

# Automatische Erkennung herausfordernden Verhaltens von Menschen mit Demenz und Identifikation von Interventionsstrategien

## Automatic detection of agitated behaviour of people with dementia and identification of intervention strategies

S. Bader<sup>1</sup>, F. Krüger<sup>1</sup>, A. Hein<sup>1</sup>, K. Yordanova<sup>1</sup> und T. Kirste<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universität Rostock, Institut für Informatik, Lehrstuhl Mobile Multimediale Informationssysteme, 18059 Rostock  
{sebastian.bader, frank.krueger2, albert.hein, kristina.yordanova, thomas.kirste}@uni-rostock.de

### Kurzfassung

Herausfordernde Verhaltensweisen von Menschen mit Demenz bedeuten für die pflegenden Angehörigen in der Häuslichkeit eine große Belastung. Um sie zu unterstützen soll ein Assistenzsystem entwickelt werden, welches auf Basis einer sensorischen Erfassung des Verhaltens automatisch Interventionsvorschläge generiert. Dazu werden die Daten mit einem Sensorarmband erfasst und zusammen mit Kontextinformationen interpretiert. Dieser Artikel beschreibt das Konzept und den strukturellen Aufbau des Systems, diskutiert vorhandene Lösungsansätze und zeigt offene Probleme auf.

### Abstract

Agitated behaviour of people with dementia are a heavy burden for caregivers. To support them we are aiming at an assistive system which, based on sensory inputs, generates suitable interventions. Based on a sensor bracelet, we gather data about the behaviour of the person and analyse it with respect to contextual information. In this article, we describe the general concept and structure of the system. We discuss existing approaches and identify open problems.

## 1 Einleitung

Laut einem Bericht in *Alzheimers Disease International* liegt die geschätzte Anzahl von Demenzzfällen bei 30 Millionen weltweit [1]. Der Umgang mit Menschen mit Demenz (Mhd.) in der Häuslichkeit stellt für die pflegenden Angehörigen eine hohe Belastung dar, welche eine frühe Institutionalisierung zu Folge hat [2]. Ein Grund sind die oft mit Demenz einhergehenden *herausfordernden Verhaltensweisen* [3], welche damit einen erheblichen Kostenfaktor darstellen [4]. Existierende Assessmentssysteme, wie zum Beispiel das *Innovative demenzorientierte Assessmentsystem* (kurz: *IdA*), bieten ein systematisches Analyse- und Vorgehensmodell für den Umgang mit herausforderndem Verhalten [5]. *IdA* umfasst einen Fragebogen für die strukturierte Erfassung der Auslöser von herausfordernden Verhaltensweisen sowie. Die manuelle Erfassung der notwendigen Informationen ist zum einen zeitintensiv, bedarf zum anderen aber auch der Durchführung durch eine professionelle Betreuungsperson.

Um die oben genannten Probleme zu adressieren, zielt das BMBF-Projekt *INSIDE-DEM* auf die Anpassung von *IdA* für den Kreis der pflegenden Angehörigen. Dabei soll sowohl die Erfassung von Informationen als auch die Selektion geeigneter Interventionsmaßnahmen vereinfacht und wenn möglich automatisiert werden. Ein wesentlicher Bestandteil des Systems sind die Erfassung und Verarbeitung sensorisch erfasster Informationen sowie die darauf auf-

bauende automatische Selektion geeigneter Interventionen. Zu diesem Zweck wird im Projekt *INSIDE-DEM* ein Sensorarmband weiterentwickelt und evaluiert, welches durch eine Vielzahl von Sensoren, die automatische Erfassung der aktuellen Situation des MmD ermöglicht. Darauf aufbauend werden wiederholte Verhaltensweisen identifiziert und geeignete Interventionsmaßnahmen vorgeschlagen. Zur Illustration der Idee soll das folgende Beispiel dienen:

*Herr M. fängt an in der Wohnung hin und her zu gehen und stört damit seine Frau. Der eigentlich Grund für das Wandern könnte aber die Suche nach einer Toilette sein, da der räumliche Orientierung bei Herrn M. nur sehr eingeschränkt vorhanden ist. Das Umherwandern wird aber von seiner Frau als unruhiges (event. gelangweiltes) Hin- und Hergehen interpretiert, welches sie stört. Dabei hat dieses Verhalten einen konkreten physiologischen Grund und ihm liegt eine bewusste Absicht zugrunde, nur kann Herr Müller diese Absicht nicht mehr artikulieren. Da das Assistenzsystem, zum einen das Herumwandern erkennt und auch die notwendige Kontextinformation kennt (Zeit seit dem letzten Aufenthalt im Bad), kann es einen Interventionsvorschlag generieren: „Fragen Sie Ihren Mann, ob er die Toilette sucht!“*

Analog zu Halek u.a. definieren wir herausforderndes Verhalten als:

„Herausforderndes Verhalten ist ein Verhalten:

- dessen Intensität, Dauer und Häufigkeit die körperliche, psychische und soziale Sicherheit der Person selbst, aber auch anderer bedroht
- das nicht immer negativ ist
- dessen Ursache nicht unbedingt bei der Person mit Demenz liegt
- dessen Interpretation/Bewertung von dem Kontext, in dem es stattfindet, abhängt und
- das die Pflegenden und ihre Umgebung zu einer Reaktion herausfordert.“ [30, S.3]

In diesem Artikel diskutieren wir in Abschnitt 2 die technischen Herausforderungen die in der Realisierung des angestrebten Systems liegen und beschreiben den aktuellen Stand der Wissenschaft. Wir beschreiben unser Gesamtkonzept der technischen Aspekte des Assistenzsystems in Abschnitt 3 und identifizieren die bisher noch nicht gelösten Probleme.

## 2 Technische Problemstellung / Anforderungen

In den folgenden Unterabschnitten werden wir einige der technischen Herausforderungen genauer betrachten. Dazu werden jeweils die genauen Anforderungen im Rahmen des Projektes definiert, verwandte Arbeiten diskutiert und offene Punkte identifiziert.

