

# **Schlussbericht**

**Situationsadaptive Navigationsassistenz auf Basis kausaler Modelle  
-SiNDeM-**

**FKZ 16SV7091**

# 1. Kurze Darstellung

## 1.1. Aufgabenstellung

Das Ziel des Projektes SiNDeM war die Erprobung eines neuartigen Ansatzes für aktive Navigationsunterstützung dementiell erkrankter Menschen auf Basis wissensbasierter Assistenzsysteme. Die Fähigkeit des Menschen zur Navigation im öffentlichen Raum ist von grundlegender Bedeutung für die Selbstversorgung, soziale Interaktion und Freizeitgestaltung. Sie beeinflusst wesentlich die empfundene Lebensqualität. Menschen mit Demenz (MmDs) erleben oft schon frühzeitig im Verlauf ihrer Erkrankung das Symptom der räumlichen Desorientierung. In Folge dessen beschränken sie zunehmend den Umfang ihrer Mobilität. Diese Entwicklung korreliert mit geringerer Lebensqualität und einem beschleunigten Fortschritt der Erkrankung.

Die verminderte kognitive Leistung der Zielgruppe stellt besondere Anforderungen an technische Assistenzsysteme für Navigation, die den Erkrankten selbst direkt unterstützen sollen. Neben vereinfachten Oberflächendesigns und hochgradig spezialisiert gestalteten, audio/visuellen Hinweisen, kommt dem zu Grunde liegendem Interaktionsmechanismus große Bedeutung zu, der den Prozess der Mensch-Technik Interaktion seitens der Maschine steuert - Zeitpunkt und Art der gebotenen Information festlegt. Handelsübliche Navigationsassistenten erfordern zunächst die Eingabe eines Zielortes, um den Anwender in der Folge an jedem Entscheidungspunkt seiner Strecke Richtungsinformationen bereitzustellen. Auf der Grundlage vorausgehender Arbeiten wurden *Subsidiarität* und *Situationsadaptivität* als Kerneigenschaften eines Navigationsassistenten für MmDs identifiziert. Ersteres meint die auf ein notwendiges Minimum reduzierte Interaktion zwischen Mensch und Assistenzsystem, sodass sich der Anwender im Rahmen seiner Möglichkeiten den kognitiven Ansprüchen der zielgerichteteren Mobilität selbst stellt und dabei im hohen Maße eigenständig und aktiv bleibt. Ein situationsadaptives System passt die dargebotene Information an den Situationskontext des Anwenders an, sodass dieser z.B. Informationen zum momentanen Zielort und -aktivität erhält und auf einem besser vertrauten, statt auf dem kürzesten Weg geführt wird, falls Sicherheitsbedenken schwerer wiegen als ein Zuspätkommende. Ein dazu geeignetes technisches System muss entsprechendes Kontextwissen enthalten, Bedarfssituationen erkennen und geeignete assistive Maßnahmen ableiten können.

Der gewählte methodische Ansatz zur wissensbasierten Modellierung der Alltagsmobilität verwendet Aktionsmodelle, wie sie im Bereich der symbolischen Planung in Form von PDDL (Planning Domain Definition Language [1]) üblich sind. Dieser Ansatz erlaubt potentiell eine sehr detaillierte Repräsentation der kausalen Struktur komplexer Handlungssequenzen – und damit auch die Erfassung von Handlungsfehlern und Fehlersituationen. In aktuellen Forschungsarbeiten [2, 3] konnten wir zeigen, dass mit Hilfe dieses Ansatzes Bayes'sche Filter realisiert werden können, die eine erfolgreiche Rekonstruktion komplexer Handlungsstrukturen des Alltags aus mehrdeutigen und fehlerhaften Sensordaten erlauben. Das Verfahren wurde bereits mehrfach für Aktivitäts- und Intentionserkennung bei Aktivitäten des Täglichen Lebens (ADL) in häuslichen Umgebungen eingesetzt.

Die Beschreibung der Aktivitätsdomäne im gewählten Formalismus erfordert umfassende Kenntnis des Problemfeldes Alltagsmobilität bei Demenz, das nach unserer Kenntnis bisher nicht mit der hierfür benötigten Granularität erschlossen wurde. Die Kernherausforderung des SiNDeM Projektes lag in der Erhebung einer Datenbasis in realitätsnahen Szenarien der Alltagsmobilität, die eine Identifikation und formale Beschreibung relevanter Kontextfaktoren bei Demenz, Aktionen und Problemlösungsstrategien in der Wegefindung ermöglicht und eine Datenbasis für Training und Evaluation des Erkennungssystems ermöglicht.

## 1.2. Voraussetzungen

SiNDeM wurde gemeinsam vom Lehrstuhl Mobile Multimediale Informationssysteme (MMIS) der Universität Rostock, unter Leitung von Prof. Dr. Thomas Kirste und der Sektion Gerontopsychosomatik und demenzielle Erkrankungen an der Universitätsmedizin Rostock (UMR), unter Leitung von Prof. Dr. Stefan Teipel, durchgeführt. Die Universität Rostock stellte den ingenieurwissenschaftlichen Hintergrund im Bereich der Assistenzsysteme. Die UMR gewährleistete den Zugang zu Probanden und begleitete die Projektplanung und Durchführung mit der erforderlichen klinischen sowie neuropsychologischen Expertise. Zwischen beiden Partnern besteht eine erfolgreiche themenspezifische Kooperation, die auch im Rahmen weiterer Projekte<sup>1,2</sup> fortgeführt wird.

Der Lehrstuhl MMIS entwickelt das *Computational Causal Behavior Modeling (CCBM)* Softwaresystem, das eine Sprache zur Definition symbolisch-logischer Modelle für strukturierte Aktivitäten des Menschen (*Human Behavior Models*) und eine Software für deren automatische Übersetzung in Bayes'sche Filter vereint. Auf Basis einer Beschreibung der Kausalität atomarer Aktionen können mit CCBM übertragbare und wiederverwendbare Modelle menschlichen Handelns erzeugt werden. Die Filter können für ein konkretes Sensorsetting generiert werden und ermöglichen bei Korrektheit und Vollständigkeit des Modells die Erkennung aktuell ausgeführter Aktionen sowie die Prädiktion folgender Handlungsschritte und angestrebter Ziele.

Die Projektpartner sind Mitglieder des Departments AGIS (Ageing of Individuals and Society) der Interdisziplinären Fakultät der Universität Rostock. AGIS ist eine Forschungseinrichtung mit rund 30 Professoren/innen, von denen über die Hälfte aus Medizin- und Technikbereichen kommen. Der Rest teilt sich auf Sozial- und Geisteswissenschaften auf. Die Forschungsarbeiten umfassen die Projektbereiche: 1. Kognition, Orientierung, Gedächtnis; 2. Bewegung, physische Leistungsfähigkeit; 3. Individuelle Lebensbewältigung, gesellschaftliche Teilhabe. Primärer Schwerpunkt der Forschung ist die Translation von medizinischen und technischen Maßnahmen zur Verbesserung bzw. Stabilisierung der kognitiven und motorischen Alltagsfähigkeiten älterer Personen.

Prof. Dr. Stefan Teipel ist ebenfalls Leiter der Arbeitsgruppe Klinische Demenzforschung des DZNE (Deutsches Zentrum für Neurodegenerative Erkrankungen). Das DZNE ist ein Forschungszentrum der Helmholtz-Gemeinschaft und arbeitet am Standort Rostock/Greifswald wissenschaftlich eng mit den Universitäten und Universitätsmedizinen beider Städte zusammen. Ziel der Forschung ist es unter anderem, den Bedarf an medizinischer und pflegerischer Versorgung zu erfassen und die Lebenssituation der älteren Personen mit Demenz und ihrer Familien zu verbessern. Technische Assistenzsysteme bilden hierbei einen eigenen Themenschwerpunkt. Das DZNE hat die Projektaktivitäten wissenschaftlich unterstützt und mobile Sensorik zur Verhaltenserfassung für das Projekt zur Verfügung gestellt.

## 1.3. Planung und Ablauf

### 1.3.1. Planung

Das Projekt begann mit dem 01.07.2014 für eine Laufzeit von einem Jahr, bis zum 30.06.2015. Die Projekthinhalte waren in vier Arbeitspakete gegliedert. Die tatsächliche Bearbeitung konnte auf Grund der späten Mittelzuweisung jedoch erst ab dem 15.08.2015 beginnen. Im Folgendem werden die geplanten Teilergebnisse der Arbeitspakete dem tatsächlich erreichten Stand tabellarisch gegenübergestellt. Im Wesentlichen sollte eine Feldstudie mit dementiell erkrankten Probanden geplant, vorbereitet und durchgeführt werden, die den Bedarf an Mobilitätsassistenz in der Zielgruppe herausstellt, die erkrankungsspezifischen Probleme mit Mobilität beschreibt und eine objektiv erfasste Datenbasis zur Evaluation der assistiven Konzepte bereitstellt. Die geplante Datenerfassung konnte durch Probleme bei der Rekrutierung neuer Probanden mit Verspätung abgeschlossen werden. Ein Teil der darauf beruhenden Analysen befindet sich aus diesem Grund und wegen der verkürzten Projektlaufzeit, erst in der Anfangsphase und werden gegenwärtig im Rahmen eines Promotionsvorhabens fortgeführt.

---

<sup>1</sup>INSIDE-DEM (BMBF FKZ: 16SV7349)

<sup>2</sup>SAMI (Förderung beantragt, Bearbeitungsnummer: TBI-V-1-100-VBW-035)

Ziele	Erreichter Stand
<p>AP1 Vollständiger Datensatz zur weiteren Bearbeitung (MS1)</p>	<p>Erreicht: 1,5 Monate nach Projektende. 11 Langzeitstudien, 15 begleitete Spaziergänge, davon 13 vollständig abgeschlossen.</p>
<p>Bericht über das subjektive Erleben der Probleme mit Mobilität im Alltag der Probanden und Sichtweise direkt und indirekt betroffener Parteien auf ELSI Implikationen, die sich aus der Anwendung eines situationsadaptiven mobilen Assistenzsystems ergeben (MS3, ELSI)</p>	<p>Erreicht: Der Bericht befindet sich in der Anlage III. Zu den Implikationen befragt wurden im Rahmen der Studie auf Grund der Verfügbarkeit ausschließlich MmDs.</p>
<p>Richtlinien für den Entwurf eines gebrauchstauglichen mobilen Assistenzsystems auf Smartphone-Basis. (MS3)</p>	<p>Erreicht. Im Rahmen der Pilotstudie konnte die Usability eines Orientierungsassistenten mit vereinfachter Oberfläche dem Bedarf der Probanden angepasst werden. Die Ergebnisse der Usability-Befragung mit dem neueren Design liegen vor.</p>
<p>AP2 Ontologie für Außer-Haus-Mobilität im Alltag dementiell erkrankter Personen. (MS2)</p>	<p>Erreicht: Ein technischer Bericht zur Entwicklung der Ontologie befindet sich in Anlage IV</p>
<p>Anmontierter Datensatz zur weiteren Bearbeitung (MS2)</p>	<p>Erreicht: Der Datensatz ist annotiert und derzeit Gegenstand datengetriebener Analysen.</p>
<p>Quantitative Aussagen über Häufigkeit, Form und Ursache von Mobilität bei Personen mit beginnender Demenz</p>	<p>Nicht erreicht: Analysen auf einer Teilmenge der Daten ergab große Divergenz zwischen berichteter und erfasster Mobilität. Eine vollständige Auswertung der Langzeitstudie liegt noch nicht vor.</p>
<p>AP3 Formales Modell für Alltagsmobilität, Erkennungssystem und Aussage zur Erkennungsrate. (MS3)</p>	<p>Nicht erreicht: Auf Grund der verzögerten Datenerhebung und des verkürzten Bearbeitungszeitraumes konnte ein Modell bisher nicht umgesetzt werden. Die Thematik wird im Rahmen eines Promotionsvorhabens weiterverfolgt.</p>
<p>Visionenpapier zur nachfolgenden Produktentwicklung (MS3)</p>	<p>Erreicht: Es wurde ein Visionenpapier zur Entwicklung situationsadaptiver Navigationsassistenten für Demenzpatienten erstellt und publiziert [4].</p>

AP4 Studienprotokoll, positives Votum der Ethikkommission und Kohorte mit 14 geeigneten Probanden für die Feldstudie (MS1)	Erreicht: Das Studienprotokoll befindet sich in der Anlage I. Das positive Votum der Ethikkommission ging am 06.11.2014 ein. Insgesamt wurden 15 Studienteilnehmer rekrutiert, es musste jedoch von der ursprünglichen Planung zum Studienablauf abgewichen werden.
Ergebnisse der klinischen Untersuchungen und Befragungen. (MS1)	Erreicht: Jeder Proband ist durch einen vollständigen klinischen Datensatz charakterisiert.
Beschreibung des Ausdrucks innerer Vorgänge der Probanden während der Experimente	Erreicht: Audioprotokolle der begleitenden Psychologin der Spaziergänge liegen vor, bereits teilweise transkribiert.
Hypothesen über Prozessketten durch Deutung des Ausdrucks und Agierens der Probanden (MS3)	Nicht erreicht: Kausalzusammenhänge der Handlungsstrukturen wurden noch nicht dargestellt.
Informelle kognitive Prozess- und Fehlermodelle. (MS3)	Erreicht: Auf Basis systematischer Literaturrecherchen wurde eine Taxonomie der kognitiven Ressourcen für Navigation und resultierendem Fehlerverhalten erstellt und wird im Ergebnisteil dieses Berichtes dargestellt.
Bericht zu den ELSI des angestrebten Produktes als therapeutische Intervention (MS3, ELSI)	Erreicht: Der Nutzen mobiler Assistenz wird in dem Visionenpapier zur nachfolgenden Produktentwicklung diskutiert.

### 1.3.2. Ablauf

#### Studienplanung

Zur Datenerhebung im SiNDeM Projekt war eine zweiteilige Feldstudie mit leichtgradig dementiell erkrankten Probanden vorgesehen. Inhalt und Ablauf wird im Folgenden kurz dargestellt. Weitere Informationen sind dem Studienprotokoll in der Anlage I zu entnehmen.

**Die Langzeiterhebung** über einen Zeitraum von 28 d im ersten Studienabschnitt, sollte die Alltagsmobilität der Probanden subjektiv mittels Mobilitätstagebüchern und objektiv mittels Bewegungssensorik (GPS und Akzelerometer) erfassen. Ziel der Erhebung war insbesondere die Charakterisierung der Alltagsmobilität anhand der Häufigkeit und des Umfangs außerhäusiger Aktivitäten, der Regelmäßigkeit und Vorhersagbarkeit der Zielorte und Aktivitäten, Wege und Verkehrsmittel.

Die für Einsatz und Wartung der Sensorik erforderlichen drei Besuche, zum Anfang, in der Mitte und zum Ende der Langzeiterhebung; in der Häuslichkeit der Probanden, wurden für Befragungen und Interviews genutzt. Zum ersten Besuch war ein semistrukturiertes Interview zu Mobilitätserleben und Technikgebrauch vorgesehen. Zum zweiten Besuch erhielt der Proband ein Smartphone mit eigens entwickelter vereinfachter Navigationsapplikation. Der dritte Besuch sah eine Befragung über Gebrauch und Usability dieses Navigationsassistenten vor, sowie zu weiteren Anforderungen und Wünschen an die Funktionen des Gerätes.

**Der begleitete Spaziergang** sollte im Anschluss an die Langzeiterhebung erfolgen und eine feingranulare Erfassung des desorientierten Bewegungsverhaltens, einschließlich aller relevanten Kontextfaktoren, in einem teilweise kontrolliertem Setting ermöglichen. Dieser Teil des Experimentes war wesentlich für das primäre Projektziel, der automatisierten Erkennung desorientierter Zustände, da durch die Videoprotokollierung eine zeitlich präzise Ground-Truth bestimmt werden konnte. Als Strecke wurde ein Weg von 1 km Länge über 12 Kreuzungsbereiche verschiedener Komplexität gewählt. Dieser führte durch die Rostocker Innenstadt. Den Ausgangspunkt bildete das Café Paula in Rostock. Das Ziel, der Doberaner Platz ist ein zentraler Verkehrsknotenpunkt und ein Zentrum des öffentlichen sozialen Lebens. Der Ablauf sah zunächst eine Einweisung des Probanden in die bevorstehende Aufgabe vor. Auf dem Hinweg sollte sich der Proband den Weg einprägen, während er geführt wird, um anschließend den Rückweg selbst zu finden. Er würde zwar durch eine Person begleitet, sollte diese jedoch nicht beachten. Der begleitende Psychologe sollte das Verhalten und den Ausdruck des Probanden bereits während des Experimentes in einem Audioprotokoll festhalten. Gleichzeitig war eine Videoaufzeichnung vorgesehen.

### Studiendurchführung

**Die Probanden** wurden bei Eignung im Rahmen der örtlichen Gedächtnissprechstunde über die Studie informiert und bei Interesse zu einem weiteren Informationsgespräch sowie zur Unterzeichnung der Einwilligungserklärung eingeladen. Aus den regelmäßigen Patienten konnten zunächst schnell 10 Probanden rekrutiert werden, die Bereitschaft zur Teilnahme fiel insgesamt jedoch gering aus. Insbesondere die Langzeitstudie mit dem täglich zu führenden Tagebuch wurde als große Belastung wahrgenommen. Der Studienablauf wurde modifiziert und eine Teilnahme am begleiteten Spaziergang, ohne die Langzeiterhebung, angeboten. Tabelle 1.2 listet demographische Daten und erreichte Punktzahl im Kognitionstest MMST aller rekrutierter Probanden auf.

Nr	ID	Geschlecht	MMST	Alter	Langzeit	Spaziergang
1	X001	f	25	59	X	X
2	X002	m	17	60	X	X
3	X003	f	25	75	X	-
4	X004	m	27	64	X	X
5	X005	f	20	62	X	X
6	X006	m	28	83	X	X
7	X007	m	24	81	X	X
8	X008	f	26	58	X	X
9	X009	f	25	76	X	X
10	X010	m	27	73	X	X
11	X012	f	24	82		X
11	X013	m	23	71	X	X
12	X014	f	25	72		X
13	X015	f	25	78		X
14	X016	f	20	86		-
15	X017	f	25	78		X

Tabelle 1.2.: Teilnehmer der SiNDeM Studie. (X-Vollständige Teilnahme; - Vorzeitig abgebrochen)

**Das Mobilitätstagebuch in der Langzeiterhebung** wurde im Rahmen einer Pilotstudie mit den ersten zwei Probanden getestet und optimiert. Die finale Version (siehe Anlage II) enthielt auf jeder Seite ein einheitliches Fragebogenschema. Je Weg, mit Startpunkt und Ziel, sollte eine eigene Seite ausgefüllt werden. Dementsprechend würde die Angabe des Besuchs eines Familienmitgliedes mit Hin- und Rückweg 2 Seiten erfordern. Diese Vorgabe wurde getroffen, um den Geltungsbereich der erfassten Kontextfaktoren klar einzugrenzen, wurde jedoch von den Probanden in der Praxis nicht regelmäßig befolgt. Die enthaltenen Fragen und deren Formulierung wurde überarbeitet, bis weitgehendes Verständnis erzielt wurde und alle wichtigen Faktoren bei angemessener Schriftgröße auf einer Seite erfragt werden konnten. Die Angaben der Probanden wurden in ein formales Schema übertragen und digitalisiert.



Abbildung 1.1.: Sensorbandage mit GPS Logger und Akzelerometer



Abbildung 1.2.: Anschluss am Ladegerät.

