweise von Tabletten besonders wichtig. Müssen mehrere Tabletten zu bestimmten Tageszeiten eingenommen werden, bietet sich die Verwendung eines Tabletten-Dispensers an, in welchem jeweils Medikamente für eine Woche einsortiert sind. Die einfachste Methode unter diesen Ausgangsvoraussetzungen die Tabletteneinnahme zu erkennen, stellt die Anbringung einer stationären Sensoreinheit an der Tablettenbox dar, welche sich nur bei Bewegung aktiviert. Die Tätigkeit Medikamenteneinnahme kann daher wie in Formel (5.6) beschrieben werden:

$$E_{Tablettenbox} \Rightarrow sADL_{Medikamenteneinnahme} \quad (5.6)$$

Eine Zeitliche Einteilung kann ebenfalls nach Formel (5.7) erfolgen. Dabei ist $t_{T_{Medis}}$ die Zeit der Tabletteneinnahme.

$$t_{T_{Medis}} \begin{cases} t_{T_{Medis}} < t_{Aufstehen} + \Delta t_{Medis\ fr\ddot{u}h} \Rightarrow sADL_{Medis\ fr\ddot{u}h} \\ t_{T_{Medis}} < t_{Aufstehen} + \Delta t_{Medis\ mittag} \Rightarrow sADL_{Medis\ mittag} \\ t_{Aufstehen} + \Delta t_{Medis\ Mittag} < t_{T_{Medis}} \Rightarrow sADL_{Medis\ abend} \end{cases} \quad (5.7)$$

Essen: Um die Tätigkeit Frühstücken, Mittagessen und Abendessen zu identifizieren, sind zwei *Eventlogger* empfehlenswert. Einer in einem Bereich, in dem die Nahrungsmittel und Geschirr gelagert werden, also der Arbeitsfläche der Küche, und einer an dem Ort, an dem das Essen zu sich genommen wird. Einmaliger bzw. mehrfacher Wechsel dieser Bereiche deutet auf Vorbereitung des Essens, bzw. das Eindecken des Tisches, hin. Das Essen selbst wird durch einen längeren Aufenthalt an dem Ort, an welchem die Mahlzeit in der Regel eingenommen wird, identifiziert. Zusätzlich können für das Essen charakteristische Beschleunigungssignale B_{Essen} festgestellt werden. Diese entstehen zum Beispiel beim Schneiden sowie dem zum Mund führen oder Halten von Nahrungsmitteln. Nach Beendigung der Nahrungsaufnahme ist erneut ein einmaliger bzw. mehrfacher Wechsel von der Spüle/Geschirrspülmaschine, also der

Arbeitsfläche und dem Ort der Essenseinnahme festzustellen. Zusammengefasst ist dies in Formel (5.8).

$$\begin{aligned} & \left(\begin{array}{c} E_{\text{Arbeitsfläche}} \\ \updownarrow \\ E_{\text{Esstisch}} \end{array} \rightarrow \right) E_{\text{Esstisch}} (\& B_{\text{Essen}}) \left(\begin{array}{c} \rightarrow \\ E_{\text{Arbeitsfläche}} \\ \updownarrow \\ E_{\text{Esstisch}} \end{array} \right) \\ & \Rightarrow SADL_{\text{Essen}} \end{aligned} \quad (5.8)$$

Für die Unterscheidung der unterschiedlichen Mahlzeiten ist die jeweilige Tageszeit ausschlaggebend (5.10).

$$t_{T_{\text{Essen}}} \left\{ \begin{array}{l} t_{T_{\text{Essen}}} < t_{\text{Aufstehen}} + \Delta t_{\text{Frühstück}} \Rightarrow SADL_{\text{Frühstück}} \\ t_{\text{Aufstehen}} + \Delta t_{\text{Frühstück}} < t_{T_{\text{Essen}}} < t_{\text{Aufstehen}} + \Delta t_{\text{Mittag}} \Rightarrow SADL_{\text{Mittag}} \\ t_{\text{Aufstehen}} + \Delta t_{\text{Mittag}} < t_{T_{\text{Essen}}} \Rightarrow SADL_{\text{Abend}} \end{array} \right. \quad (5.9)$$

An- und Auskleiden: Um das An- bzw. Auskleiden erkennen zu können, muss zunächst herausgefunden werden, wo diese Tätigkeit üblicherweise stattfindet und sichergestellt werden, dass sie immer am gleichen Ort (z.B. vorm Kleiderschrank) durchgeführt wird. Trifft dies zu, kann eine stationäre Sensoreinheit an dieser Position der Wohnung installiert werden, wodurch über einen Aufenthalt in dessen Sendebereich die Aktivität erkannt wird. Über dies gibt es beim Ankleiden typische Bewegungen, die zu einem eindeutigen Beschleunigungsmuster führen könnten, etwa beim Anziehen eines Oberteils oder einer Hose.

$$E_{\text{Kleiderschrank}} (\& B_{\text{An-/Auskleiden}}) \Rightarrow SADL_{\text{An-/Auskleiden}} \quad (5.10)$$

Toilettennutzung: Die Toilettennutzung folgt im Allgemeinen keiner strikten zeitlichen Regelmäßigkeit. Durch einen Aufenthalt im Sendebereich einer stationären Sensoreinheit, welche an der Toilette angebracht ist und auf einen relativ kleinen Bereich beschränkt ist, lässt sich auf die Benutzung der Toilette rückschließen. Durch die Aufenthaltsdauer kann, falls dies erforderlich ist auf die Art der Nutzung geschlossen werden. Durch die zusätzliche Verwendung von Beschleunigungssignalen wäre es möglich, das Hinsetzen, Aufstehen oder eine charakteristische Drehung zur Spülung zu erkennen.

$$E_{\text{Toilette}} (\& B_{\text{Toilette}}) \Rightarrow SADL_{\text{Toilette}} \quad (5.11)$$

Händewaschen: Das Händewaschen erfolgt mehrmals täglich, meist vor oder nach anderen Tätigkeiten, wie der Toilettennutzung oder dem Essen. Die Interaktion mit dem Waschbecken beim Händewaschen kann über eine stationäre Sensoreinheit mit kurzer Sendereichweite erkannt werden. Die charakteristische Reibung der Hände oder das Betätigen einer Wasserarmatur, welche aus den Beschleunigungssignalen identifiziert werden können, könnte dazu beitragen, die Handlung abschließend zu identifizieren.

$$E_{\text{Waschbecken}} (\& B_{\text{Händewaschen}}) \Rightarrow SADL_{\text{Händewaschen}} \quad (5.12)$$

Trinken: Das Trinken wird zumeist durch eine direkte Interaktion des Anwenders mit den Trinkgefäßen erkannt. Optional können zudem noch die Beschleunigungswerte beim Trinken mit einbezogen werden:

$$E_{Trinkgefäß}(\&B_{Trinken}) \Rightarrow T_{Trinken} \quad (5.13)$$

optionale sADL

Kochen/Hausarbeit: Abhängig von Person sowie eventuellem Wochentag kann vor dem Essen ein Kochvorgang, also ein langer Aufenthalt in der Küche im Bereich der Arbeitsfläche, erfasst werden. Die Tätigkeit des Kochens kann hierbei durch ein Zeitintervall, das in der Küche im Bereich der Arbeitsfläche verbracht wird, erkannt werden. Ist die Küche groß genug, ist die Verwendung von zwei stationäre Sensoreinheiten möglich, um verschiedene Tätigkeiten zu erkennen. Einer kann beispielsweise im Bereich des Herds und das andere in der Nähe des Kühlschranks angebracht werden. Diese Unterscheidung ist nicht zwingend nötig und erst ab Distanzen von etwa zwei Metern möglich und sinnvoll. Zusätzlich können für Personen charakteristische Beschleunigungssignale, etwa beim Schneiden, Waschen oder Umrühren erkannt werden und dazu beitragen, diese Tätigkeit mit höherer Wahrscheinlichkeit richtig zu erkennen. Die Tätigkeit Kochen wird daher über Formel (5.14) bzw. Formel (5.15) beschrieben.

$$E_{Arbeitsfläche}(\&B_{Kochen}) \Rightarrow sADL_{Kochen} \quad (5.14)$$

$$\begin{array}{l} E_{Herd} \\ \updownarrow \\ E_{Kühlschrank} \end{array} (\&B_{Kochen}) \Rightarrow sADL_{Kochen} \quad (5.15)$$

Telefonieren: Die Wichtigkeit des Telefonierens ist ebenfalls personenabhängig. Nimmt dieses einen hohen Stellenwert ein und findet entsprechend häufig statt, ist es sinnvoll, zu Versuchen diese Tätigkeit zu erkennen. Eine stationäre Sensoreinheit, welche am Telefon mit relativ kleiner Reichweite angebracht ist, sollte das Erkennen der Tätigkeit „Telefonieren“ ermöglichen. Kommt ein schnurloses Telefon zum Einsatz, so wäre ein zusätzlicher Aufwand für das zuverlässige Erkennen der Tätigkeit „Telefonieren“ notwendig. Die Sensoreinheit müsste im Idealfall direkt am Telefon angebracht werden und direkt über dessen Ladefunktion mit Strom versorgt werden.

$$E_{Telefon} \Rightarrow sADL_{Telefonieren} \quad (5.16)$$

Wäschewaschen: Um die Tätigkeit Wäschewaschen zu erkennen, ist es erforderlich, die Waschmaschine mit einer stationären Sensoreinheit mit kurzer Reichweite zu versehen. Das Platzieren der Wäsche in der Waschmaschine kann zusätzlich durch charakteristische Beschleunigungssignale erkannt werden. Ein erneuter Aufenthalt im Sendebereich der stationären Sensoreinheit der Waschmaschine nach einer definierten Zeit, welche der

durchschnittlichen Dauer des Waschprogramms entspricht, deutet ebenfalls darauf hin, dass ein Waschvorgang durchgeführt wurde.

$$E_{Waschmaschine}(\rightarrow t - t_{Wasch}(E_{Waschmaschine})) \Rightarrow sADL_{Wäschewaschen} \quad (5.17)$$

Erinnerungskonzept

Eine wichtige Aufgabe des hier vorgestellten Systems besteht darin, die Selbständigkeit der Nutzer zu steigern und somit ihre Lebensqualität zu erhöhen. Eine der einfachsten und effizientesten Möglichkeiten dies zu erreichen, besteht darin, dem Anwender das Gefühl zu geben, allein zurechtzukommen und somit unabhängiger von Dritten zu sein. Hieraus leitet sich die Anforderung an das System ab, den Nutzer zu unterstützen, wenn es nötig ist. Darüber hinaus muss es in der Lage sein, falls erforderlich, Dritte (Angehörige, Pfleger, Ärzte) zur Unterstützung zu rufen.

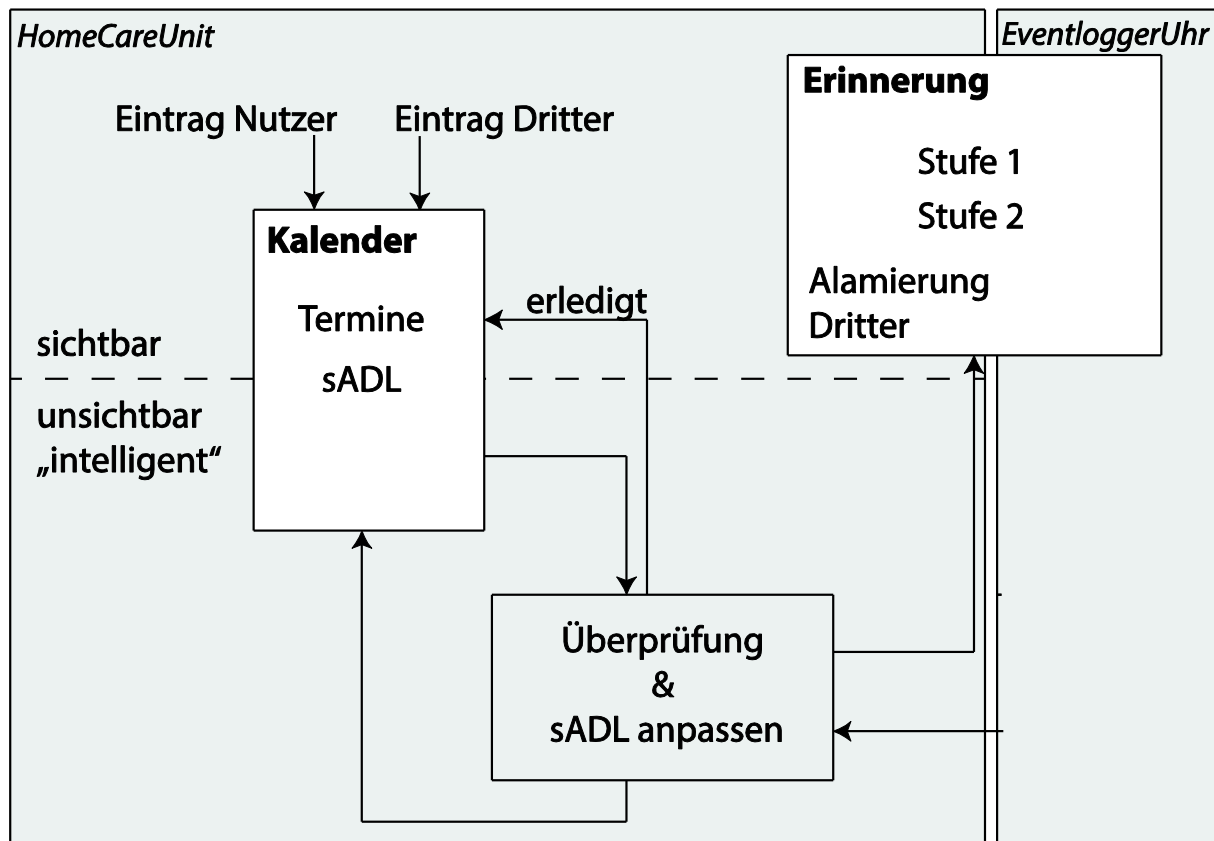


Abbildung 28: Erinnerungskonzept Aufbau und Ablauf

Den Aufbau des Erinnerungskonzepts, welches im Folgenden genauer beschrieben wird, zeigt Abbildung 28. Der sichtbare Teil des Erinnerungskonzepts besteht aus einem Terminkalender. In diesen können sowohl der Nutzer wie Dritte Termine eintragen. Zudem zeigt der Kalender, entsprechend des Tagesprofils des Nutzers, dessen sADL an (Abbildung 29).



Abbildung 29: Tagesübersicht und Detailansicht des Kalenders

Der unsichtbare und „intelligente“ Teil des Kalenders überprüft ununterbrochen die einkommenden Daten der *EventloggerUhren* auf sADLs und vergleicht diese mit dem Tagesprofil auf Einhaltung. Werden diese in der korrekten Zeit erledigt, so wird dies im Kalender vermerkt. Ist es jedoch notwendig, den Nutzer an ein sADL zu erinnern, werden hierzu zwei Stufen verwendet (vgl. Tabelle 6)

Tabelle 6: Erinnerungsstufen

Erinnerungsstufe	Uhr	HCU / Externer Bildschirm
Stufe 1	Kurzes Alarmsignal Tätigkeitssymbol in Rot einblenden	Darstellung der Tätigkeit in Rot in der entsprechenden Spalte
Stufe 2	Langes Alarmsignal Tätigkeitssymbol wird rot eingeblendet und blinkt langsam	Darstellung der Tätigkeit in Rot über den gesamten Bildschirm
Alarmierung Dritter	-	-

Als Interaktionsmedien stehen hierfür eine vom Nutzer getragene *EventloggerUhr* (Kapitel 5.4) sowie die *HCU* (optional ein in der Wohnung installierter Bildschirm) zur Verfügung. In Stufe eins erfolgen eine Erinnerung des Nutzers durch einen kurzen Signalton sowie das Einblenden eines Symbols auf der Uhr. Zudem wird das gleiche Symbol auf dem externen Bildschirm in Rot dargestellt (siehe Abbildung 30). In Stufe zwei ertönt der Signalton der Uhr über eine längere Dauer. Das Symbol auf der Uhr blinkt, um zusätzlich Aufmerksamkeit zu erzeugen. Auf dem externen Bildschirm wird die ausgelassene Tätigkeit auf dem gesamten Schirm angezeigt (siehe Abbildung 30). Ist dies ebenfalls erfolglos, werden Dritte verständigt.

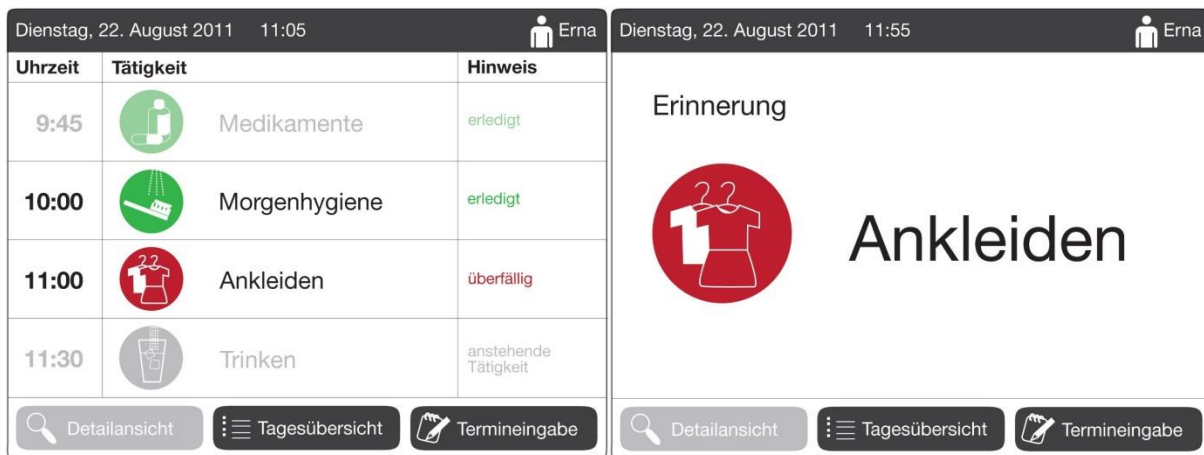


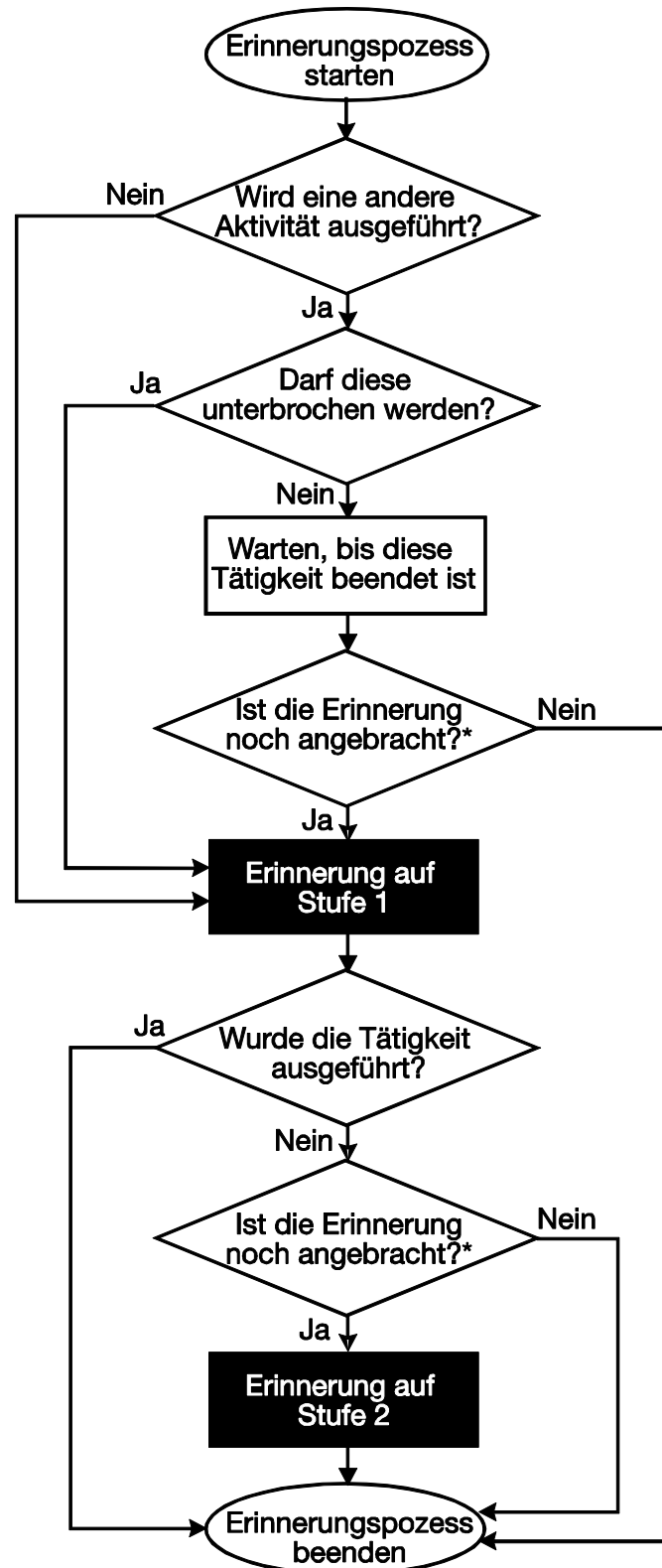
Abbildung 30: Erinnerungsstufe 1 (links) und 2 (rechts)

Eine weitere Anforderung an das System besteht darin, den Nutzer bei der Ausführung anderer Aktivitäten nicht zu stören. Zudem sollen Erinnerungen nur in Momenten gegeben werden, wenn gerade keine der sADL durch das System erkannt wird. Zu diesem Zweck werden den Aktivitäten unterschiedliche Prioritäten zugewiesen, wobei nur die höherliegenden Prioritäten niedrige unterbrechen dürfen. Tabelle 7 zeigt die Einordnung der Tätigkeiten in Prioritätsstufen sowie die Zeitintervalle zur Erinnerung.

Tabelle 7: Prioritäteneinordnung der Tätigkeiten sowie Richtwerte für Wartezeiten in Minuten

Tätigkeit	Priorität	1. Erinnerung	2. Erinnerung
Tabletteneinnahme	hoch	sofort	30
Toilettennutzung	hoch	Wenn nötig regelmäßig in 120 Abständen	
Ankleiden in der Wohnung	mittel	15	60
Aufstehen	hoch	sofort	60
Uhr anlegen	hoch	sofort	15-30
Körperhygiene	mittel	15	60
Essen	mittel	15	60
Kochen	mittel	15	60

Die prinzipiellen Schritte der Erinnerung werden in einem Ablaufdiagramm in Abbildung 31 gezeigt. Zunächst wird überprüft, ob zu dem Zeitpunkt, zu dem die Erinnerung notwendig ist, eine andere Tätigkeit ausgeführt wird. Ist dies nicht der Fall oder wird keine sADL ausgeführt, erfolgt die Erinnerung sofort. Wird dagegen eine Tätigkeit ausgeführt, die nicht unterbrochen werden darf - dies sind jeweils Tätigkeiten mit höherer Priorität - wird abgewartet und minütlich überprüft, ob diese Tätigkeit schon beendet wurde. Ist die ausgeführte Tätigkeit beendet, erfolgt die Prüfung, ob es weiterhin sinnvoll ist, an die versäumte Tätigkeit zu erinnern. Ein Beispiel für eine solche obsolet gewordene Erinnerung wäre am späten Nachmittag, das Erinnern an ein ausgelassenes Mittagessen, da bereits das Abendessen bevorsteht. In diesen Fällen wird der Erinnerungsprozess abgebrochen und das übergangene Ereignis gelb markiert. Es wird jedoch nicht als negative Auslassung gewertet bzw. Dritte verständigt. Für Tätigkeiten mit hoher Priorität ist ein Auslassen, wie schon bereits beschrieben, nicht möglich. Hier erfolgt immer eine Erinnerung durch das System.



* aus räumlichen und zeitlichen Gründen

Abbildung 31: Ablaufdiagramm Erinnerungsprozess

Kommt das System jedoch zu dem Schluss, dass eine Erinnerung weiterhin sinnvoll ist, erfolgt diese auf Stufe eins. Nach Abschluss dieser Erinnerungsstufe folgen je nach Tätigkeit unterschiedliche Wartezeiten, bis es zu einer weiteren Erinnerung kommt. Diese erfolgt auf Stufe zwei. Wurde die Tätigkeit zwischenzeitlich ausgeführt, wird diese grün markiert und der Erinnerungsprozess ebenfalls abgebrochen.

Wird eine Tätigkeit auch nach einer Erinnerung auf Stufe zwei nicht ausgeführt, erfolgt die Benachrichtigung einer Betreuungsperson per Kurzmitteilung auf ein Mobiltelefon oder wahlweise per E-Mail. Eine Tätigkeit erscheint solange rot auf dem Endgerät bis sie ausgeführt wird. Jedoch führt das System keine weiteren Erinnerungen mehr durch, sondern wechselt zur nächsten Tätigkeit.

Erinnerung an Tätigkeiten wie Trinken, die in regelmäßigen Abständen erfolgen sollten, aber nicht direkt detektiert werden können, sind als eine Mischung aus Erinnerung und Termin zu betrachten. Sie erfolgen in zwei oder mehrständlichen Abständen, mindestens drei Mal am Tag, jedoch nach Möglichkeit zu den Zeiten, in denen keine Tätigkeit mit einer mittleren oder hohen Priorität unterbrochen werden müssen.

Umgang mit Veränderungen

Bei einer Entwicklung eines Algorithmus zur automatisierten Erkennung von Verhalten, welcher nicht Teil dieser Arbeit ist, ist zu beachten, dass dieser auch mit Veränderungen umgehen können muss. Das heißt, zum einen muss dieser Veränderungen erkennen und an den Nutzer bzw. Dritte mitteilen können, zum anderen müssen diese Veränderungen in das Tagesprofil eingearbeitet werden, da es zu unnötigen Erinnerungen zu falschen Zeiten kommen kann. Ein solches Fehlverhalten des Systems könnte zu einer Benutzungsverweigerung des Anwenders führen.

5.3.2 Statische Konzeptbeschreibung

Die Auswerteeinheit (Abbildung 32) besteht aus einer zentralen Recheneinheit mit Display (4), wie beispielsweise die bereits von Czabke et al. (2011) entwickelte *HCU*. Über das Display (4) können Erinnerungen angezeigt (46) und manuelle Erinnerungen wie Termine (40) vom Benutzer eingegeben werden (51). Zudem kann der Verlauf der Aktivitäten angezeigt (49) werden. Die Auswerteeinheit (4) empfängt (8) die Netzwerkdaten (48) aus dem Stromnetz (43), verarbeitet diese und sendet gegebenenfalls Erinnerungen zurück (9), bzw. leitet die Informationen an den Arzt oder Verwandte weiter.

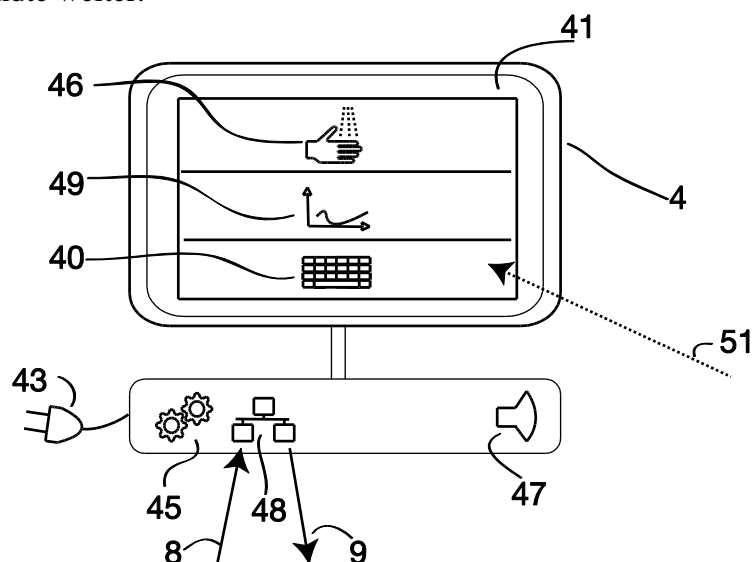


Abbildung 32: Basisstation (HomeCareUnit) bestehend aus: Display (41), mit Anzeige von Symbolen (46), Tagesauswertungen (49) und Terminkalender (40), die über eine Benutzerinteraktion (51) gesteuert werden können; Stromanschluss (43) sowie Recheneinheit (45), Netzwerk (48) und Lautsprecher (47)

5.3.3 Dynamische Konzeptbeschreibung

Die *HCU* empfängt die Datenpakete des *Netzwerkumsetzers* und sortiert eventuelle Duplikate umgehend aus. Diese können durch die Weiterleitung der Daten mehrerer *Netzwerkumsetzer* entstehen. Die so empfangen Datenpakete werden in der Datenbank des jeweiligen Benutzers gespeichert. Diese „neuen“ Daten werden, um mögliche Abweichungen zu ermitteln mit einer vorher ermittelten Tagesroutine verglichen. Darüber hinaus werden anstehende, eingetragene Termine überprüft. Ist eine Erinnerung notwendig, so wird diese an die *Netzwerkumsetzer* weitergeleitet (siehe Abbildung 33).

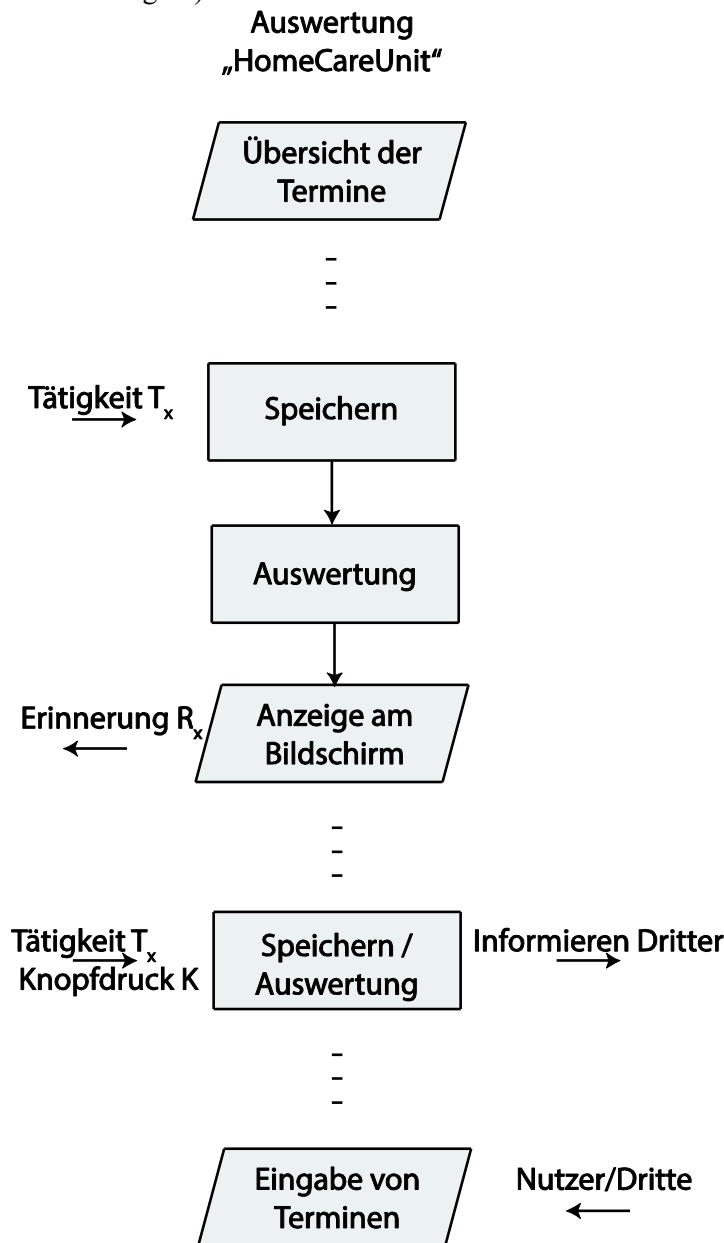


Abbildung 33: Dynamischer Ablauf des Systems zur Auswertung und Speicherung der Daten

Wie bereits erwähnt, ist die Entwicklung eines Algorithmus zur automatischen Tagesablaufferkennung sowie zur Erstellung von Erinnerungen über den Verlauf von 24 Stunden nicht Gegenstand dieser Arbeit. Anhand des folgenden Ablaufdiagramms (Abbildung 34) wird jedoch gezeigt, wie ein Grundablauf eines solchen Algorithmus aussehen könnte.

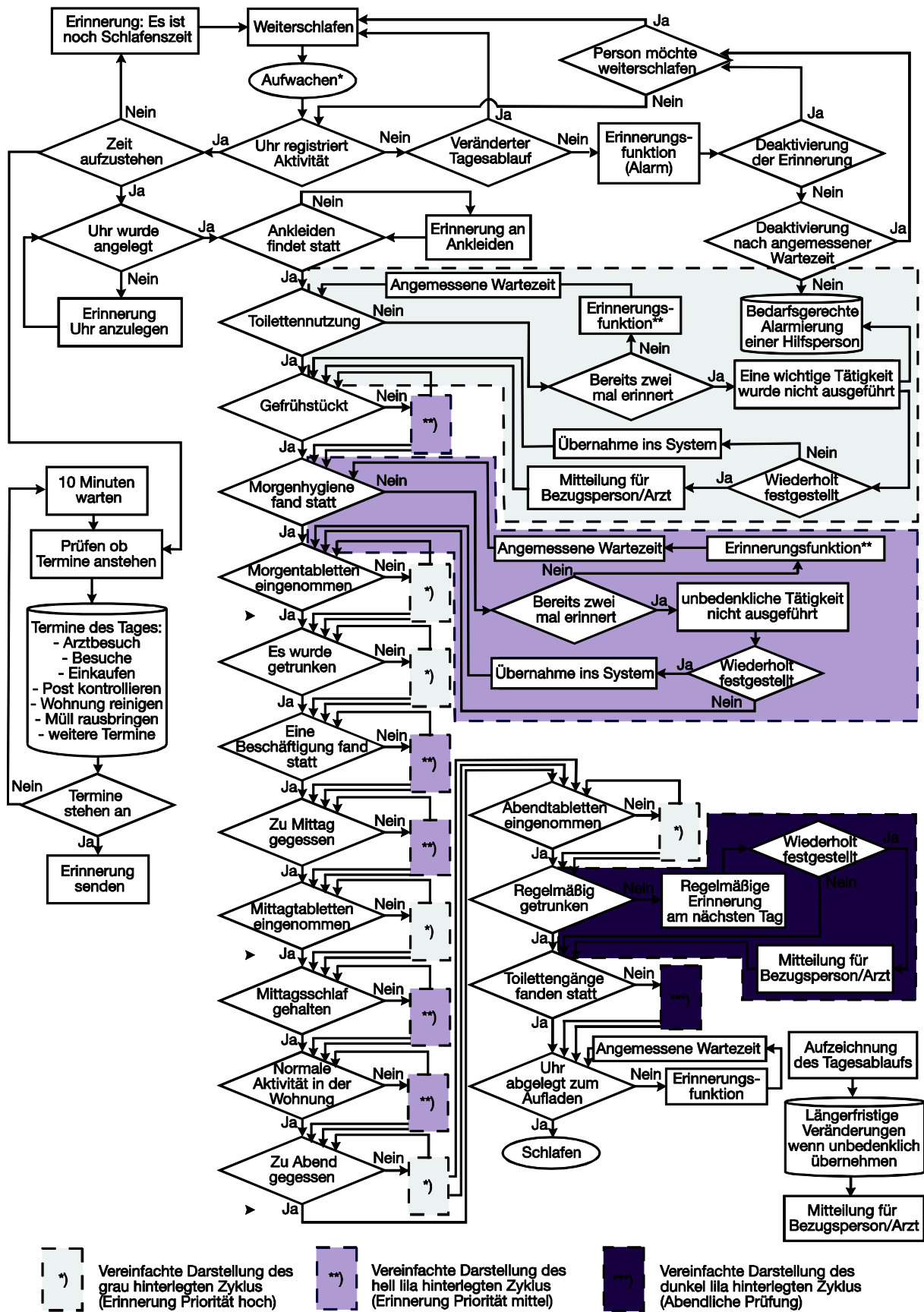


Abbildung 34: Allgemeiner Tagesablauf mit Erinnerungspriorisierung

Im Laufe eines Tages wird, unabhängig vom normalen Ablauf, in regelmäßigen Intervallen überprüft, ob ein Termin, beispielsweise ein Arztbesuch ansteht und erinnert zur eingestellten Zeit an deren Durchführung.