Abbildung 1 gibt einen Überblick über die Komponenten des Gesamtsystems. Es besteht aus einem Sensorarmband welches der MmD trägt und das auf Basis von Bluetooth-Low-Energy-Beacons in der Lage ist die Position innerhalb der Wohnung zu erkennen. Die abgeleiteten Interventionsstrategien werden dem Angehörigen auf einem mobilen Endgerät präsentiert. Die Verarbeitung der Daten und die Analyse der Situation geschieht zunächst auf einem Server in der Häuslichkeit (kann aber später auf dem Endgerät des Angehörigen erfolgen).

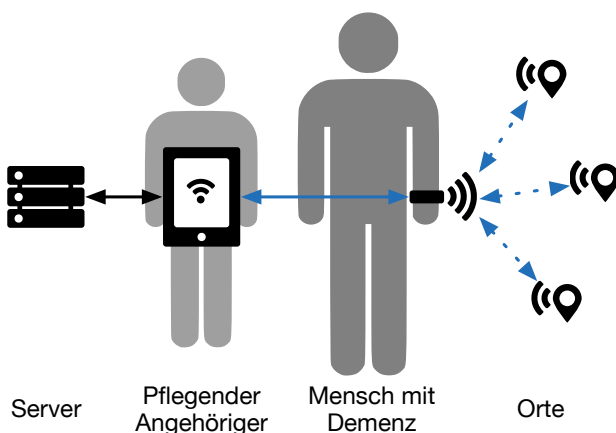


Abbildung 1: Überblick über die Systemkomponenten

Abbildung 2 stellt den Datenfluss zwischen den einzelnen Systemkomponenten dar.

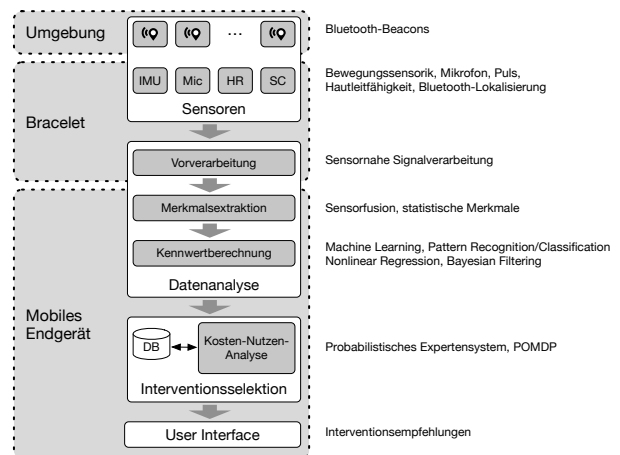


Abbildung 2: Datenfluss und Verarbeitungsschritte

### 2.1 Erkennung physischer Aktivitäten

Ein wesentlicher Punkt, welcher zu Beginn der Arbeiten geklärt werden muss, ist, welche konkreten Aktivitäten – sprich herausfordernden Verhaltensweisen – für die Anwendergruppe relevant sind bzw. deren automatisierte Erkennung technisch plausibel erscheint.

Allgemeine Anhaltspunkte liefern das *Cohen-Mansfield Agitation Inventory* (CMAI) [31] als auch das *Neuropsychiatric Inventory* (NPI) [32], beides gebräuchliche Assessmentverfahren zur Verhaltenserfassung bei Demenz in Form von Fragebögen für die Pflegenden. Darauf aufbauend finden sich in der Literatur Studien zur Häufigkeit einzelner Verhaltensweisen in der Praxis. [13] identifizieren in einer zweiwöchigen Beobachtung in 25 Seniorenheimen generelle Ruhelosigkeit, Fluchen bzw. verbale Aggression und ständige Suche nach Aufmerksamkeit als die häufigsten Faktoren, aber auch physische Verhaltensweisen wie zielloses Umherwandern, repetitive Bewegungen oder körperliche Aggressivität werden regelmäßig beobachtet. Ähnliche Häufigkeiten beobachten auch [14] und [15], wobei neben dem abweichenden motorischen Verhalten bzw. verbaler und physischer Aggression insbesondere auch generelle Apathie als auch repetitive Äußerungen und Bewegungsmuster beobachtet wurde. Von großer Relevanz sind die in den am Projekt beteiligten Pflegeheimen erfassten Fragebögen genannten Verhaltensauffälligkeiten. Hier bildet neben der Agitation die Apathie das häufigste Symptom, dazu kommen Verhaltensstörungen während der Nachtzeit. Abschließende Ergebnisse kann es nach der 2x4-wöchigen Initialdatenerfassung in den Pflegeheimen geben, während der begleitend durch geschulte *Dementia Care Mapper* (DCM) auf fünf-Minuten-Basis sämtliche im Zeitraum auftretenden Verhaltensweisen dokumentiert werden [34].

Das zweite Problemfeld bildet die sensorische Erfassbarkeit einzelner Verhaltensweisen. Aktigraphie wird seit einiger Zeit erfolgreich im Bereich der Demenzforschung

eingesetzt [16, 17, 18], liefert jedoch nur einen sehr grobgranularen Eindruck des täglichen Aktivitätsniveaus. Darüber hinausgehend ist uns nur ein Ansatz zur Detektion aggressiven Verhaltens mit Hilfe eines Body Sensor Networks bekannt [19, 20]. Generell lässt sich sagen, dass die Hauptschwierigkeit bei der Anwendbarkeit klassischer Aktivitätserkennungsverfahren (siehe z.B. [21]) in der großen Heterogenität der Patienten begründet ist welche eine komplett andere Nutzergruppe bilden. Selbst grundlegende Aktivitäten (base level activities) wie etwa das Gehen oder Laufen weichen vom Bewegungsmuster junger und gesunder Probanden stark ab.