**Die Sensormessung in der Langzeiterhebung** erfolgte mit einem Akzelerometer des Typs *Movisens Move II* bei einer Abtastrate von 64 Hz. Zur Positionsbestimmung wurde ein GPS Logger des Typs *QSTARZ BT-Q1000XT* eingesetzt, betrieben mit einer Abtastrate von 0,1 Hz. Die Sensoren wurden zur Messung am linken Fußknöchel in eine eigens angefertigte orthopädische Bandage (Abbildung 1.1) eingesetzt. Der integrierte Speicher des GPS Loggers genügte für 14 Tage Aufzeichnung, die Batterielaufzeit jedoch machte tägliches Aufladen erforderlich. Um die Wartung für die Probanden weitestgehend zu vereinfachen, wurden kurze USB Y-Kabel mit jeweils einem Micro-USB-, einem Mini-USB- und einem Standard-USB-Anschluss für die Verbindung zu einem handelsüblichen Ladegerät für Mobiltelefone beschafft (Abbildung 1.2). Alle Probanden wurden gebeten, die Bandage jeden Abend vor dem Zubettgehen an das Ladegerät anzuschließen. Die Sensoren mussten dazu nicht aus der Bandage herausgenommen werden. Nach der Pilotstudie wurden die ursprünglich verwendeten Ladegeräte gegen Modelle mit 2 A Ladestrom ausgetauscht, um ein vollständiges Aufladen sicher zu gewährleisten. Weiterhin erhielten die Probanden eine Kurzanleitung mit Bildbeschreibung zum Anlegen und Aufladen der Bandage, da eine mündliche Einweisung zum Beginn der Studie meist nicht ausreichte.

**Die Usability Studie in der Langzeiterhebung** war für den Test der Eignung eines smartphone-basierten Navigationsassistenten mit vereinfachter Benutzeroberfläche in der Zielgruppe vorgesehen. Die technische Basis bildeten *Samsung Galaxy Nexus* Smartphones mit dem Betriebssystem *Android 4.3*. Die Geräte wurden zur Verbesserung der Handhabung und des Schutzes in schwarze Silikonhüllen eingefasst und mit einer Schutzfolie versehen. Die eigens für das Projekt entwickelte *App* (Abbildung 1.3) sollte bezüglich der Komplexität der Oberfläche eine absolute Minimalvariante realisieren. Um einen hohen Kontrast zu erzielen wurde ein reines Schwarz-Weiß Schema verwendet. Die Oberfläche sah nur zwei Tasten vor: zum Auslösen eines Anrufs des Angehörigen und für die Navigation nach Hause. Weitere Zielorte konnten über POI-Karten im Checkkartenformat, die über NFC Chips verfügten, durch Anhalten an das Smartphone programmiert werden. Die Karten wurden entsprechend den Angaben des Probanden vorbereitet und mit passenden Abbildungen, wie Fotos und Cliparts, sowie Beschriftungen versehen. Wegpunkte zur Fußgängernavigation wurden über die *Google API* abgerufen und mittels GPS-Lokalisierung und dem integrierten Magnetkompass in eine Pfeilrichtung umgesetzt. Ein Textlabel zeigte die Bezeichnung des gegenwärtigen Zielortes. Die Nutzerinteraktion wurde in einem internen Log dokumentiert und nach Aufzeichnungsende ausgelesen. Im Rahmen des abschließenden Probandenbesuchs wurde eine Befragung, in Anlehnung an den MPUQ [5] und ErgoNorm [6] Fragebogen, zur Usability des Gerätes durchgeführt.

**Zur Durchführung des begleiteten Spazierganges** wurde eine gegenüber der Langzeitaufzeichnung erweiterte Sensorik (Abbildung 1.4) verwendet. Die Sensor-Bandage am linken Fußgelenk wurde durch eine weitere am rechten Fußgelenk ergänzt. Zusätzlich kamen ein *Movisens edaMove* zur Erfassung des Hautleitwertes an



Abbildung 1.3.: Vereinfachter Navigationsassistent für die Usability Studie.



Abbildung 1.4.: Erweiterte Sensorik für den begleiteten Spaziergang.

der linken Handfläche sowie ein *Movisens EcgMove* zur Aufzeichnung des Elektrokardiogramms im Brustbereich zum Einsatz. Diese Sensoren verfügen ebenfalls über Akzelerometer. Die GPS Logger wurden auf die maximale Datenrate von 1 Hz kalibriert.

Im Rahmen der Einwilligung wurden interessierte Patienten informell zu ihrer physischen Mobilität befragt, sodass die Gesamtstrecke von mindestens 2 km Länge meist problemlos bewältigt wurde. In einem Fall wurde jedoch auf Grund von Rückenschmerzen vorzeitig abgebrochen.

In der Regel konnte der begleitete Spaziergang mit dem Abschlussbesuch der Langzeitstudie verbunden werden. In jedem Fall wurden die Probanden aus der Häuslichkeit abgeholt und im Anschluss zurück gebracht, sodass die begleitende Psychologin die Instrumentierung vor Ort vornehmen konnte. Die Befestigung der Klebeelektroden für EDA- und EKG-Messungen erforderte größte Sorgfalt, dennoch konnte die Aufzeichnung in der Bewegung nicht immer störungsfrei ausgeführt werden.

Die nahe Begleitung durch den Psychologen während des Experiments war erforderlich, um die Sicherheit der Probanden zu gewährleisten, führte jedoch ebenfalls zu einer häufig recht frühzeitigen - eigentlich unerwünschten - Kontaktaufnahme durch den Probanden, wenn dieser über den weiteren Verlauf des Weges zweifelte. Diese Beeinflussung des Wegfindungsprozesses wurde in Kauf genommen.

## 1.4. Wissenschaftlicher und technischer Stand zu Projektbeginn

Orientierungslosigkeit und Wanderverhalten [7] bei Demenz erhöhen das Risiko Betroffener, sich außer Haus zu verirren und dabei gesundheitlich Schaden zu nehmen [8]. Aktuell im Handel erhältliche technische Assistenzsysteme für Mobilität [9] adressieren dieses Problem durch ein breites Angebot an Tracking- und Geofencingprodukten. Diese ermöglichen einem Betreuer das Lokalisieren des Erkrankten sowie das Einrichten virtueller Grenzen, deren Überschreiten einen Alarm auslöst. Diese Systeme erfüllen eine wichtige Sicherheitsfunktionalität und ermöglichen etwa das Wiederfinden einer vermissten Person. Sie bieten dem Betroffenen selbst jedoch keinerlei Unterstützung dabei, selbständig die Orientierung wiederherzustellen (bzw. den Orientierungsverlust präventiv zu vermeiden) und das intendierte Ziel autonom zu erreichen. Im leichten Stadium einer Demenz werden solche Systeme von den Nutzern daher als stigmatisierend empfunden. Ihr Wunsch nach Förderung sozialer Teilhabe wird nicht unterstützt. In einigen Forschungsprojekten [10, 11, 12] wurde als Unterstützung für den Notfall eine Navigationsfunktion zur Rückführung zum eigenen Heim integriert („Nach Hause“-Schaltfläche). Hierbei wurde die konventionelle Routenführungsfunktionalität verwendet, wie sie auch in Smartphones integriert ist, mit allen Implikationen in Bezug auf die Bedienbarkeit durch den Betroffenen.

Technisch assistierte Navigation für Menschen mit kognitiven Einschränkungen ist Gegenstand aktueller Forschung und stützt sich zunehmend auf praktische Erkenntnisse aus Nutzerstudien mit Vertretern der Zielgruppe. Durch Verwendung angepasster Schnittstellen [13, 14], kann Richtungsinformation auf einem niedrigen Abstraktionsniveau vermittelt werden, das es Menschen mit verschiedenartigen kognitiven Einschränkungen ermöglicht, die Orientierungsinformation in der gegebenen Situation effektiv zu nutzen. Dies gelingt etwa durch Hinweis auf sichtbare Orientierungspunkte in der Nähe des Anwenders. Im Rahmen dieser und weiterer Studien [15, 16, 17], waren Probanden mit Demenz in der Lage, das Ziel mit dem jeweiligen System zu erreichen. Die Anzahl der Fehler und Umwege gab dabei Aufschluss über die Eignung verschiedener Interaktionskonzepte. Jedoch verließen sich Experimentatoren nur im Innenbereich auf technisch generierte Anweisungen [18, 14, 17], während diese im Außenbereich durch eine verdeckt operierende Begleitperson ausgelöst wurden [13, 15, 16]. Zwei Studien [15, 16] mit dementiell erkrankten Probanden berichten von Ablenkung des Nutzers durch das Assistenzsystem selbst. Bei Hettinga et al. (2009) resultierte dies in einer erhöhten Anzahl von Orientierungsfehlern bei Verwendung von Warntönen. Hagethorn et al. (2008) beobachteten demgegenüber unsicheres Verhalten, wie etwa Nichtbeachten des Straßenverkehrs oder Abkommen vom Fußweg. In Situationen, in denen die Richtungsinformation einen nachgeordneten Stellenwert einnimmt, kann die (unaufgeforderte) Bereitstellung solcher Informationen die Betroffenen vom Wesentlichen ablenken und überfordern (vgl. Passini et al. (1995), Brorsson et al. (2011)). Hier sollte entweder gänzlich auf Interaktion verzichtet oder die Aufmerksamkeit des Anwenders rechtzeitig gezielt auf das Wesentliche zurückgelenkt werden.

Eine Reihe aktueller Studien [19, 17, 20] nutzt (partiell beobachtbare) Markov-Entscheidungsprozesse (MDP, POMDP) für die automatische Erzeugung situationsadaptiver Interaktionsstrategien für Mobilitätsassistenz. Der (PO)MDP Formalismus erlaubt es, unter den verfügbaren assistiven Interventionen diejenige auszuwählen, die im Hinblick auf alle möglichen folgenden Aktionen des Betroffenen den größten Nutzen bietet. POMDPs ermöglichen dies auch für den Fall, dass die aktuelle Situation des Nutzers nur partiell (d.h., durch unscharfe Sensoren) beobachtbar ist. Für die Zustandsschätzung kann hierbei ein Bayes'scher Filter (ein Markov-Modell, ein dynamisches Bayes'sches Netz, etc.) eingesetzt werden. Der Mobilitätsassistent von Liu et al. (2009) und der *NOAH Wheelchair* von Viswanathan et al. (2011) entscheiden anhand des aktuellen Status der Person auf der Strecke, etwa Position und Ausrichtung, welche Anzeige/Ansage den Anwender mit der größten Wahrscheinlichkeit auf den korrekten Weg bringt oder ob eine solche gar nicht notwendig ist. Vorlieben und Fähigkeiten des Nutzers werden dabei ebenfalls mit Zustandsvariablen modelliert und beeinflussen die Erfolgsaussicht einer Systemaktion. Die Entwickler des *NOAH Wheelchair* [17] und von *LaCasa* [21] verwenden einen Modellierungsformalismus [22], der explizit kognitive Bedingungen an konkrete Aktionen in einem bestimmten Zustand knüpft, welche erfüllt sein müssen, damit die handelnde Person fähig ist die nächste Aktion korrekt auszuführen. Allerdings ist der Modellierungsaufwand in dem o.g. Formalismus für eine komplexe Aktivität in einer detailreichen Umgebung sehr groß. Dadurch kann entweder die Aktivität nur auf einem hohen Abstraktionslevel assistiert werden, oder aber die Menge der erlaubten Handlungsabläufe muss so stark eingeschränkt werden, dass viele mögliche Abläufe nicht berücksichtigt werden können. Die Beschränkung ergibt sich aus der kombinatorischen Explosion möglicher zielführender Handlungsfolgen in einer hinreichend komplexen Domäne.

Jüngst entwickelte Methoden [23, 24, 25] ermöglichen das automatische Erzeugen von Bayes'schen Filtern aus symbolisch-logischen Modellen mit probabilistischer Semantik für strukturierte Aktivitäten. Der wissensbasierte Modellierungsansatz auf Basis von *Precondition-Effect Rules* (PE-Regeln) erlaubt eine kompakte Beschreibung komplexer und sogar latent unbeschränkter Problemomänen. Wir konnten zeigen, dass Bayes'sche Filter konstruiert werden können, die auch in solchen Zustandsräumen erfolgreich Inferenz ermöglichen. Grundlage der Modellierung ist die kausale Beziehung zwischen Zuständen und Aktionen. Darüber hinaus erlaubt der Ansatz die Berücksichtigung kognitiver Faktoren, durch die eine Aktionsauswahl beeinflusst wird. Gelingt es, die für mobile Aktivitäten wesentlichen Prozesse und Bedingungen der Wahrnehmung und Kognition im Modell abzubilden, kann ein System auf Basis der observierten physischen Aktionssequenzen auf das zugrunde liegende Situationsverständnis des Handelnden schließen, und gegebenenfalls ergänzende Informationen bereitstellen.

## 1.5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Das Projekt wurde wissenschaftlich und technisch insbesondere bei der Studienplanung, der qualitativen Analyse der Interviews sowie der Datenerhebung durch das DZNE Rostock/Greifswald unterstützt. Auch die mobile Sensorik zur Verhaltenserfassung und die für Usability Studien genutzten Smartphones stellte das DZNE für die Laufzeit zur Verfügung.

Prof. Oliver Burmeister (Charles Sturt University, Wagga Wagga, Australien) unterstützte das Projekt in beratender Funktion bei der Entwicklung der Befragung zu Usability Aspekten, sowie der Stakeholderanalyse und Werteeermittlung gemäß des Value Sensitive Design Prozesses. Im Rahmen des Symposiums „*Technische Assistenzsysteme für Patienten mit Demenz im Krankenhaus unter dem Leitbild Entstigmatisierung und Selbstbestimmtheit*“ am 23. und 24. Oktober in Berlin, gemeinsam veranstaltet durch die Universität Rostock, das DZNE Rostock/Greifswald und der Robert Bosch Stiftung GmbH, wurden die ethischen, rechtlichen und sozialen Implikationen (ELSI) im Wirkungsbereich *intelligenter* Assistenztechnologien durch Vertreter der klinischen Praxis, der Philosophie und der Informatik diskutiert.

## 2. Eingehende Darstellung

### 2.1. Erzielte Ergebnisse

#### 2.1.1. Ergebnis der Datenerhebung

Die **Langzeitstudie** wurde mit 11 Probanden durchgeführt. Die erhobenen Sensorlogs haben eine Größe von insgesamt 11,284 Gb. Die Tagebücher zählen zusammen 414 Einträge. 9 der Probanden haben den Mobilitätsassistenten getestet und die Usability-Befragung abgeschlossen.

Der **begleitete Spaziergang** wurde 15 mal durchgeführt, jedoch in 2 Fällen vorzeitig durch den Probanden beendet. Der Hinweg dauerte im Mittel 15,37 min, der Rückweg 22,26 min. Es wurden 0,599 Gb Sensordaten erfasst. Die Videoprotokolle belegen 18,625 Gb Speicherplatz und haben eine Gesamtspieldauer von 6,93 h. Das Videomaterial wurde mit 1929 Annotationseinheiten beschrieben. Von insgesamt 4,82 h Video, aufgezeichnet im Prozess der Wegefindung, wurden 53,07 min von den Ratern als desorientiertes Verhalten markiert. Beide Rater erreichen in der Bewertung von Desorientierung eine Übereinstimmung gemäß Cohen von  $\kappa = 0.61$ .

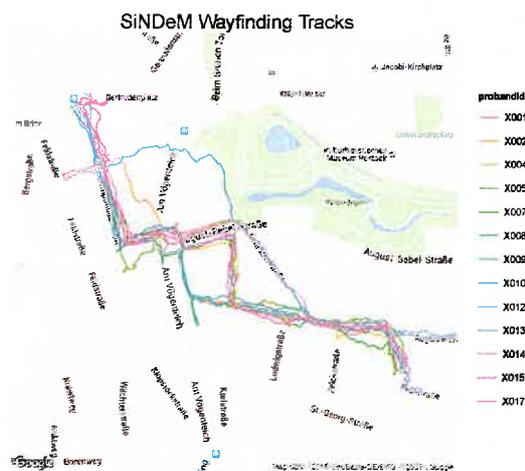


Abbildung 2.1.: Wege aller Probanden im begleiteten Spaziergang.

#### 2.1.2. Interview Mobilität und Technik

Im Rahmen des SiNDeM Projektes wurden MmDs über das individuelle Problemerkennen bezüglich ihrer Mobilität im Alltag befragt. Zusätzliche Fragen richteten sich an individuelle Ansprüche bezüglich der Funktion und der technischen Realisierung eines Assistenzsystems für Mobilität. Die Befragungen erfolgten in Form semistrukturierter Interviews mit 14 Probanden (6 Frauen), im Alter zwischen 58 und 86 Jahren. Die Probanden hatten eine leichtgradige kognitive Störung bis hin zum mittelschweren dementiellen Syndrom bei Alzheimer Krankheit.

Die Dauer der Interviews betrug im Mittel 28 Minuten (min. 15 Minuten, max. 46 Minuten). Die Interviews wurden digital aufgezeichnet, transkribiert und mit der Methode der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayering [26] ausgewertet. Im Folgendem werden einige wesentliche Ergebnisse kurz dargestellt. Ein ausführlicher Bericht, einschließlich des verwendeten Interviewleitfadens, ist in der Anlage III enthalten.

**Mobilität** Alle Befragten bewegten sich außerhalb der Wohnung in ihrem Quartier. Ein Großteil der Erkrankten war selbstständig in einem Radius von 20 km mobil, für durchschnittlich 2-3 mal pro Woche. Als Gründe für Mobilität außer Haus werden Aktivitäten wie Sport, Arzt- und Gartenbesuche, Einkäufe, Spaziergänge und Treffen mit Bekannten und Freunden aufgeführt. Allen Befragten ist die Selbstständigkeit und Entscheidungsfreiheit sehr wichtig. Vier Probanden fühlen sich durch Sicherheitsbedenken, insbesondere der ihres Partners, in ihrer Selbstständigkeit stark eingeschränkt. Vier Personen fahren noch Auto, sieben nutzen öffentliche Verkehrsmittel und drei bewegen sich hauptsächlich zu Fuß oder als Beifahrer. Bis auf drei der Erkrankten gaben alle an, dass sie Einschränkungen durch die Erkrankung in ihrer Mobilität erkennen. Gründe sind verminderter Antrieb sowie Angst vor ungewohnten Strecken und Orientierungslosigkeit. Es wurden kaum körperliche Beschwerden als Einschränkungsggrund angegeben, jedoch seelische Probleme mit der Annahme der Defizite durch die Erkrankung. Einige Befragte beschrieben auch, dass vom seelischen Zustand ihre Fähigkeit sich zu konzentrieren abhängt und somit der Erfolg ihrer Mobilität auch von der *Tagesform* abhängig ist. Die Erkrankten nutzen verschiedene Strategien, um Orientierungslosigkeit zu vermeiden. Dazu gehörten vor allem die genaue Planung der Wege mit den Abfahrtszeiten der öffentlichen Verkehrsmittel, das Nutzen immer gleicher Wege und das Mitführen des Handys als Notrufmöglichkeit.

