

LivingCare

Ein autonom lernendes Automatisierungssystem für nachhaltiges und altersgerechtes Wohnen

Schlussbericht nach NKBF98

Förderkennzeichen:	16SV7205
Zuwendungsempfänger:	Leuphana Universität Lüneburg
Ausführende Stelle:	Institut für Verteilte Autonome Systeme und Technologien
Laufzeit des Vorhabens:	01.03.2015 – 31.08.2018

Autoren:

M.Sc. Sebastian Müller

Prof. Dr.-Ing. Ralph Welge

Inhaltsverzeichnis

I. Kurzdarstellung	7
1 Aufgabenstellung.....	7
2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde.....	9
3 Planung und Ablauf des Vorhabens	15
3.1 AP 1: Anforderungsanalyse & Systemarchitektur	16
3.2 AP 2: Technische Plattform	18
3.3 AP 3: Umsetzung der Anwendungsszenarien	20
3.4 AP 4: Sensorik	21
3.5 AP 5: Projektkoordination & Querschnittsthemen.....	23
3.6 AP 6: Evaluation & Feldstudie	24
II. Eingehende Darstellung.....	27
1 Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses.....	27
1.1 AP 1: Anforderungsanalyse & Systemarchitektur	27
1.2 AP 2: Technische Plattform	74
1.3 AP 3: Umsetzung der Anwendungsszenarien	139
1.4 AP 4: Sensorik	139
1.5 AP 5: Projektkoordination & Querschnittsthemen.....	140
1.6 AP 6: Evaluation & Feldstudie	149
2 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	156
3 Voraussichtlicher Nutzen	156
4 Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen.....	157
5 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses.....	158
6 Literaturverzeichnis.....	159
III. Anhang.....	160
1 Anhang zu AP 5 (Kapitel II.1.5).....	160

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Datenflüsse im Projekt LivingCare	65
Abbildung 2: Struktur der SmartHome Service Platform	76
Abbildung 3: Ablaufdiagramm Sequence Mining mit dem SPADE-Algorithmus	82
Abbildung 4: Ablaufdiagramm Regression/Klassifikation mit Neuronalen Netzen	83
Abbildung 5: Ablaufdiagramm Clustering mit dem K-Means-Algorithmus	83
Abbildung 6: Ablaufdiagramm Clustering mit dem DBSCAN-Algorithmus	84
Abbildung 7: Ablaufdiagramm Klassifikation mit dem Naive-Bayes-Algorithmus	84
Abbildung 8: Ablaufdiagramm Itemset-Mining mit dem Apriori-Algorithmus	85
Abbildung 9: Ablaufdiagramm Regression/Klassifikation mit dem RandomForest-Verfahren	85
Abbildung 10: Ablaufdiagramm Klassifikation/Regression mit dem CART-Verfahren	86
Abbildung 11: Ablaufdiagramm Klassifikation mit Support Vector Machines	86
Abbildung 12: Data Mining Algorithmen und ihre Lösungsklassen	87
Abbildung 13: Implementierung der Markov-Kette als UML-Klassendiagramm	98
Abbildung 14: Implementierung des Verhaltensmodells und des Markov-Entscheidungsprozesses als UML-Klassendiagramm	99
Abbildung 15: Grundriss der Räumlichkeiten mit Sensoren.	113
Abbildung 16: Fehler im TrackingService bei 15s Totzeit	114
Abbildung 17: Fehler im TrackingService bei 2s Totzeit	114
Abbildung 18: Grundriss und Sensoren/Aktoren für Experiment II	115
Abbildung 19: Grundriss der Räumlichkeiten mit Sensoren.	120
Abbildung 20: ToDo	123
Abbildung 21: ToDo	124
Abbildung 22: ToDo	124
Abbildung 23: ToDo	125
Abbildung 24: ToDo	125
Abbildung 25: ToDo	126
Abbildung 26: Ziel-/Reward-Funktion	130
Abbildung 27: Wertfunktionsapproximation laut neuralnet	130
Abbildung 28: Heizkurve laut neuralnet	131
Abbildung 29: Approximation der Wertefunktion des Heizproblems durch einen Regressionsbaum	132
Abbildung 30: Die optimale Aktion (Solltemperatur) pro Tageszeiteinheit (10min-Intervall) laut Regressionsbaum	132
Abbildung 31: Komplexere Heizkurve, wie sie häufig in Badezimmern zu finden ist	133
Abbildung 32: Solltemperatur nach RPART unter Greedy Policy	133
Abbildung 33: Aktualisierte Policy aus einer Mischung von ursprünglichen und längeren, wärmeren Heizperioden	134
Abbildung 34: Zweites Update des Regressionsbaums	135
Abbildung 35: Greedy-Verhalten nach Update mit gewichteten Instanzen	136
Abbildung 36: Ausgangs-Zeittabelle	137
Abbildung 37: Zeittabelle nach einmaligem Eingriff.	137
Abbildung 38: Zeittabelle nach drei Eingriffen.	137
Abbildung 39: Zeittabelle nach drei Eingriffen und höherer Gewichtung der manuellen Daten.	137
Abbildung 40: Informationsflyer für das Projekt LivingCare	141
Abbildung 41: Verteilungen nach Alter und nach Geschlecht	145

<i>Abbildung 42: Startseite des Online-Shops</i>	161
<i>Abbildung 43: Themenseite zum gesunden Schlafen, Teil 1</i>	162
<i>Abbildung 44: Themenseite zum gesunden Schlafen, Teil 2</i>	163
<i>Abbildung 45: Themenseite zur Sicherheit</i>	164
<i>Abbildung 46: Themenseite zur Blutdruckmessung</i>	165
<i>Abbildung 47: Produktbeschreibung der Schlaf-, Puls- und Fitness-Uhr - Fitbit Charge 2</i>	165
<i>Abbildung 48: Produktbeschreibung des Notrufknopfs Moni</i>	165
<i>Abbildung 49: Produktbeschreibung des Blutdruckmessgeräts iHealth BP7 S</i>	165
<i>Abbildung 50: Produktbeschreibung der Körperanalyse-Waage iHealth CORE HS6</i>	165

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Notfallassistenzsystem</i>	27
<i>Tabelle 2: Bedürfnisgerechtes Raumklima</i>	29
<i>Tabelle 3: Bewegungssensitive Alarmanlage</i>	31
<i>Tabelle 4: Fernwartbare AAL-Komponenten</i>	34
<i>Tabelle 5: Bedürfnisgerechte Beleuchtung</i>	35
<i>Tabelle 6: Geräteabschaltung</i>	37
<i>Tabelle 7: Intelligenter Apothekenschrank</i>	39
<i>Tabelle 8: Visuell-akustisches Telefonklingeln</i>	41
<i>Tabelle 9: Briefkastensensor</i>	42
<i>Tabelle 10: Benutzbarkeit (Verständlichkeit, Erlernbarkeit, Bedienbarkeit)</i>	44
<i>Tabelle 11: Zuverlässigkeit (Systemreife, Wiederherstellbarkeit, Fehlertoleranz)</i>	44
<i>Tabelle 12: Aussehen und Handhabung - Doppellichtschränke</i>	45
<i>Tabelle 13: Aussehen und Handhabung - Decken-Präsenzmelder</i>	46
<i>Tabelle 14: Selbstlernendes Systemverhalten</i>	46
<i>Tabelle 15: Transparenz des Systemverhaltens (Kontrollierbarkeit)</i>	47
<i>Tabelle 16: Korrektheit (Ergebnisse fehlerfrei)</i>	47
<i>Tabelle 17: Antwortzeiten</i>	49
<i>Tabelle 18: Ressourcenbedarf</i>	50
<i>Tabelle 19: Stabilität</i>	51
<i>Tabelle 20: Erweiterbarkeit</i>	52
<i>Tabelle 21: Installierbarkeit</i>	53
<i>Tabelle 22: Austauschbarkeit</i>	54
<i>Tabelle 23: Wartbarkeit</i>	54
<i>Tabelle 24: Informationssicherheit</i>	55
<i>Tabelle 25: Konformität</i>	56
<i>Tabelle 26: Systemvoraussetzungen</i>	57
<i>Tabelle 27: Kennzahlen für die Kampagnen mit Fitbit Charge 2 und Notrufknopf MONI</i>	144
<i>Tabelle 28: Kennzahlen für die beiden Zielgruppen beim Notrufknopf MONI</i>	144
<i>Tabelle 29: Die erfolgreichsten Keywords bei Fitbit Charge 2</i>	145
<i>Tabelle 30: Die erfolgreichsten Keywords beim Notrufknopf MONI</i>	146
<i>Tabelle 31: Zuordnung der Klicks bei Fitbit Charge 2 zu den Anzeigengruppen</i>	146
<i>Tabelle 32: Use-Cases je Komponente</i>	150

I. Kurzdarstellung

1 Aufgabenstellung

Das Profil moderner Hausautomationssysteme (HA-Systeme) wird sich grundlegend ändern. Klassische, eher auf die einzelne Wohnung ausgerichtete Kundennutzen wie komfortorientierte Wohnungssteuerung und Steigerung der Energieeffizienz müssen um Anforderungen aus der Energiewirtschaft und insbesondere aus dem Pflege- und Gesundheitswesen ergänzt werden. Während der Betrieb der HA innerhalb intelligenter Versorgungsnetze noch ökonomischer und regulatorischer Maßnahmen bedarf, wurde das Potenzial innovativer HA als technisches Instrument zur Unterstützung familiärer und institutioneller Pflegeprozesse im häuslichen Umfeld bereits belegt. HA-Systeme können für ältere, alleinlebende Menschen ein wesentliches Instrument der Lebensvereinfachung sein. HA-Systeme weisen aber auch das Potenzial auf, deutschen Herstellern weltweit eine Spitzenposition innerhalb eines strategischen Wachstumsmarkts einzuräumen, wenn es um Technologien zur Bewältigung des demographischen Wandels geht. Unser Schwerpunkt liegt auf dem Wohnungsmarkt. Während im Bereich der gewerblichen, nicht bewohnten Zweckbauten in Deutschland ein konjunkturabhängiger Sanierungs- und Anpassungsbedarf beobachtet werden kann, wird die Anzahl der Privathaus-halte und der Wohnungsbestand trotz einer sinkenden Wohnbevölkerung kontinuierlich steigen. Im Jahr 2020 wird es ca. 20 Mio. Wohnungen in Ein- und Zweifamilienhäusern sowie etwa 20,6 Mio. Wohnungen in Mehrfamilienhäusern geben, bei einer Neubauquote von nur ca. 0,4% pro Jahr. Die in diesem Projekt eingeschlagene Fokussierung auf die Automatisierung bewohnter Immobilien ist damit gut begründet, birgt allerdings besondere Herausforderungen. Während im Zweckbau Funktionen wie bspw. HLK (Heizung, Lüftung, Klima), Lichttechnik und Sicherheit in unterschiedliche Gewerke aufgeteilt werden können, müssen Hausautomationssysteme der Zukunft aus Gründen der geringen Kostenakzeptanz beim Privatkunden eine Vielzahl sich über die Lebenszeit des Nutzers und seinen individuellen Präferenzen hinweg verändernde Anwendungsfälle in integrierter Form abdecken:

- **Assistenz im Alter / Prävention:** Die wohl zentrale Herausforderung liegt in der Lösung von Problemen, die mit dem demografischen Wandel einhergehen werden: Die Anzahl der älteren Menschen, die in ihrer häuslichen Umgebung weiterleben wollen und werden, wird signifikant steigen. Es ist davon auszugehen, dass die Pflege, hausärztliche und klinische Versorgung allein zuhause lebender, älterer Menschen zukünftig eine gesellschaftliche Herausforderung sowohl in finanzieller Hinsicht wie auch in Bezug auf Betreuungskräfte darstellen werden, die ohne eine adäquate technologische Hilfe nicht zu meistern ist. Hausautomationssysteme werden eine zentrale Rolle einnehmen, wenn es darum

geht, Menschen mit Mobilitäts- oder Wahrnehmungs-einschränkungen einen an die individuelle Situation angepassten Zugriff auf die Umgebung sowie teil- bzw. vollautonome assistive Dienste bereitzustellen. HA-Systeme werden vor der Herausforderung stehen, heute noch artfremd erscheinende Komponenten der Telemedizin integrieren und übergreifende Dienste bereitstellen zu müssen, wie bspw. Verhaltensmonitoring (Bestimmung der Activities of Daily Living und deren Änderung über die Zeit) und Mobilitätsmonitoring zur Sturzprävention sowie Einbindung von Hausnotruforganisationen, Angehörigen oder Nachbarn. Von besonderer Bedeutung ist dabei die Förderung des lokalen sozialen Netzes (u.a. die gegenseitige Nachbarschaftshilfe) durch die Wohnungs-/Haus-übergreifende Vernetzung der HA-Systeme.

- **Komfort / Sicherheit:** In jüngeren Lebensjahren stehen primär Steuerungs- und Komfortfunktionen (z. B. intelligente ambiente Lichtsteuerungsszenarien) im Vordergrund. Als Problem ist hier die mangelnde Interoperabilität zu IP-basierten Unterhaltungstechnologien zu sehen. Bedingt durch das Internet als Auslöser konvergenter Technologieentwicklungen ist darüber hinaus damit zu rechnen, dass HA-Hersteller auch klassische Sicherheitsszenarien (Schutz der Bewohner vor unbefugtem Eindringen, Lokalisierung von Personen, Unterscheidung zwischen Menschen und Haustieren, Information über kritische technische Zustände wie Wasseraustritt, Entlüftung, Gas, etc.) anbieten müssen.
- **Energieeffizienz:** Ein weiterer, heute schon beachteter Bereich liegt in Maßnahmen der Energieeffizienz. Ausgehend von der Tatsache, dass im Wohnbereich etwa 77% der aufzuwendenden Energie für dezentrale Raumwärme veranschlagt werden muss, wird das Optimierungspotenzial deutlich, das zusätzlich zu baulichen, zum Teil kostenintensiven Maßnahmen wie Dämmung und Heizungsmodernisierung, erreicht werden kann. Wesentliche Verbesserungen sind hier von der Einbeziehung IP-basierter Datenquellen (z. B. Webservices zur Wettervorhersage, Outdoor-Lokalisierung der Bewohnerin /des Bewohners per Smartphone) in Prädiktionsalgorithmen zu erwarten, die in der Lage sind, Nutzergewohnheiten zu erlernen und vorausschauend zu steuern. Zu berücksichtigen ist auch, dass ein großer Teil des Gebäudebestandes sich nicht durch Dämmung, sondern nur durch technische Maßnahmen in der Effizienz verbessern lässt.

Bei Hausautomationssystemen für Privatkunden liegt der Schwerpunkt darüber hinaus ganz überwiegend auf Lösungen, die eine Nachrüstung im Bestandsbau ohne kompletten Austausch der Elektroinstallation erlauben, sowie insgesamt auf eher preisgünstigen Lösungen. Darüber hinaus gibt es einen erheblichen Bedarf nach vereinfachten Konfigurations- und Bedienkonzepten, die eine Konfiguration/Programmierung des Systems durch den Endkunden sowie eine Nutzung von HA-Systemen auch durch Menschen mit geringer Technikaffinität und Technikerfahrung ermöglichen.

2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Die Hausautomation fokussiert als Teilbereich der Gebäudeautomation insbesondere auf die Gegebenheiten privater Wohnumgebungen und die speziellen Bedarfe der Bewohner. Die Einsatzgebiete der Sensoren und Aktoren liegen hierbei vorwiegend in den Bereichen Beleuchtung, Verschattung und HLK-Regelung (Heizung, Lüftung, Klima), im Schutz von Personen und Besitz, vor böser Absicht, Unachtsamkeit und höherer Gewalt sowie in der Energieeinsparung. Die existierenden Systeme lassen sich grob in festverdrahtete oder funkbasierte Lösungen unterscheiden. Im ersten Fall erfolgt die Kommunikation kabelgebunden über einen Bus. Als Standards hierfür sind u. a. KNX, LonWorks und BACnet zu nennen. Im Falle von funkbasierten Lösungen sind keine baulichen Eingriffe bei der Installation erforderlich, sodass sich diese Lösungen für Bestandswohnungen eignen. Auch die höhere Flexibilität bezüglich der Platzierung von Sensoren und Aktoren sowie der Erweiterung des Systems spricht für die funkbasierte Variante. Verbreitete Funkstandards sind ZigBee, Z-Wave, EnOcean und KNX RF. Daneben haben sich weitere herstellerspezifische Funklösungen im Markt etabliert. Hierzu zählen u. a. das FS20-Funkschaltsystem und HomeMatic, beide von der Firma eQ-3, sowie Gira Funkbus und Moeller Xcomfort. Darüber hinaus zu nennen ist die aus dem E-Energy-Bereich stammende EEBus-Initiative (<http://www.eebus.org>), die eine einheitliche, XML-basierte Schnittstelle für den Zugriff auf Komponenten der Hausautomation über verschiedene Standards definiert.

Bisherige Hausautomationssysteme – unabhängig ob sie festverdrahtet oder als Funksystem ausgeführt sind – erfordern eine Inbetriebnahme meist durch einen qualifizierten Systemintegrator oder einen entsprechend ausgebildeten Installateur. Dabei werden die Produkte zunächst physikalisch installiert, was bei festverdrahteten System aufwendiger ist als bei funkvernetzten Systemen. Danach müssen die verschiedenen Komponenten eines Systems miteinander verbunden werden, die detaillierte Funktion muss festgelegt werden (z. B. welcher Aktor reagiert auf welchen Sensor, wie reagiert der Aktor einschaltend, ausschaltend, verzögert, aber auch die Zeitprogramme werden konfiguriert). Dieser Vorgang erfolgt durch eine separate Software, die eine komplexe Bedienung und Programmiersprache aufweist. In einzelnen Funksystemen, z. B. HomeMatic von eQ-3, sind zusätzlich vereinfachte Inbetriebnahmeverfahren hinterlegt, mit denen die Verbindung der verschiedenen Sensoren und Aktoren untereinander durch einfachen Tastendruck an den Geräten erfolgen kann.

Jedoch legt in jedem Falle der Systemintegrator/Installateur zusammen mit dem Auftraggeber die Regeln fest, nach denen die HA arbeitet. Dieses Regelsystem kann nachträglich verändert werden, aber auch die Veränderung erfordert einen erneuten Einsatz eines Systemintegrators/Installateurs. Regelbasierte Systeme reagieren nur in vorherbestimmtem Maß auf Veränderungen der Lebenssituation und werden vom Nutzer daher oft als unbefriedigend und wenig flexibel empfunden. Ihnen fehlt die Lernfä-

higkeit, mit der sich das System auf das Verhalten des Nutzers einstellt, z. B. indem häufig wiederkehrende, manuelle Stellbefehle des Nutzers als Änderungen ins Regelwerk einfließen.

1.4.2 Plattformen und Planungswerkzeuge für elektronische Dienstleistungen im häuslichen Umfeld

Seit einigen Jahren werden technische Assistenzsysteme in häuslichen Umgebungen erforscht, die älteren Menschen mit Hilfe geeigneter elektronischer Dienstleistungen ein möglichst langes selbstbestimmtes Leben in ihrer gewohnten Umgebung ermöglichen sollen und vielfach Sensoren und Aktoren aus dem Bereich der Hausautomation verwenden. Für die einfache und schnelle Bereitstellung geeigneter Dienstleistungen werden M2M-Plattformen entwickelt, die häufig wiederkehrende Funktionen im Rahmen solcher Dienstleistungen, wie die Anbindung verfügbarer Sensoren und die Kommunikation aufgenommener Daten, vereinfachen sollen. Die verfügbaren Plattformen, welche aktuell nahezu ausschließlich im Rahmen von Forschungsprojekten entwickelt werden, unterscheiden sich dabei im Wesentlichen anhand der verfügbaren Abstraktionsebenen für die Verarbeitung verfügbarer Sensordaten. Die am weitesten entwickelten Plattformen ähneln in ihrer Grundidee der OPC Unified Architecture aus dem Bereich der Industrieautomation und bieten somit neben Bibliotheken für die Anbindung von Sensoren und Maschinen weitere semantische Schichten für die Verarbeitung von Sensordaten, meist realisiert als service-orientierte Architektur. Bekannte Beispiele sind universAAL (<http://www.uni-versaal.org>), openAAL (<http://v1.openaal.org>) sowie URC (<http://myurc.org/tools/>). Es existieren einige Planungswerkzeuge, die bei der Modellierung einer Wohnung neben Wänden und Möbeln auch Sensoren und Aktoren aus der Hausautomation berücksichtigen. Werkzeuge wie homeputer CL der Firma contronics beachten dabei aber noch nicht die qualitativen Aspekte, die elektronische Dienstleistungen an verfügbare Sensoren stellen, z. B. die Datenqualität eines Sensors oder den benötigten Messbereich. Die Beschreibung solcher Sensoreigenschaften ist in Form verschiedener Semantiken bzw. Ontologien und Datenkatalogen bereits bei den verfügbaren Plattformen vorgesehen. Selbst wenn eine geeignete Dienstleistung basierend auf einer Plattform entwickelt wurde und diese Plattform in einer häuslichen Umgebung verfügbar ist, besteht aktuell eine deutliche Lücke in der Tool-Chain zwischen der Entwicklung bzw. Ausführung elektronischer, sensorgestützter Dienstleistungen und deren Planung und Installation.

Die persönliche Mobilität eines Menschen ist eine wichtige Voraussetzung für ein selbständiges und sozial integriertes Leben und umfasst insbesondere die Fähigkeit, sich selbstständig mit oder ohne Hilfsmittel von einem zu einem anderen Ort zu bewegen und dabei verschiedene Körperpositionen einnehmen und halten zu können. Es ist weithin bekannt, dass Veränderungen der Mobilität, gerade im höheren Alter, eng mit gesundheitlichen Veränderungen korreliert sind, sofern sie nicht zum normalen Alterungsprozess gehören. Im Rahmen einer Ursachenabklärung wird oftmals eine Gang- und Balanceanalyse durchgeführt. Die Ausführung solcher Analysen und auch von standardisierten Assessment-

Tests geschieht heute im geriatrischen Alltag noch nahezu ausschließlich ohne die Verwendung technischer Systeme. Gegenstand vieler Forschungsarbeiten sind daher technische Systeme, welche die Mobilität einer Person entweder mit Hilfe körpernaher oder ambienter Sensoren objektiv und sehr detailliert bewerten. Beispiele für eingesetzte körpernahe Sensoren sind Gyroskope und Accelerometer. Laser-Entfernungsmessgeräte, Hausautomationssensoren und Kameras sind als häufig verwendete Vertreter ambienter Sensoren zu nennen. OFFIS-Arbeiten in den Projekten PAGE und GAL haben gezeigt, dass neben einer Zeitersparnis bei der Anwendung im klinischen Alltag gerade technische Systeme basierend auf dem Einsatz ambienter Sensoren den Vorteil bieten, in häuslichen Umgebungen unaufdringlich eingesetzt werden zu können und neben der Unterstützung von üblichen Behandlungen auch präventive und rehabilitative Behandlungsmöglichkeiten zu eröffnen. Hausautomationssensoren sind aufgrund ihrer nahtlosen Integrierbarkeit in Häuslichkeiten und ihre Anwendbarkeit in verschiedensten Szenarien besonders geeignet für den Einsatz in nicht-professionellen Umgebungen. Einer so durchgeführten langfristigen Bewertung der Mobilität vor Eintreten von krankhaften Veränderungen oder Akutereignissen wird ein hohes präventives Potential zugeschrieben. Um präventiv agieren zu können und den zeitlichen Aufwand für Pflegepersonen möglichst gering zu halten, können von Sensoren (z. B. Bewegungsmeldern und Kontaktsensoren) erfasste Bewegungs- und Aufenthaltswahlungen automatisch zur Bestimmung von Normalverhalten und zur Erkennung von unter Umständen kritischen Abweichungen genutzt werden. Aus den Sensordaten werden geeignete Merkmale extrahiert, die das Verhaltensmodell beschreiben. Häufig anzutreffende Merkmale sind die Aufenthaltsdauer oder -häufigkeit in einem bestimmten Bereich, der Aktivitätslevel in diesem Bereich (z. B. die Anzahl der von den diesen Bereich erfassenden Sensoren generierten Events), der Mobilitätslevel (z. B. die Anzahl an Übergängen von einem Bereich zu einem anderen) sowie das Inaktivitätsprofil, d. h. der Zeitraum zwischen zwei aufeinander folgenden Sensor-Events. Diese Merkmale werden jeweils für ein definiertes Zeitfenster ermittelt. Ein Zeitfenster kann beispielsweise ein Tag oder ein spezieller Tageszeitraum sein. Für die Erkennung von Abweichungen wird der Merkmalsvektor des aktuellen Zeitfensters mit dem vorher gelernten Merkmalsvektor des korrespondierenden Zeitfensters verglichen. Um hierbei leichte zeitliche Verschiebungen im Tagesablauf zu ermöglichen, können die benachbarten Zeitfenster unterschiedlich gewichtet berücksichtigt werden. Eine signifikante Abweichung liegt vor, wenn bei der Betrachtung eines Zeitfensters oder mehrerer Zeitfenster ein Schwellwert unter- bzw. überschritten wird. Technische Grundlage der Mobilitätsanalyse und Verhaltensmodellierung sind die im folgenden Abschnitt beschriebenen Verfahren der statistischen Analyse von Sensordaten.

Die Methoden der statistischen Datenanalyse sind ein geeignetes Instrument zur Gewinnung von Wissen aus Prozessrohdaten. Die Analyse diskretisierter Sensordaten erlaubt die Klassifizierung von Situationen und ist ein Ausgangspunkt für kontextsensitive, softwaregestützte Dienstleistungen. Der Prozess der Wissensgewinnung lässt sich generell in die Phasen Bereitstellung von Datenquellen, Zieldefinition, Datenselektion, Datenbereinigung, Datenreduktion und -transformation, Selektion des Pro-

zessmodells, Datenanalyse und Erkenntnisinterpretation unterteilen. Als Verfahren des Pre-Processing sind Filtertechniken (bspw. polynombasierte Ansätze wie Savitzky-Golay), Ausreißertests nach Nalimov, Walsh oder Grubbs anzuführen. Für multivariate Datensätze eignen sich Andrews-Kurven, M-Schätzer oder die Stahel-Donoho-Outlyingness, um Artefakte oder abnorme Prozessgrößen zu erkennen. Neben der Rekonstruktion nicht-äquidistanter Datenreihen und der Bestimmung von Missing Values gehört die Klassifikation der Prozessdaten mithilfe von Verfahren wie k-means, Maximum Margin Clustering oder EM-Clustering zu den nachfolgenden Schritten der Datenanalyse. Alternativ lassen sich Support Vector Machines und neuronale Netze zur Identifikation von Strukturen nutzen. Für die Bestimmung von Prozessparametern (bspw. Gaussian Mixture Models) für die stochastischen Modelle kommen Verfahren der deskriptiven und der explorativen Statistik zu Anwendung. Weitere Möglichkeiten ergeben sich durch die Nutzung von Verfahren der Zeitreihenanalyse nach Box-Jenkins (ARIMA, ARMA, ARMAX etc.), mithilfe multivariater Regressionsverfahren oder durch die Nutzung von Bayes-Schätzern und Kalman-Filtern. Hauptziel der Methoden ist die Identifikation von Merkmalsvektoren, die mit Zuständen eines probabilistischen Automaten (SD HMM – State Duration HMM) assoziiert werden können. So können Hidden Markov Models und Relational State Descriptions für die Modellierung räumlicher und zeitlicher Zustände verwendet werden. Haltungs- und Gestenerkennung auf Basis von HMMs wurde von Liu et al. (2009) thematisiert, die für die Justierung die Methode des Viterbi Path Countings benutzen. Die Erkennung menschlicher Aktivität in AAL-Domänen mithilfe von gekoppelten HMMs wurde von Busch et al. (2011) vorgeschlagen. Kohorten von Einzelereignissen werden dabei als Trigger für einen Zustandsübergang des Hidden Markov Event Models (HMEM) benutzt, während für die Parametrierung des Modells der NGS-Algorithmus benutzt werden kann.

Einer der wesentlichen Anwendungsfälle der heute verfügbaren Hausautomation ist die Einsparung von Energiekosten. Je nach Gebäudetyp und Nutzung lassen sich in der Regel Energieeinsparungen im Bereich von bis zu 30% ohne Komforteinbußen erreichen. Rund 50% des gesamten Energieverbrauchs in Deutschland wird alleine für die Erwärmung der Räume (Beheizung) verwendet, ein wesentlich kleinerer Anteil entfällt auf die Beleuchtung. Ziel der Hausautomation ist in diesem Zusammenhang, die Effizienz der Energienutzung im Gebäude zu steigern. Eine Steigerung der Energieeffizienz kann z. B. durch die folgenden Maßnahmen erreicht werden: Optimierung der Temperaturführung, automatisches Schließen der Heizkörper bei offenen Fenstern, Beheizung nur tatsächlich genutzter Räume, Nachtabsenkung, Anpassung der Beleuchtung an die aktuellen Erfordernisse durch Dimmen oder Schalten, Visualisierung der Energienutzung. Diese Maßnahmen lassen sich mit heute am Markt verfügbaren Produkten ohne Komforteinbußen für den Nutzer umsetzen. Bislang nicht am Markt verfügbar sind Lösungen, die eine Anpassung der Heiz-Temperaturführung an die Wetter- und Sonnenprognose (vorausschauendes Heizen) ermöglichen sowie Systeme für eine selbstlernende Anpassung der Heiz-Temperaturführung oder der Beleuchtung an die Nutzung der Räume. Gerade diese Prognose wird in Zeiten verbesserter Isolation wesentlich, um ein Überheizen zu vermeiden.

Im Folgenden werden zunächst vier 2013 abgeschlossene Forschungsprojekte vorgestellt, die vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wurden. Eine umfassende Darstellung kann nicht erfolgen, um den vorgegebenen Rahmen nicht zu sprengen:

- Im Projekt AUTAGEF (<http://www.autagef.de>) wurde ein Assistenzsystem entwickelt, das Notfälle (Stürze, Schlaganfälle, Fehlbedienungen) automatisch erkennen und einen Notruf selbsttätig und ohne Interaktion des Bewohners an einen definierten Personenkreis (Angehörige, Nachbarn, Notrufzentralen) auslösen soll. Für die Notfallerkennung werden Daten von bereits vorhandener Technik, wie dem Stromzähler oder funkablesbaren Zählern für Wasser, Gas oder Heizung, ausgewertet. Die gelernten Verhaltensmuster sollen ferner beim Energiemanagement berücksichtigt werden.

- Das Projekt SAMDY (<http://www.samdy.org>) adressierte ältere Menschen in Wohnungen, die von einer ambulanten Pflegeeinrichtung betreut werden. Das System dient zum einen der Unterstützung des Pflegepersonals hinsichtlich Dokumentation und Abrechnung und zum anderen durch Verhaltensmonitoring als Frühwarnsystem für sich abzeichnende gesundheitliche Veränderungen oder mögliche Gefahrensituationen (z. B. Sturz). Das System wertet die Daten von in der Wohnung und im Bett installierten funkbasierten Sensoren aus, mit denen das Schlaf- und Wachverhalten, die Bedienung von Hausgeräten und Vitaldaten gemessen werden können.

- Das Projekt TSA (<http://www.aal-tsa.de>) hatte die Entwicklung eines Assistenzsystems für das selbstbestimmte Wohnen im Alter zum Ziel, wobei ein wichtiger Punkt die soziale Unterstützung und Teilhabe ist. Das System verwendet funkbasierte Hausautomationstechnik, z. B. Bewegungsmelder, Kontaktsensoren und Türkameras. Den Kern des Systems bildet ein Touchscreen-Computer, der u. a. die Steuerung der Haustechnik, die Nutzung von Multimediadiensten und die Terminerinnerung ermöglicht. Neben diesen Komfortfunktionen werden außerdem Notfälle automatisch erkannt und an einen definierten Personenkreis weitergeleitet. Bezüglich der sozialen Vernetzung ermöglicht das System den Kontakt zu Angehörigen, Vertrauenspersonen und anderen Nutzern sowie den Abruf von Unterstützungsangeboten, wie z. B. Mittagstisch, Pflegedienst.

- Das im September 2013 ausgelaufene Projekt WieDAS (<http://wiedas.org/>) hatte die Entwicklung einer modularen AAL-Plattform zum Ziel, die über Software-Adaptermodule eine Anbindung von Visualisierungs-, Modell- und Gerätekomponenten verschiedener Technologien ermöglicht. Angebunden wurden verschiedene, z.T. selbst entwickelte Sensorik- und Aktorikkomponenten mit Funkschnittstelle: Wassermelder, schaltbare Steckdosen, Präsenzmelder, ein Sensor zur Herdüberwachung und -abschaltung sowie ein tragbares Gerät zur Sturzerkennung auf der Basis akzelerometrischer Daten mit integriertem Notfallknopf. Die Bedienung des Systems ist über unterschiedliche Schnittstellen (z.B. klassischer PC und Smartphone) möglich. Insgesamt neun Anwendungsszenarien wurden im Projekt umgesetzt und erprobt, die überwiegend aus dem Bereich Komfort/Sicherheit stammen (Lichtsteuerung, Alarm bei Feuer oder Wasserrohrbruch, automatische Herdabschaltung, Alarm bei Verlassen der Woh-

nung bei offenem Fenster, Videoüberwachung der Haustür). Das System unterstützt semantische Anwendungen, für deren Beschreibung eine eigene Ontologie entwickelt wurde. Eine Regel-Engine führt die semantisch definierten Regeln zur Laufzeit aus.

Auf Europäischer Ebene sind darüber hinaus folgende laufende Forschungsarbeiten zu nennen:

- Das Projekt GIRAFF+ (<http://www.giraffplus.eu>) hatte sich zum Ziel gesetzt, eine frühzeitige Detektion von Veränderungen von individuellen Bedarfen und eine darauf aufbauende adaptierte Unterstützung von älteren Menschen in ihrer häuslichen Umgebung zu ermöglichen. Hierfür werden für die Häuslichkeit geeignete Sensoren verwendet, die z. B. Vitaldaten und die Aufenthaltsorte bestimmen. Das System erkennt auf Basis dieser Sensordaten gesundheitliche Veränderungen und Notfälle und informiert automatisch einen definierten Personenkreis. Das System besteht außerdem aus einem Roboter, der sich in der Wohnung bewegen kann und die Möglichkeit zur akustischen und visuellen Kontaktaufnahme mit Pflegediensten und Angehörigen zur Verfügung stellt.

- Das Projekt iStoppFalls (<http://www.istoppfalls.eu>) fokussierte sich auf Sturzprävention und -vorhersage bei älteren Menschen. Für die Sturzvorhersage werden mittels körpernaher Sensoren die Mobilität der Person durch Auswertung von Häufigkeit, Dauer und Art von Bewegungen sowie das Gleichgewicht und die Muskelkraft ermittelt und analysiert. Zur Sturzprävention werden mit Hilfe der MS Kinect geeignete Übungen motiviert, überwacht und bei Bedarf angepasst.

- Das Projekt FEARLESS (<http://www.fearless-project.eu>) untersuchte die Möglichkeit, mit Hilfe einer einfachen ambienten Sensoreinheit die Gefahren älterer Menschen in ihrer häuslichen Umgebung zu minimieren, um durch Reduzierung der Angst vor kritischen Situationen die Mobilität und Lebensqualität zu erhöhen. Die Sensoreinheit besteht aus einem Visionsensor und einer akustischen Ereigniserkennung und wird in jedem Raum installiert, um Gefahren wie z. B. Rauch, Feuer, Wasserüberlauf, Stürze und Änderungen im Verhalten, hervorgerufen durch gesundheitliche Veränderungen, zu detektieren und automatisch einen definierten Personenkreis zu benachrichtigen.

- Im Projekt Guiding Light (<http://guiding-light.labs.fhv.at>), an dem YOUSE als Partner beteiligt war, wurde ein Lichtassistenzsystem entwickelt, das ältere Menschen in ihren Wohnungen bei ihrer zeitlichen und räumlichen Orientierung, z. B. durch Stützung des zirkadianen Rhythmus und durch räumliche Navigation mittels Aufmerksamkeitslenkung, unterstützt. Das System verwendet über Gebäudebussysteme steuerbare Leuchten zur Regelung der Lichtverhältnisse. Zusätzlich werden Mobilitätsparameter mittels eines körpernahen Sensors bestimmt, um bei Bedarf die Lichtsteuerung anzupassen oder bei Anzeichen für gesundheitliche Veränderungen einen definierten Personenkreis zu informieren. Die manuelle Lichtsteuerung ist aber möglich und wird vom System bei der automatischen Steuerung berücksichtigt.

3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Der Lösungsweg des Projekts stellt die wissenschaftliche Qualität und Nachhaltigkeit der Projektergebnisse, deren wirtschaftliche Verwertbarkeit und Breitenwirksamkeit sowie die Relevanz für die Endanwender durch die konsequente Nutzung von Vorarbeiten in Kombination mit aktuellen wissenschaftlichen Methoden, die Vernetzung mit noch laufenden Forschungsprojekten, die Einbindung von Partnern aus der Forschung und Industrie entlang der gesamten Wertschöpfungskette und die konsequente Einbindung von Endanwender in die Projektarbeit sicher. Im Rahmen des gewählten Lösungswegs war keine vollständige Neuentwicklung aller Projektbestandteile vorgesehen. Stattdessen sah der Lösungsweg eine konsequente Nutzung erzielter Ergebnisse bereits abgeschlossener, nationaler und internationaler Forschungs- und Entwicklungsprojekte, insbesondere hinsichtlich Plattformen, Middleware und Frameworks, vor. An einigen relevanten Projekten, gerade aus den Bereichen der altersgerechten Assistenzsysteme (Ambient Assisted Living, AAL) und der Smart Homes waren die Projektpartner selbst beteiligt (siehe Abschnitt 2.1.1). Zeitgleich wurden Ergebnisse noch parallellaufender Forschungsarbeiten in die eigene Entwicklung mit einbezogen. Die im Projekt explizit vorgesehenen Aktivitäten in AP5 (Projektkoordination & Querschnittsthemen) sowie bereits existierende Vernetzungen zu Forschungspartnern wurden für den notwendigen Wissensaustausch genutzt. Die konsequente Anknüpfung an Ergebnisse vorangegangener und laufender Forschungsarbeiten zusammen mit dem Einsatz von wissenschaftlichen Leading-Edge-Methoden wie Statistical Data Mining und Reinforcement Learning sowie der Entwicklung eines neuartigen Sensors als Alleinstellungsmerkmal sichern die wissenschaftliche Qualität und Relevanz des Projektes. Ein interdisziplinäres Forschungsteam bestehend aus Informatikern, Elektrotechnikern und Psychologen deckt alle relevanten Forschungsfelder für die Erzielung nachhaltiger Ergebnisse ab.

Neben der Sicherung der wissenschaftlichen Qualität sind die Projektergebnisse konsequent auf eine Nutzung im Massenmarkt und die Eröffnung neuer Geschäftsmodelle ausgerichtet. Im Kern dieser Modelle stehen die im Projekt entwickelten adaptiven „lernfähigen“ Szenarien, der im Projekt als Alleinstellungsmerkmal entwickelte Sensor, der eine sichere Erkennungen der Belegung eines Raumes leisten soll, sowie die Nutzung von IPv6 als zentralem Kommunikationsprotokoll zwischen den beteiligten Hausautomationskomponenten und den autonomen Systemen, welche von den Forschungspartnern entwickelt wurden. Die Ergänzung der Forschungspartner um einen Industriepartner, welcher zu den Marktführern im Bereich der Hausautomation in Deutschland zählt, stellt diese konsequente Ausrichtungen und die Verfügbarkeit notwendiger Analyseinstrumente sowie die Kenntnis über die Mechanismen des Marktes sicher. Nicht zuletzt aus diesem Grund erfolgte im Projekt eine ganzheitliche und konsequente Einbindung von Endanwendern sowie Stakeholdern aus den geplanten Geschäftsmodellen – Bewohner von betreuten Seniorenwohnanlagen ebenso wie die Pflegekräfte selbst, aber auch die po-

tenziellen Anbieter- bzw. Einkäufer des Systems am Markt – in die Anforderungsanalyse, Entwicklung und vor allem die Erprobung der Projektergebnisse im Feld.

3.1 AP 1: Anforderungsanalyse & Systemarchitektur

AP1	Anforderungsanalyse & Systemarchitektur	26,75 PM	Monat 01 bis 12
Hauptverantwortlich: OFFIS			
Weitere Beteiligte: alle Projektpartner			
<p><u>Ziel</u> des Arbeitspaketes war die gemeinsame Erarbeitung von Nutzeranforderungen sowie der Systemarchitektur des Prototyps. Die erste Teilaufgabe sollte der detaillierten Festlegung und Beschreibung von Anspruchsgruppen (z.B. Anbieter des Systems, Endnutzer, Institutionen, die das System einsetzen) in Form von Persona-Karten dienen, um diese als einfach anwendbares Werkzeug in den weiteren Projektphasen nutzen zu können. Weiterhin waren gemeinsam mit Betreiber (DRK) und Endnutzern die Anwendungsszenarien zu entwickeln und detailliert darzustellen, um aus Nutzeranforderungen konkrete technische Anforderungen ableiten und den technischen Partnern zuordnen zu können. Parallel dazu sollten die technischen funktionalen und nichtfunktionalen Anforderungen an das System aus Nutzer- und Betreibersicht erfasst werden. Die Anforderungen seitens der Nutzer sollten hierbei mit Hilfe der Methoden “Contextual Inquiry” sowie in Workshops mit Endnutzern sowie sonstigen Stakeholdern festgestellt werden. Daneben sollten Anforderungen aus der Vielzahl vorangegangener Untersuchungen sowie Projekterfahrungen der Partner auch sekundär erhoben werden. Ziel war es, abschließend die Anforderungen den einzelnen Zielgruppen zuzuordnen und zu gewichten, um damit eine nachvollziehbare Basis für die Evaluation zu schaffen. Außerdem war, ebenfalls gemeinsam mit Betreiber und Endnutzern, ein Datenschutzkonzept zu erarbeiten, das die Anforderungen des Datenschutzes und des informationellen Selbstbestimmungsrechts erfüllt. Die Ergebnisse sollten bei der Entwicklung der übergreifenden Systemarchitektur berücksichtigt werden. Untergliedert wurde das Arbeitspaket in folgende Teilarbeitspakete:</p> <p>AP 1.1: Definition der Anspruchsgruppen AP 1.2.1: Verfeinerung der Anwendungsszenarien mit Endanwendern AP 1.2.2: Ableitung von Nutzeranforderungen AP 1.3: Technische Anforderungen AP 1.4: Datenschutzkonzept AP 1.5: Übergreifende Systemarchitektur</p>			
<p><u>Ergebnisse und Berichte des Arbeitspaketes:</u></p> <p>1.1 Bericht: Persona-Karten der ausgewählten Anspruchsgruppen 1.2.1 Bericht: Finale Darstellung der Anwendungsszenarien 1.2.2 Bericht: Nutzeranforderungen 1.3 Bericht: Technische Anforderungen 1.4 Bericht: Datenschutzkonzept 1.5 Bericht: Übergreifende Systemarchitektur</p>			

3.2 AP 2: Technische Plattform

AP2	Technische Plattform	49 PM	Monat 07 bis 36
Hauptverantwortlich: Leuphana			
Weitere Beteiligte: contronics, OFFIS			
<p><u>Ziel</u> des Arbeitspaketes, das alle softwareseitigen, Szenarien-übergreifenden Forschungsaktivitäten zusammenfasste, war die Bereitstellung der technischen Plattform, auf der in AP 3 die konkreten Anwendungsszenarien umgesetzt werden sollten. Der Schwerpunkt sollte auf der Entwicklung von Data-Mining- und Reinforcement-Learning-Komponenten zur Bereitstellung situationsgerechter Interventionen liegen, beispielsweise die Benachrichtigung des sozialen Dienstleisters, die Alarmierung bei Notfällen oder Einbrüchen oder die automatische Steuerung von Heizung, Lüftung und Beleuchtung. Grundlage hierfür sollte die Erfassung des Zustands bzw. der Zustandsänderungen der Bewohner und der Umgebung sein, die eine Ableitung geeigneter Verhaltensmodelle ermöglicht. Daher waren Algorithmen zur Ableitung von situationsabhängigen Verhaltensmodellen des Bewohners zu entwickeln. Dazu gehören Algorithmen zur Fusion der Sensor-Rohdaten und deren effiziente Speicherung, die Erarbeitung eines autonomen, auf den Methoden der statistischen Datenanalyse basierenden Markov-Entscheidungsprozesses zur Identifikation situationsbeschreibender Einzelmerkmale oder Merkmalsvektoren sowie deren Parameter und die Modellierung des Verhaltens bzw. der Zustandssequenzen durch stochastische Prozesse. Parallel dazu sollte ein für die Zielgruppe der primär älteren Anwender geeignetes Nutzerinteraktionskonzept auf der Basis von mobilen Endgeräten, insbesondere Tablet-PCs, erarbeitet werden. Untergliedert wurde das Arbeitspaket in folgende Teilarbeitspakete:</p> <p>AP 2.1.1: Abstrakte Spezifikation des Data Mining-Systems AP 2.1.2: Hierarchische Partitionierung des Systems in Prozesse mit jeweils Datenquelle, Funktion und Datensinke AP 2.1.3: Zuordnung der Prozessfunktionen zu Lösungsklassen wie Assoziation (gemeinsames und/oder sequenzielles Auftreten von Ereignissen), Klassifikation, Segmentierung, Prognose AP 2.1.4: Sachstandserhebung zu Best-Practice-Integrationen der erforderlichen Algorithmen, deren Stärken, Schwächen, Verfügbarkeit als Sourcecode und lizenzrechtlicher Verwertbarkeit AP 2.2.1: Aufbau eines Demonstrators zur Generierung einer Datenbasis AP 2.2.2: Ausführung der Data Mining-Prozesse auf der Basis existierender Algorithmen AP 2.2.3: Bewertung der verwendeten Assoziationsalgorithmen, Spezifikation notwendiger Modifikationen / Neuentwicklungen AP 2.2.4: Bewertung der verwendeten Klassifikationsalgorithmen, Spezifikation notwendiger Modifikationen / Neuentwicklungen AP 2.2.5: Bewertung der verwendeten Clusteringalgorithmen, Spezifikation notwendiger Modifikationen / Neuentwicklungen AP 2.2.6: Bewertung der verwendeten stochastischen Prozesse für Prognosefunktionen, Spezifikation notwendiger Modifikationen / Neuentwicklungen AP 2.2.7: Modifikation grunds. geeigneter Algorithmen / Neuentwicklung nicht existierender algorithmischer Funktionen AP 2.2.8: Abschließende Bewertung der Ergebnisse im Vergleich zum Stand der Technik</p>			

AP 2.2.9: Aufbereitung der Algorithmen zur Veröffentlichung unter MIT-Lizenz
AP 2.3.1: Abstrakte Spezifikation des autonomen Systems
AP 2.3.2: Sachstandserhebung im Bereich des autonomen Lernens, Best- Practice-Ansätze, aktuelle Algorithmen, deren Stärken, Schwächen, Verfügbarkeit als Sourcecode und lizenzrechtl. Verwertbarkeit
AP 2.3.3: Hierarchische Partitionierung des Systems in Prozesse mit jeweils Datenquelle, stoch. Prozess und Datensenke
AP 2.3.4: Integration des Data Mining-Systems
AP 2.3.5: Validierung der Lern-Prozesse und Bewertung der gewählten Algorithmen
AP 2.3.8: Abschließende Bewertung der Ergebnisse im Vergleich zum Stand der Technik
AP 2.3.9: Aufbereitung der Algorithmen zur Veröffentlichung unter MIT-Lizenz
AP 2.4.1: Modellierung des Normalverhaltens
AP 2.4.2: Training des Autonomen Systems mit Realdaten
AP 2.5.1: Nutzerinteraktionskonzept für ältere Anwender
AP 2.5.2: Umsetzung des Nutzerinteraktionskonzepts für mobile Endgeräte

Ergebnisse und Berichte des Arbeitspaketes:

2.1.1 – 2.1.3 Bericht: Spezifikation des Data Mining Systems
2.1.4 Bericht: Sachstandserhebung Data-Mining-Algorithmik
2.2.1 Demonstrator: Generierung einer Datenbasis
2.2.2 Demonstrator: Erweiterung von 2.2.1 um Laufzeitumgebung für Algorithmestests
2.2.3 Bericht: Finale Spezifikation der erforderlichen Assoziationsalgorithmen
2.2.4 Bericht: Finale Spezifikation der erforderlichen Klassifikationsalgorithmen
2.2.5 Bericht: Finale Spezifikation der erforderlichen Clusteringalgorithmen
2.2.6 Bericht: Finale Spezifikation der erforderlichen stochastischen Prozesse für Prognosefunktionen
2.2.7 Softwaremodul: Bibliothek aller für das Projekt erforderlichen Data-Mining-Algorithmen
2.2.8 Bericht: Bewertung d. entwickelten Data-Mining-Algorithmen im Vergleich z. Stand d. Technik
2.2.9 Softwaremodul: Open-Source-Bibliothek Data-Mining-Algorithmen
2.3.1 Bericht: Spezifikation des autonom lernenden Systems
2.3.2 Bericht: Sachstandserhebung Reinforcement-Learning-Algorithmik
2.3.3 Bericht: Hierarchische Partitionierung des autonom lernenden Systems
2.3.4.1 Bericht: Methode zur Integration von Data Mining Systemen in autonom lernende Systeme
2.3.4.2 Softwaremodul: Integration des Data Mining Systems in ein autonom lernendes System
2.3.5.1 Bericht: Bewertung der Reinforcement-Learning-Algorithmen
2.3.5.2 Softwaremodul: Optimierte Reinforcement-Learning-Algorithmen
2.3.8 Bericht: Bewertung d. entw. Reinforcement-Learning-Algorithmen im Vergl. z. Stand d. Technik
2.3.9 Softwaremodul: Open-Source-Bibliothek Reinforcement-Learning-Algorithmen (Open-Source-Veröffentlichung mit Quelltexten, Dokumentation und Lizenzen)
2.4.1.2 Softwaremodul: Zustandsmodell
2.4.2 Softwaremodul: Optimiertes Zustandsmodell
2.5.1 Bericht: Nutzerinteraktionskonzept für ältere Anwender
2.5.2 Softwaremodul: Nutzerinteraktion mit mobilem Endgerät

3.3 AP 3: Umsetzung der Anwendungsszenarien

AP3	Umsetzung der Anwendungsszenarien	32,5 PM	Monat 07 bis 30
Hauptverantwortlich: OFFIS			
Weitere Beteiligte: contronics, eQ-3, Leuphana			
<p><u>Ziel</u> des Arbeitspaketes war die Erforschung kognitiver und prädiktiver Lösungen für die drei Anwendungsszenarien des Projekts auf der Basis der in AP 2 entwickelten technischen Plattform und kognitiven Algorithmik. Beim ersten Anwendungsszenario "Assistenz im Alter / Prävention" sollten Software-Module implementiert werden, die es ermöglichen, das Normalverhalten eines Bewohners/einer Bewohnerin auf Grundlage der in AP 2 identifizierten Parameter und entwickelten Algorithmen zu modellieren. Außerdem waren Module zum einen für das Monitoring von geeigneten Mobilitätsparametern (z.B. Gehgeschwindigkeit) unter Berücksichtigung des neuen Mobilitätssensors und zum anderen für die Benachrichtigung eines definierten Personenkreises im Falle einer detektierten signifikanten Abweichung zu entwickeln. Zur Förderung des lokalen sozialen Netzes, v.a. im Hinblick auf die gegenseitige Nachbarschaftshilfe, sollte eine wohnungsübergreifende Vernetzung ermöglicht werden. Beim zweiten Anwendungsszenario "Komfort und Sicherheit" sollten auf Grundlage der in AP 2 entwickelten Algorithmen Software-Module implementiert werden, die einerseits ein situationsgerechtes Verhalten des Systems beispielsweise in den Bereichen Heizung- und Lichtsteuerung ermöglichen und andererseits Sicherheitsszenarien insbesondere durch Auswertung von Daten des neuen Mobilitätssensors (raumgenaue Lokalisierung, Anzahl an Personen in einem Raum) umsetzen. Beim dritten Anwendungsszenario „Energieeffizienz“ sollten einfache, vom Endanwender in AP 1 bewertete Szenarien zur Verbesserung der Energieeffizienz umgesetzt werden, u.a. eine von den aktuellen Umgebungs- und Systemparametern abhängige Licht- und Heizungssteuerung. Ferner sollten Software-Module implementiert werden, die zur Verbesserung der Energieeffizienz die zukünftigen Wünsche und Bedarfe der Bewohnerin/des Bewohners u.a. durch Monitoring des Normalverhaltens vorherzusagen. Untergliedert wurde das Arbeitspaket in folgende Teilarbeitspakete:</p> <p>AP 3.1.1: Verhaltens- und Mobilitätsmonitoring AP 3.1.2: Wohnungsübergreifende Vernetzung AP 3.2.1: Komfortszenarien (u.a. Lichtsteuerung) AP 3.2.2: Sicherheitsszenarien AP 3.3.1: Einfache Szenarien zur Verbesserung der Energieeffizienz AP 3.3.2: Prädiktive Szenarien zur Verbesserung der Energieeffizienz</p>			
<p><u>Ergebnisse und Berichte des Arbeitspaketes:</u></p> <p>3.1.1 Softwaremodul: Anwendungsszenarien Verhaltens- und Mobilitätsmonitoring 3.1.2 Softwaremodul: Anwendungsszenarien Wohnungsübergreifende Vernetzung 3.2.1 Softwaremodul: Anwendungsszenarien Lichtsteuerung 3.2.2.1 Softwaremodul: Anwendungsszenarien Lichtsteuerung 3.3.1.1 Softwaremodul: Einfache Anwendungsszenarien Energieeffizienz 3.2.2.2 + 3.3.1.2 Hardwaremodul: Erweiterte HomeMatic-Funktionalität 3.3.2 Softwaremodul: Prädiktive Anwendungsszenarien Energieeffizienz</p>			

3.4 AP 4: Sensorik

AP4	Sensorik	65,5 PM	Monat 01 bis 36
Hauptverantwortlich: eQ-3			
Weitere Beteiligte: contronics			
<p><u>Ziel</u> des Arbeitspakets war die Definition und prototypische Realisierung eines neuartigen Mobilitäts-sensors. Dieser sollte die Anwesenheit oder Abwesenheit von Personen in einem Raum sicher erkennen, die Präsenz oder Bewegung von Haustieren nicht melden und schwierige Bewegungsprofile wie Rollstuhlfahrer, Rollator-Benutzer und Begleitpersonen von Rollstuhlfahrern sicher berücksichtigen. Der neuartige Sensor sollte sowohl die Bewegungsrichtung als auch die Bewegungsgeschwindigkeit detektieren. Auf Basis dieser Informationen sollte eine Vorverarbeitung beim Sensor erfolgen. Für die Entwicklung dieses Sensors war zunächst die Auswahl der optimalen Technologie (Doppellichtschranke, Terahertz, UWB-Radar, passiv Infrarot) vorgesehen. Anschließend sollte auf Basis der gewählten Technologie die Spezifikation des Sensors erstellt werden. Unter Berücksichtigung dieser Spezifikation sollten der Entwurf des Gehäuses und der Schaltung sowie das Layout der Leiterplatte und die Implementierung der Sensorfirmware erfolgen. Hierdurch sollte ein Prototyp für die im Rahmen der Evaluation (AP 6) in realen Wohnumgebungen geplante Erprobung entwickelt und bereitgestellt werden. Untergliedert wurde das Arbeitspaket in folgende Teilarbeitspakete:</p> <p>AP 4.1.1: Technologieauswahl AP 4.1.2: Berechnung des optischen Systems AP 4.2: Erarbeitung der finalen Sensorspezifikation AP 4.3.1: Entwurf des Gehäuses - einschließlich Linse AP 4.3.2: Konstruktion der Werkzeuge für die Herstellung der Gehäuseteile AP 4.4.1: Schaltungsentwicklung AP 4.4.2: Prüfung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) AP 4.4.3: Leiterplatten-Layout AP 4.5: Erstellung der Systemarchitektur einschließlich Inbetriebnahme AP 4.6: Definition und Implementierung der Datenmodelle für Multi-Sensorlösungen AP 4.7.1: Implementierung der Sensorfirmware AP 4.7.2: Test der Sensorfirmware AP 4.8: Aufbau, Test und Debugging des ersten Prototypen AP 4.9.1: Evaluation der Rohdaten AP 4.9.2: Evaluation des Systemverhaltens des Sensors</p>			
<p><u>Ergebnisse und Berichte des Arbeitspaketes:</u></p> <p>4.1.1 Bericht: Technologieauswahl Mobilitätssensor 4.1.2 Bericht: Ermittlung der Komponenten 4.2 Bericht: Finale Sensorspezifikation 4.3.1 Bericht: Gehäuseentwurf 4.3.2 Hardwaremodul: Gehäuse-Prototyp des Sensors (Mockup) 4.4.1 Hardwaremodul: Schaltungs-Prototyp des Sensors</p>			