Die Heterogenität findet sich nicht nur in der Ausprägung des Verhaltens, sondern auch von Person zu Person (verschiedene Menschen zeigen verschiedene Verhaltensweisen und diese zeigen oft von Patient zu Patient unterschiedliche Bewegungsabläufe), in der Dauer (kurze Aggression vs. stundenlanges Herumwandern), in der Schwere der Symptome (z.B. ruhiges Sitzen vs. Apathie), als auch in deren zeitlichem Auftreten (nächtliche Aktivität). Die einzelnen herausfordernden Verhaltensweisen sind auf unterschiedlichem abstraktem Niveau beschrieben (Gegenstände horten vs. mit Händen oder Füßen wippen), was bei ähnlichen Bewegungsmustern insbesondere die sensorische Unterscheidung zwischen zielgerichteten Tätigkeiten und irrationalem Verhalten erschwert (Zeitschrift holen vs. Herumräumen, Fortbewegung vs. Umherwandern), so dass hier nicht für alle Aktivitäten dasselbe Standardverfahren zum Einsatz kommen kann, sondern neben klassischen Mustererkennungsverfahren insbesondere für repetitive als auch zeitlich ausgedehnte wiederkehrende Verhaltensweisen neue Lösungen erarbeitet werden müssen. Zusätzlich zur traditionellen Bewegungssensorik und Lokalisation sollen auch physiologische Merkmale wie Herzrate und Hautwiderstand herangezogen werden um den Stress bzw. Erregungslevel in den Entscheidungsprozess mit einzubeziehen. Aus Gründen der Privatsphäre kommt eine permanente Audioaufzeichnung des Nutzers nicht in Betracht, so dass die automatische Detektion sämtlicher mit Vokalisation zusammenhängender herausfordernder Verhaltensweisen (Fluchen, wiederholtes Fragen etc.) von vorn herein ausgeschlossen werden muss.

## 2.2 Erkennung wiederkehrender Verhaltensweisen

Die Erfassung wiederkehrender Verhaltensweisen stellt einen wesentlichen Teilaspekt der automatischen Einschätzung der aktuellen Situation des MmD dar. Dabei ist grundsätzlich zwischen zwei Arten wiederkehrender Verhaltensweisen, die verschiedene Granularitätsstufen darstellen, zu unterscheiden. Die automatische Erkennung komplexer Verhaltensstrukturen wie zum Beispiel übliche Tagesabläufe, erlaubt über die Vorhersage möglicher zukünftiger Aktivitäten hinaus insbesondere die Erfassung von Abweichungen gegenüber sonstigen Verhaltensweisen. Eine Abweichung vom normalem Verhalten kann festgestellt werden, wenn Modelle des normalen Verhaltens vorliegen. Der temporale Verlauf des allgemeinen Ak-

tivitätsniveaus stellt einen wichtigen Indikator für Abweichungen im Tagesablauf dar. Die zeitliche Verschiebung des Verlaufes des Aktivitätsniveaus über den gesamten Tag hinweg, kann auf die Verschiebung des Tag-Nacht-Rhythmus hindeuten. Neben der Analyse des allgemeinen Aktivitätsniveaus, bietet eine genauere Analyse des Verlaufs komplexer Aktivitäten eine genauere Basis um mögliche Gründe für Veränderungen zu identifizieren. Temporale Modelle, welche die zeitlichen Beziehungen einzelner Aktivitäten reflektieren erlauben nicht nur eine genauere Erfassung der derzeitigen Aktivität sondern auch eine Aussage über potentielle Veränderungen der Handlungsstrukturen. Wie im vorhergehenden Abschnitt beschrieben, ist es dazu im ersten Schritt notwendig die tatsächlich auftretenden Aktivitäten und ihre temporalen Muster zu erfassen. Eine zentrale Herausforderung stellt hier die Frage nach typischen komplexen Verhaltensweisen und der Häufigkeit ihres Auftretens dar. Hier gilt es einen geeigneten Kompromiss zwischen einer grobgranularen Analyse des temporalen Verlaufes des Aktivitätsniveaus und einer feingranularen Modellierung möglicher komplexer Handlungsstrukturen zu finden.

Ein zweiter Aspekt wiederkehrender Verhaltensweisen stellt die Gruppe der feingranularen Verhaltensweisen dar. Im Fokus steht hier besonders das Ausführen von Manierismen (*repetitives motorischen Verhalten*) entsprechend des CMAI [31]. Beispiele solcher Verhaltensweisen sind ständiges Klopfen und Aufstehen und Hinsetzen. Ähnlich der Identifikation von auftretenden Aktivitäten, gilt es die in der adressierten Gruppe vorkommenden repetitiven Verhaltensweisen zu identifizieren. Laut Cullen et al. [15] stellen repetitive Verhaltensweisen großen Anteil an herausfordernden Verhaltensweisen. Bei 87% der Betroffenen (n=54) konnte mindestens eine repetitive Verhaltensweise erfasst werden. Der Anteil der motorisch repetitiven Verhalten stellt allerdings einen erheblich geringeren Anteil dar. Hwang et al. [22] beschreiben 59% aller wiederkehrenden Verhaltensweisen (56%) von stationären Patienten (n=141) als motorisch. Ähnlich wie bei der Erkennung einzelner bestimmter Verhaltensweisen, birgt die allgemeine Erkennung wiederkehrender Verhaltensweisen die Herausforderung einer großen Heterogenität. Es unterscheiden sich nicht nur die einzelnen Verhaltensweisen voneinander, sondern auch die Ausführung ähnlicher Verhaltensweisen von verschiedenen Personen. Zusätzlich ist unklar, inwieweit herausfordernde wiederholende Verhaltensweisen von Verhaltensweisen die ein ähnliches Sensorbild hervorrufen (z.B. Schritte) unterscheidbar sind.

Ein weiteres Problem stellt die geringe Menge an Trainingsdaten dar. Es ist unklar, ob und in welcher Menge die zu erwartenden Verhaltensweisen während der sensorischen Beobachtung auftreten. Geeignete Ansätze um dieses Problem anzugehen stellt das Forschungsfeld der Zeitreihenanalyse dar. Begum und Keogh [23] beschreiben zum Beispiel wie wiederkehrende Muster in Zeitreihen gefunden werden können. Sie beschränken sich dabei allerdings auf Muster mit konstanter, vorher bekannter Länge.