**Techniknutzung** In Bezug auf den Gebrauch moderner Technik zeichneten sich bei den Interviews drei verschiedenen Typen von Nutzern ab:

**Typus I** Technisches Verständnis und Interesse durch Beruf (6 Personen, 2 zusätzlich Typ II)

**Typus II** Technisches Verständnis und Interesse aus persönlichem Anspruch (4 Personen)

**Typus III** Kein oder wenig Interesse an moderner Technik. (6 Personen)

Eine Verbindung zwischen Alter und Prägung der Interviewpartner und der Technikverbundenheit kann vermutet werden. Unter die Typenkategorien 1 und 2 fallen Personen, die jünger erkrankt sind, während Typus 3 auf ältere Erkrankte zutrifft. Zur Technikaffinität lässt sich feststellen, dass vier Befragte sich selbst als sehr technikaffin bezeichnen, drei weitere Personen sind sehr aufgeschlossen gegenüber moderner Technik und zeigen großes Interesse. Eine weitere Person bezeichnet sich auch als aufgeschlossen, aber kritisch. Bei den Personen die Technik eher ablehnen, kann in zwei Gruppen unterschieden werden. In der ersten Gruppe resultiert Ablehnung aus Überforderung. Dazu gehören vier Befragte. Während Personen der 2. Gruppe moderne Technik eher wegen dem gefühlten Werteverlust bei Kindern und Jugendlichen ablehnen. Probleme mit technischen Geräten beschreiben die Befragten besonders in Bezug auf eine komplexe Bedienung z.B. bei Waschmaschinenprogrammen, Kaffeeautomaten mit mehreren Möglichkeiten, bei der Inbetriebnahme neuer Geräte, bei Computerprogrammen oder bei Smartphones. Es zeigte sich, dass die Bedienung dadurch als einfach empfunden wurde, dass die Erkrankten die Geräte regelmäßig benutzen und die Abläufe automatisiert haben. Drei Befragte, gaben an, dass sich das ändere, sobald diese Routine unterbrochen werde.

**Ansprüche an eine technischen Orientierungshilfe** Von 14 Befragten schlossen drei die Benutzung eines solchen Hilfsmittels aus. Allen Befragten wurden drei Varianten für ein Hilfsmittel zur Orientierung vorgelegt. Sieben Befragte entschieden sich für ein Gerät ähnlich einer Armbanduhr. Sechs Befragte fanden, dass ein Smartphone eher ihren Bedürfnissen (z.B. Größe des Display) entspricht. Eine Person wünschte sich ein Hilfsmittel, dass die Größe eines Tablet-PC hat. Die Frage, was so ein Gerät leisten sollte, wurde sehr unterschiedlich beantwortet. Eine Erinnerungsfunktion an Termine wurde grundsätzlich als gut bewertet, was darauf zurückzuführen

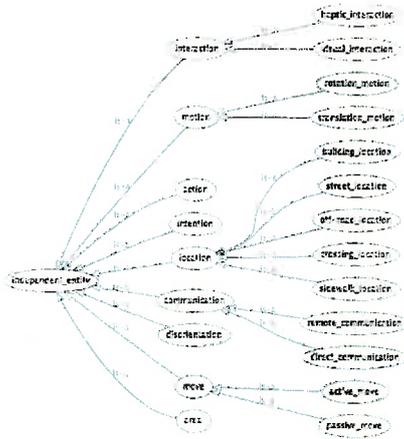


Abbildung 2.2.: Konzepttypen mit Unterklassen relevanter Kontextfaktoren zur Annotation.

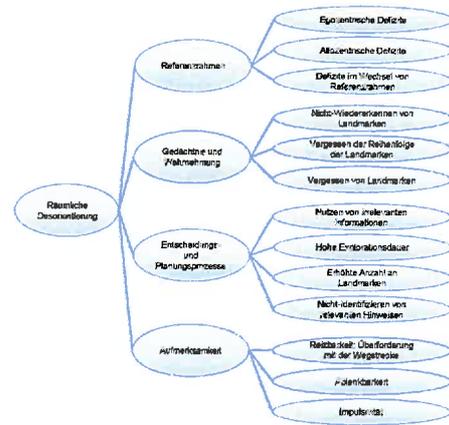


Abbildung 2.3.: Taxonomie kognitiver Fähigkeiten mit Relevanz für Navigation und Fehlverhaltenklassen.

sein könnte, dass diese Erkrankten Erfahrungen mit vergessenen Terminen gemacht haben. Dennoch führen viele einen handschriftlichen Kalender, der ihnen Sicherheit bietet und würden nicht auf einen elektronischen umsteigen. Ansonsten sollte das Gerät leicht zu bedienen sein, nicht zu viele Funktionen besitzen, ein großes Display haben und möglichst robust sein. Fast alle sahen eine zusätzliche akustische Hilfe als wichtig an. Eine wichtige Eigenschaft wünschten sich 5 Personen: Das Gerät sollte Ihnen Auskunft darüber geben können, wo sie sich gerade befinden.

### 2.1.3. Annotation von Mobilität bei Demenz

#### Ontologie für Mobilität

Die Realisierung eines wissensbasierten Navigationsassistenten auf Basis von Handlungsmodellen erfordert die Kodierung des *a priori* verfügbaren Wissens über die Problemdomäne - der relevanten zu detektierenden Aktionen, Verhaltensweisen und Handlungsfehler des agierenden Menschen - entsprechend dem hier verwendeten Modellformalismus. Um Allgemeingültigkeit und Übertragbarkeit gewährleisten zu können müssen die hierzu benötigten Bezeichnungen und Konzepte in Form eines wohldefinierten Vokabulars, bzw. einer Ontologie, klar definiert werden. Diese wird dann zur Annotation der Videos und Sensorprotokolle verwendet. Die Entwicklung einer geeigneten Ontologie erfolgte nach einem adaptierten Ansatz von Uschold und King [27] und ist in Form eines technischen Berichts (Anlage IV) detailliert beschrieben. Zunächst wurden im Rahmen einer Zweckanalyse für den gegebenen Anwendungsfall 6 relevante Konzepte identifiziert: (1) den Desorientierungsstatus, (2) das aktuell verfolgte Ziel des Probanden, (3) die Position des Probanden in Relation zum Zielort, (4) die Aktivität bzw. ausgeführte Aktion des Probanden, (5) die Voraussetzungen welche aus der momentan ausgeführten Aktion ein kausal begründetes, orientiertes Verhalten machen; sowie (6) die umgebenden Entitäten - Objekte und Personen, mit denen der Proband interagiert. Im nachfolgendem iterativen Konzeptualisierungsprozess wurden die ersten zwei verfügbaren Datensätze der Langzeitstudie und des begleiteten Spazierganges betrachtet. Zunächst wurden die Sequenzen durch informelle Text-Bezeichner annotiert. Diese wurden anschließend den vorhandenen Klassen zugeordnet und formalisiert. Der nächste Annotationszyklus erfolgte mittels der nun erweiterten Ontologie. Der Vorgang wurde mehrfach wiederholt bis die Ontologie zur Beschreibung des Datenmaterials genügte. Auf Basis der ersten zwei verfügbaren Datensätze der Langzeitaufzeichnung und des begleiteten Spazierganges wurden die ermittelten Bezeichnungen zur Beschreibung (Annotation) des Datenmaterials herangezogen, Unvollständigkeiten identifiziert und die Ontologie komplettiert. Die finale Ontologie definiert Mobilität über 79 verschiedene Klassen. Einen Ausschnitt der Ontologie zeigt Abbildung 2.2.

## Taxonomie räumlicher Desorientierung bei Alzheimer Demenz

Neben der Ontologie für Mobilität war ein Ziel die Recherche des aktuellen Standes der Wissenschaft zu kognitiven Faktoren und Modellen von Mobilität von Menschen mit Alzheimer Demenz. Dazu wurde eine Literatursuche nach Studien zur Desorientierung bei Alzheimer Demenz durchgeführt. Nach einer ersten Durchsicht der Literatur wurden Begriffe definiert, mit denen eine vertiefte Recherche in der Datenbank PubMed (Zeitraum 1960 bis 2015) durchgeführt wurde. Die Suche ergab 148 Studien für die folgenden Stichworte: spatial navigation and Alzheimer (74), topographical disorientation and Alzheimer (16), spatial disorientation and Alzheimer (58). Eingeschlossen wurden 30 Studien, die indoor oder outdoor navigation, spatial orientation tasks, wayfinding oder getting lost behavior untersucht haben. Ausgeschlossen wurden Studien, die vor dem Jahr 2000 publiziert wurden, die Einflussfaktoren von genetischen Faktoren oder Medikamentengabe untersucht haben oder die Tierversuche beinhalten. Zusätzlich wurden zwei Übersichtsarbeiten [28, 29] zu kognitiven Defiziten im Zusammenhang mit Desorientierung bei Alzheimer Demenz berücksichtigt. Das Ergebnis ist eine Taxonomie von kognitiven Faktoren und kognitiven Defiziten räumlicher Desorientierung bei Menschen mit Alzheimer Demenz (Abbildung 2.3).

## 2.2. Voraussichtlicher Nutzen

Der im Projekt erhobene Datenbestand ist Gegenstand weiterer Analysen, die voraussichtlich weitere Publikationen in den Jahren 2016 und 2017 zur Folge haben. Die praktischen Erkenntnisse aus der Studiendurchführung mit dementiell erkrankten Probanden fließt in die Studienplanung der Folgeprojekte INSIDE-DEM und SAMI ein. Das Projekt identifizierte darüber hinaus ein neues Anwendungsfeld für CSSMs und führt zu einer Fortentwicklung des CCBM Softwaresystems.

## 2.3. Veröffentlichungen im Rahmen des Projektes

### 2.3.1. Erfolgte Veröffentlichungen

#### Konferenzbeiträge

- [30] P. Koldrack, I. Kilimann, S. Teipel, and T. Kirste, "Situation-aware navigation assistance: beyond the Map App," (Glasgow, Scotland, UK), Oct. 2014. Abstract & Presentation.
- [31] P. Koldrack, S. J. Teipel, and T. Kirste, "Tailoring navigation support to the needs and capabilities of persons with mci and early ad," *Alzheimer's and Dementia*, vol. 10, pp. P442–P443, July 2014. Poster presented at the Alzheimer's Association International Conference.
- [32] P. Koldrack, K. Zarm, R. Henkel, T. Kirste, and S. Teipel, "Erhalt der Alltagsmobilität durch technische Assistenz bei Alzheimer Krankheit," (Neubrandenburg), Nov. 2014. Abstract & Presentation.
- [33] P. Koldrack, R. Henkel, K. Zarm, S. Teipel, and T. Kirste, "Situationsadaptive Navigationsassistenz für Menschen mit Demenz," in *8. AAL Kongress - Ambient Assisted Living*, (Frankfurt), Apr. 2015. Paper & Presentation.
- [34] P. Koldrack, R. Henkel, F. Krüger, S. Teipel, and T. Kirste, "Supporting Situation Awareness of Dementia Patients in Outdoor Environments," in *Pervasive Health 2015*, (Istanbul), May 2015. Paper & Presentation.
- [35] R. Henkel, P. Koldrack, K. Zarm, S. Teipel, and T. Kirste, "Situation-aware navigation assistance for people with dementia," in *TAR 2015: Technically Assisted Rehabilitation*, (Berlin), Dec. 2015. Paper & Presentation.

### **Zeitschriftenartikel**

- [4] S. Teipel, C. Babiloni, J. Hoey, J. Kaye, T. Kirste, and O. Burmeister, "Information and communication technology solutions for outdoor navigation in mild dementia: from safety to support of social activity," *Alzheimer's & Dementia: The Journal of the Alzheimer's Association*, Sept. 2015. accepted.

### **2.3.2. Geplante Veröffentlichungen**

#### **Zeitschriftenartikel**

- [36] K. Yordanova, P. Koldrack, R. Henkel, S. Teipel, and T. Kirste, "Ontology design considerations for everyday mobility of patients with Alzheimer's disease," *International Journal of Medical Informatics*. in preparation.

## Literaturverzeichnis

- [1] M. Ghallab, A. Howe, C. Knoblock, D. McDermott, A. Ram, M. Veloso, D. Weld, and D. Wilkins, "PDDL—the planning domain definition language," *AIPS98 planning committee, 1998*, 1998.
- [2] F. Krüger, K. Yordanova, C. Burghardt, and T. Kirste, "Towards creating assistive software by employing human behavior models," *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, vol. 4, pp. 209–226, May 2012.
- [3] F. Krüger, K. Yordanova, A. Hein, and T. Kirste, "Plan synthesis for probabilistic activity recognition," in *Proceedings of the 5th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART 2013)*, (Barcelona, Spain), pp. 283 – 288, February 2013.
- [4] S. Teipel, C. Babiloni, J. Hoey, J. Kaye, T. Kirste, and O. Burmeister, "Information and communication technology solutions for outdoor navigation in mild dementia: from safety to support of social activity," *Alzheimer's & Dementia: The Journal of the Alzheimer's Association*, Sept. 2015. accepted.
- [5] Y. S. Ryu, *Development of Usability Questionnaires for Electronic Mobile Products and Decision Making Methods*. PhD thesis, Virginia State University, Blacksburg and Virginia, 2005.
- [6] "Leitfaden usability v1.3," 2010.
- [7] D. L. Algase, D. H. Moore, C. Vandeweerd, and D. J. Gavin-Dreschnack, "Mapping the maze of terms and definitions in dementia-related wandering," *Aging & Mental Health*, vol. 11, no. 6, pp. 686–698, 2007.
- [8] M. A. Rowe and J. C. Glover, "Antecedents, descriptions and consequences of wandering in cognitively-impaired adults and the Safe Return (SR) program," *American Journal of Alzheimer's Disease and Other Dementias*, vol. 16, no. 6, pp. 344–352, 2001.
- [9] S. Baptiste, E. Steggles, N. Grochowina, and M. LeBeau, "A report on the processes, procedures, and findings of the Locating Technology project," 2006.
- [10] "COGKNOW: <http://www.cogknow.eu>."
- [11] F. Sposaro, J. Danielson, and G. Tyson, "iWander: An Android application for dementia patients," in *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2010 Annual International Conference of the IEEE*, pp. 3875–3878, 2010.
- [12] C. Schneider, V. Willner, I. Turcu, and L. Spiru, "Electronic assistance services for people with dementia," in *23rd Alzheimer Europe Conference* (Alzheimer Europe, ed.), p. 45, 2013.
- [13] A. Liu, H. Hile, G. Borriello, H. Kautz, P. Brown, M. Harniss, and K. Johnson, "Informing the design of an automated wayfinding system for individuals with cognitive impairments," in *3rd International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare, 2009. PervasiveHealth 2009*, pp. 1–8, 2009.
- [14] Y.-J. Chang and T.-Y. Wang, "Comparing picture and video prompting in autonomous indoor wayfinding for individuals with cognitive impairments," *Personal and Ubiquitous Computing*, vol. 14, no. 8, pp. 737–747, 2010.

- [15] F. Hagethorn, B. Kröse, P. Greef, and M. Helmer, "Creating design guidelines for a navigational aid for mild demented pedestrians," in *Ambient Intelligence* (E. Aarts, J. Crowley, B. Ruyter, H. Gerhäuser, A. Pflaum, J. Schmidt, and R. Wichert, eds.), vol. 5355 of *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 276–289, Springer Berlin Heidelberg, 2008.
- [16] M. Hettinga, J. de Boer, E. Goldberg, and F. Moelaert, "Navigation for people with mild dementia," in *Medical Informatics in a United and Healthy Europe* (K.-P. Adlassnig, B. Blobel, J. Mantas, and I. Masix, eds.), vol. 150 of *Studies in Health Technology and Informatics*, pp. 428–432, 2009.
- [17] P. Viswanathan, J. J. Little, A. K. Mackworth, and A. Mihailidis, "Navigation and obstacle avoidance help (NOAH) for older adults with cognitive impairment: a pilot study," in *The proceedings of the 13th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*, ASSETS '11, (New York and NY and USA), pp. 43–50, ACM, 2011.
- [18] A. Morris, R. Donamukkala, A. Kapuria, and A. Steinfeld, "A robotic walker that provides guidance," *IEEE International Conference on Robotics & Automation (ICRA)*, vol. 1, p. 25, 2003.
- [19] A. L. Liu, H. Hile, G. Borriello, P. A. Brown, M. Harniss, H. Kautz, and K. Johnson, "Customizing directions in an automated wayfinding system for individuals with cognitive impairment," in *Proceedings of the 11th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility* (S. Trewin, K. F. McCoy, A. L. Liu, H. Hile, G. Borriello, P. A. Brown, M. Harniss, H. Kautz, and K. Johnson, eds.), (New York and NY), pp. 27–34, ACM, 2009.
- [20] J. Hoey, Xiao Yang, E. Quintana, and J. Favela, "LaCasa: Location and context-aware safety assistant," in *6th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth), 2012*, pp. 171–174, 2012.
- [21] J. Hoey, X. Yang, and J. Favela, "Decision theoretic, context aware safety assistance for persons who wander," in *Int. Workshop on Ubiquitous Health and Wellness (UbiHealth 2012)*, 2012.
- [22] J. Hoey, T. Plötz, D. Jackson, A. Monk, C. Pham, and P. Olivier, "Rapid specification and automated generation of prompting systems to assist people with dementia," *Pervasive and Mobile Computing*, vol. 7, no. 3, pp. 299–318, 2011.
- [23] A. Hein, C. Burghardt, M. Giersich, and T. Kirste, "Model-based inference techniques for detecting high-level team intentions," in *Behaviour Monitoring and Interpretation - BMI: Smart Environments* (B. Gottfried and H. Aghajan, eds.), vol. 3 of *Ambient Intelligence and Smart Environments*, pp. 257–288, IOS Press, Amsterdam, 2009.
- [24] M. Ramirez and H. Geffner, "Probabilistic plan recognition using off-the-shelf classical planners," in *Proceedings of the Twenty-Fourth AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-10)* (Association for the Advancement of Artificial Intelligence, ed.), 2010.
- [25] L. M. Hiatt, A. M. Harrison, and J. G. Trafton, "Accommodating human variability in human-robot teams through theory of mind," in *Proceedings of the Twenty-Second international joint conference on Artificial Intelligence*, vol. 3, pp. 2066–2071, 2011.
- [26] P. Mayring, *Qualitative inhaltsanalyse*. Springer, 2010.
- [27] M. Uschold, M. King, S. Moralee, and Y. Zorgios, "The enterprise ontology," *The knowledge engineering review*, vol. 13, no. 01, pp. 31–89, 1998.
- [28] S. Lithfous, A. Dufour, and O. Després, "Spatial navigation in normal aging and the prodromal stage of Alzheimer's disease: Insights from imaging and behavioral studies," *Ageing Research Reviews*, vol. 12, no. 1, pp. 201–213, 2013.

- [29] K. Vlček and J. Laczó, "Neural correlates of spatial navigation changes in mild cognitive impairment and alzheimer's disease," *Frontiers in behavioral neuroscience*, vol. 8, 2014.
- [30] P. Koldrack, I. Kilimann, S. Teipel, and T. Kirste, "Situation-aware navigation assistance: beyond the Map App," (Glasgow, Scotland, UK), Oct. 2014. Abstract & Presentation.
- [31] P. Koldrack, S. J. Teipel, and T. Kirste, "Tailoring navigation support to the needs and capabilities of persons with mci and early ad," *Alzheimer's and Dementia*, vol. 10, pp. P442–P443, jul 2014. Poster presented at the Alzheimer's Association International Conference.
- [32] P. Koldrack, K. Zarm, R. Henkel, T. Kirste, and S. Teipel, "Erhalt der Alltagsmobilität durch technische Assistenz bei Alzheimer Krankheit," (Neubrandenburg), Nov. 2014. Abstract & Presentation.
- [33] P. Koldrack, R. Henkel, K. Zarm, S. Teipel, and T. Kirste, "Situationsadaptive Navigationsassistentz für Menschen mit Demenz," in *8. AAL Kongress - Ambient Assisted Living*, (Frankfurt), Apr. 2015. Paper & Presentation.
- [34] P. Koldrack, R. Henkel, F. Krüger, S. Teipel, and T. Kirste, "Supporting Situation Awareness of Dementia Patients in Outdoor Environments," in *Pervasive Health 2015*, (Istanbul), May 2015. Paper & Presentation.
- [35] R. Henkel, P. Koldrack, K. Zarm, S. Teipel, and T. Kirste, "Situation-aware navigation assistance for people with dementia," in *TAR 2015: Technically Assisted Rehabilitation*, (Berlin), Dec. 2015. Paper & Presentation.
- [36] K. Yordanova, P. Koldrack, R. Henkel, S. Teipel, and T. Kirste, "Ontology design considerations for everyday mobility of patients with Alzheimer's disease," *International Journal of Medical Informatics*. in preparation.