Wird am Morgen zum Zeitpunkt des Aufstehens keine Aktivität der Uhr registriert, so wird geprüft ob ein veränderter Tagesablauf, wie beispielsweise am Wochenende, vorliegt. Ist dies nicht der Fall, erfolgt ein Weckalarm, welcher sofern nach vorgegebener Zeit keine Deaktivierung erfolgt, zu einer bedarfsgerechten Alarmierung Dritter führt. Wird der Weckalarm deaktiviert und die Person legt die *EventloggerUhr* nicht an, wiederholt sich der oben beschriebene Ablauf. Wird von der Uhr eine Aktivität registriert, obwohl es noch keine Zeit zum Aufzustehen ist, meldet dies das Display der Uhr. Die Zeiten, zu denen Tätigkeiten gemäß Tagesordnung stattfinden, sind abhängig vom Zeitpunkt des Aufstehens bzw. des Uhranlegens. Die Erinnerungen an diese werden entsprechend dieses Zeitpunktes nach vorne oder hinten verschoben. Bei den einzelnen Tätigkeiten wird zwischen wichtigen terminierten bzw. in Zeitintervallen vorkommenden Tätigkeiten, und weniger wichtigen Tätigkeiten unterschieden. Abhängig von dieser Kategorisierung wird eine Unterscheidung bei der Erinnerung getroffen. Bei allen Tätigkeiten ist eine höchstens zweimalige Erinnerung vorgesehen. Erfolgt die Tätigkeit auch nach der zweiten Erinnerung nicht, wird ein Hinweis im System generiert, der bei einer wiederholten Auslassung an eine Bezugsperson gemeldet wird. Bei einer als „wichtig“ deklarierten Tätigkeit erfolgt darüber hinaus schon bei einer einmaligen Auslassung eine Alarmierung einer Bezugsperson, welcher so eine zeitnahe Reaktion ermöglicht wird.

5.4 Interaktion mit dem Anwender

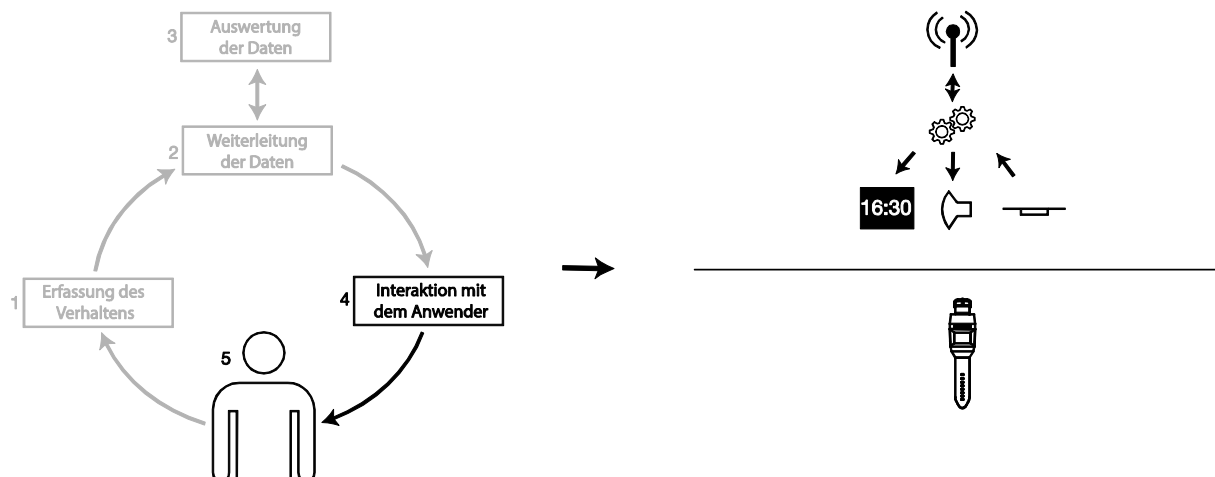


Abbildung 35: System zur Interaktion mit dem Anwender; links) Einordnung; rechts) Uhr als Beispiel

Um Rückmeldungen an den Anwender zu ermöglichen, ist es notwendig, dass dieser ein System zur Interaktion am Körper trägt. Dieses ist in der Lage, dem Anwender ein Feedback über die aufgezeichneten Daten zu geben (zum Beispiel eine Erinnerung). Hierfür sind, neben einem Funkmodul zum Empfangen der Daten und einer Recheneinheit zur Verarbeitung, Ausgabeeinheiten wie ein Display und ein Lautsprecher nötig. Außerdem ein Knopf bzw. eine Toucheinheit vorgesehen (Abbildung 35).

5.4.1 Konzept

Das System zur Interaktion mit dem Anwender soll in der Lage sein, jederzeit mit dem Anwender zu kommunizieren. Daher wird in diesem Konzept eine am Handgelenk getragene „Uhr“ mit Display und Lautsprecher sowie Quittierknopf verwendet.

5.4.2 Statische Konzeptbeschreibung

Die *EventloggerUhr* (2) besitzt ein Funkmodul (27) und einen Mikrocontroller (23) sowie eine Stromversorgung mit Akku (23), welche jedoch induktiv aufladbar ist. Zusätzlich ist diese Uhr mit einem Display (21) ausgestattet auf dem neben der Uhrzeit auch Erinnerungssymbole und Texte angezeigt werden können. Zur akustischen Signalgebung ist ein Lautsprecher (22) integriert. Wahlweise können die empfangenen Daten auch auf einer Speicherkarte (22) gespeichert werden. Um eine Stromsparfunktion zu implementieren, befindet sich ein Beschleunigungssensor (26) in der Uhr. Für die Nutzerinteraktion (51) befindet sich zudem ein Taster (24) an der *EventloggerUhr*. Schematisch ist die Uhr in Abbildung 36) zu sehen.

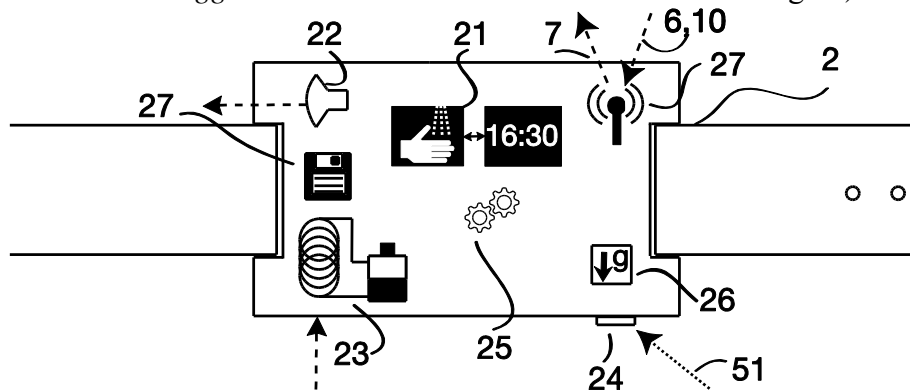


Abbildung 36: Statischer Aufbau der *EventloggerUhr* (2): 27) Funkmodul, 6,10) Empfangene Daten, 7) gesendete Daten, 21) Display, 22) Lautsprecher, 27) Speicherkarte, 23) Spannungsversorgung mit Akku und Induktionsladung, 25) Mikrocontroller, 24) Taster, 51) Userinteraktion, 26) Beschleunigungssensor

5.4.3 Dynamische Konzeptbeschreibung

Der dynamische Ablauf der Uhr *EventloggerUhr* gestaltet sich wie in Abbildung 37 zu sehen. Der Nutzer legt am Morgen die Uhr an. Der Bildschirm der Uhr zeigt im normalen Modus die Zeit an. Der Nutzer führt seine über den Tag verteilten Tätigkeiten durch. Dabei wird von der Uhr die Interaktionen mit den Objekten ID_x empfangen (Eigenschaft als aktiver *Eventlogger* siehe hierzu Kapitel 5.1.3). Diese leitet das Event E_x weiter oder ermittelt daraus die Tätigkeit T_x und leitet diese über den *Netzwerkumsetzer* an die Auswerteeinheit weiter. Empfängt die Uhr vom *Netzwerkumsetzer* weitergeleitete Erinnerungen oder Meldungen, so zeigt diese das entsprechende Erinnerungssymbol an. Symbole sind notwendig, da am Handgelenk lediglich kleine Displays verwendet werden können und so nur diese in der Lage sind auf kleinstem Raum die notwendigen Informationen zur Erinnerung unmissverständlich zu übermitteln. Der Nutzer führt entweder die vom System erinnerte Tätigkeit aus, oder kann, über eine Taste, dem System eine Rückmeldung über die Erinnerung geben, wodurch diese gegebenenfalls verschoben wird. Anschließend wird auf dem Bildschirm der Uhr wieder die Uhrzeit angezeigt. Abends legt der Nutzer die Uhr zum Laden in die Ladestation ab, so dass sie am nächsten Tag wieder vollständig geladen zur Verfügung steht.

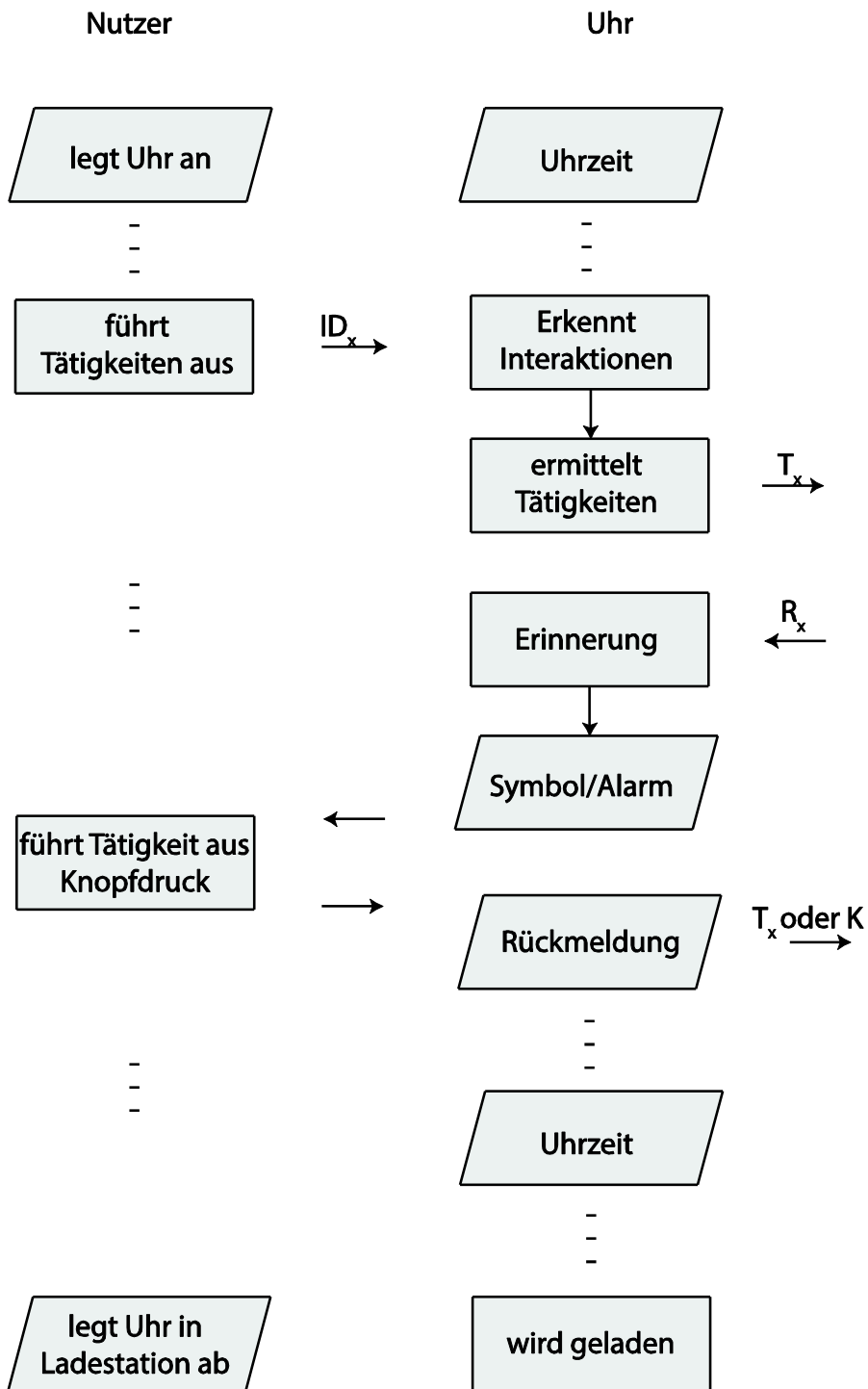


Abbildung 37: Dynamischer Ablauf der Uhr mit Interaktion des Nutzers

Das hier vorgestellte Gesamtsystem besteht somit aus passiven Sendeeinheiten (1) welche an Alltagsobjekten angebracht werden. Je nach Objekttyp wird die Reichweite der Sendeeinheiten eingestellt: Für Objekte mit einer kurzen Interaktionsreichweite wird eine geringe Sendeleistung und daraus resultierend eine geringe Reichweite eingestellt, während für beispielsweise Räume mit größerer Interaktionsreichweite eine höhere Sendeleistung und somit eine höhere Reichweite eingestellt wird. Diese passiven Sendeeinheiten (1) senden ihre eigene Identifikationsnummer ID_x mit der eingestellten Sendeleistung aus. Diese Nummer wird von der *EventloggerUhr* (2), welche der Anwender (5) am Handgelenk trägt, empfangen, sobald sich dieser in Reichweite der Sendeeinheit befindet. Die hierin enthaltenen Informationen werden über einen *Netzwerkumsetzer* (3), welcher sich in jedem Raum befindet an eine Basisstation (*HCU*) (4) weitergeleitet. Die *HCU* (4) wertet die Daten aus und gibt, wenn nötig eine Erinnerung aus. Diese kann zum einen auf dem Bildschirm der *HCU* dargestellt werden, zum anderen wird diese Information über die *Netzwerkumsetzer* (3) an die *EventloggerUhr* (2) weitergeleitet. Hier erscheint ebenfalls ein Erinnerungssymbol und optional ein akustisches Signal zur Erinnerung. Siehe hierzu auch Abbildung 38.

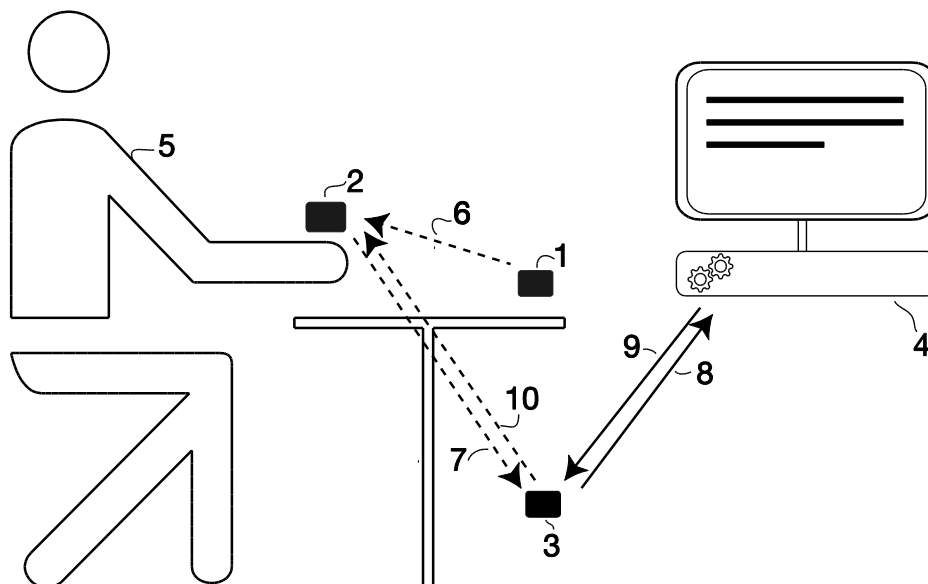


Abbildung 38: Statischer Aufbau und Prozesse des Erinnerungssystems: 1) passive Sendeeinheit (*Eventlogger*), 2) getragene Uhr (*EventloggerUhr*), 3) *Netzwerkumsetzer*, 4) Basisstation(*HomeCareUnit*), 5) Anwender, 6) ID versendet über Funk, 7) ID weitergeleitet via Funk, 8) ID weitergeleitet über LAN, 9) Erinnerung über LAN, 10) Erinnerung über Funk weitergeleitet.

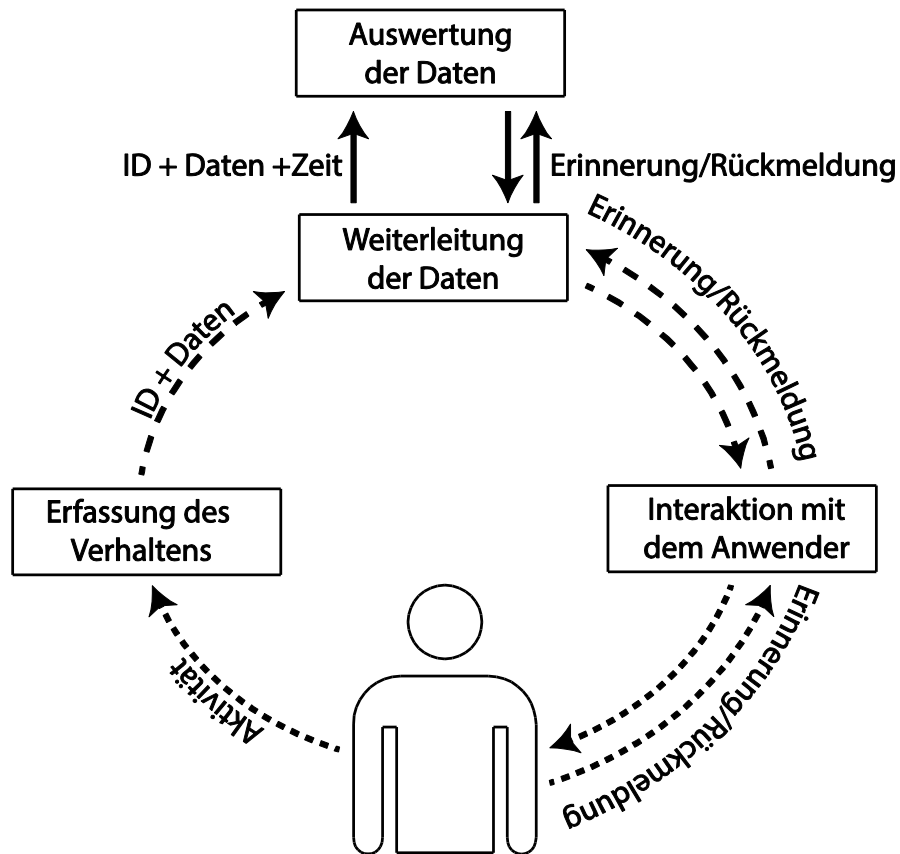


Abbildung 39: Dynamische Abläufe des Gesamtsystems

Die Aktivitäten des Nutzers werden, mittels der Sensoren der *Erfassungssysteme* aufgezeichnet. Die so ermittelten Daten werden, zusammen mit der ID des Systems, an das *Weiterleitungssystem* gesendet. Dieses ergänzt das Datenpaket mit der aktuellen Uhrzeit und leitet es anschließend an die *Auswertungseinheit* weiter. Notwendige Erinnerungen bzw. Rückmeldungen werden von der *Auswertungseinheit* an das *System zur Weiterleitung* gesendet. Diese sorgt anschließend für die sichere Übertragung *zum System zur Interaktion mit dem Anwender*. Mögliche Rückmeldungen des Anwenders können ebenfalls zurück an die *Auswertungseinheit* gesendet werden. In Abbildung 39 sind die dynamischen Abläufe zusammenfassend dargestellt.

6. Prototypische Realisierung

6.1 Aufbau Eventlogger

Die Hauptkomponente des *Eventloggers* ist das Funkmodul NanoLOC AVR der Firma Nanotron. Dieses besteht aus einem NanoLOC TRX Transceiver, welcher Nachrichten über das lizenzfreie- 2,4GHz ISM Band sendet und empfängt. Die unterschiedliche Sendereichweite für die genutzten Objekte wird via Software in 64 Schritten von -36,20 dBm bis 1,79 dBm eingestellt. Als Antenne ist eine 2,4GHz Chipkeramik auf dem Modul verbaut. Zur Verarbeitung der Daten besitzt das Funkmodul zusätzlich einen Mikrocontroller mit der Bezeichnung ATmega 644V und verfügt über einen 4KB SRAM, 64KB Flash Speicher und einen 2KB EEPROM-Speicher.

Um neben den Interaktionen auch Bewegungen messen zu können, wurde der Beschleunigungssensor BMA150 der Firma Bosch implementiert. Dieser ist in der Lage, Beschleunigungen im Bereich $\pm 2g$, $\pm 4g$ oder $\pm 8g$, über drei orthogonale Achsen in digitalen Werten über eine SPI-Schnittstelle auszugeben. Zusätzlich kann ein Interrupt zur allgemeinen Bewegungserkennung aktiviert werden, um so unterschiedliche Energiesparmodi zu ermöglichen.

Die erkannten Events sowie Tätigkeiten können, neben dem direkten Versenden an den *Netzwerkumsetzer*, auch auf einer SD-Karte über die SPI-Schnittstelle abgespeichert werden. Hierauf befindet sich ebenfalls eine Konfigurationsdatei im TXT-Format. Für eine korrekte Zeitberechnung ist die Real-Time-Clock (RTC) RV-3029 von Micro Crystal Switzerland, mit zusätzlicher Backupbatterie, auf der Platine des *Eventloggers* integriert. Diese wird sowohl dazu verwendet, den Mikrocontroller in einer definierten Frequenz zu aktivieren, als auch um Events mit einem Zeitstempel zu versehen.

Die Energieversorgung des *Eventloggers* erfolgt über einen Lithium-Ionen-Akku mit einer Kapazität von 370 mAh bei einer Größe von 18 x 28 x 4 mm. Das Lademanagement übernimmt der MCP73831T von Microchip, welcher mit einer Eingangsspannung von 3,75 bis 6 Volt arbeitet. Die Batteriespannung wird mit Hilfe des Spannungsreglers XC6204 der Firma Torex auf 2,5 Volt transformiert, um die ICs mit Strom zu versorgen. Als Schnittstelle wurde eine 32 Pin Buchse gewählt, da diese zum Laden, zur seriellen Datenübertragung via UART und zum Programmieren des Mikrocontrollers verwendet werden kann. Abbildung 40 zeigt die Komponenten des *Eventloggers*.

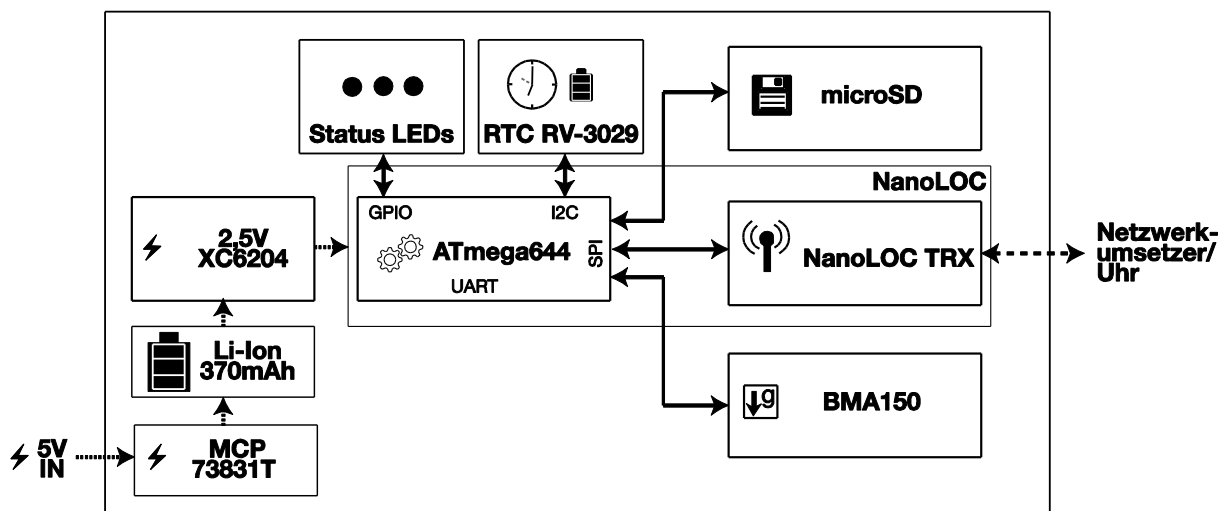


Abbildung 40: Hardwarekomponenten des *Eventloggers*

Alle Komponenten sind auf einer 29 x 46mm großen, doppelseitig bestückten Platine montiert. Zusammen mit dem Akku ist diese in einem Minitec ES Gehäuse der Firma OKW integriert. Diese Komponenten des *Eventloggers* sind in Abbildung 41 dargestellt. Das Gehäuse wurde so modifiziert, dass die LEDs sichtbar sowie die Anschluss Buchse zugänglich sind. Der Logger kann in einem Stromadapter mit Netzteil montiert werden, um bei unbeweglichen Objekten eine durchgehende Stromversorgung zu sichern.

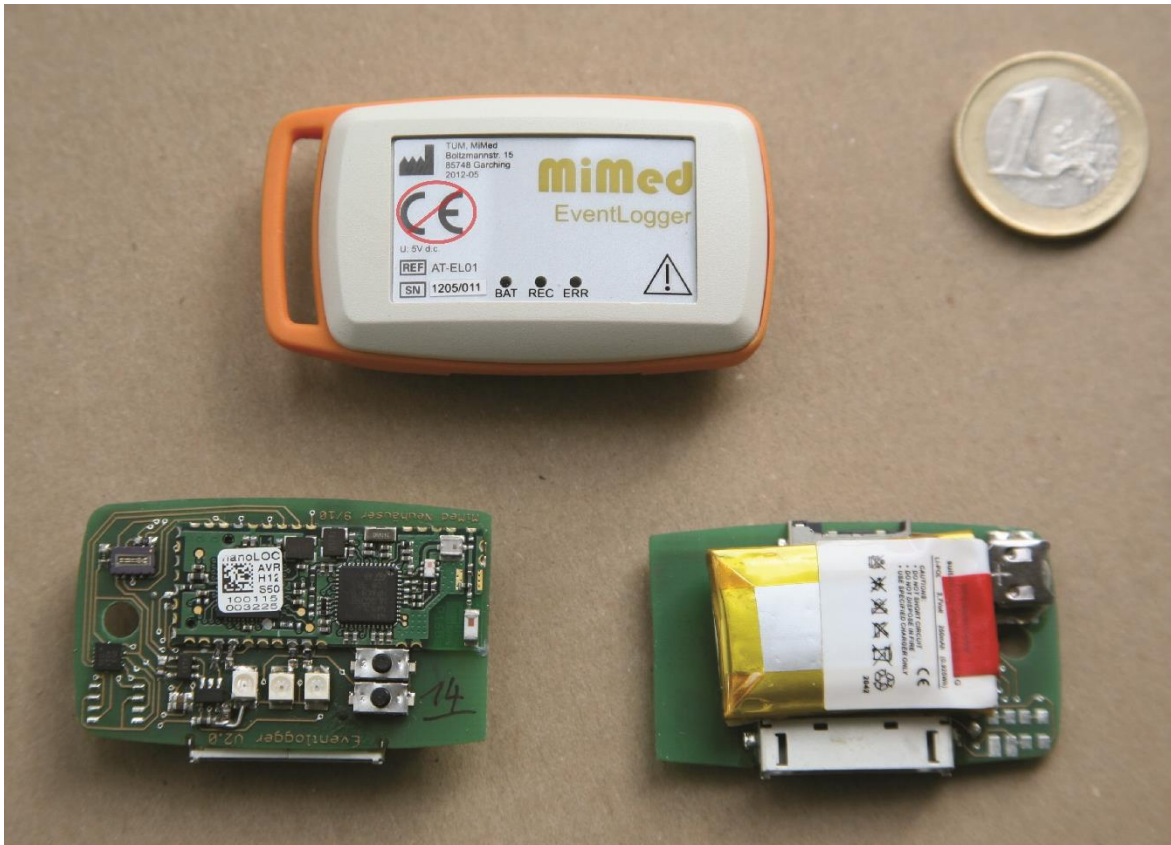


Abbildung 41: Platine des *Eventloggers* zusammen mit Akku sowie Fertig im Gehäuse

Im Zuge der hier vorgestellten Untersuchungen wurden mehrere *Eventlogger* angefertigt. Insgesamt wurde eine Stückzahl von 70 erstellt, um bei unsachgemäÙer Behandlung durch beispielsweise Versuchspersonen Reservegeräte bereitstellen zu können. Zudem wurde, um auch anderen Forschungsteams die Installation und den Einsatz der *Eventlogger* möglichst fehlerfrei zu gestalten, eine ausführliche Bedienungsanleitung sowie eine Kurzanleitung erstellt. Hierin sind die Konfiguration und der Einsatz der *Eventlogger* detailliert erklärt. Es wurde ebenfalls bereits eine Produktakte sowie die dafür erforderlichen Tests für eine CE-Zulassung als Medizinprodukt der Klasse 1 vorgenommen. Abbildung 42 zeigt einige dieser *Eventlogger* sowie die dazugehörigen Bedienungsanleitungen.



Abbildung 42: Koffer mit *Eventloggern*, Bedienungsanleitung und Kurzanleitungen

Die Aufgabe der an Objekten angebrachten *Eventlogger* ist es, mit einer bestimmten vorher eingestellten Reichweite, die eigene ID auszusenden, so dass die Uhr diese bei einer Interaktion mit dem Objekt erkennt. Daher ist der Softwareaufbau einfach gehalten. Nach Inbetriebnahme wird der Logger initialisiert und anschließend der Timer-Interrupt der RTC aktiviert. Der Mikrocontroller wird vom Timer-Interrupt regelmäßig (t_{Frequenz}) „geweckt“ und sendet seine ID_x mit der eingestellten Sendeleistung aus. Anschließend wird der Timer-Interrupt wieder aktiviert und der Mikrocontroller sowie das Funkmodul in den Sleep-Mode versetzt, in dem beide bis zu nächsten Aktivierung verbleiben (Abbildung 43). Durch diesen Ablauf kann, bei *Eventloggern*, die keine feste Spannungsversorgung besitzen eine Akkulaufzeit von bis zu 30 Stunden erreicht werden.

Eventlogger mit Dauerstromversorgung

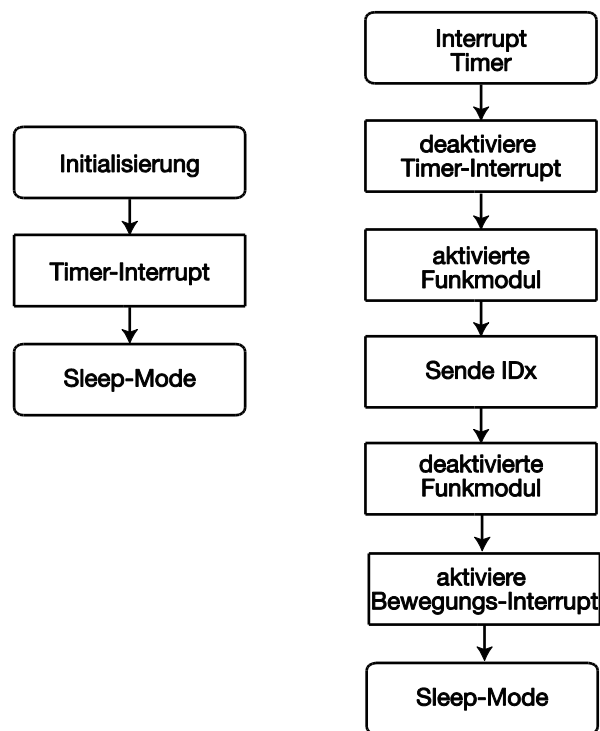


Abbildung 43: Programmablauf für *Eventlogger* mit unbeweglichen Objekten mit Dauerstromversorgung

Für bewegte Objekte, wie beispielsweise Trinkgefäße, welche nur mit Akku betrieben werden, kann zusätzlich zum Energiesparen ein Bewegungs-Interrupt aktiviert werden, so dass der *Eventlogger* seine ID erst versendet, wenn dieser bewegt wird. Der Ablauf ist ähnlich zu dem mit unbeweglichen Objekten, allerdings wird anstelle des Aktivierens des Timer-Interrupts zunächst der Bewegungsinterrupt aktiviert wird, welcher wiederum den Timer-Interrupt aktiviert. Dieser Ablauf ist näher in Abbildung 44 dargestellt. Durch diese Strategie wird die mögliche Akkulaufzeit gegenüber der reinen Aktivierung durch den Timer in Abhängigkeit von der Häufigkeit der Verwendung eines Gegenstands nochmals deutlich erhöht (bei einer Tasse Laufzeiten von über einem Monat).

Eventlogger mit Akkuversorgung

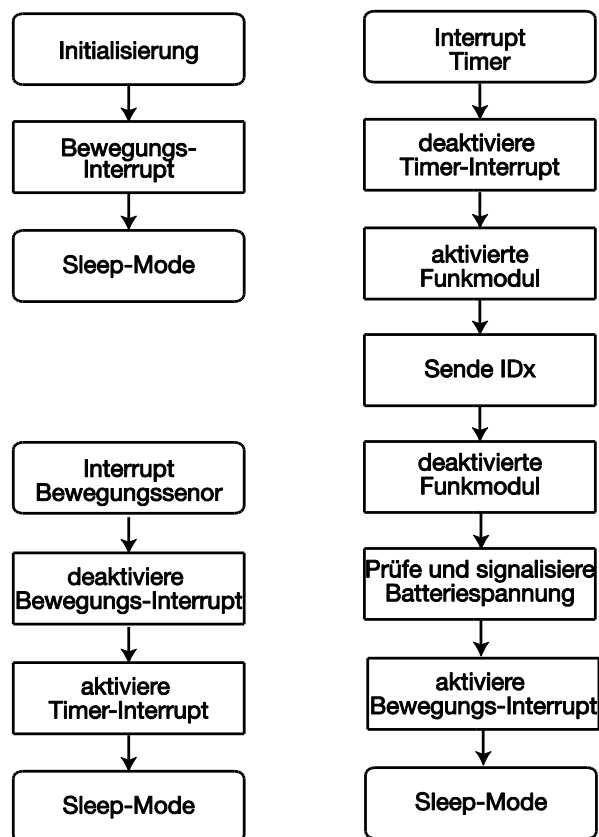


Abbildung 44: Programmablauf für *Eventlogger* mit Akkuversorgung und Bewegungsinterrupt

Als Funkschnittstelle wird das proprietäre System von NanoLOC verwendet. Ein NanoLOC Packet besteht aus einer Sequenz von Bits mit einem vordefinierten Format, welches durch den Digitalteil des NanoLOC Chips bestimmt wird. Vereinfacht betrachtet besteht diese Pakete aus drei Bereichen: dem „header“ mit einer Broadcast- sowie einer eigenen Adresse, dem „data“ mit den Datenpaketen und einem „tail“ mit Prüfsumme am Ende (Abbildung 45).