- 4.4.2 Bericht: Ergebnisse der EMV-Prüfung des Sensor-Prototyps
- 4.4.3 Bericht: Leiterplatten-Layout des Mobilitätssensors
- 4.5 Bericht: Architektur f. Einbindung d. Mobilitätssensors in HomeMatic u. homeputer CL Software
- 4.6.1 Bericht: Datenmodell für Multi-Sensor-Lösungen
- 4.6.2 Softwaremodul: Implementierung Multi-Sensor-Lösung in der homeputer CL Software
- 4.7.1 Softwaremodul: Firmware-Datei Mobilitätssensor
- 4.7.2 Bericht: Testbericht Sensorfirmware
- 4.8.1 Hardwaremodul: Prototyp des funktionsfähigen Sensors
- 4.8.2 Bericht: Testbericht des ersten Sensor-Prototyps
- 4.9.1 Bericht: Testbericht zur Evaluation der Rohdaten des Mobilitätssensors
- 4.9.2 Bericht: Testbericht zur Evaluation des Systemverhaltens des Mobilitätssensors

3.5 AP 5: Projektkoordination & Querschnittsthemen

AP5	Projektkoordination & Querschnittsthemen	16,25 PM	Monat 01 bis 36
Hauptverantwortlich: contronics			
Weitere Beteiligte: DRK, Leuphana, OFFIS, YOUSE			
<p><u>Ziele</u> des Arbeitspaketes waren die Projektkoordination und Bearbeitung aller Querschnittsaufgaben des Projektes. Das Projekt sollte von contronics als Konsortialführer koordiniert werden, unterstützt vom OFFIS-Institut, welches über große Erfahrung im Management von Verbundprojekten verfügt. Im Rahmen der Projektkoordination sollten die Koordination der FuE-Aktivitäten aller Partner und die Sicherstellung des Projektfortschrittes erfolgen. Hierfür waren neben den erforderlichen Kommunikationsstrukturen (Mailingliste, Dokumentenserver, Webportal) regelmäßige Treffen aller Konsortialpartner wechselweise vor Ort und per Telefonkonferenz durchzuführen, um eine enge Abstimmung aller Arbeiten zu gewährleisten. Weiterhin sollten die Projektergebnisse über Webseite, Pressemitteilungen sowie Veröffentlichungen im wissenschaftlichen und nichtwissenschaftlichen Bereich publiziert werden. Die Gremienarbeit und Vernetzung mit anderen Forschungsgruppen sollte durch die Beteiligung an der Normung (DKE AK STD_1811 sowie IEC SG5) und die Zusammenarbeit mit thematisch verwandten Projekten erfolgen. Außerdem war ein Verwertungsplan für das integrierte LivingCare-System zu entwickeln. Hierzu sollte unter Führung der Industriepartner ein Konzept für die Weiterentwicklung der Projektergebnisse nach Projektende bis hin zu einem Geschäftsmodell für die Vermarktung späterer Produkte erarbeitet werden. Untergliedert wurde das Arbeitspaket in folgende Teilarbeitspakete:</p> <p>AP 5.1: Projektkoordination AP 5.2: Öffentlichkeitsarbeit AP 5.3: Gremienarbeit und Vernetzung AP 5.4: Verwertungsplan</p>			
<p><u>Ergebnisse und Berichte des Arbeitspaketes:</u></p> <p>5.1 – 5.3 Bericht: Schlussbericht nach NKBF98; bei Bedarf Sachstandsberichte 5.2 Webpräsenz: Homepage des Projekts 5.4 Bericht: Verwertungsplan für das integrierte LivingCare-System</p>			

3.6 AP 6: Evaluation & Feldstudie

AP6	Evaluation & Feldstudie	44,5 PM	Monat 01 bis 36
Hauptverantwortlich: YOUSE			
Weitere Beteiligte: DRK, Leuphana, OFFIS			
<p><u>Ziel</u> des Arbeitspaketes war die Erprobung des im Projekt entwickelten Systems in einer realen Wohnumgebung mit Probanden. Es sollten insgesamt zehn Wohnungen in einer Seniorenwohnanlage des Deutschen Roten Kreuzes in Oldenburg über mehrere Monate ausgerüstet werden, um Erfahrungen mit dem Einsatz des Prototyps unter realistischen Bedingungen zu gewinnen. Konkret sollten bereits zu Projektbeginn verfügbare Sensorikkomponenten in einer Wohnumgebung installiert werden, um Sensordaten für die Entwicklung und Erprobung der Algorithmik für die Sensordatenverarbeitung in AP 3 zu generieren. Vor der Integration und dem Test des Gesamtsystems sollten bereits einzelne Komponenten bezüglich ihrer Usability untersucht und optimiert werden, um hierdurch frühzeitig grundlegende Usabilityschwächen eliminieren zu können. Hierzu waren Use-Cases zu entwickeln, die unter Einsatz geschulter Interviewer mit Probanden getestet werden sollten. Dabei sollten Video-Aufzeichnungswerkzeuge eingesetzt und die Akzeptanz der Anwender mit Hilfe halbstandardisierter Interviews erhoben werden. Die von den verschiedenen Projektpartnern umgesetzten Komponenten sollten zu einem Gesamtsystem integriert und in der OFFIS-Laborwohnung (www.ideaal.de) erprobt und evaluiert werden. Außerdem war das für die Feldstudie erforderliche Ethikvotum der zuständigen Ethikkommission einzuholen. Im Anschluss sollten Probanden rekrutiert werden. Anschließend sollte im Rahmen der geplanten Feldstudie die Erprobung des Systems in Seniorenwohnungen des DRK in Oldenburg erfolgen. Während der Feldstudie war eine kontinuierliche Betreuung der Probanden und der Technik sicherzustellen. Darüber hinaus sollte in regelmäßigen Abständen eine Bewertung des gesundheitlichen Status der Probanden mit Hilfe standardisierter Assessments erfolgen. Untergliedert wurde das Arbeitspaket in folgende Teilarbeitspakete:</p> <p>AP 6.1: Datenakquisition für die Algorithmikentwicklung AP 6.2.1: Usability-Test der Sensorik/Aktorik-Komponenten AP 6.2.2: Usability-Test des mobilen Endgeräts AP 6.3.1: Systemintegration AP 6.3.2: Technische Evaluation in der OFFIS-Laborwohnung AP 6.4: Ethikvotum AP 6.5.1: Sensorik-Installation in 10 Wohnungen beim DRK Oldenburg AP 6.5.2: Technische Betreuung der Installationen und Auswertung der Sensordaten AP 6.5.3: Deinstallation der Sensorik zum Projektende AP 6.5.4: Probandenbetreuung, Interviews und Tagebücher AP 6.5.5: Datenauswertung der Feldstudie</p>			
<p><u>Ergebnisse und Berichte des Arbeitspaketes:</u></p> <p>6.1.1 Bericht: Auswahl und Installation der Sensorikkomponenten 6.1.2 Datensatz: Datensatz für die Algorithmikentwicklung 6.2.1 Bericht: Auswertung der Usability-Tests der Sensorik/Aktorik-Komponenten inkl. Optimierungs-</p>			

hinweisen und Beschreibung der Methodik

6.2.2 Bericht: Auswertung der Usability-Tests des mobilen Endgeräts inkl. Optimierungshinweisen und Beschreibung der Methodik

6.3.1 Demonstrator: Integriertes Gesamtsystem

6.3.2 Bericht: Auswertung der ersten technischen Evaluation inkl. Optimierungshinweisen und Beschreibung der Methodik

6.4.1 Bericht: Ethikantrag

6.4.2 Bericht: Ethikvotum

6.5.1 + 6.5.2 + 6.5.3 Bericht: Feldstudie – Sensorik-Installation, technische Betreuung, Deinstallation

6.5.1.1 Fertige Installationen der Systeme in zehn Wohnungen

6.5.2.1 Optimierung der Algorithmen aus AP 2 durch Auswertung der Sensordaten

6.5.4.1 Bericht: Ablaufplan inkl. Anleitung für die Testdurchführung

6.5.4.2 Bericht: Auswertung des gesundheitlichen Status der Probanden über den Testzeitraum

6.5.5 Bericht: Datenauswertung der Feldstudie

II. Eingehende Darstellung

1 Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses

1.1 AP 1: Anforderungsanalyse & Systemarchitektur

1.1.1 Nutzeranforderungen

In diesem Kapitel werden die Nutzeranforderungen identifiziert, die sich aus der detaillierten Beschreibung der Anwendungsszenarien ergeben. Die Ableitung dieser Anforderungen erfolgt zum einen aus Sicht der industriellen Partner als Anbieter des erweiterten Systems und zum anderen aus Sicht der wissenschaftlichen Partner, die im Projekt für den Entwurf und die Implementierung der benötigten Algorithmen zuständig sind. Aspekte der Nutzeranforderungen sind beispielsweise Bedienbarkeit (Usability), Transparenz des Systemverhaltens, Kontrollierbarkeit, Zuverlässigkeit, aber auch die eigentlichen Systemfunktionen (Energieeinsparung, Alarmierung usw.), die vom Endanwender gewünscht werden. Die Analyse der Nutzeranforderungen an das System erfolgt in tabellarischer Form. Ziel ist es, die Nutzeranforderungen des Kunden an das zu entwickelnde System zu ermitteln, zu strukturieren und zu prüfen. Das zu entwickelnde System soll eine möglichst breite Zielgruppe ansprechen. Als Hauptzielgruppe zählen ältere Menschen, die noch recht selbstständig sind und die möglichst lange in ihrer eigenen Wohnung leben und dabei Komfort, Energieeffizienz usw. nutzen wollen. Als Zielgruppe werden auch Wohlfahrtsverbände wie das Deutsche Rote Kreuz angesehen.

1.1.1.1 Analyse der Funktionalen Nutzeranforderungen an das System

Tabelle 1: Notfallassistenzsystem

Anwendungsfall	UC 1
Name	Notfallassistenzsystem
Beschreibung der Nutzeranforderung	Treten beim Benutzer bestimmte Abweichungen im Verhalten auf, wie z.B. regungsloses Liegen auf dem Boden, werden ausgewählte Ansprechpartner über ein Kommunikationssystem darüber unterrichtet. Eine Art abweichendes Verhalten festzustellen ist dabei die Bewegungsgeschwindigkeit und die Aufenthaltsdauer in bestimmten Punkten (z.B. dem Badezimmer). Sollte das System eine Notsituation erkennen, wird Alarm gegeben.

Ziel	Das System benachrichtigt automatisch ausgewählte Ansprechpartner, sobald eine Notsituation erkannt wird.
Nutzergruppen	Alle vorgesehenen Nutzergruppen, welche die Funktion nutzen möchten.
Auslöser	Der Benutzer aktiviert die Funktion Notfallassistenzsystem über die zu entwickelnde App, welche als Schnittstelle zwischen dem System und dem Benutzer fungieren soll. Die App wird für Tablet Geräte optimiert sein. Auslöser wird sein, wenn der Benutzer stürzt oder eine größere Abweichung zu seinem Normalverhalten auftritt.
Vorbedingung	Damit die Funktion vom Benutzer genutzt werden kann, werden folgende Vorbedingungen vorausgesetzt: Für jedes Zimmer in dem die Funktion gewünscht wird, wird der PIR-Decken Präsenzmelder und die Lichtschranke benötigt. Die Komponenten PIR-Decken Präsenzmelder, Lichtschranke, Software und App befinden sich alle gegenwärtig im Entwicklungsstadium.
Standardablauf Wie wird das System die Funktion voraussichtlich umsetzen?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Angestrebt wird, dass die Software erkennt, wenn der Benutzer gestürzt ist oder eine größere Abweichung zu seinem Normalverhalten auftritt, beispielsweise ein ungewöhnlich langer Aufenthalt im Badezimmer, was darauf hindeuten könnte, dass der Benutzer es nicht mehr schafft aufzustehen. 2. Der Benutzer kann festlegen, welche Personen benachrichtigt werden sollen, wenn die Software einen Sturz erkennt. 3. Technische Kommunikationsmittel zur Benachrichtigung anderer Personen: <ul style="list-style-type: none"> - Es wird eine SMS und/oder Email automatisch verschickt. - Ein automatischer Anruf wird abgesetzt, bei dem eine vordefinierte Audiodatei vorgelesen wird. 4. Der Benutzer kann festlegen, dass die zu benachrichtigten Personen mehrmals benachrichtigt werden. Der Zeitabstand zwischen mehreren Benachrichtigungen kann festgelegt werden. 5. Der Benutzer kann festlegen, dass verschiedene Personen benachrichtigt werden. 6. Der Benutzer kann festlegen, dass die zu benachrichtigten Personen mit unterschiedlichen Kommunikationsmitteln benachrichtigt werden. 7. Die Software benachrichtigt die vom Benutzer festgelegten Personen, mittels der von ihm festgelegten Kommunikationsart.

Fallbeispiele:	<p>1. Stürzt der Benutzer, wird eine ausgewählte Kontaktperson automatisch per festgelegter Kommunikationsart benachrichtigt.</p> <p>2. Tritt eine größere Abweichung zu seinem Normalverhalten auf, beispielsweise ein ungewöhnlich langer Aufenthalt im Badezimmer, könnte dies darauf hindeuten, dass der Benutzer es nicht mehr schafft aufzustehen, dann wird eine ausgewählte Kontaktperson per festgelegter Kommunikationsart benachrichtigt.</p>
Machbarkeit der Anforderung	Nach Aussage der Projektpartner wird dieses Szenario technisch umsetzbar sein. Die Auswahl und Integration der Benachrichtigungsfunktion in das System, muss noch erfolgen.
Priorität der Anforderung	<p>Die Priorität einer Anforderung wird zur Vereinfachung in 3 Stufen gegliedert:</p> <p>Hohe Priorität = 1</p> <p>Mittlere Priorität = 2</p> <p>Niedrige Priorität = 3</p> <p>Priorität der Anforderung</p> <p>Notfallassistenzsystem: hohe Priorität = 1</p> <p>Diese Anforderung wird eine hohe Priorität besitzen, da es sich um eine Sicherheitsfunktion handelt. Der Schwerpunkt des Projekts LivingCare bezieht sich auf die Bereiche Sicherheit, Komfort und Energieeffizienz.</p>
Prüfbarkeit der Anforderung	Die Anforderung ist konkret beschrieben, so dass während und nach der Entwicklung des Systems die Qualität der Umsetzung beurteilt werden kann.
Fragen	

Tabelle 2: Bedürfnisgerechtes Raumklima

Anwendungsfall	UC 2
Name	Bedürfnisgerechtes Raumklima
Beschreibung der Nutzeranforderung	Das Hausautomationssystem steuert das Raumklima über die Heizungssteuerung. Optional ist auch eine Fenstersteuerung möglich. Dieses wird mithilfe von Sensoren (z.B. Temperatursensor) gemessen und an die Bedürfnisse der Bewohner angepasst. Die Bedürfnisse werden dabei über anerkannte Richtlinien gebildet als auch durch das Nutzerfeedback gelernt. Die Temperatur kann auch aus der Ferne durch autorisierte Personen eingesehen werden.

Ziel	Das System soll automatisch das Raumklima entsprechend den Bedürfnissen des Benutzers anpassen.
Nutzergruppen	Alle vorgesehenen Nutzergruppen, welche die Funktion nutzen möchten.
Auslöser	Der Benutzer aktiviert die Funktion Bedürfnisgerechtes Raumklima über die zu entwickelnde App, welche als Schnittstelle zwischen dem System und dem Benutzer fungieren soll. Die App wird für Tablet Geräte optimiert sein.
Vorbedingung	Damit die Funktion vom Benutzer genutzt werden kann, werden folgende Vorbedingungen vorausgesetzt: Der Benutzer benötigt funkbasierte Homematic Heizkörperthermostate für jedes Zimmer, in dem die Temperatur gesteuert werden soll. Ist eine Fußbodenheizung vorhanden, benötigt der Benutzer anstatt der Heizkörperthermostate funkbasierte- Wandthermostate und Aktoren von Homematic. Optional kann der Benutzer Homematic Tür-Fensterkontakte verwenden, damit automatisch die Solltemperatur der Raumthermostate auf Absenkttemperatur gestellt wird, solange ein Fenster geöffnet wird. Die Komponenten PIR-Decken Präsenzmelder, Lichtschranke, Software und App befinden sich alle gegenwärtig im Entwicklungsstadium.
Standardablauf Wie wird das System die Funktion voraussichtlich umsetzen?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Das System wird anhand der PIR-Decken Präsenzmelder erkennen, in welchen Zimmern sich der Benutzer aufhält. 2. Anhand der Heizkörperthermostate wird das System den aktuellen Temperaturwert in jedem Raum ermitteln. 3. Der Benutzer hat zwei Möglichkeiten die gewünschte Raumtemperatur festzulegen: Der Benutzer kann entweder manuell an den Heizkörperthermostaten oder über die App die gewünschte Solltemperatur einstellen. 4. Sollte der Benutzer die Solltemperatur nach seinen Bedürfnissen anpassen, erkennt und speichert das System die Anpassung. 5. Das System wird die Anpassung der Solltemperatur automatisch für den Benutzer vornehmen, wenn beispielsweise der Benutzer die Solltemperatur immer zum selben Zeitpunkt in einem Raum ändert. 6. Optional kann der Benutzer in der App oder am Heizkörperthermostat selbst, für jeden Raum mehrere Temperaturprofile erstellen, dadurch können für verschiedene Zeiträume, unterschiedliche Soll- und Absenkttemperaturen festgelegt werden.
Fallbeispiele:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Der Benutzer stellt immer morgens im Badezimmer die Solltemperatur auf 20 Grad, das System erkennt dies und wird daraufhin die Anpassung der Solltemperatur automatisch für den Benutzer vornehmen. 2. Das System erkennt, wenn ein Heizkörperthermostat in einem selten genutzten Raum eine zu hohe Solltemperatur aufweist und würde das Heizkörperthermostat auf Absenkttemperatur zu stellen, um den Energieverbrauch zu reduzieren.

	<p>3. Verlässt der Nutzer das Haus für einen längeren Zeitraum, wird das System in den einzelnen Räumen die eingestellte Solltemperatur automatisch nach einer festgelegten Zeit auf Absenkttemperatur stellen. Optional kann der Benutzer die festgelegte Zeit, seinen Bedürfnissen entsprechend in der App ändern. Betritt der Nutzer das Haus wieder, wird das System in den einzelnen Räumen die eingestellte Absenkttemperatur automatisch auf Solltemperatur stellen.</p> <p>4. Ist ein Homematic Tür-Fensterkontakt an einem Fenster angebracht und das Fenster wird geöffnet, wird das Heizkörperthermostat in diesem Raum automatisch auf Absenkttemperatur eingestellt. Sobald das Fenster mit dem angebrachten Tür-Fensterkontakt wieder geschlossen wird, wird das Heizkörperthermostat in diesem Raum automatisch wieder auf Solltemperatur eingestellt.</p> <p>5. Um ein schnelles aufheizen der Raumtemperatur zu ermöglichen, kann optional am Heizkörperthermostat die Boost-Funktion aktiviert werden.</p>
Machbarkeit der Anforderung	<p>Die Anforderung ist nach Auffassung der Partner umsetzbar, da eine Heizungssteuerung mit Homematic bereits heute problemlos funktioniert. Die Software Komponente, dass das System anhand des Feedbacks des Benutzers lernt und auf bestimmte Situation dementsprechend reagiert, wird von dem Projektpartner der Universität Leuphana umgesetzt. Die Universität Leuphana ist zuversichtlich, dass die zu entwickelnde Software diese Funktion umsetzen können wird.</p>
Priorität der Anforderung	<p>Die Priorität einer Anforderung wird zur Vereinfachung in 3 Stufen gegliedert: Hohe Priorität = 1 Mittlere Priorität = 2 Niedrige Priorität = 3</p> <p>Priorität der Anforderung</p> <p>Bedürfnisgerechtes Raumklima: hohe Priorität = 1</p> <p>Diese Anforderung wird eine hohe Priorität besitzen, da es sich um eine Komfortfunktion handelt. Der Schwerpunkt des Projekts LivingCare bezieht sich auf die Bereiche Sicherheit, Komfort und Energieeffizienz.</p>
Prüfbarkeit der Anforderung	<p>Die Anforderung ist konkret beschrieben, so dass während und nach der Entwicklung des Systems die Qualität der Umsetzung beurteilt werden kann.</p>
Fragen	

Tabelle 3: Bewegungssensitive Alarmanlage

Anwendungsfall	UC 3
Name	Bewegungssensitive Alarmanlage

Beschreibung der Nutzeranforderung	Es wird ein Alarm eingerichtet, der auf kürzere oder längere Abwesenheiten (z.B. Urlaub) eingerichtet ist. Kürzere Abwesenheiten bedeuten im Wesentlichen, dass die Alarmanlage nachts automatisch eingeschaltet wird, sobald alle Bewohner schlafen gegangen sind. Bewegt sich ein Bewohner aus dem Schlafzimmer, wird die Alarmanlage deaktiviert. Sollte jemand von außen versuchen in die Wohnung einzudringen, wird Alarm ausgelöst. Die Alarmanlage wird auch beim Verlassen der Wohnung aktiviert. Sollten dann Bewegungen in der Wohnung festgestellt werden, wird ein Alarm ausgelöst.
Ziel	Das System soll einen Alarm auslösen, wenn ein Einbrecher in die Wohnung einbricht.
Nutzergruppen	Alle vorgesehenen Nutzergruppen, welche die Funktion nutzen möchten.
Auslöser	Der Benutzer aktiviert die Funktion Bewegungssensitive Alarmanlage über die zu entwickelnde App, welche als Schnittstelle zwischen dem System und dem Benutzer fungieren soll. Die App wird für Tablet Geräte optimiert sein.
Vorbedingung	Damit die Funktion vom Benutzer genutzt werden kann, werden folgende Vorbedingungen vorausgesetzt: Für jedes Zimmer in dem die Funktion gewünscht wird, wird der PIR-Decken Präsenzmelder und die Lichtschranke benötigt. Damit ein Alarmgeräusch ausgelöst wird, benötigt der Benutzer zum Beispiel eine Piezosirene. Soll das System auch vor Einbrüchen durch Fenster schützen, wird ein Homematic Tür-Fensterkontakt für jedes Fenster benötigt, wo man sich vor Einbruch schützen möchte. Um bei einem Einbruch das Licht automatisch in den Räumen einzuschalten, benötigt der Benutzer für jedes Licht, welches eingeschaltet werden soll, einen Homematic-Schaltaktor. Um die Alarmanlage manuell per Taster ein oder auszuschalten, benötigt der Benutzer einen Funk Wandtaster 2 Fach von Homematic. Die Komponenten PIR-Decken Präsenzmelder, Lichtschranke, Software und App befinden sich alle gegenwärtig im Entwicklungsstadium.
Standardablauf Wie wird das System die Funktion voraussichtlich umsetzen?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Die Alarmanlage wird eingeschaltet, wenn die Tür-Licht-Schranke an der Eingangstür dem System meldet, dass der Benutzer das Haus verlassen hat. 2. Die Alarmanlage wird ausgeschaltet, wenn die Tür-Licht-Schranke an der Eingangstür, dem System meldet, dass der Benutzer das Haus betreten hat. 3. Die Alarmanlage wird ein oder ausgeschaltet, sobald der Benutzer in der App die Alarmanlage manuell ein oder ausschaltet. 4. Der Benutzer kann in der App ein Zeitprofil festlegen, wann die Alarmanlage automatisch ein und ausgeschaltet werden soll. 5. Die Alarmanlage wird manuell ein oder ausgeschaltet, sobald der Benutzer den Funk Wandtaster 2 Fach von Homematic betätigt. 6. Die App zeigt jederzeit dem Benutzer an, ob die Alarmanlage ein oder ausgeschaltet ist.

Fallbeispiele:	<p>1. Ist die Alarmanlage eingeschaltet und ein Einbrecher sollte versuchen, durch ein Fenster einzubrechen, wird der Tür-Fensterkontakt ein Signal an das System melden, woraufhin je nach Einstellung des Benutzers verschiedene Aktionen ausgelöst werden. Mögliche Aktionen: - Die Piezosirene wird automatisch ausgelöst. - Lichter im Wohnungsbereich werden automatisch eingeschaltet. - Eine E-Mail Benachrichtigung und/oder SMS wird an Angehörige gesendet.</p> <p>2. Ist die Alarmanlage eingeschaltet und ein Einbrecher sollte versuchen, durch die Tür einzubrechen, wird die Tür-Licht-Schranke ein Signal an das System melden, woraufhin je nach Einstellung des Benutzers verschiedene Aktionen ausgelöst werden. Mögliche Aktionen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Piezosirene wird automatisch ausgelöst. - Lichter im Wohnungsbereich werden automatisch eingeschaltet. - Eine E-Mail Benachrichtigung und/oder SMS wird an Angehörige gesendet.
Machbarkeit der Anforderung	Die Anforderung ist nach Auffassung der Partner umsetzbar, da eine Alarmanlagenfunktion bereits mit Homematic möglich ist. Die Software Komponente, dass das System anhand des Feedbacks des Benutzers lernt und auf bestimmte Situation dementsprechend reagiert, wird von dem Projektpartner der Universität Leuphana umgesetzt. Inwieweit die selbstlernende Komponente in diesem Szenario zu tragen kommt, ist noch nicht beschlossen.
Priorität der Anforderung	<p>Die Priorität einer Anforderung wird zur Vereinfachung in 3 Stufen gegliedert:</p> <p>Hohe Priorität = 1</p> <p>Mittlere Priorität = 2</p> <p>Niedrige Priorität = 3</p> <p>Priorität der Anforderung</p> <p>Bewegungssensitive Alarmanlage: hohe Priorität = 1</p> <p>Diese Anforderung wird eine hohe Priorität besitzen, da es sich um eine Sicherheitsfunktion handelt. Der Schwerpunkt des Projekts LivingCare bezieht sich auf die Bereiche Sicherheit, Komfort und Energieeffizienz.</p>
Prüfbarkeit der Anforderung	Die Anforderung ist konkret beschrieben, so dass während und nach der Entwicklung des Systems die Qualität der Umsetzung beurteilt werden kann.
Fragen	Eine Frage die noch geklärt werden müsste, ist ob das System einen Alarm auslösen soll, wenn die Alarmanlage eingeschaltet ist, und der Präsenzmelder Bewegung innerhalb der Wohnung erkennt, dies wird mit hoher Wahrscheinlichkeit unerwünschte Fehlalarme hervorrufe, wenn beispielsweise sich ein weiterer Mensch oder ein Haustier noch in der Wohnung befindet (Beispiel: Ein Haustier schläft und sobald das Haustier wach wird und sich bewegt, erkennt dies der Präsenzmelder und löst unerwünscht Alarm aus). Aus diesem Grund sollte dringend davon abgeraten werden.

Tabelle 4: Fernwartbare AAL-Komponenten

Anwendungsfall	UC 4
Name	Fernwartbare AAL-Komponenten
Beschreibung der Nutzeranforderung	Homematic Systeme können aus der Entfernung gewartet werden. Dazu soll durch die Software festgestellt werden, ob ein bestimmtes Problem vorliegt. Dadurch können unnötige Wege der Techniker gespart werden. Außerdem sind sie einfach und ohne großen Umbau zu installieren, so dass sie einfach aus einer Wohnung in eine andere mitgenommen werden können.
Ziel	Systemprobleme sollen aus der Ferne erkannt und im besten Fall gelöst werden können.
Nutzergruppen	Alle vorgesehenen Nutzergruppen, welche die Funktion nutzen möchten.
Auslöser	Ein Fehler tritt in einer Software- oder Hardware-Komponente auf.
Vorbedingung	Das System sollte Servicemeldungen anzeigen, wodurch ein aufgetretener Fehler verursacht wurde, damit Fehler aus der Ferne behoben werden können.
Standardablauf Wie wird das System die Funktion voraussichtlich umsetzen?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Das System zeigt automatisch in der App eine Servicemeldung an, wenn ein Fehler aufgetreten ist. 2. Das System gibt in der Servicemeldung an, wodurch der Fehler verursacht wurde. 3. Das System zeigt für die spezifischen Fehler Lösungsvorschläge an. 4. Es wird eine Support-Telefonnummer angezeigt, die der Benutzer anrufen kann, um Unterstützung zu erhalten. 5. Der Support kann bei Hardwareproblemen wie z.B. Batteriewechseln, dem Nutzer zur Selbsthilfe instruieren. 6. Der Support kann mit einer Remotefunktion, welche in die App integriert wird, sich mit dem Tablet des Benutzers verbinden und dort im besten Fall Servicemeldungen direkt lösen.
Fallbeispiele:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Das System zeigt automatisch in der App dem Benutzer eine Servicemeldung an, dass ein Software-Problem vorliegt. Zudem wird dem Benutzer die Support-Telefonnummer angezeigt und dem Nutzer empfohlen, sich an den Support zu wenden. Der Support wählt sich in diesem Fall über die Remote Funktion auf das Tablet und löst das Software Problem eigenständig. 2. Das System zeigt automatisch in der App dem Benutzer eine Servicemeldung an, dass die Batterien der Lichtschranke gewechselt werden müssen. Zudem wird dem Benutzer direkt angezeigt, wo die Batterien am Gerät gewech-

	<p>selt werden.</p> <p>3. Das System zeigt automatisch in der App dem Benutzer eine Servicemeldung an, dass die Gerätekommunikation nicht ordnungsgemäß funktioniert. Zudem wird dem Benutzer die Support-Telefonnummer angezeigt und dem Nutzer empfohlen, sich an den Support zu wenden. Der Support empfiehlt dem Benutzer das Tablet neu zu starten, wodurch die Gerätekommunikationsstörung behoben wird.</p>
Machbarkeit der Anforderung	<p>Die Anforderung ist nach Auffassung der Partner umsetzbar, da Servicemeldungen bereits heute vorhanden sind, allerdings müssten die Servicemeldungen dahingehend erweitert werden, dass direkt Lösungsvorschläge dem Benutzer angezeigt werden. Eine Support Telefonnummer zu hinterlegen, stellt keinen nennenswerten Aufwand dar. Eine Remotefunktion, in die App zu integrieren stellt den größten Aufwand dar, ist jedoch technisch realisierbar.</p>
Priorität der Anforderung	<p>Die Priorität einer Anforderung wird zur Vereinfachung in 3 Stufen gegliedert:</p> <p>Hohe Priorität = 1</p> <p>Mittlere Priorität = 2</p> <p>Niedrige Priorität = 3</p> <p>Priorität der Anforderung</p> <p>Fernwartbare AAL-Komponenten: hohe Priorität = 1</p> <p>Diese Anforderung wird eine hohe Priorität besitzen, da die Partner der Auffassung sind, dass dieses Szenario für unsere Zielgruppe unabdingbar ist, da ältere Menschen sich nicht mit der Technikfehlern auseinandersetzen möchten, sondern die Technik einfach funktionieren soll. Tritt ein Problem auf, muss dieses möglichst schnell und einfach gelöst werden können. Durch entsprechende Servicemeldungen mit Lösungsvorschlägen und einen Support der eine Remoteverbindung zum Tablet aufbauen kann, sollte dies ermöglicht werden. Der Schwerpunkt des Projekts Living Care, bezieht sich auf die Bereiche Sicherheit, Komfort und Energieeffizienz.</p>
Prüfbarkeit der Anforderung	<p>Die Anforderung ist konkret beschrieben, so dass während und nach der Entwicklung des Systems die Qualität der Umsetzung beurteilt werden kann.</p>
Fragen	

Tabelle 5: Bedürfnisgerechte Beleuchtung

Anwendungsfall	UC 5
Name	Bedürfnisgerechte Beleuchtung

Beschreibung der Nutzeranforderung	Die Beleuchtungsverhältnisse werden den Bedürfnissen der Nutzer angepasst. Diese werden sowohl aus dem Nutzerverhalten (z.B. das Betreten eines Raumes) abgeleitet, als auch durch externe Faktoren (z.B. Tageslichtintensität, Uhrzeit) bestimmt. Das System lernt dabei den Zusammenhang zwischen äußeren Faktoren und Nutzerverhalten. Feedback des Nutzers (z.B. durch manuelles An- oder Ausschalten des Lichtes) fließt in zukünftige Beleuchtung ein.
Ziel	Das System soll automatisch das Licht entsprechend den Bedürfnissen des Benutzers anpassen.
Nutzergruppen	Alle vorgesehenen Nutzergruppen, welche die Funktion nutzen möchten.
Auslöser	Der Benutzer aktiviert die Funktion Bedürfnisgerechte Beleuchtung über die zu entwickelnde App, welche als Schnittstelle zwischen dem System und dem Benutzer fungieren soll. Die App wird für Tablet Geräte optimiert sein.
Vorbedingung	Damit die Funktion vom Benutzer genutzt werden kann, werden folgende Vorbedingungen vorausgesetzt: Für jedes Zimmer in dem die Funktion gewünscht wird, wird der PIR-Decken Präsenzmelder und die Lichtschranke benötigt. Zusätzlich wird für jedes Licht das ein oder ausgeschaltet werden soll, ein Homematic-Schaltaktor benötigt. Die Komponenten PIR-Decken Präsenzmelder, Lichtschranke, Software und App befinden sich alle gegenwärtig im Entwicklungsstadium.
Standardablauf Wie wird das System die Funktion voraussichtlich umsetzen?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Das System wird anhand des integrierten Bewegungsmelders erkennen, in welchen Zimmern, sich der Benutzer aufhalten wird. 2. Durch Helligkeitssensoren, wird das System den aktuellen Helligkeitswert in jedem Raum ermitteln. 3. Dem System wird ein Standard Helligkeitsschwellwert vorgegeben. Optional kann der Benutzer für jeden Raum diesen Helligkeitswert, seinen Bedürfnissen entsprechend in der App ändern. 4. In Räumen, die ein Nutzer betritt, oder in denen er sich aufhält, wird das Licht eingeschaltet, wenn die Raumhelligkeit unter einem für jedes Zimmer individuell definierbaren Schwellwert liegt. 5. In Räumen wird das Licht ausgeschaltet, wenn die Raumhelligkeit über einem für jedes Zimmer individuell definierbaren Schwellwert liegt. 6. In Räumen, die ein Nutzer verlässt, wird das Licht automatisch nach einer festgelegten Zeit ausgeschaltet. Optional kann der Benutzer diese Zeit, seinen Bedürfnissen entsprechend in der App ändern. 7. Der Benutzer wird sehen, dass das Licht vom System ein oder ausgeschaltet wurde. Der Benutzer wird diesen Zustand entweder akzeptieren oder ablehnen, indem der Benutzer das Licht per Taster wieder ein oder ausschaltet. Das System nimmt diese Aktion als Feedback wahr. Wiederholt sich die Situation, wird das System entsprechend den letzten Feedbacks agieren und das Licht

	nicht mehr automatisch ein oder ausschalten.
Fallbeispiele:	<p>1. Tagsüber wird das Licht nicht automatisch vom System eingeschaltet, wenn sich ein Benutzer im Raum aufhält, da tagsüber in den meisten Fällen genug Helligkeit im Raum vorhanden ist. Sollte jedoch tagsüber oder abends nicht genug Helligkeit im Raum vorhanden sein, würde das System entsprechend dem vorgegebenen Helligkeitswert das Licht einschalten.</p> <p>2. Vergisst der Benutzer in einem oder mehreren Räumen, das Licht auszuschalten, wird das System automatisch das Licht nach einer vorgegebenen Zeit ausschalten. Dies tritt auch ein, wenn der Benutzer das Haus verlässt und vergisst das Licht auszuschalten.</p>
Machbarkeit der Anforderung	Die Anforderung ist nach Auffassung der Partner umsetzbar, da eine Lichtsteuerung über Bewegung und Zeitparameter bereits heute problemlos funktioniert. Die Software Komponente, dass das System anhand des Feedbacks des Benutzers lernt und auf bestimmte Situation dementsprechend reagiert, wird von dem Projektpartner der Universität Leuphana umgesetzt. Die Universität Leuphana ist zuversichtlich, dass das fertige System diese Funktion unterstützen wird.
Priorität der Anforderung	<p>Die Priorität einer Anforderung wird zur Vereinfachung in 3 Stufen gegliedert:</p> <p>Hohe Priorität = 1</p> <p>Mittlere Priorität = 2</p> <p>Niedrige Priorität = 3</p> <p>Priorität der Anforderung</p> <p>Bedürfnisgerechte Beleuchtung: mittlere Priorität = 2</p> <p>Diese Anforderung wird eine mittlere Priorität besitzen, da andere Anforderungen eine höhere Priorität besitzen. Der Schwerpunkt des Projekts LivingCare bezieht sich auf die Bereiche Sicherheit, Komfort und Energieeffizienz.</p>
Prüfbarkeit der Anforderung	Die Anforderung ist konkret beschrieben, so dass während und nach der Entwicklung des Systems die Qualität der Umsetzung beurteilt werden kann.
Fragen	

Tabelle 6: Geräteabschaltung

Anwendungsfall	UC 6
Name	Geräteabschaltung

Beschreibung der Nutzeranforderung	Sicherheitskritische Geräte in der Wohnung sollen nach einer festgelegten Zeit abgeschaltet werden. Als Sicherheitskritische Geräte werden von den Projekt Partnern die Geräte Herd, Backofen, Bügeleisen eingestuft. Es gibt bereits Bügeleisen, die nach kurzer Zeit ausgehen, wenn sie nicht bewegt werden, aus diesem Grund wird für das Bügeleisen keine extra Lösung umgesetzt werden, sondern nur für den Herd und den Backofen. Zusätzlich sollen der Benutzer eine Statusmeldung auf einem Display/Tablet erhalten, wenn die “Geräteabschaltung “aktiviert ist.
Ziel	Sobald die Funktion “Geräteabschaltung” aktiviert wird, werden Sicherheitskritische Geräte wie der Herd und Backofen nach einer festgelegten Zeit abgeschaltet.
Nutzergruppen	Alle vorgesehenen Nutzergruppen, welche die Funktion nutzen möchten.
Auslöser	Der Benutzer aktiviert die Funktion Geräteabschaltung über die zu entwickelnde App, welche als Schnittstelle zwischen dem System und dem Benutzer fungieren soll. Die App wird für Tablet Geräte optimiert sein.
Vorbedingung	Damit die Funktion vom Benutzer genutzt werden kann, werden folgende Vorbedingungen vorausgesetzt: Für jedes Zimmer in dem die Funktion gewünscht wird, wird der PIR-Decken Präsenzmelder und die Lichtschranke benötigt. Um den Herd und ggfls. Backofen ein und ausschalten zu können, wird ein Homematic-Aktor für die Hutschiene und zusätzlich ein Schütz benötigt. Optional kann ein Funk Wandtaster 2 Fach von Homematic eingesetzt werden, um den Aktor manuell ein oder auszuschalten. Die Komponenten PIR-Decken Präsenzmelder, Lichtschranke, Software und App befinden sich alle gegenwärtig im Entwicklungsstadium.
Standardablauf Wie wird das System die Funktion voraussichtlich umsetzen?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Der PIR-Decken-Präsenzmelder erkennt, wenn keine Bewegung in der Küche stattfindet. 2. Die Lichtschranke erkennt, wenn der Benutzer die Küche verlassen hat. 3. Aufgrund dieser zwei Faktoren schaltet das System über einen Homematic-Aktor den Herd und Backofen nach einer festgelegten Zeit aus. 4. Nach welcher Zeit der Herd und Backofen ausgeschaltet werden soll, kann der Benutzer über die App variabel selbst festlegen.
Fallbeispiele:	1. Der Benutzer vergisst die Herdplatte oder den Backofen ganz auszuschalten und verlässt das Haus, was folgenschwere Auswirkungen verursachen kann. Das System erkennt das der Benutzer die Küche verlassen hat und längere Zeit keine Bewegung in der Küche stattgefunden hat. Dadurch wird der Herd automatisch vom System nach einer vom Benutzer festgelegten Zeit abgeschaltet.
Machbarkeit der Anforderung	Dieses Szenario wird technisch über einen Homematic-Aktor für die Hutschiene und einen Schütz realisierbar sein. Backöfen haben häufig 230 Volt Anschlüsse. So ließe sich eine Lösung recht einfach analog der Herdplattenlösung

	mit einem 230 Volt Aktor realisieren, wobei dort die Zeit wesentlich länger einzustellen wäre.
Priorität der Anforderung	Die Priorität einer Anforderung wird zur Vereinfachung in 3 Stufen gegliedert: Hohe Priorität = 1 Mittlere Priorität = 2 Niedrige Priorität = 3 Priorität der Anforderung Geräteabschaltung: Herdausschaltung mittlere Priorität = 2 Backofenausschaltung niedrigere Priorität = 3 Die Anforderung Herdausschaltung wird mittlere Priorität besitzen. Die Anforderung Backofenausschaltung wird niedrige Priorität besitzen, da vom Backofen keine so hohe Gefahr wie von den Kochplatten ausgeht. Der Schwerpunkt des Projekts LivingCare bezieht sich auf die Bereiche Sicherheit, Komfort und Energieeffizienz.
Prüfbarkeit der Anforderung	Die Anforderung ist konkret beschrieben, so dass während und nach der Entwicklung des Systems die Qualität der Umsetzung beurteilt werden kann.
Fragen	

Tabelle 7: Intelligenter Apothekenschrank

Anwendungsfall	UC 7
Name	Intelligenter Apothekenschrank
Beschreibung der Nutzeranforderung	Intelligenter Apothekenschrank überprüft, ob die Medikamente genommen wurden oder nicht. Dabei wird Sensorik an der Tür des Schrankes angebracht, die feststellen kann, ob der Schrank geöffnet wurde. Zusätzlich muss durch den Nutzer bestätigt werden, dass sie die Einnahme vollzogen haben.
Ziel	Eine Person, die auf Medikamenteneinnahme angewiesen ist, soll in Form einer Benachrichtigung an die Medikamenteneinnahme erinnert werden.
Nutzergruppen	Alle vorgesehenen Nutzergruppen, welche die Funktion nutzen möchten.
Auslöser	Der Benutzer aktiviert die Funktion Erinnerung Medikamenteneinnahme über die zu entwickelnde App, welche als Schnittstelle zwischen dem System und dem Benutzer fungieren soll. Die App wird für Tablet Geräte optimiert sein.
Vorbedingung	Damit die Funktion vom Benutzer genutzt werden kann, werden folgende Vorbedingungen vorausgesetzt: Es wird ein funkbasierter Homematic Tür-

	Fensterkontakt benötigt. Die Komponenten PIR-Decken Präsenzmelder, Lichtschranke, Software und App befinden sich alle gegenwärtig im Entwicklungsstadium.
Standardablauf Wie wird das System die Funktion voraussichtlich umsetzen?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Der Benutzer kann die Medikamente, die eingenommen werden sollen und den Zeitpunkt der Medikamenteneinnahme in die App eintragen. Zusätzlich kann der Benutzer die Dosis und weitere Informationen hinterlegen. 2. Die App erinnert dann den Benutzer, zum ausgewählten Zeitpunkt durch eine Push Benachrichtigung, an die Medikamente Einnahme.
Fallbeispiele:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Der Benutzer möchte täglich an seine Medikamenteneinnahme erinnert werden. Der Benutzer trägt die Medikamente, die eingenommen werden sollen und den Zeitpunkt der Medikamenteneinnahme in die App ein. Zusätzlich gibt der Benutzer die Dosis an, die er zu diesem Zeitpunkt einnehmen muss und kann beispielsweise als weitere Informationen angeben, dass das Medikament vor dem Essen eingenommen werden soll. Die App erinnert dann den Benutzer, zum ausgewählten Zeitpunkt durch eine Push Benachrichtigung, an die Medikamente Einnahme.
Machbarkeit der Anforderung	<p>Einen intelligenten Medikamentschrank zu entwickeln, ist aus folgenden Gründen schwierig umsetzbar.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ein Sensor, der die gewünschte Funktion abbildet, ist nicht auf dem Markt zu finden. Einen entsprechenden Sensor zu entwickeln, wäre für den Nutzen der Funktion zu aufwendig. 2. Es lassen sich nicht wichtige Funktionen abbilden, z.B. welche Medikamente, müssen zu welchem Zeitpunkt eingenommen werden und die Menge der einzunehmenden Dosis. <p>Eine mögliche Alternative wäre, eine Kombination aus Tür-Fensterkontakt und eine Medikamenteneinnahme Funktion in die App zu integrieren. Dies bietet folgende Vorteile: Mit dem Homematic Tür-Fensterkontakt wird überprüft, ob der Medizinschrank geöffnet wurde und wie oft der Medizinschrank geöffnet wurde.</p> <p>Da das Tablet gleichzeitig als Ein- und Ausgabegerät dient, ist es sinnvoll eine Erinnerungsfunktion in die App zu integrieren, um die Eingabemöglichkeiten der Erinnerungsfunktion zu erweitern, so dass der Benutzer Zusatzinformationen hinterlegen kann. Beispiel: Der Benutzer trägt den Zeitpunkt, den Namen der Medizin und die Höhe der Dosis als Zusatzinformation ein. Tritt der Zeitpunkt ein, wird der Benutzer in der App oder über eine Benachrichtigung darüber informiert, dass die Medikamente eingenommen werden müssen.</p>
Priorität der Anforderung	<p>Die Priorität einer Anforderung wird zur Vereinfachung in 3 Stufen gegliedert:</p> <p>Hohe Priorität = 1</p> <p>Mittlere Priorität = 2</p> <p>Niedrige Priorität = 3</p>

	<p>Priorität der Anforderung</p> <p>Intelligenter Apothekenschrank: niedrige Priorität = 3</p> <p>Diese Anforderung wird eine niedrige Priorität besitzen, da der Entwicklungsaufwand, zurzeit noch nicht absehbar ist. Dies wird noch mit den Partnern und contronics geklärt. Der Schwerpunkt des Projekts LivingCare bezieht sich auf die Bereiche Sicherheit, Komfort und Energieeffizienz.</p>
Prüfbarkeit der Anforderung	Die Anforderung ist konkret beschrieben, so dass während und nach der Entwicklung des Systems die Qualität der Umsetzung beurteilt werden kann.
Fragen	

Tabelle 8: Visuell-akustisches Telefonklingeln

Anwendungsfall	UC 8
Name	Visuell akustisches Telefonklingeln
Beschreibung der Nutzeranforderung	Über einen ankommenden Anruf wird die Person durch das AAL System überall in der Wohnung visuell und/oder auch akustisch informiert.
Ziel	Den Benutzer darüber zu informieren, dass er angerufen wird.
Nutzergruppen	Alle vorgesehenen Nutzergruppen, welche die Funktion nutzen möchten, insbesondere Menschen die schwerhörig sind.
Auslöser	Der Benutzer aktiviert die Funktion Visuell akustisches Telefonklingeln über die zu entwickelnde App, welche als Schnittstelle zwischen dem System und dem Benutzer fungieren soll. Die App wird für Tablet Geräte optimiert sein. Es erfolgt ein Anruf auf die Handynummer des Benutzers.
Vorbedingung	Damit die Funktion vom Benutzer genutzt werden kann, werden folgende Vorbedingungen vorausgesetzt: Es wird ein funkbasierter Homematic-Schaltaktor benötigt. Die Komponenten PIR-Decken Präsenzmelder, Lichtschranke, Software und App befinden sich alle gegenwärtig im Entwicklungsstadium.
Standardablauf Wie wird das System die Funktion voraussichtlich umsetzen?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sobald ein Anruf auf dem vom Nutzer verwendeten Telefon erfolgt wird dieser über geeignete Licht-Aktoren signalisiert und in der App angezeigt. 2. Sobald ein Anruf erfolgt, schaltet die Zentrale ausgewählte Licht-Aktoren, ggfs. in kurzen Intervallen.
Fallbeispiele:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sobald ein Anruf erfolgt, löst die Zentrale einen Befehl aus, wodurch ein ausgewähltes Licht aufleuchtet, um dem Benutzer zu signalisieren, dass er einen Anruf erhält. Der Benutzer sieht, dass das Licht aufleuchtet und weiß

	dadurch dass er angerufen wird.
Machbarkeit der Anforderung	Nach Prüfung des Szenarios, sind die die Partner der Auffassung, dass dieses Szenario nicht umgesetzt wird, da eine Schnittstelle zwischen Anruf und App zu integrieren, einen zu großen Aufwand darstellt und nur einen geringen Nutzen für Hörgeschädigte bietet.
Priorität der Anforderung	Die Priorität einer Anforderung wird zur Vereinfachung in 3 Stufen gegliedert: Hohe Priorität = 1 Mittlere Priorität = 2 Niedrige Priorität = 3 Priorität der Anforderung Visuell akustisches Telefonklingeln: Anforderung wird nicht umgesetzt Diese Anforderung wird nicht umgesetzt, da es keine universellen Sensoren zu Erkennung eines Anrufs von beliebigen Telefonen gibt und somit großer Aufwand erforderlich wäre und Telefone mit optischer Signalisierung am Markt verfügbar sind. Der Schwerpunkt des Projekts LivingCare bezieht sich auf die Bereiche Sicherheit, Komfort und Energieeffizienz.
Prüfbarkeit der Anforderung	Die Anforderung ist konkret beschrieben, so dass während und nach der Entwicklung des Systems die Qualität der Umsetzung beurteilt werden kann.
Fragen	

Tabelle 9: Briefkastensensor

Anwendungsfall	UC 9
Name	Briefkastensensor
Beschreibung der Nutzeranforderung	Ein Briefkastensensor erkennt, ob Post im Briefkasten liegt.
Ziel	Den Nutzer darüber zu informieren, das Post im Briefkasten liegt.
Nutzergruppen	Alle vorgesehenen Nutzergruppen, welche die Funktion nutzen möchten.
Auslöser	Der Benutzer aktiviert die Funktion Briefkastensensor über die zu entwickelnde App, welche als Schnittstelle zwischen dem System und dem Benutzer fungieren soll. Die App wird für Tablet Geräte optimiert sein.
Vorbedingung	Damit die Funktion vom Benutzer genutzt werden kann, werden folgende Vorbedingungen vorausgesetzt: Es wird ein funkbasierter Homematic Tür-

	Fensterkontakt benötigt, der innerhalb des Briefkastens montiert wird. Die Komponenten PIR-Decken Präsenzmelder, Lichtschranke, Software und App befinden sich alle gegenwärtig im Entwicklungsstadium.
Standardablauf Wie wird das System die Funktion voraussichtlich umsetzen?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Das System empfängt automatisch vom Homematic Tür-Fensterkontakt, welcher im Briefkasten angebracht ist, dass der Briefkastenschlitz geöffnet wurde. 2. Das System benachrichtigt den Benutzer in der App, dass der Briefkastenschlitz geöffnet wurde.
Fallbeispiele:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ein Briefträger wirft Post in den Briefkasten. Der Tür-Fensterkontakt, welcher im Briefkasten angebracht ist, meldet automatisch dem System, dass der Briefkastenschlitz geöffnet wurde. 2. Das System benachrichtigt den Benutzer in der App, dass der Briefkastenschlitz geöffnet wurde, woraus der Benutzer ableiten kann, dass Post angekommen ist.
Machbarkeit der Anforderung	Da die Partner der Auffassung sind, dass die Funkreichweite vom Briefkasten bis zur Zentrale ein großes Problem darstellt und dieses Szenario keinen großen Nutzen für den Nutzer bietet, wird dieses Szenario nicht umgesetzt. Zudem könnte sich der Einbau eines Homematic Tür-Fensterkontaktes in den Briefkasten als schwierig gestalten, zudem ist nicht sichergestellt, dass der Tür-Fensterkontakt in einem Briefkasten zuverlässig funktioniert.
Priorität der Anforderung	<p>Die Priorität einer Anforderung wird zur Vereinfachung in 3 Stufen gegliedert:</p> <p>Hohe Priorität = 1</p> <p>Mittlere Priorität = 2</p> <p>Niedrige Priorität = 3</p> <p>Priorität der Anforderung</p> <p>Briefkastensensor: Anforderung wird nicht umgesetzt</p> <p>Diese Anforderung wird nicht umgesetzt, da die Partner der Auffassung sind, dass die Funkreichweite vom Briefkasten bis zur Zentrale ein großes Problem darstellt und diese Funktion keinen großen Nutzen für den Benutzer bietet. Zudem könnte sich der Einbau eines Tür-Fensterkontaktes in den Briefkasten als schwierig gestalten, zudem ist nicht sichergestellt, dass der Tür-Fensterkontakt in einem Briefkasten zuverlässig funktioniert. Der Schwerpunkt des Projekts LivingCare bezieht sich auf die Bereiche Sicherheit, Komfort und Energieeffizienz.</p>
Prüfbarkeit der Anforderung	Die Anforderung ist konkret beschrieben, so dass während und nach der Entwicklung des Systems die Qualität der Umsetzung beurteilt werden kann.
Fragen	

1.1.1.2 Analyse der nicht funktionalen Nutzeranforderungen an das System

Tabelle 10: Benutzbarkeit (Verständlichkeit, Erlernbarkeit, Bedienbarkeit)

Verständlichkeit	Besonders für ältere Anwender ist die Anforderung, dass das System einfach zu verstehen ist, äußerst wichtig. Damit der Benutzer das System besser verstehen kann, wird es eine Systembeschreibung geben, darin werden unter anderem die Funktionen der einzelnen Szenarien beschrieben. Zusätzlich wird es umfangreiche Hilfetexte mit detaillierten Informationen geben. Hat der Benutzer weiterhin Verständnisschwierigkeiten, was das System betrifft, hat der Benutzer die Möglichkeit die Support Hotline zu kontaktieren.
Erlernbarkeit	Der Erlernbarkeitsprozess sollte für den Benutzer so einfach wie nur möglich sein. Aus diesem Grund wird die App möglichst selbsterklärend sein, damit der Einstieg dem Benutzer nicht schwer fällt. Um den Benutzer ein möglichst einfachen Einstieg in das System zu ermöglichen, wird in der Systembeschreibung die Bedienung und Funktionsweise der App beschrieben.
Bedienbarkeit	Das System wird über eine App, die für Tablet Geräte optimiert ist, durch den Benutzer bedienbar sein. Die App wird speziell für Tablet Geräte optimiert, da Tablets über ein großes Display verfügen, wodurch eine bessere Lesbarkeit garantiert werden kann. Zudem ist die Bedienung über Touchscreen sehr einfach und intuitiv erlernbar. Die Funktionen, die das System zur Verfügung stellen wird, kann der Benutzer über die App aktivieren bzw. deaktivieren. Zusätzlich kann der Benutzer optionale Einstellungen nach seinen Präferenzen vornehmen. Die Szenarien werden in der App auf der Startseite angezeigt, so dass der Benutzer einen direkten Überblick über aktivierte und deaktivierte Szenarien erhält. Wird durch den Benutzer ein Szenario aktiviert, wird die App dieses Szenario als „Szenario aktiviert“ anzeigen, damit der Benutzer sieht ob ein Szenario aktiviert oder deaktiviert ist. Die grafische Oberfläche der App wird möglichst übersichtlich und einfach für den Benutzer gestaltet, da die Zielgruppe ältere Menschen sind. Das bedeutet es wird möglichst wenig verschachtelte Menüs und Einstellungsmöglichkeiten geben. Damit eine gute Lesbarkeit für den Benutzer gewährleistet wird, werden Schriftgröße der Texte und Menüs entsprechend groß gestaltet.