# Anlagen

**Anlage I** Studienprotokoll zur Feldstudie im SiNDeM Projekt.

**Anlage II** Seite des final verwendeten Mobilitätstagebuches.

**Anlage III** Bericht zur Auswertung der Probandenbefragungen zu dem Themen Mobilität und Technikaffinität

**Anlage IV** Technischer Bericht zur Ontologieentwicklung.



## **Teil I.**

# **Studienprotokoll**



# SiNDeM -

## Situationsadaptive Navigationsassistentz für Demenzpatienten auf Basis kausaler Modelle

### Studienprotokoll

#### Synopse

Die Fähigkeit zur selbstständigen Mobilität ist eine wesentliche Voraussetzung für die Teilhabe am sozialen Leben. Interaktion mit anderen Menschen ist eine Quelle kognitiver Stimulation und stellt im Alter einen Schutzfaktor für die kognitive Gesundheit dar. Auch Menschen mit einer dementiellen Erkrankung profitieren durch vielfältige soziale Aktivität. Krankheitsbedingt verfügen sie jedoch über eine veränderte Wahrnehmung ihrer Umgebung. Dies erschwert ihnen die Orientierung in öffentlichen Räumen und Verkehrsnetzen und zwingt sie schon frühzeitig zu einer Beschränkung ihrer Mobilität und zum Rückzug aus gewohnten sozialen Strukturen. Technische Assistenz kann diesen Prozess verzögern wenn es gelingt, dem Anwender gezielt Informationen zu vermitteln, die seine Kenntnis der Situation ergänzen. Dazu ist es notwendig, das Wissen über die Zusammenhänge zwischen Umgebung, Wahrnehmung und Aktion in eine maschineninterpretierbare Form zu überführen. Das BMBF-Projekt SiNDeM soll die erreichbare Genauigkeit der maschinellen Erkennung von Aktionen sowie Fehlern und Fehlerursachen mit einem solchen, wissensbasierten Ansatz evaluieren. Grundlage bilden Informationen, die mittels GPS und Bewegungssensoren über Aktionsfolgen des Anwenders erfasst werden können und die über das Modell mit Wahrnehmungszuständen in Verbindung gebracht werden. Diese Erhebung ermöglicht in Folgeprojekten die Implementierung von situationsgerechten Systemausgaben, die das Assistenzsystem vervollständigen. Im Rahmen einer Feldstudie soll die Problemdomäne Alltagsmobilität bei leichtgradiger Demenz erschlossen, problematische Situationen identifiziert und Ursachen für Desorientierung in diesen Situationen erfasst werden. Die erhobenen Daten werden für Modellbildung und Systemevaluation verwendet. Um zusätzlich erste Richtungsimpulse der Zielgruppe für die Entwicklung eines Assistenzproduktes zu

erhalten, werden Anforderungen an Funktion und Design in begleitenden Befragungen erhoben. Die im Anwendungskontext entstehenden Konflikte zwischen Ansprüchen direkt und indirekt Beteiligter, etwa dem Anspruch nach Privatsphäre und Autonomie des dementiell erkrankten Systemanwenders und dem Wunsch des pflegenden Angehörigen über dessen Aufenthaltsort informiert zu sein, finden im Rahmen des *Value Sensitive Design* besondere Beachtung.

## **Studienverantwortliche:**

### **Projektleiter:**

Prof. Dr. Stefan Teipel

Klinik und Poliklinik für Psychosomatik und Psychotherapeutische Medizin

Universitätsmedizin Rostock *und*

Deutsches Zentrum für Neurodegenerative Erkrankungen (DZNE) e.V.

Standort Rostock/Greifswald

Gehlsheimer Straße 20

18147 Rostock

Prof. Dr. Thomas Kirste

Universität Rostock

IEF, Institut für Informatik, LS Mobile Multimediale Informationssysteme

Albert-Einstein-Straße 22

18059 Rostock

### **Beteiligte Wissenschaftler:**

Dipl.-Inf. Philipp Koldrack

Deutsches Zentrum für Neurodegenerative Erkrankungen (DZNE) e.V.

Standort Rostock/Greifswald

Gehlsheimer Straße 20

18147 Rostock

Dipl.-Inf. Ron Henkel

Universität Rostock

IEF, Institut für Informatik, LS Mobile Multimediale Informationssysteme

Albert-Einstein-Straße 22

18059 Rostock

## Wissenschaftlicher Hintergrund

Mit der fortschreitenden Schädigung des Gehirngewebes bei der Alzheimer Krankheit als häufigste Ursache für ein dementielles Syndrom, nimmt die kognitive Leistungsfähigkeit der Erkrankten ab. Während bis zum heutigen Zeitpunkt keine ursächliche Therapie zur Verfügung steht, zeigen nicht pharmakologische Therapieansätze zum Erhalt kognitiver Funktion, vielversprechende Ergebnisse. Dazu gehören insbesondere Formen der kognitiven Stimulationstherapie, [1] die Menschen mit Demenz in geistig anregende Aktivitäten - häufig im Kontext kleiner Gruppen - involvieren. Der schützende Einfluss eines aktiven Lebensstils mit vielfältiger sozialer Interaktion ist sowohl bei kognitiv gesunden älteren Menschen als auch bei Menschen mit dementieller Erkrankung belegt [2,3].

Wesentliche Bedeutung erlangt in diesem Zusammenhang die individuell erreichbare Mobilität eines Menschen, denn soziale Aktivität findet zu wesentlichen Teilen außerhalb der eigenen Wohnung statt [4,5]. Das insbesondere die Alzheimer Krankheit sehr frühzeitig relevante kognitive Funktionen für Navigation und räumliche Orientierung [6] sowie für Planung [7] und Fehlerkompensation [8] beeinträchtigt, wirkt in Kombination mit häufig im Krankheitsverlauf auftretenden problematischen Verhaltensweisen erschwerend. Diese ergeben beim Erkrankten ein erhöhte Gefahr, die Orientierung zu verlieren [9,10]. Heute im Handel erhältliche technische Assistenten greifen diesen Aspekt der Mobilität bei Demenz auf, in dem Ortungsdienste einem pflegenden Angehörigen das Lokalisieren des Menschen mit Demenz über einen mobilen GPS-Sender ermöglichen [11]. Der Erkrankte führt dieses Gerät mit sich, es erlaubt ihm jedoch über eine einfache Notruffunktion hinaus nicht, aktiv zu werden. Der Mensch mit Demenz bleibt daher abhängig von Dritten, was eine Einschränkung von Autonomie und Privatsphäre zur Folge hat.

Aktive Unterstützung für Mobilität bei kognitiven Einschränkungen ist ein aktueller Forschungsgegenstand. Insbesondere auf dem Gebiet der Schnittstellengestaltung konnte in Nutzerstudien die prinzipielle Machbarkeit der Navigationsunterstützung für Menschen mit Demenz auf Basis visueller und auditiver Richtungshinweise mit geringem Abstraktionsniveau gezeigt werden [12-14]. Die Programmlogik zur Auswahl der benötigten assistiven Information wird in entsprechenden Experimenten in der Regel durch einen verdeckten menschlichen Beobachter umgesetzt oder ist im Rahmen der Vorbereitung statisch festgelegt worden.

Eine Reihe aktueller Studien [15-17] nutzt (partiell beobachtbare) Markov-Entscheidungsprozesse (MDP, POMDP) für die automatische Erzeugung situationsadaptiver

Interaktionsstrategien für Mobilitätsassistenz. Der (PO)MDP Formalismus erlaubt es, unter den verfügbaren assistiven Interventionen diejenige auszuwählen, die im Hinblick auf alle möglichen folgenden Aktionen des Betroffenen den größten Nutzen bietet. POMDPs ermöglichen dies auch für den Fall, dass die aktuelle Situation des Nutzers nur partiell (d.h., durch unscharfe Sensoren) beobachtbar ist. Für die Zustandsschätzung kann hierbei ein Bayes'scher Filter (ein Markov-Modell, ein dynamisches Bayes'sches Netz, etc.) eingesetzt werden. Der Mobilitätsassistent von Liu et al. (2009) und der *NOAH Wheelchair* von Viswanathan et al. (2011) entscheiden anhand des aktuellen Status der Person auf der Strecke, etwa Position und Ausrichtung, welche Anzeige/Ansage den Anwender mit der größten Wahrscheinlichkeit auf den korrekten Weg bringt oder ob eine solche gar nicht notwendig ist. Vorlieben und Fähigkeiten des Nutzers werden dabei ebenfalls mit Zustandsvariablen modelliert und beeinflussen die Erfolgsaussicht einer Systemaktion. Die Entwickler des *NOAH Wheelchair* [16] und von *LaCasa* [15] verwenden einen Modellierungsformalismus [18], der explizit kognitive Bedingungen an konkrete Aktionen in einem bestimmten Zustand knüpft, welche erfüllt sein müssen, damit die handelnde Person fähig ist, die nächste Aktion korrekt auszuführen. Allerdings ist der Modellierungsaufwand in dem o.g. Formalismus für eine komplexe Aktivität in einer detailreichen Umgebung sehr groß. Dadurch kann entweder die Aktivität nur auf einem hohen Abstraktionslevel assistiert werden, oder aber die Menge der erlaubten Handlungsabläufe muss so stark eingeschränkt werden, dass viele mögliche Abläufe nicht berücksichtigt werden können. Die Beschränkung ergibt sich aus der kombinatorischen Explosion möglicher zielführender Handlungsfolgen in einer hinreichend komplexen Domäne.

Jüngst entwickelte Methoden [19-21] ermöglichen das automatische Erzeugen von Bayes'schen Filtern aus symbolisch-logischen Modellen mit probabilistischer Semantik für strukturierte Aktivitäten. Der wissensbasierte Modellierungsansatz auf Basis von *Precondition-Effect Rules* (PE-Regeln) erlaubt eine kompakte Beschreibung komplexer und sogar latent unbeschränkter Problemomänen. Wir konnten zeigen, dass Bayes'sche Filter konstruiert werden können, die auch in solchen Zustandsräumen erfolgreich Inferenz ermöglichen. Grundlage der Modellierung ist die kausale Beziehung zwischen Zuständen und Aktionen. Darüber hinaus erlaubt der Ansatz die Berücksichtigung kognitiver Faktoren, durch die eine Aktionsauswahl beeinflusst wird. Gelingt es, die für mobile Aktivitäten wesentlichen Prozesse und Bedingungen der Wahrnehmung und Kognition im Modell abzubilden, kann ein System auf Basis der observierten physischen Aktionssequenzen auf das zugrunde liegende Situationsverständnis des Handelnden schließen, und gegebenenfalls ergänzende

Informationen bereitstellen. Bewährt hat sich eine iterative Modellbildung und Evaluation auf Basis qualitativer Analysen [22] von unter realen Bedingungen erhobenem Videomaterial agierender Personen, verknüpft mit Aufzeichnungen der einzusetzenden Sensoren.

## Fragestellungen

1. In welchen Situationen des mobilen Alltags tritt regelmäßig Desorientierung bei Menschen mit leichtgradiger Demenz auf?
2. Mit welcher Genauigkeit können Desorientierungszustände mittels eines wissensbasierten Detektionssystems und mobiler nicht-intrusiver Sensorik erkannt werden?
3. Welche Übereinstimmung zu Expertenhypothesen über kausale Ursachen von Desorientierung kann ein wissensbasiertes System erreichen?
4. Wie ist ein Assistenzsystem für die Zielgruppe geeignet zu entwerfen?

## Studientyp

Explorative und explanative Primärerhebung.

## Zielkriterien

Die Nutzbarkeit des wissensbasierten Ansatzes für die Situationserkennung wird in einer zweistufigen empirischen Studie untersucht. Gegenstand von Stufe I ist die systematische Erfassung des Problemfeldes "Desorientierung". Dies liefert eine Taxonomie von Problemsituationen und Kontexten in denen diese Situationen auftreten. Auf dieser Basis wird in Stufe II ein wissensbasiertes, maschinell verarbeitbares Modell der räumlichen, zeitlichen und kausalen Struktur der Alltagsmobilität erstellt. In einer Feldstudie wird evaluiert, inwieweit ein wissensbasiertes Assistenzsystem unter Nutzung dieses Mobilitätsmodells Problemsituationen korrekt aus Sensordaten (GPS und Inertialsensorik) inferieren kann. Neben Taxonomie und Mobilitätsmodell ist das zentrale Ergebnis des Projektes eine quantitative Aussage über die zu erwartende Präzision der Erkennung von Problemsituationen bei der Orientierung von Demenzpatienten im öffentlichen Raum, die sich unter Nutzung wissensbasierter Methoden erreichen lässt.

### Primärer Endpunkt:

- Genauigkeit (Accuracy) eines wissensbasierten Detektionssystems für krankheitsspezifische Desorientierungszustände in definierten Szenarien der Alltagsmobilität mit problematischem Charakter

### Sekundäre Endpunkte:

- Taxonomie des Problemfeldes Alltagsmobilität bei leichter Demenz durch Alzheimer Krankheit und Beschreibung des subjektiven Problemerlebens (Bewegungssensoren, halbstrukturiertes Interview, Fragebogen)
- Reliabilität der automatisierten wissensbasierten Hypothesenbildung über Ursachen von Desorientierung im Vergleich zu menschlichen Beobachtern
- Bewertung der Gebrauchstauglichkeit eines mobilen Navigationsassistenten durch potenzielle Systemanwender (Items übernommen und angepasst aus ErgoNorm [23] und MPUQ [24])

Zusätzlich wird mittels eines halbstrukturierten Interviews das individuelle Problemerleben bezüglich der Mobilität des Menschen mit Demenz sowie ethisch begründete Ansprüche an Funktionalität und technische Realisierung, mit besonderem Fokus auf das Werteempfinden des Erkrankten und dessen pflegenden Angehörigen, erfasst.

## Methoden der Datenerhebung

### Erschließen des Problemfeldes Alltagsmobilität

Das Problemfeld der Alltagsmobilität wird in Anlehnung an ein Studiendesign im Rahmen des deutsch-israelischen Projektes „SenTra“ [25,26] (BMBF) erhoben, dessen primärer Endpunkt im gruppenspezifischen Unterschied zwischen den Mobilitätsmustern von Menschen mit leichter kognitiver Störung, Menschen mit Demenz und kognitiv gesunden Kontrollen, bestand. Da in der hier beantragten Studie jedoch qualitative Endpunkte definiert sind, ist im Unterschied zu „SenTra“ eine erheblich geringere Probandenanzahl (n=20) bei erhöhter Auflösung der Mobilitätserfassung vorgesehen. Primäres Ziel ist die Identifikation problematischer Situationen mit Desorientierungszuständen im mobilen Alltag von Probanden mit leichtgradiger Demenz. Im Rahmen der Studie wird den Probanden ebenfalls ein vereinfachter Navigationsassistent als Smartphone-Applikation angeboten, dessen Benutzung

Desorientierungszustände markiert und eine Erhebung der Gebrauchstauglichkeit des Designs im Alltag ermöglicht.

	<b>Messwerte</b>	<b>Messvorrichtung</b>
<b>Beweggründe für Mobilität &amp; Problemerleben</b>	Zielort, Zielaktivität, Zeit, Verkehrsmittelnutzung, Begleitung (ja/nein), Problemsituationen, Nutzung Navigationsassistent	Mobilitätstagebuch
<b>Lebensraum &amp; Mobilität</b>	Alle 5 Sekunden: Position, Richtung, Geschwindigkeit	GPS Logger
	64 Hz: Beschleunigung am Fußgelenk, Hinweis auf Bewegungsform (Stehen, Liegen, Gehen, Laufen, Fahren,...)	Akzelerometer
<b>Hilfsmittelnutzung &amp; Eignung</b>	Aufgerufene Funktionen der Navigationsanwendung mit Zeitpunkt und Ort sowie erhaltene Navigationsinformation	Anwendungslog Navigationsassistent
	Gebrauchstauglichkeit des Navigationsassistenten im Alltag	Fragebogen, Ausgewählte Items des ErgoNorm und MPUQ
<b>Ethisch motivierte Anforderungen</b>	Durch Anwendung von Mobilitätsassistentz betroffene Wertvorstellungen, weitere Anforderungen	Halbstrukturiertes Interview

### Aufzeichnung von Desorientierung in problematischen Situationen

Die Erfassung von Desorientierungszuständen bei Mobilität wird unter kontrollierten Bedingungen im Rahmen eines begleiteten Spazierganges [13,14] vorgenommen. Dieser findet mit jedem Probanden nach Abschluss der Aufzeichnung von Alltagsmobilität statt, sodass in der Routenplanung entsprechende Situationen vorgesehen werden können. Der Proband erhält die Richtungsangaben über den Navigationsassistenten mit dessen Nutzung er sich in den vorhergehenden Wochen der Langzeiterfassung vertraut machen konnte. Die Begleitperson folgt dem Probanden und sorgt im Verlauf des Experimentes für dessen Sicherheit. Ein weiterer Beobachter folgt dem Geschehen aus größerer Entfernung und ist für Beobachtung und Protokollierung zuständig. Die Datenerhebung findet mit dem Ziel statt, die beobachtbaren Auswirkungen von Desorientierung mit mobilen Sensoren zu erfassen und im Rahmen der Auswertung zu kategorisieren und mit Hypothesen über Ursachen in Wahrnehmung und Kognition zu begründen.

	Messwert	Messvorrichtung
<b>Physische Aktion</b>	Position, Richtung, Geschwindigkeit, Bewegungsform	GPS Logger, Akzelerometer
	Aktivität (Aktion des Probanden im Kontext der Umgebung, z.B. Warten an Ampel, Überqueren der Straße,...)	Videokamera
<b>Innerer Zustand</b>	Belastungsempfinden (Surrogatmarker: Hautleitwert, Herzfrequenz, Verbale Äußerungen, Körpersprache)	Schriftliches Protokoll, Mikrofon, Videokamera, Pulsuhr, EDA Sensor (Elektrodermale Aktivität)
	Wahrnehmung (Surrogatmarker: Selbst- und Fremdbewertung geben die verfügbaren Informationen)	Ausgabelog Navigationsassistent, Videoaufzeichnung Ego Perspektive, Protokoll, Interview

Die Sensorprotokolle werden mit der Videoaufzeichnung synchronisiert und dienen den Experten für Aktivitätsmodellierung und kognitive Psychologie als Grundlage zur

Entwicklung einer Problemontologie. Der Datensatz wird durch Annotation mit kategorisierten Aktionslabels erweitert.

## Probandencharakteristika

*Einschlusskriterien:*

- Klinisch diagnostizierte leichte kognitive Störung oder leichtgradiges dementielles Syndrom bei klinisch wahrscheinlicher Alzheimer Erkrankung
- MMSE  $\geq$  20

*Ausschlusskriterien:*

- Alter  $<$  18
- fehlende Einwilligungsfähigkeit
- in institutionalisierter Pflege befindlich (Tagespflege erlaubt)
- Einnahme sedierender Medikamente
- Bestehende Suchterkrankung

*Aufwandentschädigung:*

Eine Aufwandentschädigung in Höhe von 100,- € ist für die Probanden vorgesehen.

## Statistische Planung

Mit den Methoden der deskriptiven Statistik werden Lebensraum; Art, Vielfalt und Dauer außerhäusiger Aktivitäten und Fortbewegungsformen in der gesamten Stichprobe und auf individueller Ebene im zeitlichen Verlauf sowie im Vergleich zu den anderen Probanden beschrieben.