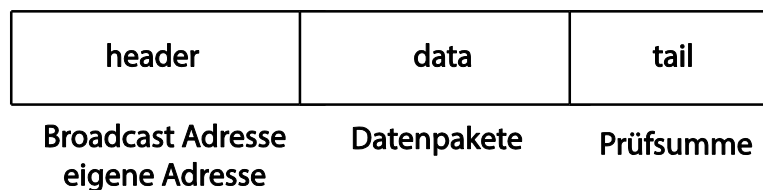


Abbildung 45: Aufbau der versendeten Pakete

Die Adressen des NanoLOC Moduls bestehen aus einem 6 Byte großem Array. Um eine störungsfreie Kommunikation der verschiedenen Systeme, welche auf den NanoLOC Modulen basieren, zu ermöglichen, wurde eine Konvention zur Adressvergabe eingeführt (Tabelle 8). Das Byte 0 dient zur Identifikation des Produktes (im Falle des *Eventloggers* 0xA4). Das Byte 1 dient zur Unterkategorisierung des Produktes (im Falle des *Eventloggers* 0x02). Die restlichen 4 Bytes dienen als Seriennummer, wobei die Seriennummer 0x00 als zweite Adresse bei allen Geräten eingestellt wird und somit die jeweilige Broadcast-Adresse darstellt.

Tabelle 8 Adressen des *Eventloggers*

Art	Byte 0 Produkt	Byte 1 Typ	Byte 2 Serial 3	Byte 3 Serial 2	Byte 4 Serial 1	Byte 5 Serial 0
<i>Eventlogger</i> Broadcast	0xA4	0x02	0x00	0x00	0x00	0x00
<i>Eventlogger</i> ID (1)	0xA4	0x02	0x00	0x00	0x00	0x01

Für die *Eventlogger*, welche Objekte markieren, wird zum Aussenden der eigenen ID das Broadcast Packet verwendet und an die Broadcast-Adresse der *EventloggerUhren* versendet. Über dieses Protokoll erkennt die *EventloggerUhr* bei Empfang des Datenpakets bereits die Adresse des jeweiligen *Eventloggers*. Zusätzlich kann über das Datenpaket ein Name des Objektes (wie zum Beispiel „Bad“) mitgesendet werden.

Zusätzlich verfügt das NanoLOC-Modul über eine justierbare Sendeleistung. Diese ist in 64 Schritten von -36,20dBm bis 1,79dBm einstellbar. Hierdurch können Objekte durch *Eventlogger* mit unterschiedlicher Sendereichweiten ausgestattet werden. Tabelle 9 fasst mögliche Sendeleistungen bei unterschiedlichen Registerwerten zusammen.

Tabelle 9: Typische Sendeleistungen bei den Registerwerten von 0-64

Register	Pout /dBm	Register	Pout /dBm	Register	Pout /dBm	Register	Pout /dBm
0	-36.20	16	-23.28	32	-12.07	48	-3.33
1	-35.30	17	-22.48	33	-11.41	49	-2.87
2	-34.47	18	-21.75	34	-10.80	50	-2.45
3	-33.65	19	-21.03	35	-10.20	51	-2.05
4	-32.83	20	-20.31	36	-9.61	52	-1.66
5	-32.02	21	-19.60	37	-9.03	53	-1.28
6	-31.21	22	-18.89	38	-8.46	54	-0.92
7	-30.41	23	-18.19	39	-7.91	55	-0.57
8	-29.54	24	-17.44	40	-7.31	56	-0.23
9	-28.70	25	-16.70	41	-6.74	57	0.12
10	-27.92	26	-16.02	42	-6.22	58	0.42
11	-27.14	27	-15.36	43	-5.71	59	0.72
12	-26.37	28	-14.70	44	-5.21	60	1.00
13	-25.60	29	-14.04	45	-4.73	61	1.28
14	-24.85	30	-13.40	46	-4.26	62	1.54
15	-24.09	31	-12.76	47	-3.80	63	1.79

Die Installation von *Eventloggern* erfolgt entweder mithilfe des Reichweiteneinstellungsgerätes (Czabke, 2012) oder über experimentelles Ermitteln. Bei der Ermittlung der einzustellenden Reichweite wird dabei die Sendeleistung des *Eventloggers* am Objekt so lange erhöht, bis das Einstellungsgerät alle gesendeten Datenpakete empfängt. Dabei befindet sich das

Einstellungsgerät am entferntesten Punkt zum Objekt, bei dem noch ein Empfang möglich sein soll. Eine Simulation war aufgrund der Komplexität jedoch bisher nicht zielführend.

6.2 Aufbau RFIDlogger

Um die Kompatibilität mit dem Gesamtsystem zu ermöglichen, dient auch hier das NanoLOC Modul von Nanotron als Kommunikationsmodul. Zudem enthält der *RFIDlogger*, wie der *Eventlogger*, eine RTC (RV-3029 von Micro Crystal) mit Backupbatterie für die Zeit, ein Beschleunigungssensor (BMA150 von Bosch) für Bewegungserkennung sowie eine SD-Karte zur optionalen Speicherung der Daten und zur Konfiguration des Systems. Da der Energieaufwand des Systems höher ist als der des *Eventloggers*, ist ein Lithium Polymer Akku mit 1400mAh integriert. Für die Ladeelektronik wird ebenfalls der MCP3826 von Mikrochip verwendet. Als RFID-Lesegerät wird das SkyeTek M7 Modul verwendet, welches im UHF Frequenzbereich konfigurierbar ist. Das RFID-Lesegerät kommuniziert via UART mit dem Mikrocontroller des NanoLOC Moduls. Als am besten geeignete Antenne, bei kleinem Formfaktor für das RFID-Lesegerät, erwies sich die Keramikantenne PAM686N5 von Jiaying Glead Electronics. In Abbildung 46 sind die Komponenten sowie deren Verknüpfungen dargestellt.

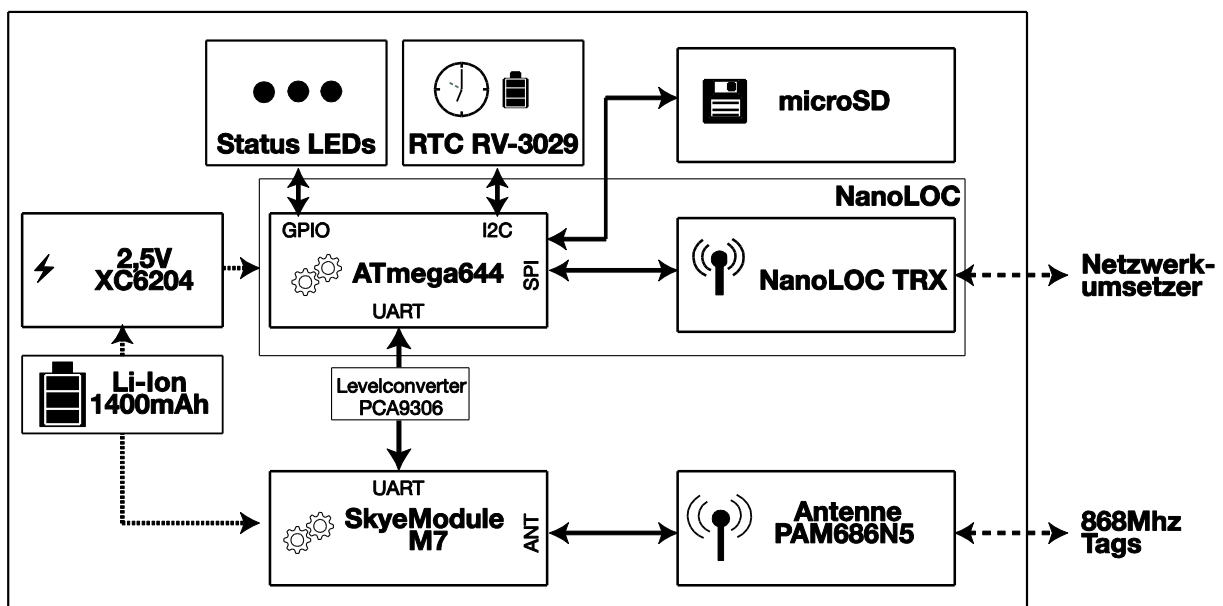


Abbildung 46: Hardwarekomponenten des *RFIDloggers*

Die aufgebaute Platine, sowie die restlichen Komponenten sind in Abbildung 47 zu sehen.

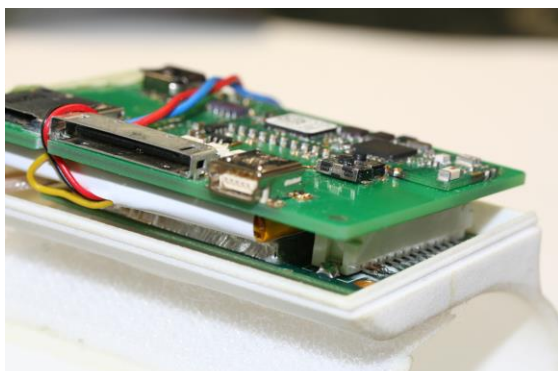


Abbildung 47: Sandwichaufbau des *RFIDloggers*

Für das Gehäuse des *RFIDloggers* wurde eigens eine lasergesinterte Konstruktion entwickelt, welche zum einen die Platinen auf der Oberseite der Hand, zum anderen die Antenne auf der Unterseite aufnehmen kann. Durch den flexiblen Mittelteil der ist es möglich, diese am Handgelenk an- und abzulegen (Abbildung 48).

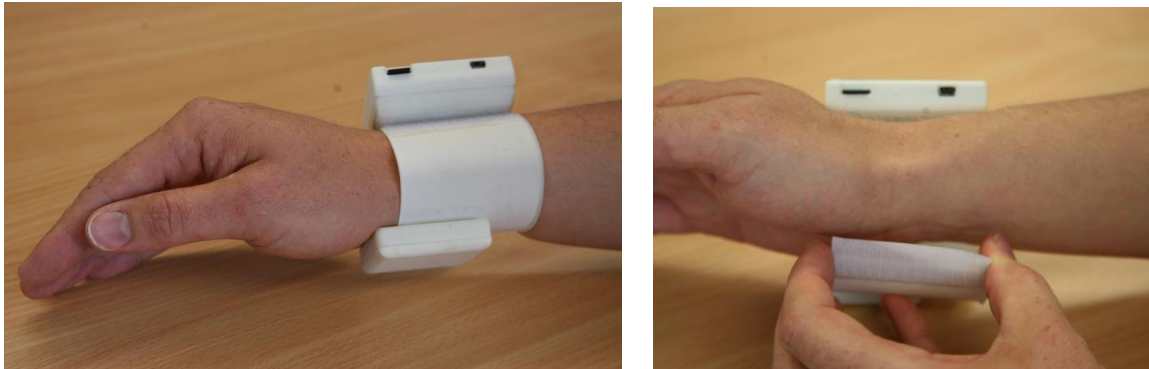


Abbildung 48: Gehäuse des *RFIDloggers* links) getragen, rechts) anlegen

Ein fertiggestellter *RFIDlogger* wie er in dieser Arbeit zur Anwendung kam ist in Abbildung 49 dargestellt. Zudem ist hier der „Transport Koffer“ abgebildet, in dem mehrere einsatzbereite *RFIDlogger* transportiert werden können.



Abbildung 49: *RFIDlogger* als fertiges Produkt sowie die fünf aufgebauten Prototypen

Wie in Abbildung 50 zu erkennen, beginnt das Gerät, sobald der Lithium-Polymer Akku eine ausreichende Spannung zur Verfügung stellt, mit der eigenen Initialisierung. Hierbei wird geprüft ob eine SD-Karte im Gerät vorhanden ist. Ist dies der Fall, so wird die Konfigurationsdatei auf der SD-Karte ausgelesen und die Parameter eingestellt. Ist die Konfigurationsdatei nicht vorhanden, wird die Standard-Konfiguration auf die SD-Karte geschrieben und eingestellt. Anschließend wird der Bewegungsinterrupt aktiviert und der Mikrocontroller in den Sleep-Modus versetzt. Bei einer Bewegung wird der Interrupt ausgelöst und deaktiviert sowie der Timer-Interrupt aktiviert. Löst der Timer-Interrupt aus, so werden die RFID-Tags über das RFID-Lesegerät erkannt und deren ID an den Mikrocontroller gesendet. Dabei ist jede ID 12 Bytes lang. Um eine einfache Datenstruktur im *Netzwerkumsetzer* und in der Auswerteeinheit zu ermöglichen, werden hierbei nur die letzten 6 Byte betrachtet und weitergeleitet. Anschließend werden die IDs der gefundenen Tags über das Funkmodul versendet. Dazu wird dieses zunächst aktiviert und nach dem Versenden der erkannten IDs an den *Netzwerkumsetzer* wieder deaktiviert. Vor Eintritt in den Sleep-Modus überprüft das

System die Batteriespannung, um dem Anwender ein Feedback über den Akkuzustand geben zu können.

RFIDlogger

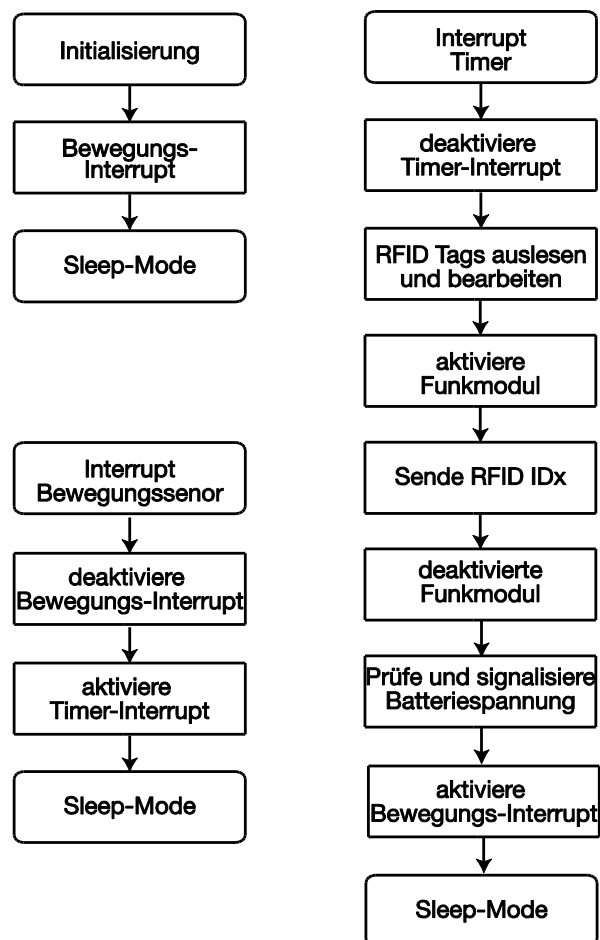


Abbildung 50: Softwareablauf des *RFIDloggers*

6.3 Aufbau Uhr

Der Prototyp der *EventloggerUhr* enthält die unveränderte Platine des *Eventloggers* sowie dessen Hauptkomponenten. Im Detail sind dies der ATMEGA 644 Mikrocontroller, der Beschleunigungssensor SMB380 von Bosch, das Flash-EEPROM von AT45DB041D Atmel mit 4 Megabit Speicher und die Real-Time-Clock RV- RV-3029 von Micro Crystal Switzerland. Zur Stromversorgung dient ein Lithium-Ionen-Akku, der mit einer Kapazität von 370 mAh angegeben ist. Die Spannung in Betrieb wird mit Hilfe des Reglers XC6204 von Torex auf 2,5 Volt reduziert, um alle Komponenten mit der gleichen Spannung versorgen zu können. Der Ladevorgang, der per Induktion über eine aus Kupfer gewickelte Spule drahtlos möglich ist, wird von einem Ladechip von Maxim, dem MAX1555, gesteuert.

Zur Darstellung der Zeit und der Informationen wird ein serielles OLED Display der Firma 4D Systems mit der Bezeichnung μ OLED-96-G1(SGC) verwendet. Dieses ermöglicht eine Auflösung von 96x64 Pixel bei einer Bilddiagonale von 0,96 Zoll (20 mm x 14 mm) und 65.000 Farben. Die Ansteuerung erfolgt direkt vom Mikrocontroller über UART. Zusätzlich wurde ein Lautsprecher implementiert, mit dem es möglich ist, akustische Signale auszugeben. Diese Komponenten sind zusammengefasst in Abbildung 51 dargestellt.

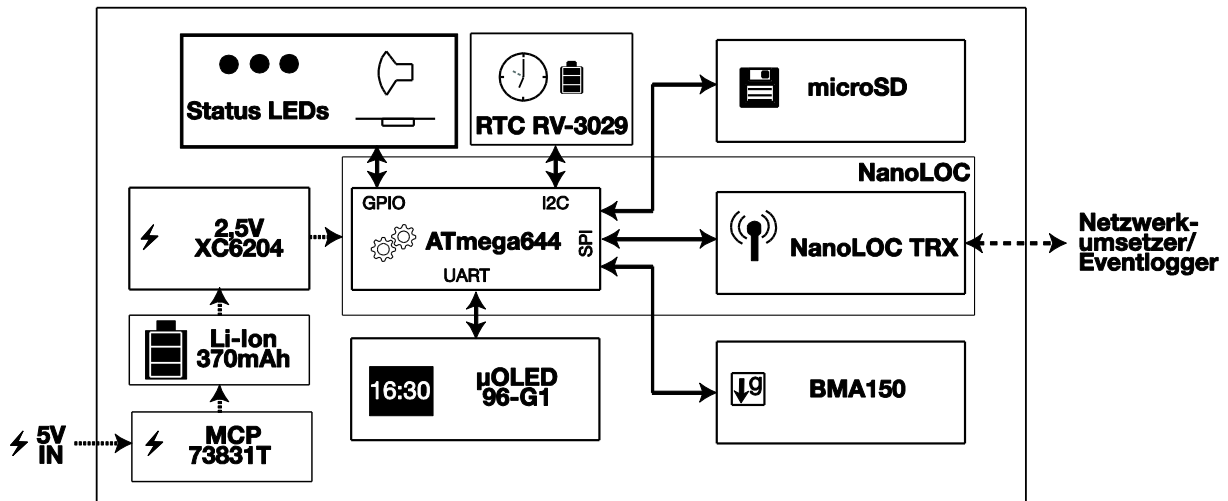


Abbildung 51: Hardwarekomponenten der Uhr

Zur besseren Veranschaulichung zeigen die folgenden Abbildungen eine Explosionszeichnung dieser (Abbildung 52) sowie einen Funktionsprototypen (Abbildung 53)

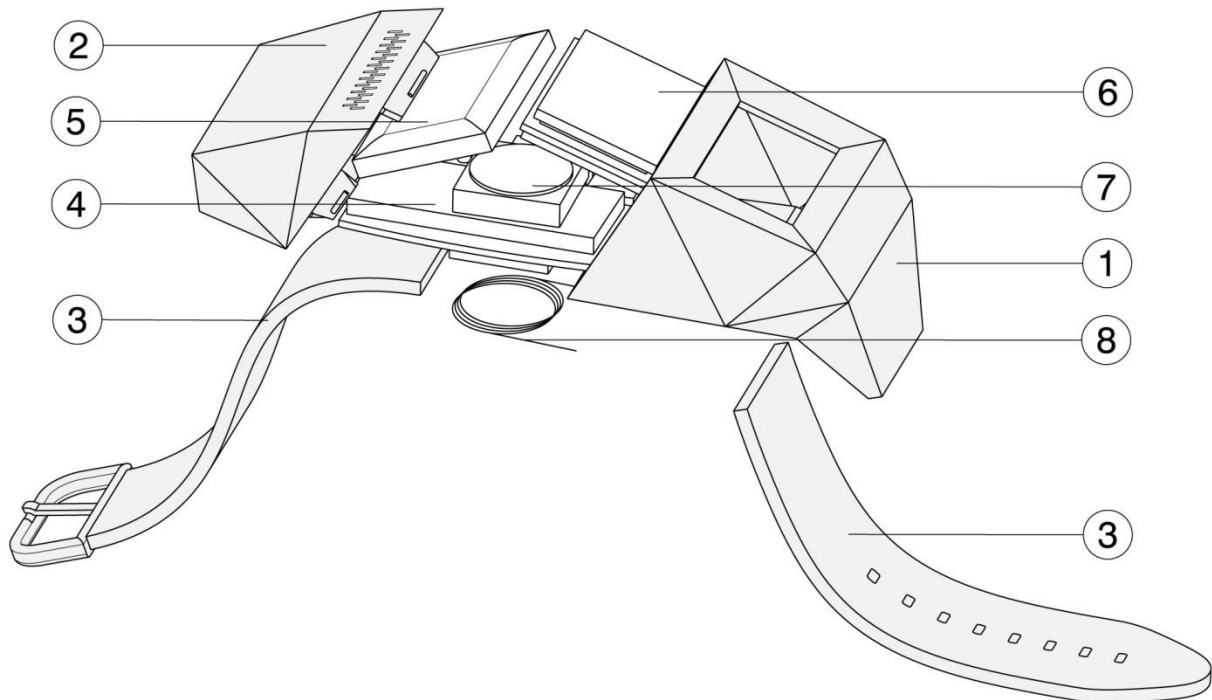


Abbildung 52: Explosionszeichnung der Uhr: Gehäuseteil mit Bildschirmausschnitt (1), Gehäuseteil mit Akku (2), Armband (3), Platine (4), Akku (5), Bildschirm (6), Lautsprecher (7), Induktionsladespule (8)

Abbildung 53 zeigt den Funktionsprototypen der Uhr.



Abbildung 53: Funktionsprototyp der *EventloggerUhr*

Bei der hier für die *EventloggerUhr* verwendeten Software ist zu beachten, dass sie im Rahmen der Arbeit nur als „proof of concept“ angelegt wurde. Das bedeutet, die Software entspricht der des *Eventloggers* und wurde so erweitert, dass zusätzlich Daten empfangen und ein Symbol auf dem Display angezeigt werden kann. Das entsprechende Ablaufdiagramm ist in Abbildung 54 dargestellt.

Eventloggerwatch

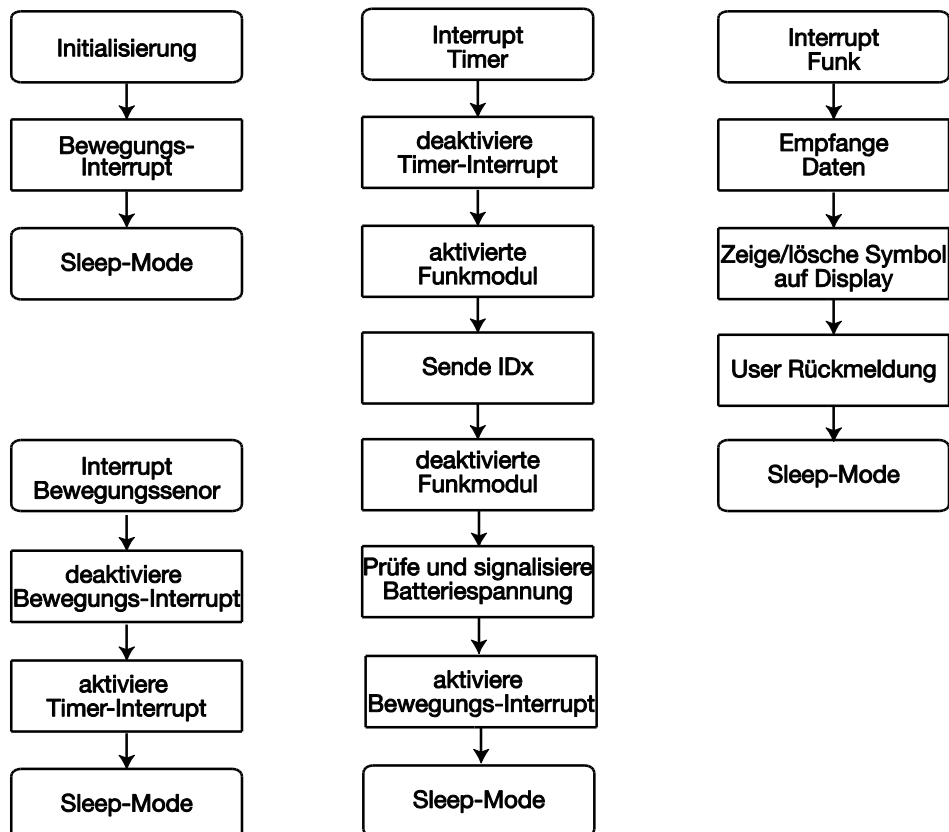


Abbildung 54: Ablaufdiagramm *EventloggerUhr*

Da ein am Handgelenk getragenes Display Größenbeschränkungen unterliegt und ältere Menschen meist eine Altersweitsichtigkeit aufweisen, wurden für die unterschiedlichen Tätigkeiten verschiedene Symbole entworfen. Diese sind allgemein gültig und können, auch vor unterschiedlichen historischen und kulturellen Hintergründen verstanden werden. Hierzu wurden, falls möglich, bereits existierende Symbole verwendet und gegeben falls leicht modifiziert. Zum Teil wurden zudem Gegenstände verwendet, die für bestimmte Handlungen als charakteristisch angesehen werden. Abbildung 55 gibt eine, nach Themenbereichen sortierte, Übersicht der Tätigkeitsymbole mit deren Kurzbeschreibung.

Hygiene und Kleiden



Morgenhygiene durchführen



Hände waschen



Körperhygiene durchführen



Schlafen gehen



Toilettennutzung



Ankleiden



Auskleiden

Haushaltsaktivitäten



Müll rausbringen



Blumen giesen



Post holen



Wäsche waschen



Putzen



Einkaufen gehen

Termine



Besuche stehen an



Arztbesuch steht an



Uhr anlegen



Uhr aufladen



Medikamenten-
einnahme

Essen und Trinken



Frühstück einnehmen



Mittagessen
Abendessen einnehmen



Trinken



Kochen

Freizeit



Telefonieren



Lesen



Sport machen



Fernsehen

Abbildung 55: Tätigkeitssymbole mit Beschreibung

6.4 Aufbau Netzwerkmsetzer

Der *Netzwerkmsetzer* besitzt ebenfalls ein NanoLOC Funkmodul um die Nachrichten der *EventloggerUhr*, des *RFIDloggers* sowie anderer Sensoren empfangen zu können. Zur Konfiguration ist eine SD-Karte an das Modul angeschlossen. Die Spannungsversorgung erfolgt über einen 2,5V Linearregler XC6204 von Torex, welcher über den 5V Spannungseingang gespeist wird. Für den Betrieb mit korrekter Zeit wird die Real Time Clock RV-3029 von Micro Crystal mit Backupbatterie verwendet, sowie 3 Status LEDs, welche die störungsfreie Funktionsweise anzeigen. Das NanoLOC Modul kommuniziert über UART mit einem WIZ200WEB Netzwerkmodul von Wiznet. Da das Netzwerkmodul mit 3,3V (3,3V Linearregler XC6204 von Torex) betrieben werden muss, ist die Nutzung eines Levelconverters (PCA9306 von Texas Instruments) für die UART-Kommunikation notwendig. Das Netzwerkmodul besitzt darüber hinaus dem Atmel Mikrocontroller (Atmega128) einen TCP/IP Chip (W5200) für die Netzwerkmsetzung. Das Modul kann als http-Server verwendet werden oder das UDP-Protokoll zur Weiterleitung von Daten verwenden. Zudem kann das Netzwerkmodul über SPI eine SD-Karte für die Konfiguration sowie zum Speichern „ansprechen“. Eine schematische Darstellung dieser beschriebenen Hardwarekomponenten ist in Abbildung 56 einsehbar.

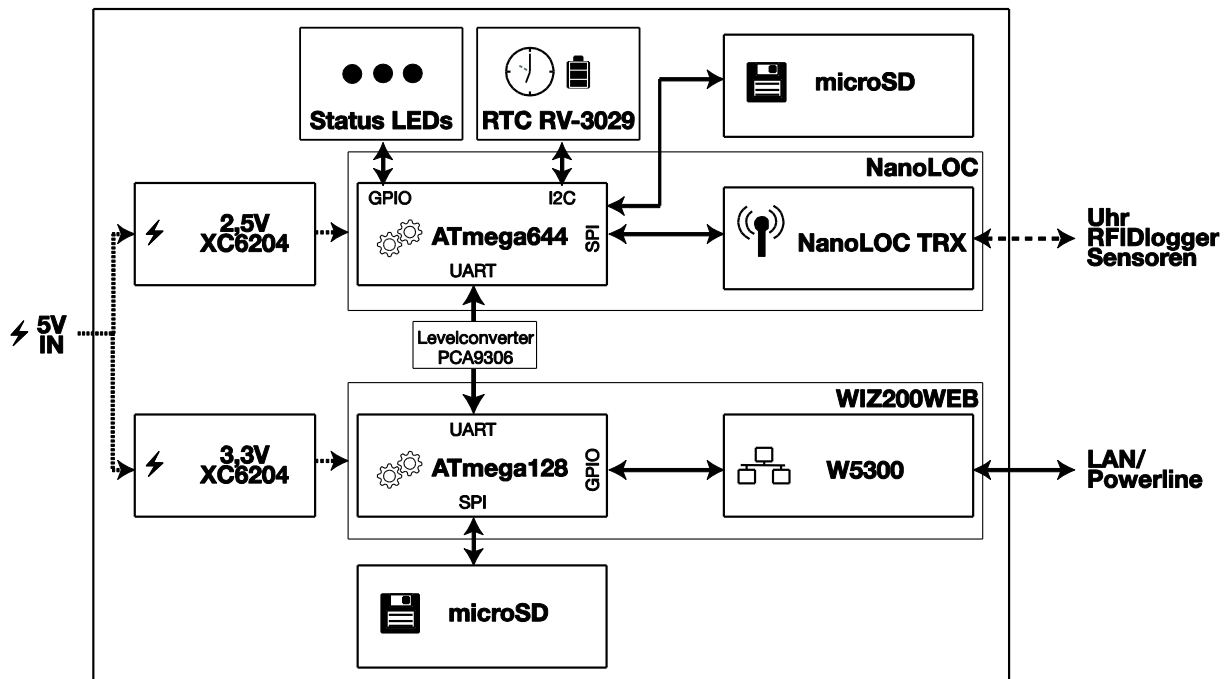


Abbildung 56: Hardwarekomponenten des *Netzwerkmsetzers*

Die folgenden Abbildung 57 zeigt darüber hinaus die Platine des *Netzwerkmsetzers*, auf denen die bereits beschriebenen Komponenten verbaut werden, sowie das dazugehörige 3D-gesinterte Gehäuse.

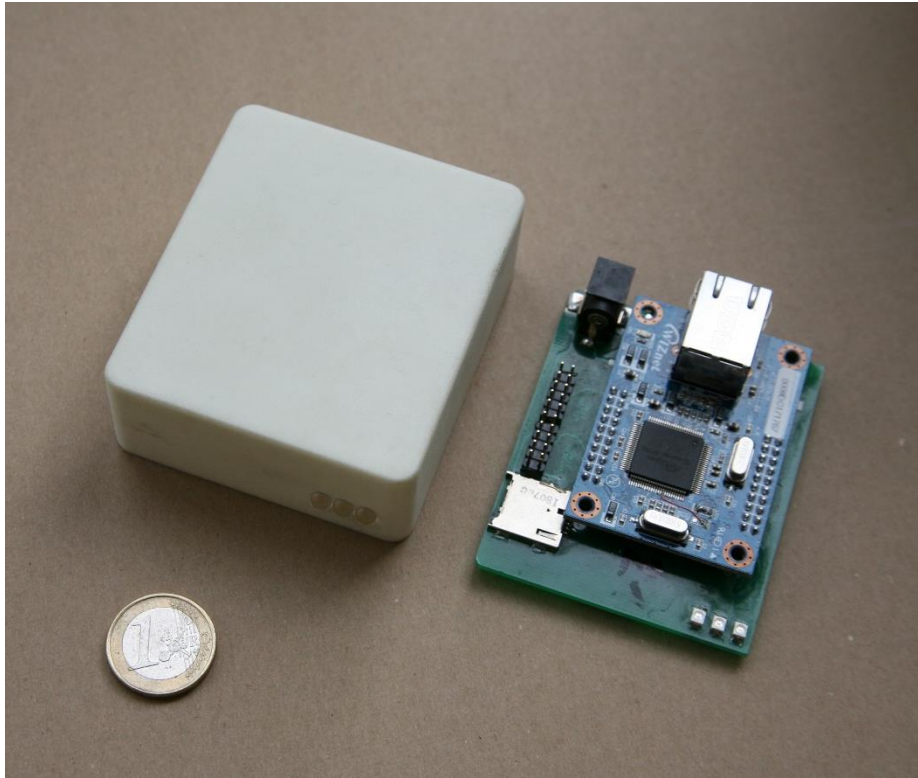


Abbildung 57: Netzwerkumsetzer, Gehäuse sowie Platine

Im Zuge der hier vorgestellten Untersuchungen wurden mehrere *Netzwerkumsetzer* angefertigt. Insgesamt wurde eine Stückzahl von 25 erstellt, um bei unsachgemäßer Behandlung durch beispielsweise Versuchspersonen Reservegeräte bereitstellen zu können. Zudem wurde, um auch anderen Forschungsteams die Installation und den Einsatz des *Netzwerkumsetzers* möglichst fehlerfrei zu gestalten eine ausführliche Bedienungsanleitung sowie eine Kurzanleitung erstellt. Hierin sind die Konfiguration und der Einsatz der *Netzwerkumsetzer* detailliert erklärt. Es wurde ebenfalls bereits eine Produktakte sowie die dafür erforderlichen Tests für eine CE-Zulassung als Medizinprodukt der Klasse 1 vorgenommen. Abbildung 42 zeigt einige dieser *Netzwerkumsetzer* sowie die dazugehörigen Bedienungsanleitungen. in Abbildung 58 abgelichtet.



Abbildung 58: Koffer des *Netzwerkmsetzers* mit Bedienungsanleitung sowie Kurzanleitungen

Durch Inbetriebnahme des *Netzwerkmsetzers* werden sowohl das Funkmodul als auch das Netzwerkmodul initialisiert. Das Netzwerkmodul liest anschließend die IP-Adressen des UDP Empfängers und die des Time Servers aus. Nach dem Erhalt der Zeit von dem Time Server, wird diese an das Funkmodul weitergeleitet. Das Netzwerkmodul prüft im Anschluss den Datenempfang des Funkmoduls. Findet ein Datenempfang statt, werden diese zunächst überprüft und gegebenenfalls um Warnungen erweitert. Anschließend werden die Daten via UDP an die im Vorfeld eingegeben IP Adresse weitergeleitet. Empfängt das Funkmodul Daten von den *Systemen zur Erfassung des Verhaltens*, so wird über deren ID und Länge der Typ bestimmt und dies zusammen mit der aktuellen Zeit via UART an das Netzwerkmodul weitergeleitet. Zusammengefasst ist der dynamische Ablauf des *Netzwerkmsetzers* in Abbildung 59 dargestellt.