Tabelle 11: Zuverlässigkeit (Systemreife, Wiederherstellbarkeit, Fehlertoleranz)

Systemreife	Als Systemreife wird die Stabilität eines Systems bezeichnet. Welche Verfahren eingesetzt werden um eine hohe Fehlertoleranz zu gewährleisten, wird zurzeit noch geprüft.
-------------	---

<p>Wiederherstellbarkeit</p>	<p>Wiederherstellbarkeit bezeichnet die Fähigkeit, die Bereitstellung zu dem Punkt wiederherzustellen, zu dem ein Ausfall erfolgt ist. Die Fähigkeit zum schnellen Wiederherstellen nach einem Systemausfall erfordert eine aktuelle Sicherung der Daten. Dazu werden regelmäßig automatisch vom System Backups erstellt, um im Falle eines Systemausfalls, das System wieder mit einem Backup herstellen zu können.</p> <p>Nach einem Stromausfall oder einem geplanten Neustart der Zentrale werden die Zustände und Werte aller Sensoren und Aktoren automatisch von der Zentrale abgefragt, so dass ein reibungsloser Normalbetrieb ohne weitere Eingriffe fortgesetzt wird.</p>
<p>Fehlertoleranz</p>	<p>In der Technik, besonders in der Datenverarbeitung, bedeutet Fehlertoleranz die Eigenschaft eines technischen Systems, seine Funktionsweise auch aufrechtzuerhalten, wenn unvorhergesehene Eingaben oder Fehler in der Hard- oder Software auftreten. Aus diesem Grund ist eine hohe Fehlertoleranz sehr wichtig. Welche Verfahren eingesetzt werden um eine hohe Fehlertoleranz zu gewährleisten, wird zurzeit noch geprüft.</p>

Tabelle 12: Aussehen und Handhabung - Doppellichtschränke

<p>Homematic IP Doppellichtschränke</p>	<p>Das Aussehen der Sensoren kann zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht zu 100% festgelegt werden, da diese durch funktionale Umsetzungen beeinflusst werden. Diese werden erst in der Entwicklungsphase reifen. Hierzu sind nachfolgend erste Konzeptgrafiken abgebildet.</p> <p>Die Handhabung der Sensoren ist nachstehend vorläufig beschrieben. Wir behalten uns hier Änderungen während der Entwicklung vor. Grundfunktionalitäten werden sich mit hoher Wahrscheinlichkeit aber nicht signifikant ändern.</p> 
<p>Abmessungen und Handhabung</p>	<ul style="list-style-type: none"> → Länge: ca. 130mm → Breite : ca. 30mm → Tiefe: ca. 20mm → Das Gerät wird über eine Bedientaste an eine Zentrale / über den HmIP – Access – Point angelernt.

	<p>→ Das Gerät sendet bei Erfassung azyklisch:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Passierrichtung. • Die Passiergeschwindigkeit.
--	--

Tabelle 13: Aussehen und Handhabung - Decken-Präsenzmelder

<p>Homematic IP Decken- Präsenzmelder</p>	<p>Das Aussehen der Sensoren kann zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht zu 100% festgelegt werden, da diese durch funktionale Umsetzungen beeinflusst werden. Diese werden erst in der Entwicklungsphase reifen. Hierzu sind nachfolgend erste Konzeptgrafiken abgebildet.</p> <p>Die Handhabung der Sensoren ist nachstehend vorläufig beschrieben. Wir behalten uns hier Änderungen während der Entwicklung vor. Grundfunktionalitäten werden sich mit hoher Wahrscheinlichkeit aber nicht signifikant ändern.</p> <div data-bbox="443 875 775 1128" style="text-align: center;">  </div>
<p>Abmessungen und Handhabung</p>	<p>→ Durchmesser: ca. 130mm</p> <p>→ Das Gerät wird über eine Bedientaste an eine Zentrale / über den HmIP – Access – Point angelehrt.</p> <p>→ Das Gerät sendet bei Erfassung azyklisch:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Präsenzerkennung • Den Helligkeitswert <p>→ Unterschiedliche Modi für die Erfassung können eingestellt werden (Detection-Profiles).</p>

Tabelle 14: Selbstlernendes Systemverhalten

<p>Selbstlernendes Systemverhalten</p>	<p>Auf der Basis von Verfahren des autonomen Lernens kann ein vorab vom jeweiligen Nutzer freigegebenes Maß an autonomem Systemverhalten festgelegt werden (Notruf, aber auch energieeffiziente Steuerung der Heizung etc.). Ziel der Gesamtentwicklung ist ein auf die spezifischen Nutzerinteressen angepasstes Systemverhalten. Daher soll das System weitgehend autonom – selbstlernen – funktionieren. Dazu ist erforderlich, dass das System kontinuierlich lernt: Dieses lernen betrifft das üblicherweise vom Nutzer gewünschte Licht, das Heizverhalten, im besonderen Masse aber auch die Sicherheit. Mit steigendem Alter steigt das Sturzrisiko. Oft muss nach dem Sturz mit Hilflosigkeit gerechnet werden. Um dem zu begegnen soll das System das Normverhalten lernen und außergewöhnliche Ereignisse detektieren können. Beispiel: Benutzt der Nutzer das Badezimmer üblicherweise niemals länger als 30 Minuten wird das System Alarm melden, wenn es feststellt, dass der Nutzer bereits 45 Minuten im Badezimmer verblieben ist. Um Energie einzusparen ist es sinnvoll, nur die Heizkörper benutzter Räume zu heizen. Das System lernt die üblicherweise gewünschten Einstellungen und stellt dann die Heizkörper automatisch auf die gewünschten Temperaturen. Um sich sicher zu bewegen ist eine ausreichende Beleuchtung erforderlich. Auch hier lernt das System die Wünsche des Nutzers und stellt dann in Folge die gewünschte Lichtstärke automatisch ein.</p>
--	---

Tabelle 15: Transparenz des Systemverhaltens (Kontrollierbarkeit)

<p>Kontrollierbarkeit</p>	<p>„Kontrollierbarkeit“ des Systemverhaltens ist die Fähigkeit, das zum Teil auf komplexen Berechnungen beruhende Verhalten des Systems auf seine Integrität zu prüfen.</p> <p>Je nach Funktion des Systems bedeutet dies, abstrakte und weniger abstrakte Entscheidungskriterien für die autonomen Aktionen des Systems (Licht an-/ausschalten, Heizung regeln, Alarm auslösen, etc.) für Benutzer und Projektpartner verständlich darzustellen. Dies könnte z.B. in der mobilen App geschehen. Dabei sollte zwischen den beiden Benutzergruppen unterschieden werden, denn von einem Endnutzer kann und sollte kein Technikverständnis vorausgesetzt werden.</p> <p>Wie die Darstellung des Systemzustands und der darauf basierenden Entscheidungen im Detail aussehen wird, wird noch untersucht. Vorstellbar wäre z.B. eine visuelle Darstellung der Entscheidungsparameter. Für den Endkunden könnte unter Umständen eine automatisch generierte Formulierung in natürlicher Sprache hilfreich sein.</p>
---------------------------	--

Tabelle 16: Korrektheit (Ergebnisse fehlerfrei)

Korrektheit	<p>Ähnlich der „Kontrollierbarkeit“ des Systemverhaltens soll es Benutzern und Projektpartnern ermöglicht werden, die Korrektheit des Systems zu überprüfen. Hierfür müssen die Lernverfahren und die darin verarbeiteten Daten sowie die erzeugten Informationen dargestellt werden. Das bedeutet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vom System selbständig durchgeführte Aktionen sollten verständlich dokumentiert werden, • Fehler in der Ausführung von Aktionen oder in der Kommunikation mit der Hardware müssen dokumentiert werden und sichtbar sein, • Status, Ergebnisse und Details der Lernverfahren müssen einsehbar gemacht werden. <p>Wie die Darstellung dieser Informationen aussehen wird, hängt teilweise von den abschließend eingesetzten Algorithmen ab. Davon abgesehen müssen verschiedene Darstellungsformen (visuell, textuell, etc.) noch diskutiert werden.</p>
-------------	--

Fazit

Die Nutzeranforderungen des Kunden an das zu entwickelnde System wurden ermittelt, strukturiert und geprüft. Beurteilt wurden die Nutzeranforderungen hinsichtlich verschiedener Kriterien beispielsweise auf die Machbarkeit. Das Ergebnis zeigt unter anderem, dass die Szenarien „Briefkastensensor“ und „Visuell-akustisches Telefonklingeln“ im Projekt nicht umgesetzt werden, da der Aufwand den Nutzen der Szenarien übersteigen würde. Den Szenarien wurden Prioritäten zugeordnet, um die Wichtigkeit der Szenarien festzulegen. Die herausgearbeiteten Funktionen, welche das System erfüllen soll, sind eindeutig definiert worden, wodurch eine bessere Transparenz für die Projektpartner gewährleistet wird.

1.1.2 Technische Anforderungen

Auf Grundlage der zuvor ermittelten Anwendungsszenarien und den daraus abgeleiteten allgemeinen Anforderungen erfolgt in diesem Kapitel die Beschreibung der technischen funktionalen und nichtfunktionalen Anforderungen an das System. Die technischen Anforderungen seitens der Nutzer wurden mit Hilfe der Methode „Contextual Inquiry“ sowie in Workshops mit Endnutzern und sonstigen Stakeholdern erfasst. Zusätzlich wurden auch die Ergebnisse aus der Vielzahl vorangegangener Untersuchungen berücksichtigt. Im Anschluss an die Erhebung erfolgte eine Zuordnung der Anforderungen zu den einzelnen Zielgruppen, um hiermit eine nachvollziehbare Basis für die Evaluation zu schaffen.

Die Analyse der technischen Anforderungen an das System erfolgt in tabellarischer Form. Ziel war es, die technischen Anforderungen des Kunden an das zu entwickelnde System zu ermitteln, zu strukturieren und zu prüfen. Das System sollte für eine möglichst breite Zielgruppe definiert werden. Als Hauptzielgruppe zählten ältere Menschen, die noch recht selbstständig waren und die möglichst lange in ihrer

eigenen Wohnung leben und dabei Komfort, Energieeffizienz usw. nutzen wollten. Als Zielgruppe werden auch Wohlfahrtsverbände wie das Deutsche Rote Kreuz angesehen.

1.1.2.1 Analyse der Technischen Anforderungen an das System

Tabelle 17: Antwortzeiten

Name	Antwortzeiten
Benutzeranforderung	<p>Antwortzeit bezeichnet die Zeitspanne zwischen dem Absenden einer Eingabe am Eingabegerät und dem Empfang der zugehörigen Ausgabe am Ausgabegerät. Einflussfaktoren auf die Antwortzeit können unter anderem sein:</p> <p>Die Rechenleistung des Computers und die Effizienz der Software.</p> <p>Die Anforderung die der Benutzer stellt ist, dass das System folgende Antwortzeiten zur Verfügung stellt.</p> <p>Die Antwortzeit der Rückmeldung in der grafischen Oberfläche des Ausgabegeräts darf nicht mehr als 500 Millisekunden betragen. Das System soll innerhalb von 1000 Millisekunden auf die Eingabe des Nutzers reagieren und die Eingabe ausführen.</p>
Priorität der Anforderung	<p>Die Priorität einer Anforderung wird zur Vereinfachung in 3 Stufen gegliedert:</p> <p>Hohe Priorität = 1</p> <p>Mittlere Priorität = 2</p> <p>Niedrige Priorität = 3</p> <p>Priorität der Anforderung</p> <p>Antwortzeiten: mittlere Priorität = 2</p> <p>Diese technische Anforderung wird eine mittlere Priorität besitzen, da es für die Zielgruppe wichtig ist, dass das System Änderungen zeitnah übernimmt und umsetzt.</p>
Wie wird die Anforderung voraussichtlich umgesetzt werden?	<p>Die Antwortzeit hängt hauptsächlich von der Hard- und Software der eingesetzten Zentrale ab. Diese Zentrale wird einen erheblich schnelleren Prozessor und erheblich mehr Speicherplatz haben als die heute üblicherweise eingesetzte CCU2-Zentrale des HomeMatic-Systems. Die rechenaufwändigen Verfahren zur Anpassung der Funktionen bezüglich des Nutzerverhaltens erfolgen im Hintergrund und werden dann über automatische Änderungen der Zeittabellen und der Programmierungen des ausführenden Programms realisiert. Daher sind für diesen rechenaufwändigen Teil des Systems keine Echtzeitanforderungen zu erfüllen, so dass man davon ausgehen kann, dass die Antwortzeiten des zu entwickelnden Systems besser als die Antwortzeiten eines momentan verfügbaren HomeMatic-Systems sein werden.</p>

Machbarkeit	Die Projektpartner sind der Auffassung, dass diese Anforderung erfüllt wird, da die Antwortzeiten des Homematic System heute schon hinreichend gut sind.
Prüfbarkeit der Anforderung	Die Anforderung ist konkret beschrieben, so dass während und nach der Entwicklung des Systems die Qualität der Umsetzung beurteilt werden kann.
Fragen	

Tabelle 18: Ressourcenbedarf

Name	Ressourcenbedarf
Benutzeranforderung	<p>Die Anforderung die der Benutzer stellt ist, dass die Zentrale über die unten stehenden System Ressourcen verfügt um einen problemlosen Betrieb sicherzustellen und auch eine angemessene Ressourcen-Reserve für Erweiterungen zur Verfügung steht. Folgende Ressourcen werden mindestens vorausgesetzt: Zentrale mit Betriebssystem Linux und mindestens folgenden Spezifikationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mehrkern-Prozessor mit einer Taktfrequenz größer oder gleich 1GHz • Mindestens 1 GB RAM • Mindestens 8 GB Flash-Speicher. • 100 Mbit Ethernet
Priorität der Anforderung	<p>Die Priorität einer Anforderung wird zur Vereinfachung in 3 Stufen gegliedert:</p> <p>Hohe Priorität = 1</p> <p>Mittlere Priorität = 2</p> <p>Niedrige Priorität = 3</p> <p>Priorität der Anforderung</p> <p>Ressourcenbedarf: Niedrige Priorität = 3</p> <p>Diese technische Anforderung wird eine niedrige Priorität besitzen, da es für die Zielgruppe nicht wichtig ist, ob das System etwas mehr Ressourcen benötigt, da aktuelle Hardware ausreichende Leistungsreserven zur Verfügung zu stellen.</p>
Wie wird die Anforderung voraussichtlich umgesetzt werden?	<p>Zentrale mit Betriebssystem Linux und mindestens folgenden Spezifikationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mehrkern-Prozessor mit einer Taktfrequenz größer oder gleich 1GHz. • Mindestens 1 GB RAM. • Mindestens 8 GB Flash-Speicher. • 100 Mbit Ethernet <p>Da diese Ressourcen erheblich über denen der heute überwiegend eingesetzten CCU2-Zentrale liegen und ressourcenintensive Berechnungen im Hintergrund</p>

	ausgeführt werden sollten die genannten Hardwarevoraussetzungen ausreichen. Aufgrund der durch das Betriebssystem sichergestellten Kompatibilität mit anderen Linux-Hardwaregeräten könnte eine Portierung auf Geräte mit höherwertiger Hardware problemlos durchgeführt werden könnte.
Machbarkeit	Die Projektpartner sind der Auffassung, dass diese Anforderung erfüllt wird, da keine großen Datenmengen verarbeitet werden, wodurch die Software auf aktueller Hardware problemlos lauffähig sein wird.
Prüfbarkeit der Anforderung	Die Anforderung ist konkret beschrieben, so dass während und nach der Entwicklung des Systems die Qualität der Umsetzung beurteilt werden kann.
Fragen	

Tabelle 19: Stabilität

Name	Stabilität
Benutzeranforderung	<p>Unter Stabilität ist zu verstehen, dass das System möglichst selten abstürzt und eine hohe Ausfallsicherheit bietet. Die Anforderung die der Benutzer stellt ist, dass das System folgende Stabilität aufweist:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es darf nicht häufiger als 1x im Monat vorkommen, dass aufgrund eines Softwarefehlers das System auf eine Aktion des Nutzers (z.B. Betätigung eines Schalters) nicht reagiert. • Es darf nicht häufiger als 1x im Monat vorkommen, dass aufgrund eines Softwarefehlers das System neu gestartet werden muss, damit die autonomen Steuerungsfunktionen wieder einwandfrei laufen.
Priorität der Anforderung	<p>Die Priorität einer Anforderung wird zur Vereinfachung in 3 Stufen gegliedert:</p> <p>Hohe Priorität = 1</p> <p>Mittlere Priorität = 2</p> <p>Niedrige Priorität = 3</p> <p>Priorität der Anforderung</p> <p>Stabilität: Hohe Priorität = 1</p> <p>Diese technische Anforderung wird eine hohe Priorität besitzen, da es für die Zielgruppe besonders wichtig ist, dass das System möglichst selten abstürzt.</p>
Wie wird die Anforderung voraussichtlich umgesetzt werden?	<p>Die contronics-Steuerungssoftware auf der Zentrale wird von einem Watchdog-Programm überwacht und im Falle eines unplanmäßigen Absturzes automatisch neu gestartet, wobei beim Neustart die aktuellen Zustände aller Module aus den Modulen bzw. der Kommunikationssoftware zu den Modulen (BidCoS) ausgelesen werden.</p>

	<p>Alle Homematic Komponenten kommunizieren durchgehend bidirektional. Das bedeutet, dass jeder Funkbefehl von den angesprochenen Komponenten bestätigt wird.</p> <p>Dieses Verfahren bietet ein Höchstmaß an Sicherheit bezüglich der Funkkommunikation. Zudem besteht dadurch jederzeit Klarheit über den aktuellen Status aller Komponenten. Das garantiert maximale Zuverlässigkeit des Systems.</p>
Machbarkeit	<p>Die Projektpartner sind der Auffassung, dass diese Anforderung erfüllt wird, da ein besonderer Fokus in der Entwicklung darauf liegt, dass das System zuverlässig funktioniert.</p> <p>Zur möglichst vollständigen Erkennung und Behebung von Programmfehlern wird in dem Entwicklungsprozess, d. h. vor dem tatsächlichen, produktiven Einsatz des Systems, ein ausführlicher Systemtest durchgeführt.</p>
Prüfbarkeit der Anforderung	Die Anforderung ist konkret beschrieben, so dass während und nach der Entwicklung des Systems die Qualität der Umsetzung beurteilt werden kann.
Fragen	

Tabelle 20: Erweiterbarkeit

Name	Erweiterbarkeit
Benutzeranforderung	Die Anforderung die der Benutzer stellt ist, dass sich das System um weitere Module wie beispielsweise Heizkörperstellantriebe nachrüsten lässt, damit Funktionen die zu Beginn vom Benutzer nicht gewünscht sind, zu einem späteren Zeitpunkt vom Benutzer genutzt werden können.
Priorität der Anforderung	<p>Die Priorität einer Anforderung wird zur Vereinfachung in 3 Stufen gegliedert:</p> <p>Hohe Priorität = 1</p> <p>Mittlere Priorität = 2</p> <p>Niedrige Priorität = 3</p> <p>Priorität der Anforderung</p> <p>Erweiterbarkeit: hohe Priorität = 2</p> <p>Diese technische Anforderung wird eine mittlere Priorität besitzen, da es für die Zielgruppe wichtig ist, dass das System um weitere Module erweitert werden kann.</p>
Wie wird die Anforderung voraussichtlich umgesetzt werden?	Das Grundsystem kann mit über hundert Modulen eingesetzt werden und durch Einsatz mehrerer Funk-LAN-Gateways und CCUs als Schnittstellen auf mehrere hundert Module erweitert werden, aus diesem Grund wird das System die Anforderung erfüllen.

Machbarkeit	Die Projektpartner sind der Auffassung, dass diese Anforderung erfüllt wird, da sich das Homematic System problemlos um weitere Module erweitern lässt. Der Benutzer hat jederzeit die Möglichkeit eine Funktion erst zu einem späteren Zeitpunkt nutzen.
Prüfbarkeit der Anforderung	Die Anforderung ist konkret beschrieben, so dass während und nach der Entwicklung des Systems die Qualität der Umsetzung beurteilt werden kann.
Fragen	

Tabelle 21: Installierbarkeit

Name	Installierbarkeit
Benutzeranforderung	Die Anforderung die der Benutzer stellt ist, dass der Benutzer die Installation des Systems nicht selbst durchführen muss.
Priorität der Anforderung	Die Priorität einer Anforderung wird zur Vereinfachung in 3 Stufen gegliedert: Hohe Priorität = 1 Mittlere Priorität = 2 Niedrige Priorität = 3 Priorität der Anforderung Installierbarkeit: hohe Priorität = 1 Diese technische Anforderung wird eine hohe Priorität besitzen, da es für die Zielgruppe besonders wichtig ist, dass das System einfach zu installieren ist.
Wie wird die Anforderung voraussichtlich umgesetzt werden?	Angestrebt wird dass die Einrichtung und Konfiguration des Hauptsystems (Zentrale, PIR-Präsenzmelder und Lichtschranke) von einem Fachbetrieb durchgeführt wird. Nachrüstbare Module wie Heizkörperstellantriebe werden voraussichtlich von versierten Endkunden selbst installiert werden können. Wie die Installation des Systems konkret aussehen wird, wird im späteren Projektverlauf geklärt. Die Tablet-App wird voraussichtlich über einen App Store angeboten und darüber installierbar sein. Wird im App Store auf App Installieren geklickt, wird die Installation der App automatisch ausgeführt.
Machbarkeit	Die Projektpartner sind der Auffassung, dass diese Anforderung erfüllt wird, da in der Entwicklung berücksichtigt wird, dass die Zielgruppe die Installation des Systems nicht selbst durchführen kann und aus diesem Grund wird angestrebt, dass ein Fachbetrieb die Installation des Systems vornehmen wird.
Prüfbarkeit der	Die Anforderung ist konkret beschrieben, so dass während und nach der Ent-

Anforderung	wicklung des Systems die Qualität der Umsetzung beurteilt werden kann.
Fragen	

Tabelle 22: Austauschbarkeit

Name	Austauschbarkeit
Benutzeranforderung	Die Anforderung die der Benutzer stellt ist, dass defekte Module austauschbar sind, ohne dass die Funktionsfähigkeit des ganzen Systems beeinträchtigt wird.
Priorität der Anforderung	Die Priorität einer Anforderung wird zur Vereinfachung in 3 Stufen gegliedert: Hohe Priorität = 1 Mittlere Priorität = 2 Niedrige Priorität = 3 Priorität der Anforderung Austauschbarkeit: hohe Priorität = 1 Diese technische Anforderung wird eine hohe Priorität besitzen, da es für die Zielgruppe besonders wichtig ist, wenn ein Gerät ausfällt, dass es möglichst schnell und einfach ausgetauscht werden kann.
Wie wird die Anforderung voraussichtlich umgesetzt werden?	Dadurch, dass Homematic Module unabhängig voneinander ihre Funktion erfüllen können, wird die Funktionsfähigkeit anderer Homematic Module nicht beeinträchtigt. Die Funktionsfähigkeit der Module könnte beeinträchtigt werden, wenn die Zentrale ausfällt, wie man dieses Problem löst, wird von den Projektpartnern noch geprüft.
Machbarkeit	Die Projektpartner sind der Auffassung, dass diese Anforderung erfüllt wird, da Homematic Module jederzeit austauschbar sind, ohne dass die Funktionsfähigkeit anderer Module beeinträchtigt wird.
Prüfbarkeit der Anforderung	Die Anforderung ist konkret beschrieben, so dass während und nach der Entwicklung des Systems die Qualität der Umsetzung beurteilt werden kann.
Fragen	

Tabelle 23: Wartbarkeit

Name	Wartbarkeit
Benutzeranforderung	Die Anforderung die der Benutzer stellt ist, dass das System und die eingesetz-

<p>ung</p>	<p>ten Homematic Module maximal einmal im Jahr vom Benutzer gewartet werden müssen.</p>
<p>Priorität der Anforderung</p>	<p>Die Priorität einer Anforderung wird zur Vereinfachung in 3 Stufen gegliedert: Hohe Priorität = 1 Mittlere Priorität = 2 Niedrige Priorität = 3 Priorität der Anforderung Wartbarkeit: hohe Priorität = 1 Diese technische Anforderung wird eine hohe Priorität besitzen, da es für die Zielgruppe besonders wichtig ist, dass das System und die eingesetzten Homematic Module möglichst wenig Wartungsaufwand in Anspruch nehmen.</p>
<p>Wie wird die Anforderung voraussichtlich umgesetzt werden?</p>	<p>Die Zentrale wird voraussichtlich keine Wartung erfordern. Die einzige Wartung die vollzogen werden muss, ist der Batteriewechsel bei den eingesetzten Homematic Modulen. Da die Homematic Module sehr wenig Strom benötigen, wird eine durchschnittliche Batterielebensdauer von ca. 1-2 Jahren erreicht.</p>
<p>Machbarkeit</p>	<p>Die Projektpartner sind der Auffassung, dass diese Anforderung erfüllt wird, da Homematic Module sehr wenig Strom benötigen und somit eine durchschnittliche Batterielebensdauer von ca. 1-2 Jahren erreicht wird. Ein Wechsel der Batterien wird also nur alle 1-2 Jahre vom Benutzer vollzogen, dies stellt für den Benutzer einen sehr geringen Wartungsaufwand da.</p>
<p>Prüfbarkeit der Anforderung</p>	<p>Die Anforderung ist konkret beschrieben, so dass während und nach der Entwicklung des Systems die Qualität der Umsetzung beurteilt werden kann.</p>
<p>Fragen</p>	

Tabelle 24: Informationssicherheit

<p>Name</p>	<p>Informationssicherheit</p>
<p>Benutzeranforderung</p>	<p>Die Anforderung die der Benutzer stellt ist, das alle Homematic-Aktoren, deren unbefugte Betätigung sicherheitsrelevant sind, weil sie z.B. einen Einbruch erleichtern, wie z.B. Tür- und Fensteröffner, so gesichert sein sollten, dass ein Abhören der Funkstrecke nicht ausreichend ist, um ein Funksignal zu senden, welches diese Aktoren betätigt (Kommunikation sollte verschlüsselt oder authentifiziert sein oder beides). Ein Zugriff auf das System über das Netzwerk (Ethernet oder WLAN) und damit potenziell aus dem Internet sollte nur über bestimmte Ports beispielsweise 2110 möglich sein und eine zusätzliche Benutzer Authentifizierung voraussetzen.</p>

Priorität der Anforderung	<p>Die Priorität einer Anforderung wird zur Vereinfachung in 3 Stufen gegliedert:</p> <p>Hohe Priorität = 1</p> <p>Mittlere Priorität = 2</p> <p>Niedrige Priorität = 3</p> <p>Priorität der Anforderung</p> <p>Informationssicherheit: mittlere Priorität = 2</p> <p>Diese technische Anforderung wird eine mittlere Priorität besitzen, da es für die Zielgruppe wichtig ist, dass das System wirksam gegen Angriffe Dritter geschützt ist.</p>
Wie wird die Anforderung voraussichtlich umgesetzt werden?	<p>Angestrebt wird eine Verschlüsselung und Authentifizierung aller Datenpakete, damit das System wirksam gegen Angriffe Dritter geschützt ist. Zur Benutzer Authentifizierung sind geeignete Dienste (VPN Service) und Zertifikate erforderlich.</p>
Machbarkeit	<p>Die Projektpartner sind der Auffassung, dass diese Anforderung erfüllt wird, da Homematic Module bereits Sicherheitsmechanismen wie Verschlüsselung und Authentifizierung von Datenpaketen unterstützen. Zudem werden weitere Sicherheitsmechanismen im Projekt mit berücksichtigt.</p>
Prüfbarkeit der Anforderung	<p>Die Anforderung ist konkret beschrieben, so dass während und nach der Entwicklung des Systems die Qualität der Umsetzung beurteilt werden kann.</p>
Fragen	

Tabelle 25: Konformität

Name	Konformität
Technische Anforderung	<p>Software und Hardwareprodukte müssen unterschiedliche Normen und Richtlinien erfüllen. Die im System verwendeten Homematic Produkte besitzen eine Konformitätserklärung. Welche Normen und Richtlinien erfüllt werden, ist in der Konformitätserklärung des Produktes angegeben.</p>
Priorität der Anforderung	<p>Die Priorität einer Anforderung wird zur Vereinfachung in 3 Stufen gegliedert:</p> <p>Hohe Priorität = 1</p> <p>Mittlere Priorität = 2</p> <p>Niedrige Priorität = 3</p> <p>Priorität der Anforderung</p> <p>Austauschbarkeit: hohe Priorität = 1</p>

	Diese technische Anforderung wird eine hohe Priorität besitzen, da es gesetzlich vorgeschrieben ist, das ein Produkt die erforderlichen Normen und Richtlinien erfüllt.
Wie wird die Anforderung voraussichtlich umgesetzt werden?	Das System wird eine Konformitätsprüfung durchlaufen, sollte das System die erforderlichen Normen und Richtlinien der Konformitätsprüfung erfüllen, wird das System eine Konformitätserklärung erhalten.
Machbarkeit	Die Projektpartner sind der Auffassung, dass diese Anforderung erfüllt wird, da bestehende Homematic Module bereits spezifische Normen und Richtlinien erfüllen.
Prüfbarkeit der Anforderung	Die Anforderung ist konkret beschrieben, so dass während und nach der Entwicklung des Systems die Qualität der Umsetzung beurteilt werden kann.
Fragen	

Tabelle 26: Systemvoraussetzungen

Name	Systemvoraussetzungen
Systemvoraussetzungen für die Software.	<p>Systemvoraussetzungen für die Software</p> <p>Handelsüblicher PC oder Notebook zur Konfiguration und Programmierung des Systems.</p> <p>Zentrale mit Betriebssystem Linux und mindestens folgenden Spezifikationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mehrkern-Prozessor mit einer Taktfrequenz größer oder gleich 1GHz • Mindestens 1 GB RAM • Mindestens 8 GB Flash-Speicher. • 100 Mbit Ethernet
Systemvoraussetzungen für die App	Für die App wird ein Android-Gerät mit ARM-Prozessor und Android-Version grösser oder gleich 4.3 erforderlich sein. Die meisten Smartphones und Tablets (Samsung, HTC, LG usw.) arbeiten mit ARM Prozessoren.
Fragen	

Fazit

Die technischen Anforderungen der Zielgruppe an das zu entwickelnde System wurden ermittelt, strukturiert und geprüft. Das Ergebnis zeigt unter anderem, dass technische Anforderungen wie Ressourcenbedarf keinen hohen Stellenwert für die anzusprechende Zielgruppe haben. Die technischen Anforde-

rungen der Zielgruppe sind im Wesentlichen eine einfache Erweiterbarkeit des Systems, eine hohe Ausfallsicherheit des Systems und ein geringer Wartungsaufwand des Systems. Den technischen Anforderungen wurden Prioritäten zugeordnet, um die Wichtigkeit der technischen Anforderungen festzulegen. Die herausgearbeiteten technischen Anforderungen, welche das System erfüllen soll, sind eindeutig definiert worden, wodurch eine bessere Transparenz für die Projektpartner gewährleistet wird.

1.1.3 Datenschutzkonzept

Im Projekt LivingCare werden viele Daten gesammelt, die einzeln für sich genommen keine große Aussagekraft haben, aber in ihrer Gesamtheit eine sehr detaillierte Profilbildung über die betroffenen Anwohner zulassen. Da diese Informationen sehr sensibel sind, ist es notwendig, den gesetzlich vorgeschriebenen Schutz zu gewährleisten. Eine sehr gute Übersicht über diese Problematik gibt die Vorstudie „Juristische Fragen im Bereich altersgerechter Assistenzsysteme“. Die Studie wurde im Jahr 2010 vom Unabhängigen Landeszentrum für Datenschutz Schleswig-Holstein im Auftrag des VDI/VDE erstellt. Im Folgenden wird die Studie kurz als ULD-Studie bezeichnet. Die Informationen aus dieser Studie bilden die Grundlage für dieses Kapitel.

In den beiden folgenden Unterkapiteln wird zunächst auf die Grundlagen des Datenschutzes eingegangen. Es werden wichtige Aspekte des Datenschutzes beschrieben. Anschließend wird anhand der vorgestellten Informationen ein Datenschutzkonzept für das Projekt LivingCare entwickelt.

1.1.3.1 Grundlagen des Datenschutzes

1.1.3.1.1 Grundbegriffe und Grundprinzip des Datenschutzes

Die Grundprinzipien des Datenschutzes lauten:

- Rechtmäßigkeit
- Zweckbindung
- Erforderlichkeit
- Datenvermeidung/-sparsamkeit
- Transparenz
- Klare Verantwortlichkeiten
- Kontrolle
- Gewährleistung der Betroffenenrechte

Einige Aktionen sind laut ULD-Studie im Rahmen des Datenschutzes sogar erstmal verboten:

- Erstellen von Persönlichkeitsprofilen
- Vorratsdatensammlung /Rundumüberwachung

Sind AAL-Anwendungen auf das automatisierte Auslösen von Prozessen ausgerichtet, dann kommt der §6a Bundesdatenschutzgesetz (BDSG) zum Tragen, wonach automatisierte Entscheidungen, bei denen einzelne Persönlichkeitsmerkmale zu Grunde genommen werden, unter Nennung bestimmter Ausnahmen grundsätzlich verboten sind. Im Folgenden werden die einzelnen Grundprinzipien näher erläutert.

Rechtmäßigkeit der Datenverarbeitung

Es ist verboten personenbezogene Daten zu erheben, allerdings mit Erlaubnisvorbehalt. Das heißt der Betroffene darf der Verarbeitung seiner Daten zustimmen. Es muss aber für jede Phase - Erhebung, Speicherung, Nutzung, Übermittlung - der Datenverwendung eine gesonderte Erlaubnis/Einwilligung erteilt werden. Zu den formalen Anforderungen einer Einwilligungserklärung gehören:

- sie muss zeitlich vor der ersten Datenerhebung stattgefunden haben
- der Betroffene muss einsichtsfähig sein
- ausreichend informiert worden sein
- im Regelfall muss die Schriftform gewahrt sein

Eine nachträglich gewährte Zustimmung rechtfertigt nicht die vorher rechtswidrige Datenverarbeitung. Das Erheben personenbezogener Daten stellt einen Eingriff in das Persönlichkeitsrecht dar. Der Betroffene muss in der Lage sein die Konsequenzen seines Handelns überblicken zu können, dabei kommt es **nicht** auf die Geschäftsfähigkeit an, eine bestimmte Altersgrenze ist nicht relevant.

Ist die Person aus Krankheitsgründen nicht in der Lage die Situation zu überblicken kann ein gesetzlicher Vertreter die Einwilligung erteilen. Rechtlich in der Grauzone befindet sich die Aussage, auch ein vom Betroffenen freiwillig gewählter Vertreter kann die Einwilligung erteilen und die rechtmäßige Datenverarbeitung kontrollieren.

Große Bedeutung kommt auch dem Begriff **Freiwilligkeit** zu. „Eine freiwillige Entscheidung kann nur dann vorliegen, wenn der Betroffene sich nicht in einer Situation befindet, die ihn faktisch dazu zwingt, sich mit der angetragenen Datenverarbeitung einverstanden zu erklären.“

Zur Freiwilligkeit gehört auch die Möglichkeit die Einwilligung jederzeit widerrufen zu können. Die Widerruflichkeit sichert dem Betroffenen auch nach Beginn der Datenaufzeichnung eine Einflussnahme zu.

Die erhebende Stelle unterliegt dem Betroffenen gegenüber einer Informationspflicht. Es muss detailliert offengelegt werden, welche Daten zu welchem Zweck erhoben werden, wer Zugriff auf diese Daten hat und was mit den Informationen aus den Daten geschieht. Zudem muss über die möglichen Risiken aufgeklärt werden.

Zweckbindung

Personenbezogene Daten dürfen nur für den Zweck verwendet werden für den sie erhoben wurden. Nur nach Einwilligung des Betroffenen ist auch eine anderweitige Verwendung gestattet.

Erforderlichkeit

Es dürfen nur die für den Zweck erforderlichen Daten erhoben werden. Das Aufzeichnen von vermeintlich überflüssigen personenbezogenen Daten ist nicht zulässig. Inbegriffen ist die Lösungsfrist. Nicht mehr benötigte Daten müssen gelöscht werden. Dritte die diese Daten erhalten haben sind darüber zu informieren. Anonymisierte Daten müssen nicht gelöscht werden.

Datenvermeidung und Datensparsamkeit

Diese Begrifflichkeit ist eine Konkretisierung der Erforderlichkeit. Daten die nicht aufgezeichnet werden müssen dürfen nicht aufgezeichnet werden. Daten die zu einem bestimmten Zeitpunkt erforderlich waren und nicht mehr gebraucht werden sind umgehen zu löschen. Besonders vor dem Hintergrund der Profilbildung.

Im Bereich AAL ist der Grundsatz zur Pflicht der Datenvermeidung besonders schwerwiegend. Gerade, weil Verhaltensprofile aufgezeichnet werden und damit ein Risiko der Verletzung des Rechts auf informationelle Selbstbestimmung¹ besteht. Daher muss schon bei der Entwicklung der Anwendung darauf geachtet werden, Daten möglichst sparsam aufzuzeichnen und auf die Erhebung personenbezogener Informationen möglichst zu verzichten.

Transparenz

Transparenz sagt aus, der Betroffene muss im Vorfeld allumfänglich darüber informiert werden, welche Daten, wofür aufgezeichnet werden, wer Zugang hat, wo diese Daten gespeichert werden. Desweiteren besteht eine Auskunftspflicht. Der Betroffene hat jederzeit das Recht, alle über ihn gesammelten Daten

¹ Das Recht auf informationelle Selbstbestimmung ist im bundesdeutschen Recht das Recht des Einzelnen, grundsätzlich selbst über die Preisgabe und Verwendung seiner personenbezogenen Daten zu bestimmen. Es handelt sich dabei nach der Rechtsprechung des Bundesverfassungsgerichts um ein Datenschutz-Grundrecht, das im Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland nicht ausdrücklich erwähnt wird.

einzusehen. Sollten durch ein Datenleck Daten an unberechtigte Dritte gelangen ist die Person unverzüglich darüber zu informieren. Interessant: „Im Fall von Scoring, d.h. dem Errechnen eines Wahrscheinlichkeitswertes für ein bestimmtes zukünftiges Verhalten eines Betroffenen (siehe §28b BDSG), sind ihm auf Verlangen weitere Informationen zu geben, insbesondere über das Zustandekommen des Wertes, §34 Abs.2 BDGS.“ Allerdings bezieht sich §28 BDSG nur auf Scoring für das Zustandekommen oder Beenden eines Vertrages und damit vermutlich nicht auf die Berechnung eines zukünftigen Verhaltens innerhalb einer Wohnung. Außer, diese Daten würden wiederum an Dritte, wie Versicherer oder Ähnliche, gelangen.

Klare Verantwortlichkeit

Die Einhaltung der gesetzlichen Pflichten obliegt immer der für die Datenverarbeitung verantwortlichen Stelle. In verteilten Systemen kann es schwierig sein diese Stelle zu definieren. Genau das muss aber glasklar sein und vor der Inbetriebnahme des AAL-Systems geklärt sein. Da im Falle einer Verletzung der gesetzlichen Pflichten der Verantwortliche zweifelsfrei bestimmbar sein muss.

Kontrolle

Die verantwortlichen Stellen und/oder Dienstleister müssen eine geeignete unabhängige Kontrolle etablieren. In der Regel wird dafür ein betrieblicher Datenschutzbeauftragter ernannt. Des Weiteren unterliegen Anbieter und Beteiligte der Kontrolle durch die zuständige Datenschutzbehörde. Neben dem Prüfungsrecht besteht aber auch ein Beratungsauftrag.

Gewährleistung der Betroffenenrechte

Die Betroffenenrechte umfassen das Recht immer Auskunft über seine Daten verlangen zu können sowie auch die anderen unabdingbaren Rechte wahrnehmen zu können, wie Kontroll-, Abwehr- und Gestaltungsrechte wie Sperrung, Löschung und Widerspruch. Es besteht ebenfalls ein Schadensersatzanspruch, wenn die Daten nicht rechtmäßig oder fehlerhaft erhoben oder verarbeitet wurden (§7 BDSG).

Personenbezogene und anonymisierte oder pseudonymisierte Daten

Datenschutzbestimmungen treten in Kraft sobald personenbezogene Daten erhoben, verarbeitet oder genutzt werden. Personenbezogene Daten sind „Einzelangaben über persönliche oder sachliche Verhältnisse einer bestimmten oder bestimmbaren natürlichen Person(Betroffener)“. Zu den besonderen

Arten personenbezogener Daten zählen Daten zum Nutzungsverhalten, technische Kennungen wie IP-Adressen und Gesundheitsdaten.

Die Datenschutzgesetze gelten nicht für nicht-personenbezogene Daten. Um den Personenbezug aus personenbezogenen Daten zu entfernen reicht in der Regel der Vorgang des Anonymisierens. Nach dem Vorgang des Anonymisierens darf es nur noch mit unverhältnismäßigem Aufwand an Zeit, Kosten und Arbeitskraft möglich sein die Daten einer natürlichen Person zuordnen zu können. Es ist aber sicherzustellen, dass ein Personenbezug auch nicht mit Zusatzwissen oder durch andere Methoden wiederhergestellt werden kann. Im Fall von LivingCare liegen alle Daten in elektronischer Form vor, was eine automatisierte Auswertung erheblich erleichtert. Durch elektronische Auswertbarkeit und Verknüpfbarkeit von Daten und der Zuordnung von Zusatzwissen erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass eine Identifizierung der Betroffenen doch wieder möglich wird.

Verbot der Profilbildung

Es ist grundsätzlich verboten durch Verknüpfung und Zusammenführung personenbezogener Daten eine Profilbildung vorzunehmen. Nicht nur das Erstellen von Profilen ist untersagt, sondern auch die systematische Datensammlung zu einem Menschen, z.B. **durch systematische Observation**. Begründet wird dies mit der Aussage, dass durch Profile Verhaltensweisen, Interessen und Gewohnheiten vorhersehbar gemacht werden und die Gefahr der Manipulation und Diskriminierung besteht. Auch bei einer **freiwilligen Einwilligung** in die Profilbildung kann eine **Verletzung der Menschenwürde** vorliegen, beispielsweise dann wenn ein umfangreicher Bestand an Daten eine Profilbildung ermöglicht, die ein selbstbestimmtes Leben der Betroffenen stark einschränken könnte. Das gilt unter anderem für die Aufzeichnung von **Bewegungsmustern und Verhaltensweisen**.

Um eine Datensammlung rechtlich auf sichere Beine zu stellen, sollte die Profilbildung auf bestimmte Bereiche beschränkt werden, Verknüpfungen ausgeschlossen werden, Löschroutinen verwendet werden und die Transparenzanforderung eingehalten werden, also gewährleisten, dass keine umfassenden und intransparenten Persönlichkeitsprofile entstehen.

Verbot der Sammlung auf Vorrat

Es dürfen keine Daten gesammelt werden, die keinem bestimmten Zweck dienen. Es ist nicht erlaubt, Daten zu sammeln, alleine in der Vermutung, sie könnten in Zukunft nützlich sein. So lange die Daten zweckgebunden sind, und eine Einwilligung nach oben genannten Kriterien vorliegt, ist eine Erhebung und Speicherung zulässig.

Verbot automatisierter Einzelentscheidungen

In LivingCare werden die meisten Entscheidungen zum Eingriff in das Leben der Probanden automatisiert getroffen, ohne dass ein Mensch diese zusätzlich bewertet. Nach §6a Abs.1 BDSG ist das verboten. Wenn die Wahrung berechtigter Interessen des Betroffenen durch geeignete Maßnahmen gewährleistet ist, kann dieses Verbot in bestimmten Fällen aufgehoben werden.

Datenschutz weiterer Betroffener

Nicht nur die Bewohner des mit dem AAL System ausgestatteten Haushaltes müssen datenschutzrechtlich betrachtet werden. Besucher, aber auch Dienstleister, wie Pflegedienste, Haushaltshilfen werden von den Sensoren erfasst. Es gibt drei Möglichkeiten die Rechte dieser Personengruppen zu wahren: entweder dürfen die Sensoren diese Personen nicht erfassen oder es muss eine Einwilligung der Betroffenen vorliegen oder aber das System ist für die Besuchszeiten abschaltbar.

1.1.3.2 Datenschutz im Projekt

Nachdem die Grundlagen des Datenschutzes vorgestellt wurden wird im Folgenden beschrieben, was diese Vorgaben für Anforderungen an das zu entwickelnde System stellen und wie eine technische Lösung dafür aussehen kann. Vorab müssen aber noch einige Gegebenheiten geklärt werden.

1.1.3.2.1 Anwendungsbereiche

Es gibt verschiedene Bereiche in denen AAL-Systeme agieren. Je nachdem welche das sind, bestehen andere Anforderungen an die zu gewährleistende Datensicherheit. Im Folgende die für das Projekt wichtigen Bereiche:

1. **Sicherheit:** Das System soll anhand der installierten Komponenten erkennen können wann Personen zuhause sind und wann nicht und entsprechend automatisch als Alarmanlage agieren. Dies darf die Bewegungsfreiheit und die Privatsphäre der Bewohner nicht verletzen.
2. **Haushalt:** In diesem Fall wird speziell die kontextabhängige Beleuchtung und Regelung der Raumtemperatur genannt. Aber auch der geplante Eingriff bei der Benutzung von Elektrogeräten fällt in diese Kategorie.
3. **Gesundheit:** Im Projekt wird das Szenario Monitoring kranker Erwachsener umgesetzt. Dabei werden Abweichungen von einem vorher erlernten „Normalverhalten“ erkannt und können im Ernstfall eine Notrufauslösung zur Folge haben.
4. **Pflege:** Der Bereich Gesundheit überschneidet sich etwas mit diesem Bereich. Durch das in LivingCare entwickelte System wird auch in die häusliche Pflege eingegriffen. Beteiligte Personen, insbesondere Angehörige, können durch das System bei der Pflege unterstützt werden,

auch wenn das eventuell „nur“ durch das Wissen passiert, dass das System reagiert, auch wenn kein Angehöriger vor Ort ist. Die Angehörigen fühlen sich somit sicherer und sind damit eventuell weniger aufmerksam.

5. **Prävention und Rehabilitation:** Durch das Erkennen von Abweichungen im Bewegungsverhalten oder auch anderem Verhalten, wie Nahrungsaufnahme oder Hygiene kann das System Hinweise zur Obacht generieren noch bevor ein Notfall eintritt.

Alleine die Punkte 3 und 4 bedeuten, dass im Projekt LivingCare die höchsten Sicherheitsstandards gewählt werden müssen. Das bedeutet mindestens protokollierte Zugriffskontrolle, Verschlüsselung der Daten, eingeschränkter Zugang zu den Daten und Löschroutinen.

1.1.3.2.2 Beteiligte Akteure

Um den Datenfluss umfassend bestimmen zu können ist es erforderlich festzulegen, wer alles, welcher Weise auch immer, Zugriff auf die Daten oder das System haben könnte. Im Folgenden werden die möglichen Rollen benannt und kurz beschrieben, die Rollenbezeichnungen stammen dabei ebenfalls aus der ULD-Studie:

1. **Der unmittelbare Nutzer:** Die Person, die das System benutzt und Hilfe/Unterstützung vom System erwartet.
2. **Unterstützende aus dem privaten Bereich:** Also Verwandte und Freunde, die zu Besuch kommen, unterstützende Aufgaben im Alltag übernehmen und sich eventuell Erleichterung durch das AAL-System erhoffen.
3. **Unterstützer aus dem pflegerischen Bereich:** Das heißt Personen/Personal aus Pflegeeinrichtungen, die durch das AAL-System Hilfe/Unterstützung bei ihrer Arbeit erhalten könnten. In unserem konkreten Beispiel sind dies die Mitarbeiter des DRK, die pflegerische Verantwortung bei den Bewohnern übernehmen.
4. **Unterstützende aus dem Dienstleistungssektor:** Damit sind unter anderem Anbieter der Wohnungen gemeint, die mit AAL-Technik ausgestattet sind (DRK).
5. **Technik- und Gerätehersteller:** Konzipieren und entwickeln AAL Anwendungen, im Fall LivingCare ist das die Firma contronics.
6. **Einrichtungen der Wissenschaft und Forschung:** AAL-Anwendungen erzeugen eine bisher nicht verfügbare Vielzahl von Daten, die für die Forschung von hoher Bedeutung sein können. Zugleich erfordert bereits der Einsatz von AAL-Anwendungen wissenschaftliche Begleitung, so im ethischen, rechtlichen und sozialwissenschaftlichen Bereich. Wörtlich aus der ULD-Studie übernommen, beschreibt dieses Zitat die Rolle von OFFIS vortrefflich.

1.1.3.2.3 Datenflüsse

Damit die Sicherheit der Daten gewährleistet ist muss zu jederzeit bekannt sein, wann und wo welche Daten entstehen und wer auf die Daten zugreifen kann. Dabei ist zu beachten, dass auch Personen in zweiter Reihe Zugriff auf die Daten haben könnten. Als Beispiel, der Dienstleister der zur Planung und Installation beauftragt wurde, beauftragt einen Dritten die Technik zu installieren, z.B. einen Elektroinstallateur. So könnten Akteure auf die Daten zugreifen können, an die im ersten Moment nicht gedacht wurde.

Im Zentrum der Analyse steht die Datenerhebung in der Wohnung. Über diese Datenverarbeitung muss der Betroffene selbst, also in unserem Fall der Bewohner, Verfügungsmacht und –befugnis haben. Daten können unter bestimmten Umständen auch an Freunde, Verwandte und Nachbarn gehen. Damit klar ist, wo Daten entstehen und welche Wege diese nehmen können ist es erforderlich den Datenfluss darzustellen. Zusätzlich ist Transparenz wichtig, das heißt es muss klar sein welche Daten genau verarbeitet werden. So ist festzustellen, inwieweit ein Personenbezug der Daten gegeben ist oder ob besondere Schutzbedarfe bestehen.

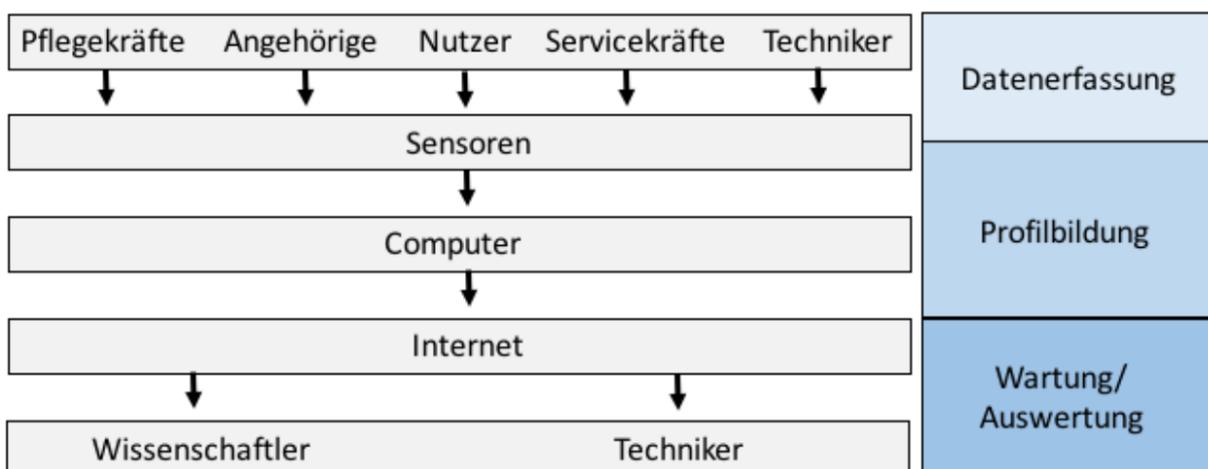


Abbildung 1: Datenflüsse im Projekt LivingCare

1.1.3.2.4 Daten

Wie oben beschrieben ist es erforderlich zu beschreiben, welche Daten vom Nutzer erhoben werden und welche Tätigkeiten oder welches Verhalten daraus abzuleiten ist, um so die Sensibilität der Daten verständlich zu machen. Die Daten werden durch die verbauten Sensoren aufgezeichnet. Dabei entstehen:

- Bewegungsdaten aus den Bewegungsmeldern
- Nutzungsdaten von Elektrogeräten durch Stromsensoren
- Fenster- und Türnutzungsdaten durch Tür- und Fensterkontakte
- Daten über die Nutzung der Heizung
- Daten über die Nutzung der Beleuchtungsanlage
- Anwesenheit von Besuch

- Anwesenheit von Pflege- oder Servicepersonal

Diese Daten einzeln für sich erlauben schon eine grobe Profilbildung der Anwohner, in Kombination ermöglichen sie eine detaillierte Rekonstruktion der Lebensumstände. Als Beispiele seien genannt:

- Anzahl und Häufigkeit der Toilettengänge, Nutzung der Dusche
- An-/Abwesenheiten in der Wohnung (inkl. der Information wo noch Fenster offen sind)
- Essensgewohnheiten
- Fernsehgewohnheiten
- Schlafgewohnheiten
- Bewegungsverhalten (schnell, langsam, fit/nicht fit)
- Sexualverhalten (mit Partner)

Mit Metawissen, das heißt aus Informationen, die man durch persönliche Gespräche hat, oder auch bloß, weil man einmal zu Besuch war, lassen sich die aus den Daten lesbaren Informationen noch weiter konkretisieren. In der aktuellen Testwohnung ist zum Beispiel bekannt, einer der Probanden raucht gerne auf der Loggia Zigarette und am Abend ist auch gerne ein Schnaps dabei. Aus den Daten ließe sich mit diesem Wissen schließen wie oft die Person raucht und eventuell auch einen Schnaps trinkt. Informationen die z.B. Krankenkassen sehr interessant finden könnten, aber auch Angehörige die sich dann eventuell dazu berufen fühlen dieses Verhalten zu unterbinden.

Warum sollten diese Daten nicht an Dritte gelangen? Zum einen weil sie per Gesetz geschützt sind. Ohne regelmäßig wiederholte Einwilligung ist es nicht zulässig diese Daten zu erheben und zu speichern! Darüber hinaus könnten verschiedene Institutionen Interesse an den Daten haben:

- Krankenkassen/Versicherungen könnten Informationen gewinnen, die sich auf den Versicherungsschutz auswirken könnten
- Hausverwalter/Vermieter könnten an Informationen gelangen die Ihnen nicht zustehen und gegen den Mieter verwenden, z.B. Lüftungsverhalten.
- Böswillige Personen könnten Leerstände der Wohnung in Erfahrung bringen für Einbrüche
- Unbefugte Personen dringen in einen sehr privaten Bereich vor, selbst wenn es sich dabei um Angehörige handelt
- Fehlinterpretierte Daten können zu unangenehmen Situationen führen. Im schlimmsten Fall z.B. zur Entmündigung.
- Das Arbeitsverhalten von Pflege- und Reinigungspersonal könnte überprüft und zu deren Nachteil ausgelegt werden.