Die Abbildung von Mobilitätsmustern und Routinen auf statistische Modelle ist im Anwendungsfeld der Mobilitätsassistenz bei kognitiven Störungen von wesentlicher Bedeutung, da Funktionen so weitgehend automatisiert werden können und kognitiv fordernde bzw. Aufmerksamkeit ablenkende Nutzerinteraktionen auf ein Minimum reduziert werden können. In der Praxis haben sich graphische Modelle [27] wie Conditional Random Fields (CRF) und Hidden-Markov-Modelle (HMM) bewährt.

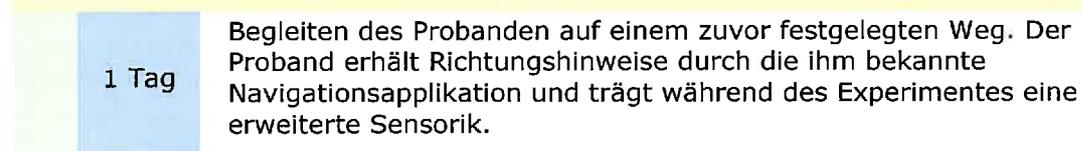
Die Aktivitäts- und Intentionserkennung beruht auf Methoden der Inferenzstatistik und wird mittels Bayes'scher Filter realisiert [28].

## Studienablauf

### Rekrutierung



### Vorbereitung Begleiteter Spaziergang



## Probandensicherheit

### *Langzeitstudie*

Ein Risiko für die Probanden besteht durch die Nutzung des smartphone-basierten Navigationsassistenten, wenn der Proband sich durch das System ermutigt fühlt, über seine gewohnte Mobilität hinaus aktiv zu werden, oder seine Aufmerksamkeit übermäßig abgelenkt wird. Diesem Risiko wird in der Probandenauswahl und dem Design des Assistenten begegnet. In die Studie werden nur Probanden mit leichtgradiger Demenz eingeschlossen, die im hohen Maße eigenständig mobil und befähigt sind, auf die eigene Sicherheit zu achten. Die wählbaren Zielorte im Navigationsassistenten sind vorab festgelegt, dazu gehören der eigene Wohnort und andere alltägliche Zielorte, sodass das Gerät den Probanden nicht ermutigt, die ihm bekannte Umgebung zu verlassen. Die Richtungshinweise werden durch das System nur kurzzeitig und auf explizite Anfrage des Probanden - durch das Berühren einer Schaltfläche gegeben. Eine möglicherweise ablenkende durchgängige Führung erfolgt nur in begleiteten Versuchen.

### *Begleiteter Spaziergang*

Der begleitete Spaziergang mit dem Probanden sieht eine Reihe schwieriger Umgebungssituationen vor, etwa das Überqueren einer Straße an einer komplexen Kreuzung, um Fehlerursachen und Assistenzoptionen zu erkunden. Um Gefahren für den Probanden zu minimieren, wird dieser durch einen *Shadower* begleitet, eine Person die dem Probanden unmittelbar folgt und ausschließlich auf dessen Sicherheit achtet. Ähnlich wurde in Studien von Hettinga et al. [13] und Hagethorn et al. [14] verfahren.

## Datenmanagement

In den vorgesehen Feldstudien werden Daten mittels schriftlicher Dokumentationsbögen sowie elektronischen Aufzeichnungsgeräten erhoben. Die Datenerhebung erfolgt teilweise in Anwesenheit eines wissenschaftlichen Mitarbeiters im Rahmen von Befragungen und begleiteten Experimenten, oder über längere Zeiträume hinweg durch den Probanden selbst mit einem schriftlichen Mobilitätstagebuch und mitgeführten Sensorsystemen. Insbesondere für die elektronisch erfassten Daten ergeben sich datenschutzrelevante Risiken während der Erhebung, beim Transport auf mobilen Datenträgern und der Archivierung sowie Auswertung auf ortsfesten Systemen, die durch ein entsprechendes Schutzkonzept adressiert werden.

## *Erhebung*

### *GPS-Logger und Akzelerometer*

Beide Geräte sollen von dem Probanden während des Aufenthalts außer Haus mitgeführt werden, um das Mobilitätsverhalten aufzuzeichnen. Um das Risiko des Verlustes der Geräte und der bis dahin aufgezeichneten Daten zu minimieren, werden beide Geräte in einer speziell angepassten orthopädischen Bandage am Fußgelenk getragen. Eine entsprechende Messanordnung hat sich in der vorhergehenden Studie „Validitätsprüfung von Bewegungsmarkern bei der Alzheimer Krankheit mithilfe von Bewegungssensoren“ (Registriernummer: A 2011 25) bewährt.

Die Geräte erhalten keinerlei Kennzeichnung, die Dritten unmittelbar eine Zuordnung zu einem Probanden ermöglichen würde. Die Mobilitätsmuster im Speicher des GPS-Loggers bieten jedoch die Möglichkeit den Träger des Gerätes zu identifizieren, da ungefähre Wohnort und weitere wichtige Orte und Wege ersichtlich werden. Die Umstände der Aufzeichnung, wie die Teilnahme an einer Studie, die Diagnose, Testergebnisse etc. sind dem Finder jedoch nicht ersichtlich. Vor dem Ende der 4-wöchigen Aufzeichnung werden alle Daten mindestens zweimal, zur Hälfte und zum Ende der Laufzeit, durch einen Mitarbeiter gesichert und von den Aufzeichnungsgeräten gelöscht.

### *Smartphone und Navigationsapplikation*

Die Probanden erhalten für die 4-wöchige Langzeiterhebung ein Smartphone mit Android Betriebssystem und einer Applikation für Navigation. Das Nutzungsverhalten wird erfasst und im Speicher des Gerätes abgelegt. Für den Betrieb der Anwendung - der Anruffunktion, dem Herunterladen von elektronischem Kartenmaterial sowie das Übermitteln von Suchanfragen für Routenplanung, ist eine Mobilfunkanbindung mit Internetzugang erforderlich. Dazu wird über das Zentrum für jeden Durchgang der Aufzeichnung eigens ein Mobilfunkvertrag mit der Deutschen Telekom abgeschlossen. Jeder Proband erhält entsprechend eine eigene SIM Karte und Telefonnummer, sodass ein versehentlicher Kontakt zwischen Probanden verschiedener aufeinander folgender Durchgänge nicht möglich ist.

Die auf dem Gerät enthaltenen Applikationen anderer Hersteller werden vor Ausgabe der Geräte auf das mögliche Minimum reduziert, um ein ungewolltes Abgreifen personenbezogener Daten durch Dritte zu verhindern. Aus demselben Grund nutzt die eigens entwickelte Navigationsapplikation die verfügbaren Techniken des Betriebssystems, um stets selbst im Vordergrund ausgeführt zu werden und eine Benutzung anderer Anwendungen zu verhindern.

Es ist ebenfalls möglich, das Smartphone mit einem Google-Account eigens angelegt durch einen an der Studie beteiligten Mitarbeiter des DZNE zu verknüpfen, damit im Falle des Verlustes eine Lokalisierung oder Sperrung des Gerätes aus der Ferne möglich ist. Diese Option bietet eine gesteigerte Sicherheit gegenüber Datenverlust durch Verlieren oder Vergessen des Gerätes, ermöglicht dem Mitarbeiter jedoch ebenfalls den aktuellen Standort des Probanden ohne dessen Kenntnis, noch während der Laufzeit des Experimentes zu ermitteln. Von dieser Möglichkeit wird ausdrücklich Abstand genommen – die Ortung erfolgt ausschließlich dann, wenn durch den Probanden der Verlust des Gerätes gemeldet wird. Die Option wird in der Probandeninformation und im persönlichen Gespräch diskutiert – eine Registrierung des Gerätes mit dem Google Konto erfolgt nur auf Wunsch des Probanden.

### **Transport**

Der Transport elektronisch vorliegender personenbezogener Daten erfolgt ausschließlich verschlüsselt auf der Festplatte eines mobilen Computers oder über eine verschlüsselte Datenverbindung.

### **Archivierung & Auswertung**

Die Archivierung und Auswertung elektronischer Daten erfolgt auf den Systemen der Universität Rostock und unterliegt deren Sicherheitskonzept.

Die erhobenen Dokumentationsbögen werden elektronisch erfasst und mit den übrigen elektronischen Daten abgelegt. Die Bögen selbst werden in einem abschließbaren Schrank im Zentrum verwahrt.

Die Speicher der elektronischen Aufzeichnungsgeräte werden unmittelbar nach der Datenübertragung auf einen Computer gelöscht.

## **Referenzen**

1. Woods B, Aguirre E, Spector AE, Orrell M (2012) Cognitive stimulation to improve cognitive functioning in people with dementia. *Cochrane database of systematic reviews (Online)* 2: CD005562.
2. Hughes TF, Flatt JD, Fu B, Chang C-CH, Ganguli M (2013) Engagement in social activities and progression from mild to severe cognitive impairment: the MYHAT study. *International Psychogeriatrics* 25: 587-595.
3. Bennett DA (2006) Postmortem indices linking risk factors to cognition: results from the Religious Order Study and the Memory and Aging Project. *Alzheimer disease and associated disorders* 20: S63.
4. Rosso AL, Taylor JA, Tabb LP, Michael YL (2013) Mobility, Disability, and Social Engagement in Older Adults. *Journal of Aging and Health* 25: 617-637.

5. Mollenkopf H, Marcellini F, Ruoppila I, Flaschenträger P, Gagliardi C, et al. (1997) Outdoor mobility and social relationships of elderly people. *Archives of Gerontology and Geriatrics* 24: 295-310.
6. Lithfous S, Dufour A, Després O (2013) Spatial navigation in normal aging and the prodromal stage of Alzheimer's disease: Insights from imaging and behavioral studies. *Ageing Research Reviews* 12: 201-213.
7. Passini R, Rainville C, Marchand N, Joannette Y (1995) Wayfinding in dementia of the Alzheimer type: Planning abilities. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology* 17: 820-832.
8. Rainville C (2001) A multiple case study of wayfinding in dementia of the Alzheimer type: Decision making. *Aging, neuropsychology and cognition* 8: 54.
9. Rowe MA, Greenblum CA, Daoust RF (2012) Missing Incidents in Community-Dwelling People with Dementia. *AJN, American Journal of Nursing* 112: 30-35.
10. Rowe MA, Glover JC (2001) Antecedents, descriptions and consequences of wandering in cognitively-impaired adults and the Safe Return (SR) program. *American Journal of Alzheimer's Disease and Other Dementias* 16: 344-352.
11. Faucounau V, Riguet M, Orvoen G, Lacombe A, Rialle V, et al. (2009) Electronic tracking system and wandering in Alzheimer's disease: A case study. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* 52: 579-587.
12. Chang Y-J, Wang T-Y (2010) Comparing picture and video prompting in autonomous indoor wayfinding for individuals with cognitive impairments. *Personal and Ubiquitous Computing* 14: 737-747.
13. Hettinga M, de Boer J, Goldberg E, Moelaert F (2009) Navigation for People with Mild Dementia. In: Adlassnig K-P, Blobel B, Mantas J, Masix I, editors. *Medical Informatics in a United and Healthy Europe*. pp. 428-432.
14. Hagethorn FN, Kröse BJA, Greef P, Helmer ME (2008) Creating Design Guidelines for a Navigational Aid for Mild Demented Pedestrians. In: Aarts E, Crowley J, Ruyter B, Gerhäuser H, Pflaum A et al., editors. *Ambient Intelligence: Springer Berlin Heidelberg*. pp. 276-289.
15. Hoey J, Xiao Y, Quintana E, Favela J. *LaCasa: Location and context-aware safety assistant*; 2012; San Diego, CA. IEEE. pp. 171-174.
16. Viswanathan P, Little JJ, Mackworth AK, Mihailidis A (2011) Navigation and obstacle avoidance help (NOAH) for older adults with cognitive impairment: a pilot study. 13th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility. Dundee, Scotland, UK: ACM. pp. 43-50.
17. Liu AL, Hile H, Borriello G, Brown PA, Harniss M, et al. Customizing directions in an automated wayfinding system for individuals with cognitive impairment. In: Trewin S, McCoy KF, Liu AL, Hile H, Borriello G et al., editors; 2009; New York, NY. ACM. pp. 27-34.
18. Hoey J, Plötz T, Jackson D, Monk A, Pham C, et al. (2011) Rapid specification and automated generation of prompting systems to assist people with dementia. *Pervasive and Mobile Computing* 7: 299-318.
19. Hiatt LM, Harrison AM, Trafton JG (2011) Accommodating human variability in human-robot teams through theory of mind. *Twenty-Second international joint conference on Artificial Intelligence - Volume Volume Three*. Barcelona, Catalonia, Spain: AAAI Press. pp. 2066-2071.
20. Ramirez M, Geffner H. Probabilistic plan recognition using off-the-shelf classical planners. In: *Association for the Advancement of Artificial I*, editor; 2010.
21. Hein A, Burghardt C, Giersich M, Kirste T (2009) Model-based Inference Techniques for detecting High-Level Team Intentions. In: Gottfried B, Aghajan H, editors. *Behaviour Monitoring and Interpretation – BMI Smart Environments*: IOS Press.

22. Yordanova K, Kirste T. Towards Systematic Development of Symbolic Models for Activity Recognition in Intelligent Environments; 2014 August; Prague, Czech Republic.
23. DAkkS (2010) ErgoNorm - Benutzerfragebogen zu "Arbeit & Software". Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH. 170-189 p.
24. Ryu YS, Smith-Jackson TL (2006) Reliability and Validity of the Mobile Phone Usability Questionnaire (MPUQ). *JUS - Journal of Usability Studies* 2: 39-53.
25. Oswald F, Wahl H-W, Voss E, Schilling O, Freytag T, et al. (2010) The Use of Tracking Technologies for the Analysis of Outdoor Mobility in the Face of Dementia: First Steps into a Project and Some Illustrative Findings From Germany. *Journal of Housing For the Elderly* 24: 55-73.
26. Shoval N, Auslander GK, Freytag T, Landau R, Oswald F, et al. (2008) The use of advanced tracking technologies for the analysis of mobility in Alzheimer's disease and related cognitive diseases. *BMC Geriatrics* 8: 7.
27. Liao L (2006) Location-based activity recognition: University of Washington. 137 p.
28. Krüger F, Yordanova K, Hein A, Kirste T. Plan Synthesis for Probabilistic Activity Recognition; 2013; Barcelona, Spain.



## **Teil II.**

# **Mobilitätsfragebogen**



Datum: \_\_\_\_\_

**Start**

Ort: \_\_\_\_\_

Zeit: \_\_\_\_\_

**Ziel**

Ort: \_\_\_\_\_

Zeit: \_\_\_\_\_

Aktivität: \_\_\_\_\_

*Rückwege bitte auf der nächsten Seite gesondert beschreiben.*

**Weg**

Verkehrsmittel:

- Keine
- Bus/Bahn
- Auto
- Fahrrad

Begleitung:

- Keine
- Teilstrecke (von,bis: \_\_\_\_\_)
- Gesamtstrecke
- Hund

Wetter:

*Wie war das Wetter als Sie unterwegs waren?*

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Erschwernisse:

*Gab es unterwegs Umstände, die Ihnen den Weg erschwerten?*

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Orientierung:

*Wussten Sie unterwegs einmal nicht weiter?*

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



## **Teil III.**

# **Qualitative Analyse der Interviews**



# Qualitative Inhaltsanalyse zu den Interviews zur SiNDeM-Studie (Situationsadaptive Navigationsassistentz für Demenzpatienten auf Basis kausaler Modelle)

## 1 Einleitung

Im Rahmen der SiNDeM- Studie wurden sozialwissenschaftliche Befragungen in Form semistrukturierter Interviews mit an demenzkranken Probanden durchgeführt. Darin wurden das individuelle Problemerleben bezüglich der Mobilität des Menschen mit Demenz sowie ethisch begründete Ansprüche an Funktionalität und technische Realisierung eines möglichen Assistenzsystems für die Unterstützung der Mobilität außerhalb der Wohnung erfasst. Ein besonderer Fokus lag bei der Befragung auf dem Werteempfinden des Erkrankten.

## 2 Hintergrund und Fragestellungen

### **Technik Akzeptanzmodell nach Davis**

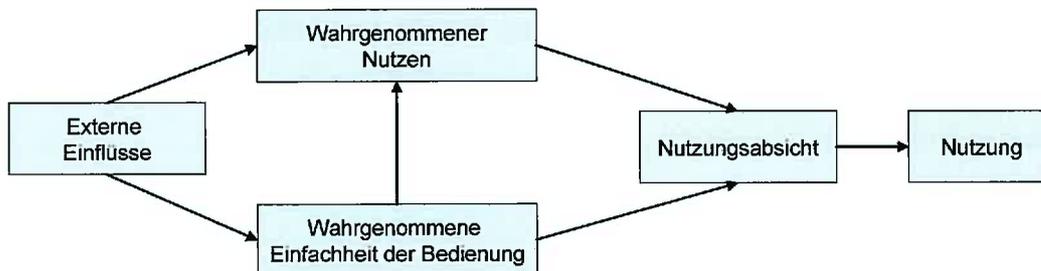
Das Technikakzeptanzmodell (TAM) wurde 1989 erstmals von Davis zur Vorhersage der Nutzungsabsicht von potentiellen Anwendern neuer Technologien vorgeschlagen. Das TAM gehört, auf Grund seiner Einfachheit, zu den am weitesten verbreiteten Modellen zur Erklärung von Anwenderverhalten in Bezug auf neue Technologien. (King & He 2006) In das TAM werden verschiedene Variablen einbezogen, die ausschlaggebend für die Nutzung neuer Technologien sind.

- der wahrgenommene Nutzen (perceived usefulness): wird bestimmt durch die Erwartung, in welchem Ausmaß die neue Technologie Erleichterung verspricht
- die wahrgenommene Einfachheit der Nutzung (perceived ease of use) wird bestimmt durch die Erwartung, ob der Anwender Misserfolge in der Anwendung erwartet

- externe Einflüsse (external variables) z.B. Demografische Einflüsse wie Alter, Geschlecht, bisherige Technikerfahrungen, ...
- Einstellung zur Nutzung (attitude toward use) beschreibt die Erwünschtheit der Nutzung durch den Anwender und wird bestimmt durch den wahrgenommenen Nutzen und die wahrgenommene Einfachheit der Nutzung des technischen Systems.
- Nutzungsabsicht (behavioural Intention) wird bestimmt durch die Einstellung zur Nutzung und dem wahrgenommenen Nutzen.
- Nutzung (actual use) wird bestimmt durch die Handlungsabsicht.