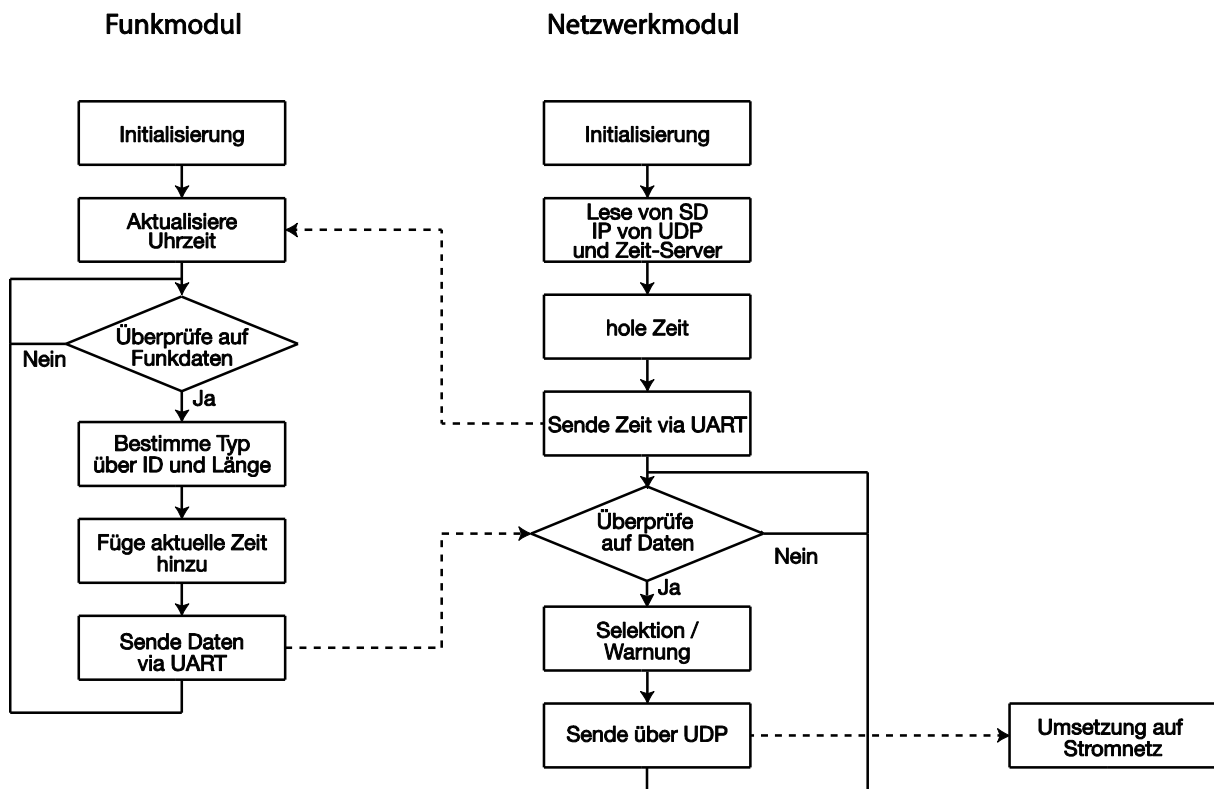


Abbildung 59: Dynamischer Ablauf des Netzwerkkumsetzers unterteilt in die drei Bereiche Funkmodul, Netzwerkmodul und Stromumsetzer

Der Netzwerkkumsetzer ist in der Lage, neben den Daten des *Eventloggers*, auch die Daten des *RFIDloggers*, *Motionloggers* und der *Messtextilien* weiterzuleiten. Über die Adresse der Geräte wird der Typ bestimmt, sowie über die Nachrichtenlänge die Sendart. Zusammengefasst ist dessen in Tabelle 10 nachzulesen.

Tabelle 10: kompatible Systeme zur Weiterleitung über den Netzwerkkumsetzer mit Nachrichtenlänge

System	Sendart	Adresse	Daten	Nachrichtenlänge
<i>Messtextil Pullover</i>	Rawdata	0xA2	8 Sensoren à x,y,z in 2 Byte	48
<i>Messtextil Pullover</i>	Activity	0xA2	8 Sensoren à Aktivitätslevel 2Byte	16
<i>Messtextil Pullover</i>	Motion	0xA2	Bewegungszustand 2Byte	2
<i>Messtextil Hose</i>	Rawdata	0xA2	5 Sensoren à x,y,z in 2 Byte	30
<i>Messtextil Hose</i>	Activity	0xA2	5 Sensoren à Aktivitätslevel 2Byte	10
<i>Messtextil Hose</i>	Motion	0xA2	Bewegungszustand 2Byte	2
<i>Motionlogger</i>	Rawdata	0xA3	1 Sensor à x,y,z in 2 Byte	6
<i>Motionlogger</i>	Motion	0xA3	Bewegungszustand 2Byte	2
<i>Eventlogger</i>	ID	0xA4	Adresse erkanntes Objekt	12
<i>RFIDlogger</i>	ID	0xA5	Adresse erkanntes Objekt	12

Das Weiterleiten der Daten geschieht mittels UDP-Protokoll über folgende in Tabelle 11 dargestellte Datenstruktur:

Tabelle 11: Datenstruktur der Weiterleitung *Netzwerkumsetzers* via UDP

Feld	Warnung	Gerätetyp	Geräte-ID	Algorithmus	Zeit	Datensatz
Länge (Bytes)	1 Byte	2Bytes	2 Bytes	1 Byte	14 Bytes	Variabel
Bedeutung	0 = Normal, 1 = Warnung	a2 = <i>Messtextil</i> , a3 = <i>Motionlogger</i> , a4 = <i>Eventlogger</i> , a5 = <i>RFIDlogger</i> .	Letzte drei Ziffern der Geräteseriennu mmer als hexadezimale Zahl.	Wert des Konfigurations- parameters algorithm (0 bei <i>Eventlogger</i> und RFID Lesegerät).	YYYY MMDD HHMM SS	Bei <i>Eventlogger</i> und <i>RFIDlogger</i> 12 Bytes

Diese weitergeleiteten Daten werden von der *HCU* empfangen, sortiert und dort in die jeweiligen Tabellen abgelegt.

6.5 Software zur Unterstützung der Auswertung

Hauptaugenmerk der Arbeit liegt auf dem der Hardware des Systems. In einem ersten Schritt zur Automatisierung wurde jedoch eine Visualisierungssoftware zur Unterstützung der Auswertung erarbeitet. Diese verwendet die in einer SQL-Datenbank abgespeicherten sADLs, welche beispielsweise auf der *HCU* liegen und von den *Eventloggern* ausgelesen wurden. Tabelle 12 zeigt die Struktur dieser in der SQL-Datenbank hinterlegten Tabelle.

Tabelle 12: SQL Tabelle des *Eventloggers*

Felder bzw. Spalten	Beschreibung
ID	Eindeutige Identifikationsnummer zur Kennzeichnung jedes Einzelkontakts
UserID	Eindeutige Identifikationsnummer des Patienten
MoteID	Eindeutige Identifikationsnummer des Kontakt- <i>Eventloggers</i>
MoteName	Name des Kontakt- <i>Eventloggers</i>
MoteType	Typ des Motes im Kontakt- <i>Eventlogger</i> (<i>aktiv/passiv</i>)
Time	Startzeitpunkt des Kontakts (yyyy-MM-dd hh:mm:ss)
Duration	Aufzeichnungsdauer des Kontakts in Sekunden

Die Visualisierungssoftware greift auf diese Datenbank zu und bereitet sie vor der Ausgabe am Bildschirm auf. Bei der Visualisierung werden die *Eventlogger* in drei grundlegende Typen kategorisiert, deren Unterschiede sich primär aus ihrem Mobilitätsverhalten ergeben:

- *Eventlogger* für Personen, die die aktive Mobilität des jeweiligen Trägers widerspiegeln.
- *Eventlogger* für Objekte, die nicht beweglich sind oder lediglich passiv durch Personen bewegt werden können.

- *Eventlogger* für Räume, die durch ihre feste Installation innerhalb der Wohnung/des Hauses charakterisiert sind.

Die tatsächliche Visualisierungssoftware lässt sich, wie in Abbildung 60 gezeigt, je nach Untersuchungsgegenstand, in vier übergeordnete Bereiche aufgliedern:

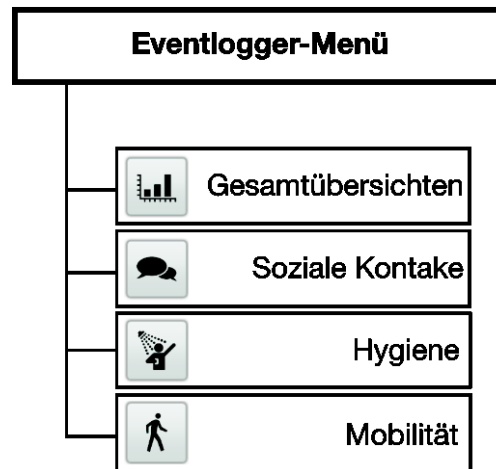


Abbildung 60: Menü-Struktur der *Eventlogger*-Visualisierung

Im Folgenden werden diese vier übergeordneten Bereiche näher beschrieben.

Unter der Rubrik *Gesamtübersichten* werden diejenigen Funktionen zusammengefasst, die sich auf sämtliche Kontakte eines Benutzers innerhalb des untersuchten Zeitintervalls beziehen und unabhängig von Typ oder Kategorie einen Überblick schaffen sollen. Die *Tageszusammenfassung* wurde aus den bereits bestehenden Visualisierungsmodi übernommen und bildet, die aufaddierte Kontaktdauer aller Interaktionen mit anderen *Eventloggern* über einen Tag ab. Ebenso wurde die *Kalenderansicht* integriert. Diese gibt, für jeden Tag einzeln genommen, die Einzelkontakte exakt mit Zeitpunkt und Dauer – ähnlich der Darstellung von Terminen in einem Kalender wieder. Hinzu kommt die Funktion *Kontaktanzahl*, die im Gegensatz zu den Kontaktzeiten die reine Anzahl der erfassten sADL je Mote und Tag summiert. Im *Aktivitätsprofil* hingegen werden die Kontaktfolgen eines gesamten Monats angezeigt, sodass in einer eigenen Ansicht Vergleiche über mehrere Tage möglich sind.

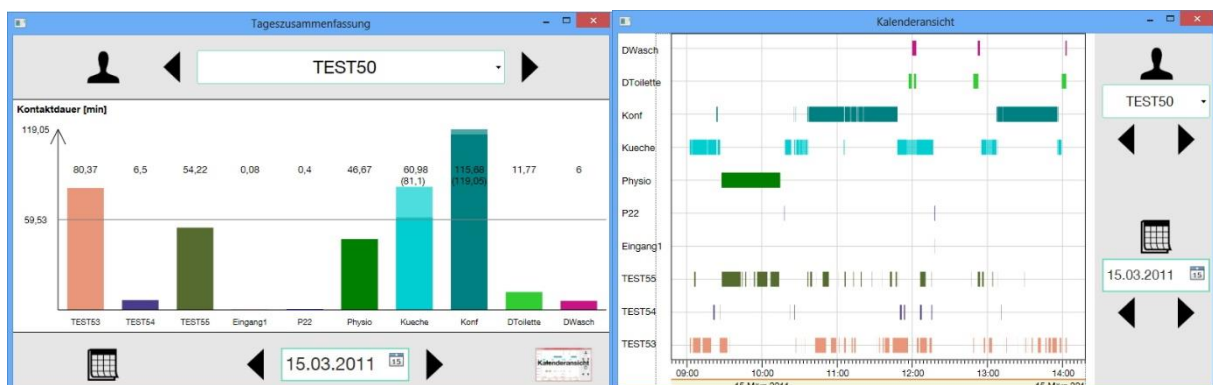


Abbildung 61: Ansichten der *Gesamtübersichten*: *Tageszusammenfassung*, *Kalenderansicht*

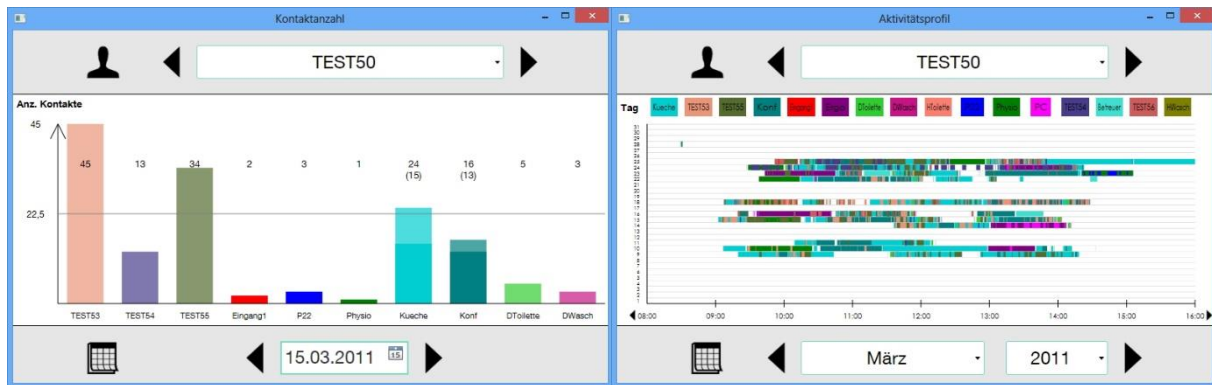


Abbildung 62: Ansichten der Gesamtübersichten: Kontaktanzahl und Aktivitätsprofil

Der Menüpunkt *Soziale Kontakte* (vgl. Abbildung 63) spiegelt die Auswertung von Interaktionen und gemeinsamen Aktivitäten von Personen wider, was zugleich als guter Indikator für die physische Verfassung der Patienten angesehen wird. Deshalb präsentiert der Unterpunkt *Beziehungsintensität* in anschaulicher Form die Zeitdauer der zwischenmenschlichen Kontakte einer Person. Eine ähnliche Intention liegt der Funktion *Parallele Kontakte* zugrunde, bei der der Fokus auf zeitgleichen Kontakten von Personen mit mehreren Objekten oder Räumen liegt. Auf diese Weise können gemeinschaftliche Aktionen von den Nutzern und Handlungen abgeleitet werden.

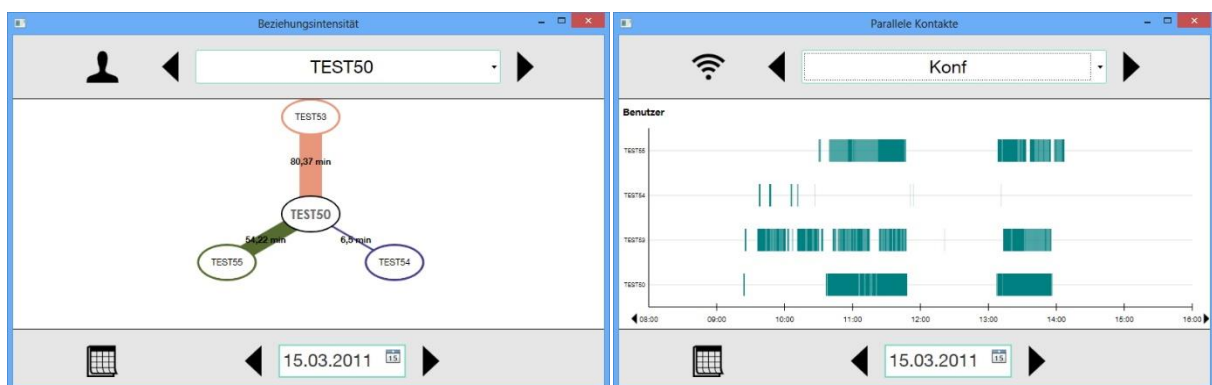


Abbildung 63: Ansichten der Sozialen Kontakte: Beziehungsintensität und Parallele Kontakte

Da den Themen Körperreinigung, Toilettenbenutzung und Kontinenz auch in den vorgestellten, klassischen ADLs (Barthel Index) eine große Bedeutung beigemessen wird, können Kontakt-Events mit den entsprechenden *Eventloggern* gesondert unter dem Menüpunkt *Hygiene* untersucht werden (vgl. Abbildung 64). Dazu gehört die Ansicht *Kontaktdauer Hygieneobjekte*. Hierbei werden die Dauern der Interaktionen mit lediglich einem Hygieneobjekt (beispielsweise dem Waschbecken) – wahlweise über die Tage einer Woche oder eines Monats – aufsummiert. Das *Aktivitätsprofil Hygiene* zeigt analog zum Profil der Gesamtübersichten den zeitlichen Verlauf aller *Eventlogger*, die hier jedoch ausschließlich der Kategorie *Hygiene* zugeordnet sind. Um dem sequenziellen Charakter insbesondere von Hygieneaktivitäten gerecht zu werden, steht die Funktion *Sequenzen Hygiene* zur Verfügung, mit der bis zu drei sADL zu einer Tätigkeit kombiniert werden können. Ausgewertet werden die Anzahl der korrekten Durchführung der Sequenz sowie die Auftretenshäufigkeit einzelner sADL aus deren Kombination – je nach Bedarf für einen Tag, alle Tage einer Woche oder die Wochen eines Monats.



Abbildung 64: Ansichten von Hygiene: Kontaktdauer Hygieneobjekte, Aktivitätsprofil Hygiene, Sequenzen Hygiene

Schließlich bietet der Bereich *Mobilität* die Möglichkeit, Bewegungen der Benutzer durch die gegebenen Räumlichkeiten nachzuvollziehen und Rückschlüsse auf die Mobilität und körperliche Konstitution zu ziehen. Die Struktur des Menüpunkts geht aus Abbildung 66 hervor. Anhand der zuvor im Setup hinterlegten Entfernungen zwischen den einzelnen Räumen lassen sich im Modul *Wegstrecken* zurückgelegte Entfernungen pro Tag über einen gesamten Monat anzeigen. Einen Überblick über die zeitliche Abfolge der aufgesuchten Räume kann ein Arzt mittels des *Mobilitätsprofils* gewinnen, das wiederum die Daten von bis zu einem Monat auswertet. Für detaillierte Informationen diesbezüglich ist die Funktion *Verweildauer je Raum* zu Rate zu ziehen, die die Aufenthaltsdauer der Patienten in den unterschiedlichen Räumen je Tag aufsummiert. Schließlich lässt sich in *Aufenthalte außer Haus* auch die Dauer von Aktivitäten außerhalb der gewohnten Umgebung nachverfolgen, was ein weiterer wichtiger Indikator für die Verfassung der Benutzer sein kann.



Abbildung 65: Ansichten der Mobilität: Wegstrecken, Mobilitätsprofil

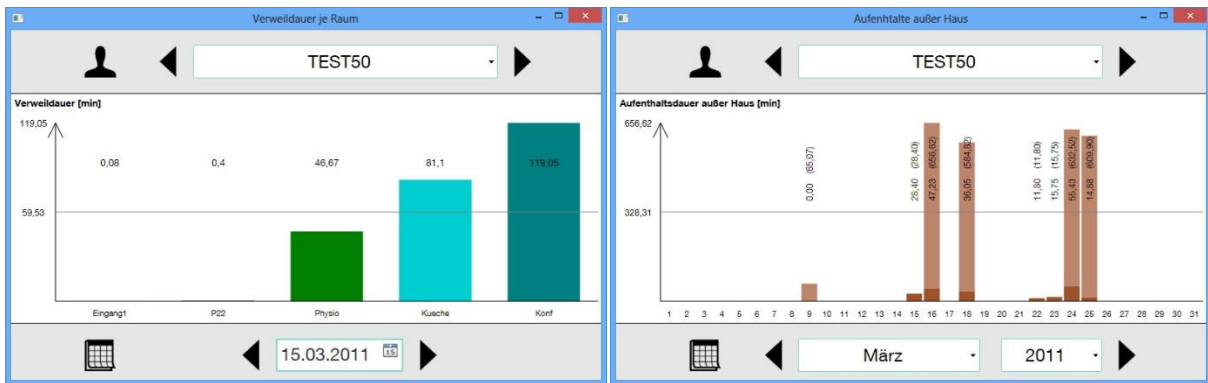


Abbildung 66: Ansichten der Mobilität: Verweildauer je Raum, Aufenthalte außer Haus

Die daraus entwickelte Software wurde zusammen mit einem Mediziner validiert. Dies wird in Kapitel 7.6 genauer beschrieben.

7. Praktische Validierungen und Diskussion

In diesem Kapitel wird zunächst auf Untersuchungen bezüglich der Einstellbarkeit von unterschiedlichen Reichweiten zur Erkennung von sADL bei unterschiedlichen Funkmodulen eingegangen. Anschließend folgen Untersuchungen mit Personen der Zielgruppe zum Erkennen von sADL. Diese erfolgten einerseits in einer gerontopsychiatrischen Tagesklinik der TU München und andererseits in einem Eigenheim. Des Weiteren wurden mittels Fragebogen Akzeptanz sowie technische Lösungsmöglichkeiten ermittelt. In einem weiteren Versuch wurde die Verwendbarkeit des *RFIDlogger* zur sADL Erkennung ermittelt sowie zu guter Letzt, eine Visualisierung der Daten für Ärzte evaluiert, um erste Auswertungen der sADL vornehmen zu können.

7.1 Fragebogen – Techniknutzung und Anforderungen Erinnerungssystem

7.1.1 Nachzuweisende Vorteile und Funktionen

Um quantitative Aussagen eines größeren Personenkreises zu Techniknutzung und Anforderungen an Unterstützungssysteme treffen zu können, wurden zwei Fragebögen erstellt. Mit diesen wurden demenziell Erkrankte und ihre Angehörige befragt.

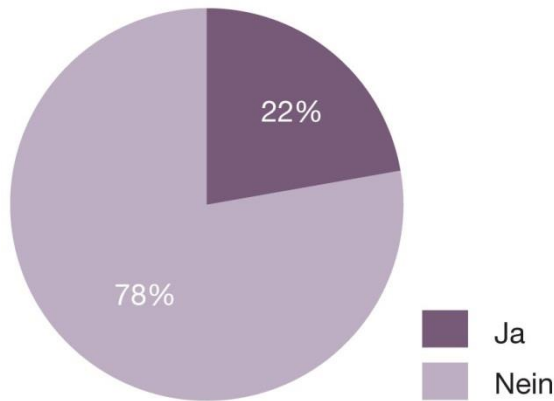
7.1.2 Labor- und Geräteaufbau

Der Fragebogen zur Angehörigenbefragung ist in Anhang A einzusehen. Leider war es den befragten demenziell Erkrankten nicht möglich, die Fragestellung zu erfassen. Entgegen erster Einschätzung war die Fragestellung selbst für jüngere Personen in einer frühen Phase der Erkrankung zu komplex und die Befragung musste ohne Ergebnis beendet werden. Dafür konnten 18 Angehörige gefunden werden, die bereit waren, einen Fragebogen zu bearbeiten. Der Fragebogen wurde von den befragten Personen selbst ausgefüllt. Bei Unklarheiten konnte jederzeit nachgefragt werden. Zu jeder Frage wurden Antwortmöglichkeiten vorgegeben, aus denen die zutreffenden angekreuzt werden sollten. Für ergänzende Angaben wurde Platz vorgesehen, der aber kaum genutzt wurde.

7.1.3 Ergebnisse und Diskussion

Die im Folgenden vorgestellten Ergebnisse aus der Auswertung fließen in die Konzeptentwicklung des hier vorgestellten Systems ein.

Kennen oder nutzen Sie ein technisches System zur Erhöhung der Selbstständigkeit demenziell Erkrankter?



Denken Sie Ihr Angehöriger wäre in einer frühen Phase der Erkrankung mit einem solchen System zurechtgekommen?

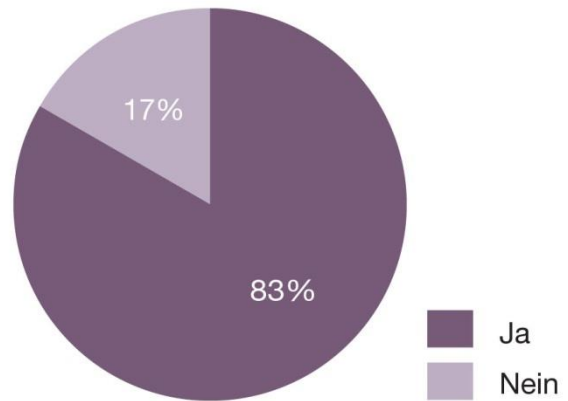


Abbildung 67: Umfrageergebnisse zu technischen Systemen

Alle teilnehmenden Angehörigen gaben an, an einem technischen System interessiert zu sein, dass, Selbständigkeit eines demenziell Erkrankten unterstützt. Jedoch haben nur vier Personen bereits technische Systeme genutzt. Diese haben sich zudem auf einfache Technik wie Nachlichter oder Babyphone beschränkt (Abbildung 67 links). Bei den vorgeschlagenen Interaktionserkennungssystemen haben Videokameras und Mikrofone, die in den meisten Veröffentlichungen als starker Eingriff in die Privatsphäre beurteilt werden, nur minimal weniger Akzeptanz erfahren als Funkmodule. Auf die Frage, was den Erkrankten nach Meinung der Angehörigen helfen würde, wurde am häufigsten der Überblick über die Aktivitäten des Tages und mehr Selbständigkeit durch ein technisches System genannt. Schleichende Veränderungen im Verlauf der Krankheit frühzeitig zu erkennen und ein System zur Selbstgestaltung des Tagesablaufs durch die Erkrankten wurde ebenso von mehr als der Hälfte der Angehörigen für eine Hilfe gehalten. Als Trageweise eines Sensors wurde von der überwiegenden Mehrheit der teilnehmenden Personen das Armband bevorzugt (vgl. Abbildung 68).

Wie denken Sie würde Ihr Angehöriger einen kleinen Sensor am Körper tragen wollen?

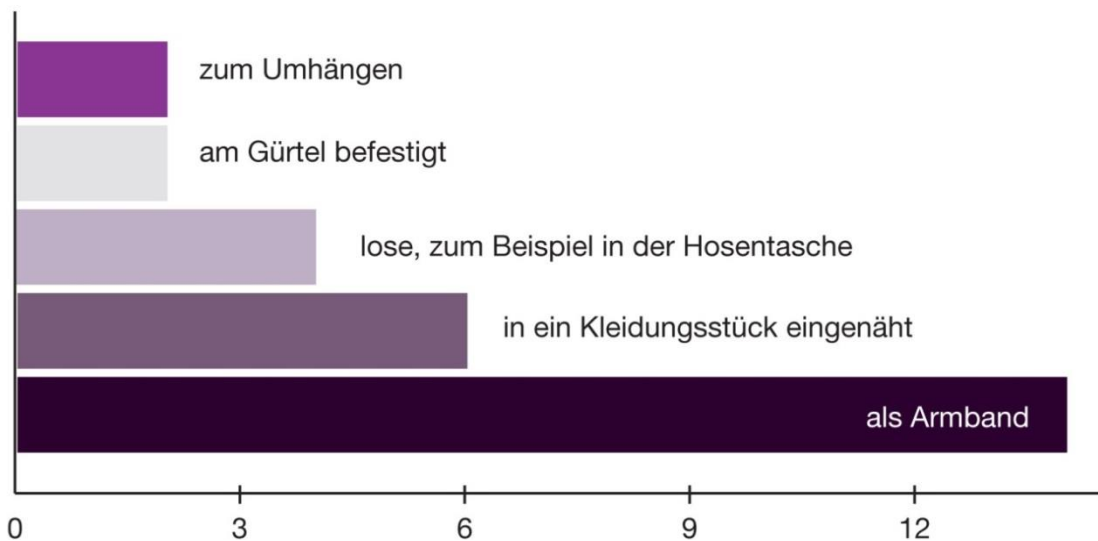


Abbildung 68: Umfrageergebnisse zur Trageweise eines technischen Systems

Tägliches Aufladen der am Körper getragenen Sensoren wurden von sechs Personen und mehrmals pro Woche von weiteren acht Personen akzeptiert (Abbildung 69 links). Dabei soll

die Erinnerung an das Aufladen bevorzugt per Signalton oder Ladezustandsanzeige in Balkenform erfolgen, so wie es von Mobiltelefonen bekannt ist.

Wie oft wären Sie/Ihr Angehöriger bereit ein technisches System aufzuladen?

Sollen die gesammelten Informationen an einen Vertrauensarzt übertragen werden?

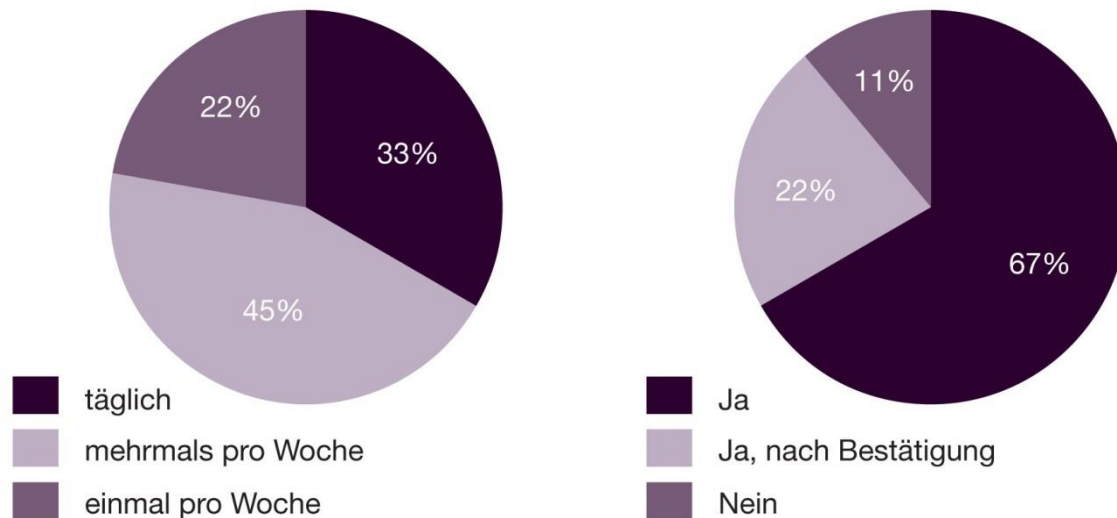


Abbildung 69: Umfrageergebnisse zum Aufladen und zur Datenübertragung zum Arzt

Von den 18 befragten Personen sind nur drei der Meinung, ihre Angehörigen wären in der frühen Phase der Erkrankung nicht mit einem derartigen Unterstützungssystem zurechtgekommen (Abbildung 67 links). Auf die Frage, ob sie denken, dass es in Ordnung für die Erkrankten wäre, wenn die gesammelten Informationen an eine Vertrauensperson, wie zum Beispiel den Hausarzt, übertragen werden, antworteten 89 Prozent mit ja, von denen nur vier Personen diese Übertragung jedes Mal per Knopfdruck erlauben wollen (Abbildung 69 rechts). Die drei am öftesten genannten Ausschlusskriterien zur Anschaffung eines technischen Systems sind in abnehmender Reihenfolge: hoher Zeitaufwand für die Betreuung des Systems, geringe Zuverlässigkeit und hohe Kosten.

7.2 Verifizierung des Funkkonzeptes

Wie bereits in den vorherigen Kapiteln beschrieben, ist für das vorgestellte Konzept zur Erkennung von sADL durch Interaktionen notwendig, die Reichweite der Funkmodule einzustellen zu können. Daher wird zunächst die Evaluierung des Funkkonzeptes vorgestellt, welches eine Zusammenfassung der Veröffentlichung von Neuhaeuser et al., (2013) darstellt.

7.2.1 Nachzuweisende Vorteile und Funktionen

Für das vorgestellte Konzept sind folgende Fragestellungen für die verwendeten Funkmodule zu beantworten:

- Wie genau und in welchem Bereich kann die Reichweite eingestellt werden, um unterschiedliche Objekte zu markieren?
- Ist es möglich eine sehr kurze Kommunikationsreichweite (<0,5m) einzustellen?

7.2.2 Labor- und Geräteaufbau

Neben dem bereits in Kapitel 6.1 vorgestellten *Eventlogger*-Modul, ausgestattet mit einem NanoLOC-Funkmodul wurde ein weiteres Modul, ausgestattet mit einem ZigBit-Funkmodul

von Atmel, aber ansonsten mit identischer Hardware aufgebaut. Zwei Module des gleichen Typs wurden auf einem Stativ montiert. Eines der Module sendete während des Versuchs 30 Nachrichten aus, das zweite zeichnet auf, wie viele dieser Nachrichten empfangen wurden. Das Versenden der Nachrichten wird bei unterschiedlichen Abständen x der beiden Module durchgeführt (siehe Abbildung 70).

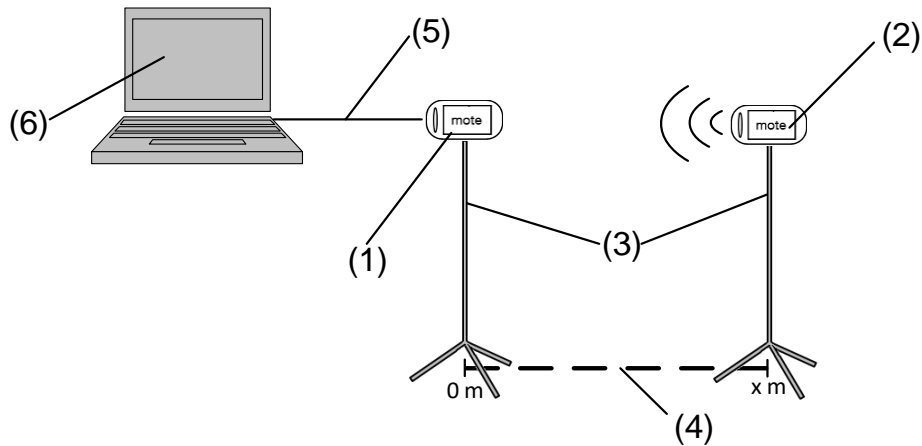


Abbildung 70: Versuchsaufbau 1: Empfangsfunkmodul (1), Sendefunkmodul (2), Stativ(3), Abstand x (5) und Verbindungskabel (5) mit Rechner (6) (entnommen aus: Neuhaeuser et al., 2013)

Um einen Versuch unter Alltagsbedingungen zu gewährleisten, wurde im zweiten Versuch ein Modul an der Wand befestigt sowie das zweite Modul von einer Versuchsperson am Arm getragen (siehe Abbildung 71).

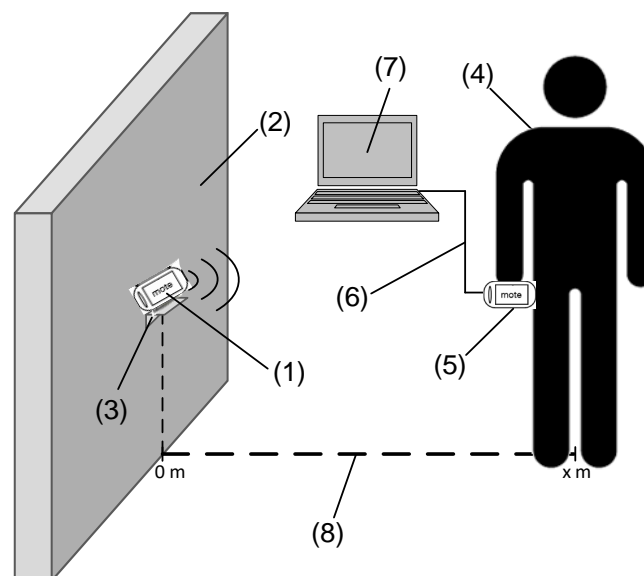


Abbildung 71: Versuchsaufbau 2 „realistische Versuchsbedingungen“: Sendemodul (1) mit Befestigung(3) an der Wand (2); Testperson (4) mit Empfängermodul (5); gemessener Abstand (8) Verbindungskabel (6) mit Rechner (7) (entnommen aus: Neuhaeuser et al., 2013)

Zur Veranschaulichung der Daten wurde die Anzahl der empfangenen Nachrichten in drei Bereiche eingeteilt:

- Voller Empfang (mehr als 90% der Nachrichten wurden empfangen)
- Teilweise Empfang (es wurden Nachrichten empfangen jedoch weniger als 90%)
- Kein Empfang (keine Nachricht wurde empfangen)

7.2.3 Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 72 zeigt das Ergebnis des *Eventloggers* mit NanoLOC-Modul mit Versuchsaufbau 1 „Freifeld“.