## 2.3 Ableitung von Interventionen

Ziel des Systems ist die Bereitstellung von Hinweisen für Angehörige um mit herausforderndem Verhalten von MmD umgehen zu können. Die primäre Zielgruppe für das System sind nicht-professionell pflegende Angehörige und keine ausgebildeten Pflegekräfte oder Mediziner. Dies muss bei der Auswahl und Präsentation der Interventionsvorschläge beachtet werden.

Die Auswahl geeigneter Interventionen zum Umgang mit herausforderndem Verhalten findet auf Basis der Situation statt. Dazu werden mögliche Ursachen, die Informationen über die Lebenssituation des MmD und der Angehörigen und ein Katalog möglicher grundlegender Interventionsmuster herangezogen, um eine nach Kosten und Nutzen gewichtete Liste von konkreten Interventionmaßnahmen bereitzustellen. Die Formalisierung des Assessments stellt die Grundlage zur Analyse der Situation und Selektion einer Intervention dar.

Eine Interventionsdatenbank, welche neben potentiellen Interventionen, Informationen über die Situation enthält, muss analysiert werden, um Ähnlichkeitsmuster zu extrahieren und auf deren Basis eine Vergleichbarkeit bzw. Einordnung zu realisieren. Prognostizierte Kosten und Nutzen werden verwendet, um eine geordnete Liste von Vorschlägen zu generieren die dem Angehörigen zur Auswahl präsentiert wird. Durch die Möglichkeit vorgeschlagene Interventionen zu bewerten, werden die entscheidungstheoretischen Algorithmen weiter an den Nutzer und seine konkrete Lebenssituation angepasst. Direktes Feedback kann durch ein am Bracelet integriertes Display angezeigt werden, so dass zum einen die Erkennung herausfordernden Verhaltens als auch die Identifikation einer Intervention angezeigt werden kann.

Aufbauend auf den erkannten Aktivitäten und erkannten wiedererkennen Verhaltensweisen sowie persönlichen Präferenzen und biografischen Informationen über den Menschen mit Demenz wird versucht Interventionen abzuleiten. Diese sollen den pflegenden Angehörigen unterstützen mit dem herausfordernden Verhalten umzugehen. Dabei können die Interventionen sehr unterschiedlich ausfallen und die folgenden Klassen unterschieden werden:

1. Erklärung der Verhaltensweisen
2. Bereitstellung von Hintergrundinformationen
3. Beschreibung von Möglichkeiten zur Abhilfe
4. Vermittlung an Spezialisten

Diese vier Klassen sollen im Folgenden kurz erläutert werden. Dabei werden jeweils die Anforderungen an eine technische Umsetzung diskutiert.

### 2.3.1 Erklärung von Verhaltensweisen

Für den erfolgreichen Umgang mit herausforderndem Verhalten kann das Erkennen und Erläutern der eigentlichen Gründe hilfreich sein. In dem Beispiel aus der Einleitung könnte die Erklärung „*Ihr Mann sucht eventuell die Toilette*“ lauten. Sobald der Grund für das Umherwandern identifiziert wurde „*Harndrang*“ kann die entsprechende Erklärung automatisch generiert werden.

Dazu ist es notwendig das erkannte Verhaltensweisen und erhobene Kontextinformationen auf Gründe abgebildet werden können. Dem im Projekt genutzten Assessmentssystem „IdA“ liegt der Theorie der „*Need-driven Behaviour*“ (NDB) zugrunde, d.h., einzelne Verhaltensweisen werden bezüglich möglicher zugrundeliegender Bedürfnisse interpretiert. Die so identifizierten Bedürfnisse sind die Basis für die Erklärung der Verhaltensweisen.

Dies setzt voraus, das eine Abbildung von Verhaltensweisen auf eine Menge möglicher Bedürfnisse und damit auf eine Menge möglicher Gründe so formalisiert werden kann das sie automatisch berechnet werden kann.

### 2.3.2 Bereitstellung von Informationen

Durch das Fortschreiten der dementiellen Erkrankung ändert sich das Verhalten der Person und meist auch die Rolle die sie in der Familie einnimmt. Durch die Bereitstellung von Hintergrundinformationen kann das zunächst als herausfordernd wahrgenommene Verhalten verstanden werden. Für das Beispiel aus der Einleitung wäre es hilfreich für den Angehörigen zu wissen das die räumliche Orientierung bei Menschen mit Demenz sehr schnell abnimmt. Durch dieses neu gewonnene Wissen wird das herausfordernde Verhalten „*Unruhiges Umherwandern*“ zu einem weniger herausfordernden Verhalten „*Orte suchen*“. Für die Bereitstellung von Hintergrundinformationen sind die folgenden Informationen notwendig:

1. Abbildung von Verhaltensweisen auf Hintergrundinformationen
2. Abbildung von Hintergrundinformationen auf Dokumente welche diese bereitstellen
3. Menge der bereits gelesenen Dokumente.

Dabei sind Hintergrundinformationen zunächst nur als ID zu verstehen, d.h., sie referenzieren eine logische Information ohne die interne Struktur. Dokumente sind wiederum IDs die beliebige multimediale Informationsquellen referenzieren, für die dann gespeichert wird, ob sie bereits vom Angehörigen gelesen/angeschaut wurden.

### 2.3.3 Möglichkeiten zur Abhilfe

Wenn ein akut herausforderndes Verhalten, wie z.B. das Herumwandern vorliegt sollte das System neben den zuvor genannten Informationen auch konkrete Möglichkeiten zur Abhilfe präsentieren können. Für das Beispiel in der Einleitung wäre dies die Aufforderung: „*Bringen Sie Ihren Mann zur Toilette!*“ Auch hier ist es wieder notwendig aktuell beobachtetes Verhalten auf die Gründe abzubilden. Die Gründe müssen dann zusammen mit Informationen über die Tagesstruktur, die Wohnung und andere Kontextinformationen auf ganz konkrete Handlungsanweisungen abgebildet werden.