(Biljon & Renaud 2008)

#### Technologieakzeptanzmodell (TAM)



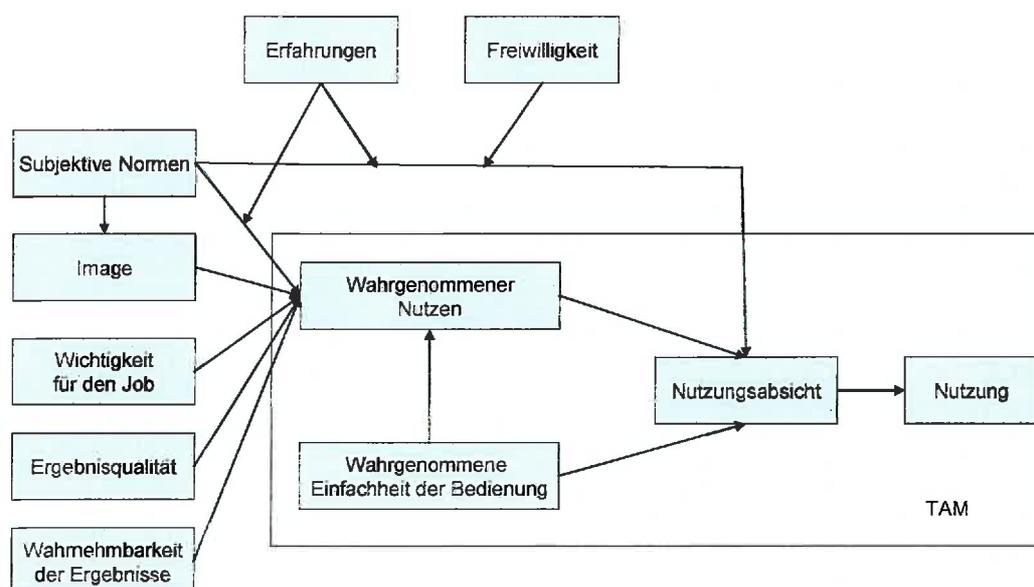
Eigene Darstellung nach Biljon & Renaud (2008)

Gemäß dem TAM wird die Absicht, eine Technologie zu nutzen von den Überzeugungen zum erwarteten Nutzen (perceived usefulness) d.h. welche positiven Effekte sind durch die Nutzung der neuen Technologie im Kontext der Anwendung zu erwarten und zur Anwenderfreundlichkeit (perceived ease of use), d.h. wie aufwändig ist die Anwendung der neuen Technologie, bestimmt. Weiterhin werden der erwartete Nutzen sowie die erwartete Einfachheit der Nutzung von externen Einflüssen (z.B. Charakteristik der Technologie, Entwicklungsprozesse, Unterweisungen, ...) bestimmt. Der erwartete Nutzen wird zugleich beeinflusst durch die erwartete Einfachheit der Nutzung, d.h. je einfacher eine neue Technologie anzuwenden ist, umso größer ist auch der erwartete Nutzen. Den stärksten Einfluss auf die Nutzungsabsicht von neuen Technologien hat der erwartete Nutzen. Es ist zu beobachten, dass die Determinante des „Erwarteten Nutzens“ auf Grund

verschiedener Einflussfaktoren verändert. Die Einfachheit der Nutzung weist einen schwächeren Einfluss auf. Das Modell des TAM beschränkt auf die Determinanten des „erwarteten Nutzens“ und der „erwarteten Einfachheit der Nutzung“. Ein besseres Verständnis der Einflussfaktoren auf die Determinante des erwarteten Nutzens brächte nicht nur die Möglichkeit einer Akzeptanzvorhersage, sondern auch die einer gezielten Akzeptanzförderung mit sich.

Ausgehend vom TAM und unter Einbeziehung der theoretischen Konstrukte: sozialer Einflussprozesse (social influence processes) und kognitiv instrumenteller Prozesse (cognitive instrumental processes) entwickelten Venkatesh und Davis (2000) das Modell des TAM2. (Venkatesh & Davis 2000)

## TAM2



Eigene Darstellung nach Venkatesh und Davis (2000)

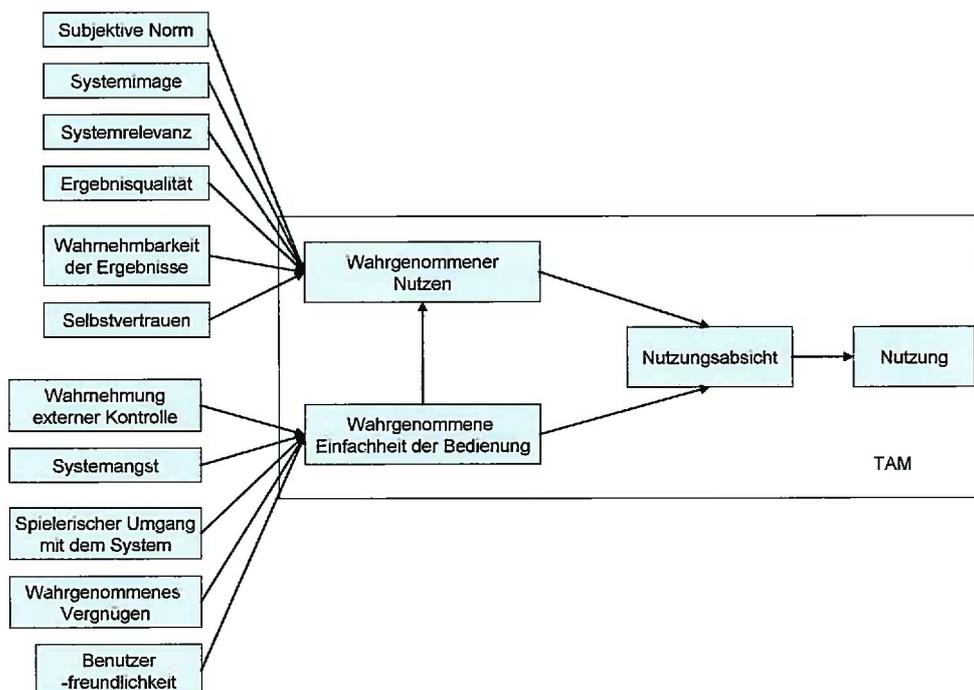
Zusammenfassend stellt Jokisch (2010) heraus, dass die Kernaussage des TAM und TAM2 besagt, dass Anwender eine Technologie akzeptieren, wenn diese sinnvoll und einfach zu handhaben ist. Im TAM3 hingegen wird der Fokus von den Determinanten der Erklärung wie Akzeptanz zustande kommt hin zur Bewertung von gezielten Interventionsmöglichkeiten zur Verbesserung der Akzeptanz neuer

Technologien verschoben. Somit werde sechs Faktoren in das Modell aufgenommen, die der Beeinflussung der Akzeptanz dienen können.

1. das Selbstvertrauen des Anwenders im Umgang mit der neuen Technologie
2. die Wahrnehmung von externer Kontrolle
3. die Systemangst eines Anwenders
4. ein spielerischer Umgang des Anwenders mit dem Informationssystem
5. das wahrgenommene Vergnügen beim Umgang mit der Technologie
6. die Benutzerfreundlichkeit der Technologie

Diese sechs Faktoren werden als Determinanten der „Einfachheit der Nutzung“ angenommen. (Jokisch 2010)

### TAM3



Eigene Darstellung nach Jokisch 2010

Metaanalysen bestätigten die Stabilität des TAM. (Legris et al. 2003; King & He 2006) In diesen Analysen wurde der Zusammenhang zwischen dem wahrgenommenen Nutzen und der Nutzungsabsicht bestätigt. Der Faktor der

wahrgenommenen Einfachheit der Nutzung hingegen ist je nach Anwendungsgebiet unterschiedlich gut geeignet, die Nutzungsabsicht hervorzusagen. (Jockisch 2010)  
Somit ist davon auszugehen, dass wenn die Determinanten des wahrgenommenen Nutzens und der wahrgenommenen Einfachheit der Bedienung, den Anforderungen leicht dementiell erkrankter Menschen berücksichtigt werden, dass ein technisches Gerät durch die Anwender akzeptiert wird.

### ***Interview von leicht dementiell Erkrankten:***

Entsprechend dem TAM3 soll der *wahrgenommene Nutzen* eines technischen Gerätes über die *subjektive Norm* erfasst werden. Je mehr Erfahrungen eine Person im Umgang mit technischen / elektronischen Geräten hat, umso höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie den Nutzen eines technischen Gerätes positiv bewertet. Das *Systemimage* soll mittels der Vorstellungen zur Gestaltung des technischen Gerätes erfasst werden. Hier steht die Frage im Vordergrund ob für den dementiell Erkrankten ein Unauffälliges Design zur Vermeidung von Stigmatisierung oder eher die Funktionalität den Anforderungen der Anwender entsprechend wichtig ist.

Die *Systemrelevanz* soll mittels der Erfragung der Außerhausaktivitäten sowie der benötigten Unterstützung erfasst werden.

Die *Ergebnisqualität* als Determinante des wahrgenommenen Nutzens wird über die bevorzugte Ausgabe der Navigationsinformationen erfasst und welche Funktionen, die Befragten sich vorstellen können.

Die *wahrgenommene Einfachheit der Bedienung* soll mittels der Determinante *Benutzerfreundlichkeit* erfasst werden, indem die befragte Person Aussagen dazu trifft, welche Art der Bedienung von technischen Geräten ihr besonders Schwierigkeiten bereitet und welche Art der Bedienung sie bevorzugt. Gleichfalls wird der Benutzerfreundlichkeit die Gerätegröße zugeordnet.

### **Wahrgenommener Nutzen:**

Subjektive Norm:

- Welche Erfahrungen hat die Befragte Person im Umgang mit technischen / elektronischen Geräten?
- Wie ist die allgemeine Einstellung der befragten Person zu moderner Technik?

**Systemimage:**

- Wie stellt sich die befragte Person die Gestaltung eines unterstützenden Navigationsgerätes vor? (auch in Bezug auf mögliche Stigmatisierung)

**Systemrelevanz:**

- Welche Außerhausaktivitäten unternimmt die befragte Person?
- In welchem Umfang benötigt sie dabei Unterstützung?

**Ergebnisqualität:**

- Welche Form der Informationsausgabe bevorzugen die befragten Personen?
- Welche Funktionen können sich die Befragten an einem technischen Gerät zur Unterstützung der Orientierung in der Umgebung vorstellen?

**Wahrgenommene Einfachheit der Bedienung:**

**Benutzerfreundlichkeit:**

- Welche Art der Bedienung bereitet der befragten Personen besonders Schwierigkeiten?
- welche Art der Bedienung von technischen Geräten bevorzugen die befragten Personen?
- Welche Funktionen eines Mobiltelefons nutzt die befragte Person?
- Wie wird das Mobiltelefon bedient und wie empfindet die befragte Person die Bedienung?
- Welche Gerätegröße bevorzugt die befragte Person?

### 3 Methodik

In Zeitraum von Oktober 2013 bis April 2015 wurden 14 erkrankte Menschen mit leichtgradiger bis mittelschwerer Alzheimerdemenz mittels leitfadengestützter Interviews befragt. (Interviewleitfaden siehe Anhang 1)

Die Rekrutierung der Probanden erfolgte hauptsächlich über die Gedächtnissprechstunde der Universitätsmedizin Rostock, Klinik und Poliklinik für Psychosomatik und Psychotherapeutische Medizin sowie über die Forschungsambulanz des DZNE Rostock/Greifswald. Darüber hinaus konnten einige Teilnehmer/innen an der Studie durch Vorstellung der Ziele der Studie in einer Selbsthilfegruppe für Demenzkranke gefunden werden. Einige Probanden wurden über ihre versorgenden Angehörigen aufmerksam, die in Selbsthilfegruppen für Angehörige von der Studie erfuhren.

Die Interviews fanden je nach Wunsch der Probanden in der Wohnung der Befragten oder am DZNE Rostock statt. Grundlage für das Interview bildete eine unterschriebene Einwilligungserklärung vom Befragten. Alle 14 Interviews wurden digital aufgezeichnet, transkribiert und pseudonymisiert.

Die Daten wurden daraufhin computergestützt mit Hilfe eines Textverarbeitungsprogrammes und mit der Methode der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayering (2010) ausgewertet. Die qualitative Inhaltsanalyse ermöglicht eine effiziente Datenreduktion und Datenanalyse. Sie bedient sich verschiedener Verfahren, von denen hier die Strukturierung mit ihren vier verschiedenen Untergruppen (formale, inhaltliche, typisierende und skalierende Strukturierung) Anwendung fand.

## 4 Ergebnisse

### Quantitative Daten zu den Interviews und den befragten Probanden

Es wurden 14 Probanden interviewt. Die durchschnittliche Interviewdauer betrug 28 Minuten (Min. 15 Minuten, max. 46 Minuten).

Das Durchschnittsalter der Befragten zum Zeitpunkt des Interviews lag bei 71 Jahren (min. 58 Jahre, max. 86. Jahre). Es wurden sechs Frauen und acht Männer befragt.

Der durchschnittliche Wert beim MMST, gemessen zum Zeitpunkt des Interviews, lag bei 24,8 (niedrigster Wert: 17, höchster Wert: 28). (Tabelle 1)

Interview-Nr.	Alter **	Geschlecht	MMST**
1	73	weiblich	26
2	73	männlich	27
3	58	weiblich	25
4	59	männlich	17
5	64	männlich	26
6	82	männlich	28
7	86	männlich	25
8	58	weiblich	26
9	62	weiblich	20
10	76	weiblich	25
11	78	weiblich	28
12	73	männlich	27
13	71	männlich	23
14	81	männlich	24

\*\* (zum Zeitpunkt des Interviews)

**Tabelle 1: Alter, Geschlecht, MMST der Interviewten**

### Qualitative Inhaltsanalyse

Basierend auf den Untersuchungsfragen wurde folgendes Kategoriensystem verwendet. Im Verlauf der Untersuchung wurde die Ausprägung C5 „Zweck der Aktivität“ gestrichen, da eine Zuordnung zu C1 erfolgen konnte. Im Ergebnis füllte die kategoriale Auswertung aller 14 Interviews ca. 350 Seiten eines Word-Dokuments bei Schriftgröße Arial 12. In der vorliegenden Arbeit wurden für jede Oberkategorien die Ergebnisse zusammengefasst, sodass eine Beantwortung der Untersuchungsfragen möglich wurde.

## Kategoriensystem

### **A) Allgemeine Fragen- Lebensumstände**

- A1) Lebenssituation (Wo, Wie, mit Wem?)
- A2) Schulabschluss
- A3) Beruf (jetzt oder früher)

### **B) Allgemeine Fragen zum Gebrauch von moderner Technik**

- B1) Technische Geräte Berufsleben
- B2) Technische Geräte Freizeit
- B3) Technische Geräte gerade regelmäßig benutzt
- B4) Technisches Geräte besonders gut bedienen und Warum?
- B5) Schwierigkeiten Bedienung technisches Geräte und Warum?
- B6) Einstellung zu moderner Technik?

### **C) Hilfebedarf Navigation außer Haus**

- C1) welche Außerhausaktivitäten?
- C2) allein/selbstständig?
- C3) Häufigkeit
- C4) wie wichtig ist Selbstständigkeit
- ~~C5) Zweck der Aktivität~~
- C6) Wie unterwegs?
- C7)Umkreis?
- C8) Schwierigkeiten (körperlich, geistig, organisatorisch, Umwelt)
- C9) Unterstützung und wenn ja, wie?
- C10) Veränderung der Aktivität durch Erkrankung? Gründe?
- C11) Veränderung Art der Aktivitäten? Gründe?

### **D) Geräte und Unterstützung durch Navigation**

- D1) Mobiltelefon?
- D2) Welche Funktionen nutzen Sie?

- D3) wie bedient (Touch oder Knöpfe)
- D4) Schwierigkeiten und Gründe?
- D5) Erfahrung Navigationsgeräte?
- D6) Welche?
- D7) Schwierigkeiten und Gründe?

**E) Vorstellung modernes Gerät, dass hilft sich besser zurecht zu finden,...**

- E1) wie ist Vorstellung von so einem Gerät?
- E2) Größe
- E3) Ausgabe?
- E4) Knöpfe oder Touchscreen?
- E5) Welche Funktionen? (Reine Wegführung, Bus- und Straßenbahnpläne, Kalender, Erinnerung)
- E6) Geräte aussehen, gestaltet (Größe Form?)
- E7) Stört es, wenn andere es bemerken (auch akustisch?)

Ergebnisse der Oberkategorien

**A) Lebensumstände**

10 von 14 Personen leben mit ihrem Partner zusammen. Zwei Männer und zwei Frauen leben alleine.

3 Personen bewegen sich nicht mehr alleine außerhalb der Wohnung oder des Hauses, sondern nur in Begleitung des versorgenden Angehörigen. 4 weitere Personen sind am Tag auf sich selbst gestellt, da der Partner noch arbeitet.

Das heißt zusammen mit den alleinlebenden Probanden, verbringen zwei weitere Herren und zwei Frauen viel Zeit am Tag allein und bewegen sich dementsprechend auch allein in ihrer Umgebung.

11 Befragte hatten vor der Erkrankung anspruchsvolle Berufe mit mittlerem bis hohem Bildungsniveau. Drei der Befragten wurden durch die Erkrankung aus dem Berufsleben „gerissen“.

Die Lebensumstände sind bei den Probanden sehr unterschiedlich. Vier Befragte leben mit dem Partner in einem Haus, drei weitere in einer Mietwohnung auf dem Land. Alle allein lebenden Probanden wohnen in einer Mietwohnung in der Stadt. Hinzu kommt ein Proband, der eher ländlich im Speckgürtel einer Großstadt in einem Haus mit seiner Frau lebt, während ein weiterer Proband unter gleichen Umständen in der Stadt lebt. Dadurch ist die Gruppe der Befragten recht heterogen in den Lebensumständen.

### **B) Allgemeine Fragen zum Gebrauch von moderner Technik**

In Bezug auf den Gebrauch moderner Technik zeichnen sich bei den Interviews drei verschiedenen Typen von Nutzern ab.

#### 1. Typus I: *Technisches Verständnis und Interesse durch Beruf*

Erkrankte, die technische Geräte wie PC, Handy und Navigationsgeräten beruflich genutzt haben und dadurch sehr technikbewandert sind. Diese Erkrankten zeichnen sich auch durch ein hohes Interesse und durch eine große Aufgeschlossenheit gegenüber der modernen Technik aus.

#### 2. Typus II: *Technisches Verständnis und Interesse aus persönlichem Anspruch*

Erkrankte, die aus sich heraus, ein großes Interesse an Weiterentwicklung und neuen Medien haben, um mit dem „Geist der Zeit“ zu gehen. Diese Nutzer haben ohne beruflichen Hintergrund ein Interesse an moderner Technik.

#### 3. Typus III: *Kein oder wenig Interesse an moderner Technik*

Erkrankte, die beruflich und in der Freizeit wenig mit moderner Technik zu tun hatten, sondern eher Technik im Hausgebrauch einsetzten. Sie zeigen kein oder wenig Interesse an moderner Technik.

Typus 1 und 2 können gemeinsam bei einer befragten Person auftreten.

Eine erste Verbindung zwischen Alter und Prägung der Interviewpartner und der Technikverbundenheit lässt sich ausmachen. Unter die Typenkategorien 1 und 2 fallen Personen, die jünger erkrankt sind, während Typus 3 auf ältere Erkrankte zutrifft.

Eine Zuordnung der 14 Befragten zu den Typen erfolgte wie folgt:

*Typus I: Technisches Verständnis und Interesse durch Beruf: 6 Personen (Davon 2 Personen zusätzlich in Typus II)*

*Typus II: 4 Personen (Davon 2 Personen zusätzlich in Typus I)*

*Typus III: 6 Personen*

Zur Technikaffinität lässt sich feststellen, dass vier Befragte sich selbst als sehr technikaffin bezeichnen, drei weitere Personen sind sehr aufgeschlossen gegenüber moderner Technik und zeigen großes Interesse. Eine weitere Person bezeichnet sich auch als aufgeschlossen, aber kritisch. Hier wird als Problematik vor allem die Veränderungen in der Kommunikation, ein Desinteresse an Natur und an anderen Menschen durch technische Ablenkung sowie ein negativer Einfluss auf Beziehungen beschrieben. Bei den Personen die Technik eher ablehnen, kann in zwei Gruppen unterschieden werden. Die erste Gruppe ist die, wo die Ablehnung aus einer Überforderung resultiert. Dazu gehören vier Befragte. Während die 2. Gruppe moderne Technik eher wegen dem gefühlten Werteverlust bei Kindern und Jugendlichen ablehnen. Hierzu äußerten sich zwei Befragte sehr ausführlich.