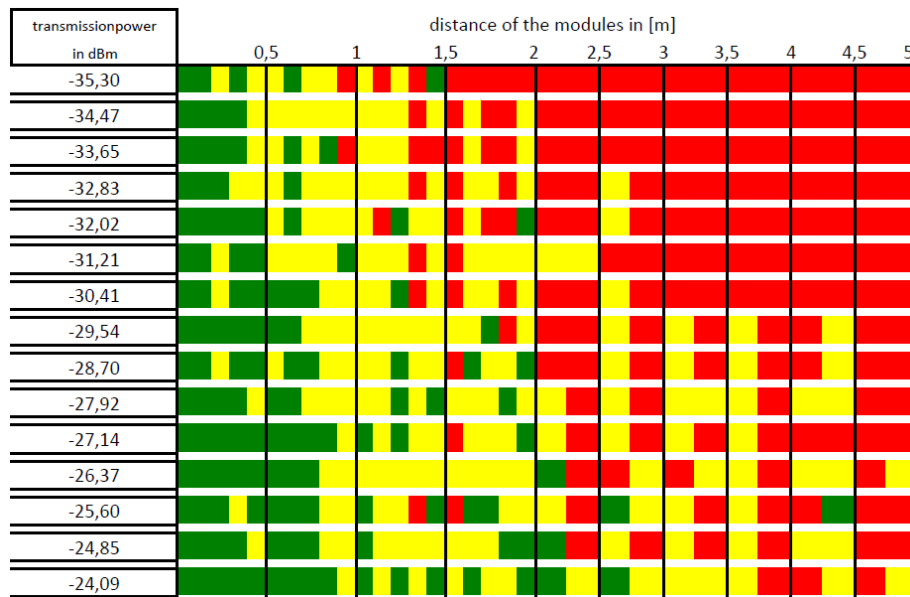


Abbildung 72: Freifeldversuch, gemessene Reichweite bei unterschiedlichen Sendestärken; grün voller Empfang (>90%), gelb: teilweise Empfang, rot: kein Empfang (0%) (entnommen aus: Neuhaeuser et al., 2013)

Aus Abbildung 72 wird ersichtlich, dass mit dem *Eventlogger* mit NanoLOC-Modul kurze sendereichweiten erreicht werden können. Es zeigte sich jedoch, dass diese nicht der bei den „proof of concept“ Versuchen (Czabke et al., (2010) und Neuhaeuser et al., (2011)) erreichten kurzen Reichweiten lag. Daher wurde ein weiterer Versuchsaufbau konzipiert, welche eine „realistischere Umgebung“ simulieren sollte. Abbildung 73 zeigt den Empfang der Nachrichten des *Eventloggers* mit NanoLOC-Moduls mit Sender an der Wand sowie Empfänger am Handgelenk. Hierbei zeigt sich das Reichweiten ab circa 0,3 Meter einstellbar sind.

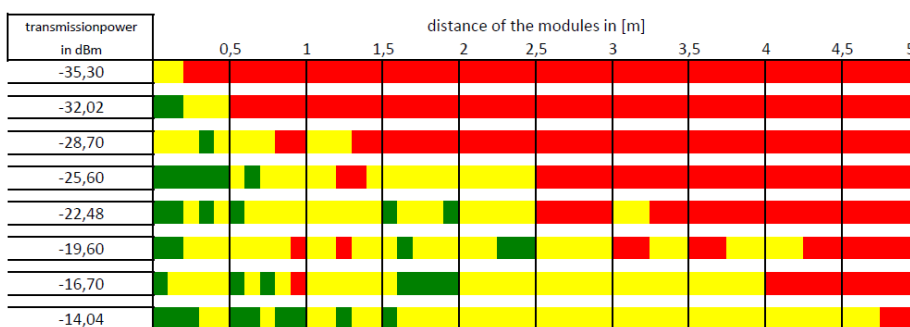


Abbildung 73: Versuch bei „realistischer Umgebung“ Gemessene Reichweite des NanoLOC-Moduls bei unterschiedlichen Sendestärken; grün voller Empfang (>90%), gelb: teilweise Empfang, rot: kein Empfang (0%) (entnommen aus: Neuhaeuser et al., 2013)

Der *Eventlogger* mit ZigBee-Modul besaß selbst bei geringster Sendeleistung eine Reichweite von über 15 Metern. Daher musste zunächst eine „Verstimmung“ der Antenne vorgenommen werden. Dies wurde durch Einbau eines zusätzlichen Widerstandes von je 39 Ohm in den Antennenschwingkreis der beiden Module erreicht. Anschließend erreichte das Modul annähernd gleiche Ergebnisse wie das NanoLOC-Modul (Abbildung 74).

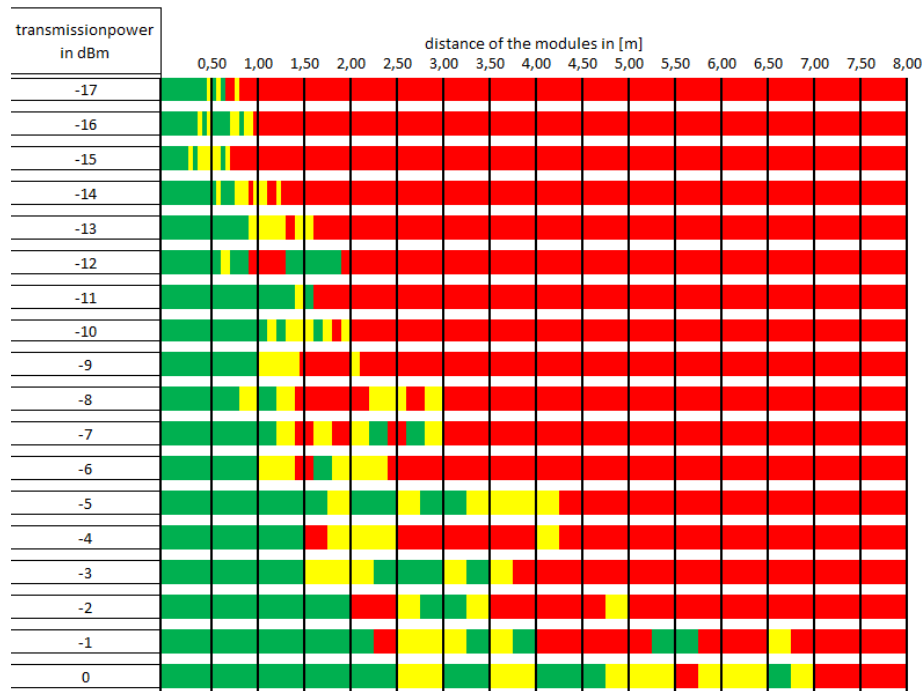


Abbildung 74: Versuch bei realistischer Umgebung; Gemessene Reichweite des Zigbee-Moduls bei unterschiedlichen Sendestärken; grün voller Empfang (>90%), gelb: teilweise Empfang, rot: kein Empfang (0%) (entnommen aus: Neuhaeuser et al., 2013)

Grundsätzlich ist es möglich, mit dem Zigbee-Modul ähnliche einstellbare Reichweiten wie beim NanoLOC-Modul zu erreichen, jedoch muss hierfür der Antennenschwingkreis gestört werden. Hierdurch verliert das Modul seine CE Konformität und müsste, um im Versuch einsetzbar zu sein, neu zugelassen werden. Aufgrund dieses Aufwandes sowie keiner sonstigen Vorteile des Zigbee-Moduls wurde für das hier beschriebene System das NanoLOC-Modul verwendet.

7.3 Validierung des Eventloggers – Tagesklinik

Nach dem „proof of concept“ unter Laborbedingungen von Czabke et al., (2010) und Neuhaeuser et al., (2011) wurde das System außerhalb des Lehrstuhls für Mikro- und Medizingerätetechnik zum einen in einer Tagesklinik und zum anderen in einem Einfamilienhaus getestet und validiert. Hierzu wurde das System über einen Zeitraum von zwei Monaten in der gerontopsychiatrischen Tagesklinik der TU-München (Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie) installiert. In der gerontopsychiatrischen Tagesklinik werden Patienten mit affektiven und demenziellen Erkrankungen Monaten mittels eines multimodalen Therapieprogramms über einen Zeitraum von vier bis acht Wochen teilstationär behandelt. Zunächst wurde das System mit gesunden Probanden und Protokollanten überprüft (J Neuhaeuser et al., 2011) und anschließend mit Patienten der Tagesklinik sowie einem Arzt weitere Tests durchgeführt (Neuhaeuser et al., 2012b) und (Neuhaeuser et al., 2012c). Dieses Kapitel entspricht einer Zusammenfassung der Veröffentlichungen.

7.3.1 Nachzuweisende Vorteile und Funktionen

Zu Beginn wird mit Hilfe der gesunden Probanden Sensitivität und Spezifität des Systems in Bezug auf kurze und lange Aktivitäten ermittelt. Anschließend wird das Tagesprofil von mehreren Patienten aufgenommen. Anhand der aufgezeichneten Daten wird überprüft, ob ein Arzt die einzelnen Tagesprofile identifizieren und anschließend anhand der Profile die Personen genauer charakterisieren kann.

7.3.2 Labor- und Geräteaufbau

Zusammen mit dem Personal der Tagesklinik wurden folgende Räume bzw. Objekte mit einem *Eventlogger* ausgestattet:

- Küche
- Konferenzraum
- Stationszimmer
- Herren Toilette sowie Waschbecken
- Damen Toilette sowie Waschbecken
- Eingang (1x innen, 1x außen)
- Ergotherapie Zimmer
- PC im Ergotherapie Zimmer
- Physiotherapie Zimmer

Die fest installierten *Eventlogger* sind in Abbildung 75 zusammen mit ihrer ungefähren Reichweite abgebildet.

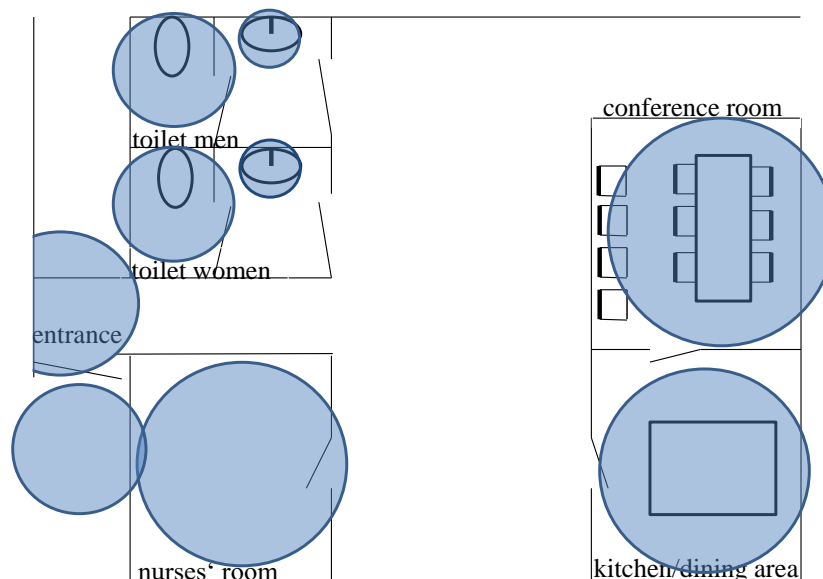


Abbildung 75: geschätzte Reichweiten der fest installierten *Eventlogger* in der Tagesklinik (entnommen aus: J Neuhaeuser et al., 2011)

Untersuchung zur Bestimmung der Sensitivität und der Spezifität

Zur Bestimmung der Sensitivität und der Spezifität trugen fünf freiwillige Probanden (vier Studenten und eine 60-jährige Person) je einen *Eventlogger* am Handgelenk und bewegten sich in den Räumlichkeiten der Tagesklinik. Diese wurden über drei Stunden von je einem Protokollanten begleitet, welcher die Uhrzeiten und Orte von Aktivitäten beim Durchführen notierten. Um den Betrieb der Tagesklinik nicht zu stören, wurde das Experiment am Wochenende durchgeführt, da die Tagesklinik zu dieser Zeit geschlossen ist. Nach Abschluss

des Experiments wurden die getragenen *Eventlogger* über eine Basisstation ausgelesen und die Daten in einer SQL-Datenbank (ME, gemessene Aktivitäten $ME_n [k] := [ID_n, k_{on}, k_{off} - k_{on}]$) gespeichert. Abbildung 76 zeigt die Zeiten die bei der Erkennung des Events $E(t)$ ermittelt werden (k_{on} und $k_{off} - k_{on}$).

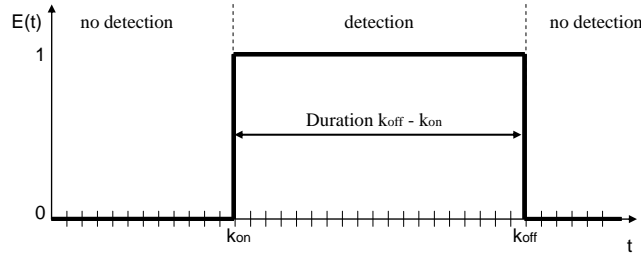


Abbildung 76: Erkennung des Events E mit Beginn k_{on} und Dauer $k_{off} - k_{on}$ (entnommen aus: J Neuhaeuser et al., 2011)

Um die Daten mit den Protokollanten vergleichen zu können, wurden diese ebenfalls in die SQL-Datenbank eingetragen (RE, aufgenommene Aktivitäten). Für deren Evaluation wurden zwei unterschiedliche Methoden verwendet:

Performance der Erkennung von kurzen Aktivitäten: Jede aufgezeichnete Aktivität wird mit 1 gleichgesetzt, wie beispielsweise der Gang zum Eingang oder das Händewaschen:

$$RE\langle i \rangle [ID_n, k_{on}, k_{off} - k_{on}] \Rightarrow RE\langle i \rangle = 1 \quad (7.1)$$

Sofern diese Aktivität mindestens einmal innerhalb eines Zeitintervalls $\pm 10s$ gemessen wurde, ist die gemessene Aktivität ME ebenfalls 1. Trifft eine Aktivität innerhalb dieses Zeitraums nicht auf, wird diese mit 0 gleichgesetzt:

$$ME\langle i \rangle \in [k_{on} - 10s, \dots, k_{off} + 10s] \Rightarrow ME\langle i \rangle = 1 \quad (7.2)$$

$$ME\langle i \rangle \notin [k_{on} - 10s, \dots, k_{off} + 10s] \Rightarrow ME\langle i \rangle = 0 \quad (7.3)$$

Hieraus ergibt sich die Sensitivität Sens1:

$$\frac{\sum_{i=1}^{i=N_{ME}} ME\langle i \rangle}{\sum_{i=1}^{i=N_{RE}} RE\langle i \rangle} = Sens1 \quad (7.4)$$

Die zur aufgezeichneten Aktivität RE dazugehörige gemessene Aktivität ME wird in einem Zeitfenster von ± 10 Sekunden untersucht, da davon ausgegangen wird, dass die Protokollanten nicht auf die Sekunde genau die Aktivitäten aufschreiben konnten. Eine Spezifität wird nicht berechnet, da der Prozentsatz der „richtig negativen“ nur durch Einteilung in Zeitbereiche ermittelt werden kann.

Performance der Erkennung von langen Aktivitäten: Hierzu zählen Aktivitäten, welche aus längeren Interaktionen oder Aufenthalten entstehen, wie beispielsweise das Sitzen in der Küche oder im Konferenzraum. Hierbei errechnet sich die Sensitivität Sens2 aus der Summe der Dauer aller gemessenen Events geteilt durch die Summe der Zeit der protokollierten Events (siehe Formel (7.5) und (7.6)).

$$D_1 = \{i \in \mathbb{N} \mid ME\langle i \rangle [k_{off} - k_{on}] \in RE, 1 \leq i \leq N_{ME}\} \quad (7.5)$$

$$\frac{\sum_{i \in D_1} ME\langle i \rangle [k_{off} - k_{on}]}{\sum_{i=1}^{i=N_{RE}} RE\langle i \rangle [k_{off} - k_{on}]} = Sens2 \quad (7.6)$$

Die Spezifität Spec2 errechnet folgendermaßen: Gesamte Versuchszeit (totaltime) abzüglich der Summe aller nicht gemessenen, aber protokollierten Events geteilt durch die Zeit, bei der keine Events protokolliert wurden.

$$D_2 = \{i \in \mathbb{N} \mid ME\langle i \rangle [k_{off} - k_{on}] \notin RE, 1 \leq i \leq N_{ME}\} \quad (7.7)$$

$$\frac{totaltime - \sum_{i=1}^{i=N_{ME}} RE\langle i \rangle [k_{off} - k_{on}] - \sum_{i \in D_1} ME\langle i \rangle [k_{off} - k_{on}]}{\sum_{i=1}^{i=N_{RE}} RE\langle i \rangle [k_{off} - k_{on}]} = Spec2 \quad (7.8)$$

Untersuchung mit Patienten der Tagesklinik

Über einen Gesamtzeitraum von vier Wochen trugen unterschiedliche Patienten der Tagesklinik, an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen, jeweils einen *Eventlogger*. Insgesamt nahmen 28 Personen an dieser Untersuchung teil und erzeugten dabei 82 Tagesprofile. Für die erste Auswertung wurden lediglich die Daten der ersten zwei Wochen verwendet, damit standen 41 Tagesprofile von zwölf Personen zur Verfügung. In Abbildung 77 ist eine Tageszusammenfassung sowie in Abbildung 78 ein Tagesprofil zu sehen.

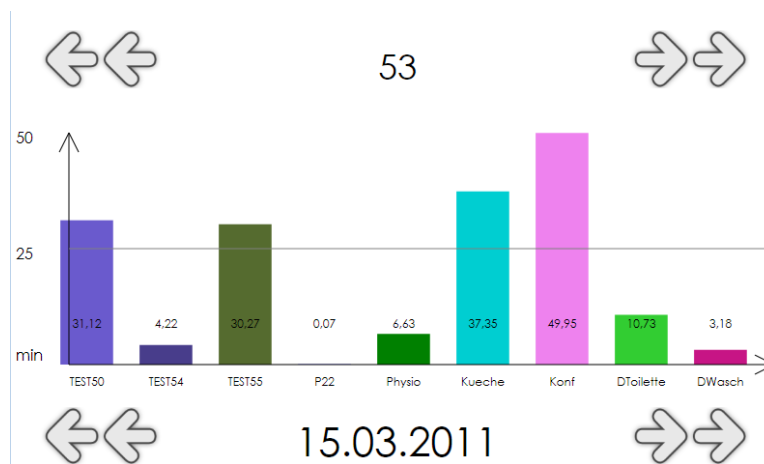


Abbildung 77: Zusammenfassung Proband 5 in der Tagesansicht (entnommen aus (Neuhaeuser et al., 2012c))

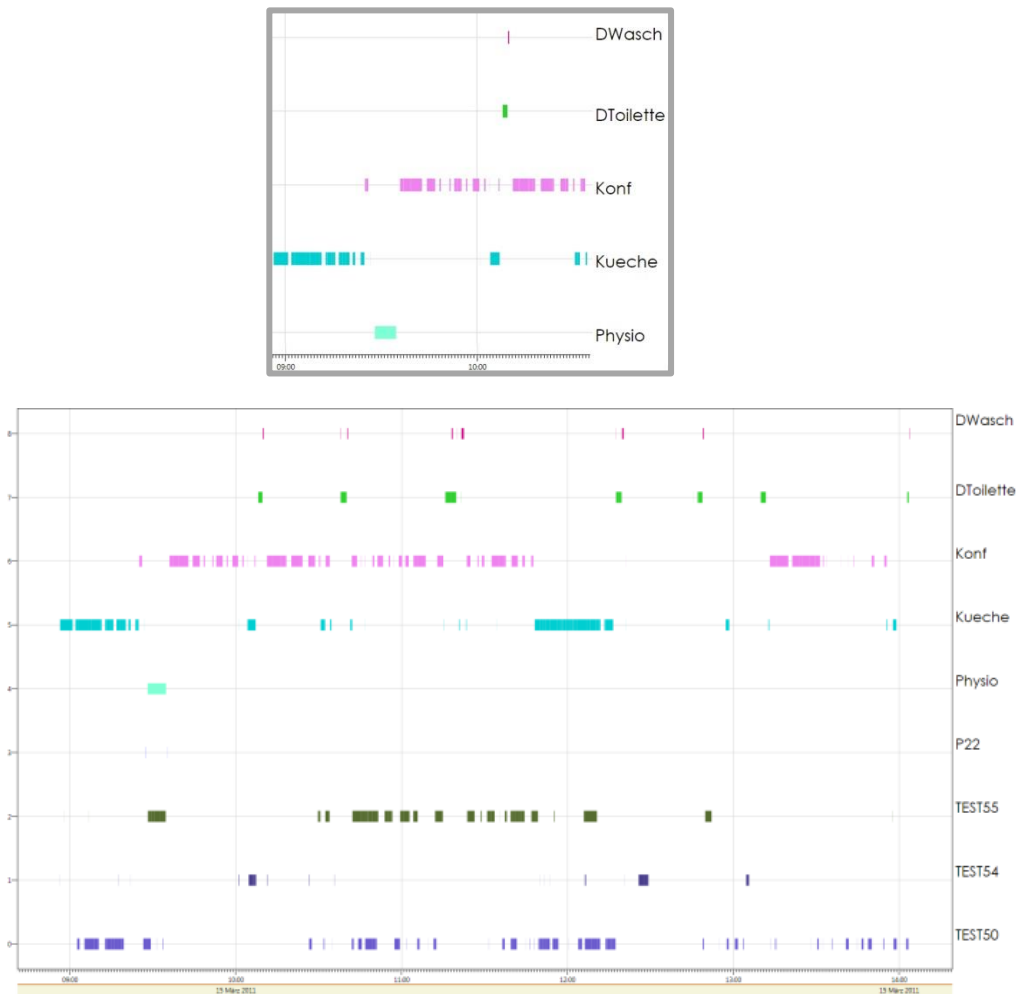


Abbildung 78: Tagesprofil Proband 5 in der Detailansicht sowie ein vergrößerter Ausschnitt (Entnommen aus: (Neuhaeuser et al., 2012c)

Die so aufbereiteten Daten wurden im Anschluss einem Arzt vorgelegt, um hierdurch feststellen zu können, ob eine Zuordnung der Tagesprofile zu einzelnen Personen, sowie eine weitere Charakterisierung der Patienten möglich ist.

7.3.3 Ergebnisse und Diskussion

Untersuchung zur Bestimmung der Sensitivität und der Spezifität

Performance der Erkennung von kurzen Aktivitäten: Für die Sensitivität Sens1 wurde ein Wert von 80.3% ermittelt. Die exakten Zahlen der gemessenen und protokollierten sADLs sind in der folgenden Tabelle 13 dargestellt.

Tabelle 13: Anzahl der gemessenen sADL vs. der protokollierten sADL (Events) (entnommen aus: J Neuhaeuser et al., 2011)

Eventlogger	$\sum_{i=1}^{i=NRE} ME < i >$	$\sum_{i=1}^{i=NRE} RE < i >$	Sens1
Kitchen (dining)	34	36	0,944
conference room (sitting)	10	11	0,909
nurses' room (demand)	0	12	0,000
toileting (men)	2	2	1,000

hand washing (men)	2	2	1,000
toileting (women)	4	6	0,667
hand washing (women)	6	7	0,857
entrance (outdoor, leaving)	5	8	0,625
entrance (indoor)	25	32	0,781
occupational therapy room	20	21	0,952
pc occupational therapy	4	5	0,800
physiotherapy room	10	10	1,000
total	122	152	0,803

Das schlechteste Ergebnis bezüglich der Sensitivität wurde für das Schwesternzimmer gefunden. Ein möglicher Grund hierfür könnte sein, dass in diesem Raum keine fest installierten Logger verwendet wurden, welche den gesamten Raum abdecken, sondern die ID lediglich in der Nähe der Tür versendet wurde. Daher wird hier davon ausgegangen, dass die Sendeleistung dieses Loggers als zu schwach eingestellt wurde, um Events sicher erkennen zu können. Die Logger für den Eingangsbereich hingegen wurden rechts innen und links außen hiervon positioniert (siehe hierzu Abbildung 75). Hierdurch konnte gewährleistet werden, dass die Versuchsperson immer von mindestens einem der beiden Logger erkannt wurde. Bei der praktischen Durchführung zeigte sich jedoch, dass teilweise, aufgrund der Abschirmung durch den Protokollanten oder die Versuchsperson selbst nur ein Logger erkannt werden konnte. Die höhere Erkennungsrate des Eingangs ist grundsätzlich damit zu erklären, dass der hier installierte Logger rechts innen auch erkannt wurde, wenn die Versuchspersonen auf dem Weg in andere Räume wie etwa dem Physiotherapiezimmer daran vorbei gingen. Aus diesem Ergebnis lässt sich ableiten, dass die Stelle, an der ein Logger angebracht wird, von besonderer Relevanz ist. Speziell zur Erkennung von kurzen Events (z.B. Das Durchschreiten einer Tür) ist es ratsam, zwei Logger zu verwenden und diese auf der Türinnen- und -außenseite zu platzieren.

Performance der Erkennung von langen Aktivitäten: Im Mittel liegt die Performance der Erkennung von langen Aktivitäten bei einer Sensitivität von 72.7% (Sens2), sowie eine Spezifität von 99,4% (Spec2). Der im Vergleich zu Sens1 niedrigere Wert der Sens2 resultiert hauptsächlich aus der Art der Nutzung des Konferenzraumes. Dort saßen die Versuchspersonen teilweise in Sesseln am Rande des Raumes, wo sie von dem installierten Logger nicht durchgehend erkannt werden konnten. Die Reichweite dieses Loggers wurde im Vorfeld der Testung als „sitzen am Tisch“ definiert und entsprechend initialisiert, hierdurch befanden sich jedoch die Personen, die in den Sesseln saßen, meist außerhalb der Reichweite des Loggers. Aufgrund dieser Problematik wurde das Setup des Konferenzraumes nach Ende des Versuchslaufs auf eine höhere Reichweite geändert. Des Weiteren kam zum Teil eine zeitliche Verschiebung der protokollierten Daten im Vergleich zu den gemessenen Daten hinzu. Dies könnte auf Fehler bei der Protokollierung durch die Versuchsbegleiter hindeuten. Im Zuge der Auswertung wurde jedoch angenommen, dass eine fehlerfreie Protokollierung der Daten vorgenommen wurde.

Ein weiteres Phänomen stellen Erkennungslücken von wenigen Sekunden bis zu mehreren Minuten bei der Erkennung von Events dar. Diese können beispielsweise durch Verdeckung von Personen oder ähnliche Effekte auftreten.

Aufgrund der hohen Spezifität des Systems von 99,4% wurde versucht, die Ergebnisse zur Sensitivität zu verbessern. Hierzu wurden Erkennungslücken kleiner einer bestimmten Größe x herausgerechnet.

Das bedeutet:

$$\begin{aligned} \text{if } k_{on}(ME\langle i \rangle) - k_{off}(ME\langle i - 1 \rangle) \leq x \\ x \in [30s; 60s; 120s; \dots] \\ \Rightarrow k_{on}(ME\langle i \rangle) = k_{off}(ME\langle i - 1 \rangle) \end{aligned} \quad (7.9)$$

Die Ergebnisse dieser Berechnung sind in Abbildung 79 in einem Diagramm dargestellt.

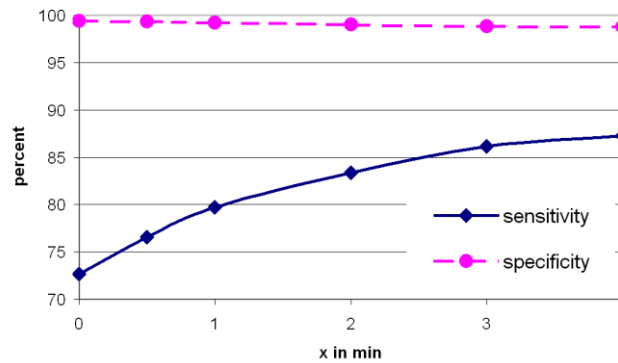


Abbildung 79: Sensitivität und Spezifität mit „gefüllten Erkennungslücken“ $<x$ (entnommen aus: J Neuhaeuser et al., 2011)

Wie in Abbildung 79 erkennbar, endet das lineare Wachstum bei einer Zeit von einer Minute. Daher wurde zur weiteren Berechnung der Sensitivität ein Gesamtwert genutzt welcher bei „Funklöchern“ eine durchgehende Zeit von einer Minute annimmt. Entsprechend wurde bei zwei gleichen Events kleiner als eine Minute davon ausgegangen, dass diese ein stetig andauerndes Event darstellen. Durch diese Annahme konnte bei der Berechnung der Sens2 ein verbesserter Wert von 79,7% erreicht werden, was einer Verbesserung um 6% gegenüber dem ursprünglichen Ergebnis bedeutet. Die Spec2 verringert sich bei diesem Vorgang lediglich um 0,2%, so dass hier keine relevante Änderung auftritt. Aufgrund dieser Funde wurden in der hieran folgenden Evaluation in der Tagesklinik „Funklöcher“ bei gleichen Events, welche kleiner als 60 Sekunden sind, ignoriert.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass das hier vorgestellte System, aufgrund der erreichten Werte zu Sensitivität und Spezifität zur Analyse von Patienten in der Tagesklinik verwendet werden kann. Allerdings müssen im Vorfeld der Evaluation die bereits beschriebenen Modifikationen durchgeführt werden. Dem entsprechend wurden beim Versuchsaufbau in der Tagesklinik die Reichweiten des Loggers „Schwesternzimmer“ und „Konferenzraum“ verstärkt und ein weiterer *Eventlogger* im Eingang der Tagesklinik installiert.

Untersuchung mit Patienten der Tagesklinik

Um die Praktikabilität des Systems zu untersuchen, wurden einer geschulten Testperson (Arzt) die Tagesprofile von zwölf Personen vorgelegt, die dieser korrekt der jeweiligen Person zuordnen konnte. Als wichtigste Kriterien bei der Zuordnung nannte dieser die Anzahl und Uhrzeit der Toilettengänge, Interaktionen mit anderen Personen und allgemeines Verhalten (bewegt sich viel oder hält sich viel in Küche und Konferenzraum auf). Im Anschluss an die Versuchsmessung wurden die Personen anhand der Tagesprofile genauer charakterisiert und mit den Notizen eines ärztlichen Beobachters verglichen.

Tabelle 14: Beurteilung eines Mediziners aus dem Tagesprofil sowie aus den Notizen während des Versuchs (Entnommen aus: (Neuhaeuser et al., 2012b))

Pers.	Tagesprofil vom <i>Eventlogger</i>	Notizen aus dem klinischen Alltag
1	passives Grundverhalten alte Patientin ca. 1x auf Toilette pro Tag 4. Tag 1 Stunde am PC	Sitzt viel am gleichen Platz mittelalte Frau Patient hat Auftrag 15min am PC zu arbeiten
2	aktiveres Grundverhalten 2x Spaziergang allein Spaziergang mit anderen mind. 3x auf Toilette pro Tag	alt, aber sehr agil gemeinsamer Ausflug hat Auftrag 4x auf die Toilette zu gehen
3	aktives Grundverhalten evtl. Raucherin Spaziergänge mit 11 Toilettengänge unterschiedlich	jung, mobil, bewegt sich schnell Raucherin Toilettengänge unterscheiden sich mit den Aussagen der Patientin
4	passives Grundverhalten ca. 3x Toilette pro Tag, jeweils längere Zeit wenig Interaktion mit anderen geht öfters früher nach Hause	inaktiv keine (Keine Vorschläge) mental stark beeinträchtigt Patient ab Mittag nervös wird daher früher abgeholt
5	1 Tag 7x Toilette 2 Tag 4x Toilette viel in der Küche und Konferenzraum viel zusammen mit Person 10	Harninkontinenz Auftrag nur 4x Toilette stark beeinträchtigt
6	2x pro Tag länger auf der Toilette langes Gespräch mit Betreuer viel Interaktion mit anderen Personen Spaziergänge	Kontaktfreudig Kontaktfreudig, hilfsbereit mobil, fit
7	Personal (Da zw. Betreuerzimmer, Küche, Konferenzraum) Begleitet Patient in Keller zur Physiotherapie	Krankenschwester
8	kurze Aufzeichnung viel Ergotherapie -> Ergotherapeutin	Ergotherapeutin
9	oft am Eingang ->Raucher viel Konferenzraum längere Spaziergänge Selten Toilette -> mehr trinken?	Raucher unsicher in Gruppe, jung, gern allein beginnender Alzheimer
10	ca. 3x Toilette pro Tag geht oft spazieren	geht gern spazieren schwer dement
11	 selten Toilette	kaum intellektuelle Einschränkung hauptsächlich depressiv jung, gesund
12	viele Kontakte mit anderen Personen	kontaktfreudig, freundlich beginnende Demenz

Bei der Betrachtung der Tabelle 13 zeigte sich, dass das Grundverhalten der einzelnen Personen sehr gut ermittelt werden konnte. Hierbei lässt sich insbesondere durch die Aufenthaltsorte auf das Verhalten schließen. So wird beispielsweise davon ausgegangen, dass die Personen sitzen, wenn sie sich länger in der Küche und im Konferenzraum aufhalten. Wird hingegen der Eingang erkannt und danach über längere Zeit keine weiteren sADL aufgezeichnet, so wird davon ausgegangen, dass sich die Person draußen aufgehalten hat und höchstwahrscheinlich

spazieren war. Der Harndrang bei Person 5 beispielweise konnte jedoch sehr einfach direkt anhand der Daten erkannt werden. Durch die Anzahl der Interaktion mit anderen Personen kann ebenfalls ein Grundverhalten abgeleitet werden. Aussagen über den aktuellen Krankheitsverlauf konnte hingegen aufgrund der kurzen Aufzeichnungen über wenige Tage nicht gemacht werden. Zusätzlich wurden einzelnen Personen Aufgaben zugeteilt, welche mit Hilfe des *Eventloggers* überprüft wurden. So wurde Person 5 gebeten nur vier Mal am Tag die Toilette aufzusuchen, was diese korrekt durchführte. Person 1 wurde zudem gebeten 15 Minuten am Rechner zu arbeiten. Dies konnte ebenfalls durch die Detektion von Person 1 über den Zeitraum von einer Stunde in der Nähe des Computers bestätigt werden.

7.4 Validierung des Eventloggers – Haus

Ziel der Untersuchung des *Eventlogger* Systems im Haushalt ist es, abzuklären ob die Darstellung der Daten in der vorliegenden Form verständlich ist sowie eine Anwendbarkeit bei älteren Personen möglich ist. Weiter soll geklärt werden, ob es mit dem *Eventlogger* System in seiner momentanen Funktionalität möglich ist, sADLs bzw. den Tagesablauf als Aneinanderreihung von sADLs zu erkennen, Regelmäßigkeiten zu identifizieren und Abweichungen zu ermitteln. Sollte das System hierzu in der Lage sein, soll zudem untersucht werden, ob mit Hilfe des Systems Veränderungen in den Gewohnheiten einer älteren Person erreicht werden können. Die Ergebnisse dieser Untersuchung wurden in (Neuhaeuser et al., 2012a) veröffentlicht, welche als Grundlage für dieses Kapitel dient.

7.4.1 Nachzuweisende Vorteile und Funktionen

Für die qualitative Auswertung der Evaluationsergebnisse werden Hypothesen aufgestellt, die einzeln belegt bzw. widerlegt werden sollen. Diese lauten wie folgt:

Hypothese 1: Mit dem System können Alltagstätigkeiten wie „Frühstücken“, „auf die Toilette gehen“ oder „Telefonieren“ erkannt werden.

Hypothese 2: Sich wiederholende Tagesabläufe einer Person, die sich aus einer Aneinanderreihung von sADLs und anderen Ereignissen zusammensetzen, können erkannt werden.