### 2.3.4 Weitervermittlung von Spezialisten

Falls keine der zuvor genannten Interventionsmaßnahmen hilfreich ist, kann die Vermittlung an Spezialisten oder professionelle Pflegeberater ein möglicher Ausweg sein. So könnte der Angehörige auf eine Gedächtnissprechstunde

de, Schulungen der Alzheimergesellschaft oder auch eine Beratungsstelle aufmerksam gemacht werden. Dazu müssen die einzelnen Verhaltensweisen auf mögliche Beratungsangebote abgebildet werden und diese dann basierend auf der Erreichbarkeit für den Angehörigen selektiert werden.

### 3 Methodik

In dem folgenden Abschnitt werden wir die gewählte Methodik für die einzelnen Teilprobleme (Erkennung von phys. Aktivitäten, Identifikation von wiederkehrendem Verhalten und Ableitung von Interventionen) genauer beschreiben, dazu werden jeweils die notwendigen Schritte identifiziert und offene Probleme genannt.

#### 3.1 Erkennung physischer Aktivitäten

Die in Abschnitt 2.1 herausgestellten Kernherausforderungen sind die Identifikation der für die Anwendung relevanten Verhaltensweisen als auch die sensorische und algorithmische Detektion einer möglichst umfangreichen Auswahl dieses Verhaltens.

Da zum Training der Erkennungsverfahren und für den Entwurf der Verhaltensmodelle Trainingsdaten benötigt werden, stellt die frühzeitige Sensordatenaquise einen wichtigen Schwerpunkt zu Beginn des Projektes dar. Dazu wurden zunächst mit Referenzhardware und gesunden Probanden Prätests im Labor durchgeführt. Je zwei Probanden übernahmen dabei jeweils die Rolle eines Menschen mit Demenz als auch die eines pflegenden Angehörigen. Dabei wurde eine geskriptete Abfolge von Verhaltensweisen befolgt, welche zuvor aus Schulungsvideos eingeübt wurden. So wurde etwa Apathie, körperliche Aggression, Wandern, Herumräumen als auch das Zerstören von Gegenständen erfasst, allerdings auch normales Lesen oder Holen eines Gegenstandes. Als Sensoren kamen ein XSens MVN Biomch Ganzkörper-Motion-Capturing-Anzug basierend auf Inertialsensorik zum Einsatz, 4 Prototypen der für die spätere Initialdatenerfassung entwickelten Sensorarmbänder als auch zwei handelsübliche Samsung Gear Smartwatches. Insgesamt wurden 5.49 GB Daten, davon 1.45 GB Videos aufgezeichnet. Das entspricht etwa 30 min Versuchsdauer mit 2\*14 Aktivitäten, davon wiederum 6 herausfordernde Verhaltensweisen.

Die Aufzeichnungen wurden mit Kamera begleitet und sekundengenau annotiert. Als Proof-of-Concept wurde eine klassische Aktivitätserkennungspipeline bestehend aus Fensterung, Merkmalsextraktion und diskriminativen Classifiern (Naïve Bayes, Support Vector Machine, C4.5 Decision Tree) implementiert, welche unter diesen idealisierten Bedingungen zum Teil Erkennungsraten von 94% erreichen konnte (siehe Abbildung 3). Jedoch traten, wie erwartet, Probleme bei Aktivitätsklassen auf welche ähnliche Ausprägungen im Bewegungsmuster, oder repetitives Verhalten beinhalten. Genutzt wurden dafür die Sensordaten aus den Accelerometern und Gyroskopen der Handgelenke und Knöchel der betreffenden Person, also potentiellen Trageorten für das Sensorarmband.

Abbildung 3 zeigt eine *Heatmap*-Darstellung der Klassifizierungsergebnisse im Prätest für die einzelnen Aktivitäten der *Support Vector Machine (SVM)* für einen Probanden. Je heller der Hintergrund in einer Zeile, desto höher schätzt der Algorithmus die Wahrscheinlichkeit der Klassenzugehörigkeit. Die grüne durchgezogene Linie stellt die tatsächlich annotierten Aktivitäten dar, die rot gestrichelte die Schätzung mit der höchsten Wahrscheinlichkeit. Insgesamt ergab sich eine Genauigkeit (bisher ohne Kreuzvalidierung) von 94% auf den Prätestdaten.

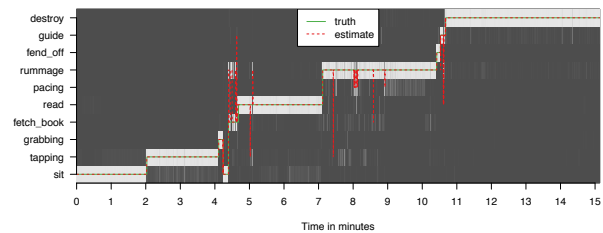


Abbildung 3: Klassifizierungsergebnisse des Prätests

Zur Identifikation relevanten Verhaltens als auch zur Trainingsdatengewinnung sind im April bzw. Juni zwei je 4-wöchige Datenaufzeichnungen mit Menschen mit Demenz geplant. Dazu werden bis zu 10 Menschen in zwei Seniorenheimen mit einem speziell entwickelten Sensorarmband ausgestattet und für jeweils vier Wochen im Alltag begleitet. Neben den Daten aus Accelerometern und Gyroskopen werden auch Sensoren für Temperatur, Druck, Umgebungslautstärke und -helligkeit, als auch Herzrate und Hautleitwert aufgezeichnet. Während der Aufzeichnungsdauer wird händisch im 5-Minuten-Takt durch ausgebildete *Dementia Care Mapper (DCM)* schriftlich sämtliches Verhalten erfasst. Zusätzlich werden die öffentlichen Gemeinschaftsräume mit Videokameras aufgezeichnet, so dass für herausfordernde Aktivitäten sekundengenaue Annotationen bereitgestellt werden können.