Auf die Frage, welches Gerät die Erkrankten besonders gut bedienen können, gab es verschiedenen Antworten wie Fernseher, Kaffeemaschine, Computer. Bei genauerem Nachfragen zeigte sich, dass die Bedienung dadurch als einfach empfunden wurde, dass die Erkrankten die Geräte regelmäßig benutzen und dadurch die Abläufe automatisiert sind und nicht als Gedächtnisleistung abgerufen werden müssen. Drei Befragte, gaben an, dass sich das ändere sobald diese Routine unterbrochen wird.

Probleme mit technischen Geräten beschreiben die Befragten besonders in Bezug auf eine komplexe Bedienung z.B. bei Waschmaschinenprogrammen,

Kaffeeautomaten mit mehreren Möglichkeiten, bei der Inbetriebnahme neuer Geräte, bei Computerprogrammen oder bei Smartphones.

### **C) Hilfebedarf bei der Navigation außer Haus**

Alle Befragten bewegen sich außerhalb der Wohnung in ihrem Quartier. Ein Großteil der Erkrankten bewegen sich völlig selbstständig in einem Radius von 20 km durchschnittlich 2-3 mal pro Woche. Sechs Personen gehen täglich raus und bewegen sich im näheren Umfeld für z.B. Spaziergänge alleine oder mit Hund (2 Personen). Gründe für Mobilität außer Haus sind verschiedenste Aktivitäten, wie Sport, Arztbesuche, Garten, Einkäufe, Spaziergänge im Wald und Treffen mit Bekannten und Freunden.

Allen Befragten ist die Selbstständigkeit und Entscheidungsfreiheit sehr wichtig, wenn sie danach gefragt werden. Für fast alle Befragten lässt sich feststellen, dass sie nicht nur wichtig ist, sondern sogar einen hohen Stellenwert einnimmt. Zitat: *„Ja, das ist, die Selbstständigkeit ist das A und O. Dadurch scheidet sich// unterscheidet sich der Mensch vom Tier.“ (I 6 Z: 707-708), Zitat:*

Vier fühlen sich in ihrer Selbstständigkeit stark eingeschränkt, wobei dabei häufig die Partnerschaft eine Rolle spielt. Zitat: *„Aber und er denkt immer, er tut mir was Gutes, wenn er mir Alles abnimmt. Will ich gar nicht. Ich will ja so viel wie möglich selbst machen. Klappt ja auch alles.“*

Vier Personen fahren noch Auto, sieben nutzen öffentliche Verkehrsmittel und drei bewegen sich hauptsächlich zu Fuß oder als Beifahrer. Bis auf drei der Erkrankten gaben alle an, dass sie Einschränkungen durch die Erkrankung in ihrer Mobilität erkennen. Gründe sind verminderter Antrieb sowie Angst vor ungewohnten Strecken und Orientierungslosigkeit. Die Befragten gaben kaum körperliche Beschwerden als Einschränkung durch die Erkrankung, sondern mehr psychische und seelische Probleme mit der Annahme der Defizite durch die Erkrankung. Einige Befragte beschrieben auch, dass vom psychischen

Zustand ihre Fähigkeit sich zu konzentrieren abhängt und somit der Erfolg ihrer Mobilität auch vom der „Tagesform“ abhängig ist.

Die Erkrankten nutzen verschiedene Strategien, um Orientierungslosigkeit zu vermeiden. Z.B. genaue Planung der Wege mit Abfahrtszeiten der öffentlichen Verkehrsmittel, immer gleiche Wege nutzen und Handy als Notrufmöglichkeit mitnehmen.

Während der Interviews berichteten die Befragten von Referenzerlebnissen zur Orientierungslosigkeit, obwohl diese Frage nicht im Interviewleitfaden enthalten war. Dies unterstreicht die große Bedeutung dieser Erlebnisse für die demenzerkrankten Personen.

Insgesamt berichteten 6 Personen von insgesamt 10 Referenzerlebnissen zur Orientierungslosigkeit (Tabelle 2).

Befragte Person	Referenzerlebnisse
1. Person (Frau):	1. Orientierungslos bei Bahnfahrt mit Umsteigen; 2. Verfahren mit dem Auto in Umgebung, die sie nur selten besucht
2. Person (Mann):	1. Verfahren mit dem Auto; 2. Verlaufen
3. Person (Mann):	Verlaufen
4. Person (Frau):	Fahrrad nicht wiedergefunden nach Einkauf in großem Einkaufscenter
5. Person (Mann):	1. Verlaufen beim Spaziergehen im Dorf; 2. Verlaufen beim Einkaufen mit Frau in Stadt, 3. Unfälle mit Auto durch Orientierungsprobleme
6. Person:	mit Auto vom Dorf zum Einkaufen in Kleinstadt - dann Auto nicht wiedergefunden

**Tabelle 2:** Referenzerlebnisse Orientierungslosigkeit

Eine weitere Person (Mann) schilderte, dass er nicht mehr so tief in den Wald gehe, weil er befürchtet überfallen zu werden. Auf Grundlage des gesamten Interviews, wo er sich immer wieder wünscht, ein Gerät zu haben, das ihm sofort sagt, wo er ist, kann vermutet werden, dass er schon einmal orientierungslos war, sich nicht an die Situation erinnert, aber an das negative Gefühl, dass er orientierungslos tief im Wald verspürt hat und sich deshalb nicht mehr so tief in den Wald traut.

Bei den Erlebnissen des Verlaufs oder Verfahrens schilderten drei der sechs Befragten, dass sie zum Ausgangspunkt ihres Weges zurückkehrt sind, um sich neu zu orientieren, was hier als Hilfsstrategie angesehen werden kann.

#### **D) Technische Geräte und Unterstützung durch Navigation**

Bis auf drei Personen besitzen alle Befragten ein Mobiltelefon. Die Nutzung ist dabei sehr unterschiedlich. Eine Dame nutzt ihr Smartphone sehr umfangreich für das Telefonieren, Versenden von SMS und Whats App, verschiedene Apps, Google Maps und die Kamerafunktion. Der Großteil benutzt sein Handy hauptsächlich zum Telefonieren, wobei ein Mann noch zusätzlich die Weckfunktion und zum Fotografieren nutzt. Zwei Damen schreiben SMS und telefonieren. Zwei Personen haben das Handy nur für dringende Notfälle und benutzt es fast nie, vergessen es auch mitzunehmen.

Schwierigkeiten in der Bedienung ergeben sich aus einem zu kleinen Touchfeld und dadurch erschwertes Tippen, durch zu komplizierte Menüs, durch Blenden des Displays im Freien und vergessene PINs

Ein Navigationsgerät besitzt keiner der Befragten. Sechs Erkrankte haben jedoch früher Navigationsgeräte benutzt.

Zwei der elf Mobilphonebesitzer haben ein Touchscreenhandy und würden dieses Variante wieder bevorzugen. Die anderen haben eine herkömmliche Tastenfunktion und würden diese bevorzugen. Daraus lässt sich schließen, dass jeder das bevorzugt, was er kennt, was sich mit dem Krankheitsbild erklären lässt.

### **E) Vorstellungen von einem modernen Gerät, dass bei der Orientierung hilft**

Drei Befragte schließen die Nutzung eines solchen Gerätes aus.

Allen Befragten wurden drei Varianten für ein Hilfsmittel zur Orientierung vorgelegt. (Siehe Abbildung 1) Sieben Befragte entschieden sich für ein Gerät ähnlich einer Armbanduhr. Bei genauerem Nachfragen entschied sich ein Befragte um und wollte eher ein Gerät in Smartphonegröße. Sechs Befragte fanden, dass ein Smartphones eher ihren Bedürfnissen (z.B. Größe des Display) entspricht. Eine Person wünscht sich ein Hilfsmittel, dass die Größe eines Tablet-PC hat. Dabei stellte sich heraus, dass diese Person sich seit Jahren ein „Kindle“ zum Lesen von Büchern wünscht und das Tablet damit assoziiert, außerdem besteht ein Sehschwäche.

Die Frage, was so ein Gerät leisten sollte, wurde sehr unterschiedlich beantwortet. Eine Erinnerungsfunktion an Termine wurde grundsätzlich als gut bewertet, was darauf zurückzuführen sein könnte, dass diese Erkrankten Erfahrungen mit vergessenen Terminen gemacht haben. Dennoch führen viele einen handschriftlichen Kalender, der ihnen Sicherheit bietet und würden nicht auf einen elektronischen umsteigen. Ansonsten sollte das Gerät leicht zu bedienen sein, nicht zu viele Funktionen besitzen, ein großes Display haben und möglichst robust sein. Fast alle sahen eine zusätzliche akustische Hilfe als wichtig an.

Eine wichtige Eigenschaft wünschten sich 5 Personen. Das Gerät sollte Ihnen Auskunft darüber geben können, wo sie sich gerade befinden.

Als Vorschlag für die Anzeige einer Navigation wurden den Probanden 4 mögliche Beispiele vorgelegt. (Siehe Abbildung 2). Dabei entschieden sich 5 Personen für Variante 2, 5 Personen für Variante 3 und 4 für die grobe Übersicht Variante 4. Keiner der Probanden wählte die Übersicht 1, da diese zu „verwirrend“ oder mit zu viel Information gespickt sei. Außerdem ist diese Anzeige noch nicht so geläufig. Demenzerkrankte orientieren sich gerne an Bekanntem.

Bei der Frage danach, ob es die Befragten stören würde, wenn andere merken, dass sie Hilfe benötigen, gab es geteilte Ansichten. Hier lässt sich

nicht feststellen wohin die Tendenz geht. Einigen ist es egal. Sie wünschen sich, besser zu Recht zu kommen und Orientierung zu erhalten. Die anderen fürchten Stigmatisierung.

Ein Befragter fand für sich eine optimale Strategie, unbemerkt zu bleiben. Seine Idee: Navigation per Handy, was ja heutzutage normal ist und akustische Hilfe über Kopfhörer, sodass er unbemerkt von anderen bleiben könnte.

Zwei Befragte äußerten den Wunsch mit dem Navigationsgerät bei Orientierungslosigkeit zur nächsten öffentlichen Haltestelle navigiert zu werden.



**Abbildung 1:** Beispiele für technische Geräte zur Navigation als Unterstützung der mobilität von demenzkranken Menschen

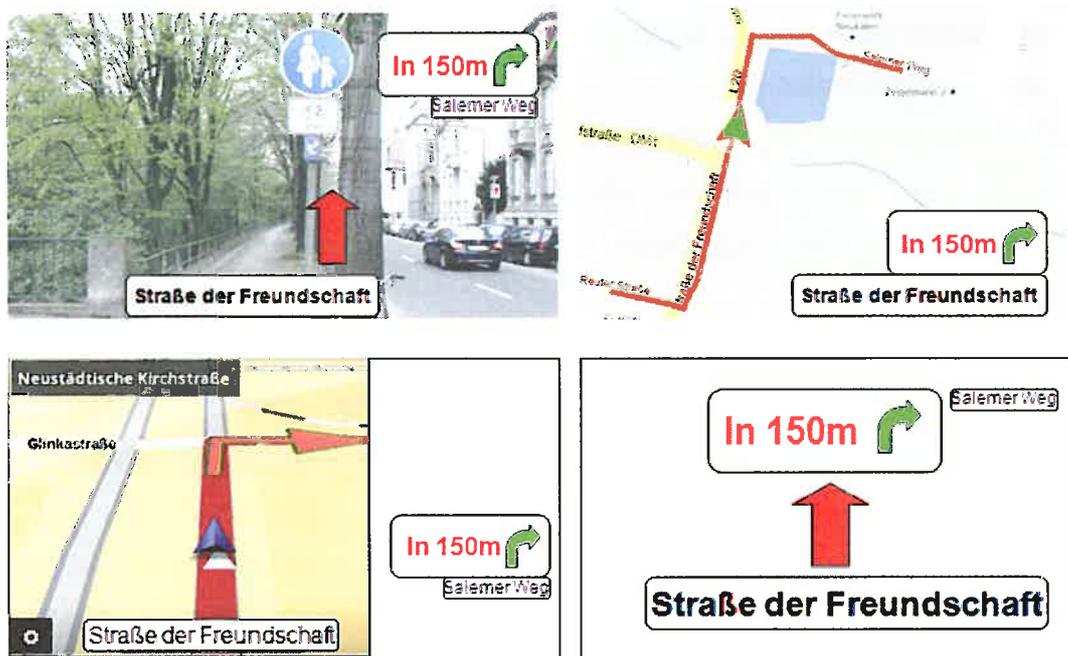


Abbildung 2: Kartenansichten Navigationsmöglichkeiten

## Literatur

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse, 11. aktualisierte und überarbeitete Auflage. Beltz: Weinheim.

King, W.R., He, J., (2006). A meta-analysis of the technology acceptance model. Information & Management. Volume 43. Issue 6. September 2006. pp 740-755

Venkathesh, V., Davis, F.D. (2000). A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies. In: Management Science. Vol 46, No.2 Feb 2000 pp 186-204

Legris, P., Ingham, J., Colletette, P. (2003). Why do people use information technology? A critical review of the technology acceptance model. Information & Management. Vol. 40 Issue 3. pp 191-204

Jokisch, M. (2010). Das Technologieakzeptanzmodell. Die verhaltenswissenschaftliche Modellierung von Beziehungsstrukturen mit latenten Konstrukten am Beispiel von Benutzerakzeptanz. In: Bandow, G., Holzmüller, H.H. 2010. „Das ist gar kein Modell“, unterschiedliche Modelle und Modellierungen in Betriebswirtschaftslehre und Ingenieurwesen. Gabler GWV-Fachverlag Wiesbaden

Davis, F.D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. MIS Quarterly Vol. 13. Nr.3 September 1989. pp 319-340

Biljon, J., Renaud, K. (2008). A Qualitative Study of the Applicability of Technology Acceptance Models to senior Mobile Phone Users. In: Advances in Conceptual Modeling – Challenges and Opportunities, ER 2008 Workshops CMLSA, ECDM, FP-UML, M2AS, RIGiM, SeCoGIS, WISM, Barcelona Spain, October 20-23, 2008. Proceedings. Editors: Song, I.-Y., Piattini, M., Phoebe Chen, Y.-P., Springer-Verlag Berlin, pp 228-237

## Anhang 1

# Interviewleitfaden zur Ermittlung der Technikakzeptanz von Menschen mit leichter bis mittlerer Gedächtnisstörung

### Befragung einer Person mit leichter- mittlerer Gedächtnisstörung

- Begrüßung der interviewten Person
- Vorstellung der befragenden Person
- Kurze Erläuterung des Zwecks der Befragung
- Versicherung der Anonymität und des Datenschutzes

### Interview:

#### 1. Allgemeine Fragen zu den Lebensumständen und zum sozioökonomischen Status

- a) Wie würden Sie Ihr derzeitiges Leben beschreiben?  
(z.B. wo leben Sie / mit wem leben Sie / ...)
- b) Welchen Schulabschluss haben Sie?
- c) Welchen Beruf üben Sie derzeit aus bzw. haben Sie früher einmal ausgeübt?

#### 2. Allgemeine Fragen zum Gebrauch von moderner Technik der erkrankten Person

Nun ein paar Fragen zu Ihrem Verhältnis zu technischen Geräten.

- d) Mit welchen technischen Geräten mussten Sie in Ihrem **Berufsleben** häufig umgehen? (z.B. Baumaschinen, Kopierer, Computer, ...)
- e) Mit welchen technischen Geräten haben Sie sich früher in Ihrer **Freizeit** häufig beschäftigt? (z.B. Computer, Modelleisenbahn, Handwerkliches, ...)
- f) Welche technischen / elektronischen Geräte benutzen Sie in letzter Zeit regelmäßig? (z.B. Fernseher, Telefon, Mikrowelle, ...)
- g) Welches elektronische / technische Gerät können Sie besonders gut bedienen? (z.B. Telefon, Fernseher, Computer)  
→ Warum können Sie diese Geräte besonders gut bedienen?

h) Welches elektronische / technische Gerät, das Sie bedienen möchten, bereitet Ihnen besonders Schwierigkeiten bei der Bedienung?

→ Warum bereitet Ihnen die Bedienung Schwierigkeiten?

i) Wie ist Ihre allgemeine Einstellung zu moderner Technik?  
(eher offen oder distanziert?)

### 3. Hilfebedarf bei der Navigation außer Haus

j) Welche Aktivitäten unternehmen Sie außerhalb Ihrer Wohnung / Ihres Hauses?

→

k) Sind sie dabei allein / selbstständig außer Haus mobil?

l) Wie häufig sind Sie gewöhnlich außer Haus mobil?

m) Welchen Stellenwert hat die Selbstständigkeit dabei für Sie?

n) Zu welchem Zweck sind Sie selbstständig außer Haus mobil?  
(verschiedene Zwecke / Aktivitäten?)

o) Wie sind sie außer Haus mobil? (Zu Fuß, Fahrrad, öffentlicher Verkehrsmittel)

p) In welchem Umkreis bewegen Sie sich ungefähr?

q) Gibt es dabei irgendwelche Schwierigkeiten? (körperliche, geistig, organisatorisch, Umweltbed.)

r) Erhalten Sie Unterstützung bei Aktivitäten außer Haus?

→ wenn „ja“: Wie ist die Unterstützung gestaltet?

#### Veränderung der Aktivitäten

s) Hat sich die Häufigkeit Ihrer Aktivitäten außer Haus, seit Ihrer Erkrankung verändert?

→ Wenn Sie außer Haus weniger Aktiv sind, worin liegen die Gründe?

t) Hat sich die Art Ihrer Aktivitäten außer Haus seit Ihrer Erkrankung verändert?

→ Wenn sich die Art Ihrer Aktivitäten geändert hat, worin liegen die Gründe?

### 4. Fragen zu den Anforderungen an die Bedienbarkeit eines Gerätes zur Unterstützung der Navigation außer Haus.

## Fragen zum Vorwissen

- u) Besitzen Sie ein Mobiltelefon?
  - Welche Funktionen nutzen Sie?
  - wie wird das Mobiltelefon bedient? (Knöpfe, Touch? → wie empfinden Sie die Bedienung?)
  - gibt es Dinge die Ihnen bei der Nutzung des Mobiltelefons Schwierigkeiten bereiten? (was sind die Dinge? Worin liegen die Gründe?)
  
- v) Haben Sie Erfahrungen mit Navigationsgeräten?
  - wenn „ja“ welche? → was fällt Ihnen zur Bedienbarkeit des Gerätes ein
  - haben Sie Schwierigkeiten bei der Nutzung eines herkömmlichen Navigationsgerätes? → Wenn „Ja“ worin liegen die Gründe?

Stellen Sie sich vor, es gibt ein modernes Gerät, das Ihnen dabei hilft sich in Ihrer Umgebung besser zu Recht zu finden...

- w) ...Wie würden Sie sich dieses Gerät vorstellen?
  - I. Welche Größe würden Sie bevorzugen? → arbeit mit Papier-Modellen
    - (3 verschiedene Größen → z.B. Armbanduhr; Smartphone, Tablett)
  - II. Ausgabe der Navigations-Informationen?
    - (Karte, Pfeile, detaillierte Informationen → Modelle mit Beispielen Karten)
  - III. Bevorzugen Sie Knöpfe oder Touchscreen
    - (wie bei modernen Mobil-Telefonen oder Bankautomaten)

Welche Funktionen können Sie sich für ein Gerät vorstellen, das Ihnen dabei hilft sich in Ihrer Umgebung / der Stadt zu Recht zu finden?