Die Daten die aufgezeichnet werden wären für sich alleine genommen keine personenbezogenen Daten. Der Datenschutz hat nur Wirkung auf personenbezogene Daten. Aber, solange sich die Daten in der Wohnung befinden sind sie automatisch auch personenbezogen, da leicht ein Bezug zwischen dem

Haushalt und den Daten herzustellen ist. Sie können aber auch wenn sie aus der Wohnung entfernt werden noch personenbezogen sein, solange die ausbauende Person die Information über den Ort irgendwo niederschreibt, alleine dass er weiß, von wem die Daten sind macht diese Daten wieder zu personenbezogenen Daten. Sogar wenn es mit geringem Aufwand möglich ist die Information der Herkunft wiederherzustellen, gelten die Daten noch als personenbezogen.

Aus den genannten Gründen ist es erforderlich dem Datenschutz in diesem Projekt besondere Aufmerksamkeit zukommen zu lassen. Im Folgenden ist beschrieben wie die Grundprinzipien des Datenschutzes im Projekt LivingCare umgesetzt werden können.

1.1.3.2.5 Einwilligung

Bevor Daten aufgezeichnet werden dürfen bedarf es der Einwilligung aller Betroffenen. Aus den Vorüberlegungen ist bekannt, nicht nur die Anwohner, sondern auch Angehörige, Freund, Pfleger, Servicekräfte etc. können von den Sensoren erfasst werden. Es ist natürlich nicht möglich jeden erdenklichen Besucher mit einer Einwilligung zu konfrontieren. In dem Fall sollten nur regelmäßig wiederkehrende Personen eine Einwilligung unterschreiben müssen. Trotzdem muss jeder Besucher darüber informiert werden, dass Daten von ihm aufgezeichnet werden. Für direkt Betroffene muss daher ein Formblatt erstellt werden. Aus dem Formblatt muss deutlich hervorgehen:

- Zu welchem Zweck die Daten aufgezeichnet werden
- Welche Daten aufgezeichnet werden
- Wie diese Daten verarbeitet werden
- Wo diese gespeichert werden
- Wer Zugriff auf die Daten hat
- Welche Risiken durch die Zustimmung entstehen
- Das Recht zum jederzeitigen Widerruf dieser Einwilligung

Jeder dieser einzelnen Punkte sollte bevorzugt mit einer einzelnen Unterschrift bestätigt werden. Nicht gesetzlich festgelegt, aber empfohlen, wird die regelmäßige Erneuerung dieser Einwilligung. Denkbar wäre ein Abstand von 6 Monaten, der Zeitraum ist nicht gesetzlich geregelt. So ist sichergestellt, dass der Anwender sein Recht der Selbstbestimmung ausüben kann. Dies wäre in einer späteren Verkaufsversion Aufgabe des Dienstleisters der das System betreibt. Wenn ein gesetzlicher Vertreter bestimmt wurde hat dieser das Formblatt für den Betroffenen auszufüllen.

Regelmäßige Besucher sollten ein Formblatt unterzeichnen aus dem hervorgeht, dass Bewegungsdaten von ihnen aufgezeichnet werden, wenn sie sich in den Räumlichkeiten des Betroffenen befinden. Die dabei aufgezeichneten Daten können durch Metawissen zu persönlichen Daten werden. Zum Beispiel, wenn sich die Putzfrau alleine im Haus befindet und bekannt ist zu welchen Zeiten sie arbeitet, lässt

sich ein gutes Profil über ihr Arbeitsverhalten erstellen. Das ist ohne Einwilligung nicht zulässig. Trotzdem darf diesen Personen aus der Verweigerung der Einwilligung kein Nachteil entstehen, wie z.B. einer Kündigung oder andere Einschränkungen. Es muss dann ein Mechanismus installiert sein, mit dem die Person in der Lage ist selbstständig die Datenaufzeichnung für einen bestimmten Zeitraum zu stoppen. Dies kann beispielsweise über das im Projekt verwendete Tablet realisiert werden.

Unregelmäßige Besucher müssen kein Dokument unterzeichnen. Es ist nur unter großem Aufwand möglich den aufgezeichneten Daten von unregelmäßigen Besuchern einen Personenbezug zu verschaffen. Damit sind die Daten von unregelmäßigen Besuchern nicht personenbezogen und fallen damit nicht unter das Bundesdatenschutz Gesetz.

1.1.3.2.6 Zweckbindung

Damit die Zweckbindung im Projekt nicht verletzt werden kann, ist sicherzustellen, dass die Daten nicht in andere Hände gelangen. Damit die Zweckbindung klar definiert ist, ist es eine genaue Definition der Datenverarbeitung notwendig. Die Definition kann für den Betroffenen auf der Einwilligungserklärung erfolgen. Der Bereich auf dem Formblatt muss entsprechend ausführlich sein. Um eine anderweitige Verwendung der Daten durch Dritte zu unterbinden, müssen die Daten verschlüsselt gespeichert werden und der Zugriff durch eine entsprechende Software mit Zugangskontrolle geregelt werden. Die Daten werden voraussichtlich auf einer Speichereinheit im Haus der Betroffenen gespeichert. Diese Speicherung sollte schon verschlüsselt erfolgen. Dem Anwender wird eine Nutzeroberfläche auf einem Tablet zur Verfügung gestellt. Auf diesem Tablet muss durch eine sichere Nutzersteuerung gewährleistet werden, dass nur autorisierte Personen Zugriff auf die Daten bekommen. Einen direkten Zugriff auf die Daten darf nur der Anwender haben. Durch Einwilligung des Betroffenen können auch weitere Personen Zugriff auf die Daten erhalten. Im Rahmen des Forschungsprojekts werden das die zuständigen Mitarbeiter sein. In einem fertigen Produkt kann es sich dabei auch um eine externe Kontrollinstanz handeln. Die (zeitlich begrenzte) Freigabe kann notwendig sein, wenn z.B. ein Systemfehler auftritt und unter diesen Umständen ein Servicetechniker die Möglichkeit haben muss zumindest ausschnittsweise auf die Daten gucken zu können um fehlerhafte Sensoren erkennen zu können.

Zu klären ist noch, wer neue berechnigte Personen technisch hinzufügt. Im Prinzip müsste dies der Anwender durchführen. Das dürfte bei dem festgelegten Nutzerkreis jedoch zu technischer Überforderung führen. Es muss also eine Instanz existieren die solche Änderungen nach schriftlicher Festlegung im Auftrag des Anwenders durchführen kann. Dies kann entweder ein aus der Familie bestimmtes Mitglied sein, jemand aus der häuslichen Betreuung falls so ein Fall vorliegt oder eventuell der installierende Dienstleister.

Zur Vereinfachung der Authentifizierung für ältere Anwender wird ein Gerät mit Fingerabdrucksensor empfohlen um eine Passwordeingabe zu vermeiden. Die dauerhafte Speicherung eines Zugangspasswortes zur Vereinfachung des Vorgangs kann nicht empfohlen werden.

Um Missbrauch erkennbar zu machen, sollte jeder Zugriff protokolliert werden. Das wiederum bedeutet, dass für die Nutzung der Software für jeden Anwender ebenfalls ein Datenschutzhinweis angezeigt und angeklickt werden muss, der auf die Speicherung der Nutzung hinweist. Diese Speicherung sollte auch nur für einen bestimmten Zeitraum von eventuell sechs Monaten erfolgen. Danach werden die Daten automatisch gelöscht.

1.1.3.2.7 Erforderlichkeit, Datenvermeidung/-sparsamkeit

Während der Projektlaufzeit muss herausgefunden werden, welche Daten für den reibungslosen Ablauf der Anwendung wirklich erforderlich sind und welche Sensordaten eventuell überflüssig sind. Es dürfen dann nur die Daten von Sensoren aufgezeichnet werden, die tatsächlich benötigt werden. Das bedeutet nicht, die Anzahl der Sensoren/Aktoren muss reduziert werden, sondern nur die Speicherung der entsprechenden Ereignisse muss auf das nötige Maß eingeschränkt werden. Des Weiteren müssen Löschroutinen implementiert werden, die entweder nach einer bestimmten Zeit oder bestimmten Aktionen Daten, die nicht mehr benötigt werden, löscht. Die Löschung muss in dem Fall unwiederbringlich erfolgen und nachvollziehbar sein. Eine Protokollierung aller Aktivitäten wird daher empfohlen.

1.1.3.2.8 Transparenz

Transparenz ist eins der wichtigsten Themen im Bereich des Datenschutzes. Nur wenn der Anwender jederzeit in der Lage ist zu sehen was mit seinen Daten passiert und er in der Lage ist zu verstehen welche Daten von ihm aufgezeichnet werden, kann eine glaubwürdige Zustimmung des Anwenders erfolgen. Zur Gewährleistung der Transparenz muss sichergestellt sein, dass der Anwender auf Wunsch bis auf die Datenebene hinunter seine Daten einsehen kann. Um dabei eine Überforderung zu vermeiden sollte die Betrachtung der Daten über mehrere Abstraktionsebenen erfolgen können. Zur Umsetzung bietet sich das im Projekt verwendete Tablet an. Auf der für das Projekt zugeschnittenen Anwendungsoberfläche kann der Anwender jederzeit sehen, ob das System aktiv ist und Daten aufzeichnet. Bei Interesse kann die Aktivitätsanzeige ausgewählt werden um weitere Details zu erfahren. Dabei macht es Sinn dem Anwender nicht gleich die einzelnen Datenwerte anzuzeigen, sondern erst die erkannten Aktivitäten, das Normalverhalten und die daraus abgeleiteten Aktionen. Klickt er auf das erkannte Normalverhalten/Aktivität/Aktion bekommt er die Sensordaten angezeigt, aus denen die Software dieses Verhalten errechnet hat und eine verständliche Erklärung warum sich das System verhält wie es sich verhält. Wenn sich der Anwender zum Beispiel fragt, warum die Aktion „Licht im Badezimmer um 22 Uhr einschalten“ ausgeführt wird, muss angezeigt werden, dass an X von Y Tagen das Licht im Badezimmer um 22 Uhr eingeschaltet wurde.

Transparenz bedeutet an dieser Stelle auch verstehen warum das System reagiert wie es reagiert. Der Anwender könnte die Aktion dann noch bewerten und explizit Löschen oder Befürworten. Es ist klar, ein Großteil der Anwender wird weder das Interesse noch das technische Verständnis haben diese Information einzusehen. Aber er hat das Recht dies zu tun und somit muss das Konsortium diese Möglichkeit auch anbieten. Darüber hinaus könnten gesetzliche Vertreter noch ein wesentlich höher ausgeprägtes Verständnis für die Vorgänge haben und eher auf die Herausgabe der gesammelten Daten bestehen. Wie schon unter Zweckbindung geschrieben, darf diese tiefgehende Einsicht dieser Daten nur einem ausgewählten Personenkreis zur Verfügung gestellt werden und muss durch belastbare Sicherheitsmechanismen geschützt werden.

Weitere Funktionen, die zu implementieren sind, umfassen die Möglichkeit die Aufzeichnung der Daten für einen definierten Zeitraum zu beenden. Der Anwender hat immer das Recht, die Datenaufzeichnung zu unterbinden. Damit nicht versehentlich vergessen werden kann das System wieder zu aktivieren, sollte die Deaktivierung nur für einen bestimmbaren Zeitraum von bis zu einer Stunde deaktiviert werden könne, wobei dieser Wert später noch verändert werden oder variabel gestaltet werden kann. Sobald die Datenaufzeichnung wieder beginnt muss der Anwender, im Rahmen der Transparenz, darauf entweder akustisch, visuell oder mit beiden Möglichkeiten auf die Wiederaufnahme der Aufzeichnung hingewiesen werden. Im beispielhaften Fall eines Sensordefektes wird im Rahmen der Fernwartbarkeit vom System ein Alarm beim zuständigen Dienstleister ausgelöst werden. Der Anwender selbst sollte über sämtliche erlaubten Datenzugriffe informiert werden. Unerlaubte Zugriffe, im Falle eines Datenlecks, müssen unverzüglich nach Bekanntwerden an den Anwender kommuniziert werden.

1.1.3.2.9 Klare Verantwortlichkeiten

LivingCare wird in einem späteren Realbetrieb entweder von einer entsprechenden Firma, wie z.B. Contronics, vertrieben, betrieben und gewartet werden oder aber an einen Endverbraucher (z.B. Pflegeheime) verkauft, der den Betrieb sicherstellt. Je nachdem welches Geschäftsmodell gefahren wird, ändern sich die Verantwortlichkeiten, denn die Einhaltung der gesetzlichen Pflichten obliegt immer der für die Datenverarbeitung verantwortlichen Stelle. Für das Projekt bedeutet das, bei der Einwilligung muss dem Anwender klar mitgeteilt werden, wer für die Datenverarbeitung verantwortlich ist. Der Verantwortliche hat dafür Sorge zu tragen, dass auch dritte involvierte Stellen den gesetzlichen Vorgaben gerecht werden. Also auch wenn Dritte, die erlaubten Zugriff auf das System haben, unverantwortlich mit den Daten umgehen, wird in einem ersten Schritt die gesamtverantwortliche Stelle, wie in der Einwilligung genannt, in Regress genommen. Im Falle eines (nachgewiesenen) Missbrauchs stehen dem Anwender per Gesetz Schadensansprüche zu.

1.1.3.2.10 Kontrolle

Bei dem Punkt „Kontrolle“ geht es darum eine geeignete unabhängige Kontrolle der Datenschutzrichtlinien zu etablieren. Im späteren Betrieb wäre dies ein Datenschutzbeauftragter des Dienstleisters. Im Projekt ist noch festzulegen, wer die Verantwortlichkeit trägt, ob dies das Konsortium an sich trägt oder ein einzelnes Mitglied.

1.1.3.2.11 Gewährleistung der Betroffenenrechte

Im Prinzip sind die Anforderungen an diesem Punkt schon unter Transparenz abgehandelt worden. Der Anwender hat ein umfassendes Recht Auskunft über seine Daten zu erhalten und das ist mit den Anforderungen aus dem Abschnitt Transparenz erfüllt. Genauso wie die weiteren Punkte, die einleitend unter diesem Abschnitt genannt wurden.

1.1.3.2.12 Erstellen von Persönlichkeitsprofilen

Wie Eingangs beschrieben ist die Profilbildung generell verboten solange keine Einwilligung vorliegt und sogar nach einer Einwilligung kann es noch eine Verletzung der Menschenwürde bedeuten, wenn ein umfangreicher Bestand an Daten eine Profilbildung ermöglicht, die ein selbstbestimmtes Leben des Betroffenen stark einschränkt. LivingCare will ja eigentlich das genaue Gegenteil erreichen. Solange die Daten sicher gespeichert sind dürfte sich das Projekt in einem abgesicherten Bereich bewegen. Daher sind keine weiteren als die genannten Maßnahmen erforderlich. Trotzdem noch mal der Hinweis, dass diese Dinge in der Einwilligung deutlich erklärt werden müssen.

1.1.3.2.13 Automatisierte Einzelentscheidung

„Diese Vorschrift soll verhindern, dass Menschen für sie nachteilige, intransparenten Entscheidungssystemen unterworfen werden, ohne dass sie hierbei ihre Belange hinreichend einbringen können:“, sagt die UDL-Studie. In gewisser Weise trifft dies auf unser System zu. Wenn plötzlich Lampen, Heizungen und Elektrogeräte geschaltet werden, ohne dass der Anwender nachvollziehen kann warum das passiert, befindet sich das Projekt genau in diesem Bereich. Ein anderer noch wichtigerer Punkt ist der automatisch ausgelöste Notruf, den das System ausführen soll. Hierfür wird eine Erweiterung der Tablet Software empfohlen, die es dem Anwender ermöglicht einen Notruf noch selbstständig unterbinden zu können und die Gründe für die Auslösung zu erfahren. Da die automatisierte Einzelentscheidung eine Grundlage für LivingCare ist, kann auf keinen Fall darauf verzichtet werden.

Zur Möglichkeit der automatisierten Einzelentscheidung sagt §6a BDSG Abs. 2: Dies (Verbot) gilt nicht, wenn die Wahrung der berechtigten Interessen des Betroffenen durch geeignete Maßnahmen gewährleistet ist und die verantwortliche Stelle dem Betroffenen die Tatsache des Vorliegens einer Entscheidung im Sinne des Absatzes 1 mitteilt sowie auf Verlangen die wesentlichen Gründe dieser Entscheidung mitteilt und erläutert. Da genau dies gemacht werden soll, agiert das Projekt in dem Fall gesetzeskonform.

1.1.3.3 Zusammenfassung

Das Datenschutzkonzept umfasst zusammengefasst zwei Aspekte. Zum einen den schriftlichen Teil in Form der Einwilligung. Die Einwilligung sollte den folgenden Anforderungen entsprechen:

- Es muss für jede Phase – Erhebung, Speicherung, Nutzung, Übermittlung – der Datenverwendung eine gesonderte Erlaubnis/Einwilligung erteilt werden
- sie muss zeitlich vor der ersten Datenerhebung stattgefunden haben
- der Betroffene muss einsichtsfähig sein
- ausreichend informiert worden sein
- im Regelfall muss die Schriftform gewahrt sein
- die Verantwortlichkeiten müssen klar geregelt sein
- falls erforderlich muss der gesetzliche Vertreter angegeben sein
- das Dokument muss allgemein (leicht!) verständlich sein
- Es muss klar über die Möglichkeit des Widerrufs unterrichten
- (auf die Erneuerung alle sechs Monate hinweisen)

Mit diesem Dokument sichert sich der Betreiber des AAL-Systems gegenüber rechtlicher Schritte ab, falls es doch einmal zu einem Rechtsstreit kommen sollte.

Der andere Teil ist der technische Aspekt. Das System sollte folgende Anforderungen erfüllen:

- Die Daten selbst sollten nur lokal in der Wohnung gespeichert werden.
- Zur Vermeidung eines Datenverlustes durch Defekt sollte über eine Spiegelung der Daten im Haushalt nachgedacht werden.
- Damit die Daten auch im Falle eines Diebstahls sicher sind die Daten unbedingt zu verschlüsseln.
- Der Zugang zu den Daten muss streng reglementiert sein. Nur autorisierte Personen dürfen Zugriff auf die Daten haben.
- In den meisten Fällen wird es reichen einen zeitlich beschränkten Zugang auf Ausschnitte der Daten zuzulassen.
- Der Zugriff über das Internet muss noch stärker reglementiert sein. Hier wäre auch ein Mechanismus denkbar, das den Zugriff über das Internet nur ermöglicht, wenn der Nutzer zuhause manuell dieser Nutzung, auch wieder nur für einen beschränkten Zeitraum, zustimmt. Dies kann über eine Freigabe über das Tablet erfolgen.
- Der Anwender muss jederzeit in Erfahrung bringen können, ob Daten aufgezeichnet wurden und werden.

- Er muss die Möglichkeit haben die Daten über verschiedene Abstraktionsebenen einsehen zu können. Verschiedene Ebenen aus dem Grund, dass der Anwender die Nutzung seiner Daten verstehen muss.
- Das System muss für definierte Zeiträume abschaltbar sein. Diese Abschaltung kann auch über das Tablet erfolgen.
- Es müssen Löschroutinen implementiert werden, die nicht mehr benötigten Daten dauerhaft löschen.

Die Umsetzung dieser Anforderungen muss bei der Planung des Systems frühzeitig berücksichtigt werden. Wie diese Anforderungen für ein späteres Produkt umgesetzt werden müssen hängt davon ab, ob und welche Daten im Realbetrieb tatsächlich gespeichert werden. Für den Forschungsbetrieb sind die genannten Anforderungen erforderlich und werden hervorragend den Aufwand zeigen, der zur Umsetzung nötig sein wird.

Aufgaben der **Leuphana Universität Lüneburg** in Arbeitspaket 1 waren

- die Mitarbeit bei der Definition der Benutzergruppen, vor allem durch die Bereitstellung vorhandener Studien und Erkenntnisse zu potenziellen Benutzergruppen aus vorhergehenden bzw. verwandten Projekten;
- die Auswertung der Nutzeranforderungen im Hinblick auf deren Ansprüche an die KI-Algorithmik;
- die Entwicklung eines Architekturkonzepts, das die KI-Algorithmik umfasst und sich in die Gesamtarchitektur einbettet.

1.2 AP 2: Technische Plattform

1.2.1 Ziele

Ein wesentliches Ziel des Projekts lag in der Einführung kognitiver Systemkomponenten zur Bereitstellung situationsgerechter Interventionen (z. B. Benachrichtigung des sozialen Dienstleisters, Alarmierung bei Notfällen oder Einbruch, aber auch automatische Steuerung von Heizung, Lüftung, Beleuchtung). Der innovative Ansatz wird durch die im Vergleich zu heutigen Hausautomationssystemen signifikant erweiterten Prozessabbilder ermöglicht. Grundlage für die erfolgreiche Adaption des Systems an den Endnutzer ist dabei eine längerfristige Erfassung des Zustands bzw. der Zustandsänderungen der Bewohner und der Umgebung/Wohnung durch die verwendete und im Projekt entwickelte Hausautomationssensorik zur Ableitung von Verhaltens- und Umgebungsmodellen.

Die Leuphana Universität Lüneburg hat dafür Algorithmen zur Ableitung von situationsabhängigen Verhaltensmodellen des Bewohners entwickelt. Dazu gehören:

- Algorithmen zur Fusion der Sensor-Rohdaten und deren effiziente Speicherung,
- Modellierung des Verhaltens bzw. Zustandssequenzen durch stochastische Prozesse (hins. der Zustandsverweildauern modifizierte Hidden Markov Models).

Die so generierten Modelle des Normalverhaltens des Bewohners ermöglichen die Bereitstellung von individualisierten Diensten in den Bereichen Komfort und Sicherheit und die Unterstützung von energieeffizienten Maßnahmen. Darüber hinaus lassen sich anhand dieser Modelle altersgerechte assistive Dienste zur Verfügung stellen. Die Nutzerakzeptanz der Verhaltensmodelle wurde zu Beginn durch Interviews und Workshops sowie im letzten Projektdrittel im Rahmen der Evaluation geprüft.

Die Entwicklung der Algorithmen für die Sensordatenfusion, statistische Datenanalyse, Verhaltensmodellierung und das Reinforcement Learning erforderte eine umfangreiche Datenbasis von Sensordaten. Hierzu wurden

- wie in Arbeitspaket 6.1 beschrieben, unmittelbar nach Projektbeginn ein Probanden-Ehepaar in der für die Evaluation genutzten DRK-Seniorenwohnanlage rekrutiert und in seiner Wohnung ein umfangreicher Satz an Sensorik installiert und zur – zunächst rein passiven – Datenaufzeichnung genutzt. Mit den hier entstandenen Daten wurden die Algorithmen zunächst getestet und verfeinert.
- Assessments mit den ersten Probanden durchgeführt um die Gehgeschwindigkeit und Mobilitätsparameter mit den Erhebungen aus den späteren Assessments abgleichen zu können, sowie
- Zehn Wohnungen in der DRK-Seniorenwohnanlage mit den beschlossenen und entwickelten Sensoren ausgestattet. Damit konnte das autonome System, welches aus den Aktionen und Re-

aktionen des Nutzers auf Aktivitäten des Systems Rückschlüsse auf die Präferenzen des Nutzers zieht und seine Algorithmen entsprechend anpasst, schließlich im Rahmen der Evaluations- und Erprobungsphase (AP6.3 und AP6.5) getestet und optimiert werden.

1.2.2 Vorgehen

Die Erarbeitung des Gesamtsystems lässt sich in fünf Teilschritten beschreiben. Zunächst wurden funktionale Teilkomponenten definiert, die hierarchisch angeordnet die für die Funktionalität der Reinforcement-Learning-Agenten notwendigen Daten aggregieren (1). Die Daten laufen einerseits direkt und andererseits indirekt über das Data-Mining-System (3) in aufbereiteter Weise in die höheren Komponenten des autonom lernenden Systems (2). Um eine sichere Kommunikation der beiden Teilsysteme zu gewährleisten, wurden die Dienste des Data-Mining-Systems in eine REST-Architektur integriert (4). Zur Umsetzung der autonom lernenden Komponenten wurden schließlich die in der Literatur gängigen Algorithmen in einer Java-Bibliothek (5) mit REST-Client implementiert.

1.2.2.1 Entwurf des autonom lernenden Systems

Die Datengrundlage für die Agenten wird aus mehreren Komponenten errechnet, die im folgenden Schaubild dargestellt sind. Das System wird im Folgenden „SmartHome Service Platform“ (SHSP) genannt. „RC“ steht für REST-Client, „RS“ für REST-Server.

Alle Komponenten des Systems kommunizieren über REST. Das heißt, alle Pfeile in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** sind REST-Schnittstellen. Die genaue Spezifikation dieser Schnittstellen findet sich in der Beschreibung der jeweiligen Komponente weiter unten.

Die Kommunikation des Systems nach außen läuft vollständig über das RS-HA-Modul. Dieses nimmt Daten vom Hausautomationssystem entgegen, und sendet auch Schaltbefehle und andere Daten wie Alarmer.

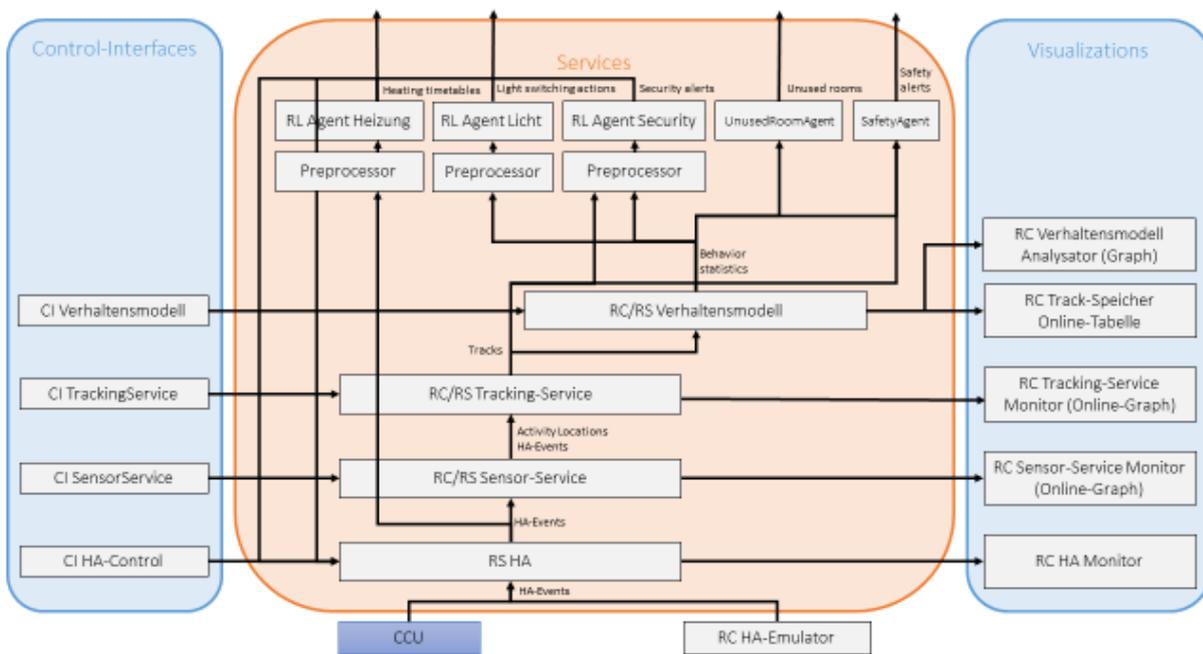


Abbildung 2: Struktur der SmartHome Service Plattform

Im folgenden Abschnitt ist jede Komponente in Form einer kurzen textuellen Beschreibung und einer Präsentation zum Umfang und zur Benutzung des Service beschrieben. Die jeweils dazugehörigen Kontroll- und Visualisierungs-Komponenten (blaue Blöcke links und rechts in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) werden im Abschnitt zum jeweiligen Service beschrieben.

1.2.2.2 Spezifikation des autonom lernenden Systems

1.2.2.2.1 RS-HA

Das Softwaremodul RS-HA („Rest-Server Hausautomation“) bildet das Fundament des Systems und bietet Schnittstellen zum OSGi-Framework sowie einem Emulator, der History-Dateien (*.hst) von einer CCU einlesen und wiedergeben kann. Dabei können mehrere History-Dateien gleichzeitig abgespielt und die Wiedergabe beschleunigt und verlangsamt werden.

1.2.2.2.2 SensorService

Die Aufgabe des SensorService ist es, eine Liste aller aktuell aktiven Sensoren im Speicher zu halten und die darüberliegenden Komponenten über Änderungen in dieser Liste zu informieren. Der Sensor-Service wird aus der OFFIS-seitigen OSGI-Implementierung gefüttert.

Der SensorService wird über ein Timeout konfiguriert, das vorgibt, wie lange die Sensoren als aktiv vorgehalten werden. Das ist vergleichbar mit der Totzeit der Bewegungsmelder, nach dessen Ablauf die

Sensoren ein „AUS“-Event melden. Da diese Totzeit in einigen Fällen zu hoch ist, wird so eine kürzere Totzeit simuliert.

Zu Test- und Demonstrationszwecken gibt es eine Visualisierung des SensorService. Über das SensorService_Control-Interface können Parameter wie `timeout` und `pollRate` eingestellt werden.

1.2.2.2.3 TrackingService

Der TrackingService kombiniert die vom SensorService gemeldeten Events zu sogenannten Tracks. Tracks sind Sequenzen von Events, die von der gleichen Person bzw. den gleichen Personen ausgelöst wurden.

Die Tracks bilden die Grundlagen für das Bewegungs- und Verhaltensmodell. Es ist deshalb wichtig, dass das Tracking möglichst fehlerfrei funktioniert. Schwierigkeiten beim Tracking entstehen vor allem bei:

- Sensorrauschen. Im Bereich der Hausautomation meistens kein Problem, da die Sensoren robust funktionieren und keine fein aufgelösten Daten liefern müssen.
- Totzeit. Jede durch die Totzeit eines Sensors verpasste Aktivierung verringert die Wahrscheinlichkeit, dass der Bewegungspfad einer Person korrekt zusammengesetzt werden kann. Bewegt sich beispielsweise eine Person von Raum A über den Flur nach Raum B, löst dabei in allen drei Räumen Bewegungsmelder aus, und geht unmittelbar zurück, wird der Bewegungsmelder im Flur vermutlich den Rückweg nicht melden. So kann es dazu kommen, dass beim erneuten Auslösen des Melders in Raum A eine Person in Raum A und eine in Raum B vermutet wird.
- Verzögerte Meldung von Auslösungen. Da der Zeitstempel zu Sensorauslösungen erst beim Empfänger generiert wird, kann es vorkommen, dass die Reihenfolge des Eingangs von zwei oder mehr zeitlich nahen Sensorevents an der CCU vertauscht ist. Da das Tracking auf den Nachbarschaftsverhältnissen der Sensoren basiert, kann dies zu Fehlern beim Tracking führen.
- Nah beieinanderliegende oder sich räumlich überschneidende Aktivität mehrerer Personen. Da das Tracking auf den Nachbarschaftsverhältnissen der Sensoren basiert, können Personen, die sich in den gleichen oder auch angrenzenden Sensorbereichen aufhalten, nicht bzw. nicht gut auseinandergelassen werden.

1.2.2.2.4 Bewegungs- und Verhaltensmodell

1.2.2.2.4.1 Bewegungsmodell

Das Bewegungsmodell berechnet und repräsentiert Informationen über häufige Bewegungsabläufe in der Wohnung. Zu dem Modell gehören

- Häufigkeit von Bewegung zwischen zwei Orten

- Dauer von Aufenthalten an den verschiedenen Orten in der Wohnung
- Wahrscheinlichkeit des Aufenthaltes einer Person an verschiedenen Orten in der Wohnung relativ zu Wochentag und Tageszeit

1.2.2.2.4.2 *Verhaltensmodell*

Das Verhaltensmodell ist eine Erweiterung des Bewegungsmodells um Daten über Schaltungen von Licht und elektrischen Geräten. Die Daten helfen einerseits beim Tracking von Personen, andererseits werden hieraus Regeln zum Schalten von Licht abgeleitet.

1.2.2.2.4.3 *Verhaltensanalysator*

Der Verhaltensanalysator beantwortet Fragen zu Bewegung und Verhalten basierend auf den Modellen. Folgende Fragen sollen mindestens beantwortet werden können:

- Jemand hält sich in einem Zimmer auf.
 - Wie lange wird die Person dort voraussichtlich bleiben?
- Jemand verlässt ein Zimmer.
 - Wo wird die Person voraussichtlich hingehen?
 - Wie lange wird der Weg dorthin dauern?
 - Wird sie dort ein Licht anschalten?
- Jemand verlässt die Wohnung.
 - Wann wird die Person voraussichtlich zurückkehren?

1.2.2.2.5 **Entscheidungsprozesse**

Unter die Kategorie Entscheidungsprozesse fallen alle Komponenten oberhalb des Verhaltensmodells. Aktuell handelt es sich hierbei in allen Fällen um Lernagenten, wobei einigen Agenten noch ein Preprocessor vorgeschaltet ist. Der Preprocessor definiert die Umgebung, in der ein Lernagent agiert und die Parameter, die ihm zum Lernen zur Verfügung stehen.

Alarmer werden ausgelöst, indem ein OSGi-Event an das Framework von OFFIS gesendet wird. Security- und Safety-Agent lösen dabei zunächst einen Voralarm aus, der vom Bewohner über das Tablet oder ggf. einen separaten Schalter abgeschaltet wird und somit den tatsächlichen Alarm verhindert.

1.2.2.2.5.1 *Security-Agent*

Unter Security fällt die Alarmanlage, die folgenden Umfang haben soll:

Es gibt eine Außenhaut-, und eine Innenraumsicherung. Die Innenraumsicherung ist nur aktiv, wenn kein Bewohner anwesend ist oder alle Bewohner im Bett sind (vorausgesetzt, alle Betten sind mit Bettbelegungssensoren ausgestattet). Sie kann manuell angeschaltet werden, soll sich aber auch automatisch

anschalten, wenn alle Bewohner den Wohnraum verlassen haben oder im Bett sind. Sie beachtet alle Sensoren im Haus. Die Außenhautsicherung ist permanent aktiv. Sie beachtet lediglich die Fenster- und Türkontakte nach außen. Welche Sensoren die Außenhaut ausmachen, wird im Agenten festgelegt. Welche Sensoren die Bettsensoren sind, die belegt sein müssen für die automatische Aktivierung der Innenraumsicherung, wird ebenfalls im Agenten festgelegt.

Der SecurityAgent verbindet sich mit dem TrackingService, der in regelmäßigen Intervallen eine Liste aktueller Tracks (Bewegungspfade) aller Anwesenden sendet, sowie dem LocationService, der aus der Bewegung im Wohnraum die Aufenthaltsorte aller Anwesenden über die Dauer eines Tracks hinaus, speichert.

Wird ein Alarm ausgelöst, wird über die Ressource `state/stream` der Name des ausgelösten Sensors plus Zeitstempel an das OSGi-Framework übermittelt.

1.2.2.2.5.1.1 Innenraumsicherung

Wenn ein Track endet, bedeutet das, dass eine Person sich längere Zeit an einem Ort aufgehalten hat. Der SecurityAgent merkt sich diesen Ort, um zwischen legitimer und nicht-legitimer Aktivität (bzw. Personen) im Innenraum zu unterscheiden.

1.2.2.2.5.1.2 Außenhautsicherung

Wenn ein Sensor, der Teil der Außenhaut ist, ausgelöst wird, wird anhand des LocationGraph (siehe TrackingService) geprüft ob sich ein Bewohner in der Nähe des Sensors aufhält. Ist dies nicht der Fall, wird ein Alarm ausgelöst.

1.2.2.2.5.2 *Safety-Agent*

Unter Safety fällt der Inaktivitätsalarm, der ausgelöst wird, wenn eine Person sich ungewöhnlich verhält. Dies betrifft insbesondere Zeit und Ort von Inaktivität. Ist z.B. eine Person nachts inaktiv im Bett, ist dies nichts Ungewöhnliches. Ist die Person inaktiv aber nicht im Bett, ist dies (bei den meisten) verdächtig und verursacht nach einem dem Normalverhalten angepassten Zeitwert einen Alarm.

Der SafetyAgent verbindet sich mit dem TrackingService und dem BehaviorModel. Das BehaviorModel gibt Auskunft darüber, welche Aufenthaltszeiten und -orte das Normalverhalten darstellen. Der TrackingService sendet in regelmäßigen Abständen die aktiven Tracks, also aktuelle Bewegungsmuster im Haus. Bewegt sich eine Person von einem Ort zum anderen, bzw. endet ein Track, merkt sich der SafetyAgent den Aufenthaltsort aller Personen. Hält sich eine Person ungewöhnlich lange an einem Ort auf, wird ein Alarm ausgelöst.

Wird ein Alarm ausgelöst, wird über die Ressource `alarms/listen` der Name des ausgelösten Sensors plus Zeitstempel, sowie ein optionaler String mit zusätzlichen Informationen an das OSGi-Framework übermittelt. Ein Alarm wird über die Ressource `alarms/acknowledge` gestoppt.

1.2.2.2.5.2.1 Einschränkungen

An zwei Stellen kann es beim Tracking zu Fehlern kommen:

1. Ein Sensor liefert nicht die erwarteten Informationen. Dazu gehört, dass ein Sensor sich in seiner Totzeit befindet und trotz Erkennung von Aktivität nicht sendet. Auch die Überlappung von Sensorbereichen, zu niedrige Empfindlichkeitswerte oder doppeltes Auslösen gehören dazu.
2. Tracking von mehreren Personen mit geringem Abstand ist stets mit Ungenauigkeit behaftet: Wie viele Personen sich durch einen Sensorbereich bewegen ist oft nicht zu erkennen; sind zwei Personen nur durch einen einzigen Sensor räumlich getrennt, und löst dieser aus, ist häufig nicht ersichtlich, welche der Personen diesen ausgelöst hat.

1.2.2.2.5.3 *UnusedRoomAgent*

Dieser Agent prüft in regelmäßigen Abständen (Standard: täglich), ob ein Raum als unbenutzt gilt, um das System zu veranlassen die Zeittabellen für die Thermostate im Raum zu löschen und den Raum permanent auf Absenkttemperatur zu setzen. Dabei prüft der Agent zwei Aspekte:

1. Die durchschnittliche Aufenthaltsdauer im Raum.
Aus den aufgezeichneten Daten wird im BehaviorModel das dritte Quartil der Aufenthaltsdauer im Raum berechnet. Unterschreitet der Wert einen festzulegenden Schwellwert (Standard: 60 Sekunden), gilt der Raum als unbenutzt.
2. Die Häufigkeit des Betretens des Raumes.
Das Verhaltensmodell zählt die Häufigkeit von Raumwechseln in der Wohnung. Unterschreitet der Anteil Raumwechsel *in den gefragten Raum* einen festzulegenden Schwellwert (Standard: 5%), gilt der Raum als unbenutzt.

Gilt ein Raum als unbenutzt, wird über die Ressource `unusedrooms/stream` der Name des Raumes plus Zeitstempel an das OSGi-Framework übermittelt.

1.2.2.2.5.4 *OpenWindowAgent*

Dieser Agent prüft in regelmäßigen Abständen (Standard: 5-minütlich), ob Fenster oder Türen, die mit einem Tür-/Fensterkontakt ausgestattet sind, ungewöhnlich lange offenstehen. Dabei prüft der Agent zwei Aspekte:

1. Die absolute Dauer des offenen Zustands.
In den Eigenschaften des Agenten wird ein absoluter Schwellwert festgelegt (Standard: 120 min). Wird dieser Wert überschritten, wird eine Benachrichtigung abgeschickt.
2. Die relative Dauer des offenen Zustands.
Das Verhaltensmodell speichert, wie lange eine Tür bzw. ein Fenster gewöhnlich offen steht. Wird das dritte Quartil dieses Wertes um einen festzulegenden Faktor (Standard: 2) überschritten, gilt der Raum als unbenutzt.

Wird einer dieser Aspekte erfüllt, wird über die Ressource `openwindows/stream` der Name des Fensterkontakts plus Zeitstempel der Prüfung an das OSGi-Framework übermittelt.

1.2.2.3 Spezifikation des Data-Mining-Systems

Das System wird aus drei Perspektiven betrachtet: Zunächst werden alle im System verwendeten Algorithmen schematisch mit Input, Output und Funktion dargestellt. Anschließend werden die Algorithmen sog. „Lösungsklassen“ zugeordnet, mit deren Hilfe sich die Abhängigkeiten innerhalb des Data Mining Systems und zum Gesamtsystem besser darstellen lassen. Schließlich gibt es eine abstrakte Spezifikation, die die Idee des Gesamtsystems und seine Einbettung in die LivingCare-Architektur mithilfe eines Beispiels beschreibt.

Die folgenden Seiten enthalten Schemata zur Funktionsweise aller in LivingCare eingesetzten Algorithmen. In diesen Schemata werden die Datenverarbeitungsschritte partitioniert indem auf Algorithmen, die für die Generierung von Input eines Algorithmus nötig sind, verwiesen wird. Gleichzeitig werden alle Algorithmen in Form von **Datenquelle**, **Funktion** und **Datensenke** dargestellt.

- Datenquellen können sein:
 1. Eine Algorithmenklasse (Klassifikation, Clustering, etc.),
 2. ExecEngine (für gewöhnlich sind damit Daten der Hausautomation gemeint)
 3. Manuell (für Parameter, die nicht oder nur schwierig automatisiert zu erheben sind).
- Funktionen sind die „Einsatzmöglichkeiten“ eines Algorithmus. Prinzipiell limitiert auf die Berechnung bestimmter Daten und/oder die Erstellung eines Modells und anschließende „Vorhersage“ für neue Daten.
- Als Datensenke gelten
 1. die Ergebnisse eines Algorithmus (Modelle, Vorhersagen, etc.), im Schema orange dargestellt, und
 2. andere Algorithmen, im Schema des Zielalgorithmus blau und in Großbuchstaben dargestellt.

In der linken, blau markierten **Datenquellen**-Schicht sind zusätzlich Schritte der Datenvorverarbeitung aufgeführt. Diese fallen teilweise oberflächlich aus, was darauf zurückzuführen ist, dass der Input (noch) nicht klar definiert ist. Teilweise sind dort aber auch schon Funktionsnamen aufgeführt. Diese sind im R-Paket (*lvngcr*) bereits fertig implementiert.

In der rechten, orange markierten **Datensenken**-Schicht finden sich erstens die Ergebnisse eines Algorithmus (Modell, Vorhersagewerte, etc.) – für gewöhnlich nicht näher spezifiziert – und zweitens (potentiell) relevante Seitenergebnisse/-effekte. Zum Beispiel enthält das Ergebnis des SPADE- und Apriori-Algorithmus ein Feld *quality*, welches die Stärke des Zusammenhangs zwischen den Einzelteilen einer Sequenz beschreibt. Diese Werte sind wichtig um später die seltener vorkommenden Sequenzen herauszufiltern. Der Name dieser Felder bezieht sich auf die in den jeweiligen R-Paketen genutzten Namen.

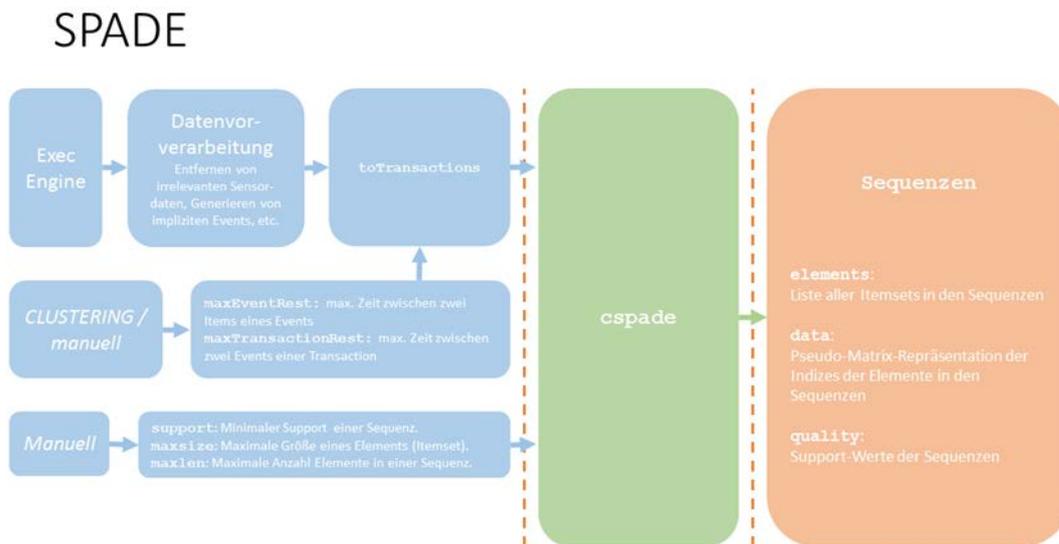


Abbildung 3: Ablaufdiagramm Sequence Mining mit dem SPADE-Algorithmus

Neuronale Netze

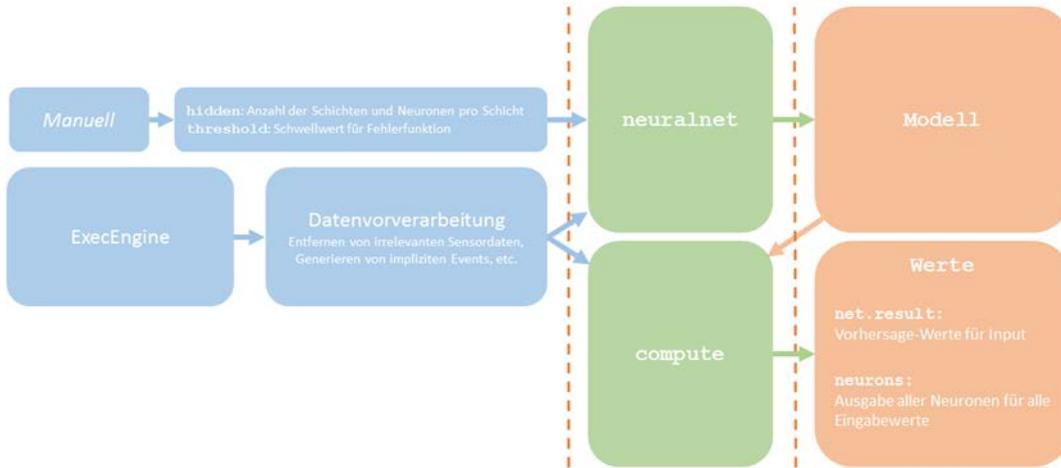


Abbildung 4: Ablaufdiagramm Regression/Klassifikation mit Neuronalen Netzen

K-Means

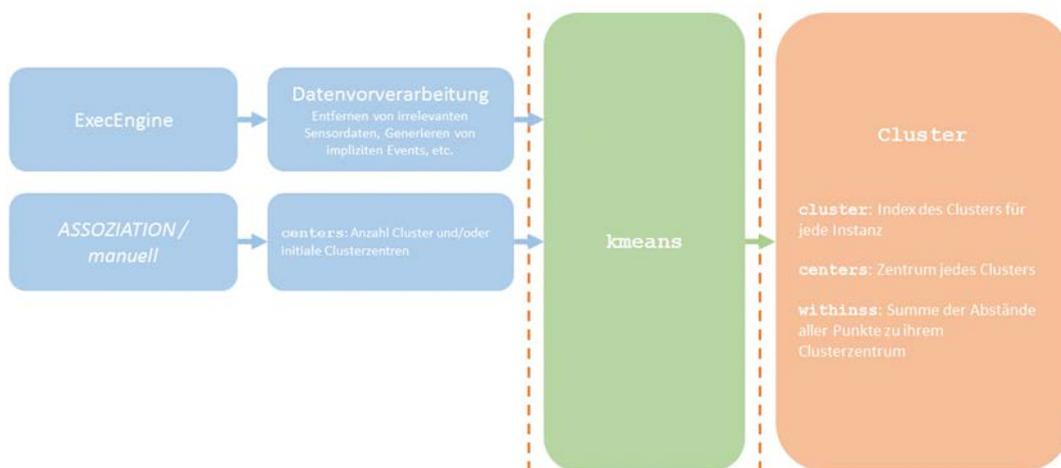


Abbildung 5: Ablaufdiagramm Clustering mit dem K-Means-Algorithmus

DBSCAN

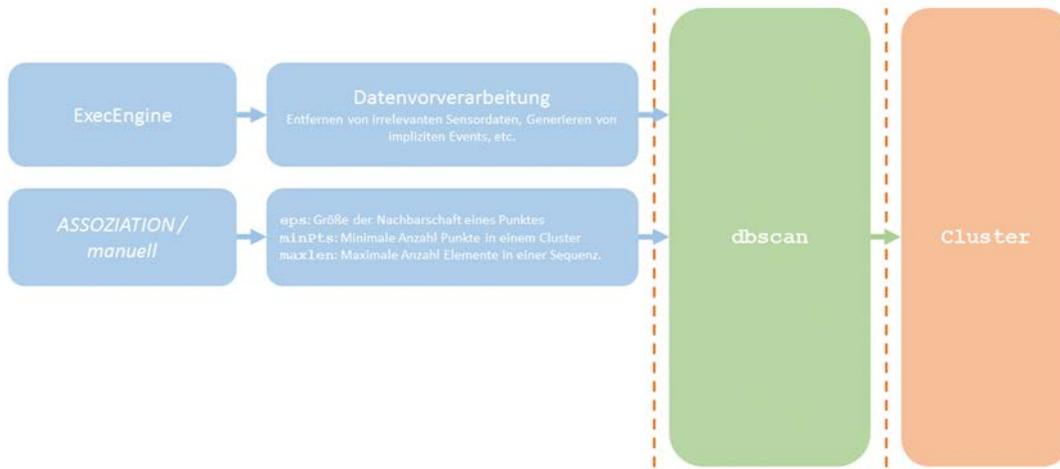


Abbildung 6: Ablaufdiagramm Clustering mit dem DBSCAN-Algorithmus

Naive Bayes

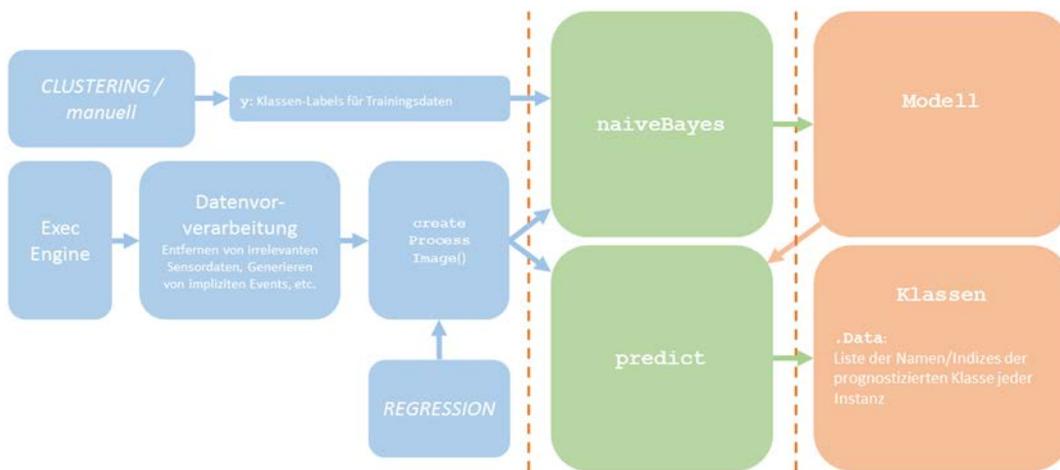


Abbildung 7: Ablaufdiagramm Klassifikation mit dem Naive-Bayes-Algorithmus

Apriori

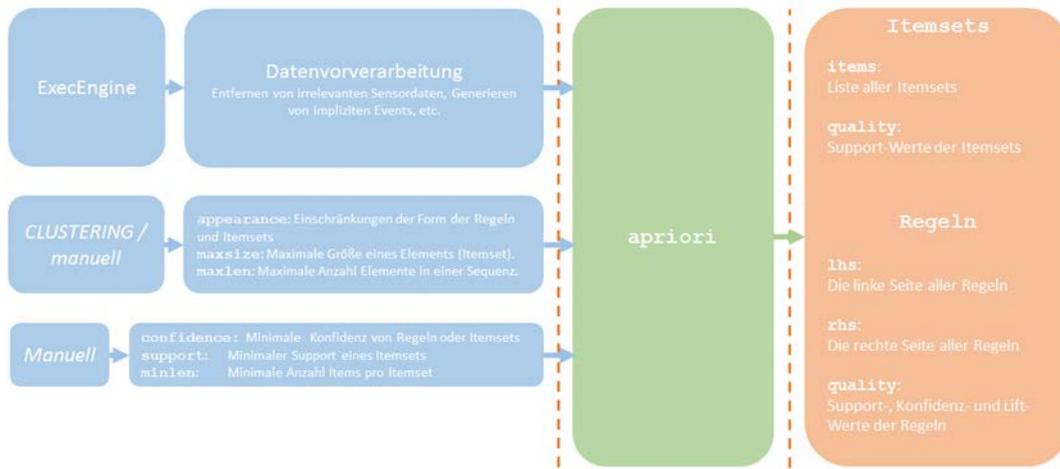


Abbildung 8: Ablaufdiagramm Itemset-Mining mit dem Apriori-Algorithmus

Random Forest

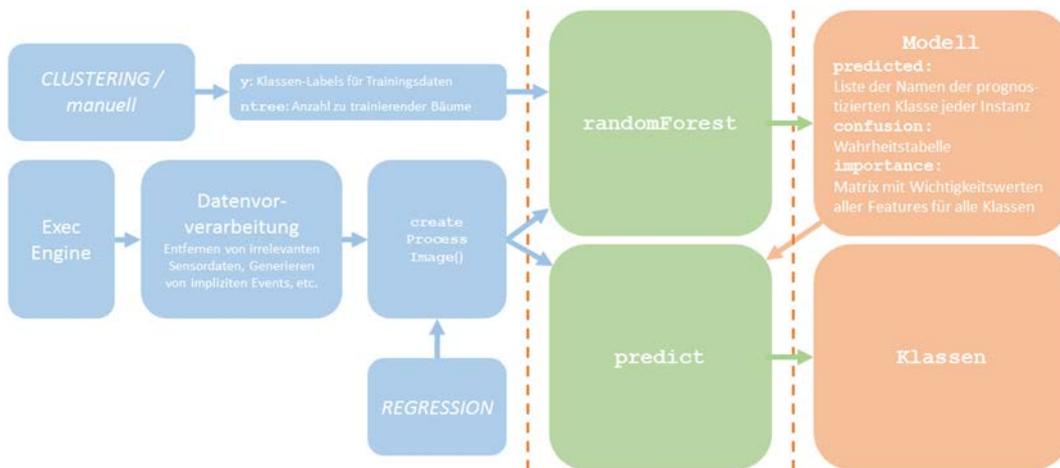


Abbildung 9: Ablaufdiagramm Regression/Klassifikation mit dem RandomForest-Verfahren

CART (Classification Tree)

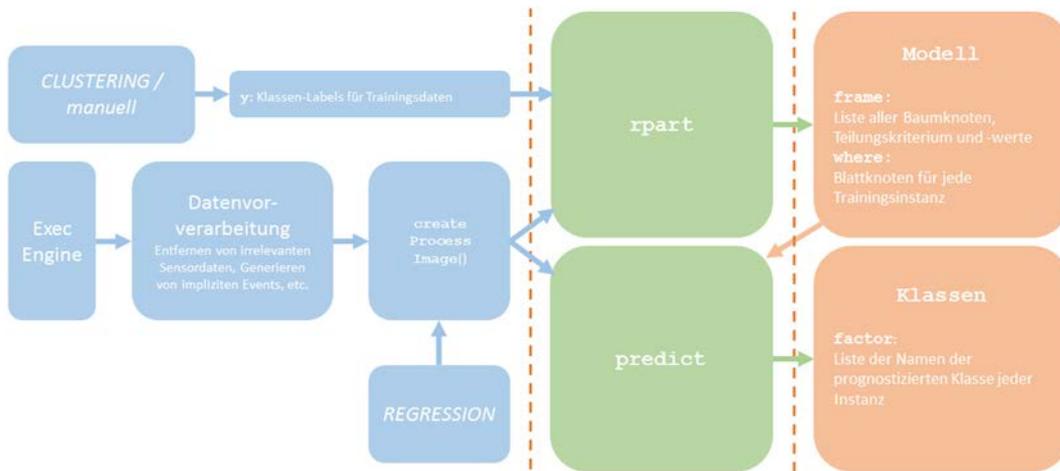


Abbildung 10: Ablaufdiagramm Klassifikation/Regression mit dem CART-Verfahren

Support Vector Machine

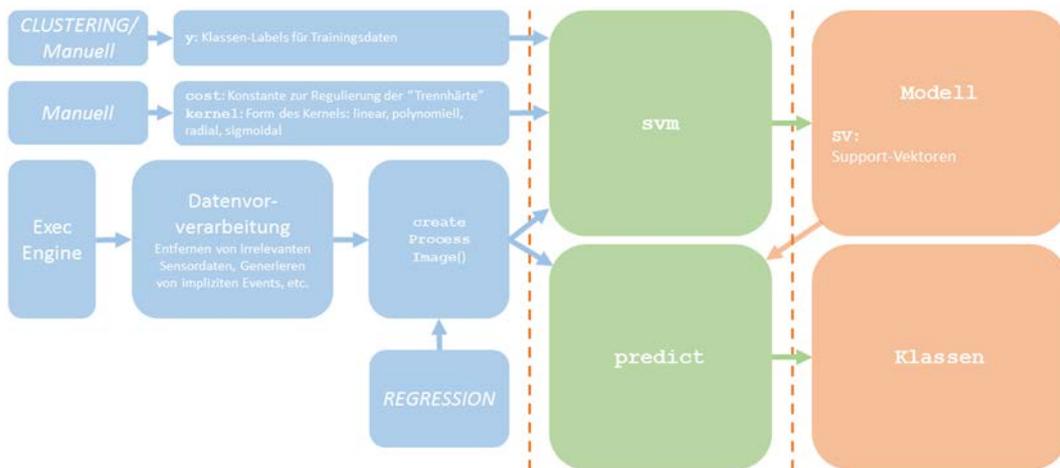


Abbildung 11: Ablaufdiagramm Klassifikation mit Support Vector Machines

1.2.2.3.1 Lösungsklassen im System

Die folgende Grafik zeigt die im vorigen Abschnitt genannten Algorithmen, zugeordnet zu ihrer jeweiligen Lösungsklasse. Darüber hinaus werden die Abhängigkeiten der Lösungsklassen untereinander (Pfeile) dargestellt. „Abhängigkeit“ ist hier nicht im strikten Sinne zu verstehen: je nach Einsatzgebiet

sind auch einzelne Algorithmen ausreichend. Es wird lediglich dargestellt, in welchem Verhältnis zueinander die Algorithmenklassen zum derzeitigen Zeitpunkt im Projekt eingesetzt werden.