Hypothese 3: Abweichungen von „normalen“ Tagesabläufen können erkannt werden.

Hypothese 4: Tagesabläufe von gesunden und demenziell erkrankten Personen können mit dem System unterschieden werden.

7.4.2 Labor- und Geräteaufbau

Die Evaluation findet in einem Einfamilienhaus eines Ehepaars statt. Zur Messung werden stationäre *Eventlogger*-Sensoreinheiten im passiven Modus verwendet, die über einen USB-Steckdosenadapter mit Strom versorgt sind. An Positionen der Wohnung, an denen sich keine Steckdosen in Kabelreichweite (maximale Kabellänge 1,5 Meter) befinden, werden die passiven Sensoreinheiten über einen externen Akku mit Strom versorgt. Dieser verfügt über eine Speicherkapazität, welche eine ausreichende Versorgung für eine zweiwöchige Nutzung garantiert. Zur personengebundenen Aufzeichnung der Interaktionen wird, von den im Haushalt lebenden Personen, jeweils ein *Eventlogger* im aktiven Modus mitgeführt. Über die Basisstation werden die Daten täglich via Funk ausgelesen. Die Ladung der am Körper getragenen *Eventlogger* erfolgt über eine Ladestation, auf die diese aufgesteckt werden müssen. Über das Initialisierungsgerät des *Eventlogger*-Systems in Kombination mit einem speziell zur

Reichweiteneinstellung programmierter *Eventlogger* werden die Sendereichweiten der passiven Sensoreinheiten bereits bei deren Installation eingestellt.

Personenbeschreibung der Untersuchungsteilnehmer

An der Evaluation des *Eventlogger* in einem Einfamilienhaus nahm ein Ehepaar teil. Diese werden im Folgenden näher beschrieben. Die Frau ist 64 Jahre alt und gesund. Sie ist nicht berufstätig. Der Mann ist 73 Jahre alt und leidet nach einem Schlaganfall vor sechs Jahren zunehmend an einer vaskulären Demenz, welche sich jedoch noch in der Anfangsphase befindet. Seine kognitiven Fähigkeiten sind, wie bei einer vaskulären Demenz üblich, stark schwankend. Zudem hat er nach dem Schlaganfall und motorische Schwierigkeiten beim Laufen, Greifen und Sprechen. Er ist jedoch zu den meisten Tätigkeiten noch selbst in der Lage, muss jedoch gelegentlich daran erinnert werden, einer Aufgabe nachzugehen. Aufgrund seiner Medikation ist er nachmittags nicht mehr fähig durchgehend wach zu bleiben und verbringt entsprechend diese Zeit meist im Bett.

Installation

Vor Beginn der eigentlichen Installation des Systems im Haushalt mussten Überlegungen zu den möglichen Aktivitäten und Interaktionen getroffen werden. So konnten zur besseren Gliederung dieser folgenden Themenbereiche bestimmt werden:

- „Toilette“
- „Körperhygiene“
- „Nahrungsaufnahme“
- „Beschäftigung“
- „Kommunikation“
- „Bettruhe“
- „funktionale Räume“

Die Installationsorte der stationären *Eventlogger* zur Erkennung der genannten Themenbereiche finden sich in Tabelle 15 aufgegliedert nach Räumen und diesen zugeordneten Objekten.

Tabelle 15: Installationsorte der stationären *Eventlogger* zur Erkennung der einzelnen Themenbereiche

	Raum <i>Eventlogger</i>	Detail 1	Detail 2
Toilette		WC	(Waschbecken)
Körperhygiene	Bad	Waschbecken	
Nahrungsaufnahme	Küche	Küchenzeile	EsstischK
Beschäftigung	Arbeitszimmer	TischWoZi	TV
Kommunikation		Telefon	
Betruhe	Schlafzimmer	Kleiderschrank	
Funktionale Räume	Arbeitszimmer		
	Waschküche		
	Durchgangsbereich		

Die hieran folgende Abbildung 80 zeigt im Detail die installierten Sendeeinheiten. Deren Positionen und Reichweiten sind hierbei zur besseren Veranschaulichung im Grundriss der Wohnung eingezeichnet.

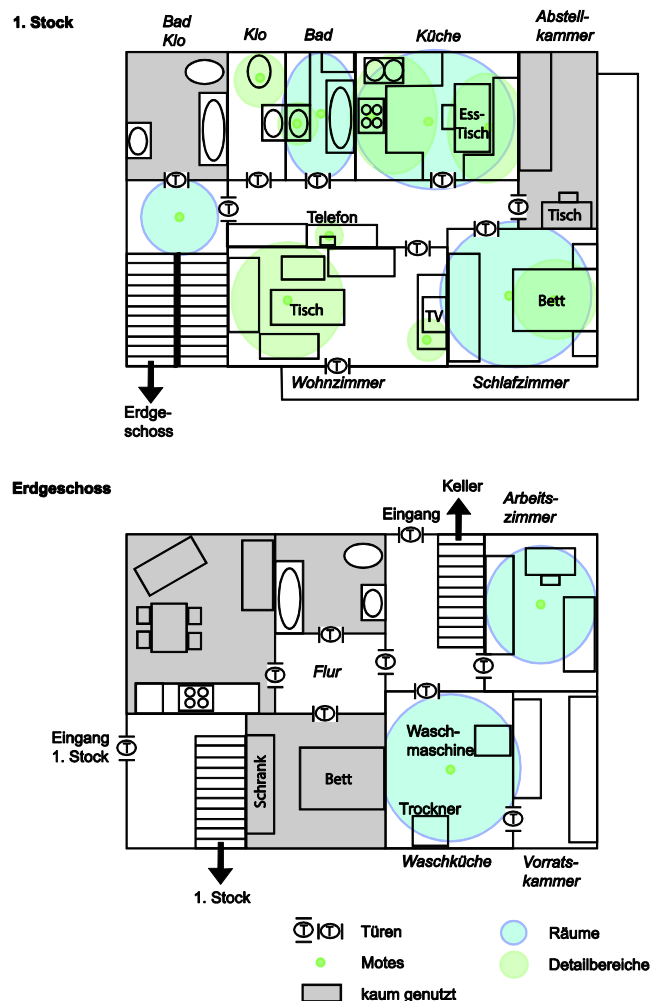


Abbildung 80: Grundriss der Wohnung mit installierten Sensoreinheiten und deren Sendebereichen (entnommen aus: (Neuhaeuser et al., 2012a))

Abbildung 81 zeigt darüber hinaus einige der in diesem Versuchsaufbau genutzten stationären Sensoreinheiten.

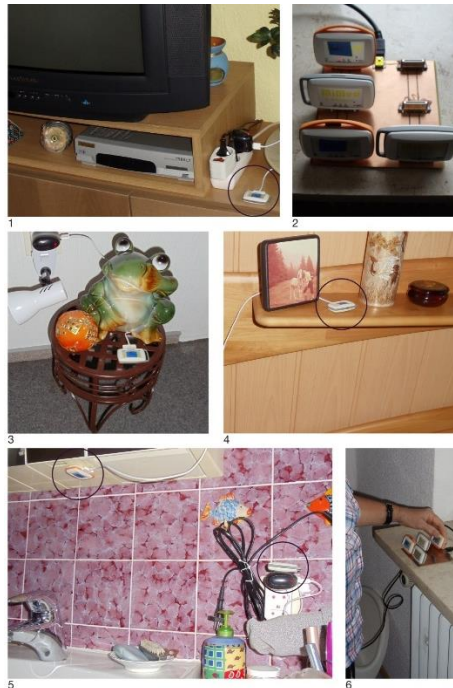


Abbildung 81: Installationsbeispiele der stationären Sensoreinheiten: für Interaktionen TV (1), Ladestation (2), für Interaktion Gang (3), für Interaktion Bett (4), für Interaktionen Waschbecken und Badezimmer (5), Probandin bei der Nutzung der Ladestation (6)

Versuchsdurchführung: Die Evaluation wurde über vier Wochen in der eigenen Wohnung des Ehepaars durchgeführt. Dabei waren beide Versuchspersonen mit je einem am Körper getragenen Eventlogger ausgestattet. Vorgaben zur Tragweise der Eventlogger (z.B. in der Hosentasche) wurden dabei nicht gegeben, so dass dies jede Versuchsperson selbst festlegte. Da die aktiven Sensoreinheiten eine akkubedingte Laufzeit von maximal 16 bis 18 Stunden aufweisen, müssen diese über Nacht aufgeladen werden. Daher kamen pro Person zwei aktive Sensoreinheiten zum Einsatz, welche im Tageswechsel aufgeladen und getragen wurden. Die getragenen Sensoreinheiten werden täglich, vor dem Laden, über die Basisstation ausgelesen.

7.4.3 Ergebnisse und Diskussion

Hypothese 1: Mit dem System können Tätigkeiten wie „Frühstücken“, „auf die Toilette gehen“ und „Telefonieren“ erkannt werden.

Frühstücken: Im hier beschriebenen Haushalt wird das Frühstück am Küchentisch eingenommen. Der Küchenbereich der Wohnung ist in diesem Versuchsaufbau mit drei passiven Sensoreinheiten ausgestattet. Mit diesen können Aktivitäten in der Nähe der Arbeitsplatte, beispielsweise an Herd oder Kühlschrank, Tätigkeiten am Tisch sowie ein Aufenthalt in der gesamten Küche erkannt werden wobei eine Interaktion mit der Arbeitsplatte oder dem Küchentisch immer einen Aufenthalt in der Küche miteinschließt.

Aufgrund der Vorabbefragung wird davon ausgegangen, dass im Vorfeld des eigentlichen Frühstücks der Kaffee zubereitet wird. Hierzu ist ein längerer Aufenthalt im Bereich der Arbeitsplatte zu erwarten. Im Anschluss daran finden mehrere kurze Aufenthalte im Bereich des Küchentisches statt, um diesen zu decken. Schließlich wird ein längerer Verbleib am Tisch erwartet, um das Frühstück einzunehmen. Hieran schließt sich wiederum ein wiederholter

Wechsel zwischen Arbeitsplatte und Tisch an, um den Tisch abzudecken. Sind hier ähnliche Vorgänge zu verzeichnen, so wird davon ausgegangen, dass gegessen wurde.

Hier muss jedoch eingeschränkt werden, dass die beschriebenen Vorgänge zur Vorbereitung und Einnahme des Frühstücks von beiden Personen im Einzelnen sowie durch Interaktionen zwischen beiden durchgeführt werden können. Daher ist eine sichere Identifikation der Tätigkeit „Frühstück“ nur durch die Betrachtung und Analyse der Interaktionsmuster beider Versuchspersonen möglich. Wie in Abbildung 82 zu erkennen, ist das Interaktionsmuster für Frühstück der entsprechenden Tätigkeit (frühstücken) der beiden Probanden sicher zuzuordnen.

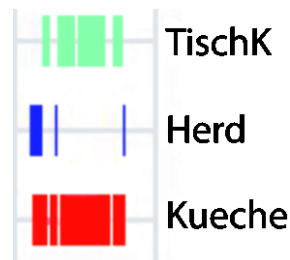


Abbildung 82: Beispiel eines Interaktionsmusters für „Frühstück“ der Frau vom 10. Juli (nach (Neuhaeuser et al., 2012a))

Auf die Toilette gehen: Die Tätigkeit „auf die Toilette gehen“ gilt als durchgeführt, wenn eine Interaktion zwischen einer Versuchsperson und der Toilette stattgefunden hat. Im hier dargestellten Versuchsaufbau zeigte ich zudem, dass auch dann eine Interaktion erkannt wurde, wenn beispielsweise Toilettenpapier aufgefüllt wurde. Aufgrund der zeitlichen Dauer dieses Vorgangs kann diese Interaktionsmuster jedoch von dem Muster des „auf die Toilette gehen“ sicher abgegrenzt werden. Bei der Toilettennutzung kann zudem für beide Personen festgehalten werden, dass sich hier in der Regel die Interaktion mit dem Waschbecken (Händewaschen) anschließt. Ein Beispiel für das Interaktionsmuster „auf die Toilette gehen“ ist in folgender Abbildung 83 dargestellt.

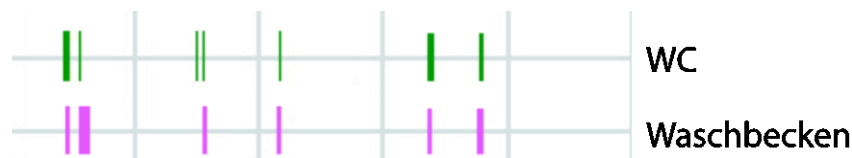


Abbildung 83: Beispiel für ein Muster der Toilettennutzung der Frau vom 25. Juli (nach (Neuhaeuser et al., 2012a))

Telefonieren: Die Tätigkeit „Telefonieren“ gilt als durchgeführt, wenn eine Interaktion zwischen einer Versuchsperson und der Basisstation des Telefons stattgefunden hat. Im hier vorgestellten Versuchsaufbau konnte die Nutzung des Telefons nicht eindeutig erkannt werden. Problematisch erwies sich hier, dass bereits ein Aufenthalt in der Nähe der Basisstation fälschlicherweise als „telefonieren“ interpretiert wurde. Zudem verwendete das Ehepaar ein Telefon mit zusätzlicher tragbarer Einheit, so dass Telefonate auch in anderen Räumen durchgeführt wurden. Diese konnten jedoch nicht als „telefonieren“ erkannt werden. Ein aussagekräftiges Interaktionsmuster für die Interaktion „telefonieren“ konnte demnach über den gesamten Versuchszeitraum nicht nachgewiesen werden.

Abschließend kann daher festgehalten werden, dass das System in der Lage ist, Aktivitäten zum Teil durch die Kombination von Interaktionen herzuleiten. Einschränkend muss zudem angemerkt werden, dass da in diesem Versuchsaufbau nur stationäre Einheiten zum Einsatz

kamen, Interaktionen mit beweglichen Objekten, wie beispielsweise dem tragbaren Telefon, nicht ermittelt werden konnten. So kann für die eingangs erwähnte Hypothese 1 festgehalten werden, dass anhand der durch das *Eventlogger*-System erhobenen Daten die Tätigkeiten „frühstücken“ und „auf die Toilette gehen“ ermittelbar sind.

Hypothese 2: Sich wiederholende Tagesabläufe einer Person, die sich aus einer Aneinanderreihung von ADLs und anderen Ereignissen zusammensetzen, können erkannt werden.

Um diese Hypothese verifizieren zu können, mussten im Vorfeld einige Parameter festgelegt werden. Hierzu zählen insbesondere die Festlegung der hier zu untersuchenden regelmäßigen, wiederkehrenden Aktivitäten. Diese sind: Körperpflege (mindestens einmal täglich, meist morgens und oft zusätzlich abends), Nahrungsaufnahme (sehr individuell und personenabhängig, mindestens zwei Mahlzeiten, die aber auch außerhalb der Wohnung stattfinden können), Schlafen (Dauer und Zeiten sind sehr individuell, etwa sechs bis acht Stunden), mehrmaliges Trinken (kann überall stattfinden und braucht kein festgelegten Ort), mehrmalige Toilettennutzung (Häufigkeit und Dauer unterschiedlich) und soziale Kontakte im direkten Umfeld (z.B. Familie). Hinzu kommen regelmäßige Aktivitäten, welche jedoch nicht täglich durchgeführt werden, wie zum Beispiel Einkaufen, Freizeitbeschäftigungen (Sport, Fernsehen, Lesen), berufliche Tätigkeiten oder sonstige Verpflichtungen, wie Aufräumen und Putzen der Wohnung, Telefonate oder soziale Kontakte außerhalb des direkten Umfelds.

Tagesablauf des Mannes: Beim Mann ist ein sehr regelmäßiger, sich täglich wiederholender Tagesablauf erkennbar. Dieser beginnt mit einem Aufenthalt in der Küche, wo das Geschirr gespült und das Frühstück vorbereitet wird. Im Laufe des Vormittags, nachdem seine Frau das Badezimmer verlassen hat, verbringt der Mann etwa eine Stunde mit Körperpflege. Darüber hinaus sind in diesem Tagesabschnitt Aktivitäten im Schlafzimmer, in der Nähe des Betts nachweisbar, was nach Aussagen der Versuchsperson das „Betten machen“ darstellt. Danach hält sich der Mann bis zum Mittagessen (in der Regel zwischen 12:00 und 12:30) im Wohnzimmer auf, um fernzusehen. Gelegentlich hilft er im Anschluss hieran beim Abwaschen des Geschirrs, was durch einen längeren Verbleib in der Küche im Bereich der Küchenzeile bestätigt werden kann. Aufgrund der Medikation kann der Mann im Laufe des Nachmittages nicht mehr durchgehend wach bleiben. Daher verbringt er diesen zumeist im Bett und steht nur gelegentlich kurz auf. Grundsätzlich kann für den Mann festgehalten werden, dass er einen deutlich kleineren Aktionsradius aufweist und die Wohnung in der Regel nicht verlässt. Das kann auch anhand der wenigen Kontakte mit passiven Sensoreinheiten bestätigt werden. Darüber hinaus scheint es für seinen Tagesablauf kaum fremdbestimmte Einflussfaktoren zu geben. Der so ermittelte Tagesablauf ist in Tabelle 16 dargestellt. Bei der Betrachtung dieser ist anzumerken, dass in Spalte 1 eine Prozentzahl angegeben ist, die die Anzahl der Tage widerspiegelt, an denen die jeweiligen Aktivitäten nachgewiesen werden konnten. In Spalte 2 hingegen sind diejenigen Tage herausgerechnet, bei denen zum regulären Zeitraum (z.B. Frühstück zwischen 7 und 9 Uhr) in dem eine Aktivität regulär stattfindet, keine Aufzeichnung vorlag. Diese Aufzeichnungslücken kamen zustande, da der Mann zum Teil beim Wechsel seiner Hose während des Tages vergaß, den *Eventlogger* in die Hosentasche der neuen Hose zu übernehmen. Die zweite Spalte stellt demnach die bereinigten Anteile des Gesamtaufzeichnungszeitraums dar. Gleiches gilt für den Tagesablauf der Frau, welcher in Tabelle 17 dargestellt ist.

Tabelle 16: Ermittelter Tagesablauf Mann (nach (Neuhaeuser et al., 2012a))

Tageszeit	Regelmäßigkeiten	Interaktionen	An Prozent der Tage erkannt	An Prozent der Tage erkannt zu denen auch zu der Zeit aufgezeichnet wurde
6:00 - 9:00 Morgen	zwischen 7 und 9	Küche/Herd/Tisch (l)	97%	100%
	am Vormittag mindestens einmal	WC/Bad (kf)	81%	81%
	zwischen 8 und 11 Uhr meist vor Körperhygiene	Schlafzimmer (m)	94%	94%
9:00-12:00 Vormittag	zweiter langer Aufenthalt zwischen 8 und 10	Küche/Herd/Tisch (l)	76%	76%
	zwischen 8 und 11 für ca. 1 Stunde	Bad/Waschbecken (l)	88%	88%
	kurze Aktivitäten in der Wohnung zwischen 10 und 12	Küche/Herd (k)	91%	91%
	längerer Aufenthalt im Wohnzimmer zw 10:30 und 12	Wohnzimmer (l)	91%	91%
	Hygiene vor dem Mittagessen	Bad/Waschbecken (k)	41%	41%
12:00 - 18:00 Nachmittag	Mittagessen zw. 12 und 13 Uhr	Küche/Herd/Tisch (l)	94%	100%
	Hygiene nach dem Mittagessen	Bad/Waschbecken (k)	81%	87%
	langer Aufenthalt im Schlafzimmer, schlafen	Schlafzimmer/Bett (l)	69%	nicht sicher auswertbar
	Essen in der Küche zw. 14 und 16 Uhr	Küche/Herd/Tisch (m)	47%	65%*
	Beschäftigung im Wohnzimmer über längere Zeit	Wohnzimmer (l)	34%	69%*
	mindestens 1 mal WC und Hygiene	WC - Bad/Waschbecken (m)	97%	nicht sicher auswertbar
	Essen am Abend zw. 17 und 19 Uhr	Küche/Herd/Tisch (m)	66%	100%*
18:00 - 21:00 Abend	wenn wieder aufgestanden erneute Schlafensphase ohne längerer Aufenthalt in anderen Räumen	Schlafzimmer/Bett (l)	50%	84%*
	Aufenthalt im Bett wird nur von gelegentlichen WC, Bad und Küchenaufenthalten unterbrochen.	WC - Bad/Waschbecken (m)	22%	37%*
		Küche/Herd/Tisch (m)		
21:00- 6:00 Nacht	Anhand der Daten lassen sich keine Regelmäßigkeiten erkennen, da das Mote zu diesen Zeiten nur sehr selten mitgeführt wird. Der Überwiegende Aufenthalt wird im Schlafzimmer/Bett detektiert.	Schlafzimmer/Bett (l)	41%	87%*

*Schätzung

Tagesablauf der Frau: Der Tagesablauf der Frau ist durch regelmäßig wiederkehrende Aktivitäten gekennzeichnet, im Allgemeinen allerdings flexibler als der des Mannes. Bei ihr findet in der Früh zunächst eine Phase der Körperhygiene im Badezimmer statt. Wobei diese zeitlich in zwei Abschnitte unterteilt ist und durch die Einnahme des Frühstücks am Küchentisch unterbrochen wird (Dauer ca. 15 bis 30 Minuten). Im Anschluss hieran werden regelmäßig Aktivitäten im Waschraum, bzw. der Vorratskammer verzeichnet. Diese werden als „Vorbereitungen für den Tag“ gedeutet, da dort unter anderem Nahrungsmittel und Getränke gelagert werden und die Müllentsorgung erfolgt. Im weiteren Verlauf des Vormittags werden unterschiedliche Aktivitäten innerhalb der Wohnung erkannt, die jedoch keinen regelmäßigen Charakter aufweisen. Im Schnitt jeden zweiten Tag verlässt die Frau zudem die Wohnung, um Einkäufe zu tätigen. Da das Mittagessen in der Regel gemeinsam mit dem Mann zwischen 12 und 13 Uhr eingenommen wird, beginnt die Frau regelmäßig vor 12 Uhr mit dessen Vorbereitung. Das ist durch Aktivitäten in der Küche im Bereich der Arbeitsplatte, welche mit Kochen assoziiert werden können, nachzuweisen. Gelegentliche Aufenthalte auf der Toilette mit anschließendem Händewaschen ziehen sich durch den ganzen Tag. Im Verlaufe des Nachmittags erfolgen unterschiedliche Aktivitäten innerhalb und außerhalb des Hauses, welche im weiteren Verlauf detaillierter beschrieben werden. Gegen 15 Uhr erfolgt regelmäßige ein Aufenthalt in der Küche, was als „Kaffee trinken“ interpretiert werden kann. Zwischen 17.30 Uhr und 19 Uhr können Interaktionen zwischen der Frau und ihrem Mann sowie in nahezu allen Räumen nachgewiesen werden. Das wird als „nach dem Rechten schauen“, sowie als „kümmern um den Mann“ interpretiert. Zwischen 19:30 und 21:30 deutet ein Aufenthalt am Küchentisch, dem charakteristische Aktivitäten voraus gehen auf die Vorbereitung und Einnahme des Abendessens hin. Im Anschluss hieran erfolgt wieder eine Phase, in der sich die Frau entweder außerhalb der Wohnung oder innerhalb an dem Küchentisch oder vor dem Fernseher befindet. Vor dem zu Bett gehen zeigt die Frau einen in der Regel gleichen Ablauf an Aktivitäten. Zunächst wird ein Aufenthalt im Wohnzimmer in der Nähe des Fernsehers erkannt, da dieser wohl ausgeschaltet wird. Danach erfolgte ein Aktivität in der Küche im Bereich des Tisches, zum Teil auch ein kurzer Aufenthalt im Schlafzimmer. Im Anschluss daran erfolgt, vor dem zu Bettgehen ein Aufenthalt im Badezimmer und an der Toilette. Die

Häufigkeit, mit der diese Tätigkeiten stattfinden, kann Tabelle 17 entnommen werden. Diese folgt demselben Aufbau wie die bereits beschriebene Tabelle 16.

Tabelle 17: Ermittelte Tagesablauf Frau (nach (Neuhaeuser et al., 2012a))

Tageszeit	Regelmäßigkeiten	Interaktionen	An Prozent der Tage erkannt	An Prozent der Tage erkannt zu denen auch zu der Zeit aufgezeichnet wurde
6:00 - 9:00 Morgen	am Vormittag mindestens einmal, meist direkt nach Aufstehen zwischen 8 und 9 Uhr Körperhygiene im Badezimmer zw. 8:30 und 10 Uhr langer Aufenthalt am Tisch: Frühstück (15-30 min)	WC - Bad/Waschbecken (k) Bad/Waschbecken (l) Küche/Tisch (l)	50% 83% 77%	63% 100% 96%
9:00-12:00 Vormittag	Ergänzende Morgenhygiene (Bad): Zähneputzen, Schminken, usw. mittellanger Aufenthalt im Waschraum: Vorräte heraufholen, Müll entsorgen, o.Ä.	Bad/Waschbecken (l) Waschraum (k)	77% 80%	96% 100%
	Toilettenbesuch ohne zeitliche Regelmäßigkeit, mehrmals am Tag	WC - Bad/Waschbecken (k)	66%	71%
	Verlassen der Wohnung, etwa jeder zweite Vormittag: Erledigungen, Einkäufe	Waschraum oder Gang (kd)	50%	65%
	Waschtag	Waschraum (m)	13%	jeden Montag
	Einkaufen	Waschraum (kd)	13%	jeden Donnerstag
	Aufräumen der Wohnung, frequenzartiger Wechsel der Zimmer Vorbereitung für Mittagessen	Wohnzimmer - Bad - Küche Küche/Herd/Tisch (l)	40% 83%	52% 100%
12:00 - 18:00 Nachmittag	Mittagessen zw. 12 und 13 Uhr	Küche/Herd/Tisch (l)	83%	100%
	seperate Interaktion mit Tisch lässt sich als Ruhepause indentifizieren	Küche/Tisch (m)	40%	50%
	Aufräumen und Putzen in der Wohnung (vorwiegend unter der Woche)	Wohnzimmer - Bad - Küche	37%	nicht auswertbar
	Aufenthalt ausser Haus	Waschraum oder Gang (kd)	63%**	100%
18:00 - 21:00 Abend	Auch am Nachmittag Interaktion mit Toilette und Waschbecken	WC - Bad/Waschbecken (k)	63%	83%*
	Aufenthalt am Küchentisch: Kaffee, Kuchen (ca. 15 Uhr)	Küche/Herd/Tisch (m/l)	43%**	65%*
	Zw. 17:30 und 19:00 Uhr wird nach dem Rechten gesehen	Wohnz - Schlafz - Küche - Bad	60%	nicht auswertbar
	Toilettengang und Kosmetik/Händewaschen vor Abendessen	WC - Bad/Waschbecken	60%	78%*
21:00 - 6:00 Nacht	Abendessen zwischen 19:30 und 21:30	Küche/Tisch (l)	90%	96%
	nochmaliger Aufenthalt im Garten/Spaziergang	Waschraum(kd)	37%	50%*
	Aufenthalt in Toilette und Bad	WC - Bad/Waschbecken	53%	73%*
	Freizeit in der Küche (lesen) oder im Wohnzimmer (Fernsehen oder Musikhören) für etwa 1 Stunde	Küche (l) Wohnzimmer (m)	60% 60%	86% 100%
21:00 - 6:00 Nacht	Schlafengehritual, Aufenthalt in Küche und Körperhygiene	Küche (m) Bad/Waschbecken (l)	60% 43%	100% 72%
	Schlafenszeit sehr regelmäßig gegen 24 Uhr bis ca. 8 Uhr	Bett/Schlafzimmer (l)	43%	72%

** evtl. höher * Schätzung

Aus den Aufzeichnungen konnte ermittelt werden, dass die Frau regelmäßig donnerstags zwei Mal - erst am Vormittag für etwa drei Stunden und noch einmal am Nachmittag für zwei bis vier Stunden - das Haus verlässt. Untermauert wird dies, da sie kurz von der passiven Sensoreinheit im Waschraum erkannt wird, der auch einen Durchgang zur Garage darstellt. Dies wurde an drei Donnerstagen im Evaluationszeitraum detektiert und wurde von der Versuchsperson als „Einkaufen“ angegeben. Am Donnerstag den 21. Juli hat der personengetragene Sensor einen ständigen Aufenthalt mit Unterbrechung zur Mittagszeit sowohl am Vormittag als auch am Nachmittag in der Küche am Küchentisch aufzeichnet. Hier wurde der Eventlogger nicht getragen, welches von der Versuchsperson bestätigt wurde.

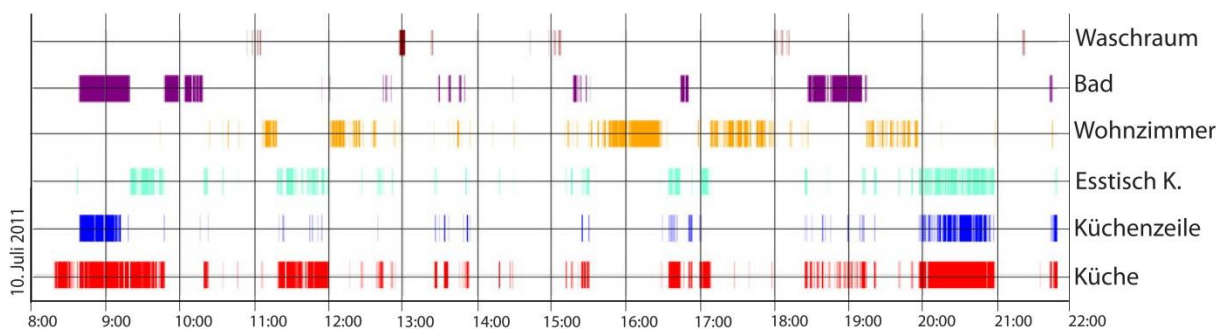


Abbildung 84: Beispielhafte Tagesaufzeichnung der Frau vom 10.07.2011 mit ausschließlichem Aufenthalt in der Wohnung (nach (Neuhaeuser et al., 2012a))

Andere im Wochenrhythmus jeden Montag wiederkehrende Abläufe sind die in einem Zeitintervall von einer bis eineinhalb Stunden andauernden Aufenthalte in der Waschküche (siehe Abbildung 85). Diese lassen sich sowohl von der Zeitdauer als auch von der Frequenz von anderen Aktivitäten abgrenzen und werden als Wäschewaschen gedeutet. Das wurde von der Frau bestätigt.

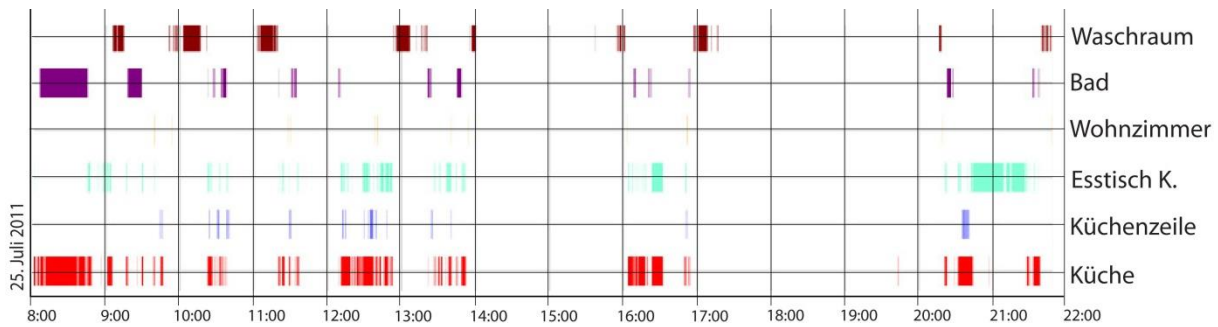


Abbildung 85: Beispielhafte Tagesaufzeichnung der Frau vom Montag den 25.07.2011 der sich als Waschtage und durch Aufenthalt größtenteils außerhalb der Wohnung auszeichnet (nach (Neuhaeuser et al., 2012a))

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Tagesabläufe und Regelmäßigkeiten erkannt werden können und diese Hypothese also bestätigt werden kann.

Hypothese 3: Abweichungen von „normalen“ Tagesabläufen können erkannt werden.

Abweichungen von „normalen“ Tagesabläufen können verschiedene Ursachen haben. Um Tagesabläufe zu charakterisieren und zu identifizieren und zu definieren, was eine Abweichung ist, sollen hier zunächst die gefundenen Einflussfaktoren auf Tagesabläufe genannt werden. Diese sind hoch individuell und von Person zu Person verschieden. Es können folgende Punkte dazu zählen: Berufstätigkeit, Wetter, Mobilität (Einschränkungen), Familiensituation (Mann, Kinder, Eltern, alleine), Alter, Lebensgewohnheiten (Sport, Freizeitgestaltung, persönliche Interessen), die jeweilige Jahreszeit, der Wochentag (Unterschied zwischen Arbeitstagen und Wochenende), Ferien oder Urlaub, Besuche von anderen Personen, Krankheiten (kurz/chronisch), soziales Umfeld, Ziele bzw. Motivationen der einzelnen Personen, Wohnsituation (kleine/ große Wohnung, Haus, Garten, Balkon) und natürlich persönliche Vorlieben.

Auf die Veränderungen der Frau, die vom Wochentag abhängig sind, wurde bereits detailliert eingegangen. Da sie nicht berufstätig ist und sich im kurzen Evaluationszeitraum keine Veränderungen im Umfeld ergeben haben, fallen viele dieser Kategorien komplett weg. Aus den Daten konnte jedoch festgestellt werden, dass die Beschäftigung der Frau sehr stark wetterabhängig ist. So versucht sie sich die Zeit scheinbar so einzuteilen, dass sie bei schönem Wetter mehr Zeit im Freien verbringen kann und bei schlechtem Wetter dafür mehr Arbeit in der Wohnung nachholt.

Beispielhaft werden hier zwei weitere auffällige Abweichungen von Tagesabläufen genannt. Am 27. Juni geht der Mann etwa schon um 9:30 wieder ins Bett, was darauf schließen lässt, dass etwas nicht stimmt.

Am 30. Juni sind ungewöhnlich kurze frequenzartige Interaktionen der Frau in der Waschküche aufgezeichnet worden, die sich über mehrere Stunden erstrecken. Dies lässt sich durch einen Aufenthalt in der unteren Wohnung erklären, da die passive Sensoreinheit im Waschraum mit einer relativ hohen Sendestärke eingestellt wurde, wird die Wand durchdrungen. Dies deutet noch nicht auf eine konkrete Tätigkeit hin, aber nach Aussagen der Person wird in diesem Bereich in der Regel nur geputzt. Nach Rückfrage wurde das für dieses Datum bestätigt.

Es lässt sich generell nicht klären, ob und wie sehr aus Veränderungen auch auf Verschlechterungen gedeutet werden kann und ein Einschreiten nötig ist. Es ist jedoch definitiv notwendig, dass der Algorithmus das Verhalten der einzelnen Personen lernen muss, bevor Veränderungen festgestellt werden können. Zusätzlich kommt in einem Zwei-Personen-

Haushalt hinzu, dass eine Person die Tätigkeiten der anderen übernehmen kann und umgekehrt. Da zum Beispiel in der Regel der Mann das Frühstück vorbereitet, während sich die Frau im Bad befindet, kann bei einer Abweichung von dieser Routine nicht automatisch auf den Grund geschlossen werden. Ursachen, die sich im Evaluationszeitraum ergeben haben, sind zum Beispiel ein längeres Telefongespräch, ein Arztbesuch des Mannes oder Krankheit. Diese Abweichungen bei einer Person führen jedoch in der Regel dazu, dass sich der Tagesablauf der zweiten Person ebenfalls ändert, weshalb wieder eine gemeinsame Betrachtung und Ursachensuche notwendig ist.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Abweichungen durchaus erkennbar sind. Jedoch sind die Ursachen nicht zwangsläufig ebenfalls erkennbar, da die Tagesabläufe durch viele Einflussfaktoren geprägt sind. Die Hypothese kann bestätigt werden, es kann aber nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden, dass nicht noch weitere Abweichungen aufgetreten sind, die nicht beachtet wurden.