Algorithmisch stellt eine Hauptherausforderung die Bereitstellung ausreichender Trainingsbeispiele für die einzelnen Aktivitäten dar. Gegebenenfalls erfolgt daher im Anschluss an die Patientenaufzeichnung eine ergänzende Datenerfassung im Labor, bei der einzelne Verhaltensweisen von einem durch Psychiater trainierten Schauspieler nachgestellt werden. Dazu kommt die bereits in 2.1 beschriebene Heterogenität (Zeitliche Ausdehnung, individuelle Unterschiede zwischen Personen). Vielversprechend sind erste Versuche mit der Erkennung prägnanter Bewegungsmuster (Motifs) im kontinuierlichen Datenstrom (Activity Spotting) statt vollständiger Klassifizierung in distinkte Aktivitätsklassen. Ebenso könnten Verfahren aus dem Bereich Deep Learning geeignet sein, mit wenigen Trainingsbeispielen gute Ergebnisse zu erzielen. Derzeit in Erprobung finden sich des weiteren Methoden zur Schlaferkennung, Berechnung eines allgemeinen zeitlichen Aktivationsindex, als auch der Quantifizierung von Erregung bzw. Stress über Messungen von Puls und Hautwiderstand.

## 3.2 Erkennung wiederkehrender Verhaltensweisen

In Abschnitt 2.2 wurden die folgenden Kernherausforderungen bei der Erkennung wiederkehrender Verhaltensweisen beschrieben:

1. Kompromiss zwischen Analyse des Verlaufs des Aktivitätsniveaus und des Verlaufs komplexer Verhaltensstrukturen
2. Identifikation repetitiver motorischer Verhaltensweisen
3. Umgang mit vielfältigen Verhaltensweisen bei gleichzeitig wenig Trainingsdaten.

Die durch die im vorangegangenen Abschnitt beschriebene Datenerfassung erhobenen Daten dienen auch als Grundlage für die Erkennung wiederkehrender Verhaltensweisen. Ausgehend von den Ergebnissen zur Erkennung einzelner Aktivitäten werden Zeitreihenmodelle verwendet um eine zeitliche Glättung der geschätzten Aktivitäten zu erreichen. Dabei werden insbesondere Dynamische Bayes'sche Netze (z.B. HMM) in Betracht gezogen, da diese die Schätzung des temporalen Verlaufs von Aktivitäten erlauben. Darüber hinaus wird die Anwendbarkeit feingranularer Modellierung durch sogenannte *Human Behaviour Models (Modelle menschlichen Verhaltens)* evaluiert, die als Basis für den Einsatz vom sogenannten *Computational State Space Models* [24] (Zustandsraummodelle deren Übergangsfunktion durch Algorithmen beschrieben wird) dienen. Diese Ansätze erlauben neben der geglätteten Schätzung des Aktivitätsverlaufs eine Schätzung inwieweit der sensorisch beobachtete Aktivitätsverlauf zum trainierten Modell passt. Über diesen Weg können Angaben über potentielle Abweichungen von als normal betrachteten komplexen Verhaltensweisen gemacht werden [24]. Neben der Fragestellung zur generellen Anwendbarkeit dieser Modelle für MmDs, stellt hier die sehr heterogene Datenbasis ein Herausforderung an die Algorithmen zum automatischen Training.

Wie im vorhergehenden Abschnitt beschrieben, kann keine vollständige und sekundengenaue Annotation des gesamten Tagesablaufs der MmD stattfinden. Vielmehr wird eine nach den Maßstäben des DCM und CMAI entwickelte Annotationsprozedur angewendet, die eine Annotation auf Basis einer Aggregation in 5 minütige Abschnitte vorsieht. Dieses Vorgehen stellt eine weitere Herausforderung für das Trainieren der temporalen Klassifikatoren dar, da innerhalb dieser 5 Minuten keine zeitliche Beziehung von Aktivitäten gegeben ist.

Hinsichtlich der feingranularen Erkennung motorisch repetitiven Verhaltens, werden Algorithmen zur Detektion von Motifs in Zeitreihen untersucht. Neben vielversprechenden Ergebnissen in der Literatur [23,25] haben erste Vorabtests der Erkennung solcher Muster ohne Vorverarbeitung der Sensordaten gute Ergebnisse gezeigt. Dabei wurden die von Schauspielern erfassten Sensordaten (siehe Abschnitt 3.1) auf ein vorher ausgewähltes Motif hin untersucht. Die vielseitigen Möglichkeiten zur Ausprägung motorisch repetitiven Verhaltens, welches zusätzlich zwischen verschiedenen Personen variiert, stellt eine Herausforderung

dar. Ziel ist es einen Algorithmus zu entwickeln, der in einem Datenstrom kurzfristig wiederkehrende Muster identifiziert und entsprechend vorher bestimmten Qualitätskriterien klassifiziert und von sensorisch ähnlichen repetitiven Verhaltensweisen (Schritte beim Gehen) unterscheidet. Hier ist eine Einbettung der feingranularen Erkennung motorisch repetitiven Verhaltens in die zeitliche Glättung des Aktivitätsverlaufs vorgesehen, da dadurch zusätzliche Kontextinformationen bei der Klassifikation in Betracht gezogen werden können.

## 3.3 Ableitung von Interventionen

Um die Interventionen für eine aktuelle Situation auszuwählen müssen die in Abschnitt 2.3 identifizierten Abbildungen formalisiert werden. Für die Formalisierung wird ein Regelbasiertes Experten-System genutzt. In diesem werden die folgenden Zusammengänge abgebildet:

1. Abbildung von Verhaltensweisen auf zugrundeliegende Bedürfnisse
2. Abbildung von Verhaltensweisen auf Hintergrundinformationen
3. Abbildung von Hintergrundinformationen auf Dokumente welche diese bereitstellen
4. Menge der bereits gelesenen Dokumente.
5. Abbildung der Gründe auf konkrete Handlungsempfehlungen zur Abhilfe
6. Abbildung von Verhaltensweisen auf Angebote von Spezialisten

Als mögliche Systeme kommen CLIPS [27] oder Drools [28] infrage, da beide eine hinreichend stabile Plattform für die Verarbeitung von Regelsystemen anbieten.