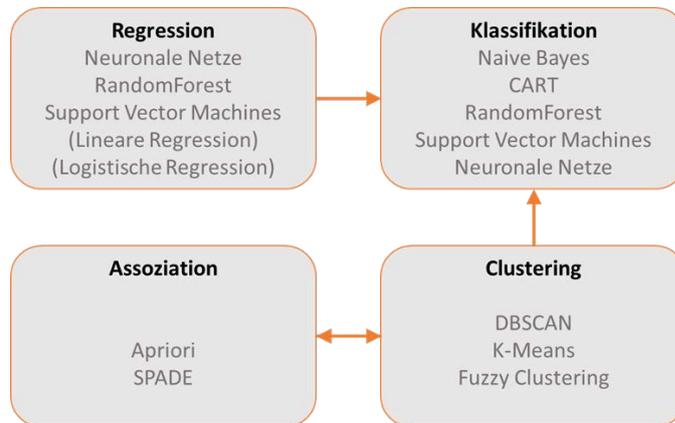


Abbildung 12: Data Mining Algorithmen und ihre Lösungsklassen

1.2.2.4 Implementierung einer REST-Schnittstelle für das Data-Mining-System

Dieser Abschnitt beschreibt die entstandene Architektur zur Nutzung von Data Mining-Algorithmen mittels REST-Schnittstelle. In der Architektur sind die Clustering-, Klassifikations-, Regressions- und Assoziationsalgorithmen implementiert, die mittels des R-Pakets *plumber* als REST-Schnittstelle zur Verfügung gestellt werden. Die Algorithmen sind als unabhängige REST-Services definiert, die mit Hilfe eines "Managers" verwaltet werden können.

Dieses Dokument ist wie folgt aufgebaut: Im Abschnitt *Verwendung des Systems* wird beschrieben, wie die verschiedenen Services gestartet und bedient werden. Im Abschnitt *Erweiterung des Systems* wird die Gesamtstruktur der Anwendung sowie der Aufbau der Quellen beschrieben. Darüber hinaus wird erklärt, wie die einzelnen Komponenten administriert und neue Komponenten hinzugefügt werden können.

1.2.2.4.1 Übersicht

Dieses Projekt bietet eine vereinheitlichte Schnittstelle für den (Remote-)Zugriff auf eine Liste von Data-Mining-Algorithmen an. Diese Algorithmen sind:

- Clustering
 - K-Means
 - DBSCAN
 - Fuzzy C-Means
- Klassifikation
 - Neuronale Netze
 - Random Forest

- Support Vector Machines
- Regression
 - Neuronale Netze
 - Zeitreihenanalyse
 - (Multiple) Lineare Regression (Least Squares)
- Assoziation
 - Apriori
 - SPADE

Zwar lassen sich diese Algorithmen alle direkt aus R heraus nutzen, doch unter einigen Umständen kann es nützlich sein, den Zugriff und die Ausführung der Berechnungen zu abstrahieren. Mit der hier vorgestellten Architektur ist es z.B. möglich, sämtliche Data-Mining-Dienste auf unterschiedlichen Rechensystemen laufen zu lassen, und sich zeitversetzt die Ergebnisse schicken zu lassen.

1.2.2.4.2 Struktur

Zum besseren Verständnis und zur Vereinheitlichung des Zugriffs wurden gleichnamige Funktionen für die Arbeitsschritte in jedem Data-Mining-Vorgang definiert.

- preprocess: Diese Funktion hat die Aufgabe, Daten, so wie sie üblicherweise für den jeweiligen Algorithmus vorliegen, so vorzuverarbeiten, dass diese anschließend ohne weitere Bearbeitung zur Modellbildung übernommen werden können. Häufiges Beispiel ist die Skalierung von Daten. Ausnahme hier bildet die Zeitreihenanalyse, in der diese Funktion eine Spalte mit Zeit-/Datumsangaben erwartet. Die dazugehörige buildModel-Funktion wird aber lediglich mit Start- und End-Zeitstempeln aufgerufen.
- buildModel: Diese Funktion enthält den Kern-Algorithmus und erstellt aus mitgelieferten Daten ein Modell. Wie dieses Modell aussieht und welchen Umfang es hat, hängt ausschließlich vom Algorithmus ab. Im Falle von K-Means, zum Beispiel, entspricht das Modell der Liste von Cluster-Centroiden. In jedem Fall wird das Modell stets lokal abgespeichert und der Name der Modelldatei wird zurückgegeben.
- predict ist schließlich die Anwendung des gelernten Modells auf neue Daten. Das Modell wird grundsätzlich mit Hilfe des von buildModel zurückgegebenen Dateinamen ausgewählt. Welche weiteren Parameter die Funktion erfordert, muss dem Quellcode entnommen werden.

1.2.2.4.3 Aufruf der Funktionen

Die folgende Tabelle bietet eine Übersicht über alle Pakete und die dazugehörigen Standard-Pfade und -Ports.

Port	Path	Function
------	------	----------

5000	/nn-regress/	Regression with Neural Networks
5001	/nn-class/	Classification with Neural Networks
5002	/kmeans/	Clustering using K-Means
5003	/dbscan/	Clustering using DBSCAN
5004	/cmeans/	Clustering using Fuzzy-C
5005	/timeseries/	Regression using time series analysis
5006	/svm/	Classification using Support Vector Machines
5007	/randomforest/	Classification using Random Forests
5008	/apriori/	Frequent item set and rule mining using Apriori
5009	/spade/	Frequent sequences and rule mining using SPADE
5010	/hmm/	Modeling and prediction using Hidden Markov Models

Um nun eine der Funktionen aufrufen zu können, sind folgenden Informationen notwendig:

- Name der Funktion
- Parameter der Funktion
- Pfad
- Host
- Port

Port und Pfad können in der obigen Tabelle abgelesen bzw. im jeweiligen Startskript angepasst werden. Der Host und der Name der Funktion sollten dem Anwender bekannt sein. Die URL setzt sich aus den oben angeführten Komponenten zusammen:

[http:// <host>:<port>/<pfad>/<funktion>](http://<host>:<port>/<pfad>/<funktion>)

Will der Anwender z.B. die `preprocess`-Funktion für **Apriori** in einer lokalen Instanz ausführen, lautet die URL:

<http://localhost:5008/apriori/preprocess>

1.2.2.4.4 Funktionsparameter

Abhängig davon, ob es sich um einen **GET**- oder **POST-Request** handelt, können Parameter entweder über die URL übergeben werden, oder müssen in den *Body* des Requests geschrieben werden. Grundsätzlich akzeptieren Funktionen, die entweder keine Parameter haben, oder solche, die "einfache" Parameter haben (also einzelne Strings oder Zahlenwerte) sowohl GET- als auch POST-Requests. Komplexere Funktionen sind meist nur über POST ansprechbar. Welche Art von Request eine Funktion gestattet, ist den Annotationen im Quellcode zu entnehmen.

1.2.2.4.5 Ausführen des Systems

Das Gesamtsystem kann mit dem Ausführen des Startskripts des Managers ("plumber-lcmanager/plumber-lcmanager_start.R") gestartet werden. Das Skript installiert einige notwendige Pakete und startet dann, je in einem eigenen Prozess, alle Algorithmenpakete. Darüber hinaus verfügen alle Services über ein eigenes Startskript. Um also einen einzelnen Service zu starten, genügt es, das Startskript dieses Services auszuführen, z.B. über die R-Konsole

```
source("plumber-cmeans_start.R")
```

oder direkt von der Konsole (*bash*, *cmd*) aus:

```
Rscript plumber-lcmanager_start.R
```

1.2.2.5 Sachstandserhebung Reinforcement-Learning-Algorithmik

Bei der Sachstandserhebung zum Thema Reinforcement Learning wurden sämtliche Konzepte, Algorithmen und Policies studiert, die im Lehrbuch „Reinforcement Learning: An Introduction“ von Sutton & Barto und im Lehrmaterial von David Silver² beschrieben werden.

- Algorithmen
 - Q-Learning
 - Temporal Difference Learning
 - SARSA
 - Monte Carlo
- Policies
 - Greedy
 - Epsilon-Greedy
 - Softmax

Anschließend wurden existierende Implementierungen der Konzepte (vornehmlich Java) gesucht und getestet, z.B. *BURLAP*³, entwickelt und aufrechterhalten von James MacGlashan an der Brown University. Anschließend wurde eine eigene Java-Bibliothek mit den oben genannten Algorithmen und Policies, sowie den dafür notwendigen Datenstrukturen und Klassen implementiert.

Sowohl die Software-Bibliothek als auch die schriftlichen Ausarbeitungen finden sich auf der Webseite des Instituts VauST, die im Rahmen der Publikationen von LivingCare erstellt worden ist (siehe Abschnitt „Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Projektergebnisses“).

² <http://www0.cs.ucl.ac.uk/staff/d.silver/web/Teaching.html>

³ <http://burlap.cs.brown.edu/>

1.2.3 Ergebnisse

Ein wesentliches Ergebnis des Arbeitspakets 2 ist die Entwicklung und Veröffentlichung der Data-Mining- (2) und Reinforcement-Learning-Softwarepakete (4, 5). Darüber hinaus ist eine R-Bibliothek entstanden, die einige Szenarien in der Hausautomation und deren Bearbeitung mit Data-Mining-Algorithmen demonstriert (1). Ein wichtiger Schritt in der Erstellung eines Modells zur Vorhersage von Verhalten bzw. Einschätzung von Normalverhalten ist das Tracking von Personen über mehrere Sensorbereiche, was in einem Labortest evaluiert wurde (3). Schließlich wird die Bearbeitung der Szenarien mit Hilfe der RL-Algorithmen (5) beschrieben.

1.2.3.1 Die R-Bibliothek *lvngcr*

Dieser Abschnitt enthält Informationen über die Algorithmen und Datenstrukturen, die im Projekt im Bereich Data Mining zum Einsatz kamen. Es werden Code-Beispiele basierend auf dem R-Paket (*lvngcr*) sowie die Ergebnisse der Anwendung der Algorithmen auf ausgesuchten Hausautomationsdaten gezeigt. R ist eine interpretierte Programmiersprache für statistische Berechnungen. Sie ist für alle großen Betriebssysteme unter einer Open-Source-Lizenz verfügbar. Die hier aufgeführten Beispiele sind Anwendungen, wie sie im Projekt angedacht waren und teilweise umgesetzt wurden.

Der in diesem Dokument enthaltene Code ist in seiner Gänze in dem hier vorgestellten R-Paket *lvngcr* zu finden.

1.2.3.1.1 Einführung und Installation

Zur Verbreitung des in LivingCare entwickelten R-Codes wurden sämtliche Methoden in einer R-Bibliothek implementiert, die im Laufe des Projekts veröffentlicht werden soll, und sich auf beliebigen Systemen mit einem einfachen Befehl installieren und laden lässt. Eine Übersicht über das Paket und alle darin enthaltenen Funktionen lässt sich über folgende Befehle abrufen:

```
?lvngcr  
library(help = lvngcr)
```

Details zu einer bestimmten Funktion lassen sich mit dem `?`-Operator aufrufen, z.B.

```
?recordProcessImages
```

1.2.3.1.2 Benutzung

Für alle in der Bibliothek verwendeten Machine-Learning-Algorithmen gibt es Demo-Funktionen, durch deren Hilfe sich die Funktionalität des Algorithmus auf Hausautomations- und anderen Daten veranschaulicht werden sollen. Nachdem die Bibliothek installiert und geladen ist, stehen alle Funktionen zur Verfügung. Die meisten Demos nutzen primär die Konsole als Ausgabemedium. Einige Demos

generieren aber auch Grafiken und schreiben Dateien. Die Grafiken sollten unabhängig von der ausführenden Umgebung (RStudio, Konsole) sichtbar sein. Dateien werden entweder in den "externe Daten"-Ordner ([inst/extdata](#)) oder den [temp](#)-Ordner geschrieben.

1.2.3.1.3 Daten

Um das Lesen und Schreiben von Daten zu demonstrieren und das Ausführen von Demos zu vereinfachen, sind in *lvncgr* bereits einige Daten hinterlegt. Rohdaten werden in R-Paketen standardmäßig im Unterordner "inst/extdata" hinterlegt. Hier eine unvollständige Liste:

- *processImages.csv*: Systemabbilder mit Klassenlabels zur Klassifikation, wie sie z.B. in [cart-Demo\(\)](#) genutzt werden.
- *wsudata*: Daten aus dem Bestand der Washington State University. Diese Daten wurden in einem Home Lab mit ca. 50 Bewegungsmeldern, Türkontakten, Temperatursensoren und anderen Gerätschaften aufgezeichnet (Cook and Schmitter-Edgecombe 2009)⁴.
- *wsubaskets*: Eine Baskets-Datei aus den Daten in *wsudata*, wie sie für die Funktionen [apriori](#) und [cspade](#) (siehe Dokumentation [e1071](#), (Dimitriadou et al. 2008)) verwendet werden.

1.2.3.1.4 Lizenzrechtliches

Die R Laufzeitumgebung ist unter *GNU General Public License (GPL), version 2* veröffentlicht.

Das Paket [lvncgr](#) nutzt diverse Pakete fremder Autoren. Diese sind unter folgenden Lizenzen veröffentlicht.

	Lizenz
arules	GPL-3
e1071	GPL-2
plyr	MIT + file LICENSE
arulesSequences	GPL-2
rpart.plot	GPL-3
rpart	GPL-2 GPL-3
randomForest	GPL (>= 2)
neuralnet	GPL (>= 2)
methods	Part of R 3.2.4

⁴ Siehe auch: ailab.wsu.edu/casas/datasets/

Darüber hinaus "empfiehlt" `lvngcr` noch die folgenden Pakete. Empfehlungen beziehen sich auf Pakete, die nur von einem Teil des Pakets benötigt werden, d.h. ohne die das Paket trotzdem zum größten Teil verwendet werden kann.

	Lizenz
<code>weatherData</code>	GPL
<code>xlsx</code>	GPL-3
<code>chron</code>	GPL-2

Da R eine interpretierte Sprache ist, ist Code, der in R geschrieben ist, von der Lizenz des Interpreters nicht abhängig⁵. Da `lvngcr` auch nicht auf Abhängigkeiten verlinkt (im Compiler-Sinne), steht einer Veröffentlichung von `lvngcr` unter der *GPL*-kompatiblen⁶ *MIT*-Lizenz nichts im Wege.

1.2.3.2 Spezifikation der erforderlichen Data-Mining-Algorithmen

Dieser Abschnitt listet die Algorithmen, die in der ersten Phase des Projekts, bei der Erhebung der Data-Mining-Algorithmen, untersucht worden sind und für das Trainieren der Reinforcement-Learning-Modelle zum Einsatz kommen bzw. als möglicherweise nützlich erachtet worden waren. Es werden Anwendungsbeispiele für die Algorithmen beschrieben, sowie ihre Nutzungsweise.

1.2.3.2.1 Erforderliche Clusteringalgorithmen

Die Werte der Helligkeitssensoren werden für den Licht-Agenten mittels DBSCAN geclustert. Das Clustering bewirkt, dass die Werte von einer Skala von 0 bis 255 auf wenige „Gruppen“ (ca. 2-4) heruntergebrochen werden. So werden im Idealfall hohe Werte, bei denen eine Lichtschaltung unwahrscheinlich ist, einer Gruppe zugewiesen, und niedrige Werte, bei denen eine Lichtschaltung wahrscheinlich ist, einer anderen Gruppe zugeordnet.

Abhängig davon, ob die Anzahl der Cluster vom Entwickler vorgegeben werden soll oder nicht, könnten DBSCAN oder K-Means zum Einsatz kommen. C-Means verhält sich wie K-Means, liefert aber zusätzlich Clusterzugehörigkeits-Wahrscheinlichkeiten. Die ermöglichen es, Cluster nur von Werten zu erstellen, die auch mit hoher Wahrscheinlichkeit einem einzelnen Cluster angehören.

Alle Clustering-Algorithmen erfordern drei Arbeitsschritte, *preprocess*, *buildModel* und *predict*. In *preprocess* werden die Daten für das Training und auch die Vorhersage vorverarbeitet. Die Vorverarbeitung besteht im Wesentlichen aus dem Skalieren der Daten. In *buildModel* werden die Cluster er-

⁵ <http://www.gnu.org/licenses/gpl-faq.html#InterpreterIsGPL>

⁶ vgl. <http://www.gnu.org/licenses/license-list.html#GPLCompatibleLicenses>

stellt und die Daten den Clustern zugewiesen. *predict* wird dazu benutzt, das vorhandene Modell zum Clustern von neuen Beobachtungen zu verwenden.

1.2.3.2.1.1 DBSCAN

DBSCAN ist ein sog. Dichtebasiertes Verfahren, das vor allem wegen seiner Eigenschaft, selbständig die Anzahl vorhandener Cluster zu berechnen, gewählt wurde. Der Algorithmus ist für LivingCare in R mit Hilfe des Pakets „*dbscan*“, Version 1.1-1, implementiert. Link: <https://cran.r-project.org/package=dbscan>

1.2.3.2.1.1.1 Parameter

Die JSON-Schnittstellen definieren folgende Parameter.

1.2.3.2.1.1.1.1 *preprocess*

Name	Vorgabewert	Beschreibung
<i>data</i>		Die zu verarbeitenden Trainingsdaten
<i>columnsToScale</i>	NULL	Angabe, welche Spalten skaliert werden sollen. Standardmäßig alle (NULL).
<i>center</i>	TRUE	Sollen die Spalten zentriert werden? Wenn <i>center</i> ein numerischer Vektor ist, muss er eine Länge entsprechend der Anzahl Spalten in <i>data</i> haben. Diese sind dann der <i>center</i> der Spalten.
<i>scale</i>	TRUE	Sollen die Spalten skaliert werden? Wenn <i>scale</i> ein numerischer Vektor ist, muss er eine Länge entsprechend der Anzahl Spalten in <i>data</i> haben. Diese sind dann die <i>scale</i> der Spalten.

1.2.3.2.1.1.1.2 *buildModel*

Name	Vorgabewert	Beschreibung
<i>data</i>		Die in <i>preprocess</i> vorverarbeiteten Trainingsdaten
<i>epsilon</i>		Größe der Epsilon-Nachbarschaft
<i>minPts</i>	5	Mindestanzahl Punkte in einem Cluster

searchMethod	„kdtree“	Suchmethode für die nächsten Nachbarn (eins von <i>kdtree</i> , <i>linear</i> oder <i>dist</i>)
jersey	NULL	URL eines REST-Servers, der bei asynchronem Aufruf das Ergebnis entgegennimmt.

1.2.3.2.1.1.1.3 *predict*

Name	Vorgabewert	Beschreibung
data		Neue Daten, die geclustert werden sollen
model		Name des trainierten Modells (Rückgabewert von <i>buildModel</i>)
jersey	NULL	URL eines REST-Servers, der bei asynchronem Aufruf das Ergebnis entgegennimmt.

1.2.3.2.1.2 *K-Means*

K-Means ist ein sog. prototypen-basiertes Verfahren. Dabei wird die Anzahl der Cluster vorgegeben. Das ist nicht immer sinnvoll oder wünschenswert. Der Algorithmus ist für LivingCare in R mit Hilfe des Pakets „stats“ implementiert, das mit der Standardversion von R ausgeliefert wird. Link: <https://stat.ethz.ch/R-manual/R-devel/library/stats/html/00Index.html>

1.2.3.2.1.2.1 Parameter

Die JSON-Schnittstellen definieren folgende Parameter.

1.2.3.2.1.2.1.1 *preprocess*

Name	Vorgabewert	Beschreibung
data		Die zu verarbeitenden Trainingsdaten
columnsToScale	NULL	Angabe, welche Spalten skaliert werden sollen. Standardmäßig alle (NULL).
center	TRUE	Sollen die Spalten zentriert werden? Wenn <i>center</i> ein numerischer Vektor ist, muss er eine Länge entsprechend der Anzahl Spalten in <i>data</i> haben. Diese sind

dann der *center* der Spalten.

scale	TRUE	Sollen die Spalten skaliert werden? Wenn <i>scale</i> ein numerischer Vektor ist, muss er eine Länge entsprechend der Anzahl Spalten in <i>data</i> haben. Diese sind dann die <i>scale</i> der Spalten.
-------	------	--

1.2.3.2.1.2.1.2 *buildModel*

Name	Vorgabewert	Beschreibung
data		Die in <i>preprocess</i> vorverarbeiteten Trainingsdaten
clusters		Die Anzahl der zu erstellenden Cluster
jersey	NULL	URL eines REST-Servers, der bei asynchronem Aufruf das Ergebnis entgegennimmt.

1.2.3.2.1.2.1.3 *predict*

Name	Vorgabewert	Beschreibung
data		Neue Daten, die geclustert werden sollen
model		Name des trainierten Modells (Rückgabewert von <i>buildModel</i>)
jersey	NULL	URL eines REST-Servers, der bei asynchronem Aufruf das Ergebnis entgegennimmt.

1.2.3.2.1.3 *C-Means*

C-Means funktioniert wie K-Means, liefert aber zusätzlich einen „Konfidenzwert“, der besagt mit welcher Wahrscheinlichkeit ein Objekt zu einem Cluster gehört. Das ermöglicht es, Cluster nur aus nahe beieinanderliegenden Objekten zu erstellen, bzw. Punkte nur dann einem Cluster zuzuordnen, wenn diese auch mit hoher Wahrscheinlichkeit dazu gehören. Der Algorithmus ist für LivingCare in R mit Hilfe des Pakets „e1071“ implementiert. Link: <https://cran.r-project.org/package=e1071>

1.2.3.2.1.3.1 Parameter

Die JSON-Schnittstellen definieren folgende Parameter.

1.2.3.2.1.3.1.1 *preprocess*

Name	Vorgabewert	Beschreibung
data		Die zu verarbeitenden Trainingsdaten
columnsToScale	NULL	Angabe, welche Spalten skaliert werden sollen. Standardmäßig alle (NULL).
center	TRUE	Sollen die Spalten zentriert werden? Wenn <i>center</i> ein numerischer Vektor ist, muss er eine Länge entsprechend der Anzahl Spalten in <i>data</i> haben. Diese sind dann der <i>center</i> der Spalten.
scale	TRUE	Sollen die Spalten skaliert werden? Wenn <i>scale</i> ein numerischer Vektor ist, muss er eine Länge entsprechend der Anzahl Spalten in <i>data</i> haben. Diese sind dann die <i>scale</i> der Spalten.

1.2.3.2.1.3.1.2 *buildModel*

Name	Vorgabewert	Beschreibung
data		Die in <i>preprocess</i> vorverarbeiteten Trainingsdaten
clusters		Die Anzahl der zu erstellenden Cluster
fuzzifier	2	Grad der „Fuzzifikation“ – je größer, desto weiter sind die Clusterzugehörigkeits-Wahrscheinlichkeiten verteilt, und umso strikter ist das Clustering.
jersey	NULL	URL eines REST-Servers, der bei asynchronem Aufruf das Ergebnis entgegennimmt.

1.2.3.2.1.3.1.3 *predict*

Name	Vorgabewert	Beschreibung
data		Neue Daten, die geclustert werden sollen
model		Name des trainierten Modells (Rückgabewert von

buildModel)

fuzzification	2	Grad der „Fuzzifikation“ – je größer, desto weiter sind die Clusterzugehörigkeits-Wahrscheinlichkeiten verteilt, und umso strikter ist das Clustering.
jersey	NULL	URL eines REST-Servers, der bei asynchronem Aufruf das Ergebnis entgegennimmt.

1.2.3.2.2 Erforderliche stochastische Prozesse

1.2.3.2.2.1 Markov-Kette

Das Bewegungsmodell ist als Markov-Kette implementiert. Es handelt sich um eine eigene Implementierung in Java.

Eine Markov-Kette definiert sich über eine Menge von Zuständen und Übergängen zwischen diesen Zuständen, mit zu berechnenden Wahrscheinlichkeiten. Die Zustände im Bewegungsmodell sind die in der Wohnung verbauten Sensoren und Aktoren, die als Aufenthaltsort einer Person gelten. Benachbarte Sensoren haben Übergänge mit einer Wahrscheinlichkeit von 1, nicht benachbarte Sensoren keine Übergänge, bzw. Übergänge mit Wahrscheinlichkeit 0. Wenn ein Türsensor genau zwei benachbarte Sensoren hat (z.B. Präsenzmelder in Flur und Küche), wird der Übergang zwischen Flur und Küche bei Schließen der Tür „gekappt“.

1.2.3.2.2.1.1 Schnittstelle

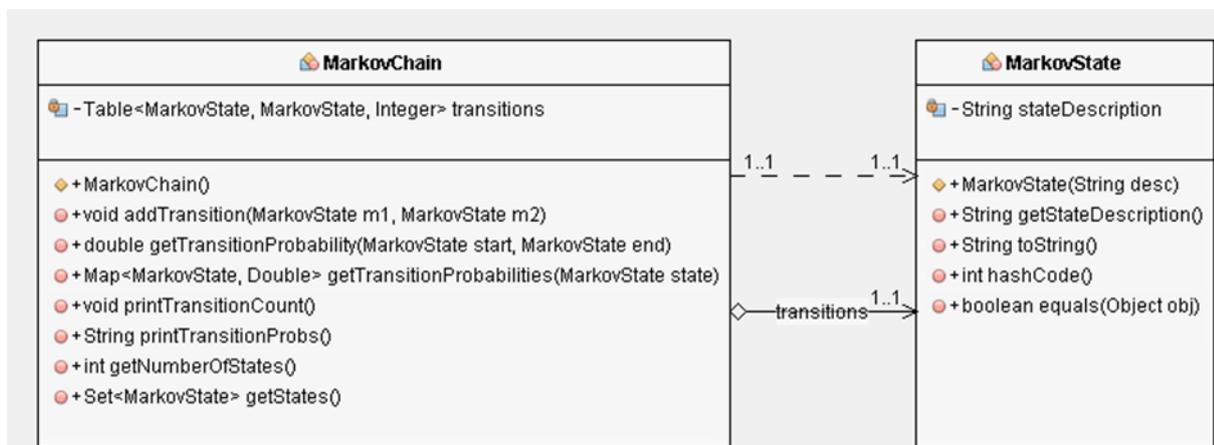


Abbildung 13: Implementierung der Markov-Kette als UML-Klassendiagramm

1.2.3.2.2.2 Markov-Entscheidungsproblem

Das Verhaltensmodell ist als Markov-Entscheidungsproblem implementiert. Das Markov-Entscheidungsproblem ist eine Erweiterung der Markov-Kette um eine Liste von möglichen, ausführbaren Aktionen in jedem Zustand. Es wurde im Rahmen des Projekts selbst in Java implementiert.

1.2.3.2.2.2.1 Schnittstelle

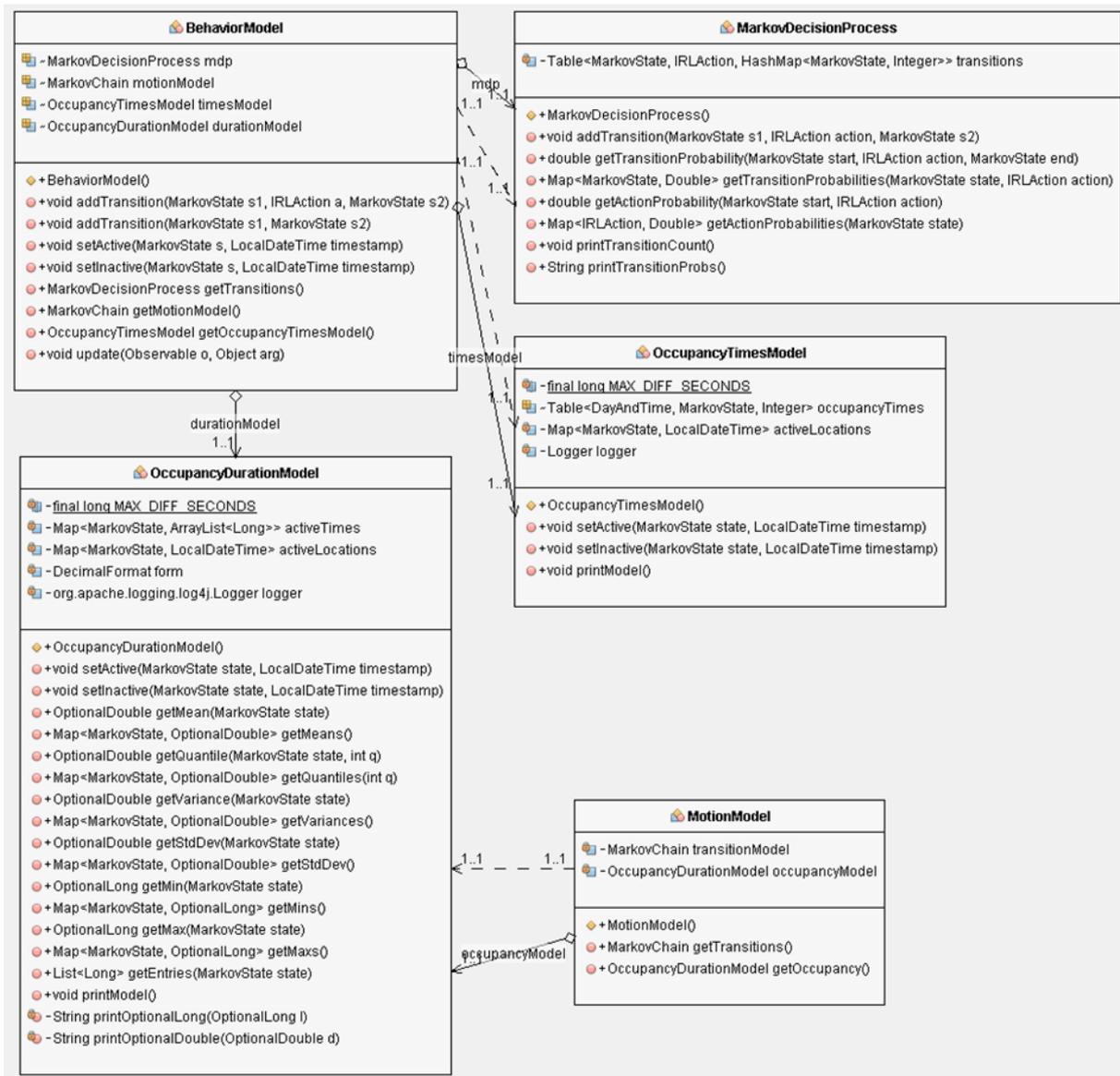


Abbildung 14: Implementierung des Verhaltensmodells und des Markov-Entscheidungsprozesses als UML-Klassendiagramm

1.2.3.2.3 Erforderliche Assoziationsalgorithmen

Der Lichtschalt-Agent, der Schaltvorgänge mit Bewegungsmustern in der Wohnung mittels *assoziiert*, um daraus Lichtschalt-Makros zu ermitteln, ist mit Hilfe eines Reinforcement-Learning-Verfahrens implementiert. Alternativ kann hier aber auch ein Assoziationsalgorithmus zum Einsatz kommen. Das Verfahren wurde beim Konsortialtreffen im Mai 2016 präsentiert. Außerdem ist es vorstellbar, dass das automatische Schalten anderer Geräte, oder weitere Szenarios mit Hilfe von Frequent-Itemset- oder Frequent-Sequence-Mining-Algorithmen implementiert werden könnten.

Sowohl bei Apriori, wie auch bei SPADE arbeiten *preprocess* und *buildModel* analog zu den anderen Algorithmen. *predict* hat die Aufgabe, die gefundenen Regeln bzw. Itemsets zu filtern und bestimmte Itemsets oder Regeln zu finden, z.B. Regeln, die bewirken, dass ein bestimmtes Licht angeschaltet wird.

1.2.3.2.3.1 Apriori

Mit Hilfe eines Frequent-Itemset-Algorithmus wie Apriori können Sensoren und Aktoren, die häufig gemeinsam oder unmittelbar nacheinander ausgelöst werden, zu Gruppen zusammengefasst werden. Dies erleichtert die Formulierung des Lichtagenten als Reinforcement-Learning-Problem. Der Algorithmus ist für LivingCare in R mit Hilfe des Pakets „arules“ implementiert. Link: <https://cran.r-project.org/package=arules>

1.2.3.2.3.1.1 Parameter

1.2.3.2.3.1.1.1 preprocess

Name	Vorgabewert	Beschreibung
data		Die zu verarbeitenden Trainingsdaten

1.2.3.2.3.1.1.2 buildModel

Name	Vorgabewert	Beschreibung
data		Die in <i>preprocess</i> vorverarbeiteten Trainingsdaten
parameter	NULL	Eine Liste, die die Parameter des Mining-Prozesses enthält. U.a.: <i>support</i> (Der minimal erforderliche Support eines Itemsets (Vorgabe: 0.1)), <i>minlen</i> (Minimale Anzahl Items pro Itemset (Vorgabe: 1 item)), <i>maxlen</i> (Maximale Anzahl Items pro Itemset (Vorgabe: 10 items)), <i>target</i> (Art der Ausgabe, z.B. Itemsets)

oder Regeln)

appearance	NULL	Eine Liste, die Einschränkungen in der Form der zu suchenden Regeln bzw. Itemsets vorgibt. U.a.: <i>lhs</i> (Items, die auf der linken Seite der Regeln auftauchen müssen), <i>rhs</i> (Items, die auf der rechten Seite der Regeln auftauchen müssen), <i>both</i> (Kombination aus <i>lhs</i> und <i>rhs</i>)
jersey	NULL	URL eines REST-Servers, der bei asynchronem Aufruf das Ergebnis entgegennimmt.

1.2.3.2.3.1.1.3 *predict*

Name	Vorgabewert	Beschreibung
filter		Eine Tabelle, die in jeder Zeile ein Element beschreibt, was auf der linken (<i>lhs</i>) oder rechten (<i>rhs</i>) Seite der gefundenen Regeln vorkommen sollen.
model		Name des zuvor errechneten Regelsatzes (Rückgabewert von <i>buildModel</i>)
jersey	NULL	URL eines REST-Servers, der bei asynchronem Aufruf das Ergebnis entgegennimmt.

1.2.3.2.3.2 *SPADE*

SPADE ähnelt Apriori, unterscheidet sich aber darin, dass bei Apriori nur mit Hilfe von geschickter Datenvorverarbeitung aufeinanderfolgende Events miteinander assoziiert werden können. SPADE sucht, im Gegensatz zu Apriori, keine Frequent Itemsets, sondern „Frequent Sequences“, also häufig aufeinanderfolgende Elemente. Der Einsatz von SPADE zur Generierung von Lichtschalt-Regeln wurde beim Projekttreffen im Mai 2016 beschrieben. Der Algorithmus ist für LivingCare in R mit Hilfe des Pakets „arulesSequences“ implementiert. Link: <https://cran.r-project.org/package=arulesSequences>

1.2.3.2.3.2.1 Parameter

1.2.3.2.3.2.1.1 *preprocess*

Name	Vorgabewert	Beschreibung
data		Die zu verarbeitenden Trainingsdaten in Form einer Matrix mit Sequenznummer, Itemnummer und Items.

1.2.3.2.3.2.1.2 *buildModel*

Name	Vorgabewert	Beschreibung
data		Die in <i>preprocess</i> vorverarbeiteten Trainingsdaten
parameter	NULL	Eine Liste, die die Parameter des Mining-Prozesses enthält. U.a.: <i>support</i> (Der minimal erforderliche Support eines Itemsets (Vorgabe: 0.1)), <i>minlen</i> (Minimale Anzahl Items pro Itemset (Vorgabe: 1 item)), <i>maxlen</i> (Maximale Anzahl Items pro Itemset (Vorgabe: 10 items)), <i>target</i> (Art der Ausgabe, z.B. Itemsets oder Regeln)
jersey	NULL	URL eines REST-Servers, der bei asynchronem Aufruf das Ergebnis entgegennimmt.

1.2.3.2.3.2.1.3 *predict*

Name	Vorgabewert	Beschreibung
filter		Eine Tabelle, die in jeder Zeile ein Element beschreibt, was auf der linken (<i>lhs</i>) oder rechten (<i>rhs</i>) Seite der gefundenen Regeln vorkommen sollen.
model		Name des zuvor errechneten Regelsatzes (Rückgabewert von <i>buildModel</i>)
jersey	NULL	URL eines REST-Servers, der bei asynchronem Aufruf das Ergebnis entgegennimmt.

1.2.3.2.4 Erforderliche Klassifikationsalgorithmen

Die ersten Versuche in LivingCare waren Klassifizierungen von Situationen in Smart Homes, wie sie sich über die reinen Sensordaten darstellen. So wurde geprüft, ob Personen eindeutig verortet werden können. Da dies nicht der Fall war, wurde der TrackingService eingeführt.

1.2.3.2.4.1 Neuronale Netze

Die Neuronalen Netze haben sich als genauester Klassifikationsalgorithmus bei der (überwachten) Bestimmung des Aufenthaltsortes einer Person herausgestellt. Nachteil der Neuronalen Netze ist, dass sie schlecht interpretierbar sind, d.h. es lassen sich nicht einfach Regeln aus ihnen extrahieren, wie z.B. das bei Entscheidungsbäumen möglich ist.

Der Algorithmus ist für LivingCare in R mit Hilfe des Pakets „neuralnet“, Version 1.33, implementiert.

Link: <https://cran.r-project.org/package=neuralnet>

1.2.3.2.4.1.1 Parameter

1.2.3.2.4.1.1.1 preprocess

Name	Vorgabewert	Beschreibung
data		Die zu verarbeitenden Trainingsdaten
columnsToScale	NULL	Angabe, welche Spalten skaliert werden sollen. Standardmäßig alle (NULL).
center	TRUE	Sollen die Spalten zentriert werden? Wenn <i>center</i> ein numerischer Vektor ist, muss er eine Länge entsprechend der Anzahl Spalten in <i>data</i> haben. Diese sind dann der <i>center</i> der Spalten.
scale	TRUE	Sollen die Spalten skaliert werden? Wenn <i>scale</i> ein numerischer Vektor ist, muss er eine Länge entsprechend der Anzahl Spalten in <i>data</i> haben. Diese sind dann die <i>scale</i> der Spalten.
targetColumn	NULL	Integer-Vektor, der beschreibt in welchem Spalten der Datenmatrix die Zielvariable(n) stehen. Standardmäßig die letzte Spalte (NULL).

1.2.3.2.4.1.1.2 buildModel

Name	Vorgabewert	Beschreibung
data		Die in <i>preprocess</i> vorverarbeiteten Trainingsdaten
hidden	NULL	Die Architektur des Modells. Ein Integer-Vektor, mit der Anzahl Neuronen pro <i>hidden layer</i> . Standardmäßig ein <i>hidden layer</i> mithalb so vielen Neuronen wie Anzahl Spalten in <i>data</i> (NULL).
threshold	0.01	Schwellwert des Fehlers, bei dem das Training beendet wird.
model	NULL	Formel, die Input- und Output-Variablen beschrieben. Standardmäßig ist die letzte Spalte erwarteter Output, der Rest Input (NULL).
stepmax	100000	Maximale Anzahl Trainingsschritte, bevor das Training abgebrochen wird.
jersey	NULL	URL eines REST-Servers, der bei asynchronem Aufruf das Ergebnis entgegennimmt.

1.2.3.2.4.1.1.3 *predict*

Name	Vorgabewert	Beschreibung
data		Neue Daten, die klassifiziert werden sollen
model		Name des trainierten Modells (Rückgabewert von <i>buildModel</i>)
jersey	NULL	URL eines REST-Servers, der bei asynchronem Aufruf das Ergebnis entgegennimmt.

1.2.3.2.4.2 *Random Forest*

Ein Random Forest ist eine Sammlung von Entscheidungsbäumen und fällt somit in die Kategorie „Ensemble-Methoden“. Dabei werden eine große Anzahl Entscheidungsbäume trainiert, die anschließend bei der Klassifikation von ungesehenen Daten per Mehrheitsentscheid die Klasse bestimmen. Nach den

Neuronalen Netzen erwiesen sich die Random Forests als genauestes Verfahren bei der Bestimmung des Aufenthaltsortes einer Person.

Der Algorithmus ist für LivingCare in R mit Hilfe des Pakets „randomForest“ implementiert. Link: <https://cran.r-project.org/package=randomForest>

1.2.3.2.4.2.1 Parameter

1.2.3.2.4.2.1.1 *preprocess*

Name	Vorgabewert	Beschreibung
<code>data</code>		Die zu verarbeitenden Trainingsdaten
<code>columnsToScale</code>	NULL	Angabe, welche Spalten skaliert werden sollen. Standardmäßig alle (NULL).
<code>center</code>	TRUE	Sollen die Spalten zentriert werden? Wenn <i>center</i> ein numerischer Vektor ist, muss er eine Länge entsprechend der Anzahl Spalten in <i>data</i> haben. Diese sind dann der <i>center</i> der Spalten.
<code>scale</code>	TRUE	Sollen die Spalten skaliert werden? Wenn <i>scale</i> ein numerischer Vektor ist, muss er eine Länge entsprechend der Anzahl Spalten in <i>data</i> haben. Diese sind dann die <i>scale</i> der Spalten.
<code>targetColumn</code>	NULL	Integer-Vektor, der beschreibt in welchem Spalten der Datenmatrix die Zielvariable(n) stehen. Standardmäßig die letzte Spalte (NULL).

1.2.3.2.4.2.1.2 *buildModel*

Name	Vorgabewert	Beschreibung
<code>data</code>		Die in <i>preprocess</i> vorverarbeiteten Trainingsdaten
<code>model</code>	NULL	Formel, die Input- und Output-Variablen beschrieben. Standardmäßig ist die letzte Spalte erwarteter Output,

der Rest Input (NULL).

ntree	500	Anzahl der zu trainierenden Bäume.
nodesize	5	Minimale Anzahl an Instanzen, die in einem Blatt-Knoten sein müssen.
norm.votes	TRUE	Wenn TRUE, dann werden am Schluss die Menge der Klassen in den Blättern anteilig angegeben. Ansonsten werden sie im Form von absoluten Zahlen beschrieben.
jersey	NULL	URL eines REST-Servers, der bei asynchronem Aufruf das Ergebnis entgegennimmt.

1.2.3.2.4.2.1.3 *predict*

Name	Vorgabewert	Beschreibung
data		Neue Daten, für die Werte vorhergesagt werden sollen
model		Name des trainierten Modells (Rückgabewert von <i>buildModel</i>)
jersey	NULL	URL eines REST-Servers, der bei asynchronem Aufruf das Ergebnis entgegennimmt.

1.2.3.2.4.3 *Support Vector Machines*

Im Gegensatz zu den anderen Klassifikationsverfahren suchen Support Vector Machines nicht *eine* Trennlinie zwischen zwei Klassen, sondern *die beste*. Die Rate korrekter Klassifikationen bei der Verortung einer Person lag dabei aber deutlich unter denen von Neuronalen Netzen und Random Forests. Der Grund dafür ist unklar.

Der Algorithmus ist für LivingCare in R mit Hilfe des Pakets „e1071“ implementiert. Link: <https://cran.r-project.org/package=e1071>

1.2.3.2.4.3.1 Parameter

1.2.3.2.4.3.1.1 *preprocess*

Name	Vorgabewert	Beschreibung
data		Die zu verarbeitenden Trainingsdaten. Der einzige Vorverarbeitungsschritt besteht darin, Spalten mit Nominaldaten, die nur einen Wert beinhalten, zu löschen. Solch ein Szenario kann auftauchen, wenn man Untermengen von Daten benutzt, die zufällig nur einen der möglichen Werte beinhalten.

1.2.3.2.4.3.1.2 *buildModel*

Name	Vorgabewert	Beschreibung
data		Die in <i>preprocess</i> vorverarbeiteten Trainingsdaten
kernel	„radial“	Die Form des Kernels (<i>linear, polynomial, radial basis, sigmoid</i>)
cost	1	Kosten für die Verletzung der Trennlinie (Falschklassifikation); je höher, desto weniger Trainingsdaten werden falsch klassifiziert, desto komplexer wird aber das Modell.
jersey	NULL	URL eines REST-Servers, der bei asynchronem Aufruf das Ergebnis entgegennimmt.

1.2.3.2.4.3.1.3 *predict*

Name	Vorgabewert	Beschreibung
data		Neue Daten, für die Werte vorhergesagt werden sollen
model		Name des trainierten Modells (Rückgabewert von <i>buildModel</i>)

jersey	NULL	URL eines REST-Servers, der bei asynchronem Aufruf das Ergebnis entgegennimmt.
--------	------	--

1.2.3.2.5 Erforderliche Regressionsalgorithmen

Regressionsalgorithmen werden dafür eingesetzt, reelle Werte mit Hilfe von vorhersagenden Variablen zu modellieren und zu schätzen. Zum Beispiel kann die Zeitreihenanalyse dafür genutzt werden, den Trend der Außentemperatur mit Hilfe von historischen Wetterdaten zu schätzen. Bei den Neuronalen Netzen wird die Tageszeit und der Wochentag als vorhersagende Variable für die gewünschte Solltemperatur genutzt.

Die Algorithmen erfordern drei Arbeitsschritte, *preprocess*, *buildModel* und *predict*. In *preprocess* werden die Daten für das Training und auch die Vorhersage vorverarbeitet. Die Vorverarbeitung besteht im Wesentlichen aus dem Skalieren der Daten. In *buildModel* wird das Modell mit Trainingsdaten trainiert. *predict* wird dazu benutzt, den Regressionswert für neue Beobachtungen zu schätzen.

1.2.3.2.5.1 Neuronale Netze

Die Heizmodelle für den Heizungsagenten sind mit Hilfe von Neuronalen Netzen implementiert. Neuronale Netze sind flexibel in ihrer Struktur und erlauben beliebig einfache oder komplexe Heizkurven. Eine Heizkurve ist die Solltemperatur eines Thermostats, abhängig von Tageszeit und Wochentag.

Der Algorithmus ist für LivingCare in R mit Hilfe des Pakets „neuralnet“, Version 1.33, implementiert. Link: <https://cran.r-project.org/package=neuralnet>

1.2.3.2.5.1.1 Parameter

Die JSON-Schnittstellen definieren folgende Parameter.

1.2.3.2.5.1.1.1 *preprocess*

Name	Vorgabewert	Beschreibung
data		Die zu verarbeitenden Trainingsdaten
columnsToScale	NULL	Angabe, welche Spalten skaliert werden sollen. Standardmäßig alle (NULL).
center	TRUE	Sollen die Spalten zentriert werden? Wenn <i>center</i> ein numerischer Vektor ist, muss er eine Länge entsprechend der Anzahl Spalten in <i>data</i> haben. Diese sind

dann der *center* der Spalten.

scale	TRUE	Sollen die Spalten skaliert werden? Wenn <i>scale</i> ein numerischer Vektor ist, muss er eine Länge entsprechend der Anzahl Spalten in <i>data</i> haben. Diese sind dann die <i>scale</i> der Spalten.
-------	------	--

1.2.3.2.5.1.1.2 *buildModel*

Name	Vorgabewert	Beschreibung
data		Die in <i>preprocess</i> vorverarbeiteten Trainingsdaten
hidden	NULL	Die Architektur des Modells. Ein Integer-Vektor, mit der Anzahl Neuronen pro <i>hidden layer</i> . Standardmäßig ein <i>hidden layer</i> mithalb so vielen Neuronen wie Anzahl Spalten in <i>data</i> (NULL).
threshold	0.01	Schwellwert des Fehlers, bei dem das Training beendet wird.
model	NULL	Formel, die Input- und Output-Variablen beschrieben. Standardmäßig ist die letzte Spalte erwarteter Output, der Rest Input (NULL).
stepmax	100000	Maximale Anzahl Trainingsschritte, bevor das Training abgebrochen wird.
jersey	NULL	URL eines REST-Servers, der bei asynchronem Aufruf das Ergebnis entgegennimmt.

1.2.3.2.5.1.1.3 *predict*

Name	Vorgabewert	Beschreibung
data		Neue Daten, für die Werte vorhergesagt werden sollen

model		Name des trainierten Modells (Rückgabewert von <i>buildModel</i>)
jersey	NULL	URL eines REST-Servers, der bei asynchronem Aufruf das Ergebnis entgegennimmt.

1.2.3.2.5.2 Zeitreihenanalyse

Zeitreihen sind zeitabhängige Folgen von Datenpunkten. Typische Beispiele sind Börsenkurse oder Wetterbeobachtungen. Bei der Zeitreihenanalyse wird die künftige Entwicklung dieser Zeitreihen mit Hilfe von verschiedenen inferenzstatistischen Analysen berechnet. Das R-Paket *lvngcr* zeigt Beispielanwendungen von verschiedenen Verfahren zur Einteilung einer Temperaturkurve in Trend-, Saison- und Restkomponenten.

Der Algorithmus ist für LivingCare in R mit Hilfe der Pakete „stats“, welches mit der R ausgeliefert wird, und „forecast“ implementiert. Link: <https://cran.r-project.org/package=forecast>

1.2.3.2.5.2.1 Parameter

1.2.3.2.5.2.1.1 *preprocess*

Name	Vorgabewert	Beschreibung
timestamps		Die Zeitstempel zu den Daten
data		Vektor numerischer Daten
dateFormat	"%Y-%m-%d %H:%M:%S"	Format der <i>timestamps</i> . Wichtig, da diese interpretiert werden müssen.

1.2.3.2.5.2.1.2 *buildModel*

Name	Vorgabewert	Beschreibung
data		Die in <i>preprocess</i> vorverarbeiteten Werte
start	1	Die Zeit der ersten Beobachtung. Entweder eine einzelne Zahl, oder ein Zahlenpaar (z.B. Jahr und Quartal)

end	leer	Die Zeit der letzten Beobachtung. Siehe <i>start</i> .
frequency	1	Anzahl Beobachtungen pro Zeiteinheit.
modelType	"additive"	Handelt es sich um ein additives („additive“) oder multiplikatives („multiplicative“) Modell?
jersey	NULL	URL eines REST-Servers, der bei asynchronem Aufruf das Ergebnis entgegennimmt.

1.2.3.2.5.2.1.3 *predict*

Name	Vorgabewert	Beschreibung
model		Das zuvor gelernte Zeitreihenmodell.
periods	1	Anzahl der Perioden, die vorhergesagt werden sollen.
jersey	NULL	URL eines REST-Servers, der bei asynchronem Aufruf das Ergebnis entgegennimmt.

1.2.3.3 Mehrpersonen-Tracking

1.2.3.3.1 Ziel

Es sollte untersucht werden, wie genau der TrackingService unter Testbedingungen eine und mehrere Personen in einem Haushalt, ausgestattet mit einer ähnlichen Menge und Auswahl der im Feldtest eingesetzten Sensoren, verfolgen kann. Es sollte außerdem untersucht werden, wie groß der Einfluss der Totzeit der Bewegungs-/Präsenzmelder auf die Genauigkeit des Trackings ist.

1.2.3.3.2 Ein-Personen-Szenarien – Experiment I

1.2.3.3.2.1 Verfahren

Es werden zwei Versuche durchgeführt. Zunächst mit einer Person, anschließend mit zwei Personen.

Eine Testperson läuft die folgenden Strecken in den Räumlichkeiten des Institut VAUST je 10-mal ab. Die Ganggeschwindigkeit soll dabei durchgehend langsam sein, ca. 0,5 – 0,8m pro Sekunde. Zwischen den Durchgängen wird der TrackingService zurückgesetzt. Verbaut sind dabei

- Zwei Durchgangssensoren (jeweils zwischen einem Raum und dem Flur) (5BA2 & 5B9A)
- Fünf Bewegungsmelder (einer im Flur, je zwei in zwei Räumen)

Das Verfahren wird einmal mit Homematic Bewegungsmeldern, mit einer Totzeit von ca 15s, durchgeführt, und einmal mit Bewegungsmeldern, die mittels Raspberry Pi implementiert und gesteuert werden, mit einer Totzeit von ca. 2s.

Ort und Ausrichtung der Sensoren sind in Abbildung 15 eingezeichnet. Der TrackingService wird dabei mit folgenden Parametern initialisiert:

- timeout: 30s
- windowSize: 2.0
- pollRate: 1s

Die Sensoren werden verwendet wie geliefert. Allerdings musste bei den Durchgangssensoren die Empfindlichkeit erhöht werden. Die Umgebungstemperatur betrug, laut Wandthermostat, 24 bis 25°C.

1.2.3.3.2.1.1 Strecken

NR.