Hypothese 4: Tagesabläufe von gesunden und demenziell erkrankten Personen können mit dem System unterschieden werden.

Diese Aussage kann nicht auf Basis einer Stichprobe von zwei Personen beantwortet werden. Jedoch hat sich in diesem konkreten Fall gezeigt, dass sich bei der erkrankten Person insgesamt weniger Interaktionen feststellen lassen, die aber dafür länger dauern, als bei der gesunden Frau. Bemerkenswert ist auch die sehr strikte Regelmäßigkeit, der der Tagesablauf des Mannes im Vergleich, zu dem der Frau folgt. Obwohl beide Personen nicht berufstätig sind, gibt es für den Mann keinerlei Unterschied zwischen Wochentag und Wochenende, während sich die Tage bei der Frau in mehreren Punkten unterscheiden. Zum einen schläft sie zumindest an einem Tag am Wochenende länger, verbringt dafür mehr Zeit in der Küche und reduziert die Aktivitäten in der Wohnung.

7.5 Validierung des RFIDloggers

Der Aufgebaute Prototyp des *RFIDloggers* wurde unter Laborbedingungen zur Messung der Erkennung bei täglichen Anwendungen am Beispiel eines Frühstücks untersucht.

7.5.1 Nachzuweisende Vorteile und Funktionen

Die Ereignisse des Fassens eines Gegenstands mit RFID Tag soll mit einer Sicherheit von besser als 60% erkannt, und mit einer Sicherheit von mindestens 60% genau auf den Beginn des Greifens (d.h. innerhalb eines Zeitfensters von fünf Sekunden) erfasst werden. Die Standardabweichung der Erkennungsraten soll unter 10% liegen, die Ergebnisse somit reproduzierbar erreicht werden können.

7.5.2 Labor- und Geräteaufbau

Bei der Durchführung des Versuchs wird der *RFIDlogger* als Messgerät eingesetzt. Auf diesem wird die endgültige Firmware verwendet. Um die Objekterkennung des *RFIDlogger* bei der Durchführung von ADL zu validieren, wurden n=6 Probanden gebeten ein teilweise vorgeschriebenes Frühstücksszenario durchzuführen. Dabei wurden die Aktivitäten der Probanden protokolliert. Die Testpersonen trugen einen *RFIDlogger* am Handgelenk der dominanten Hand (alle Probanden auf der rechten Seite) und wurden beauftragt, Teilschritte von dem Szenario, wie zum Beispiel „öffne den Schrank“, „nehme die Tasse“, oder „stelle die Tasse auf den Tisch“ durchzuführen. Dabei war es den Probanden freigestellt, wie sie diese

Teilschritte durchführten. Einzige Einschränkung wurde durch eine Markierung der Ablageflächen für die Objekte auf dem Tisch gegeben, wodurch eine bessere Reproduzierbarkeit des Versuchs ermöglicht wird.

Für jede zu erwartende Objektannäherung i des Lesezyklus k der geplanten Teilschritte notierte der Protokollant die Startzeit $k_{man\ start,i}$ und die Endzeit $k_{man\ stop,i}$ sekundengenau. Der RFIDlogger zeichnete die Startzeit $k_{auto\ start,i}$ und die Endzeit $k_{auto\ stop,i}$ jeder automatischen RFID Tag Erkennung auf.

Die Anweisungen des Szenarios „Frühstücken“ waren: Öffnen eines Schrankes, herausnehmen einer Tasse und eines Tellers und diese auf dem Tisch zu platzieren. Weitere Gegenstände werden aus der Küche mit einem Tablett geholt und ebenfalls auf dem Tisch platziert. Als nächstes nimmt der Proband das Frühstück zu sich. Dazu nimmt er eine Scheibe Brot, wählt einen Brotaufstrich und bestreicht damit das Brot. Außerdem schenkt er sich eine Tasse Orangensaft ein und trinkt diese. Danach kann der Proband sein Frühstück frei verzehren. Diese „freie“ Zeit wurde verwendet, um weitere Daten zu sammeln, diese wurden jedoch nicht mitprotokolliert. Im Anschluss beendet der Proband sein Frühstück und bringt die Gegenstände auf dem Tablett zurück in die Küche. Der gesamte Ablauf betrug zwischen sechs und elf Minuten pro Proband. Folgende Gegenstände wurden dabei mit Tags ausgestattet: Brotverpackung, Schranktür, Marmelade, Nusscreme, Saft, Tablett, Tasse, Teller, Tisch hinten, Tisch vorne.

In der Auswertung wurde zusätzlich eine Toleranzzeit $t_{tol} = 5s$ eingeführt, um zu berücksichtigen, dass der Protokollant nicht genau wissen kann, wann der Tag des Objekts in die Lesereichweite des *RFIDloggers* kommt. Für jeden Tag i wurde eine Erkennungsrate r_{time} (Formel (7.10)-(7.12)) ermittelt, welche angibt wie lange die Tagerkennung p stattfand im Verhältnis dazu wie lange die Tagerkennung hätte stattfinden müssen.

$$r_{time,i} = \frac{\sum_k p_{auto,i}(k)}{\sum_k p_{man,i}(k)} \quad (7.10)$$

$$p_{auto,i}(k) = \begin{cases} 1 & (k_{auto\ start,i} - t_{tol} < k < k_{auto\ end,i} + t_{tol}) \\ & \wedge (k_{man\ start,i} < k < k_{man\ end,i}) \\ 0 & sonst \end{cases} \quad (7.11)$$

$$p_{auto,i}(k) = \begin{cases} 1 & k_{man\ start,i} < k < k_{man\ end,i} \\ 0 & sonst \end{cases} \quad (7.12)$$

Ob die Interaktionen j zur korrekten Anfangszeit erkannt wurde, wird durch $r_{begin,i}$ ermittelt (siehe hierzu Formel (7.13) und (7.14)). Diese vergleicht ob ein gemessenes Event aufgezeichnet wurde während der Zeit als es protokolliert wurde. Hierbei ist $n_{event,i}$ die Anzahl der protokollierten Events des Tags i .

$$r_{begin,i} = \frac{\sum_{j=1}^{n_{event,i}} p_{begin,i}(j)}{n_{event,i}} \quad (7.13)$$

$$p_{begin,i}(j) = \begin{cases} 1 & (k_{auto\ start,i}(j) - t_{tol} < k_{man\ start,i}(j) < k_{auto\ start,i}(j) + t_{tol}) \\ 0 & sonst \end{cases} \quad (7.14)$$

Zu guter Letzt wird noch berechnet ob im Protokollierten Zeitintervall zumindest einmal eine Interaktion j gemessen wurde, welches als $r_{absolute,i}$ bezeichnet wird und sich aus Formel (7.15) und (7.16) herleitet.

$$r_{absolute,i} = \frac{\sum_{j=1}^{n_{event,i}} p_{absolute,i}(j)}{n_{event,i}} \quad (7.15)$$

$$p_{absolute,i}(j) = \begin{cases} 1 & (k_{auto\ start,i}(j) - t_{tol} < k_{man\ start,i}(j) < k_{auto\ end,i}(j) + t_{tol}) \\ 0 & sonst \end{cases} \quad (7.16)$$

7.5.3 Ergebnisse und Diskussion

Die gemessenen Ergebnisse der Interaktionen mit den Objekten sind in Tabelle 18 dargestellt. Der Tag des Saftes und der der Marmelade sind nicht aufgeführt, da sie durch ihre Aufbringung an den Objekten so stark gebogen wurden, dass sie im Versuch nicht funktionierten. Ebenso fehlt der „Tisch hinten“, da die Probanden meistens nicht das hintere Ende des Tisches erreichten.

Tabelle 18: Ergebnisse der Interaktionen mit den Objekten (entnommen aus: (Neuhaeuser et al., 2014))

Tag ID	# der Events* n_{event}	r_{begin}		$r_{absolute}$	
		Mittelwert	Varianz	Mittelwert	Varianz
		\bar{x}	s	\bar{x}	s
Brotverpackung	4	67 %	26 %	71 %	19 %
Schranktür	1	50 %	55 %	50 %	55 %
Nusscreme	4	42 %	30 %	50 %	22 %
Tablett	2	67 %	26 %	75 %	25 %
Tasse	3	78 %	35 %	83 %	28 %
Teller	2	83 %	26 %	92 %	20 %
Tisch vorne	1	67 %	52 %	83 %	41 %

*Erwartet nach Skript pro Person.

Tabelle 19 zeigt die ermittelten Mittelwerte und die dazugehörige Standardabweichung der Erkennungsraten r_{time} , r_{begin} und $r_{absolute}$ über alle sechs Versuchspersonen.

Tabelle 19: Mittelwert und Standardabweichung über alle sechs Versuchspersonen (entnommen aus: (Neuhaeuser et al., 2014))

Wert	Mittelwert \bar{x}	Varianz s
r_{time}	25 %	10 %
r_{begin}	60 %	15 %
$r_{absoulte}$	70 %	9 %

Abbildung 86 zeigt ein Beispiel für die aufbereiteten Daten eines Probanden. Hierbei werden die vom *RFIDlogger* automatisch ermittelten Events mit den Daten des Protokollanten verglichen.

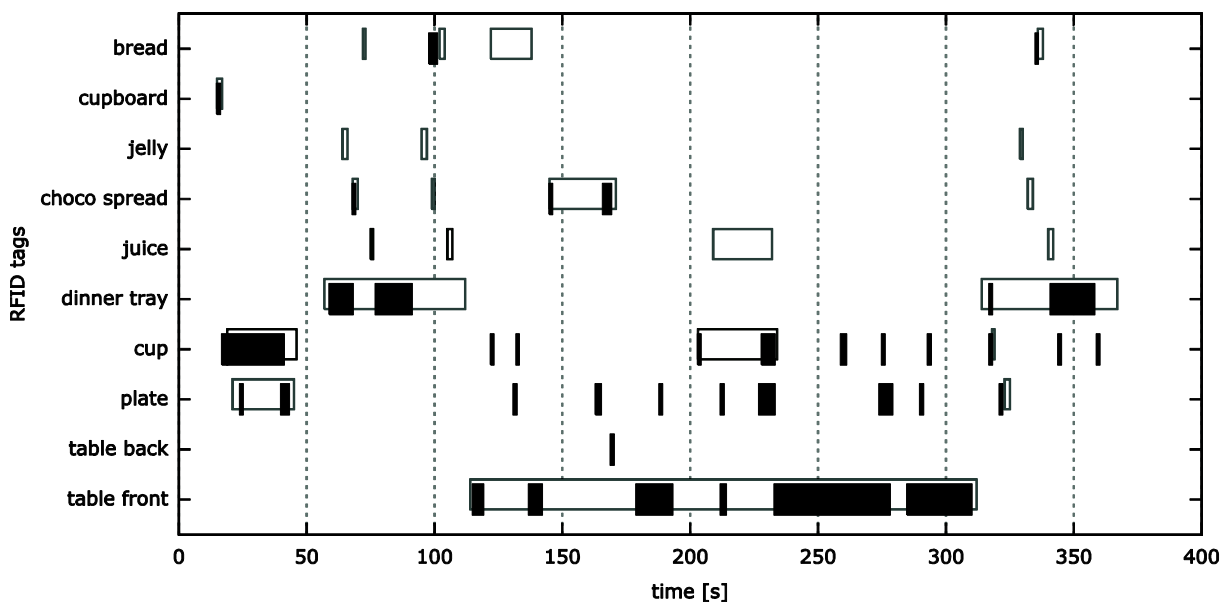


Abbildung 86: Beispiel der aufbereiteten Daten eines Probanden. Die vom *RFIDlogger* automatisch erfassten Daten sind gefüllt dargestellt, die Daten des Protokolls sind ungefüllt in grau dargestellt. (entnommen aus: (Neuhaeuser et al., 2014))

Die niedrigen Ergebnisse von r_{time} sind darauf zurückzuführen, dass eine sekundengenaue manuelle Aufzeichnung nicht möglich ist. Dies bleibt trotz Nutzung einer Toleranzzeit bestehen. Dies ist beispielsweise der Fall bei der Aktion „Brot schmieren“, hier greift der Proband üblicherweise das Nusscreme Glas mit der linken nicht dominanten Hand, welche weiter vom *RFIDlogger* entfernt ist, entnimmt eine Portion und stellt dieses anschließend außerhalb des *RFIDloggers* ab. Manchmal wird dieser Vorgang nochmals durchgeführt. Im Protokoll wird diese Aktion durch ein zeitliches Event notiert, beginnend mit dem ersten Greifen des Glases bis zum letzten Abstellen dieses. Der *RFIDlogger* registriert dieses nur als kurze Events entsprechend der einzelnen Schritte des Handlungsablaufs. Gleiches gilt für den am Tisch befestigten RFID Tag. Die Erkennung der Schranktür erwies sich ebenfalls als sehr fehleranfällig, da hier nur eine sehr kurze Interaktion von ca. zwei bis drei Sekunden stattfand. Wie in Abbildung 86 zu erkennen, wurden vom *RFIDlogger* Events aufgezeichnet, welche im Protokoll nicht aufgeführt sind. Dies ist beispielsweise bei ca. 120 Sekunden der Fall. Hier wurde die Testperson aufgefordert, eine Brotscheibe auf seinen Teller zu legen, welches im Protokoll als Interaktion mit der Brotverpackung festgehalten wurde. Um jedoch das Brot zu erreichen, musste die Hand der Versuchsperson über die Tasse hin zum Teller geführt werden, um die Brotscheibe dort abzulegen. Dieses wurde vom *RFIDlogger* als Interaktion mit Tasse

und Teller aufgezeichnet jedoch als solches nicht in das Protokoll aufgenommen. Ein ähnliches Phänomen ereignete sich bei Sekunde 230, als die Versuchsperson die Tasse neben den Teller stellte, hier aber nur die Interaktion mit der Tasse im Protokoll vermerkt wurde.

Grund hierfür war, dass der Protokollant eine vorgefertigte Liste von möglichen Interaktionen besaß, welche anhand des Skriptes ausgearbeitet wurde. Mit Hilfe dieser war lediglich das Ziel, des Handlungsablaufs zu bewerten und mögliche Interaktionen mit weiteren Tags, die im Rahmen der Handlungsausführung auftreten konnten, nicht berücksichtigt. Daher wurde auf die Berechnung einer falsch-positiv Rate verzichtet. Diese würde eher Aufzeichnungsfehler im Protokoll als vom System generierte darstellen.

Basierend auf der Hypothese/Annahme, dass aufgrund einzelner Interaktionen mit Objekten auf eine ADL (z.B. „Frühstücken“) geschlossen werden kann, ist eine exakte Bestimmung der Interaktionszeiten nicht relevant. Vielmehr ist die Identifikation von bestimmten Handlungsabfolgen bestehend aus typischen Einzelschritten maßgeblich für die Bestimmung einer ADL, welches durch r_{absolute} angegeben wird. Im Mittel erreichten alle Versuchspersonen einen Wert von 70% bei einer Standardabweichung von 9% bei r_{absolute} . Damit kann der Erwartungswert der Hypothese von über 60% erreicht werden.

7.6 Evaluierung des Auswertesoftware

7.6.1 Nachzuweisende Vorteile und Funktionen

Die Auswertesoftware verfolgt zwei primäre Ziele, deren Erreichung im Zuge der Validierung belegt werden sollte. Einerseits ist zu zeigen, dass ein Arzt auf Grund der umfassenderen Analysemöglichkeiten detailliertere und insgesamt mehr Aussagen zum Grundverhalten der verschiedenen Patienten treffen kann. Andererseits sollen die durchgeführten Experimente nachweisen, dass der zeitliche Aufwand zur Extraktion einzelner Informationen im Vergleich zur bisherigen Software reduziert werden konnte.

7.6.2 Labor- und Geräteaufbau

Als Versuchsdaten wurden die Aufzeichnungen der Tagesklinik (Kapitel 7.3.2) verwendet. Die Visualisierungsoberfläche wurde auf dem PC des evaluierenden Arztes installiert und die Setup-Einstellungen entsprechend der Anbringung der *Eventlogger* in der Tagesklinik vorgenommen. Da der Arzt bereits Konzeption und Entwicklung der Oberfläche begleitet hatte, erfolgte keine weitere Einweisung in die Benutzung.

In einem ersten Schritt wurden zehn Tagesprofile mit Hilfe der unterschiedlichen Ansichten vom Arzt eingehend studiert und charakterisiert. Ein besonderes Augenmerk lag dabei auf den Aspekten Hygiene und Mobilität, da diese die wichtigsten Kriterien zur Ermittlung des Grundverhalten sind. Der zweite Teil der Evaluation bezieht sich auf den Zeitbedarf zum gezielten Ablesen einzelner Daten. Hierzu wurden dem Arzt sieben Patienten ausgewählt bei deren die Aufenthaltsdauer außer Haus für den entsprechenden Tag zu bestimmen war. Um einen Vergleich zur bisherigen Oberfläche zu erhalten, wurden die benötigten Zeiten für beide Programmversionen gestoppt und dokumentiert.

7.6.3 Ergebnisse und Diskussion

Folgende Tabelle zeigt exemplarisch die Analyseergebnisse des Arztes für vier der zehn ausgewählten Tagesprofile. Diese werden mit den Ergebnissen aus Kapitel 7.3

gegenübergestellt und zusätzlich durch die Dokumentationen aus dem klinischen Alltag verifiziert.

Tabelle 20: Ergebnisse des Arztes mit Hilfe der Neuen Visualisierung im Vergleich zu den Ergebnissen der vorherigen Verfahren

Person	Neue Visualisierung	Bisherige Visualisierung	Klinische Dokumentation
Person 2 1. Tag	Wegstrecke deutlich höher als bei Person 1: 257 m, Mobilitätsprofil "bunter", Pat geht viel umher, wirkt aktiv, Spaziergang außer Haus Kontaktdauer Hygieneobjekte deutlich höher → Pat sorgfältiger bei Handwäsche, 3 komplette Sequenzen DToil + DWasch	weiblich, aktiver, Spaziergang allein, viel im Raum mit anderen Patienten	alt, aber sehr agil, harninkontinent, soll 4x auf die Toilette gehen
Person 2 2. Tag	Wegstrecke (228 m) und Mobilitätsprofil ähnlich wie tags zuvor, zeigt "aktiveren" Pat, der sich in freien Zeiten (ohne Gruppenaktivitäten) zwischen den Räumen bewegt, Kontaktdauer Hygieneobjekte kürzer als tags zuvor, 2 korrekte Sequenzen DToil + DWasch, 2x DWasch alleine → reinlicher Mensch, Arbeit am PC	ähnlich wie Vortag, wieder Spaziergang allein, vormittags Ergotherapie mit kurzen Besuchen am PC, 3x Toilette	soll am PC arbeiten
Person 2 3. Tag	Wegstrecke (212 m) und Mobilitätsprofil ähnlich wie tags zuvor, Aktivitätsprofil Hygieneobjekte: viele Kontakte, 5x DToil und 5x DWasch, aber nur 3 als Sequenz erfasst, verfrühter Abbruch des Ausflugs aus sozialen Kontakten erkennbar	fast immer im Raum mit anderen, Spaziergang mit anderen	vormittags Physio, gemeinsamer Ausflug, verfrüht abgebrochen
Person 5 1. Tag	Wegstrecke 285 m → recht viel, Pat im Haus durchaus mobil, einige Unterbrechungen der Balken im Mobilitätsprofil, wechselt die Räume, kein Aufenthalt außer Haus, Verweildauer: größter Teil im Konferenzzimmer (120 min) gefolgt von Küche (103 min) und Physio (20 min), war nicht die ganze Sportstunde anwesend häufige Hygiene-Kontakte: 7x DToil, 7x DWasch, davon 5 korrekte Sequenzen, wenig soziale Kontakte (17 bzw. 20 min)	nimmt nur 20 Minuten an Physio teil, viel in Küche und Konferenzzimmer, sehr häufig auf der Toilette, verbringt viel Zeit mit Person 10, geht bereits am frühen Nachmittag	Patient soll mindestens 4x auf Toilette, harninkontinent, Alzheimer-Demenz, vorzeitiges Verlassen der Physiotherapie, da zur psychologischen Testung

Bei der Ermittlung des Patientenverhaltens kam zu Beginn meist die Ansicht Wegstrecken zum Einsatz, da sie mit einem konkreten Zahlenwert einen ersten Eindruck über die körperliche Mobilität des Patienten liefert. Ebenso wurde das Mobilitätsprofil häufig herangezogen, da es,

ohne auf den Arzt überladen zu wirken, mit den Farbmustern Aufschluss über die generelle Aktivität und die Wechsel der Aufenthaltsorte der Patienten liefert. Bereits mit Hilfe dieser Ansicht konnte ganz ohne exakte Zahlenwerte ein Gespür für das Wesen der jeweiligen Person entwickelt werden, sodass sich diese rein auf Grund ihrer charakteristischen Profile unterscheiden ließen.

Zur Beurteilung der sADL im Bereich Hygiene benutzte der Arzt vorwiegend die Ansichten Aktivitätsprofil *Hygiene* und *Sequenzen Hygiene*. Erstere diente zur Gewinnung eines groben, qualitativen Überblicks über die Nutzung von Sanitäreinrichtungen (häufig/selten, lang/kurz). Der zweite Modus wurde primär zur Überprüfung korrekt ausgeführter Toilettengänge (Sequenz aus Toilette und Händewaschen) verwendet und als sehr wichtig für eine zukünftige Bewertung von ADL eingestuft. Als problematisch erwies sich allerdings die Tatsache, dass die Abläufe nicht immer exakt sequenziell vom *Eventlogger* aufgezeichnet wurden. Beispielsweise kam es vor, dass ein Betreten der Toilette bereits im Vorbeigehen ein kurzer Kontakt mit dem Waschbecken entstand, sodass dieser als zusätzliches, alleinstehendes Event in den Sequenzen aufgeführt wird. In einem anderen Fall begann die Interaktion früher und endete später als der Kontakt mit der Toilette. Da die Reihenfolge Toilette – Waschbecken dadurch nicht eingehalten wurde, wird die Ausführung der Sequenz nicht als korrekt eingestuft, obwohl davon auszugehen ist, dass der Patient sie richtig umgesetzt hat. Um diesen Herausforderungen zu begegnen, wird für die Weiterentwicklung der Oberfläche ein Algorithmus vorgeschlagen, der sehr kurze Events, vor allem in der Kategorie Hygiene, herausfiltert. Des Weiteren können neben den Start- auch die Endzeitpunkte der Kontakte betrachtet werden, um Rückschlüsse auf die Abfolge zu ziehen. Für den gegebenen Datensatz konnte vom Modus *Kontaktdauer Hygiene* nur selten Gebrauch gemacht werden. Als mögliches Anwendungsgebiet sah der Mediziner allerdings die Überprüfung therapiebedingter Verhaltensänderungen über einen längeren Zeitraum, für die die Summe der Kontaktdauern durchaus Relevanz besitzt.

Grundsätzlich erachtete der evaluierende Arzt die Ansicht *Beziehungsintensität* als sehr gelungen, da sie neben absoluten Zeitdauern auch einen schnellen Überblick über die sozialen Kontakte einer Person bietet. Im vorliegenden Datenkontext war die Aussagekraft hinsichtlich der tatsächlichen Kontaktfreudigkeit eines Patienten jedoch fraglich, da sehr viel Zeit in Gruppensitzungen verbracht wurde. Folglich wäre die Nutzung der Funktion insbesondere bei mehr frei verbrachter Zeit in Einrichtungen ohne den therapeutischen Ansatz der vorgestellten Tagesklinik interessant. Zur Information über die Anwesenheit aller Patienten in bestimmten Gruppensitzungen wurde zum Teil die Ansicht *Parallele Kontakte* herangezogen.

In Ergänzung zu diesen spezifischen Funktionen wurden vor allem zwei Ansichten aus dem Bereich der Gesamtübersichten verwendet. Die Darstellung der *Kalenderansicht* wurde zwar als gewöhnungsbedürftig eingeschätzt, dafür kumuliert sie sämtliche Informationen zu einem Patiententag, was im Gegenzug als sehr positiv bewertet wurde. Zudem frequentierte der Arzt häufig die Ansicht *Kontaktanzahl*, da sie – im Gegensatz zu Aktivitäts- und Mobilitätsprofil – absolute Werte liefert. Diese müssten ansonsten selbst gezählt werden, was gleichzeitig das Risiko birgt, kurze Kontakte (z. B. am Eingang) zu übersehen. Hingegen wurde die bereits in der ursprünglichen Version existierende Tageszusammenfassung nur noch selten genutzt, da die meisten Informationen auch in andere Ansichten, die sich nur auf spezielle Aspekte konzentrieren, eingehen. Lediglich das Aktivitätsprofil, das alle Kontakte eines Monats beinhaltet, wurde als sehr unübersichtlich eingestuft, sodass ein weiterer Einsatz in zukünftigen Versionen der Oberfläche äußerst fraglich ist.

Schließlich bewertete der Arzt die Menüführung und generelle Bedienung des GUI als sehr gelungen. Vor allem die weitest gehende Vermeidung von Fehlbedienungen wurde positiv hervorgehoben, da damit auch die Hemmschwelle unerfahrener Benutzer sinkt und die

Einlernphase minimiert wird. Ebenso wurde die eher zurückhaltende optische Gestaltung, wie beispielsweise die begrenzte Zahl an sichtbaren Unterpunkten im Hauptmenü, als sehr ansprechend empfunden. Analog dazu konnte die isolierte Informationsdarstellung bestimmter Teilbereiche (z. B. Hygiene) den Arzt überzeugen, da sich somit die gewünschten Fakten gezielte und ohne unnötige Distraktoren interpretieren ließen.

Ob sich damit auch schleichende bzw. krankhafte Veränderungen des Gesundheitszustandes des Patienten nachvollziehen lassen, war nicht abzuleiten, da die Patienten die Motes immer nur wenige Tage trugen. Dafür werden weitere Untersuchungen nötig sein.

8. Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein neuartiges System zur Erfassung und Auswertung von verhaltensbasierten Daten älterer Menschen konzipiert, prototypisch realisiert und Systembereiche validiert. Der Schwerpunkt lag auf dem technischen System zur Erinnerung von Verhalten welches durch Einbindung bestehender Systeme erweiterbar ist und somit auch für andere Forschergruppen von Nutzen ist. Im folgenden Absatz wird die vorliegende Arbeit zusammengefasst und im Anschluss daran ein Ausblick über den Einsatz wie mögliche Weiterentwicklungen gegeben.

8.1 Zusammenfassung

Motivation: Mit zunehmenden Alter steigt das Risiko einer Demenzerkrankung. Für eine gezielte Therapie und einer damit einhergehenden Verlangsamung des Krankheitsverlaufes ist eine frühe Anamnese von essenzieller Bedeutung. Gleichzeitig nimmt die Anzahl der Senioren in Singlehaushalten zu. Dies liegt wohl hauptsächlich in den steigenden Scheidungszahlen und den zunehmend fehlenden Betreuungsmöglichkeiten innerhalb des bestehenden Familiensystems begründet. Eine entsprechende Kontrollfunktion innerhalb der Familie ist damit seltener gegeben. Dies hat die Notwendigkeit einer externen, fachlichen Kontrolle zur Folge. Eine solche Funktion kann nur von geschulten Medizinern übernommen werden, die in der Lage sind, pathologische Prozesse frühzeitig zu erkennen. Hierzu ist die kontinuierliche Erhebung von Daten zum Verhalten erforderlich. Gegenwertig verfügen Ärzte hauptsächlich über Fragebogeninstrumente zur Diagnostik. Darüber hinaus stehen im Rahmen der Therapie medikamentöse Ansätze und Therapieansätze zur Förderung der Alltagskompetenz zur Verfügung. Im Folgenden wird der Stand der Technik von Anamnese und Therapie kurz angerissen.

Stand der Technik: Zur Diagnose von Demenzen werden aktuell Fragebögen wie der Barthel-Index zur Ermittlung der Alltagskompetenzen verwendet. Hierüber erhält der Mediziner eine subjektive Einschätzung über die Durchführung von Aktivitäten des täglichen Lebens eines Patienten in dessen jüngster Vergangenheit. Aussagen über eine kontinuierliche Beobachtung des Krankheitsverlaufes eines Patienten sind hierdurch jedoch nicht möglich. Diese Fragebögen zur Diagnostik werden allerdings im Rahmen der Verlaufsdiagnostik eingesetzt, um punktuell Daten zu erheben. Diese beziehen sich jedoch immer auf einen Erhebungszeitpunkt und stellen keinen kontinuierlich erhobenen Daten dar. Es ist demnach möglich mittels dieser Instrumente die Entwicklung einer Demenz im Vergleich zu einem vorherigen Zeitpunkt zu erkennen. Ein frühestmögliches Eingreifen etwa zum Zeitpunkt einer einsetzenden Verschlechterung in einem Teilbereich der Aktivitäten des täglichen Lebens oder eine zeitnahe Erkennung einer allgemeinen Verschlechterung des Krankheitsbildes eines Patienten ist hiermit nicht möglich.

Im Rahmen der Demenztherapie werden momentan einfache Ansätze wie Kalenderfunktionen, Merktzettel und Wecker genutzt, um Aktivitäten des täglichen Lebens zu unterstützen und zu trainieren. Diese sind jedoch nicht in der Lage, sich an die unterschiedlichen, variablen Anforderungen eines Patienten anzupassen. So kann ein Wecker etwa zur täglichen Erinnerung an die Einnahme der Medikamente genutzt werden, eine Anpassung an die aktuelle Situation des Patienten ist jedoch nicht möglich. Entsprechend kann ein solches Erinnerungssystem die bereits erfolgte Einnahme der Medikamente nicht erkennen und erinnert weiterhin daran. Zudem nutzen sich diese statischen Systeme bezüglich ihrer Erinnerungsfähigkeit ab und werden von den Patienten mit zunehmender Laufzeit oftmals ignoriert oder abgelehnt.

In der Forschung existieren gegenwärtig einerseits Untersuchungen zur automatisierten Erkennung von Alltagsaktivitäten basierend auf unterschiedlichen technischen Systemen. Das meist publizierte System dieser Art ist das HIS-System, welches über Bewegungssensoren die Position des Patienten sowie über Kontaktsensoren bestimmte Interaktionen mit Objekten erkennt. Andererseits finden Untersuchungen mit Systemen statt, welche einzelne Alltagsaktivitäten erkennen und dem Patienten kontextsensitive Erinnerungen zur Verfügung stellen. Diese unterschiedlichen Studienansätze haben jedoch gemein, dass ihr maßgebliches Ziel meist in der Weiterentwicklung des jeweiligen Algorithmus besteht.

Zielsetzung und eigener Ansatz: Ziel der Arbeit ist der Aufbau und die Validierung eines technischen Gesamtsystems, welches das Verhalten von älteren Menschen in einen geschlossenen Regelkreis einbettet. So soll neben der Erfassung der Verhaltensdaten und deren Auswertung eine Interaktion mit dem Benutzer stattfinden. Entsprechend kann von einem geschlossenen Regelkreis zwischen Erfassung, Auswertung und Interaktion gesprochen werden. Die Aktivitäten des täglichen Lebens werden hierbei durch Interaktionen mit Objekten ermittelt, welche wiederum über ein Subsystem erfasst werden, welches dem Anwender eine möglichst große Privatsphäre ermöglicht. Darüber hinaus soll das Gesamtsystem von mehreren Benutzern in einer Wohnung anwendbar sein. Eine Datenauswertung muss sowohl zeitgleich online als auch zu einem späteren Zeitpunkt offline möglich sein. Dies stellt die Basis für die Entwicklung eines Algorithmus zur automatisierten Verhaltensänderung dar, welcher jedoch nicht Gegenstand dieser Arbeit ist. Die Anforderungen an das Erinnerungssystem sind eine mögliche Interaktion mit dem Anwender sowie je nach aktuellem Verhalten kontextsensitive Erinnerungen. In Gesamtsystem soll die Zielgruppe bereits früh durch Fragebögen und Validierungen eingebunden werden. Eine weitere Anforderung an das Gesamtsystem sind eine einfache Installation sowie eine Integration bestehender Bewegungsmesssysteme.

Systementwurf und Konzept: Das auf dem bereits beschriebenen eigenen Ansatz basierende Konzept teilt das Gesamtsystem in vier Subsysteme: Erfassungseinheit, Weiterleitungseinheit, Auswertungseinheit und Interaktionseinheit. Die Erfassungseinheit ermittelt das Verhalten anhand von Interaktionen mit Objekten und Personen. Dabei wird zum einen ein Funksystem mit einstellbarer Sendereichweite verwendet, zum anderen ein RFID-Lesegerät mit kurzer Reichweite. Die jeweilige Reichweite des Funkmoduls am Objekt entspricht hierbei dem Interaktionsradius des Objekts. Es wird angenommen, dass ein von einem Anwender getragenes Funkmodul ein anders Modul nur dann erkennt, wenn der Anwender sich im Interaktionsradius des Objektes befindet. Entsprechend wird gefolgert, dass der Anwender mit dem Objekt interagiert. Die daraus erzeugten Ereignisse werden über das Weiterleitungssystem an die Auswerteeinheit weitergeleitet. Das Weiterleitungssystem stellt sicher das auch bei Gebäuden mit Funkproblemen die Auswerteeinheit gesendete Daten sicher erhält. In der Auswerteeinheit werden die Daten zu sADL verarbeitet, gespeichert und daraus notwendige Erinnerungen ermittelt. Die Erinnerungen werden wiederum über das Weiterleitungssystem an das Interaktionssystem des Anwenders gesendet und auf einem Display angezeigt.

Realisierung: Die genannten Subsysteme des Konzeptes wurden wie folgt realisiert: Die Erfassungseinheit besteht aus unterschiedlichen Modulen, welche eigens für die hier vorgestellte Arbeit entwickelt und mehrfach aufgebaut, sowie eine Produktakte erstellt und die notwendigen EMV-Tests durchgeführt wurden. Hierbei handelt es sich zum einen, um den Eventlogger, welcher auf einstellbaren Funkmodulen basiert. Zum anderen kommt der RFIDlogger zum Einsatz. Als weitere Erfassungsmodule können die bereits bestehenden Bewegungsmesssysteme Motionlogger sowie Messtextil verwendet werden. Die Weiterleitungseinheit wird über den Netzwerkumsetzer realisiert, welcher das Funksignal in ein kabelgebundenes Protokoll überführt. Dieser wurde ebenfalls im Rahmen dieser Arbeit

entwickelt und mehrfach aufgebaut, sowie eine Produktakte erstellt und die notwendigen EMV-Tests durchgeführt. Die Auswerteeinheit stellt die bereits bestehende HomeCareUnit dar. Im Zuge dieser Arbeit wurde hierfür eine Software entwickelt, welche es einem Arzt ermöglicht Daten direkt anhand des Verhaltens der Patienten zu erheben. Es sind damit Aussagen über das Gesamtverhalten eines Patienten erstmals direkt möglich und müssen somit nicht indirekt über Befragungen eventuell Dritter erhoben werden. Das Interaktionssystem wird in dieser Arbeit durch die EventloggerUhr repräsentiert, welche neben dem Eventlogger ein Display sowie Tasten zur Interaktion mit dem Anwender besitzt. Die EventloggerUhr liegt im Gegensatz zu den bereits genannten Modulen lediglich als Prototyp vor.