Eine Herausforderung besteht aber zunächst in der Erfassung und Formalisierung des momentan nur implizit vorhandenen Wissens über Pflegeprozesse und mögliche Interventionen.

Es liegt weder explizites Regelwissen vor, noch Datenbanken welche Situationen, Interventionen und Erfolgsraten beinhalten. Deshalb muss das zugrundeliegende Wissen neu erhoben werden. Für diesen Prozess der „*knowledge elicitation (Wissensakquise)*“ [26,29] werden strukturierte Interviews mit geschulten Pflegekräften und im Anschluss mit pflegenden Angehörigen genutzt. Diese werden analog zu [26] die folgenden 8 Schritte enthalten, welche die Pflegekräfte an konkreten Fallbeispielen durch die Fragen geleitet und die Ableitung von Regelwissen ermöglichen:

1. Berichten Sie von einem typischen Fall von herausforderndem Verhalten.
2. Berichten Sie vom letzten Fall den Sie erlebt haben. Beschreiben Sie den Umstand, das Verhalten und Ihre Reaktion.
3. Warum haben Sie so reagiert.
4. Unter welchen Umständen würden Sie so reagieren? Ist das Verhalten immer richtig?
5. Welches alternative Vorgehen wäre angebracht gewesen?

6. Was wäre wenn die Situation (Frage 2) anders wäre? Unter welchen Umständen würden Sie anders reagieren?
7. Können Sie mir weitere Details über Situationen und Reaktionen beschreiben.
8. Beschreiben Sie einen ungewöhnlichen Fall den Sie selbst erlebt haben, oder von dem Sie gehört haben.

Während Frage 1-3 nach konkreten Fakten fragen, wird mit Frage 4-6 versucht Regelwissen zu generieren. Die Fragen 7-8 reichern sowohl die Fakten als auch die Regel mit weiteren Details an.

Ein zu erwartendes weiteres Problem ist das Situationen und Interventionen die dabei erhoben werden sehr individuell sind und deshalb nur schwer für andere Personen direkt anwendbar sind. Deshalb müssen in einem zweiten Schritt die Situations- und Interventionsbeschreibungen so abstrahiert werden, dass sie Übertragbar werden.

## 4 Zusammenfassung

Dieser Beitrag beschreibt ein Assistenzsystem für die Unterstützung von pflegenden Angehörigen von Menschen mit Demenz. Dabei wird im Besonderen das herausfordernde Verhalten adressiert. Auf Basis eines Sensorarmbandes werden auffällige und repetitive Verhaltensmuster erkannt. Die erhobenen Sensordaten werden analysiert und unterschiedlichen Verhaltensklassen zugeordnet. Darüber hinaus wird der Kontext der Person und wiederkehrende Verhaltensweisen erkannt. Auf Basis dieser Daten und Informationen über die Umgebung und Geschichte der Personen werden Interventionen generiert. Diese können dann dem pflegenden Angehörigen präsentiert werden.

In diesem Artikel werden die einzelnen Verarbeitungsschritte beschrieben, der Stand der Wissenschaft diskutiert und offene Probleme identifiziert.

Des Weiteren werden die nächsten Schritte zur Umsetzung einer Gesamtverarbeitungs-pipeline aufgezeigt. Da noch keine Daten erhoben wurden, könnte noch keine Evaluation der Methoden erfolgen.

## Danksagung

Das Projekt INSIDE-DEM, Teilvorhaben Sensorgestützte Bestimmung des Aktivationsniveau und Interventionsselektion wird von Bundesministerium für Bildung und Forschung unter dem FKZ 16SV7349 gefördert.

## 6 Literatur

- [1] Alzheimer's Disease International (ADI). *The prevalence of dementia worldwide*, 2008. <http://www.alz.co.uk/adi/pdf/prevalence.pdf>
- [2] van der Linde R, Stephan B, Savva G, Dening T, Brayne C. *Systematic reviews on behavioural and psychological symptoms in the older or demented population*. In *Alzheimer's Research & Therapy* 2012(4).
- [3] Ferri C, Ames D, Prince M. *The 10/66 Dementia Research Group: Behavioural and psychological symp-*

*toms of dementia in developing countries*. In *International Psychogeriatrics* 2004, 16:441-459.

- [4] Sansoni J, Anderson KH, Varona LM, Varela G. Caregivers of Alzheimer's patients and factors influencing institutionalization of loved ones: some considerations on existing literature. In *Ann Ig* 2013, 25:235-246.
- [5] Halek M, Bartholomeyczik S. *Assessmentinstrument für die verstehende Diagnostik bei Demenz: Innovatives demenzorientiertes Assessmentsystem (IdA)*. In *Assessmentinstrumente in der Pflege*, Volume 2 völlig überarbeitete Auflage. Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG, Hannover, 2009.
- [6] Kirste T, Hoffmeyer A, Koldrack P, Alexandra Bauer, Schubert S, Schröder S, et al. *Detecting the effect of Alzheimer's disease on everyday motion behavior*. *Journal of Alzheimer's Disease*. 2014;38(1):121-32. doi: [10.3233/JAD-130272](https://doi.org/10.3233/JAD-130272)
- [7] Brooker, D. Dementia Care Mapping, in *Principles and Practice of Geriatric Psychiatry*, Third Edition (eds M. T. Abou-Saleh, C. Katona and A. Kumar), John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK. (2010) doi: [10.1002/9780470669600.ch30](https://doi.org/10.1002/9780470669600.ch30)
- [8] Grey Innovation Firefly [Internet]. 2015 [cited 12. Oktober 2015] Available from: <http://www.greyinnovation.com/#/technologies/firefly>
- [9] Estimote Beacons — real world context for your apps [Internet]. 2015 [cited 2015 May 15]. Available from: <http://estimote.com>
- [10] Hein A, Feldhege F, Mau-Möller A, Bader R, Zettl U, Burmeister O, et al. *NASFIT – Intelligente Assistenzsysteme zur Funktionsunterstützung und Therapieüberwachung bei neuromuskulären Störungen*. In: *Ambient Assisted Living 7. AAL-Kongress 2014* Berlin, Germany, VDE Verlag; 2014.
- [11] Hoey J, Poupard P, Bertoldi A, Craig T, Boutilier C, Mihailidis A. *Automated Handwashing Assistance for Persons with Dementia Using Video and a Partially Observable Markov Decision Process*. In *Comput Vis Image Underst*. 2010 May;114(5):503-19. doi: [10.1016/j.cviu.2009.06.008](https://doi.org/10.1016/j.cviu.2009.06.008)
- [12] Hoey J, Xiao Y, Quintana E, Favela J. *LaCasa: Location and context-aware safety assistant*. In: *6th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth)*, 2012. San Diego, CA, USA; 2012. p. 171-4.
- [13] Zuidema S. U., de Jonghe J. F., Verhey F. R., Kopmans R. T. (2007). *Neuropsychiatric symptoms in nursing home patients: factor structure invariance of the Dutch nursing home version of the neuropsychiatric inventory in different stages of dementia*. In *Dement. Geriatr. Cogn. Disord*. 24, 169-17610.
- [14] Selbaek G, Engedal K, Benth JS, Bergh S. *The course of neuropsychiatric symptoms in nursing-home patients with dementia over a 53-month follow-up period*. In *Int Psychogeriatr*: 2014 1-11.
- [15] Cullen B, Fahy S, Cunningham C J, ea. *Screening for dementia in an Irish community sample using MMSE: a comparison of norm-adjusted versus fixed cut-points*. In *Int J Ger. Psychiatry* 2005;20:371-6.
- [16] Valembos L, Oasi C, Paniel S, Jarzebowski W, Lafuente-Lafuente C, Belmin J. *Wrist Actigraphy: A Simple Way to Record Motor Activity in Elderly Patients with Dementia and Apathy or Aberrant Motor Behavior*. In *J Nutr Health Aging*, 19(7), 759-764 (2015).