1	222	222B	5B9A_2	223	5BA2_2	225	225B	
2	225B	225	5BA2_3	223	5B9A_3	222B	222	
3	222	222B	5B9A_2	223	5B9A_3	222B	222	
4	222	222B	5B9A_2	5B9A_3	222B	222		
5	222	222B	5B9A_2	223	<15s Pause>	5B9A_3	222B	222

1.2.3.3.2.2 Evaluation

Bei Ein-Personen-Szenarien liegt die größte Fehlerquelle darin, dass Sensoren die Person nicht erkennen und dadurch vereinzelt Sensoren nicht auslösen. Dem kann vor allem durch das Hochsetzen der *windowSize* entgegengewirkt werden. Dadurch werden einzelne Aussetzer „akzeptiert“. Nachteil ist, dass dann im Zwei-Personen-Szenario die Fehlerquote höher ist. Eine höhere *windowSize* als 2.0 scheint für das Setup im Projekt aber nicht sinnvoll.

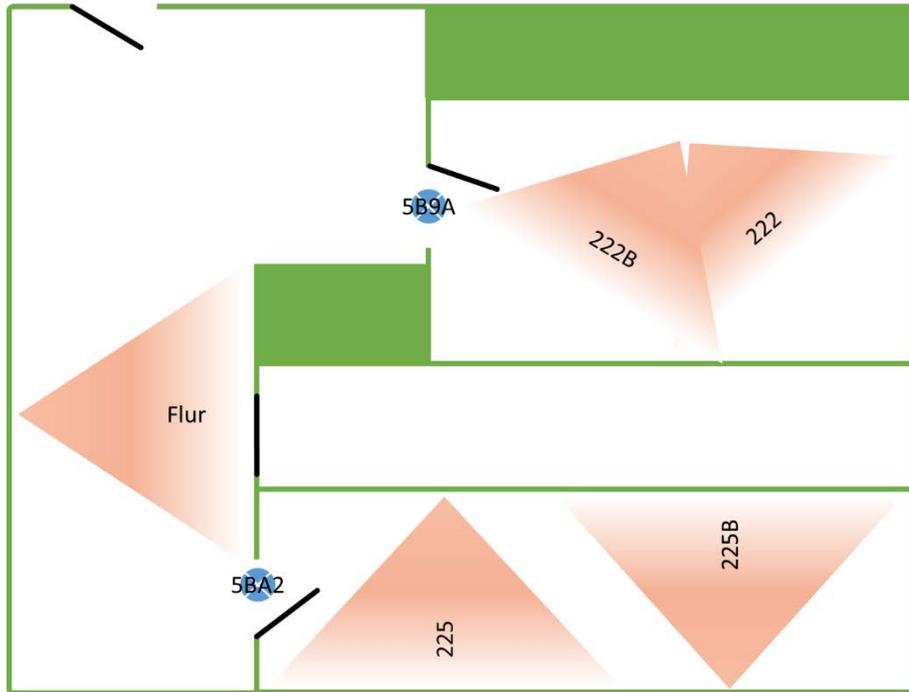


Abbildung 15: Grundriss der Räumlichkeiten mit Sensoren.

1.2.3.3.2.3 Ergebnisse

Abbildung 16 und Abbildung 17 zeigen die Anzahl der Fehler über alle Tracks. Die wichtigsten Erkenntnisse in der Übersicht:

- Der TrackingService hat zu keinem Zeitpunkt eine zweite Person gefunden/vermutet.
- Nur in einem Szenario ist der Track „abgerissen“.
- Mit einer Totzeit von 2s taucht nur eine Art von Fehler auf: Das Auslösen von Sensoren in falscher Reihenfolge.
- In Szenarien 1 bis 3 ist die Menge der Fehler im Vergleich zwischen 2 und 15s Totzeit nahezu gleich: 9 und 8.
- Track 4 bereitet mit 15s Totzeit Probleme.
 - Da die Sensorbereiche der beiden Bewegungsmelder während der Totzeit ein zweites Mal durchschritten werden, reißt dort der Track ab.
 - Drei Mal endet der Track nach dem Wiederbetreten des Raumes, sieben Mal löst der mittlere Sensor (222B) nicht aus.

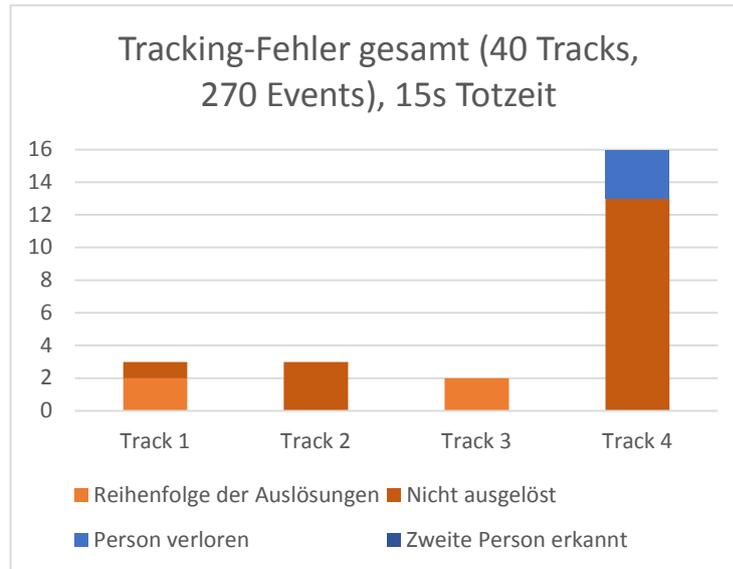


Abbildung 16: Fehler im TrackingService bei 15s Totzeit

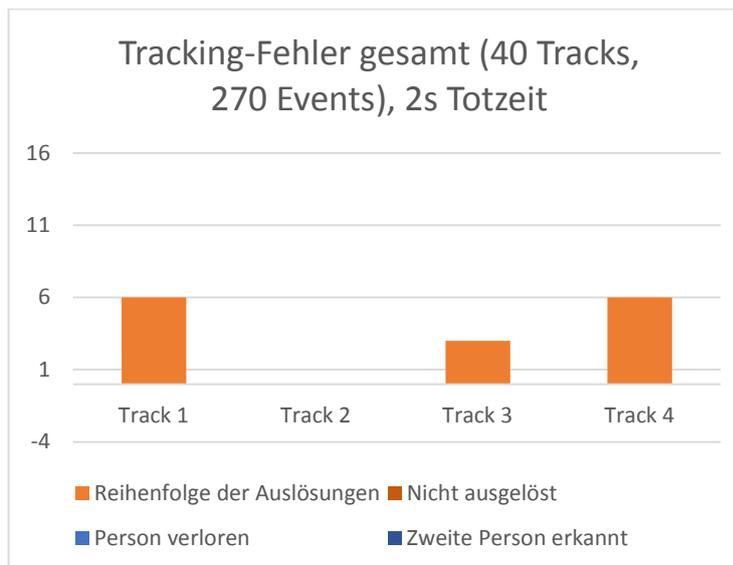


Abbildung 17: Fehler im TrackingService bei 2s Totzeit

1.2.3.3.3 Ein-Personen-Szenarien – Experiment II

Das Verfahren ist das gleiche wie in Experiment I, es wurden lediglich vier Bewegungsmelder in zwei Räumen durch Präsenzmelder ersetzt und Aktoren eingebaut.

1.2.3.3.3.1 Verfahren

Eine Testperson läuft für 30 min übliche Gehwege durch die Räume, wobei neben den Sensoren auch je ein Aktor (Displayschalter bzw. Taster) in jedem Raum installiert sind, die sporadisch aktiviert werden. Die Ganggeschwindigkeit soll dabei „normal“ sein, also ca. 1 bis 1.5m pro Sekunde. Verbaut sind dabei

- Drei Durchgangssensoren (jeweils zwischen einem Raum und dem Flur) (5BA2 & 5B9A)
- Zwei Präsenzmelder (225 und 222)
- Drei Bewegungsmelder (zwei im Flur, einer in Raum 223)
- Zwei Displayschalter
- Ein Taster
- Ein Türkontakt

Ort und Ausrichtung der Sensoren sind in Abbildung 18 eingezeichnet. Der TrackingService wird dabei mit folgenden Parametern initialisiert:

- timeout: 30s
- windowSize: 2.0
- pollRate: 3s

Neben den Einstellungen an den Sensoren, die für Experiment I durchgeführt wurden, wurden bei den Präsenzmeldern folgende Werte verstellt:

- PRESENCEDETECTOR_TRANSCEIVER|MIN_INTERVAL = 0
- Zeit, nach der erkannte Bewegung zurückgesetzt wird = 0
- Duty Cycle Limit, bis zu dem noch Datentelegramme gesendet werden = 255

Die Umgebungstemperatur betrug, laut Wandthermostat, 23,6°C.

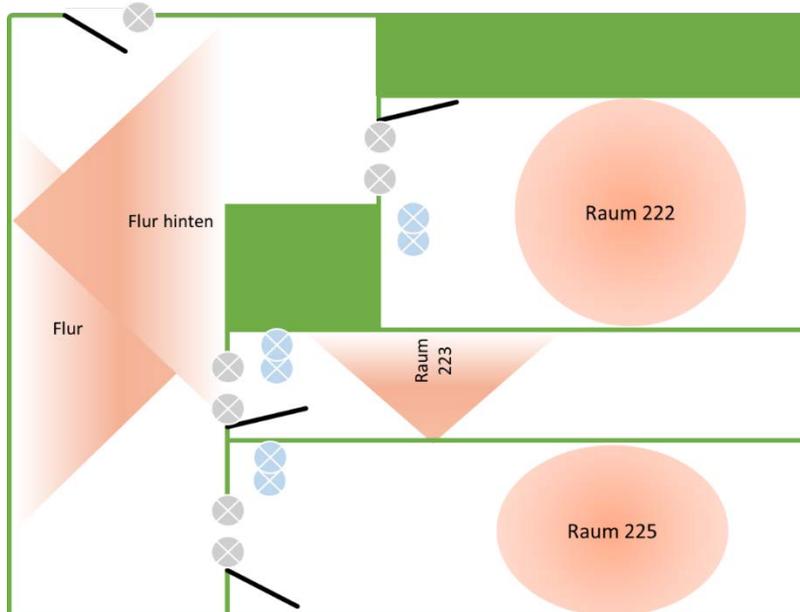


Abbildung 18: Grundriss und Sensoren/Aktoren für Experiment II

1.2.3.3.3.2 Ergebnisse

Die wichtigsten Erkenntnisse in der Übersicht:

- Die Taster-Events waren 100% zuverlässig
- Dadurch, dass der Sensorbereich des Bewegungsmelders „Flur_Vorne“ in Raum 222 hineinragt, lösen die Sensoren *teilweise* in der falschen Reihenfolge aus.
- Durch einen Bug im Code, ausgelöst durch das Manipulieren den Sensorgraphen wenn eine Tür geschlossen wird, wurde zwei Mal die Bewegung von Flur_Vorne nach Durchgang_222 als zweite Person erkannt. Der Fehler wurde noch während des Experiments behoben.

1.2.3.3.4 Mehrpersonen-Szenarien – Experiment I

1.2.3.3.4.1 Verfahren

Zwei Testpersonen laufen die folgenden Strecken in den Räumlichkeiten des Institut VAUST ab. Die Ganggeschwindigkeit sollte dabei mit Hinblick auf die LivingCare-Probanden eher langsam sein, ca. 0,5 bis 1m pro Sekunde.

Das Experiment wird zum einen automatisiert über ein Skript ausgeführt, und zum anderen von zwei Personen tatsächlich abgelaufen. Der geskriptete Ablauf soll sicherstellen, dass der TrackingService sich in erwarteten Situationen korrekt verhält. Das Experiment mit Live-Daten soll sicherstellen, dass keine Fehlerquellen unbeachtet bleiben.

Verbaut sind dabei

- Zwei Präsenzmelder (Raum 222 und 225)
- Drei Durchgangssensoren (jeweils zwischen einem Raum und dem Flur, *grau*)
- Drei Bewegungsmelder (zwei im Flur, einer im Raum 223)
- Ein Türkontakt (Flur, *grau*)
- Drei Schalter (zwei Displayschalter, ein Taster, je einer pro Raum, *blau*)

Ort und Ausrichtung der Sensoren sind in Abbildung 15 eingezeichnet. Der TrackingService wird dabei mit folgenden Parametern initialisiert:

- timeout: 30s
- windowSize: 1.0
- pollRate: 1s

Die Sensoren werden verwendet wie geliefert. Allerdings musste bei den Durchgangssensoren die Empfindlichkeit erhöht werden. Die Umgebungstemperatur betrug, laut Wandthermostat, 24 bis 25°C.

1.2.3.3.4.2 Anzunehmende Fehlerquellen und ihre Behebung

Aus den Experimenten zum 1-Personen-Tracking sind bereits einige Fehlerquellen identifiziert worden. Zumindest ein Teil der Probleme kann bzw. muss beim Tracking beachtet werden. Hier sind mögliche Lösungsansätze für diese Fehler:

GERÄT	FEHLER	LÖSUNG
PRÄSENZMELDER	Löst wegen Totzeit nicht aus	windowSize erhöhen; während

		Totzeit Gewichte im Location-Graph herabsetzen
PRÄSENZMELDER	Löst anderweitig nicht aus	windowSize erhöhen; während Totzeit Gewichte im Location-Graph herabsetzen; Sensitivität erhöhen
BEWEGUNGSMELDER	Löst wegen Totzeit nicht aus	windowSize erhöhen; während Totzeit Gewichte im Location-Graph herabsetzen
BEWEGUNGSMELDER	Löst anderweitig nicht aus	windowSize erhöhen; während Totzeit Gewichte im Location-Graph herabsetzen; Sensitivität erhöhen
DURCHGANGSSENSOR	Löst nicht aus	windowSize erhöhen; Sensitivität erhöhen
ALLE	Lösen in falscher Reihenfolge aus, weil Sensorbereiche überlappen	windowSize erhöhen
ALLE	Lösen in falscher Reihenfolge aus, weil Senden des ersten Events verzögert ist	windowSize erhöhen

1.2.3.3.4.3 *Strecken*

1.2.3.3.4.3.1 Test 1: Getrennt durch einen Sensor

NR.

1A	225	5BA2_3	Flur	Flur_Vorne	5B9A_3	222
1B					Haustuer	Flur_Vorne Flur 5BA2_2 225

1.2.3.3.4.3.2 Test 2: Aneinander vorbeigehen

NR.

2A	225	5BA2_3	Flur	Flur_Vorne	5B9A_3	222
2B	222	5B9A_2	Flur_Vorne	Flur	5BA2_2	225

1.2.3.3.4.3.3 Test 3: Begegnung

NR.

1A	225			225		225
1B	222	5B9A_2	Flur_Vorne	Flur	5BA2_2	225

1.2.3.3.4.3.4 Test 4: Nicht getrennt

NR.

1A	225	5BA2_3	Flur	Flur_Vorne	5B9A_3	222		
1B				Haustuer	Flur_Vorne	Flur	5BA2_2	225

Zunächst werden Skripte geschrieben, die die vier Szenarien präzise zeitlich ablaufen lassen. Dabei bleibt etwas Interpretationsspielraum über die realistischen Ablaufzeiten. Dies ist insofern relevant, als dass Sensoren mit Totzeit (Bewegungs-/Präsenzmelder) erst nach 15 Sekunden wieder verfügbar sind. Es werden mehrere Durchläufe mit verschiedenen Ablaufgeschwindigkeiten durchgeführt.

1.2.3.3.4.4 *Evaluation*

1.2.3.3.4.4.1 Test 1: Getrennt durch einen Sensor

NR.

1A	225	5BA2_3	Flur	Flur_Vorne	5B9A_3	222			
1B					Haustuer	Flur_Vorne	Flur	5BA2_2	225

Der erste Test prüft das Verhalten des TrackingService bei räumlicher, aber nicht zeitlicher Überlappung von zwei Tracks. Da beide Teilnehmer über den Flur gehen, könnten beide Bewegungsmelder im Flur noch in ihrer Totzeit sein. In jedem Fall werden die Events korrekt beiden Teilnehmern zugeordnet.

1.2.3.3.4.4.2 Test 2: Aneinander vorbeigehen

NR.

2A	225	5BA2_3	Flur	Flur_Vorne	5B9A_3	222
2B	222	5B9A_2	Flur_Vorne	Flur	5BA2_2	225

In diesem Szenario überlappen sich die Tracks räumlich und zeitlich. Die Teilnehmer starten in getrennten Räumen, und tauschen Plätze. Dabei treffen sie sich im Flur. Die Totzeit der Bewegungsmelder spielt hier keine Rolle, da kein Teilnehmer 15 Sekunden für die Überquerung des Flures benötigt.

Wie zu erwarten vermutet der Tracker, dass beide Teilnehmer im Flur umgekehrt sind. Es findet keine Transition von Flur nach Flur_Vorne oder umgekehrt statt. Da die beiden Bewegungsmelder nach der Auslösung durch den jeweils ersten Teilnehmer „tot“ sind, liegt der Teilnehmer, der aus der jeweiligen Richtung kommt, näher am nächsten Event (die Durchgangssensoren) und assoziiert dieses mit diesem.

Sollte sich dieser Fehler als Problem darstellen, könnte der Tracker erweitert werden, indem eine „Beschleunigungs“-Variable hinzugefügt wird, die es wahrscheinlicher macht, dass eine Person nicht umkehrt. Dies birgt allerdings das Risiko, dass eine tatsächliche Umkehr nicht erkannt wird.

1.2.3.3.4.4.3 Test 3: Begegnung

NR.

1A	225			225		225
1B	222	5B9A_2	Flur_Vorne	Flur	5BA2_2	225

Dieses Szenario prüft, ob es nötig ist ein Sensorevent nicht nur einer, sondern mehreren Personen zuzuordnen. In diesem Fall nähert sich eine Person der anderen. Leider ist es häufig schwer festzustellen, wenn sich zwei Personen in einem Sensorbereich aufhalten, welche Person tatsächlich den Sensor ausgelöst hat; dieser Test soll zeigen, ob diese Entscheidung Relevanz für das LivingCare-System hat.

Es erscheint logisch, dass der Tracker das Event der Person zuordnet, die bereits vorher im Sensorbereich war. Dies hat allerdings zur Folge, dass ein Track im Türeingang endet. Da der Türeingang im LocationGraph unmittelbar neben dem ausgelösten Sensor ist, sollte dieser Fehler für Safety- und SecurityAgenten nicht kritisch sein.

Durch die Einführung der oben genannten Beschleunigungsvariablen könnte sich die Assoziation umkehren.

1.2.3.3.4.4.4 Test 4: Nicht getrennt

NR.

1A	225	5BA2_3	Flur	Flur_Vorne		5B9A_3	222		
1B					Haustuer	Flur_Vorne	Flur	5BA2_2	225

Das letzte Szenario zeigt zwei Tracks, die nahe aneinander vorbei verlaufen. Der Ablauf ist hier der gleiche wie in Test 1, mit dem Unterschied, dass in Test 1 die erste Person bereits den Flur verlassen hat, wenn Person 2 die Tür öffnet. So aber nimmt der TrackingService zunächst an, dass die Person zur Haustür, und nicht, wie anschließend zu sehen ist, in Raum 222 geht.

So wird die Öffnung der Tür der bereits im Flur anwesenden Person zugeordnet. In dem Moment, wo die Person Raum 222 betritt, und die Tür schließt, ist dann aber die zweite Person auch im Tracker zu sehen und wird korrekt den Flur entlang getrackt. Es wird also lediglich das Tür-Event der falschen Person zugeordnet. Betritt die erste Person Raum 222 erst nach dem zweiten Tür-Event, werden ihr beide Events zugeordnet. Die zweite Person wird dann erst im Flur wahrgenommen.

Hier spielt auch die Totzeit der Bewegungsmelder im Flur wieder eine Rolle. Dank der Beachtung der ON- und OFF-Events der Geräte hat diese aber keinen Einfluss auf die Korrektheit des TrackingService.

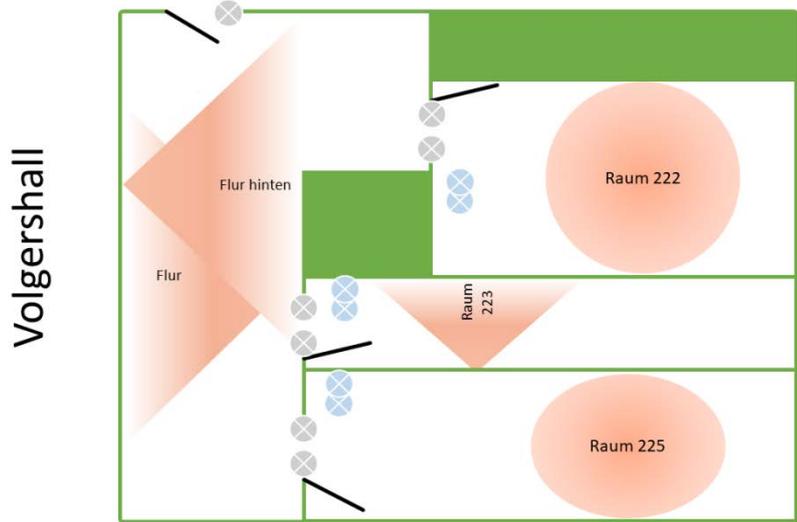


Abbildung 19: Grundriss der Räumlichkeiten mit Sensoren.

1.2.3.3.5 Mehrpersonen-Szenarien – Experiment II

Im zweiten Experiment schreiten zwei Teilnehmer die Gehstrecken aus Experiment I auf natürliche Weise ab.

1.2.3.3.5.1 *Evaluation*

1.2.3.3.5.2 *Test 1: Getrennt durch einen Sensor*

NR.

1A	225	5BA2_3	Flur	Flur_Vorne	5B9A_3	222		
1B				Haustuer	Flur_Vorne	Flur	5BA2_2	225

Beide Teilnehmer wurden korrekt getrackt. Siehe Experiment I.

1.2.3.3.5.3 *Test 2: Aneinander vorbeigehen*

NR.

2A	225	5BA2_3	Flur	Flur_Vorne	5B9A_3	222
2B	222	5B9A_2	Flur_Vorne	Flur	5BA2_2	225

Wie in Experiment I vermutet der TrackingService, dass die Teilnehmer im Flur umgedreht sind.

1.2.3.3.5.4 Test 3: Begegnung

NR.

1A	225		225		225
1B	222	5B9A_2	Flur_Vorne	Flur	5BA2_2 225

Wie in Experiment I wird das letzte Event in 225 dem bereits dort anwesenden Teilnehmer zugeordnet.

1.2.3.3.6 Schlussfolgerungen

Insgesamt funktioniert der TrackingService im Ein-Personen-Szenario besser als erwartet. Im Gegensatz zu Türkontakten und weiteren Präsenzmeldern liefern die Durchgangssensoren sehr genaue, verlässliche Daten, wenn ihre Empfindlichkeit korrekt eingestellt ist.

Das gelegentliche Nicht-Auslösen einzelner Sensoren (allesamt durch die Totzeit verursacht) kann durch eine $windowSize > 1$ in vielen Fällen abgefedert werden. Da im Feldtest für gewöhnlich jeder Raum nur einen Bewegungs- bzw. Präsenzmelder enthält, dürfte der Fehler dort auch noch geringer ausfallen. Dies ist in Experiment II bestätigt worden.

Es hat sich aber auch gezeigt, dass eine $windowSize$ von 2 das Tracking mehrerer Personen erschwert. In zwei Fällen wurde das Experiment durch Bewegung anderer Personen auf dem Flur beeinflusst. In beiden Fällen wurden die Pfade nicht korrekt erkannt. Das Herabsetzen der $windowSize$ scheint angesichts der langen Totzeit der Präsenzmelder nicht empfehlenswert. Möglich wäre es, die Gewichte der Verbindungen zwischen zwei Sensoren im Graphen abhängig vom Typ des Sensors zu machen. So hätte ein Durchgangssensor aufgrund seiner Zuverlässigkeit ein- und ausgehende Kanten mit Gewicht 1,5, Präsenz- und Bewegungsmelder mit Gewicht 1. So wird den Meldungen von Durchgangssensoren mehr „Wichtigkeit“ gegeben. Das hätte aber den unerwünschten Nebeneffekt, dass bei Auslösen in falscher Reihenfolge, wie z.B. Flur_hinten \rightarrow Durchgang_222, definitiv ein zweiter Track entstehen würde.

Eine geringere Totzeit führt insgesamt wenig überraschend zu einer besseren Performance. Deutlich geworden ist, dass bei einer geringeren Totzeit aber auch stärker darauf geachtet werden muss, dass sich Sensorbereiche nicht überlappen.

Im Mehrpersonen-Szenario hat sich der TrackingService im Falle des geskripteten Ablaufs des Experiments so verhalten, wie erwartet war. In beiden Fällen (Test 2 und 4) bei denen sich Bewegungen zeitlich *und* räumlich schneiden sind die Teilnehmer nicht mehr zu tracken. Die Einführung einer Beschleunigungsvariablen könnte den in Test 2 beschriebenen Fehler reduzieren, aber nicht austilgen.

Um die hier identifizierten Fehler zu eliminieren wurde im Anschluss an den Test ein sogenannter „deterministischer Trackingmodus“ implementiert, der die Aufzeichnung von Tracks stoppt sobald sich mehr als ein möglicher Kandidat für ein Sensorevent in der Nähe befindet. Dies hat zur Konsequenz, dass Tracks zwischendurch „durchgeschnitten“ werden. So gehen zwar Teile der Trackingdaten verloren, es werden aber keine selbst erzeugten Fehler in das System eingeführt.

1.2.3.4 Zustands- und Verhaltensmodellierung

Die zentrale Softwarekomponente zur Erhebung des Verhaltens in einer Wohnung mit Hilfe des LivingCare-Systems ist das sog. *BehaviorModel*. Dieses aggregiert sämtliche Aktivitäten in der Wohnung und stellt daraus den selbstlernenden Agenten sowie dem Entwickler Informationen über das Normalverhalten der Bewohner zur Verfügung. Dieser Abschnitt beschreibt, wie das Modell aufgebaut ist und wie es verwendet werden kann.

1.2.3.4.1 Funktionsumfang

- Das *BehaviorModel* verbindet sich mit dem *TrackingService* (*RS_RC_TrackingService*) und der Datenbank, in der vergangene Tracks vom *TrackingService* abgespeichert werden
- Die Aktivitätsdaten werden zu einem Verhaltensmodell verarbeitet, das Schaltaktionen, Gehwege und Aufenthaltszeiten speichert
- Das *BehaviorModel* bietet Schnittstellen zum Abruf von Statistiken zu
 - Schaltaktionen, abhängig vom Aufenthaltsort einer Person
 - Bewegungsabläufen, z.B. Häufigkeiten und Wahrscheinlichkeiten
 - Aufenthaltszeiten und –wahrscheinlichkeiten
 - Zeiten und Längen von Zuständen von zustandsbehafteten Geräten

1.2.3.4.2 Struktur des BehaviorModel

Das Modell besteht aus sechs Komponenten:

1. Eine *Markovkette*, die Bewegungsmuster beschreibt.
2. Ein *Markov Decision Process*-Objekt das Schaltverhalten in Abhängigkeit von Bewegungsmustern beschreibt.
3. Das *OccupancyTimesModel* beschreibt, an welchen Wochentagen und zu welchen Uhrzeiten sich eine Person an einem Ort befindet.
4. Das *OccupancyDurationModel* beschreibt wie lange eine Person sich an einem Ort aufhält.
5. Das *StateTimesModel* beschreibt, an welchen Wochentagen und zu welchen Uhrzeiten ein Gerät wie häufig (relativ) einen Zustand einnimmt

6. Das StateDurationModel beschreibt wie lange ein Gerät einen Zustand annimmt.

1.2.3.4.2.1 *Markovkette*

- Beschreibt, mit welcher Wahrscheinlichkeit sich eine Person von einem (gewählten) Ort zu allen möglichen nächsten Orten bewegt, bzw. mit welcher Wahrscheinlichkeit die Bewegung dort endet.
- Die nächsten Orte müssen nicht notwendigerweise nur die sein, mit denen der Ort im LocationGraph direkt verbunden ist (vgl. Haustuer_1_State unten). Welche Orte aufeinanderfolgen hängt von der Konfiguration des *TrackingService* ab.

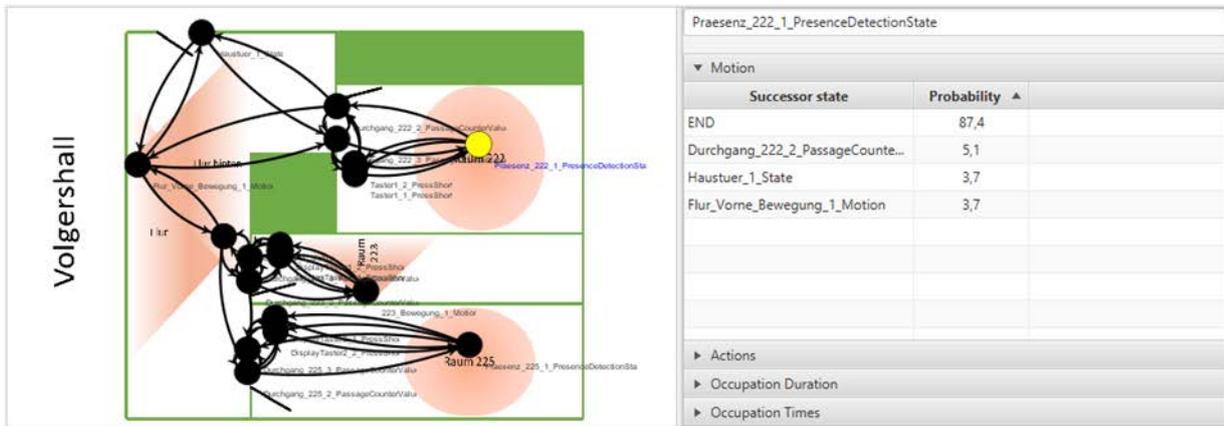


Abbildung 20: ToDo

1.2.3.4.2.2 *Markov Decision Process*

- Beschreibt, welche Schaltvorgänge mit welcher Wahrscheinlichkeit an welchem Ort ausgeführt werden.
- Schaltvorgänge sind beliebig viele Gerät-Wert-Paare. D.h., die Aktion kann mehrere Geräte oder Schaltaktionen enthalten.
- „<empty> = <empty>“ heißt, keine Aktion wird ausgeführt.

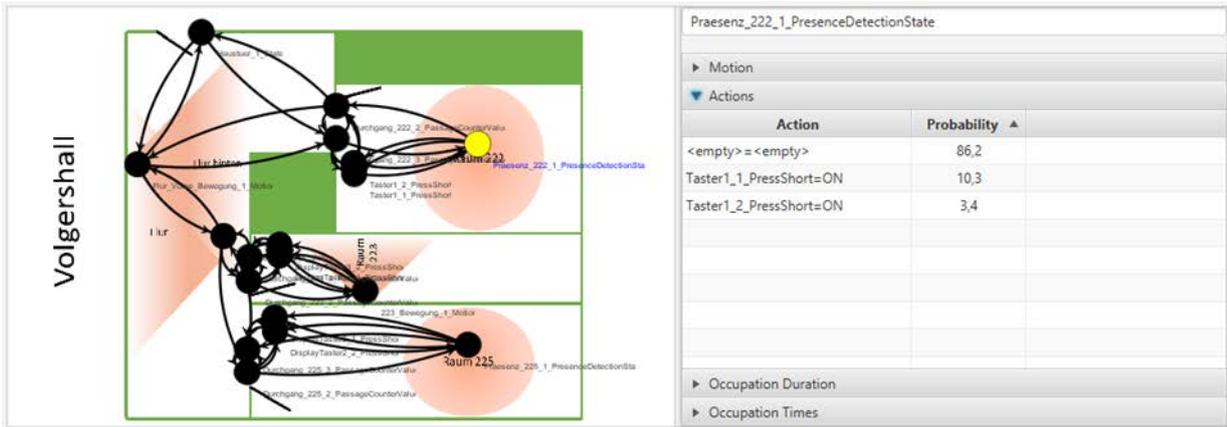


Abbildung 21: ToDo

1.2.3.4.2.3 OccupationTimesModel

- Beschreibt, mit welcher Wahrscheinlichkeit sich ein Bewohner zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem Ort aufhält.
- Zeitpunkte sind definiert als Wochentag und Uhrzeit in 15min-Intervallen.

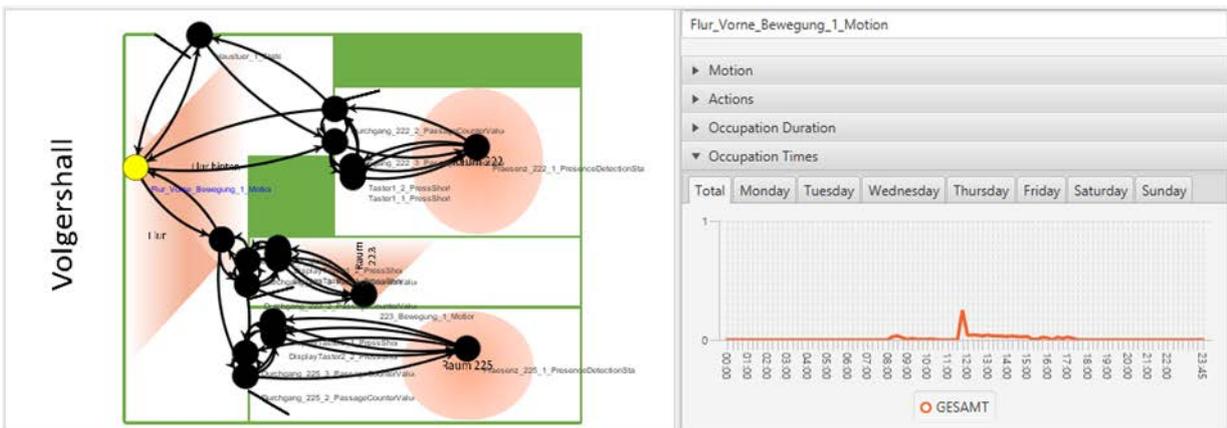


Abbildung 22: ToDo

1.2.3.4.2.4 OccupationDurationModel

- Beschreibt, wie lange sich eine Person an einem Ort aufhält.
- Die Visualisierung zeigt Mindestdauer, Mittelwert, Median, Maximum, sowie erstes und drittes Quartil. Die REST-Schnittstelle bietet weitere Werte, z.B. beliebige Quantile.

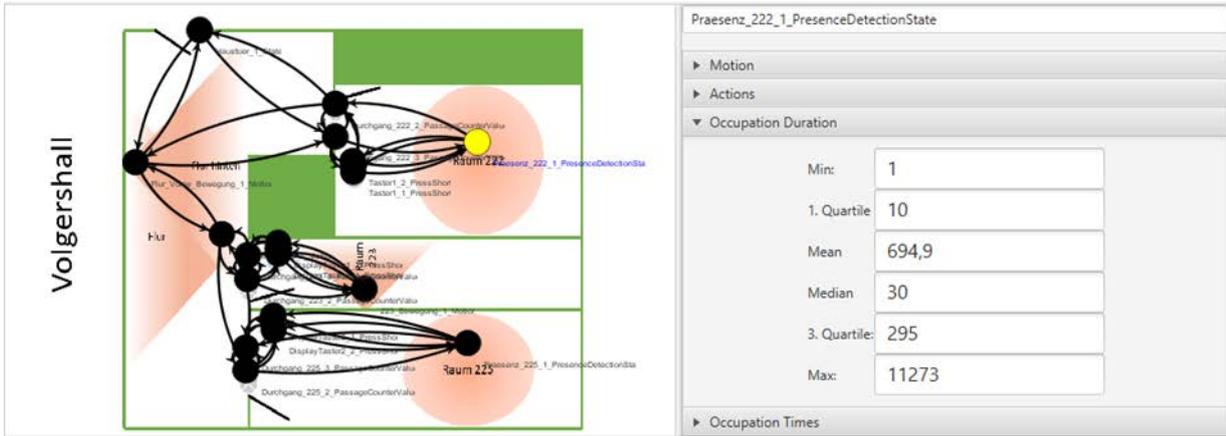


Abbildung 23: ToDo

1.2.3.4.2.5 StateTimesModel

- Beschreibt, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein Gerät zu einem bestimmten Zeitpunkt welchen Zustand einnimmt (z.B. offen/geschlossen).
- Zeitpunkte sind definiert als Wochentag und Uhrzeit in 15min-Intervallen.

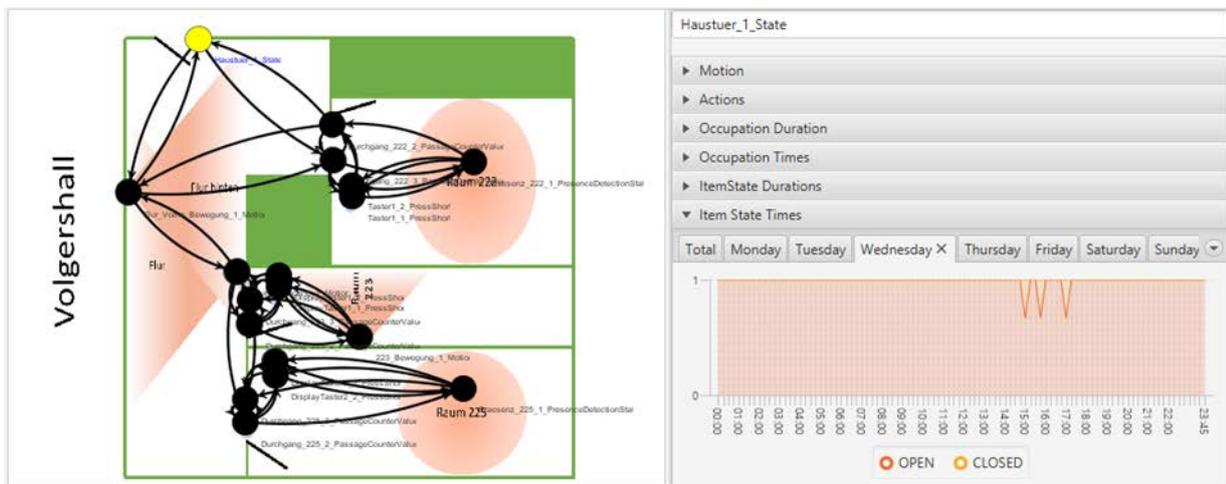


Abbildung 24: ToDo

1.2.3.4.2.6 StateDurationModel

- Beschreibt, wie lange ein Gerät seine verschiedenen Zustände einnimmt.
- Die Visualisierung zeigt Mindestdauer, Mittelwert, Median, Maximum, sowie erstes und drittes Quartil. Die REST-Schnittstelle bietet weitere Werte, z.B. beliebige Quantile.

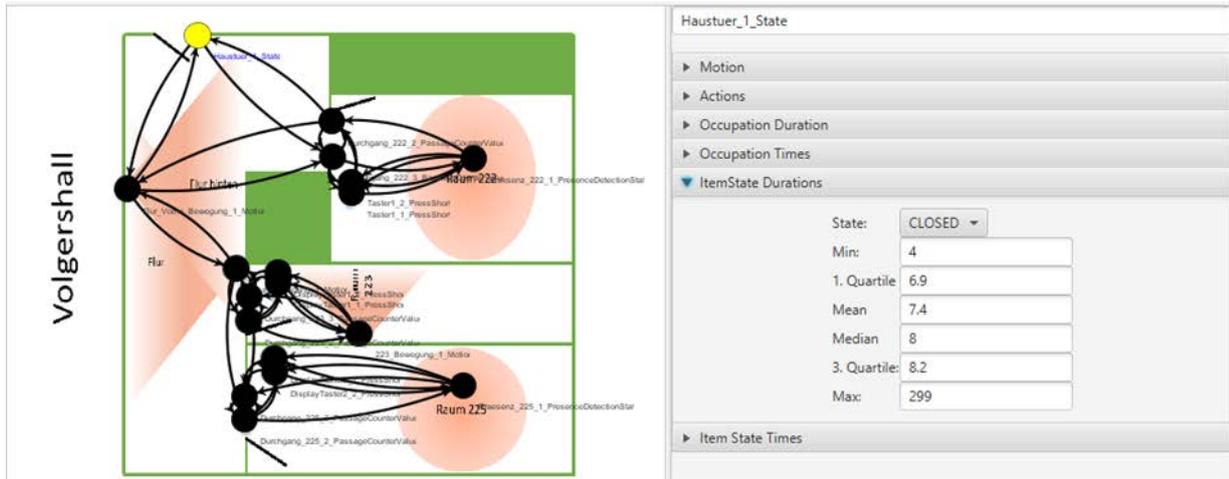


Abbildung 25: ToDo

1.2.3.4.3 Benutzung des BehaviorModel

1.2.3.4.3.1 Starten des BehaviorModel

1. RS_RC_SensorService starten
2. RS_RC_TrackingService starten
3. Sollen vergangene Tracks aus einer Datenbank ausgelesen werden: Sicherstellen, dass die Datenbank erreichbar ist
4. RS_RC_BehaviorModel starten
5. Ggf. via RC_BehaviorModel_Control Parameter der Datenbankanbindung verändern
6. Via RC_BehaviorModel_Viz Modellwerte einsehen
7. Via RC_BehaviorModel_TrackData_Viz Roh-Trackdaten einsehen

Mit Hilfe der „BehaviorModelViz“ lässt sich das Modell wie in den oben gezeigten Screenshots visualisieren. Der „Modell-Raum“ wird in Form eines Graphen mit Aufenthaltsorten sowie Aktoren dargestellt. Wählt man einen Ort durch Anklicken aus, werden die Modellwerte links in Tabellen und Diagrammen angezeigt. Via Drag-and-Drop einer Bilddatei kann der Hintergrund des Graphen geändert werden (sinnvoll für z.B. Grundrisse)

1.2.3.4.3.2 Abfragen des BehaviorModel

Das BehaviorModel stellt diverse REST-Ressourcen zur Abfrage von Werten bereit, z.B.:

- ModelService: /model
 - Liste aller Tracks: /tracks (GET)
 - Anzahl Besuche eines Ortes: /visits (GET)
 - Parameter: state – String-Identifizier des Markov-States
 - Liste von möglichen Aktionen und ihren Wahrscheinlichkeiten, abhängig vom Ort: /actions (GET)

- Parameter: state – String-Identifizier des Markov-States
- Liste von möglichen nächsten Aufenthaltsorten und ihren Wahrscheinlichkeiten, abhängig vom Ort: /nextstates (GET)
 - Parameter: state – String-Identifizier des Markov-States
- Wahrscheinlichkeit des Übergangs von Ort zu Ort: /transition (GET)
 - Parameter: state1, state2 – String-Identifizier der Markov-States
- Minimale Aufenthaltszeit an einem Ort: /min (GET)
 - Parameter: state – String-Identifizier des Markov-States
- Maximale Aufenthaltszeit an einem Ort: /max (GET)
 - Parameter: state – String-Identifizier des Markov-States
- Mittlere Aufenthaltszeit an einem Ort: /mean (GET)
 - Parameter: state – String-Identifizier des Markov-States
- Liste aller möglichen Orte: /states (GET)
- Liste aller möglichen Zustände eines gerätes: /itemstates (GET)
 - Parameter: item – String-Identifizier des Gerätes
- Liste von Häufigkeiten eines Zustands eines Gerätes, abhängig von Wochentag und Uhrzeit: /itemstatetimes (GET)
 - Parameter: item – String-Identifizier des Gerätes, state – Zustand des Gerätes

1.2.3.5 Bewertung der Reinforcement-Learning-Algorithmen

In diesem Abschnitt soll nun eine Bewertung der implementierten und genutzten Algorithmen auf Basis der Szenarien stattfinden. Darüber hinaus wurde der Quellcode des ursprünglichen Softwaremoduls an die identifizierten Bedürfnisse angepasst und erweitert. Diese Änderungen werden ebenfalls erläutert.

1.2.3.5.1 Evaluation

Die Reinforcement-Learning-Algorithmen wurden im Laufe des Projekts für drei unterscheidbare Anwendungsfälle genutzt:

1. Modellierung von numerischen, aber diskreten Daten, z.B. einer diskreten Heizkurve („Zeittabelle“),
2. Lernen von diskreten Aktionen, z.B. Lichtschaltungen und Benachrichtigungen über offenstehende Fenster,
3. Implementierung eines Agenten mit kontinuierlichen Variablen im Zustands-/Aktionsraum.

Jeder Anwendungsfall stellt eine Iteration des autonom lernenden Systems dar, welches zunächst direkt mit Data-Mining-Methoden modelliert wurde, und schließlich mit Reinforcement-Learning und Funktionsapproximation gelernt hat. Der Verlauf der Entwicklung des Systems soll hier anhand dieser Anwendungsfälle dargestellt werden.

1.2.3.5.1.1 Anwendungsfall 1

Anwendungsfall 1 beinhaltet das Lernen einer diskreten Aktion (Solltemperatur in 0,5°C-Schritten) in einem diskreten Zustandsraum (Wochentag + Tageszeit in 10-min-Intervallen), wobei alle Zustände auf einer linearen, vorhersagbaren (Zeit-)Achse liegen.

Die erste Demonstration dieses Anwendungsfalls wurde beim Projekttreffen im Mai 2016 in Form einer Live-Demo gezeigt, in dem aus historischen Daten eine Heizkurve gelernt wird. Aufgrund der Parameterwahl und der Modellierung des Zustandsraums dauerte das Training im Hinblick auf die zu lernende Kurve unverhältnismäßig lang. Dank intensiver Tests mit unterschiedlichen Algorithmen, Strategien („Policies“) und Parameterwerten konnte die Lernzeit drastisch reduziert werden. Der Zusammenhang naheinanderliegender Zeitfenster für die Bestimmung der Heizkurve wurde wegen der diskreten Modellierung der Zustände nicht genutzt. Dies war uns zu diesem Zeitpunkt technisch auch noch nicht möglich.

1.2.3.5.1.2 Anwendungsfall 2

Anwendungsfall 2 enthält ebenfalls diskrete Zustände (Bewegungen in der Wohnung) und Aktionen (Licht an-/ausschalten), wobei die Zustandsübergänge nur mit Hilfe historischer Daten und einer Markov-Kette (Verhaltensmodell) schätzbar sind.

1.2.3.5.1.2.1 Diskretisierung des Zustandsraums

Das Verfahren findet im Lichtagenten Verwendung. Da der Lichtagent die zu einer aktuellen Situation vorherrschende Helligkeit in einem Raum mit in die Entscheidungsfindung einbeziehen soll, die Helligkeit aber viele verschiedene Werte annehmen kann (0-255 bei Bewegungsmeldern, > 1000 bei Präsenzmeldern) und damit (a) nicht für jeden Wert einzeln gelernt werden muss und (b) die Menge an Werten der diskreten Speicherung jedes einzelnen möglichen Zustands und aller Aktionen mit Bewertung die Grenzen des Systems überschreiten könnte, wurde zur Verringerung des Zustandsraumes eine vereinfachte Modellierung der Helligkeitsvariablen gesucht. In mehreren Durchgängen wurden die Division durch 10, Division durch 50 sowie das Ziehen der Quadratwurzel des Helligkeitswertes als mögliche Repräsentation des Zustandsraumes evaluiert.

Abhängig davon, ob in der Wohnung primär Bewegungs- oder Präsenzmelder verbaut sind, macht eine Division mit 10 oder 50 Sinn. Damit wird der Zustandsraum auf ca. ein Zehntel reduziert. Da der Lichtagent aber, basierend auf Beobachtungen aus dem Feldtest, häufiger im niedrigen Helligkeitsbereich schalten und unterscheiden muss als im hohen, haben wir anschließend die gerundete Quadratwurzel des Wertes als Repräsentation gewählt. Das verringert den Zustandsraum auf ein Dreißigstel, mit höherer Auflösung im niedrigen Helligkeitsbereich.

Mit diesem Verfahren ließen sich bessere Ergebnisse und eine bessere Performance beobachten. Nachteil des Verfahrens ist, dass (a) der Agent weiterhin die Helligkeitsbereiche als unabhängig interpretiert

und keine Schlüsse von der Distanz zwischen den Helligkeitswerten auf sinnvolle Aktionen zieht und (b) der Raum der Helligkeitswerte womöglich an Stellen separiert wird, die die gleichen Aktionen benötigen. In anderen Worten, dieses Vorgehen trennt den Zustandsraum künstlich und ohne logische Basis auf.

1.2.3.5.1.2.2 Finden von Parametern

Im Gegensatz zum ersten Anwendungsfall verlaufen Zustände nicht linear auf einer (Zeit-)Achse, sondern unterschiedlich je nach Nutzerverhalten. Mit Hilfe des BehaviorModel können die Wahrscheinlichkeiten der Bewegungen und Aktionen vorhergesagt werden, dies aber immer nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit. Dies hat einen signifikanten Einfluss auf die Parameterwahl: die meisten RL-Algorithmen lernen den Wert einer Aktion nicht nur im Kontext der aktuellen Situation, sondern auch den Situationen *davor*. Wie weit ein Algorithmus bei der Bewertung einer Aktion „in die Vergangenheit blickt“, hängt von der Wahl des Algorithmus und in vielen Fällen vom Parameter *Lambda* ab.

Bei einer Heizkurve sind im Verhalten keine großen Sprünge zu erwarten, weshalb ein hoher Lambda-Wert keinen negativen Einfluss auf das Lernen hat. Beim Lichtagenten hingegen *sollte* die Wahl der vorherigen Aktion keinen Einfluss auf die Wahl der nächsten Aktion haben, da diese stets anders sein könnten. Deshalb wurde für den Lichtagenten der Wert von Lambda auf 0 gesenkt, d.h. die Bewertung der vorletzten Aktion wird nicht von der letzten Aktion beeinflusst.

1.2.3.5.1.3 Anwendungsfall 3

Anwendungsfall 3 ist eine Erweiterung der ersten beiden Agenten um kontinuierliche Variablen im Zustands- und Aktionsraum. Dies hat den Vorteil, dass Variablen wie die Helligkeit oder Dauer des Aufenthalts nicht künstlich aufgeteilt werden müssen **und** von bekannten Zuständen und ihren Aktionen auf *unbekannte* geschlossen werden kann. Da dies eine erhebliche Verbesserung des Gesamtsystems bedeutet, soll auf diese Erweiterung hier genauer eingegangen werden.

1.2.3.5.1.3.1 Funktionsapproximation mit Neuronalen Netzen

Bevor Arbeitspaket 2.3 begann, wurde versucht mit Hilfe eines Neuronalen Netzes eine Heizkurve **direkt** abzubilden. Darauf aufbauend haben wir einen Agenten entwickelt, der den Reward im Heizprozess approximiert und uns so *indirekt* die ideale Solltemperatur in jedem Zustand sagen kann, dabei aber nicht jede Aktion und jeden Zustand erst gesehen und getestet haben muss. Die Daten bestehend aus den Spalten

- time – ein Zeit-Index, der die Tageszeit in 10-Minuten-Intervallen beschreibt
- targetTemp – die tatsächlich gewünschte Solltemperatur für jedes Zeitintervall

Die möglichen Aktionen sind Temperaturen zwischen 4 und 30 Grad, in 0,5 Grad-Schritten. Der Reward berechnet sich aus der Differenz zwischen der Aktion und der zum jeweiligen Zeitpunkt gewünschten Solltemperatur und ist unten dargestellt.

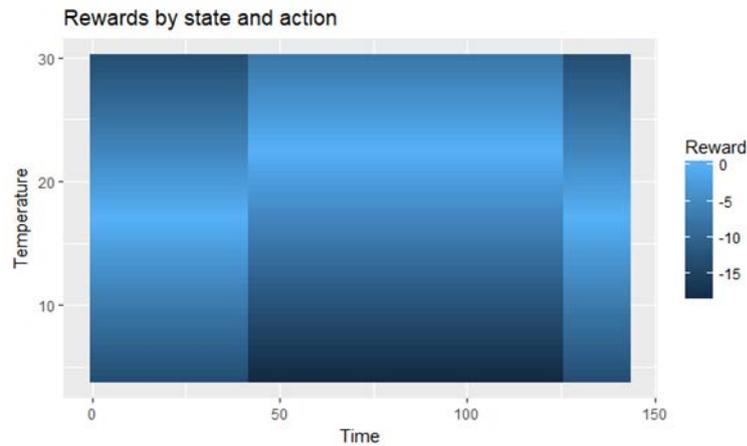


Abbildung 26: Ziel-/Reward-Funktion

Die Daten müssen vor der Nutzung skaliert und anschließend zurückskaliert werden. Plottet man die Werte der Wertefunktion nach Tageszeit und Solltemperatur, ergibt sich folgendes Bild:

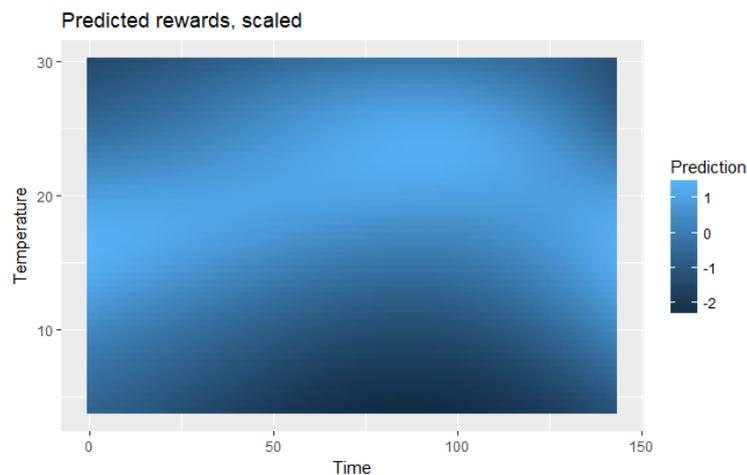


Abbildung 27: Wertfunktionsapproximation laut neuralnet

Verhält man sich im Sinne einer GreedyPolicy, wählt also stets die Aktion, die den höchsten Wert besitzt, ergibt sich folgende Heizkurve:

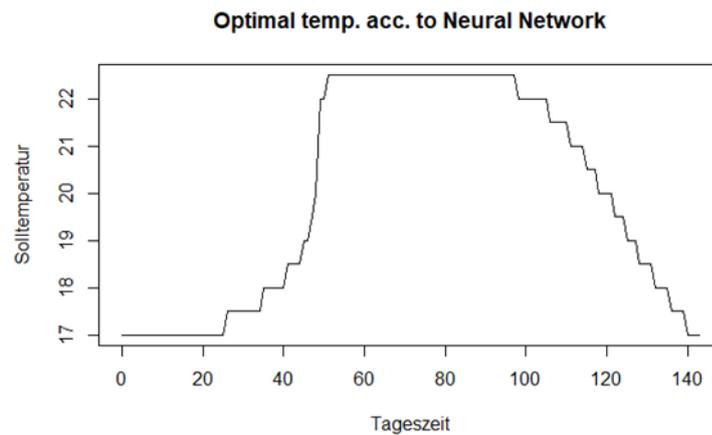


Abbildung 28: Heizkurve laut neuralnet

Wie man sieht, ist die Form der ursprünglichen Heizkurve wiederzuerkennen, es sind aber auch deutliche Abweichungen sichtbar.

Auch Änderungen an den `threshold`, `hidden` und `learningRate`-Parametern brachte keine Besserung. Auffällig war auch die Dauer des Trainings, das selten in unter 20 Sekunden abgeschlossen war und häufig mehrere Minuten in Anspruch nahm. In den meisten Fällen konvergierte das Training nicht einmal, sodass gar keine Prädiktion möglich war.

1.2.3.5.1.3.2 Funktionsapproximation mit Regressionsbäumen

Da die Lerndauer und Komplexität des erlernten Neuronales Netzes die gefühlte erforderliche Zeit und Komplexität übersteigt, soll hier nun testweise das gleiche Szenario mit Hilfe eines Regressionsbaums gelöst werden. Dafür werden im obenstehenden Code lediglich die `neuralnet`-spezifischen Zeilen durch Aufrufe der `rpart`-Funktion ersetzt.