Validierung und Ergebnisse: Im Vorfeld der Konzeptentwicklung wurde eine Befragung der Zielgruppe zur Techniknutzung sowie den Anforderungen an ein Erinnerungssystem erfolgte mittels Fragebogen. Die hierbei erhaltenen Ergebnisse flossen in das dieser Arbeit zugrundeliegende Konzept ein. Zudem musste ein adäquates Funksystem mit einstellbarer Sendereichweite gewählt werden. Hierzu wurden zwei bestehende Systeme verglichen und das am besten geeignetste hierfür ausgewählt. Die Validierung des Eventloggersystems fand zum einen in einer gerontopsychiatrischen Tagesklinik und zum anderen in einem Einfamilienhaus mit Hilfe eines Ehepaars statt. Die hierbei gefundenen Ergebnisse lassen folgende Schlüsse zu: Das Eventloggersystem kann zur Erkennung von sADL verwendet werden und ein Arzt kann die gefundenen Tagesprofile sicher den unterschiedlichen Patienten zuordnen und hieraus ein Grundverhalten der jeweiligen Personen ermitteln. Im Rahmen der Untersuchung im Einfamilienhaus konnte gezeigt werden, dass sich das Tagesprofil einer gesunden Probandin stark von einem dementiell erkrankten Patienten unterscheidet. Des Weiteren konnten die Alltagsaktivitäten „Frühstücken“ und „auf die Toilette gehen“ erkannt werden. Darüber hinaus wurden anhand der sADLs wiederholt Tagesabläufe einer Person erkannt. Zudem wurde der RFIDlogger unter Laborbedingungen getestet, um die Alltagsaktivität „Frühstücken“ zu erkennen. Es zeigte sich, dass ein solcher Testaufbau grundsätzlich möglich ist, jedoch aufgrund der geringen Reichweite des RFID-Systems die Erkennung von Objekten eingeschränkt bleibt. Außerdem kann festgehalten werden, dass ein Arzt, aufgrund der Auswertesoftware in der Lage ist detailliertere und eine insgesamt größere Anzahl an Aussagen zum Grundverhalten verschiedener Patienten zu treffen.

8.2 Ausblick

Mit Hilfe des hier entwickelten Systems SEAV können in Zukunft Forschungen bezüglich eines möglichen automatisierten Algorithmus zur Erkennung von Verhaltensänderungen durchgeführt werden. Dies ist Wichtig, um in Zukunft älteren Menschen ein längeres selbstbestimmtes Leben zu ermöglichen. Für eine kommerzielle Vermarktung wäre eine Überarbeitung der verwendeten technischen Komponenten des SEAV jedoch anzudenken. Dies liegt in der Tatsache begründet, dass die Entwicklung dieses im Zeitraum 2010-2013 durchgeführt wurde und inzwischen technische Neuerungen stattgefunden haben. Insbesondere die inzwischen weit verbreiteten und gut erhältlichen Smartwatches scheinen hierfür geeignet. Zudem könnten die verwendeten Objekte mit Bluetooth-Low-Energy-Modulen ausgestattet werden, welche wesentlich längere Batterielaufzeiten sowie eine noch höhere Übertragungssicherheit bieten.

9. Literaturverzeichnis

- Alwan, M., Dalal, S., Mack, D., Kell, S.W., Turner, B., Leachtenauer, J., Felder, R., 2006. Impact of monitoring technology in assisted living: outcome pilot. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine* 10, 192–198. doi:10.1109/TITB.2005.855552
- Baddeley, A.D., Kopelman, M.D., Wilson, B.A., 2003. *The Handbook of Memory Disorders*. John Wiley & Sons.
- Betz, D., Cieslik, S., Dinkelacker, P., Glende, S., Hartmann, C., Klein, P., Kosinski, Da., Kött, A., Lienert, K., Lutherdt, S., Meyer, S., Mollenkopf, H., Podtschaske, B., Reichenbach, M., Schneiders, M., Schönfeld, H., Sust, C., Wallhoff, F., Zahneisen, A., 2010. *Grundlegende Anforderungen an AAL Technologien und -Systeme*.
- Bevölkerung Deutschlands bis 2060. 12. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung, 2009. Statistisches Bundesamt. Wiesbaden.
- Boger, J., Hoey, J., Poupart, P., Boutilier, C., Fernie, G., Mihailidis, A., 2006. A planning system based on Markov decision processes to guide people with dementia through activities of daily living. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine* 10, 323–333. doi:10.1109/TITB.2006.864480
- Burns, A., Greene, B.R., McGrath, M.J., O’Shea, T.J., Kuris, B., Ayer, S.M., Stroiescu, F., Cionca, V., 2010. SHIMMER #x2122; #x2013; A Wireless Sensor Platform for Noninvasive Biomedical Research. *IEEE Sensors Journal* 10, 1527–1534. doi:10.1109/JSEN.2010.2045498
- Chaminda, H.T., Klyuev, V., Naruse, K., 2012. A smart reminder system for complex human activities, in: 2012 14th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT). Presented at the 2012 14th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT), pp. 235–240.
- Chan, M., Campo, E., Estève, D., 2005. Assessment of activity of elderly people using a home monitoring system. *Int J Rehabil Res* 28, 69–76.
- Czabke, A., 2012. *VITA-Ein neuer verhaltensintegrierter telemedizinischer Ansatz*. München, Technische Universität München, Diss., 2012.
- Czabke, A., Loeschke, J., Lueth, T.C., 2011. Concept and modular telemedicine platform for measuring of vital signs, ADL and behavioral patterns of elderly in home settings. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc 2011*, 3164–3167. doi:10.1109/IEMBS.2011.6090862
- Czabke, A., Marsch, S., Lueth, T.C., 2011. Accelerometer Based Real-Time Activity Analysis on a Microcontroller, in: *Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth)*, 2011 5th International Conference on. Presented at the Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth), 2011 5th International Conference on, pp. 1–8.
- Czabke, A., Neuhauser, J., Lueth, T.C., 2010. Recognition of interactions with objects based on radio modules, in: *Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth)*, 2010 4th International Conference on. Presented at the Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth), 2010 4th International Conference on, pp. 1–8. doi:10.4108/ICST.PERVASIVEHEALTH2010.8860
- Dalton, A., Patel, S., Chowdhury, A.R., Welsh, M., Pang, T., Schachter, S., O’Laighin, G., Bonato, P., 2012. Development of a Body Sensor Network to Detect Motor Patterns of Epileptic Seizures. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* 59, 3204–3211. doi:10.1109/TBME.2012.2204990
- D’Angelo, L.T., Neuhauser, J., Zhao, Y., Lueth, T.C., 2014. SIMPLE-Use-Sensor Set for Wearable Movement and Interaction Research. *IEEE Sensors Journal* 14, 1207–1215. doi:10.1109/JSEN.2013.2294351
- Franco, G.C., Galloway, F., Berenguer, M., Mourrain, C., Couturier, P., 2008. Non-invasive monitoring of the activities of daily living of elderly people at home--a pilot study of

- the usage of domestic appliances. *J Telemed Telecare* 14, 231–235. doi:10.1258/jtt.2008.071207
- Kaduszkiewicz, H., Zimmermann, T., Beck-Bornholdt, H.-P., van den Bussche, H., 2005. Cholinesterase inhibitors for patients with Alzheimer's disease: systematic review of randomised clinical trials. *Bmj* 331, 321–327.
- Karin Böhm, Clemens Tesch-Römer, Thomas Ziese (Eds.), 2009. *Gesundheit und Krankheit im Alter, Beiträge zur Gesundheitsberichterstattung des Bundes*. Robert Koch-Institut, Berlin.
- Kassenärztliche Bundesvereinigung, 2014. *Einheitlicher Bewertungsmaßstab (EBM)*. Berlin.
- Katz, S., Ford, A.B., Moskowitz, R.W., Jackson, B.A., Jaffe, M.W., 1963. Studies of illness in the aged. The index of ADL: a standardized measure of biological and psychosocial function. *JAMA : the journal of the American Medical Association* 185, 914–9.
- Kavirajan, H., Schneider, L.S., 2007. Efficacy and adverse effects of cholinesterase inhibitors and memantine in vascular dementia: a meta-analysis of randomised controlled trials. *The Lancet Neurology* 6, 782–792. doi:10.1016/S1474-4422(07)70195-3
- Kolb, G.F., Leischker, A.H., 2009. *Medizin des alternden Menschen: Lehrbuch zum Gegenstandskatalog der neuen ÄAppO*, 1st ed. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.
- Lawton, M.P., Brody, E.M., 1969. Assessment of older people: self-maintaining and instrumental activities of daily living. *The Gerontologist* 9, 179–86.
- Lübke, N., 2002. *Hamburger Einstufungsmanual zum Barthel-Index* 1–23.
- Mader, F.H., Landendörfer, P., 2010. *Gedächtnisstörungen: Diagnostik - Behandlung - Betreuung*, 1st ed. Kirchheim + Co., Mainz.
- Mader, F.H., Riedl, B., 2014. *Allgemeinmedizin und Praxis: Anleitung in Diagnostik, Therapie und Betreuung; Facharztprüfung Allgemeinmedizin; mit 109 Tabellen; [mit Wissensportal im Internet]*, 7., vollst. überarb. und aktualisierte Aufl. ed. Springer Medizin, Berlin.
- Mahoney, F., Barthel, D., 1965. Functional evaluation: The Barthel Index. *Maryland State Medical Journal* 56–61.
- Mathie, M.J., Coster, A.C.F., Lovell, N.H., Celler, B.G., Lord, S.R., Tiedemann, A., 2004. A pilot study of long-term monitoring of human movements in the home using accelerometry. *J Telemed Telecare* 10, 144–151. doi:10.1258/135763304323070788
- Meiland, F.J.M., Bouman, A.I.E., Sävenstedt, S., Bentvelzen, S., Davies, R.J., Mulvenna, M.D., Nugent, C.D., Moelaert, F., Hettinga, M.E., Bengtsson, J.E., Dröes, R.-M., 2012. Usability of a new electronic assistive device for community-dwelling persons with mild dementia. *Aging Ment Health* 16, 584–591. doi:10.1080/13607863.2011.651433
- MEMOmessenger-Abilia [WWW Document], 2013. URL <http://www.abilia.org.uk/produkt/produkt.aspx?productgroup=1306&product=1329> (accessed 8.26.13).
- MEMOPlanner.pdf [WWW Document], 2013. URL http://www.abilia.org.uk/userfiles\2141\MEMOPlanner_110413_Exp.pdf (accessed 8.27.13).
- mem-x [WWW Document], 2008. URL http://www.mem-x.com/images/stories/docs/mem-x_a4_gb2.pdf (accessed 8.27.13).
- Menche, N., 2011. *Pflege heute: Lehrbuch für Pflegeberufe; [mit dem Plus im Web]*. Elsevier, Urban&FischerVerlag.
- Najafi, B., Aminian, K., Paraschiv-Ionescu, A., Loew, F., Bula, C.J., Robert, P., 2003. Ambulatory system for human motion analysis using a kinematic sensor: monitoring of daily physical activity in the elderly. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* 50, 711–723. doi:10.1109/TBME.2003.812189
- Nambu, M., Nakajima, K., Noshiro, M., Tamura, T., 2005. An algorithm for the automatic detection of health conditions. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine* 24, 38–42. doi:10.1109/MEMB.2005.1463394

- Neuhaeuser, J., Czabke, A., Lueth, T.C., 2011. First steps towards a recognition of ADLs with radio modules, in: 2011 13th IEEE International Conference on E-Health Networking Applications and Services (Healthcom). Presented at the 2011 13th IEEE International Conference on e-Health Networking Applications and Services (Healthcom), IEEE, pp. 225–228. doi:10.1109/HEALTH.2011.6026752
- Neuhaeuser, J., Diehl-Schmid, J., Lueth, T.C., 2011. Evaluation of a radio based ADL interaction recognition system in a day hospital for old age psychiatry with healthy probands. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2011, 1814–1818. doi:10.1109/IEMBS.2011.6090517
- Neuhaeuser, J., Gaensler, S., Kreutzer, J.F., Reimer, S.M.F., Lueth, T.C., D'Angelo, L.T., 2014. Recording proximity to everyday objects with a radio frequency identification logger while performing activities of daily living, in: 2014 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO). Presented at the 2014 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO), pp. 1856–1861. doi:10.1109/ROBIO.2014.7090606
- Neuhaeuser, J., Lueth, T.C., D'Angelo, L.T., 2013. Suitability of a common ZigBee radio module for interaction and ADL detection. Presented at the 10th International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Computing, Networking and Services.
- Neuhaeuser, J., Proebstl, D., D'Angelo, L.T., Lueth, T.C., 2012a. First application of behaviour recognition through the recording of ADL by radio modules in a home, in: 2012 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). Presented at the 2012 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), pp. 5841–5845. doi:10.1109/EMBC.2012.6347322
- Neuhaeuser, J., Wilkening, M., Diehl-Schmid, J., Lueth, T.C., 2012b. Unterschiedliche sADL Muster aufgezeichnet durch ein Interaktions-System basierend auf Funkmodulen, in: *Technik Für Ein Selbstbestimmtes Leben*. Presented at the 5. Deutscher AAL-Kongress mit Ausstellung, 24. - 25. Januar 2012, VDE, Berlin.
- Neuhaeuser, J., Wilkening, M., Diehl-Schmid, J., Lueth, T.C., 2012c. Different sADL Day Patterns Recorded by an Interaction-System Based on Radio Modules, in: *Ambient Assisted Living 5. AAL-Kongress 2012*. Springer, Heidelberg, pp. 95–105.
- Niazmand, K., Jehle, C., D'Angelo, L.T., Lueth, T.C., 2010. A new washable low-cost garment for everyday fall detection, in: 2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). Presented at the 2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), IEEE, pp. 6377–6380. doi:10.1109/IEMBS.2010.5627298
- Noury, N., Berenguer, M., Teyssier, H., Bouzid, M.-J., Giordani, M., 2011. Building an Index of Activity of Inhabitants From Their Activity on the Residential Electrical Power Line. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine* 15, 758–766. doi:10.1109/TITB.2011.2138149
- Noury, N., Herve, T., Rialle, V., Virone, G., Mercier, E., Morey, G., Moro, A., Porcheron, T., 2000. Monitoring behavior in home using a smart fall sensor and position sensors, in: *Microtechnologies in Medicine and Biology, 1st Annual International, Conference On*. 2000. Presented at the *Microtechnologies in Medicine and Biology, 1st Annual International, Conference On*. 2000, pp. 607–610. doi:10.1109/MMB.2000.893857
- O'Neill, S.A., Parente, G., Beattie, M.P., Nugent, C.D., Donnelly, M.P., McClean, S.I., Scotney, B.W., Mason, S.C., Craig, D., 2011. Assessing task compliance following reminders, in: *IET Seminar on Assisted Living 2011*. Presented at the *IET Seminar on Assisted Living 2011*, pp. 1–5. doi:10.1049/ic.2011.0026
- Reuben, D.B., Laliberte, L., Hiris, J., Mor, V., 1990. A hierarchical exercise scale to measure function at the Advanced Activities of Daily Living (AADL) level. *J Am Geriatr Soc* 38, 855–861.

- Schulze, H., 2003. MEMOS: an interactive assistive system for prospective memory deficit compensation-architecture and functionality. *SIGACCESS Access. Comput.* 79–85. doi:10.1145/1029014.1028645
- Schulze, Hendrik. (2004). MEMOS: A mobile extensible memory aid system. *Telemedicine journal and e-health : the official journal of the American Telemedicine Association.* doi:10.233-42. 10.1089/tmj.2004.10.233.
- Sim, K., Yap, G.-E., Phua, C., Biswas, J., Wai, A.A.P., Tolstikov, A., Huang, W., Yap, P., 2010. Improving the accuracy of erroneous-plan recognition system for Activities of Daily Living, in: 2010 12th IEEE International Conference on E-Health Networking Applications and Services (Healthcom). Presented at the 2010 12th IEEE International Conference on e-Health Networking Applications and Services (Healthcom), pp. 28–35. doi:10.1109/HEALTH.2010.5556555
- Staat & Gesellschaft - Bevölkerung - Bevölkerung - Statistisches Bundesamt (Destatis) [WWW Document], 2013. URL <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Indikatoren/LangeReihen/Bevoelkerung/lrbv01.html> (accessed 11.14.13).
- Stuck, A.E., Siu, A.L., Wieland, G.D., Rubenstein, L.Z., Adams, J., 1993. Comprehensive geriatric assessment: a meta-analysis of controlled trials. *The Lancet*, Originally published as Volume 2, Issue 8878 342, 1032–1036. doi:10.1016/0140-6736(93)92884-V
- Suzuki, R., Ogawa, M., Otake, S., Izutsu, T., Tobimatsu, Y., Iwaya, T., Izumi, S.-I., 2006. Rhythm of daily living and detection of atypical days for elderly people living alone as determined with a monitoring system. *J Telemed Telecare* 12, 208–214. doi:10.1258/135763306777488780
- Tyrer, H.W., Aud, M.A., Alexander, G., Skubic, M., Rantz, M., 2007. Early Detection of Health Changes In Older Adults, in: 29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2007. EMBS 2007. Presented at the 29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2007. EMBS 2007, pp. 4045–4048. doi:10.1109/IEMBS.2007.4353221
- Van den Broek, M.D., Downes, J., Johnson, Z., Dayus, B., Hilton, N., 2000. Evaluation of an electronic memory aid in the neuropsychological rehabilitation of prospective memory deficits. *Brain injury* 14, 455–462.
- Veltink, P.H., Bussmann, H.B.J., de Vries, W., Martens, W.L.J., van Lummel, R.C., 1996. Detection of static and dynamic activities using uniaxial accelerometers. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering* 4, 375–385. doi:10.1109/86.547939
- Virone, G., Alwan, M., Dalal, S., Kell, S.W., Turner, B., Stankovic, J.A., Felder, R., 2008. Behavioral Patterns of Older Adults in Assisted Living. *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on* 12, 387–398. doi:10.1109/TITB.2007.904157
- Virone, G., Noury, N., Demongeot, J., 2002. A system for automatic measurement of circadian activity deviations in telemedicine. *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on* 49, 1463–1469. doi:10.1109/TBME.2002.805452
- Voice Organizer für iPhone, iPod touch und iPad im iTunes App Store [WWW Document], 2013. URL <https://itunes.apple.com/de/app/voice-organizer/id403038835?mt=8> (accessed 9.2.13).
- Vurgun, S., Philipose, M., Pavel, M., 2007. A statistical reasoning system for medication prompting, in: *UbiComp 2007: Ubiquitous Computing*. Springer, pp. 1–18.
- Wade, T.K., Troy, J.C., 2001. Mobile phones as a new memory aid: a preliminary investigation using case studies. *Brain injury* 15, 305–320.
- WHO, 1992. The ICD-10 classification of mental and behavioural disorders. Clinical descriptions and diagnostic guidelines. WHO, Geneva.

Abbildung 1: Demographischer Wandel in Deutschland 1910-1950-2008-2060 (angelehnt an: (Statistisches Bundesamt, 2009).....	2
Abbildung 2: Konzept der Aktivitäten des täglichen Leben (nach: Kolb und Leischker, 2009)7	
Abbildung 3: Erinnerungssysteme eingeteilt in klassische und kontextsensitive Systeme	15
Abbildung 4: Klassische Systeme	15
Abbildung 5: Erhältliche Erinnerungssysteme: a) Pillenbox mit Timer (MEMO2002), b) Diktiergerät mit Timer (MEM-X), c) Diktiergerät mit Timer (MEMOmessenger), d) Digitaler Kalender (MEMOplanner)	16
Abbildung 6: Erinnerungssystem zur Medikamenteneinnahme	17
Abbildung 7: Erinnerungssystem von komplexen, zusammenhängenden Aktivitäten.....	18
Abbildung 8: Personen- und Tätigkeitsabhängiges Erinnerungssystem von Si et al. (2007) ..	19
Abbildung 9: Erinnerungen ohne Tätigkeiten zu unterbrechen von Du et al. (2008).....	20
Abbildung 10: Erkennung der Aktivität Händewaschen.....	21
Abbildung 11: Fehlerhafte Ablaufferkennung	22
Abbildung 12: System zur Ermittlung und Auswertung von Verhalten (SEAV).....	25
Abbildung 13: Gesamtkonzept bestehend aus den vier Subsystemen 1) Systeme zur Erfassung des Verhaltens, 2) System zur Weiterleitung der Daten, 3) System zur Auswertung der Daten 4) System zur Interaktion mit dem Anwender	28
Abbildung 14: Systeme zur Erfassung des Verhaltens; links Einordnung; rechts Möglichkeiten der Ermittlung (Beschleunigung und Interaktion mit Objekten)	29
Abbildung 15: Zustand 1 Funkmodule a und b erkennen sich nicht.....	30
Abbildung 16: Zustand 2 Funkmodul b erkennt a.....	30
Abbildung 17: Zustand 3 beide Funkmodule a und b erkennen sich gegenseitig.....	30
Abbildung 18: Statischer Aufbau der passiven Sendeeinheit (1): 17) Funkmodul, 15) Mikrocontroller, 13) Stromversorgung mit Akku	31
Abbildung 19: Statischer Aufbau der aktiven Sendeeinheit (2): 17) Funkmodul, 15) Mikrocontroller, 13) Stromversorgung mit Akku	31
Abbildung 20: Komponenten des <i>RFIDloggers</i> (11) bestehend aus: 13)Akku, 15) Mikrocontroller, 19) RFID-Leser, 17) Funkmodul.....	32
Abbildung 21: Dynamisches Verhalten der <i>passiven Eventlogger</i>	32
Abbildung 22: Dynamisches Verhalten der <i>aktiven Eventlogger</i>	32
Abbildung 23: System zur Weiterleitung der Daten links) Einordnung, rechts) Komponenten des Systems.....	33
Abbildung 24: Verbindungen der einzelnen Komponenten mit dem System zur Weiterleitung der Daten (gestrichelte Line: Funkverbindung; durchgezogene Line: LAN bzw. Powerline Verbindung über Kabel).....	34
Abbildung 25: Netzwerkmsetzer, bestehend aus: Stromstecker (31), optionale USB Ladebuchse(32), Netzteil (33), Recheneinheit (35), Funkmodul (37), und Netzwerkanschluss (38) sowie einer Strombuchse (39) links als Steckerversion, rechts als Box.....	34
Abbildung 26: Dynamischer Ablauf des Systems zur Weiterleitung der Daten "Netzwerkmsetzer".....	35
Abbildung 27: System zur Auswertung der Daten; links) Einordnung; rechts) Basisstation	35
Abbildung 28: Erinnerungskonzept Aufbau und Ablauf	40
Abbildung 29: Tagesübersicht und Detailansicht des Kalenders.....	41
Abbildung 30 Erinnerungsstufe 1 (links) und 2 (rechts).....	42
Abbildung 31: Ablaufdiagramm Erinnerungsprozess.....	43
Abbildung 32: Basisstation (HomeCareUnit) bestehend aus: Display (41), mit Anzeige von Symbolen (46), Tagesauswertungen (49) und Terminkalender (40), die über eine Benutzerinteraktion (51) gesteuert werden können; Stromanschluss (43) sowie Recheneinheit (45), Netzwerk (48) und Lautsprecher (47)	44

Abbildung 33: Dynamischer Ablauf des Systems zur Auswertung und Speicherung der Daten	45
Abbildung 34: Allgemeiner Tagesablauf mit Erinnerungspriorisierung.....	46
Abbildung 35: System zur Interaktion mit dem Anwender; links) Einordnung; rechts) Uhr als Beispiel.....	47
Abbildung 36: Statischer Aufbau der <i>EventloggerUhr</i> (2): 27) Funkmodul, 6,10) Empfangene Daten, 7) gesendete Daten, 21) Display, 22) Lautsprecher, 27) Speicherkarte, 23) Spannungsversorgung mit Akku und Induktionsladung, 25) Mikrocontroller, 24) Taster, 51) Userinteraktion, 26) Beschleunigungssensor	48
Abbildung 37: Dynamischer Ablauf der Uhr mit Interaktion des Nutzers	49
Abbildung 38: Statischer Aufbau und Prozesse des Erinnerungssystems: 1) passive Sendeeinheit (Eventlogger), 2) getragene Uhr (<i>EventloggerUhr</i>), 3) Netzwerkumsetzer, 4) Basisstation(HomeCareUnit), 5) Anwender, 6) ID versendet über Funk, 7) ID weitergeleitet via Funk, 8) ID weitergeleitet über LAN, 9) Erinnerung über LAN, 10) Erinnerung über Funk weitergeleitet.	50
Abbildung 39: Dynamische Abläufe des Gesamtsystems.....	51
Abbildung 40: Hardwarekomponenten des <i>Eventloggers</i>	52
Abbildung 41: Platine des <i>Eventloggers</i> zusammen mit Akku sowie Fertig im Gehäuse.....	53
Abbildung 42: Koffer mit <i>Eventloggern</i> , Bedienungsanleitung und Kurzanleitungen.....	54
Abbildung 43: Programmablauf für <i>Eventlogger</i> mit unbeweglichen Objekten mit Dauerstromversorgung	55
Abbildung 44: Programmablauf für <i>Eventlogger</i> mit Akkuversorgung und Bewegungsinterrupt	56
Abbildung 45: Aufbau der versendeten Pakete.....	56
Abbildung 46: Hardwarekomponenten des <i>RFIDloggers</i>	58
Abbildung 47: Sandwichtaufbau des <i>RFIDloggers</i>	58
Abbildung 48: Gehäuse des <i>RFIDloggers</i> links) getragen, rechts) anlegen	59
Abbildung 49: <i>RFIDlogger</i> als fertiges Produkt sowie die fünf aufgebauten Prototypen	59
Abbildung 50: Softwareablauf des <i>RFIDloggers</i>	60
Abbildung 51: Hardwarekomponenten der Uhr.....	61
Abbildung 52: Explosionszeichnung der Uhr: Gehäuseteil mit Bildschirmausschnitt (1), Gehäuseteil mit Akku (2), Armband (3), Platine (4), Akku (5), Bildschirm (6), Lautsprecher (7), Induktionsladespule (8)	61
Abbildung 53: Funktionsprototyp der <i>EventloggerUhr</i>	62
Abbildung 54: Ablaufdiagramm <i>EventloggerUhr</i>	62
Abbildung 55: Tätigkeitssymbole mit Beschreibung.....	64
Abbildung 56: Hardwarekomponenten des Netzwerkumsetzers	65
Abbildung 57: Netzwerkumsetzer, Gehäuse sowie Platine	66
Abbildung 58: Koffer des Netzwerkumsetzers mit Bedienungsanleitung sowie Kurzanleitungen	67
Abbildung 59: Dynamischer Ablauf des Netzwerkumsetzers unterteilt in die drei Bereiche Funkmodul, Netzwerkmodul und Stromumsetzer	68
Abbildung 60: Menü-Struktur der <i>Eventlogger</i> -Visualisierung.....	70
Abbildung 61: Ansichten der <i>Gesamtübersichten: Tageszusammenfassung, Kalenderansicht</i>	70
Abbildung 62: Ansichten der <i>Gesamtübersichten: Kontaktanzahl und Aktivitätsprofil</i>	71
Abbildung 63: Ansichten der <i>Sozialen Kontakte: Beziehungsintensität und Parallele Kontakte</i>	71
Abbildung 64: Ansichten von Hygiene: Kontaktdauer Hygieneobjekte, Aktivitätsprofil Hygiene, Sequenzen Hygiene	72
Abbildung 65: Ansichten der Mobilität: Wegstrecken, Mobilitätsprofil	72
Abbildung 66: Ansichten der Mobilität: Verweildauer je Raum, Aufenthalte außer Haus	73

Abbildung 67: Umfrageergebnisse zu technischen Systemen	75
Abbildung 68: Umfrageergebnisse zur Trageweise eines technischen Systems.....	75
Abbildung 69: Umfrageergebnisse zum Aufladen und zur Datenübertragung zum Arzt.....	76
Abbildung 70: Versuchsaufbau 1: Empfangsfunkmodul (1), Sendefunkmodul (2), Stativ(3), Abstand x (5) und Verbindungskabel (5) mit Rechner (6) (entnommen aus: Neuhaeuser et al., 2013).....	77
Abbildung 71: Versuchsaufbau 2 „realistische Versuchsbedingungen“: Sendemodul (1) mit Befestigung(3) an der Wand (2); Testperson (4) mit Empfängermodul (5); gemessener Abstand (8) Verbindungskabel (6) mit Rechner (7) (entnommen aus: Neuhaeuser et al., 2013)	77
Abbildung 72: Freifeldversuch, gemessene Reichweite bei unterschiedlichen Sendestärken; grün voller Empfang (>90%), gelb: teilweise Empfang, rot: kein Empfang (0%) (entnommen aus: Neuhaeuser et al., 2013)	78
Abbildung 73: Versuch bei „realistischer Umgebung“ Gemessene Reichweite des NanoLOC- Moduls bei unterschiedlichen Sendestärken; grün voller Empfang (>90%), gelb: teilweise Empfang, rot: kein Empfang (0%) (entnommen aus: Neuhaeuser et al., 2013)	78
Abbildung 74: Versuch bei realistischer Umgebung; Gemessene Reichweite des Zigbee- Moduls bei unterschiedlichen Sendestärken; grün voller Empfang (>90%), gelb: teilweise Empfang, rot: kein Empfang (0%) (entnommen aus: Neuhaeuser et al., 2013)	79
Abbildung 75: geschätzte Reichweiten der fest installierten <i>Eventlogger</i> in der Tagesklinik (entnommen aus: J Neuhaeuser et al., 2011).....	80
Abbildung 76: Erkennung des Events E mit Beginn k_{on} und Dauer $k_{off} - k_{on}$ (entnommen aus: J Neuhaeuser et al., 2011).....	81
Abbildung 77: Zusammenfassung Proband 5 in der Tagesansicht (entnommen aus (Neuhaeuser et al., 2012c).....	82
Abbildung 78: Tagesprofil Proband 5 in der Detailansicht sowie ein vergrößerter Ausschnitt (Entnommen aus: (Neuhaeuser et al., 2012c)	83
Abbildung 79: Sensitivität und Spezifität mit „gefüllten Erkennungslücken“ $<x$ (entnommen aus: J Neuhaeuser et al., 2011).....	85
Abbildung 80: Grundriss der Wohnung mit installierten Sensoreinheiten und deren Sendebereichen (entnommen aus: (Neuhaeuser et al., 2012a).....	89
Abbildung 81: Installationsbeispiele der stationären Sensoreinheiten: für Interaktionen TV (1), Ladestation (2), für Interaktion Gang (3), für Interaktion Bett (4), für Interaktionen Waschbecken und Badezimmer (5), Probandin bei der Nutzung der Ladestation (6).....	90
Abbildung 82: Beispiel eines Interaktionsmusters für „Frühstück“ der Frau vom 10.Juni (nach (Neuhaeuser et al., 2012a))	91
Abbildung 83: Beispiel für ein Muster der Toilettennutzung der Frau vom 25 (nach (Neuhaeuser et al., 2012a))	91
Abbildung 84: Beispielhafte Tagesaufzeichnung der Frau vom 10.07.2011 mit ausschließlichem Aufenthalt in der Wohnung (nach (Neuhaeuser et al., 2012a)).....	94
Abbildung 85: Beispielhafte Tagesaufzeichnung der Frau vom Montag den 25.07.2011 der sich als Washtag und durch Aufenthalt größtenteils außerhalb der Wohnung auszeichnet (nach (Neuhaeuser et al., 2012a))	95
Abbildung 86: Beispiel der aufbereiteten Daten eines Probanden. Die vom RFIDlogger automatisch erfassten Daten sind gefüllt dargestellt, die Daten des Protokolls sind ungefüllt in grau dargestellt. (entnommen aus: (Neuhaeuser et al., 2014)).....	99

Anhang A: Fragebogen zur Angehörigenbefragung

Fragen zu Technik

1. Sind Sie an einem technischen System interessiert, das dazu gedacht ist, die Selbstständigkeit eines demenziell Erkrankten zu unterstützen und länger zu erhalten?

ja nein

2. Kennen oder nutzen Sie solche Systeme oder Produkte?

(Dazu zählen alle Arten von Technik, etwa auch Nachlichter oder Handys zur Ortung)

ja, ich habe davon gehört ja, ich nutze/habe genutzt nein

Von welchem System haben Sie gehört?

Würden Sie dieses gerne benutzen wollen und warum?

Was nutzen Sie? Welche Erfahrung haben Sie damit gemacht?

3. Es soll ein technisches System entwickelt werden, das individuell angepasste Hilfestellungen in der eigenen Wohnung anbietet. Dieses System müsste die Tätigkeiten und Aufenthaltsorte einer Person erkennen. Die dazu nötigen Aufnahmen werden von einem Computer ausgewertet und erst die Ergebnisse können von Personen betrachtet werden. Welches Aufnahmesystem käme für Sie in Frage:

(Mehrfachnennungen sind möglich)

- mehreren Videokamera
- mehreren Mikrofone
- mehreren Infrarotsensoren (Körperwärme)
- mehreren Sensoren und ein am Körper getragener Sensor

Was müsste dieses technische System können?

4. Würden es Ihnen/Ihrem erkranktem Angehörigem helfen:

(Mehrfachnennungen sind möglich)

- schleichende Veränderungen im Verlaufe der Krankheit frühzeitig zu erkennen?
- wenn Ihr Arzt über den Tagesablauf ihres Angehörigen Bescheid wüsste?
- wenn Sie einen Notruf erhalten würden, falls Ihr Angehöriger Hilfe benötigt?
- wenn Ihr Angehöriger durch ein technisches System wieder mehr Tätigkeiten selbstständig machen könnte?
- wenn Ihr Angehöriger über ein System seinen Tagesablauf gestalten könnte?
- wenn das System ihren Angehörigen an einem nicht gewünschten Verlassen des Hauses hindern würde?
- wenn ihr Angehöriger einen Überblick über die Aktivitäten hätten, die er über den Tag getan hat?

5. Wie denken sie würde Ihr Angehöriger einen kleinen Sensor am Körper tragen wollen?

(Mehrfachnennungen sind möglich)

- als Armband
- zum Umhängen
- am Gürtel befestigt
- lose, zum Beispiel in der Hosentasche
- in ein Kleidungsstück eingenäht

6. Wie oft wären Sie/Ihr Angehöriger bereit das technische System aufzuladen?

(ähnlich einem Mobiltelefon)

- täglich
- mehrmals pro Woche
- einmal pro Woche
- einmal im Monat

7. Wie würden Sie gerne daran erinnert werden, das Gerät wieder aufzuladen?

(Sie können mehrere Möglichkeiten ankreuzen)

- durch tägliches Aufladen
- Signaltöne (zum Beispiel piepen, wenn es fast leer ist)
- Anzeigen des Ladezustandes über Balken wie beim Mobiltelefon
- durch ein blinkendes Licht
- es kann selbst, nach eigenem Wunsch, aus genannten Möglichkeiten gewählt werden

8. Denken Sie Ihr Angehöriger wäre in einer frühen Phase der Erkrankung mit einem solchen System zurechtgekommen?

- ja
- nein

Bitte begründen Sie Ihre Antwort:

9. Ist es für Sie/Ihren Angehörigen in Ordnung wenn die gesammelten Informationen an eine Vertrauensperson (Hausarzt) übertragen werden?

- ja
- nein

Wenn ja, würden Sie diese Übertragung gerne jedes Mal durch einen Knopfdruck erlauben?

- ja, habe Sicherheitsbedenken
- nein, soll automatisch funktionieren

10. Was wäre für Sie ein Ausschlusskriterium ein technisches System anzuschaffen?

(Bitte kreuzen sie die am meisten zutreffenden Antworten an. Mehrere sind möglich.)

- Kosten
- zu viele Veränderungen in der Wohnung
- hoher Zeitaufwand für die Betreuung des Systems
- Akku mehrmals pro Woche Aufladen
- Sie müssen selbst dafür sorgen, dass der demenziell Erkrankte einen Sensor bei sich trägt
- geringe Zuverlässigkeit