- [17] Nagels G, Engelborghs S, Vloeberghs E, Van Dam D, Pickut BA, De Deyn PP. *Actigraphic measurement of agitated behaviour in dementia*. In *Int J Geriatr Psychiatry* (2006) 21(4), 388-393
- [18] Mahlberg R, Walther S. *Actigraphy in agitated patients with dementia. Monitoring treatment outcomes*. In *Z Gerontol Geriatr* (2007) 40(3), 178-184
- [19] Bankole A, Anderson M, Knight A, Oh K, Smith-Jackson T, Hanson MA, Lach J. *Continuous, Non-Invasive Assessment of Agitation in Dementia Using Inertial Body Sensors* (2011). ACM, 978
- [20] Bankole A, Anderson M, Smith-Jackson T, Knight A, Oh K, Brantley J, Lach J. *Validation of noninvasive body sensor network technology in the detection of agitation in dementia*. In *Am J Alzheimers Dis Other Demen* (2012) 27(5), 346-354, doi: [10.1177/1533317512452036](https://doi.org/10.1177/1533317512452036)
- [21] Bao L, Intille S. *Activity recognition from user-annotated acceleration data*. In *Pervasive*, volume 3001 of Lecture Notes in Computer Science, pages 1–17. Springer, 2004
- [22] Hwang J, Tsai S, Yang C, Liu K, Lirng J. *Repetitive phenomena in dementia*. In *Int J Psychiatry Med* 30 : 165–171, 2000.
- [23] Begum N, Keogh E. *Rare time series motif discovery from unbounded streams*. In *Proceedings of the VLDB Endowment* 8.2 (2014): 149-160.
- [24] Khan, SS, Karg ME, Hoey J, Kulic D. *Towards the Detection of Unusual Temporal Events during Activities Using HMMs*. In *The 2012 ACM Conference on Ubiquitous Computing, Ubicomp '12*, Pittsburgh, PA, USA, September 5-8, 2012 Pp. 1075–1084. doi: [10.1145/2370216.2370444](https://doi.org/10.1145/2370216.2370444)
- [25] Berlin E, Van Laerhoven K. *Detecting Leisure Activities with Dense Motif Discovery*. In *The 2012 ACM Conference on Ubiquitous Computing, Ubicomp '12*, Pittsburgh, PA, USA, September 5-8, 2012 Pp. 250–259. doi: [10.1145/2370216.2370257](https://doi.org/10.1145/2370216.2370257)
- [26] Shadbolt NR, Smart PR. *Knowledge Elicitation: Methods, Tools and Techniques*. In *Knowledge Elicitation*, Wilson JR, Sharples S (Eds.) Evaluation of Human Work (4th ed.). CRC Press, Florida, USA
- [27] CLIPS A Tool for Building Expert Systems [Internet]. 2016 [cited März 2016]. Available from <http://www.clipsrules.net/>
- [28] Drools - Business Rules Management System [Internet]. 2016 [cited März 2016]. Available from <http://www.drools.org/>
- [29] Cooke NJ. *Varieties of Knowledge Elicitation Techniques*. In *Int. J. of Human-Computer Studies* 41(6):801-849, Dec. 1994, DOI: [10.1006/ijhc.1994.1083](https://doi.org/10.1006/ijhc.1994.1083)
- [30] Halek M, Bartholomeyczik S. *Strukturierter Leitfaden für herausforderndes Verhalten bei Demenz*. Universität Witten/Herdecke 2008
- [31] Cohen-Mansfield J, Marx MS, Rosenthal AS. *CMAI A description of agitation in a nursing home*. In *J Gerontol* (1989) 44(3):M77-84.
- [32] Cummings J, Mega M, Gray K, Rosenberg-Thompson S, Carusi DA, Gornbein J. *The Neuropsychiatric Inventory: Comprehensive assessment of psychopathology in dementia*. In *Neurology* (1994) 44, 2308-2314.
- [33] Kovach CR, Noonan PE, Schlidt AM, Wells T. *A model of consequences of need-driven, dementia-compromised behavior*. In *J. Nurs Scholarsh* (2005) 37(2):134-40
- [34] Brooker D. *Dementia Care Mapping: A Review of the Research Literature*. In *Gerontologist*. (2005) 1(1):11-8