Es sind ein paar Anpassungen der `rpart`-Parameter nötig um die nötige Präzision in der Vorhersage zu erhalten, dies ist aber leicht möglich und hat kaum negativen Einfluss auf die Dauer des Trainings:

- `minsplit = 5` bewirkt, dass ein Blatt schon bei 5 Instanzen aufgetrennt werden kann. Standardmäßig liegt dieser Wert bei 20, was für diesen Anwendungsfall zu hoch ist.
- `cp = 0.001` setzt den „Komplexitätsparameter“ von 0.01 auf 0.001. Das bedeutet, dass die Vorhersageverbesserung, die eine Auftrennung eines Blattes bewirkt, nicht so hoch sein muss. Der Baum wird also größer und genauer.

Wie man an der folgenden Abbildung erkennen kann, hat der Regressionsbaum weniger Mühe, die Heizkurve nachzubilden. Die Dauer des Trainings betrug nur wenige zehntel Sekunden. Setzt man den Komplexitätsparameter noch weiter herunter, lassen sich noch präzisere Approximationen erstellen.

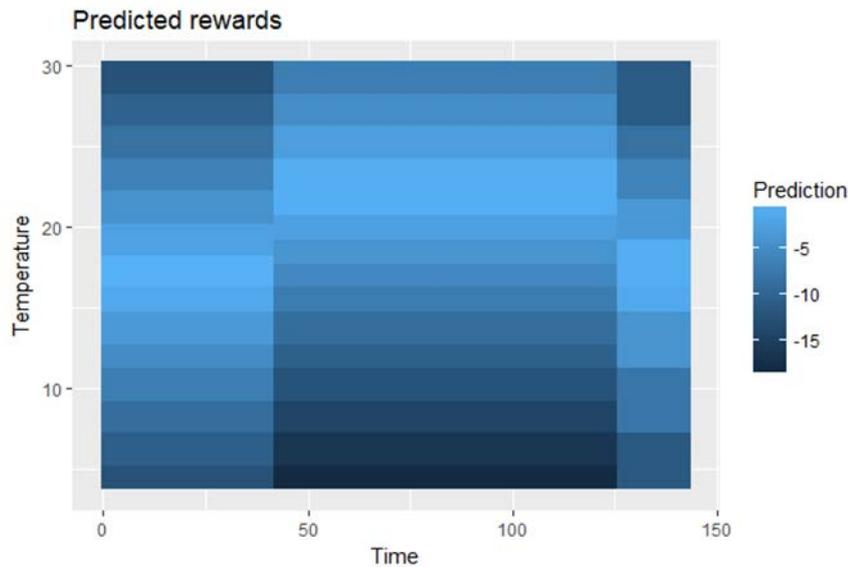


Abbildung 29: Approximation der Wertefunktion des Heizproblems durch einen Regressionsbaum

Verhält man sich im Sinne einer GreedyPolicy, wählt also stets die Aktion, die den höchsten Wert besitzt, ergibt sich folgende Heizkurve. Die Policy liegt nachts 0.5 Grad unter der tatsächlichen Solltemperatur; das Ergebnis ist aber deutlich näher an den Trainingsdaten als die Prädiktion durch das Neuronale Netz.

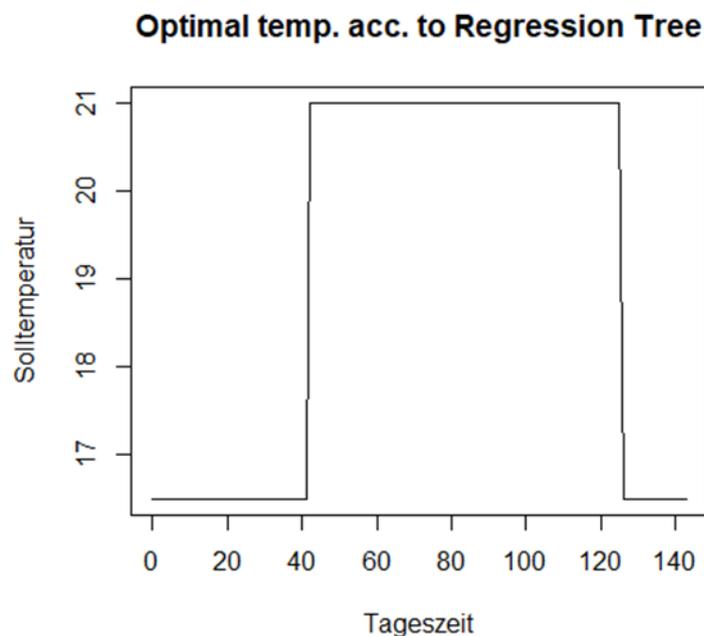


Abbildung 30: Die optimale Aktion (Solltemperatur) pro Tageszeiteinheit (10min-Intervall) laut Regressionsbaum

1.2.3.5.1.3.3 Fallbeispiel 2: Komplexere Heizkurve

Zwar sollen in den anderen LivingCare-Szenarien komplexere Funktionen approximiert werden, doch die komplexeste Heizkurve, die zu erwarten ist, sieht etwa so aus:

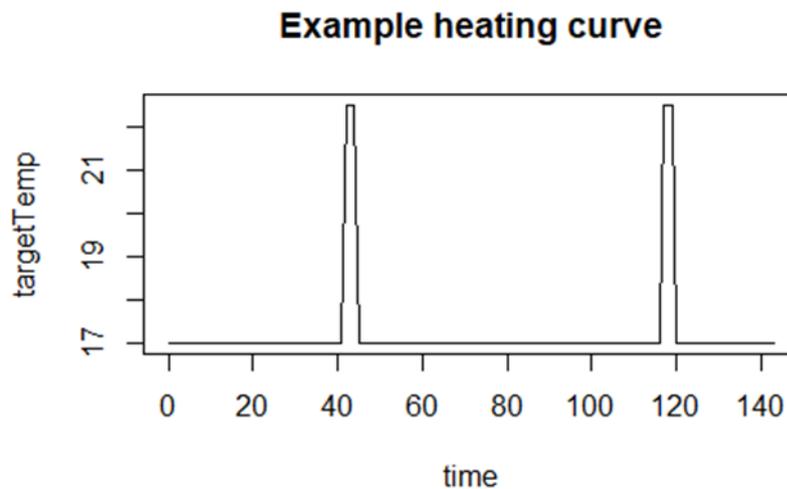


Abbildung 31: Komplexere Heizkurve, wie sie häufig in Badezimmern zu finden ist

Um eine saubere Approximierung dieser Kurve mit einem Regressionsbaum zu erreichen, müssen die Parameter des Aufrufs angepasst werden, da die Heizperioden nur sehr kurz sind. Ohne Anpassung der Parameter wäre das Ergebnis eine Gerade bei 17°C. So lässt sich auch die komplexere Heizkurve präzise approximieren:

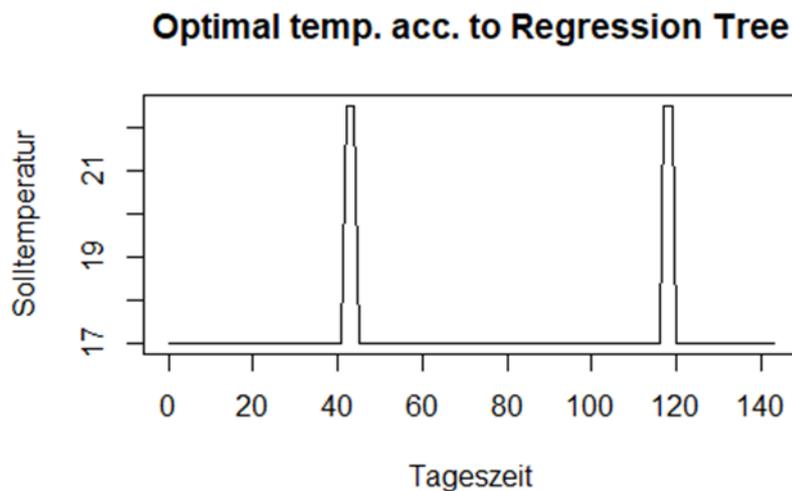


Abbildung 32: Solltemperatur nach RPART unter Greedy Policy

1.2.3.5.2 Inkrementelles Update eines Regressionsbaums mit rpart

Das `rpart`-Paket bietet keine Update-Methode, mit der ein bestehendes Modell mit neuen Daten aktualisiert werden könnte, was bei Reinforcement-Learning-Problemen notwendig ist. Allerdings bietet die Lernfunktion („`rpart`“) die Möglichkeit, die Lerndaten zu speichern (Parameter: `x = TRUE`, `y = TRUE`). Haben wir dann neue Daten, können wir diese Datensätze kombinieren und ein neues Modell

trainieren. Die `tree`-Variable ist der vorher trainierte Regressionsbaum. Dieser könnte z.B. mittels `saveRDS` als R-Objekt gespeichert und geladen werden.

Dieser zweite Trainingsdatensatz besteht nun zu 50% aus den Trainingsdaten oben (siehe „Fallbeispiel 2“), und aus neuen Daten, in denen beide Heizperioden länger, früher und wärmer sind und die Absenkttemperatur auf 18 Grad erhöht wurde. Die GreedyPolicy auf dem resultierenden Regressionsbaum sieht so aus:

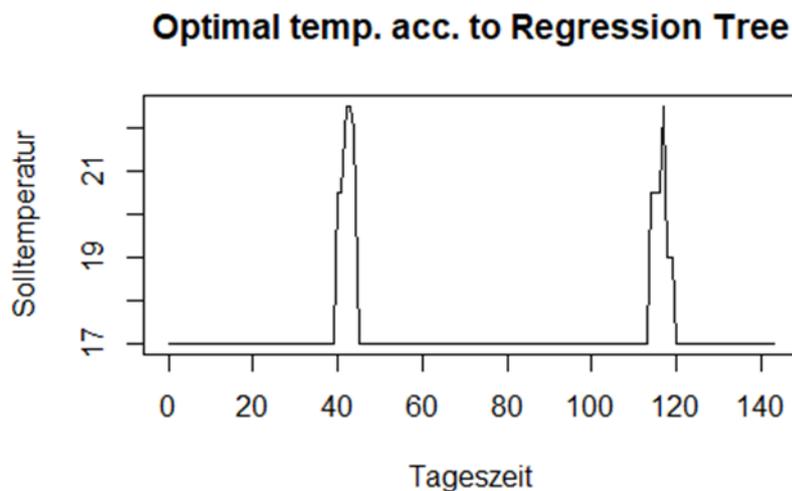


Abbildung 33: Aktualisierte Policy aus einer Mischung von ursprünglichen und längeren, wärmeren Heizperioden

Wie wir sehen, sind die Heizperioden nicht wärmer, aber länger geworden.

Um zu prüfen, ob die Policy sich den „neueren“ Daten weiter annähert, je häufiger ein neues Verhalten beobachtet wird, vervielfachen wir die neuen Daten und trainieren wieder einen Regressionsbaum mit einer Mischung aus alten und neuen Daten.

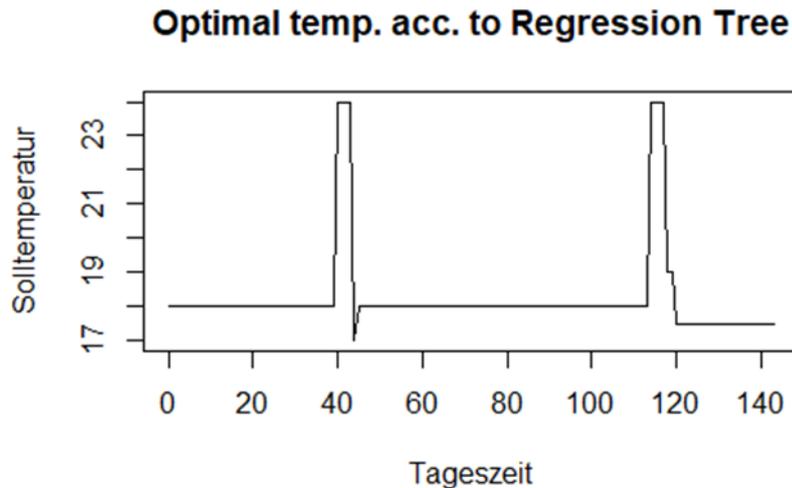


Abbildung 34: Zweites Update des Regressionsbaums

Die resultierende Policy entspricht den neueren Trainingsdaten fast exakt. Drei kleine Unterschiede sind erkennbar:

1. Die Temperatur sinkt nach der ersten Heizperiode für eine Zeiteinheit auf 17 Grad.
2. Die Temperatur in beiden Heizperioden ist noch nicht *durchgehend* bei dem Wert der neuen Daten (24 Grad).
3. Die Absenkttemperatur nach der zweiten Heizperiode sinkt auf den Mittelwert der alten und neuen Daten ab (17,5°C), während die restlichen Absenkperioden schon bei dem Wert der neuen Daten stehen (18°C).

Da davon auszugehen ist, dass ein „schnelleres“ Lernverhalten vom System erwartet wird (z.B. das Erkennen von geänderten Heizgewohnheiten nachdem zwei oder drei Tage anders geheizt wurde als vorher, unabhängig davon wie lange vorher anderes geheizt wurde), ist dieses Ergebnis nicht zufriedenstellend.

1.2.3.5.3 Gewichtung neuer und alter Trainingsdaten

Rpart bietet die Möglichkeit, Trainingsinstanzen zu gewichten. So können wir den älteren Trainingsdaten ein geringeres Gewicht beimessen als den neuen, und so den Adaptionprozess beschleunigen. Dafür erstellen wir einen Gewichtsvektor, der den neuen Trainingsdaten ein Gewicht von 1 gibt, und den alten Trainingsdaten ein Gewicht von 0,1. Diese Werte sind natürlich variabel. Das Ergebnis ist eine Heizkurve, die den neuen Trainingsdaten entspricht:

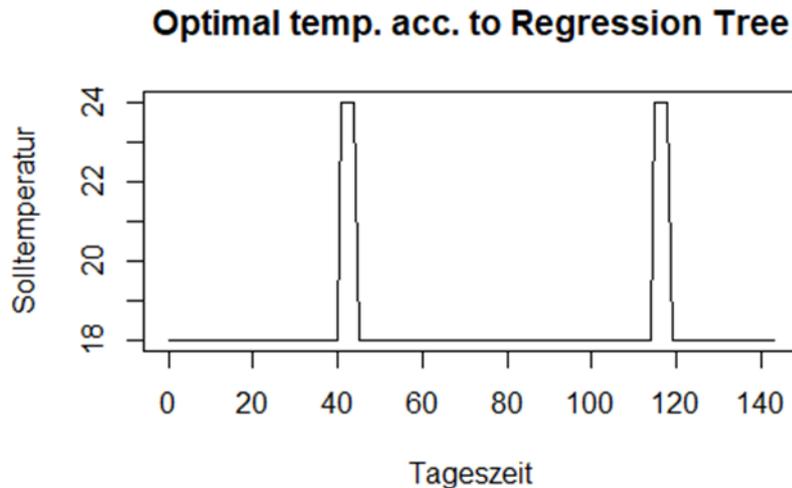


Abbildung 35: Greedy-Verhalten nach Update mit gewichteten Instanzen

Die Data-Mining-Blöcke liefern die Daten im JSON-Format aus. Im LivingCare-Softwarearchiv werden Methoden zur Konvertierung von und nach JSON zur Verfügung gestellt.

Wo vorher der `QTable` verwendet wurde, steht nun ein generische `StateActionValueProvider`. Beispielhaft wurden `StateActionValueProvider` mit *CART* und *RandomForest* implementiert; weitere Implementierungen erfordern wenig Mehraufwand. Um in einem bestehenden Agenten den `QTable` gegen einen Funktionsapproximator zu tauschen, kann dieser einfach dem `Policy-Konstruktor` übergeben werden.

1.2.4 Fazit

Die größte Hürde zur erfolgreichen Instantiierung eines selbstlernenden Agenten war, nachdem alle Hard- und Software an die Smart Home Service Platform angebunden waren, das Sensorrauschen. Während das Tracking anhand von Durchgangs- und Präsenz- bzw. Bewegungssensoren im Labortest noch nahezu einwandfrei funktionierte, gab es starke Überlappungen bzw. Verzögerungen bei den Sensorauslösungen im Feld. Dies ist zum einen durch den sehr kleinen Wohnraum der Probanden zu erklären. Installiert man den Präsenzmelder in einer Höhe von 2m, leuchtet er am Boden einen Bereich mit 6m Radius aus. Zum anderen gab und gibt es, bedingt durch Umgebungsparameter gelegentlich Fehlauslösungen, z.B. durch zu hohe Umgebungstemperaturen oder schwache Batterien. Durch eine veränderte Parametrisierung des Tracking und eine verringerte Auflösung im Lokalisierungsdienst (`LocationService`) konnten die meisten Fehler abgedeckt werden. Das Sensorrauschen erschwert es allerdings das Verhalten der Agenten objektiv und ohne Beurteilung des Benutzers zu evaluieren. Das mit Hilfe

des TrackingService erstellte Verhaltensmodell zeigt aber, dass die Fehler keinen wesentlichen Einfluss auf die Stimmigkeit des Normalverhaltensmodells haben.

Agenten, die nicht von Momentaufnahmen wie aktuellen Gehwegen abhängig sind, zeigen eine robuste Performance. Die Abbildungen unten zeigen eine Heizkurve, wie sie in das System eines Probanden zu Beginn des Feldtests programmiert wurde. Mit Hilfe der Daten zu manuellen Eingriffen in die Heizung können wir diese Heizkurve mit Hilfe von QLearning und Funktionsapproximation dem neuen Verhalten anpassen. In diesem Beispiel wurde die Heizung früher auf eine höhere Temperatur gestellt. Durch korrekte Parametrisierung des Regressionsbaums und Gewichtung der Daten erhalten wir zuletzt eine entsprechende Heizkurve.

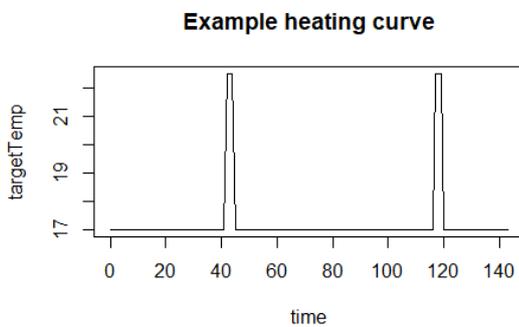


Abbildung 36: Ausgangs-Zeittabelle

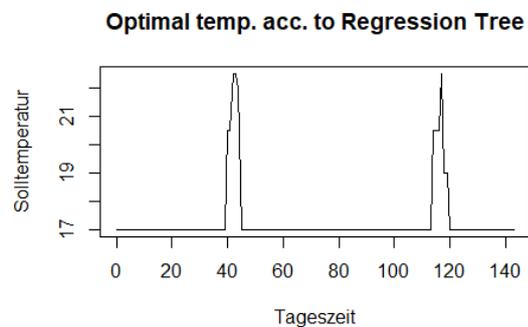


Abbildung 37: Zeittabelle nach einmaligem Eingriff.

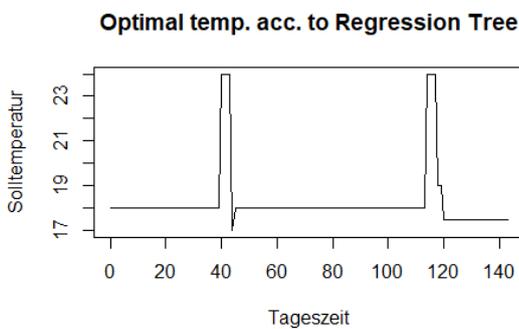


Abbildung 38: Zeittabelle nach drei Eingriffen.

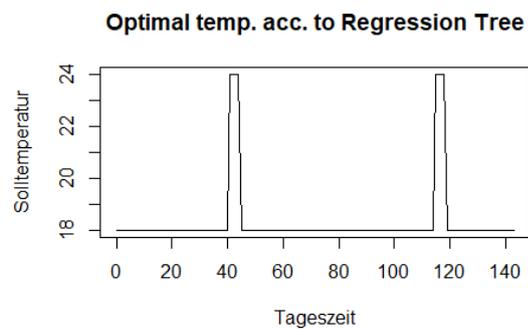


Abbildung 39: Zeittabelle nach drei Eingriffen und höherer Gewichtung der manuellen Daten.

Im Laufe des Projektes haben wir gelernt, dass große Zustandsräume und eine diskrete Modellierung von Steuerungsproblemen im modellfreien Reinforcement Learning eine große Lernhürde darstellen kann. Aus diesem Grund haben wir verschiedene Verfahren zur Verkleinerung des Zustandsraumes getestet. Schließlich half die Funktionsapproximation in beiden Fällen. Entgegen der Erwartungen wird

diese aber nicht optimal von Neuronalen Netzen gestützt, sondern von Entscheidungsbäumen oder RandomForests.

Die Heiztabelle und die Zustands-Aktions-Funktion für den LivingCare-Heizungsagenten lassen sich mit Hilfe von Neuronalen Netzen realisieren. Abhängig von der Komplexität der zu approximierenden Funktion scheint es aber sinnvoll, statt eines neuronalen Netzes ein anderes Modell, z.B. einen Regressionsbaum zu verwenden. In allen Testfällen war der Regressionsbaum verlässlicher, präziser und sehr viel schneller beim Training. Beim Update ist allerdings zu beachten, dass die Trainingsdaten basierend auf ihrem Alter gewichtet werden müssen.

Das im Laufe des Projekts gewonnene Wissen über stochastische Prozesse und Reinforcement Learning hat zu den folgenden konkreten Änderungen in unserem Softwaresystem geführt:

1. Die Implementierung von Funktionsapproximatoren für das Speichern und Abrufen von Zustands- bzw. Zustands-Aktions-Werten mit kontinuierlichen Variablen (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**),
2. die Implementierung einer Update-Funktion für Neuronale Netze im Data-Mining-Block „*nn-regress*“ und
3. die Implementierung eines zusätzlichen Data-Mining-Blocks zu *Classification and Regression Trees (CART)* (siehe Anhang).

Die Anwendungsfälle Lichtsteuerung, Inaktivitätsalarm und Heizungssteuerung spiegeln auch unseren Lernprozess im Laufe des Projekts wieder. Während zu Beginn versucht wurde, Prozesse in der Wohnung mit Hilfe von einfachen Data-Mining-Modellen abzubilden, wurden im frühen Stadium der zweiten Projekthälfte diskrete Reinforcement-Learning-Modelle angewendet. Die stellten sich schließlich als zu starr heraus, weshalb das System erweitert werden musste.

1.3 AP 3: Umsetzung der Anwendungsszenarien

Aufgaben der **Leuphana Universität Lüneburg** in Arbeitspaket 3 waren

- die Entwicklung von Softwaremodulen für das Monitoring des Normalverhaltens von Bewohnern basierend auf den Anforderungen durch die Anwendungsszenarien;
- die Entwicklung von Softwaremodulen für das Monitoring von Mobilitätsparametern sowie die Implementierung eines Benachrichtigungssystems im Falle einer detektierten Abweichung;
- die Entwicklung eines Softwaremoduls zur autonomen, adaptiven Steuerung des Lichts basierend auf Gewohnheiten der Bewohner
- die Entwicklung von Softwaremodulen zur Verbesserung der Energieeffizienz, z.B. durch die Benachrichtigung über ungewöhnlich lange offenstehende Fenster und eine energiesparende personalisierte Heiz-Strategie

1.4 AP 4: Sensorik

Aufgabe der **Leuphana Universität Lüneburg** in Arbeitspaket 4 war die Evaluation der neu entwickelten Sensorik im Hinblick auf die im Feldtest geplante Nutzung der Hardware und die Anforderungen durch die Szenarien.

1.5 AP 5: Projektkoordination & Querschnittsthemen

1.5.1 Projektkoordination, Öffentlichkeitsarbeit, Gremienarbeit und Vernetzung

Ein wichtiges Ziel dieses Arbeitspaketes war die zielgerichtete Koordination des Projektes. Dazu zählten zum einen die externe Koordination mit der Berichtspflicht sowie der Kommunikation mit dem Projektträger und dem Fördergeber und zum anderen die interne Koordination inklusive der Organisation von Konsortialtreffen, Arbeitstreffen und Überprüfung der Berichtspflicht. Neben dem Kick-off-Treffen zu Projektbeginn und dem Abschlusstreffen zu Projektende wurden insgesamt 11 Konsortialtreffen in etwa vierteljährlichem Abstand an wechselnden Partnerorten vorbereitet und durchgeführt, um den aktuellen Stand und die Ergebnisse der einzelnen Arbeitspakete zu präsentieren und die nächsten Schritte zu planen. Als sehr positiv und produktiv haben sich in diesem Zusammenhang auch die gemeinsamen Abendessen am Vorabend eines Konsortialtreffens erwiesen. Außerdem wurden im in der Regel zweiwöchigen Abstand Telefonkonferenzen des gesamten Konsortiums durchgeführt, die u.a. der Abfrage des aktuellen Standes bei den einzelnen Aufgaben, der Klärung von Fragen und der Vorbereitung von Treffen und Telefonkonferenzen dienten. Zusätzlich gab es weitere Telefonkonferenzen und Treffen der Entwickler, um die Implementierung und Integration der Software-Module und der Tablet-App zu besprechen. Für die Konsortiumsweite Bereitstellung und Archivierung von Dokumenten und Bildern sowie für die einfache Kommunikation innerhalb des Konsortiums wurden von OFFIS ein Dokumentenserver und geeignete Mailverteiler eingerichtet und zur Verfügung gestellt.

Im Bereich Öffentlichkeitsarbeit wurde von der Firma contronics die Webpräsenz des Projektes entworfen und bereitgestellt. Die Homepage des Projektes ist unter <http://www.living-care.de/> zu erreichen. Der Bereich Öffentlichkeitsarbeit umfasst außerdem veröffentlichte und geplante Publikationen sowie Teilnahmen an (Fach-)Tagungen. Diese sind in Kapitel II.6 aufgelistet und ausführlich beschrieben.

Für Messebesuche und Gespräche wurde darüber hinaus ein einfacher Informationsflyer entworfen, der als Ankündigung für ein eventuell ab Ende 2018 lieferbares System gedacht war. Seitens




Mit moderner Smart Home Technik sicherer und komfortabler leben.

Ein Partner - Projekt gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Berlin

contronics GmbH, Merzenich – eQ-3 Entwicklung GmbH, Leer – OFFIS Institut für Informatik, Oldenburg
Leuphana Universität, Lüneburg – YOUSE GmbH, Berlin – Deutsches Rotes Kreuz, Oldenburg

Das LivingCare Projekt hat zum Ziel, ein autonom lernendes Hausautomationssystem speziell für ältere Menschen zu entwickeln. Das System wird dieser Zielgruppe vor allem Sicherheits- und Komfort Funktionen der Hausautomation zur Verfügung stellen. Wesentliche Besonderheit ist, das es selbstlernend sein wird. Dadurch wird das System auch eigenständig einen Notfall erfassen können und andere Menschen zur Unterstützung benachrichtigen können.

Folgende Funktionen wird das System bieten:

- Automatische Sturzerkennung und Alarmierung nach Außen
- Einbruchsschutz und Alarmierung nach Außen
- Individuelle Lichtsteuerung
- Adaptive Heizungssteuerung
- Energiesparfunktionen und weitere Funktionen zur Komfortsteigerung

Für das System wird eine neue selbstlernende Software entwickelt, die automatisch Zustände erkennt und den Nutzer so unterstützen kann. Im Rahmen dessen werden ein Decken-Präsenzmelder und ein Durchgangssensor entwickelt. Den Kern des Systems werden vorhandene Komponenten des HomeMatic Systems von eQ-3 zusammen mit der contronics homeputer Software bilden. Mit einem Abschluss der Entwicklung und Lieferbarkeit ist Ende 2018 zu rechnen.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Abbildung 40: Informationsflyer für das Projekt LivingCare

contronics wurde zudem im Rahmen des laufenden Geschäftsbetriebs bei jeder Gelegenheit auf das LivingCare-Projekt hingewiesen. Dies galt insbesondere für Besuche von Fachmessen und Ausstellungen in der Elektrobranche. Unter anderem wurden intensive Gespräche auf der Altenpflegemesse in Nürnberg geführt, die über zwei Tage besucht wurde. Grundsätzlich war bei zahlreichen Gesprächen großes Interesse erkennbar, greifbare vertriebliche Möglichkeiten konnten jedoch nicht gefunden werden.

1.5.2 Verwertungsplan

Für die wirtschaftliche Verwertung des integrierten LivingCare-Gesamtsystems sollte ein Verwertungsplan erstellt werden. Um praxisnahe Erfahrungen und realistische Einschätzungen für einen möglichen Verwertungsplan zu erhalten, wurde von der Firma contronics der Vertriebskanal Online-Shop zum späteren Vertrieb eines selbstlernenden Systems ausgewählt und evaluiert, weil ein großer Teil der Umsätze im Bereich Smart-Home derzeit über den Internetvertrieb abgewickelt wird. Dies liegt u.a. daran, dass einerseits die in Frage kommenden Kunden technikaffin sind und andererseits das Elektro-Handwerk mit dem Thema noch nicht ausreichend vertraut ist.

Die Firma contronics hat den Online-Shop <https://www.assist-contronics.de> erstellt, um zu untersuchen, ob sich über den Internetvertrieb geeignete Zielgruppen finden lassen, die sich für den im Projekt adressierten Themenkomplex interessieren. Die Erstellung des Shops erfolgte mit der E-Commerce-Software VersaCommerce⁷. Da der Firma contronics noch kein selbstlernendes System zur Verfügung stand, wurden in diesem Online-Shop technische Produkte angeboten, die die Zielgruppe mit vergleichbaren Produkten adressierten, beispielsweise ein mobiler Notrufknopf, der im Fall eines Sturzes oder eines Notfalls hinterlegte Ansprechpartner per Anruf und SMS benachrichtigt. Zudem konnten durch Erstellung des Online-Shops wichtige Informationen über die Zielgruppe, einem neuen Shop-System und über die Rentabilität eines solchen Online-Shops gewonnen werden. Bei der Einrichtung des Shops wurde entschieden, nur sehr wenige Produkte anzubieten, diese aber umfänglich zu beschreiben, um hierdurch eine Optimierung für Google zu erreichen. Das Angebot umfasste folgende Produkte:

- Fitnesstracker mit Schlaf- und Pulsmessung: Fitbit Charge 2
- Mobiler Notrufknopf mit Sprachfunktion: MONI
- Smartes Blutdruckmessgerät mit dazugehöriger Smartphone-App: iHealth BP7S
- Smarte Körperanalysewaage mit dazugehöriger Smartphone-App: iHealth CORE HS6

Im Anhang (siehe Kapitel III.1) sind die Startseite des Online-Shops, die Themenseiten und die Beschreibungen der angebotenen Produkte abgebildet.

Insgesamt wurden folgende Aufgaben durchgeführt:

- Analyse geeigneter Themen, welche die Zielgruppe ansprechen

⁷ <https://www.versacommerce.de/>

- Wettbewerbsanalyse, d.h. Suche nach ähnlichen Shops am Markt
- Marktanalyse nach geeigneten Produkte für den Shop und entsprechender Produktakquise
- Durchführung von Tests hinsichtlich Usability, Einfachheit, Qualität der angebotenen Produkte
- Analyse nach einer geeigneten Domain für den Shop und anschließendem Kauf der Domain
- Vielfache Anpassungen des Themas zur optischen Optimierung, z.B. bei der Startseite
- Analyse, Kauf und Anpassung geeigneter Bilder für die Themenseiten über Fotolia
- Erstellung von Links bei Bildern oder den Themenseiten zu einzelnen Produkten
- Prüfen der Farbauswahl der Navigationsleiste und Vergrößerung der allgemeinen Schriftgröße
- Erstellung von Themen- und Produktseiten
- Erstellung von interessanten Textinhalten auf den Themenseiten für die Zielgruppe
- Erstellung von Marketingtexten für die Produkte im Hinblick auf die wichtigsten Funktionen
- Einbindung und Anpassung von Produktvideos und -bildern
- Erstellung von weiteren Informationsseiten
- Prüfung, Einrichtung und Aktivierung verschiedener Zahlungsarten
- Einbindung von Universal Analytics, Google strukturierte Daten
- Einrichtung Google Shopping
- Einrichtung Google AdWords
- Erstellung von Varianten bei einzelnen Produkten
- Erstellung eines Favicon
- Aktivierung eines SSL-Zertifikats, damit mit https sicher gesurft werden kann
- Erstellung des Impressums
- Erstellung der Datenschutzbestimmungen
- Erstellung der AGBs
- Erstellung eines neues Firmenlogos
- Überarbeitung und Anpassung der Bestellbestätigung
- Diverse Fehlerbehebungen im Shop
- Erstellung verschiedener Benutzerkonten für den Shop
- Anlegung der neuen Artikeln in der Fakturierung und im Lager

Der Online-Shop wurde hauptsächlich über das Werbesystem Google AdWords beworben. Dabei wurden Textanzeigen im Suchnetzwerk und Produktanzeigen im Shopping-Netzwerk geschaltet. Die Be-

wertung des Online-Shops erfolgte anschließend anhand von Kennzahlen, die von Google AdWords bereitgestellt wurden. Im Folgenden wird zunächst die Auswertung der Nutzerzugriffe beschrieben. Zur Untersuchung des Suchnetzwerks erhielten die Produkte Fitbit Charge 2 und Notrufknopf jeweils ihre eigenen Kampagnen und Keywords (Suchbegriffe). Beispielsweise wurde Fitbit Charge 2 als persönliches Schlaflabor und Herzfrequenzmesser mit Smartphone-App zur Überwachung und Auswertung der Daten positioniert. In Tabelle 27 sind die ermittelten Kennzahlen aufgelistet.

Tabelle 27: Kennzahlen für die Kampagnen mit Fitbit Charge 2 und Notrufknopf MONI

Kampagne	Impres- sionen	Interak- tionen	Interak- tionsrate	Durchschn. Kosten	Kosten	Conver- sions
Fitbit	536.415	2.009	0,37%	0,27 €	543,55 €	2
Notrufknopf	36.105	415	1,15%	0,37 €	153,60 €	-

Die Auswertung für Fitbit Charge 2 zeigt, dass intelligente Geräte zur Aufzeichnung der Körperfunktionen sehr beliebt sind. Die Anzeigen wurden von über einer halben Million Menschen in 1,5 Monaten gesehen, jedoch ist der Wettbewerb hoch und es gibt sehr viele Angebote für das gleiche Produkt. Beim Notrufknopf MONI wurde versucht, zwei verschiedene Zielgruppen anzusprechen, nämlich zum einen die Senioren, die gerne alleine Sachen unternehmen, und zum anderen die Kinder und Verwandten von älteren Menschen, die sich um die Sicherheit dieser Personen sorgen. In Tabelle 28 sind die zugehörigen Kennzahlen aufgeführt. Die eigene Sicherheit scheint hier keine große Rolle zu spielen. Das kann einerseits an der Zielgruppe liegen, da ältere Menschen weniger nach Produkten im Internet suchen. Andererseits macht es auch Sinn, dass sich die Kinder oder Enkelkinder um ihre älteren Verwandten sorgen und nach geeigneten Lösungen suchen. Es zeigt sich somit, dass ein Werbekonzept in Zukunft beide Zielgruppen berücksichtigen muss. Eine reine Bewerbung der „Nutzer“ von LivingCare-Lösungen wäre nicht ratsam.

Tabelle 28: Kennzahlen für die beiden Zielgruppen beim Notrufknopf MONI

Anzeigen- gruppe	Impres- sionen	Interak- tionen	Interak- tionsrate	Durchschn. Kosten	Kosten	Conver- sions
Für andere	31.707	376	1,19%	0,37 €	140,69 €	-
Für sich selbst	3.750	35	0,93%	0,31 €	10,74 €	-

Die Shopping Kampagne erzielte in der Laufzeit insgesamt nur 4000 Impressionen. Der Notrufknopf MONI erzielte dabei lediglich sieben Klicks und keine Käufe.

Weitere Kennzahlen lieferten sowohl die Verteilung nach Alter als auch nach Geschlecht. Die Ausrichtung der Kampagnen und des Online-Shops zielte demnach auf eine ältere Zielgruppe (58% sind 45 Jahre und älter). Außerdem war das Thema für Frauen (55%) interessanter als für Männer (45%).

Google Alter der Zielgruppe

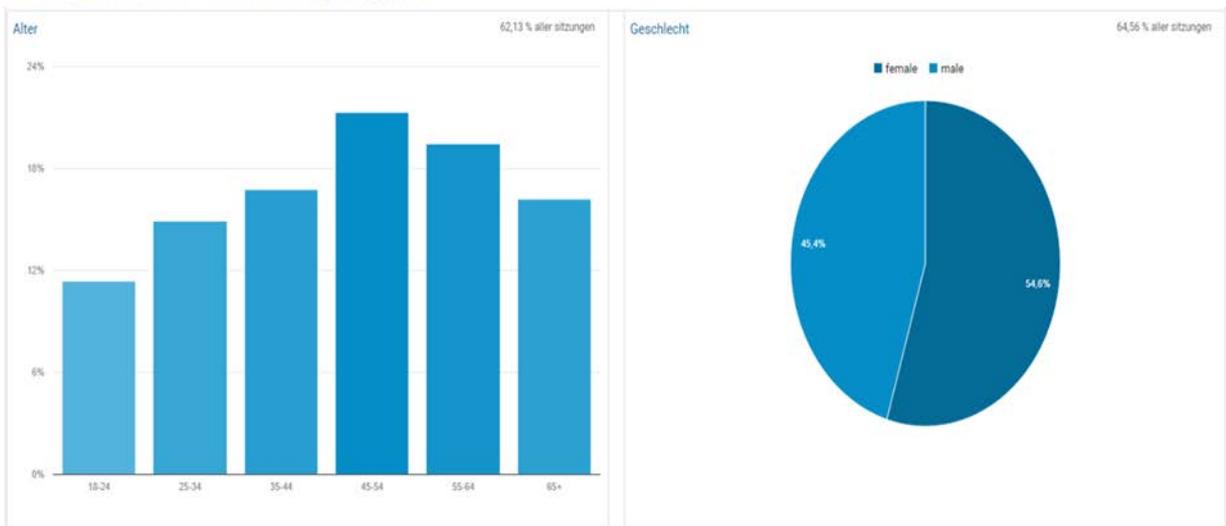


Abbildung 41: Verteilungen nach Alter und nach Geschlecht

frequenzmessung“, „Uhr für Pulsmessung“, „Schrittzähler“ und „Schlaflabor“ die Fitbit-Kampagne die höchsten Kosten bei einem Klickpreis von 0,27 € erzeugte, sodass pro Bestellung 400 € eingesetzt wurden. Die Suchanfragen beim Notrufknopf MONI hatten einen höheren Klickpreis. Alleine das Keyword „Notrufknopf“ wird auf 1,80 € pro Klick geschätzt. Der durchschnittliche Klickpreis im Testlauf lag bei 0,37 €

Eine weitere Analyse beschäftigte sich mit dem Zusammenhang zwischen den eingegebenen Suchbegriffen und den Impressionen und Klicks. Die erfolgreichsten Keywords sind für Fitbit in Tabelle 29 und für den Notrufknopf MONI in Tabelle 30 aufgelistet.

Tabelle 29: Die erfolgreichsten Keywords bei Fitbit Charge 2

Pos.	Keyword(s)	Klicks	Impressionen	Kosten
1	uhren herzfrequenzmessung	338	82.805	104,13 €
2	schlafphasen	304	9.344	69,65 €
3	puls und herzfrequenz uhr	211	77.774	54,67 €
4	schlaflabor	161	9.150	44,47 €

5	schrittzähler	141	62.912	41,24 €
6	"schlafanalyse"	93	14.675	21,24 €
7	müdigkeit	61	9.437	15,23 €
8	schrittzähler app	51	1.873	15,47 €
9	+herzfrequenz +uhr	37	4.730	12,57 €
10	zu wenig schlaf	35	1.348	18,07 €

Tabelle 30: Die erfolgreichsten Keywords beim Notrufknopf MONI

Pos.	Keyword(s)	Klicks	Impressionen	Kosten
1	senioren notruf knopf	100	5.631	43,98 €
2	notruf zuhause	70	4.085	25,61 €
3	notruf für ältere menschen	33	3.046	7,64 €
4	notfall handy für senioren	23	4.750	7,82 €
5	notrufknopf senioren kosten	18	894	6,96 €
6	notrufknopf für zu hause	17	640	21,56 €
7	hausnotruf	14	1.391	4,47 €
8	notrufknopf für zuhause	10	909	1,56 €
9	notrufknopf	8	452	3,03 €
10	armband notruf	8	1.776	1,33 €

In der Testphase konnten zwei Bestellungen erzielt werden. Beide Bestellungen kamen aus der Fitbit-Kampagne. Wie in Tab cc erwähnt, gab es insgesamt 2009 Interaktionen (Klicks) bei dem Produkt von Fitbit. Die Zuordnung dieser Klicks zu einer Anzeigengruppe ist in Tabelle 31 zu erkennen.

Tabelle 31: Zuordnung der Klicks bei Fitbit Charge 2 zu den Anzeigengruppen

Anzeigengruppe	Klicks	Impressionen	Kosten	Conversions
Herzfrequenz	700	215.862	204,57 €	1
Schrittzähler	252	110.053	70,91 €	1
Fitnessuhr	13	7.331	2,59 €	-
Fitnessarmband	6	9.154	1,24 €	-
Fitness	146	100.801	29,30 €	-
Schlaf	892	93.214	234,94 €	-

Fazit

Das Ziel des Aufbaus dieses Online-Shops war es, ein Gefühl für das Nutzerverhalten potentieller Kunden für das integrierte LivingCare Gesamtsystem zu bekommen. Von Anfang an war klar, dass die Wahrscheinlichkeit, hier einen rentablen Shop aufzubauen, außerordentlich gering war. Die Ursache liegt u.a. darin, dass potentielle Zielgruppen für diese Lösungen nicht ausreichend Technik-affin sind.

Die Akzeptanz neuer hilfreicher Technologien ist bei den jüngeren Zielgruppen gegeben. Kinder oder Enkelkinder sorgen sich um ihre Eltern und Großeltern. Ein Zusammenleben ist in der heutigen Zeit selten gegeben. Die Ergebnisse der Kampagne für den Notfallknopf MONI verdeutlichen, dass solche Hilfestellungen vor allem für andere und nicht für sich selbst gesucht werden. Insgesamt haben die Ergebnisse aber gezeigt, dass ein Shop, der sich dem Thema annimmt, einzigartige und wirklich nutzbringende Produkte anbieten und ein hohes Vertrauen bei seinen Kunden aufbauen muss.

Der Wettbewerb bei smarten Gadgets, wie der Fitbit Fitnessstracker, ist sehr groß. Produkte, wie der Notrufknopf, werden vor allem bei den Wohlfahrtsverbänden (DRK, Johanniter) eingekauft, da diese die nötige Reputation in der Gesellschaft besitzen. Eine eigene Marke und eine gewisse Produktpaletten-Größe an zusammenarbeitenden Produkten, die den Menschen wirklich helfen und Sicherheit bieten, würden den Erfolg eines solchen Projektes positiv beeinflussen.

Da kaum Bestellungen getätigt und somit keine wirklichen Umsätze erzielt wurden, aber zeitgleich sehr hohe Werbekosten entstanden sind, war keine Rentabilität des Shops gegeben. Daher wurde der Betrieb des Shops nach ca. drei Monaten eingestellt. Nach den vorliegenden Erfahrungen rechnen wir aktuell nicht damit, dass es aussichtsreich sein kann, das integrierte LivingCare-Gesamtsystem oder andere LivingCare-Produkte über das Internet zu vertreiben.

Andere Vertriebskanäle

Neben dem Online-Shop existieren noch weitere Vertriebskanäle, auf die im Folgenden näher eingegangen wird. Die Firma contronics vertreibt aktuell Smart Home Produkte über den Internet - Handel sowie über Wiederverkäufer aus den unterschiedlichsten Richtungen, darunter zum Beispiel ein Energieversorgungsunternehmen, das vorhandenen Kunden Energiesparlösungen anbieten möchte. Grundsätzlich ist der Smart Home Markt noch nicht von festen Strukturen gekennzeichnet, sondern bietet zahlreiche Möglichkeiten des Vertriebs, die sehr stark von den Interessen der Kunden abhängig sind. Diese Interessen beschränken sich nicht nur auf die Absicht der Gewinnerzielung durch Margen, sondern auch auf den Wunsch nach Synergien, die zum Beispiel bei Bauträgern oder Wohnungsunternehmen vorstellbar sind. Es ist kaum möglich, Produkte oder Lösungen anzubieten, die nur in Aussicht gestellt werden können, wie dies im LivingCare Projekt der Fall ist. So wurden im Projektverlauf immer wieder Gespräche mit möglichen Abnehmern bzw. Interessenten geführt, die grundsätzlich auf

Interesse, aber durchaus auch auf Bedenken stießen. Die Bedenken betrafen die wenig technik-affine Zielgruppe, die Installation der Systeme, aber auch den möglichen Preis. Insgesamt konnte kein vertrieblicher Ansatzpunkt gefunden werden, auf dem ein gesicherter vertrieblicher Aufbau möglich wäre. Es bleibt nur die Möglichkeit, die Suche nach potentiellen Partnern fortzusetzen.

Nachfolgend sind einige Kanäle dargestellt und bewertet, die Recherchen zufolge zukünftig interessant werden könnten:

- Stationärer Handel: Der stationären Handel für derartige Produkte wird derzeit noch für ungeeignet gehalten.
- Direktvertrieb an Altenheime / betreutes Wohnen: Insbesondere die Sturzdetektion ist für diese Zielgruppe interessant. Es handelt sich nach unserer Einschätzung um einen Markt, der durchaus von großen Playern (Strukturen) bestimmt ist, die aber doch autonom handeln, z.B. Johanniter / Deutsches Rotes Kreuz / Malteser: Hier handelt es sich um „Marken“, die in der Abrechnung teilweise unabhängig sind, im Großen aber wieder verflochten. Das heißt im Ergebnis: Wir sind der Meinung, dass es nicht möglich sein wird, derartige Produkte über eine zentrale Struktur in die Objekte zu bringen. Es ist also eine Einzelakquise mit nachfolgend geeigneter Installation erforderlich. Augenblicklich wird dieser Weg als kritisch angesehen, jedoch bestehen durchaus Chancen für gelegentliche erfolgreiche Abschlüsse.
- Hausnotruf: Der Hausnotruf ist ein stark reglementierter Markt, teilweise werden die Kosten übernommen. Das LivingCare-System mit seinen zahlreichen Features lässt sich nicht unter dieses Label packen, darüber hinaus gibt es Vorschriften, denen das System nicht genügt.
- Direktakquise in Haushalte: Dieser Weg ist sicherlich interessant, weil erwartet wird, über (jüngere) Angehörige in diesem Segment erfolgreich sein zu können. Fraglich ist derzeit jedoch noch, ob die Zeit schon reif hierfür ist. Die Firma contronics plant, das LivingCare-System parallel zu ihren Smart Home Solutions anzubieten, um damit Kunden, die sich ohnehin für den Themenkomplex interessieren, zu erreichen und zu gewinnen.

Aufgaben der **Leuphana Universität Lüneburg** in Arbeitspaket 5 waren

- die Publikation der Projektergebnisse als Open-Source-Software und als wissenschaftlicher Beitrag bei Tagungen;
- Vernetzung mit anderen Forschungseinrichtungen im Bereich adaptive und assistive Systeme, z.B. durch den Besuch der Abschlussveranstaltung des BMBF-Projekts KogniHome.

1.6 AP 6: Evaluation & Feldstudie

Das Ziel dieses Arbeitspaketes war die Evaluation der Systemkomponenten sowie des Gesamtsystems unter realistischen Bedingungen. Dafür wurden in einem ersten Schritt die einzelnen Teile des Systems, sprich einzelne Sensoren und Aktoren sowie das mobile Endgerät, in einer Laborstudie unter kontrollierten Bedingungen getestet. Später erfolgte eine Feldstudie beim DRK Oldenburg, bei der das System über einen Zeitraum von einigen Monaten in Realwohnungen getestet wurde. Hierfür gliederte sich das Vorgehen in vier Schritte: Die Vorbereitung der Probanden für die Studie in einer Probandenschulung, die Erstellung von Erhebungsinstrumenten, die Datenerhebung und die Auswertung.

1.6.1 Usability-Tests von Systemkomponenten in einer Laborstudie

1.6.1.1 Usability-Tests der Sensorik-/Aktorik-Komponenten

Bei dem hier durchgeführten Usability-Test wurden vier Probanden in das Büro von YOUSE nach Berlin eingeladen. Zwei der vier Probanden waren männlich und zwei weiblich. Die Probanden waren zwischen 67 und 82 Jahre alt ($M = 74$ Jahre). Sie wohnen im Raum Berlin und sind alle in ihrem Haushalt für das Thema Heizung verantwortlich. Im Rahmen des Tests sollten sie anhand von Use-Cases einige Aufgaben bearbeiten und dazu Stellung nehmen. Use-Cases sind in diesem Fall realistische Aufgaben, die die Nutzer mit den Geräten bewältigen sollen. Ziel dieser Use-Cases war, eine klare und realistische Aufgabe zu stellen, um der Nutzung einen bestimmten Rahmen zu geben, damit die Testzeit möglichst gut genutzt und eine Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Tests hergestellt werden konnte.

Es wurden vier Geräte mithilfe der Use-Cases getestet (Wandthermostat, Heizungsthermostat, Fensterkontakt und Wandtaster). Während der Ausführung der Aufgaben wurden die Probanden beobachtet, anschließend wurden Nachfragen gestellt. Zum Schluss wurde ein qualitatives Abschlussinterview geführt, um einen abschließenden Gesamteindruck einzufangen. Die Probanden wurden gebeten, während der Tests laut zu denken. Das Gesprochene wurde mithilfe eines Diktiergerätes aufgezeichnet. Die Auswertung erfolgte mithilfe einer Inhaltsanalyse, wobei der Fokus auf behebbare Probleme mit den Geräten lag.

Die Use-Cases waren Batteriewechsel, Temperatureinstellungen, automatischer Modus, manueller Modus, Urlaubsmodus, Boost-Modus und Betätigung des Wandthermostats. Für jedes Gerät wurden spezifische Use-Cases definiert. Zu den einzelnen Use-Cases wurden Aufgaben formuliert, welche die Probanden zu lösen hatten. Die Use-Cases wurden ausformuliert, als Karten gedruckt und an die Teilnehmer während des Tests ausgegeben. Im Folgenden sind beispielhaft zwei Aufgabenstellungen für die jeweiligen Use-Cases aufgelistet:

- „Bitte entnehmen Sie die Batterie aus den vor ihnen liegenden Geräten und setzen diese erneut ein. Schließen Sie das Gehäuse wieder.“
- „Bitte verstellen Sie die Temperatur auf 12°, auf 25° und danach auf 1°.“

Die folgende Tabelle führt die behandelten Aufgaben und Funktionen bei den jeweiligen Geräten auf.

Tabelle 32: Use-Cases je Komponente

Fensterkontakt	Batteriewechsel
Wandthermostat	Batteriewechsel Temperatureinstellungen Automatischer Modus Manueller Modus Urlaubsmodus
Heizungsthermostat	Batteriewechsel Temperatureinstellungen Automatischer Modus Manueller Modus Boost-Modus
Wandtaster	Betätigung des Wandthermostats

Außerdem wurde den Teilnehmern die Möglichkeit gegeben, die Geräte frei zu verwenden und ihre Eindrücke zu äußern. Die Ergebnisse wurden den Partnern im Bericht „6.2.1 – Usability Test der Komponenten“ bereitgestellt.

1.6.1.2 Usability-Test des mobilen Endgerätes

Da die Entwicklung der App sehr zeitkritisch war, wurde entschieden, das mobile Endgerät in möglichst kurzfristigen, schnellen Iterationsschleifen zu testen. Zu Beginn erfolgte deswegen eine Expertenevaluation durch YOUSE, um die ersten Fehler möglichst schnell beheben zu können. Darauf folgten Nutzertests in Berlin. Hier wurden wieder vier Testpersonen aus der Zielgruppe in das Büro von YOUSE eingeladen. Es handelt sich dabei um zwei Männer und zwei Frauen, im Alter von 69 bis 82

Jahren, das Durchschnittsalter lag bei 75 Jahren. Analog zum zuvor beschriebenen Vorgehen wurde ein Usability-Test mit den Senioren durchgeführt, bei dem sowohl vorbereitete Use-Cases bearbeitet wurden als auch freie Nutzung möglich war. Anschließend wurden Interviews über Verbesserungsvorschläge und generelle Eindrücke geführt. Insgesamt konnten bei den Tests 53 Usability-Probleme identifiziert werden, die den Partnern in Form des Excel-Berichtes „6.2.2 Usability Test der Tabletanwendung“ zur Verfügung gestellt wurden. Dieser enthielt die tabellarische Auflistung aller gefundenen Probleme, gewichtet nach ihrer Schwere. Außerdem wurde zu jedem Problem ein Verbesserungsvorschlag durch YOUSE unterbreitet. Zur besseren Verständlichkeit dieser Ergebnisse wurde außerdem eine Präsentation erstellt, die den Partnern vorgestellt und bereitgestellt wurde. Die Usability-Probleme wurden mit den Partnern besprochen und nach Dringlichkeit sortiert bearbeitet. Nach der Fertigstellung der Änderungen erfolgt eine weitere Testschleife.

1.6.2 Feldstudie

Salwasser/Steen/Kornemann/Müller

ToDo: Beschreibung der Feldstudie: Ziele, System, Dauer, Ethikantrag, Assessments, ...

Die Feldstudie gliederte sich in vier Schritte: Die Vorbereitung der Probanden für die Studie in einer Probandenschulung, die Erstellung von Erhebungsinstrumenten, die Datenerhebung und die Auswertung.

1.6.2.1 Probandenschulung

Vor Beginn der Studie wurden die Teilnehmer in einem Schulungsformat auf die Feldstudie vorbereitet. Die Schulung erfolgte im DRK Oldenburg am 30.03.2017, an dem alle Probanden sowie Partner vom DRK Oldenburg, von OFFIS, der Leuphana Lüneburg und YOUSE teilgenommen haben. Die Schulung wurde in einem Vortrags-Format eingeleitet, indem alle wichtigen Inhalte schon einmal vermittelt wurden und alle beteiligten Partner zu Wort kamen.

Nach diesem Vortrag gab es noch Zeit für individuelle Fragen, wobei auf persönliche Anliegen der Probanden eingegangen werden konnte. Die Personen, die Fragen hatten, wurden dann von einem Projektmitarbeiter in ihren Wohnungen besucht. In der Schulung wurden den Probanden dabei folgende Inhalte vermittelt:

- Es wurden die beteiligten Personen vorgestellt, auch wenn diese den Senioren bereits bekannt waren. Dadurch wurde Vertrauen hergestellt und es wurden Verantwortlichkeiten geklärt. Bei Interviews oder auch Wartungsarbeiten waren daher die Beteiligten den Probanden nicht mehr fremd, sodass der Zugang hierdurch vereinfacht wurde.

- Es wurde der Ablauf der technischen Feldstudie vorgestellt. Dies beinhaltete eine Einführung in die Technologie, die Erklärung über den zeitlichen Ablauf und eine Vorstellung der zu bedienenden Geräte und ihrer Funktion.
- Die Probanden wurden auf die Mitwirkung in den verschiedenen Erhebungsmethoden vorbereitet. Offene Fragen konnten direkt aufgenommen werden. Auch hat die persönliche Vorstellung eine höhere Verbindlichkeit hergestellt. Hier wurden alle Studienformate vorgestellt, mit denen die Probanden in Kontakt kommen, konkret die geriatrischen Assessments sowie die UX-Interviews und der Fragebogen.
- Die Einverständniserklärung und Probandeninformation wurden vorgestellt. Außerdem wurden die Freiwilligkeit der Teilnahme und die Rechte der Senioren zum Abbruch der Studie erneut herausgestellt. Dadurch wurde die Einhaltung von forschungsethischen Standards gewährleistet. Hier wurde neben den Studieninhalten auch auf die gespeicherten Sensordaten eingegangen sowie eine Erlaubnis für die Erstellung von Bildmaterial erfragt.

1.6.2.2 Erhebungsinstrumente

Da verschiedene Partner im Projekt Daten von den Probanden erheben wollten, die deren direkte Mitwirkung erforderten, standen die verschiedenen Partner in engem Austausch. Dies sollte garantieren, dass die Probanden nicht überfordert werden und eine nahtlose Durchführung erfolgen konnte. Außerdem sollte so gewährleistet werden, dass knappe Ressourcen wie die Aufmerksamkeit und die Motivation der Senioren möglichst gemeinsam genutzt werden, statt darum in gegenseitiger Konkurrenz zu stehen.

Da OFFIS monatliche Assessments mit den Probanden durchführte, wurde das Ausfüllen des Tagebuchs jedoch ausgesetzt. Stattdessen wurden die Fragen im direkten Gespräch mit einem Mitarbeiter von OFFIS besprochen und durch diesen dokumentiert. Die Dokumentation erfolgte dabei so, dass die wesentlichen Gesprächsinhalte festgehalten wurden sowie eine Zuordnung der verschiedenen Gespräche möglich war. Durch eine einheitliche Pseudonymisierung der Probanden war es also möglich, nachzuerfolgen, wie sich die Bewertungen und Meinungen zu dem Produkt über die Zeit verändert haben. Die Inhalte der Gespräche sind identisch mit den Tagebüchern.

Ursprünglich war es geplant eine Tagebuchstudie durchzuführen, die jedoch durch persönliche Interviews ersetzt wurden. Grund dafür ist, dass es sich praktischerweise anbietet, diese Interviews zu führen, ohne sehr großen Mehraufwand, und es für die Probanden einfacher ist, über ihre Erfahrungen zu sprechen, als diese regelmäßig zu notieren. Die Ergebnisse sind somit weniger von der hohen Motivation der Probanden abhängig.

Die Tagebücher sollten dabei im Kern die Erlebnisse, Erfahrungen und Einstellungen der Nutzer mit und zu dem in LivingCare entwickelten System abfragen. Diese sollten die Nutzer eigenständig in ei-

nem Papiertagebuch notieren. Durch das Vorstrukturieren der Seiten würden den Nutzern dabei verschiedene Fragen in verschiedenen Abständen gestellt. In einem Abstand von einem Monat sollten die Probanden über den Testzeitraum hinweg qualitative Fragen beantworten. Drei Mal in dem entsprechenden Monat sollte ein Fragebogen beantwortet werden. Die Bearbeitungszeit war so geplant, dass regulär nur 15-20 Minuten Ausfüllzeit in Anspruch genommen werden. Dies ist wichtig, damit die Probanden nicht unnötig belastet werden. Außerdem wird ihre Motivation dadurch nicht unnötig beansprucht. All diese Inhalte wurden jedoch jetzt durch ein persönliches Interview abgefragt. Dieses wurde auch einmal im Monat im Rahmen eines Besuchs in der Wohnung durchgeführt. Die qualitativen Fragen, die dabei gestellt wurden, sind:

- Welche Erfahrungen haben Sie mit dem LivingCare Hausautomationssystem seit dem letzten Eintrag gemacht?
- Gab es irgendein Ereignis mit dem LivingCare Hausautomationssystem, was ihnen besonders gut/schlecht in Erinnerung geblieben ist?
- Wie bewerten Sie das LivingCare Hausautomationssystem?
- Haben Sie irgendeine Idee, wie man die LivingCare Hausautomation besser machen kann? Falls ja, welche?

Da von den Tagebüchern zu den Gesprächen gewechselt wurde, geht ein Vorteil der Tagebücher verloren: Sie können direkt nach einem bestimmten Ereignis ausgefüllt werden, wenn es auftritt, sodass dieses nicht vergessen wird. Im Gespräch kann es sein, dass Personen sich nicht mehr an bestimmte Dinge erinnern oder diese aus anderen Gründen nicht zur Sprache kommen. Um diesem Effekt entgegenzuwirken, wurden jedoch noch Notizbücher an die Probanden verteilt, in denen sie bestimmte Ereignisse oder Gedanken zum LivingCare-System festhalten sollten.

Zusätzlich zu diesen Fragen wird ein validiertes Instrument speziell zu assistiven Systemen angewandt, welches in der altersbezogenen Technologieforschung entwickelt wurde. Dieses besteht aus einem Fragebogen.

Dieser geschlossene Teil der Befragung ist so aufgebaut, dass eine Zustimmung oder Ablehnung zu bestimmten Aussagen abgefragt wird. Er orientiert sich am Fragebogen "*Telehealthcare Satisfaction Questionnaire – Wearable Technology (TSQ-WT)*", der zur Bewertung technischer Systeme herangezogen wird. Dieser wurde bereits in anderen Studien getestet und validiert (Ambrosini, 2014, 1217). Durch das geschlossene Design können bei vergleichsweise geringer Bearbeitungszeit viele Informationen erhoben werden. Die Fragen sehen unter anderem so aus:

		0	1	2	3	4
	Der Aussage stimme ich ...	überhaupt nicht zu	überwiegend nicht zu	teils/teils zu	überwiegend zu	vollständig zu
1	<i>Ich kann von dieser LivingCare Hausautomation profitieren.</i>	<input type="checkbox"/>				
2	<i>Die Benutzung der LivingCare Hausautomation ist mit Anstrengung verbunden.</i>	<input type="checkbox"/>				
3	<i>Die Benutzung dieser LivingCare Hausautomation ist eine interessante Herausforderung für mich.</i>	<input type="checkbox"/>				
4	<i>Ich fühle mich durch diese LivingCare Hausautomation zu sehr überwacht.</i>	<input type="checkbox"/>				

Der Fragebogen fragt dabei die Nutzererfahrung auf sechs Dimensionen ab. Diese Dimensionen sind:

1. Wahrgenommener Nutzen
2. Benutzerfreundlichkeit
3. Selbsteinschätzung
4. Wahrgenommene Privatheit und Kontrollverlust
5. Beitrag zur Lebensqualität
6. Komfort (+ Ästhetik)

Zu diesen Dimensionen werden mehrere Fragen gestellt, um eine möglichst genaue Aussage treffen zu können. Gleichzeitig wird die Bearbeitungszeit jedoch geringgehalten werden. Der vollständige Fragebogen ist im Anhang zu finden. Zur Verbesserung der Lesbarkeit wurde der Fragebogen, statt auf einer Seite wie im Original, auf zwei Seiten formatiert, da einige Senioren Probleme mit dem Lesen kleiner Schrift haben. Auch wurde ein Anschreiben beigefügt, welches das Ausfüllen anhand eines Beispiels sowie das weitere Vorgehen erläutert. Dieses wirkt unterstützend zu der Probandenschulung, falls Inhalte vergessen wurden.

Der Fragebogen wurde im Testzeitraum mehrfach ausgefüllt:

1. Relativ zu Beginn der Nutzung des Produktes, wenn alle Wohnungen ausgestattet sind, um einen Startwert zu haben
2. Sechs Wochen bis zwei Monate nach der ersten Befragung, da hier erwartet wird, dass ein erster Gewöhnungseffekt einsetzt
3. In der Mitte der Feldstudie, also ca. fünf bis sechs Monate nach Beginn
4. Zum Ende der Studie

Der Fragebogen wurde eine Woche vor dem nächsten Besuch an die Probanden verteilt, sodass sie diesen in Ruhe ausfüllen konnten. Beim nächsten Besuch wurde dieser dann durch einen Mitarbeiter von OFFIS eingesammelt. Verständnisprobleme beim Ausfüllen wurden bei Bedarf hier besprochen. Jedoch musste gleichzeitig darauf geachtet werden, dass nicht zu sehr in die Meinung eingegriffen wurde, damit keine Verzerrung in den Daten auftritt.

Es ergab sich nach der ersten Erhebung, dass der Fragebogen auf Wunsch der Probanden erheblich gekürzt werden musste. Dafür wurde eine Analyse der Varianz sowie der fehlenden Werte innerhalb der einzelnen Faktoren durchgeführt. Innerhalb eines jeden Faktors wurden dabei die zwei am wenigsten aussagekräftigen Faktoren gestrichen, sodass der Fragebogen insgesamt um 40% gekürzt werden konnte. Daraufhin wurde das Layout des Fragebogens überarbeitet und dieser erneut ausgeteilt.

Außerdem wurde ein einmaliger Fragebogen ausgeteilt, der die Technikbereitschaft der Probanden sowie ihre persönliche Situation und soziodemographische Daten abfragt. Dieser sollte ermöglichen, die Ergebnisse aus den anderen Befragungsformen mit den persönlichen Eigenschaften des Probanden zu verbinden. Hierdurch werden persönliche Effekte auf die Akzeptanz des Systems einschätzbar.

Aufgaben der **Leuphana Universität Lüneburg** in Arbeitspaket 6 waren

- die Begleitung der ersten Installation in der ersten Projekthälfte und eine erste Untersuchung der Daten auf erkennbares wiederkehrendes Verhalten;
- die technische Evaluation und Optimierung des Gesamtsystems im Rahmen einer lokalen Installation;
- Installation und Betreuung des Remote-Monitoring zur Überwachung des Feldtests aus der Ferne;
- die technische Betreuung des Feldtests, inklusive Installation der Softwarekomponenten, konstantem Monitoring des Systems per Fernwartung und Aktualisierung der weiterentwickelten Softwarekomponenten.

2 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Es wurde gezeigt, dass autonome und adaptive Systeme ein großes Potential zur Verbesserung des Alltags auch assistenzbedürftiger Menschen darstellen. Die zum Teil geringe Akzeptanz gegenüber Technik im Allgemeinen und den Wunsch eines geregelten Tagesablaufs machen die Bewohner des betreuten Wohnens zu einer idealen Jury für das System. Zwar ließe sich bei einem technisch interessierteren Anwender mehr Feedback zur Adaption sammeln, doch schlussendlich müssen solche Systeme, sofern sie eine breite Anwendung suchen, vor allem mit indirektem Feedback auskommen. Der Vorteil gegenüber bisherigen Lösungen ist die Flexibilität des Systems: mit einem Handgriff kann es von einem Optimalsteuerungssystem zu einem stark explorierenden System gewandelt werden. Außerdem sind die Anwendungen nicht auf die im Projekt implementierten Szenarien beschränkt: die Java-Bibliothek „SHSP“ („Smart Home Service Platform“) stellt Schnittstellen zur Anbindung an verschiedene Datenquellen bereit, zum Abrufen einer großen Anzahl Verhaltensparameter sowie Beispiele zur Implementierung eigener Agenten. Die Veröffentlichung unter MIT-Lizenz soll auch kommerzielle Kollaborationen fördern. Die Data-Mining-Architektur gestattet es, komplexe Modelle auch verteilt zu generieren. Die durchgeführten Arbeiten sowie die dafür aufgewandten Ressourcen waren notwendig und angemessen, da sie der in der Vorhabenbeschreibung detailliert dargelegten Planung entsprachen und alle im Arbeitsplan formulierten Aufgaben erfolgreich bearbeitet wurden.

3 Voraussichtlicher Nutzen

Alle Komponenten der Smart Home Service Platform sowie des darunterliegenden Data-Mining-Systems wurden mit REST-Schnittstellen ausgestattet, was eine Nutzung der Komponenten auch über die Szenarien im Projekt LivingCare hinaus ermöglicht. Beide Systeme wurden unter MIT-Lizenz veröffentlicht, wodurch weitere Kollaborationen ermutigt werden sollen.

Adaptive, autonome Komponenten im SmartHome einzusetzen ist keine neue Idee, die Reinforcement-Learning-Bibliothek bietet aber neben den gängigen RL-Algorithmen und –Policies auch Beispiele und Vorlagen zur Implementierung eigener Szenarien. Eine Anbindung mehrerer und anderer SmartHome-Architekturen ist dabei ebenfalls möglich.

Dank der Anbindung an ein mobiles Endgerät sowie den ebenfalls entwickelten Visualisierungen und Kontroll-Interfaces lassen sich die Komponenten zur Erstellung eines Verhaltensmodells einfach in bestehende Systeme integrieren und ihre Ergebnisse kommunizieren. So sollen Einstiegshürden wie mangelnde Technikakzeptanz und Bedenken hinsichtlich der eigenen Privatsphäre durch Aufklärung verringert werden.

Die Leuphana Universität Lüneburg forscht und entwickelt weiter in den Bereichen der Gebäudeautomatisierung und assistiver Technologien. Das LivingCare-Projekt bietet der Leuphana daher die Möglichkeit, seine Kompetenz in diesen Themenschwerpunkten weiter auszubauen und steigert damit die Erfolgsaussichten für die Akquisition von Anschlussprojekten. Die Teilnahme an wissenschaftlichen Konferenzen und die Publikation der Forschungsergebnisse des Projektes ermöglicht dem Institut VAUST zudem eine bessere Sichtbarkeit in den zuvor genannten Forschungsbereichen, was ebenfalls zu einer verbesserten Chance bei der Akquisition von Folgeprojekten beiträgt.

Inhaltlich sind einige der Projektergebnisse bereits in die Lehre eingeflossen. Im Rahmen einer Master-Arbeit im Bereich des Marketings wurde die Reinforcement-Learning-Bibliothek benutzt, um einen Agenten zum Bieten auf Online-Werbepplätze zu trainieren um die Klickrate pro investiertem Cent zu maximieren. Im Rahmen der Veranstaltungen „Prozessdatenverarbeitung“ im Bereich der Ingenieurwissenschaften und „Methoden der Datenanalyse und des maschinellen Lernens in betrieblichen Anwendungen“ im Bereich der Wirtschaftsinformatik wurden Szenarien zur Klassifikation, Regression, Clustering und Assoziation mit Hilfe der Data-Mining-REST-Architektur umgesetzt. In letzterer wurde darüber hinaus ein System zur sicheren Kommunikation der verteilten Komponenten mit Hilfe von SSL und Java WebTokens implementiert.

Die im Rahmen des Projektes entwickelten technischen Lösungen bieten verschiedene Möglichkeiten zur wirtschaftlichen Kooperation und Verwertung. Besonders die Integration von neuen technologischen Ansätzen in bestehende SmartHome-Architekturen ist für eine Reihe von weiteren Akteuren relevant, so u.a. für Hardwarehersteller von Sensoren, Softwareherstellern von höherwertigen Diensten und für sonstige externe Dienstleister (z.B. Pflege-, Fahrdienste).

4 Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Das „Google Brain Team“ arbeitet bereits seit 2013 an *TensorFlow*⁸, einem Open-Source-Framework für maschinelles Lernen, geschrieben in Python und C++. Seit 2015 ist diese nun verfügbar. Die Kernkompetenz des Frameworks beschränkt sich maßgeblich auf Neuronale Netze und Deep Learning, setzt dies aber konsequent um. Dazu bietet Google einen kommerziellen Dienst namens „Cloud Machine Learning Engine“ sowie verschiedene, auf Anwendungsfälle zugeschnittene APIs wie z.B. „Natural Language API“, „Speech API“ und „Vision API“. Die Engine läuft in der Google Cloud und lässt sich pro Stunde und Trainingseinheit bezahlen. Der Preis rangiert von 0,32 US\$ bis 28,0 US\$. Mit der

⁸ <https://www.tensorflow.org/>

quelloffenen „TensorFlow for R“-Bibliothek ist TensorFlow ebenfalls gut in die R-Entwicklungsumgebung integriert.

Die *BURLAP*-Bibliothek⁹ (*Brown-UMBC Reinforcement Learning and Planning*), eine Java-Bibliothek zu Reinforcement Learning, zuerst veröffentlicht im September 2013, ist mittlerweile in Version 3 verfügbar. *BURLAP* war auch Designvorlage für die in LivingCare implementierte Reinforcement-Learning-Bibliothek RLFX. *BURLAP* beinhaltet weniger Algorithmen als RLFX, ist aber zumindest hinsichtlich des Designs des Zustands- und Aktionsraums mächtiger. Was *BURLAP* nicht beinhaltet ist eine Möglichkeit zur verteilten Berechnung sowie die vielen Data-Mining-Algorithmen zur Funktionsapproximation, die in LivingCare angebunden wurden. *BURLAP* ist ebenfalls unter MIT-Lizenz veröffentlicht.

5 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses

Der Entwurf des Systems inklusive einer ersten Datenanalyse wurde beim AAL Kongress 2016 in Frankfurt publiziert:

Eckert, R., Müller, S., Glende, S., Gerka, A., Hein, A., & Welge, R. (2017). LivingCare—An Autonomously Learning, Human Centered Home Automation System: Collection and Preliminary Analysis of a Large Dataset of Real Living Situations. In *Ambient Assisted Living* (pp. 55-72). Springer, Cham.

Die Softwarepakete „Data Mining“ und „Reinforcement Learning“ wurden inklusive Leitfäden zum Aufsetzen der Architektur und Verwenden der Algorithmen auf der institutseigenen Website <http://www.institut-vaust.de> veröffentlicht.

Die Evaluation des Gesamtsystems, insbesondere die Bewertung der entwickelten selbstlernenden Komponenten und ihrer Ergebnisse ist im Rahmen eines Journal-Artikels für den Sommer 2018 geplant.

⁹ <http://burlap.cs.brown.edu/>

6 Literaturverzeichnis

- Agrawal, R., & Srikant, R. (1994, September). Fast algorithms for mining association rules. In Proc. 20th int. conf. very large data bases, VLDB (Vol. 1215, pp. 487-499).
- Bezdek, J. C. (2013). Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms. Springer Science & Business Media.
- Breiman, Leo, Jerome Friedman, Charles J Stone, and Richard A Olshen. 1984. *Classification and Regression Trees*. CRC press.
- B.H. Busch, A. Kujath, H. Witthöft, R. Welge. Preventive Emergency Detection Based on the Probabilistic Evaluation of Distributed, Embedded Sensor Networks, Ambient Assisted Living, 4. AAL-Kongress 2011, Berlin, Germany, January 25-26, 2011, Springer, 2011
- Campello, R. J., Moulavi, D., & Sander, J. (2013, April). Density-based clustering based on hierarchical density estimates. In Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (pp. 160-172). Springer Berlin Heidelberg.
- Cook, Diane J, and M Schmitter-Edgecombe. 2009. "Assessing the Quality of Activities in a Smart Environment." *Methods of Information in Medicine* 48 (5). NIH Public Access: 480.
- Cortes, C., & Vapnik, V. (1995). Support-vector networks. *Machine learning*, 20(3), 273-297.
- Dimitriadou, Evgenia, Kurt Hornik, Friedrich Leisch, David Meyer, and Andreas Weingessel. 2008. "Misc Functions of the Department of Statistics (E1071), TU Wien." *R Package* 1: 5–24.
- Ester, M., Kriegel, H. P., Sander, J., & Xu, X. (1996, August). A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise. In *Kdd* (Vol. 96, No. 34, pp. 226-231).
- Ho, T. K. (1995, August). Random decision forests. In *Document Analysis and Recognition, 1995., Proceedings of the Third International Conference on* (Vol. 1, pp. 278-282). IEEE.
- Holt, C. C. (2004). Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted moving averages. *International journal of forecasting*, 20(1), 5-10.
- N. Liu, B.C. Lovell, Gesture classification using Hidden Markov Models and Viterbi Path Counting. Proc. 7th Digital Image Computing: Techniques and Applications (2009)

MacQueen, J. (1967, June). Some methods for classification and analysis of multivariate observations. In Proceedings of the fifth Berkeley symposium on mathematical statistics and probability (Vol. 1, No. 14, pp. 281-297).

Sutton, R. S., & Barto, A. G. (1998). Reinforcement learning: An introduction (Vol. 1, No. 1). Cambridge: MIT press.

Werbos, P. J. (1982). Applications of advances in nonlinear sensitivity analysis. In System modeling and optimization (pp. 762-770). Springer Berlin Heidelberg.

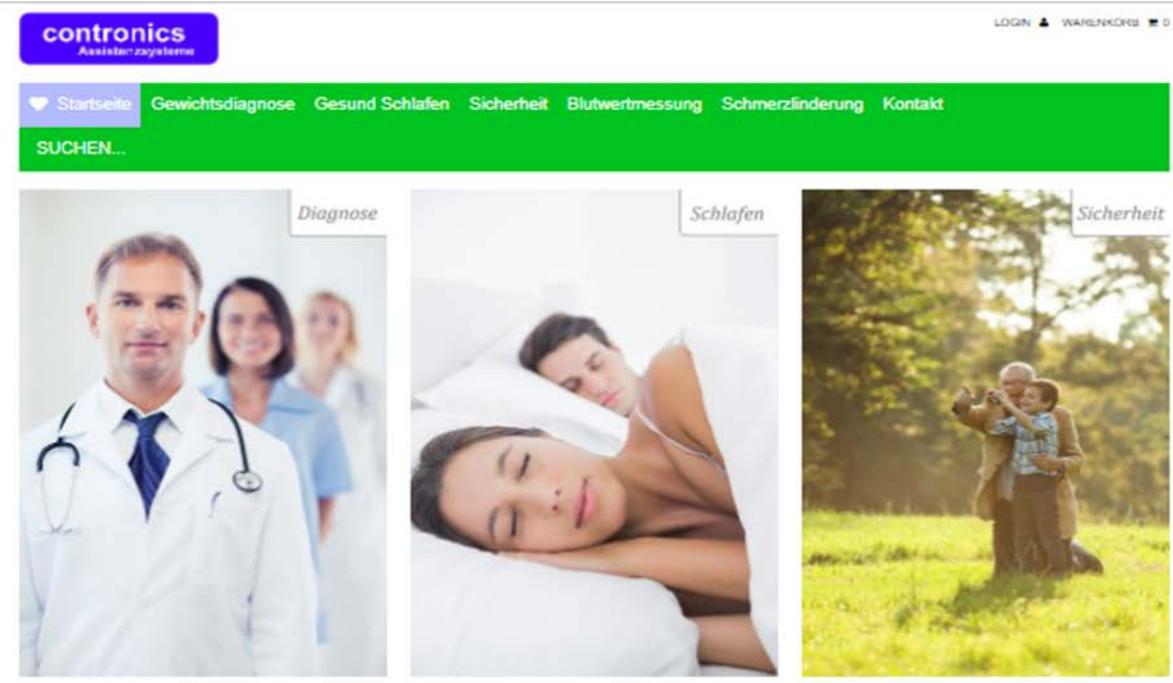
Winters, P. R. (1960). Forecasting sales by exponentially weighted moving averages. Management science, 6(3), 324-342.

Zaki, M. J. (2001). SPADE: An efficient algorithm for mining frequent sequences. Machine learning, 42(1), 31-60.

III. Anhang

1 Anhang zu AP 5 (Kapitel II.1.5)

Im Folgenden sind einige Internetseiten des Online-Shops abgebildet. Dies umfasst die Startseite des Shops, die Themenseiten und die Beschreibungen der angebotenen Produkte.



Der Online Shop für Gesundheit und Sicherheit

In diesem Online Shop finden Sie technische Produkte, die Ihnen helfen Ihre Gesundheit zu verbessern und sich sicher zu fühlen. Zudem können Sie sich in unserem Shop umfassend über die verschiedenen Gesundheitsthemen informieren. Alle angebotenen Produkte in unserem Shop wurden von uns ausführlich getestet, sodass Sie sich sicher sein können, dass wir Ihnen ausschließlich Qualitätsprodukte anbieten von denen wir selbst überzeugt sind. Wir liefern alle Produkte versandkostenfrei. Alle Artikel lagernd und sofort lieferbar. Heute bestellt, meist schon morgen bei Ihnen.

Brauchen Sie Beratung oder haben Sie Fragen? Wir helfen Ihnen gerne unter der Rufnummer 02275-919644 oder per Mail an office@contronics.de

Produktübersicht

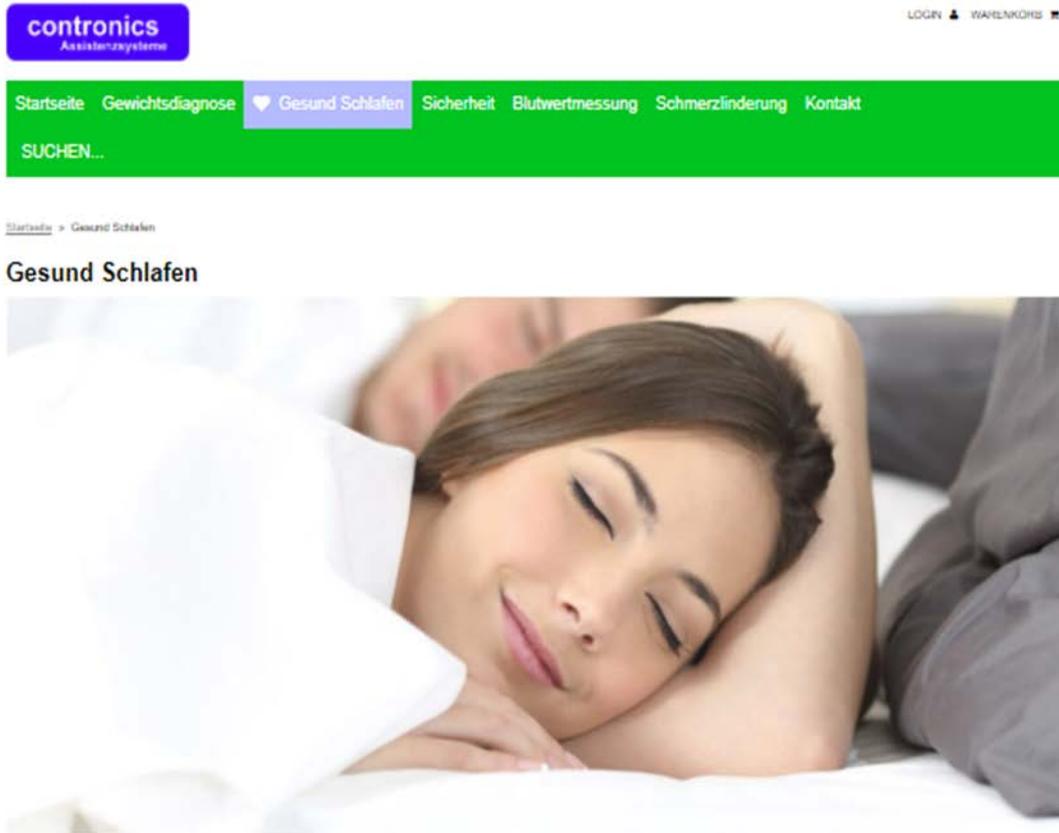


Haben Sie Fragen? Kontaktieren Sie uns doch einfach ganz unverbindlich unter folgender Rufnummer 02275 / 919644 oder schreiben Sie eine Mail an office@contronics.de

[Über uns](#) [AGB](#) [Datenschutz](#) [Impressum](#) [Versand](#) [Zahlungsweisen](#)



Abbildung 42: Startseite des Online-Shops



Schlaflosigkeit und Schlafstörungen und was Sie dagegen tun können

Die Anforderungen an unseren Alltag werden immer größer. Familie und Job, Bewegung und Sport, Freunde treffen und einfach mal zur Ruhe kommen – das alles und noch viel mehr muss unter einen Hut gebracht werden. Die Regeneration und Energiequelle für den Menschen ist ein gesunder und erholsamer Schlaf. Doch was können wir tun, wenn es trotzdem nicht klappt? Wenn Sie sich morgens wieder gerädert fühlen, am liebsten liegen bleiben und die Decke über den Kopf ziehen möchten: Gehen Sie der Ursache auf den Grund, analysieren Sie zu Hause Ihren Schlaf so präzise wie im Schlaflabor, nutzen Sie Produkte, die Ihnen das Einschlafen, Durchschlafen und einen aktiven Start in den Tag ermöglichen. Unten stehend finden Sie einen Schlafsensor, der Ihnen hilft, Ihr ganz persönliches Schlafverhalten zu verstehen und zu verbessern. Ausgeschlafen lebt es sich einfach besser!

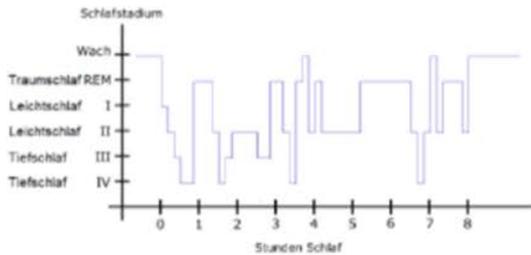
Die Schlafphasen



Abbildung 43: Themenseite zum gesunden Schlafen, Teil 1

Insgesamt gibt es vier verschiedene Schlafphasen. Die **Einschlafphase** ist ein sehr leichter Schlaf und bildet den Übergang zwischen Wachsein und Schlafen. Der gesamte Körper kommt zur Ruhe und die Atmung wird gleichmäßiger. Auch der Puls wird regelmäßiger und die Muskeln entspannen sich. Der **leichte Schlaf** gliedert sich in zwei Phasen. Die Erste ist nur sehr kurz und dauert lediglich bis zu zehn Minuten. Die Muskelspannung lässt nach, was mitunter zu willkürlichen Zuckungen einzelner Körperteile führen kann. In der darauffolgenden Phase sind die Muskeln entspannt. Danach tritt man in die beiden Tiefschlafphasen ein. In dieser Schlafphase ist es sehr schwer, den Schlafenden wieder aufzuwecken. Hier findet nun auch die eigentliche körperliche Erholung statt. Diese verschiedenen Phasen werden jede Nacht mehrmals durchlaufen. Jeweils nach 60 bis 90 Minuten tritt der **REM-Schlaf** ein. REM steht für Rapid Eye Movement und besagt, dass sich die Augen in dieser Schlafphase sehr schnell bewegen. Auch das Gehirn ist in dieser Phase sehr aktiv. Untersuchungen zeigen, dass Menschen, die im REM-Schlaf geweckt werden, sich besonders häufig an Träume erinnern können. In dieser Schlafphase ist die Muskulatur besonders entspannt. Dies soll den Körper wohl davor schützen, dass er sich beim Ausleben der Träume selbst verletzt. Nach dem REM-Schlaf tritt der Körper wieder in den leichten Schlaf ein – die Abfolge der Schlafphasen beginnt von Neuem.

Bild zeigt das Schlafstadium bei einem Gesunden Schlaf



Dies wiederholt sich im Laufe einer Nacht mehrfach. Die Dauer des REM-Schlafes wird dabei immer länger. Zu Beginn der Nacht dauert er nur wenige Minuten, am Ende dann aber bis zu eine Stunde. Bei Patienten mit Schlafstörungen folgt der Schlaf einem anderen Muster. Die Einschlafphase ist sehr lang und der Schlaf wird von häufigem Aufwachen unterbrochen. Der Körper kann sich durch den gestörten Schlafrhythmus nachts nicht erholen und morgens fühlt man sich erschöpft und müde.

Warum Schlafen so wichtig ist

Knapp ein Drittel des Lebens verschläft der Mensch. Für den Körper ist Schlaf lebenswichtig, er dient der Regeneration und Reparatur aller Organe. Zwar fährt der Organismus Funktionen wie Herzschlag und Blutdruck herunter, ist aber gleichzeitig hochaktiv. Während wir schlafen, verbraucht unser Körper genauso viel Energie wie im Wachzustand.

Schlafdauer des Menschen

Der Mensch braucht acht Stunden Schlaf. Falsch! Es ist zwar richtig, dass die meisten Menschen zwischen sieben und acht Stunden pro Nacht schlafen. Ein allgemeingültiges Schlafmaß gibt es aber nicht. „20 Prozent der Menschen brauchen beispielsweise nur fünf Stunden Schlaf“. Der beste Schlaf ist der vor Mitternacht. Falsch! Nicht die zeitliche, sondern die biologische Mitternacht ist ausschlaggebend für einen tiefen Schlaf. Diese ist nicht um 0, sondern zwischen 3 und 4 Uhr. In diese Zeit fallen viele Tiefschlafphasen, die für die körperliche Erholung wichtig sind. Ältere Menschen schlafen weniger. Stimmt – aber nur minimal! Sie brauchen eine halbe Stunde weniger Schlaf. „Die innere Uhr ändert sich mit dem Alter. Der Mensch wird zum Morgenmenschen“. „Auch werden Sie abends früher müde. Dann gehen Sie schon um acht ins Bett, wachen aber um drei Uhr wieder auf und denken: Ich habe Schlafstörungen. Dabei haben Sie sieben Stunden geschlafen.“

Ihr persönliches Schlaflabor am Handgelenk

Manchmal schlafen wir gut, manchmal schlecht, manchmal zu kurz und manchmal zu lang. Die Ursachen sind vielfältig und beginnen damit, dass man sich zu wenig Schlaf gönnt. Es kann aber auch die schlechte Matratze, Lärm, die Luft, die Temperatur oder das falsche Essen oder Trinken sein. Am nächsten Morgen wachen wir auf und fühlen uns unausgeruht oder schlecht.

Im Schlaf misst die Fitness-Uhr verschiedene Phasen:

- Die REM-Phase in der wir träumen und unser Gehirn sehr aktiv ist
- Wach-Phasen die für jeden Menschen ganz natürlich sind die wir aber nur selten wahrnehmen
- Leichtschlaf-Phasen in denen wir uns häufiger bewegen und schnell und leicht aus dem Schlaf zu holen sind
- Tiefschlaf-Phasen

Diese Phasen durchlaufen wir mehrmals in der Nacht. Sie sind davon abhängig, wie sich die Schlafsituation darstellt.

Mit der angebotenen Fitness-Uhr haben Sie Ihr ganz persönliches Schlaflabor am Handgelenk. Die Uhr misst Ihre Körperfunktionen und leitet daraus Ihre Schlafphasen ab. Sie macht Ihre Nacht für Sie transparent und lässt Sie erkennen, wie Sie geschlafen haben. Haben Sie einen intensiven Tiefschlaf? Wie ausgeprägt sind Ihre Wachphasen? Schon nach wenigen Tagen wissen Sie mehr über sich. Die Daten werden über Nacht in der Uhr gespeichert und dann am nächsten Tag via Bluetooth auf Ihre Smartphone-App übertragen und dort ausgewertet. Doch die „Uhr“ (Fitness Uhr) kann noch viel mehr, wenn Sie sie täglich tragen.

Klicken Sie auf das unten stehende Produkt, um mehr über die Fitness-Uhr zu erfahren.



Schlaf-, Puls- und Fitness-Uhr - Fitb...

Abbildung 44: Themenseite zum gesunden Schlafen, Teil 2

contronics
Assistenzsysteme

LOGIN ▲ WARENKORB 0

Startseite Gewichtsdiagnose Gesund Schlafen **Sicherheit** Blutwertmessung Schmerzlinderung Kontakt

SUCHEN...

Startseite » Sicherheit

Sicherheit

Wir wollen unabhängig bleiben bis ins hohe Alter. Selbstständig vor die Türe gehen, längere Spaziergänge genießen, wandern, einfach machen wozu wir Lust haben. Wer häufig alleine unterwegs ist, kennt das Risiko in Not zu geraten. Das kann ein Sturz sein, ein Überfall, aber auch Orientierungsverlust. Wir wissen, dass diese Risiken mit dem Alter zunehmen. Mit moderner Technik ist es möglich, an jedem Ort einen Notruf zu senden und damit automatisch auch die Position zu übertragen. Der von uns angebotene Notruftknopf Moni bietet zahlreiche Möglichkeiten, sich sicherer zu fühlen und wenn der Notfall eintritt schnell Hilfe zu holen.



Sicherheit ist ein Thema, welches jeden betrifft. Schnell ist es passiert und Sie sind in einem Wald oder alleine in der Wohnung gestürzt. Telefonieren ist in einer Notfallsituation oftmals nicht möglich. Der Notrufsender Moni kann in einer solchen Situation helfen. Es muss der Notruftknopf nur wenige Sekunde betätigt werden und es werden automatisch drei hinterlegte Kontaktpersonen gleichzeitig angerufen. Die erste Kontaktperson die den Anruf annimmt wird mit dem Notruftknopf verbunden. Die anderen Kontaktpersonen werden trotzdem per SMS über den Notfall informiert. Über den Internet Browser wird der Standort des Notruftknopfs Moni jederzeit angezeigt und die Person kann im Notfall zuverlässig gefunden werden. Fühlen Sie sich auch unterwegs sicher, denn der kompakte Handsender passt in jede Hosentasche und sendet überall dank GPS eine Benachrichtigung an Ihre hinterlegten Kontaktpersonen. So können Sie sicher sein das Ihnen im Ernstfall geholfen wird.

Erhöhen Sie Ihre Sicherheit

Das unten stehende Produkt soll Sie dabei unterstützen Ihre Sicherheit zu erhöhen, damit Sie auch unterwegs oder, wenn Sie alleine sind, sich sicher fühlen können.



Notruftknopf Moni

144,95 €

Artikel 1-1 von 1

Haben Sie Fragen? Kontaktieren Sie uns doch einfach ganz unverbindlich unter folgender Rufnummer 02275 / 919644 oder schreiben Sie eine Mail an office@contronics.de

[Über uns](#) [AGB](#) [Datenschutz](#) [Impressum](#) [Versand](#) [Zahlungsweisen](#)



Abbildung 45: Themenseite zur Sicherheit

contronics Assistenzsysteme

LOGOUT WARENKORB

Startseite Gewichtsdiagnose Gesund Schlafen Sicherheit **Blutwertmessung** Schmerzlinderung Kontakt

SUCHEN...

Startseite > Blutwertmessung

Blutwertmessung



Blutdruck und Blutwerte zu hoch

Schätzungsweise 20 Millionen Deutsche leiden unter erhöhtem Blutdruck. In der Altersgruppe über 65 Jahren ist es wahrscheinlich sogar jeder Zweite.

Die Anzahl derer, die einen eher niedrigen Blutdruck haben, dürfte weit darunter liegen. Betroffen sind einerseits eher jüngere Menschen, andererseits Ältere. Letztere können Probleme beim Wechseln vom Liegen zum Stehen oder Sitzen haben. Denn bei plötzlichen Veränderungen der Körperposition in die aufrechte Haltung oder beim Bücken kann der Blutdruck stark abfallen. Wenn der Kreislauf nicht rasch gegensteuert, sind Symptome wie Schwarzwerden vor den Augen, starker Schwindel, Kopfschmerzen, Ohrensausen und Kollaps möglich. Die Selbstkontrolle des Blutdrucks liefert Ihnen und Ihrem Arzt wichtige Werte. Messen Sie bequem von zu Hause oder von unterwegs.

Der Blutdruck steigt, wenn sich die Herzfrequenz erhöht oder die Blutgefäße zusammenziehen, auf längere Sicht wirkt sich dies gefährlich aus, da dadurch eine Herzvergrößerung stattfinden kann, bei chronisch erhöhtem Blutdruck. Dies entsteht, weil das Herz eine normale Menge Blut dem Körper durch verengte Arterien zuführen hat und dadurch mehr arbeiten muss, als es seiner Anlage entspricht. Um die benötigte Blutmenge trotz des Widerstands weiterzutransportieren, erweitert sich das Herz. Das Herz arbeitet also mehr, erhält weniger Nährstoffe und bildet überflüssiges Gewebe aus. Wie jeder andere Muskel ermüdet es irgendwann, verkrampft sich schmerzhaft und versagt vielleicht. Eine zweite Gefahr des Bluthochdrucks besteht darin, dass eine Arterie platzen kann oder ein Blutgerinnsel die kleinen Gefäße verstopft. Bei Gefäßverstopfung werden die betroffenen Zellen nicht mehr versorgt. Zum Herzinfarkt kommt es, wenn die Zellen des Herzmuskels betroffen sind. Das gleiche geschieht, wenn von den Nerven, die für die Regulierung des Herzschlages zuständig sind, zu viele beschädigt wurden, oder wenn die Blutmenge, die zum Herzen zurücktransportiert wird, zu gering ist.

Übersicht der Blutdruckwerte

Welche Blutdruckwerte sind normal?

	Hoher Wert (systolisch in mm Hg)	Niedriger Wert (diastolisch in mm Hg)	Empfehlung
Normaler Blutdruck			
optimal	unter 120	unter 80	Keine Sorgen machen
gut	120-129	80-84	Keine Sorgen machen
noch normal	130-139	85-89	häufiger kontrollieren
Hochdruck			
leicht	140-159	90-99	zum Arzt gehen
mittel	160-179	100-109	zum Arzt gehen
schwer	über 179	über 109	zum Arzt gehen, hohes Risiko

Bei der Blutdruckmessung werden immer zwei Werte ermittelt: ein hoher Blutdruck während das Herz bei jedem Schlag pumpt und ein niedriger Blutdruck während den Pausen dazwischen.

Erkennen Sie rechtzeitig einen zu hohen Blutdruck

Das unten stehende Produkt soll Ihnen dabei helfen Ihre Blutwerte gezielt überprüfen zu können, damit Sie frühzeitig auf Auffälligkeiten reagieren können.



Abbildung 46: Themenseite zur Blutdruckmessung

Startseite » Fitnesstracker » Schlaf-, Puls- und Fitness-Uhr - Fitbit Charge 2



Schlaf-, Puls- und Fitness-Uhr - Fitbit Charge 2

€149,95

inkl. €23,04 (19,0% MwSt.)

Variante

Menge [In den Warenkorb](#)

Schlaf-, Puls- und Fitness-Armband für die Aufzeichnung und Auswertung Ihrer Körperfunktionen

Diese Fitness-Uhr kann viel mehr als nur die Zeit anzeigen. Tag und Nacht am Handgelenk getragen misst sie den Puls und die Aktivität und kann aus diesen Werten automatisch Körperfunktionen errechnen. Die Daten werden in der Uhr gespeichert und in regelmäßigen Abständen über Bluetooth zu Ihrem Smartphone übertragen. Nachfolgend eine [Auswahl](#) der durch das Gerät angebotenen Möglichkeiten:

- Die Schlafphasen sowie die Länge der Schlafphasen (grafisch)
- Die täglich „geleisteten“ Schritte
- Die verbrauchten Kalorien
- Die mit dem Fahrrad zurückgelegte Strecke
- Die Herzfrequenz (Kurve)

Der Fitness-Uhr ist sehr kompakt und hat trotzdem eine Akku-Laufzeit von 5 Tagen (USB Ladegerät wird mitgeliefert). Die Bedienung ist durch die kostenlose Fitbit App für Android und iPhone Geräte sehr einfach und innovativ. Für die Einrichtung der Fitness-Uhr wird ein Smartphone benötigt. Das mitgelieferte Armband ist austauschbar.

Probieren Sie es aus! Wenn Sie dieses Gerät besitzen, werden Sie über sich und Ihren Körper viel lernen und erfahren.



Abbildung 47: Produktbeschreibung der Schlaf-, Puls- und Fitness-Uhr - Fitbit Charge 2

[Startseite](#) » [Sicherheit](#) » [Notrufknopf Moni](#)





Notrufknopf Moni

€144,95 einmalig zzgl. monatlich 16,99€ für die enthaltene Sim Karte

inkl. €23,14 (19,0% MwSt.)

Menge [In den Warenkorb](#)

Schutz für zuhause & unterwegs

Mit dem mobilen Notfallknopf MONI von AKLEBIA können Sie bei einem Unfall oder in anderen Notsituationen schnell und unkompliziert eine Telefonverbindung zu Ihren hinterlegten Notfallkontakten herstellen. Der Notrufknopf ist mit einer Freisprechfunktion ausgestattet und übermittelt Ihren Standort per GPS.

MONI schenkt Ihnen wieder mehr Selbstständigkeit und Sicherheit im Alltag egal ob daheim oder unterwegs. MONI funktioniert auch im europäischen Ausland und stellt schnell und sicher eine Verbindung zu dem bestverfügbaren Mobilfunknetz her. Auf der AKLEBIA-Plattform haben Sie die Möglichkeit den Standort oder Akkustand der MONI einzusehen. Zusätzlich haben Sie die Möglichkeit individuelle Sicherheitszonen anzulegen, die besonders für Demenz und Alzheimerpatienten geeignet sind.

Überblick der Produkteigenschaften

- Ein drei Sekunden langer Knopfdruck löst den Notruf aus und aktiviert die Freisprechfunktion.
- Genaue Standortdaten werden auf der AKLEBIA Plattform angezeigt.
- Bis zu 3 persönliche Notfallkontakte hinterlegen.
- Eigene Sicherheitszonen hinterlegen.
- Der Monatspreis deckt alle angefallenen Kosten für Gespräche bei einem SOS-Notruf – europaweit!
- MONI wählt immer das beste Mobilfunknetz in Ihrer Nähe aus.
- Hohe Akkulaufzeit von bis zu 5 Tagen.
- Monatlich kündbar.

Besonders geeignet...

- Für Senioren, die gerne viel unterwegs sind
- Für Schutz und Sicherheit in der Natur im gesamten EU-Ausland
- Für Demenz oder Alzheimerpatienten

Hinweis: Bei diesem Produkt ist nur Lastschrift als Zahlungsart möglich
 Sofern Sie den Artikel Notrufknopf Moni im Warenkorb hinterlegt haben, steht als Zahlungsart nur Lastschrift zur Verfügung, da die monatlichen Kosten von 16,99 € für die enthaltene SIM Karte per Lastschrift von Ihrem Konto abgebucht werden. Wenn Sie andere ausgewählte Produkte mit einer anderen Zahlungsart bestellen möchten, entfernen Sie bitte die ausgewählten Produkte wieder aus Ihrem Warenkorb und tätigen für die ausgewählten Produkte eine separate Bestellung mit Ihrer gewünschten Zahlart.

Mobiler Notruf für Senioren: Notfallknopf MONI



Abbildung 48: Produktbeschreibung des Notrufknopfs Moni

[Startseite](#) » [Blutdruckmessung](#) » Blutdruckmessgerät iHealth BP7S



Blutdruckmessgerät iHealth BP7S

€79,95

inkl. €12,77 (10,0% MwSt.)

Menge

1

In den Warenkorb

Kontrollieren Sie Ihren Blutdruck auf smarte Weise!

Das vernetzte Handgelenk-Blutdruckmessgerät iHealth View misst Ihren Blutdruck, Ihre Herzfrequenz und erkennt Arrhythmien. Finden Sie mit der Anzeige auf dem Bildschirm die richtige Position an Ihrem Handgelenk für optimale Messungen. Sehen Sie sich die Ergebnisse direkt auf dem LED-Display des Messgeräts an. Das Blutdruckmessgerät kann zwischen zwei Synchronisationen bis zu 120 Messungen speichern und ermöglicht Ihnen somit eine Nutzung mit oder ohne Smartphone.

iHealth My Vitals App

Mit der kostenlosen Smartphone App iHealth MyVitals für Android und Iphone Geräte bietet Ihnen das Blutdruckmessgerät eine vollständige Verfolgung und einen Ergebnis-Verlauf Ihrer Daten in grafischer Form. Sie können Ihre Ergebnisse über einen längeren Zeitraum vergleichen und Erinnerungen einstellen.

Die Synchronisation der Daten in die iHealth App erfolgt über Bluetooth.

Eigenschaften

- Schnittstelle: Bluetooth 4.0
 - Abmessungen: 72 x 74 x 17,6 mm
 - Bildschirmgröße: 44 x 26 mm
 - Manschetten-Umfang: 13,5 cm - 22 cm
 - Gewicht: 120 g
 - Messverfahren: oszillometrisch mit automatischem Auf- und Abpumpen
 - Stromversorgung: 5 V DC, 1,0 A, 1 x 3,7 V Li-Ion 400 mAh
 - Messbereich: systolisch: 60-260 mmHg diastolisch: 40-199 mmHg
 - Puls: 40-180 Schläge pro Minute
 - Betriebsbedingungen: Temperatur: 5 °C ~ 35 °C, Luftfeuchtigkeit: 20-90 % RH
 - Lager- und Transportbedingungen: Temperatur: -20 °C ~ 55 °C, Luftfeuchtigkeit: <95
- Lieferumfang: 1 Blutdruckmessgerät iHealth View, 1 Kurzanleitung, 1 Bedienungsanleitung, 1 Mini-USB-Kabel, 1 Aufbewahrungsetui



Abbildung 49: Produktbeschreibung des Blutdruckmessgeräts iHealth BP7 S

[Startseite](#) » [Gewichtsdagnose](#) » Körperanalyse Waage iHealth CORE HS6



Körperanalyse Waage iHealth CORE HS6

€109,95

inkl. €17,58 (19,0% MwSt.)

Menge [In den Warenkorb](#)

Messen Sie Ihr Gewicht auf smarte Weise!

Die Online-Körperanalysewaage misst Ihr Gewicht und Ihren BMI. Sie berechnet außerdem die Anteile an Körperfett, magerer Masse, Muskelmasse, Knochenmasse, den Wasseranteil und den Bauchfettanteil.

Die vernetzte Körperanalyse Waage iHealth Core misst und zeigt Ihr Gewicht und Körperfett auf dem Display mit Hintergrundbeleuchtung an. Dank ihrer Elektroden kann die Waage außerdem Ihren BMI und verschiedene Arten von Körpermasse berechnen, damit Sie besser verstehen, wie sich Ihr Gewicht zusammensetzt. Die Körperanalysewaage zeigt zudem die Umgebungstemperatur und -feuchtigkeit im Raum an. Die iHealth Core unterstützt bis zu 10 Nutzer, so kann sich jedes Familienmitglied wiegen und seine eignen Daten abrufen.

Analysieren Sie die Zusammensetzung Ihres Körpers!

Zusätzlich zu den Funktionen einer klassischen Waage (Gewicht und BMI) berechnet iHealth Core, dank der vier Elektroden unter Ihren Füßen, 6 verschiedene Arten von Körpermasse:

- Ein Algorithmus berechnet Ihren geschätzten, optimalen täglichen Kalorienverbrauch.
- Den Prozentanteil an Körperfett, berechnet aus dem Verhältnis der Fettmenge und dem Körpergewicht.
- Der Anteil in Kilogramm an Muskelmasse zeigt das Gewicht der Muskeln Ihres Körpers an.
- Der Anteil in Kilogramm an Knochenmasse zeigt die Menge der Knochen in Ihrem Körper an.
- Den Anteil in Kilogramm an fettfreier Masse, berechnet aus der Differenz Ihres Gesamtgewichts und der Fettmenge.
- Der Prozentanteil an Körperwasser im Verhältnis zum Gesamtgewicht zeigt die aktuelle Flüssigkeitsmenge Ihres Körpers an.
- Der Anteil an viszeralem Bauchfett wird als Index angezeigt: Fett, das sich in der Bauchhöhle befindet und Ihre wichtigen Organe umgibt.

iHealth My Vitals App

Sobald die Waage über WLAN mit Ihrer kostenlosen iHealth MyVitals App (erhältlich für iOS und Android) verbunden ist, können Sie in grafischer Form sehen, wie sich die ausgewählten Messergebnisse im Laufe der Zeit verändert haben. Sehen Sie sich jederzeit Ihren Ergebnis-Verlauf an, setzen Sie sich Ziele, um das bestmögliche Ergebnis zu erreichen und teilen Sie die Daten sicher mit Ihrem Arzt, Ihrer Familie und Freunden.

Abbildung 50: Produktbeschreibung der Körperanalyse-Waage iHealth CORE HS6

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN -	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel LivingCare: Ein autonom lernendes Automatisierungssystem für nachhaltiges und altersgerechtes Wohnen	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Müller, Sebastian Welge, Ralph Prof. Dr.-Ing.	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.08.2018
	6. Veröffentlichungsdatum 01.03.2018
	7. Form der Publikation Offizieller Schlussbericht des Projektes gemäß NKBF
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Leuphana Universität Lüneburg Universitätsstr. 1 21335 Lüneburg	9. Ber. Nr. Durchführende Institution -
	10. Förderkennzeichen 16SV7205
	11. Seitenzahl 171
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. Literaturangaben 17
	14. Tabellen 32
	15. Abbildungen 50
16. Zusätzliche Angaben n/a	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) n/a	
18. Kurzfassung Ziel des Projekts „LivingCare“ war die Entwicklung und Evaluation eines humanzentrierten, lernfähigen Hausautomationssystems, welches Szenarien aus den Bereichen Assistenz im Alter/Prävention, Komfort/Sicherheit sowie Energieeffizienz abdeckt und sich „lebensbegleitend“ an sich ändernde Präferenzen, Bedarfe und Verhaltensmuster der Nutzer anpasst. Es wurde ein lernfähiges Hausautomationssystem realisiert, welches Verhaltensmodelle des Bewohners sowie der Wohnumgebung erlernt und auf Basis von Data-Mining- und Reinforcement-Learning-Verfahren eine automatische Anpassung an die Präferenzen und Gewohnheiten des Nutzers realisiert. Damit wird die Komplexität der Mensch-Technik-Interaktion bei der Nutzung eines Hausautomationssystems auch für technisch weniger versierte Nutzer handhabbar. Das System wurde in einem betreuten Wohnheim des Deutschen Roten Kreuz im Rahmen eines Feldtests installiert und evaluiert. Die neu entwickelte Sensorik hat dabei geholfen das Verhalten der Bewohner genauer aufzuzeichnen, wobei sich die Größe der Wohnräume als Herausforderung für das System herausgestellt hat. Dennoch konnten adaptive Systeme zur Steuerung des Lichts, der Heizung, zur Überwachung des Normalverhaltens sowie im Rahmen von Interventionen zur Verbesserung der Energieeffizienz implementiert werden. Nutzung und Akzeptanz des Systems wurde stark von der allgemeinen Technikbereitschaft der Nutzer beeinflusst.	
19. Schlagwörter Hausautomation, Maschinelles Lernen, Gesundes aktives Altern, Adaptive Systeme	
20. Verlag n/a	21. Preis n/a

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN -	2. type of document (e.g. report, publication) Final Report
3. title LivingCare: Ein autonom lernendes Automatisierungssystem für nachhaltiges und altersgerechtes Wohnen	
4. author(s) (family name, first name(s)) Müller, Sebastian Welge, Ralph Prof. Dr.-Ing.	5. end of project 31.08.2018
	6. publication date 01.03.2018
	7. form of publication official final report compliant with NKBF98 rules
8. performing organization(s) (name, address) Leuphana Universität Lüneburg Universitätsstr. 1 21335 Lüneburg Germany	9. originator's report no. -
	10. reference no. 16SV7205
	11. no. of pages 171
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. no. of references 17
	14. no. of tables 32
	15. no. of figures 50
16. supplementary notes n/a	
17. presented at (title, place, date) n/a	
18. abstract The objective of the "LivingCare" project was the development and evaluation of a human-centered, adaptive home automation system that covers scenarios in the areas of assistance in age / prevention, comfort / safety and energy efficiency and adapts "lifelong" to changing preferences, needs and behavior patterns of the users. A system was built which learned behavior models of the resident(s) and adapts to the users' needs and habits through methods of data mining and reinforcement learning. This enables less technically accomplished users to use home automation. The system was installed and evaluated at an assisted living facility operated by the German Red Cross. The newly developed sensors helped record the users' behaviour accurately, although the size of the flats turned out to be challenging for the task. Still, adaptive agents for controlling and timing of lighting, heating, supervision of normal behaviour and for energy efficiency interventions were implemented and used. Adoption and acceptance of the system was heavily influenced by the users' general view towards technology.	
19. keywords Home Automation, Machine Learning, Active and Healthy Aging	
20. publisher n/a	21. price n/a