- Reine Wegführung?
- Bus- / Straßenbahnfahrpläne?
- Kalender / Erinnerungsfunktionen

7. Wie sollte so ein Gerät Ihrer Meinung nach aussehen / gestaltet sein?

- x) Größe
- y) Form
- z) Stört es Sie wenn Andere bemerken dass ein Gerät zur Unterstützung benutzen? (Ausgabe der Informationen auch akustisch?)

**Teil IV.**

**Technischer Bericht zur  
Ontologieentwicklung**



# Ontology design considerations for everyday mobility of patients with Alzheimer's disease

Ron Henkel<sup>1</sup>, Kristina Yordanova<sup>1</sup>, Philipp Koldrack<sup>1,2</sup>, Stefan Teipel<sup>2,3</sup>, Thomas Kirste<sup>1</sup>

March 31, 2015

<sup>1</sup> Department of Computer Science, University of Rostock, Rostock, Germany

<sup>2</sup> German Center for Neurodegenerative Diseases (DZNE), Rostock, Germany

<sup>3</sup> Department of Psychosomatic and Psychotherapeutic Medicine, University of Rostock, Rostock, Germany

Engagement in cognitively stimulating activities is among the most effective measures against the decline of cognitive abilities due to dementia. Outdoor and social activities are cognitively demanding and, at the same time, providing emotional support. Alzheimer's disease as the most frequent cause of a dementia syndrome, however, early affects skills for spatial orientation while it simultaneously impedes planning and error compensation abilities. These abilities are necessary to overcome disorientation in unfamiliar environments. Consequently, people with dementia progressively limit their life-space and diversity of activities in reaction to growing security concern. It is desirable to provide appropriate guidance in disoriented situations to avoid dangers, without complicating normal mobility, in order to maintain a person's life-space, activity spectrum, and cognitive health.

We imagine a system able to recognize a user's activities and intentions and that crosschecks with usual and planned activities to only intervene in case a state of disorientation is detected. To achieve that, the mobility behavior of a patient has to be modeled, so that the system can be able to decide between normal and erroneous behavior. An ontology describing everyday mobility of patients suffering from Alzheimer's disease dementia is the foundation for such a system to recognize the patient's movements, actions, intentions and errors. This paper discusses the need of assisting people with dementia in their daily mobility, and the corresponding knowledge base necessary for building systems able to assist the person in non-invasive manner. To build this knowledge base, we review the existing ontologies of human behavior and movement. Subsequently, we discuss the ontology requirements and design considerations posed by the activity recognition approach, the collected data and the needs of the users. Finally, we present the the resulting ontology suitable for everyday mobility behavior with a special focus on patients with Alzheimer's disease.

## 1 Introduction

Many people with dementia wish to remain independent and continue their social life as long as possible. To achieve that, they need some kind of assistance, as they have difficulties in performing everyday activities [22]. Assistive systems have the potential to help people with dementia to maintain their independent social life by supporting their everyday mobility. Such systems need to track user's actions, recognize the goal, detect errors in behavior, and decide about the best way of assisting the user [28]. This is achieved by activity recognition approaches that utilize human behavior models in the form of rules [26, 27, 35].

To build a model of human behavior during mobility, however, one needs a priori knowledge, e.g. a catalog or an ontology, about the actions a user is able to execute, the errors in behavior that may occur, and the reasons for that errors. The model then reasons about the executed action sequences and is able to detect any causal errors in the execution. Once an error is detected, the model reasons about the cause of the error, and the system attempts to assist the user in resolving this error. To the best of our knowledge there is no state of the art catalogue or ontology of outdoor mobility for people with dementia that lists the outdoor activities and the potential errors, associated with the execution of these activities.

To address the problem of modeling mobility in dementia, we analyze existing state of the art ontologies of human behavior and movement. Furthermore, we conduct a study on people with dementia in order to identify their potential problems with mobility. Based on that, we identify the concepts describing the outdoor mobility of people with dementia, and the errors related to these concepts. This knowledge is then used to build an ontology of everyday mobility for people with dementia. This ontology represents the knowledge base that is necessary for describing behavior of people with dementia during mobility, and for building non-invasive assistance systems able to successfully assist users during their daily outdoor activities.

## 1.1 Importance of Mobility in Dementia

The ability to be mobile, to overcome spatial distances, is a prerequisite for instrumental activities of daily living and thereby necessary for independent living. Grocery shopping for self-supply or using health services are examples of this type of activities. Besides these basic and vital tasks, mobility enables leisure and social activities and is tightly connected with a person's quality of life.

An active and socially integrated lifestyle protects against cognitive decline in aging [18]. People with mild cognitive impairment have a reduced risk of conversion to dementia when engaged in outdoor and social activities [29, 32]. In dementia, *Cognitive Rehabilitation* shows most promising results in delaying further cognitive decline [31]. Mobility gains importance in this context, both as a prerequisite for an active lifestyle and also as a cognitively demanding activity in itself.

Viewed from another perspective, decreased mobility in dementia could be interpreted as a result of cognitive decline. The complexity of highly dynamic outdoor environments may pose an additional obstacle for cognitively impaired people. This point of view is supported by statements of people with dementia, who report a change of access to public places [10]. Named reasons range from altered interests, experience of errors in complex situations and feeling of insecurity. The latter are associated with *wandering* [2] and *getting lost* [44]; and are technologically addressed by tracking and geofencing applications [19].

Considering the interactions between disease effects and lifestyle, one can see the interplay between cognitive decline and decreasing mobility as a vicious circle, driven by the disease progress. Providing assistance might have the potential to decelerate this development to a relevant degree, preserving the autonomy of persons with dementia.

## 1.2 Mobility in Dementia

Compared to age matched, cognitively healthy controls, people with dementia spend less time out of home and have less complex mobility structures [50]. The limiting factor most likely is the high cognitive demand of mobile activity. Moving in urban environments requires decisions, e.g., the next direction to go or the next action to take. The task is further complicated by highly dynamic factors, such as weather, crowds of people and heavy traffic. According to Endsley [17], making decisions in dynamic environments is usually performed in a two step process. First, acquiring *situation awareness* (SA), then pattern-matching against situation prototypes stored in long-term memory. These are associated with effective action directives. According to the author, the most difficult and time consuming part in this process is the acquisition of SA. This happens on three hierarchical levels. The lowest level is based on the perception of environmental features. It is known that people with Alzheimer's disease (AD) dementia sense their own movement less accurately than healthy people and often do not perceive directionally relevant attributes of environmental objects.

The second level of situation awareness in the concept of Endsley is based on the comprehension of the current

situation. The perceived environmental elements and their significance is understood in the light of current goals. Working memory and attention control play a key role on this level. They enable to refocus on significant attributes, and to ignore salient but irrelevant elements in the environment. Passini et al. [42] have observed behaviors of AD patients in an indoor navigation task, which might be attributable to difficulties with second level SA. Their patients tended to step through doors opening nearby, for example elevator doors, even if this was not part of their plan to reach their goal.

The third and highest level of SA is the projection of the current environmental state to future states, considering the systems dynamics. According to Brorsson et al. [10], people with dementia avoid highly dynamic environments. They experience problems in crowded and noisy places and have difficulties to predict the trajectory of approaching cars. The loss of cognitive flexibility prevents people with Alzheimer's disease from avoiding or circumventing crowded or otherwise not accessible places. Re-planning a route on the fly depends on navigation strategies using flexible allocentric spatial representations. These are amongst the first affected navigation skills in dementia [38].

Based on Endsley's concept of SA, action errors in goal-directed mobility of people with dementia may result from erroneous or incomplete SA. Due to the common symptomatic patterns of AD, some errors might be attributable to disability specific categories with known disease related causes. Automatically detecting errors and mapping them to the corresponding causes enables an assistive technology to provide information that is adapted to the situation and leads to a more adequate situation awareness of the user.

### 1.3 Assistance for People with Dementia

A non invasive and personalized navigation assistance may help in overcoming the limitation of patients with dementia in outdoor activities. Non invasive means that the navigation assistance is not limiting the patient's outdoor activities unless necessary. The so-called geo-fencing [46] is an invasive approach that limits the patient to a pre-defined area and warns a caregiver in case the area is left. A patient profits from outdoor activities and cognitive challenges and should ideally not be confined to a pre-defined area. Consequently, we imagine a system able to recognize patient's activities and intentions, and to crosscheck with usual and planned activities to only intervene if a state of disorientation is detected.

It has already been shown that knowledge-based computational techniques can be used to recognize a person's activities, goals, and, in addition, procedural errors occurring while following these goals [26, 35, 37]. These techniques rely on the combination of causal human behavior models and probabilistic reasoning, and are called Computational State Space Models (CSSM). Our aim is to adapt these techniques for solving the problem of outdoor mobility of persons with dementia. To achieve that, CSSMs will be used to describe the person's behavior during outdoor mobility by taking into account the cognitive variables affecting the successful execution of outdoor activities. Then, based on sensor observations such as GPS, accelerometer, etc., the CSSM is able to reason about the person's current activity, his / her goal and any deviations from the expected sequence of actions. In that manner, if a deviation from the expected behavior is detected, the assistive system will be able to timely assist the person in achieving her goal.

To build a CSSM model, one needs to know which actions are important and need to be modeled and which actions can be omitted. It is also important to define a user's state. For example, whether a person is moving on foot, by bus or by taxi, as this will also affect the way in which the assistance system try to help a person in achieving her goal. Additionally, it is essential to model the types of errors that may occur during the person's mobility, as this will define the manner in which the system assists the person. For example, if a person disremembers her goal, the system will assist her by reminding the goal. On the other hand, if the person knows the goal but has lost track, the system will assist her in finding the way.

Furthermore, this knowledge is used for annotating the sensor data; the annotation connects the sensor observations with the model actions, and evaluates the system's ability to recognize the person's actions. We call this annotation *ground truth*. The ground truth is a symbolic representation of the true sequence of activities. It is usually provided as pre-defined labels attached to sequences of sensor data and video log. In order to annotate the data, one has to know what is important to annotate and what can be omitted.

To obtain this knowledge, in this work we discuss the design considerations of an ontology for everyday mobility of

patients with Alzheimer’s disease. The ontology will contain the knowledge base necessary for building a CSSM able to predict the user behavior. To be able to build an adequate ontology we first conducted a literature research of existing ontologies concerning human behavior, mobility, dementia, and their application in activity recognition settings. Based on that, we designed an initial ontology describing the requirements for mobility we have identified. Subsequently, we conducted a study with dementia patients where various data describing a person’s behavior during mobility was collected. The data was then annotated by a domain expert; the annotated data then used to enrich and adjust the initial ontology in order to contain the knowledge needed to describe the user behavior during mobility.

In the following sections, we describe the methods and materials used for building the ontology. Afterwards we analyze the state of the art in existing ontologies. Subsequently, we describe the proposed ontology, and discuss its application for data annotation and for recognizing the needs of people with dementia during outdoor mobility.

## 2 Materials and Methods

In principle, different methods and materials are required to develop an ontology containing the knowledge base for annotating outdoor mobility of persons with dementia, and for building models describing this mobility. The first is the choice of the type of annotation. The type of annotation influences the ontology structure and its information richness. To choose the appropriate annotation type, in Section 2.1 we discuss the different types of annotation and their suitability for our purposes. After selecting the appropriate type of annotation, we continue with a literature review of existing ontologies regarding human movement, behavior, and activity recognition (Section 2.2). Based on that, we define initial assumptions for the ontology to be developed. Subsequently, we conduct a life-space assessment in order to obtain the knowledge base necessary for building the ontology (Section 2.3). Finally, we briefly discuss the data that is obtained and the data annotation process and the ontology development process used for building the ontology (Section 2.4).

### 2.1 Annotation of Human Behaviour

We need annotated data to provide the ground truth for evaluating activity recognition approaches, and to obtain the knowledge base necessary for the behaviour model. In the context of activity recognition there are three different types of annotation. The first is the annotation of activities where a textual description (or label) is assigned to the executed action [13, 15, 25, 49]. Here the objective is to manually assign a label  $l_i$  to each time step of a time series. This is often done by analyzing a separately recorded video log of the conducted trial. These labels provide a symbolic representation of the true sequence of activities. However, for the finite set  $\mathcal{L} = \{l_1 \dots l_n\}$  of labels there is usually no further information besides the equality relation. That means that annotations such as `go-home-station` provide a textual description of the executed task that does not, however, contain an underlying semantic structure. There is no formal set of constraints that restrict the structure of the label sequences. Nothing prevents an annotator from producing sequences such as “walk from home to the station” → “leave station with train” → “buy ticket at the station”. This is, however, the most common type of annotation of human behavior, partially because even the assignment of non-semantic labels to the data is a difficult, time consuming and error prone task [49].

The second type of annotation is the plan annotation. As described in [8], it can be divided into goal labelling and plan labelling. The goal labelling is the annotation of each plan with a label of the goal that is achieved [1, 7]. In contrast, plan labelling provides annotation of both the goal, and of the actions constituting the plan, and of any subgoals occurring in the plan [3]. Plan labeling is, however, a time consuming and error prone process [8] which explains why attempts of such plan annotation are done on computer tasks (e.g. executing plans in an email program [3]).

The third type of annotation of human behavior is the semantic annotation [33]. The concept has been adopted in the field of human behavior annotation, where it describes the annotating of human behavior with labels that have an underlying semantic structure represented in the form of concepts, properties, and relations between these concepts [11, 45].

In our work, we consider the semantic annotation. Thus, to provide this semantic structure, we need an underlying ontology that is able to map the labels to their concepts, properties, and relations. In what follows, we shortly review the state of the art in existing ontologies of human behavior.

## 2.2 Ontologies for Movement, Behavior and Activity Recognition

An ontology, as an explicit specification of a conceptualization [23] is a hierarchically structured set of controlled vocabularies to describe domain knowledge. We need such ontology to represent the underlying semantic structure of our data annotation, and to provide the knowledge base for the model to be developed. Below, we review existing ontologies of human behavior, starting with ontologies describing human movement, followed by ontologies aiming to capture the particularities of the behavior of people with dementia, and finally concluding the review with existing ontologies for activity recognition.

### 2.2.1 Movement Ontologies

A plethora of ontologies for various fields is already available. For example, motion ontologies for dancing. The Benesh notation was the first notation to record and analyze human movements by symbols [5]. This notation can be used for classical ballet and modern dance, but also for clinical usage. The notation mostly covers position and change of position of body parts relevant to dancing. An ontology for video recorded human movement based on Benesh's notation was developed by Saad et al. [45]. Their approach describes key poses and movements. For example, for each sequence of the recorded video, the position of four extremities is annotated along with the retention period. In addition, simple movements (e.g., moving one foot) and complex movements (e.g., jumping) are annotated. They formalized their annotations into a Web Ontology Language (OWL) [39] encoded ontology.

Another notation system for movement annotation is Labanotation [24], a corresponding ontology was developed by El Raheb et al. [16]. Here, the proposed ontology mainly consists of concepts representing Labanotation symbols such as contraction, step, limb rotation or arm gesture. More complex poses are annotated using description logic. For example, combining simple steps and symbols to describe a clap or a hop.

Chung et al. [12] proposes a framework for semantic annotation of human motion sequences. The focus of this framework is on motion capturing technology for manufacturing animation. Consequently, the ontology is tailored to reproduce a skeleton and the position and movement of each bone.

Bertini et al. [6] created an ontology used to automatically annotate soccer clips. To create a so-called pictorially enriched ontology, they encoded information such as motion direction, density or acceleration of players. The players were identified by color (a-priori). This pictorially enriched ontology was combined with a linguistic ontology describing observed actions during a soccer game, for example, an attack or a goal-kick. Afterwards, this ontology was used to identify and cluster scenes from the 2002 Soccer World Championship.

### 2.2.2 Ontologies describing Behavior of People with Dementia

Foo et al. [21] present a context model for monitoring and handling agitation behavior in persons with dementia. They use an ontology to model agitation-specific behavior adopted from Hurley et al. [30]. In addition, intervention management and social semantics is ontologically encoded. The ontology also aims to assist doctors in drug therapy for agitation behavior. The setup requires a smart-home equipped with necessary sensors and actuators.

Skillen et al. [47] analyzed the characteristics of assistive living in mobile environments. They developed a user profile ontology based approach to provide context-aware, personalized services for people with dementia in mobile environments. Their ontology mainly focusses on reflecting preferences, interests, health status, capabilities and education. This profile information is enriched with location, context and activity data.

There is, however, no ontology concentrating on the behavior of people with dementia during outdoor mobility. Still the existing ontologies can be used as a base for building such ontology, as they contain relevant information regarding changes in behavior due to the disease.

### 2.2.3 Activity Recognition Ontologies

Activity recognition is a field that often relies on ontologies to recognize the user behavior. The role of an ontology in activity recognition varies: from direct reasoning of the user actions based on the ontology, through initial ontology

design that later learns more user patterns, to the usage of ontology as the knowledge base for building causal models of user behavior.

Zhang et al. [54] propose an ontology-based approach for context-aware behavior analysis in kitchen settings. The ontology is built based on the sensors granularity, and later populated with sensor patterns extracted from the data. In that manner, the activities are easily matched to the observations.

Okeyo et al. [41] also use an ontology to recognize user behavior in smart home settings. In difference to Zhang et al., first an initial ontology is manually defined that contains a library of known behaviors. Afterwards, observations of user activities are used to add behavior variations or remove obsolete behaviors, thus extending the ontology.

Wongpatikaseree et al. also propose an ontology for activity recognition in smart homes [52]. They design a context-aware infrastructure ontology for modeling the user's context in the smart home. Then the human posture is added into the user's context for disambiguation. They then use an ontology based activity recognition system to recognize the human activity, and to search for the semantic information connected to this activity in the system.

CSSM methods for activity recognition also use ontologies in order to define the actions and context information that is to be modeled, as well as their dependencies and causal relations. For example Krüger et al. [35] designed an ontology of kitchen activities where each object or element of the environment that is to be modelled, is assigned to a specific concept (or type). Additionally, each action that can be executed in the environment is represented as a scheme that can accept certain types of objects and consists of different instantiations.

From the above, it can be seen that activity recognition ontologies concentrate on indoor activities. On the other hand there is not much research on activity recognition ontologies for outdoor activities, especially concerning the problems of people with cognitive impairments.

## 2.3 Life-space Assessment

The life-space assessment of outdoor mobility of people with dementia includes the following steps. First a study is designed in order to obtain information about the behavior of people with dementia during outdoor mobility and the typical errors associated with it. The sensor data is collected from dementia patients equipped with sensors during their execution of daily mobility tasks. Later the data is annotated based on a video log and on annotations by a psychologist that accompanied the trial participants. The data from this study allows us to identify the relevant types of errors that have to be included in the ontology, as well as any behavior aspects that were not identified during the literature review. We then discuss the approach and formalism with which the data from the study will be processed in order to recognize the user behavior and errors. This is important for the ontology development, as the concrete approach yields additional considerations for annotating the data, and thus for the underlying ontology. Finally, we describe the annotation process with which the ground truth was obtained.

### 2.3.1 Data Collection

Our study participants are patients from the local memory clinic who were diagnosed with amnesic MCI or clinically probable Alzheimer's disease, according to national guidelines [14]. Cognitive testing has been performed using Mini-mental state exam (MMSE) [20] and CERAD cognitive battery [40]. Inclusion criteria is an MMSE-Score of 18 and above. After informed consent, participants are interviewed about their current level of mobility. Patients who report to have reached a Life-space level [43] of at least 3 independently (has been outside the house, visited places in the neighborhood) within the last month, are eligible to further take part in the mobility assessment.

The study comprises two separate setups. First, a *guided walk*. The participants are invited to a 20 minutes guided walk. The sensor system consists of sensors to measure electrodermal activity, electrocardiography, GPS and accelerometer data. Data about electrodermal activity and electrocardiography are intended to conclude the stress level and possible states of disorientation during the walk. For later analysis and annotation, the walk is videotaped, and events are protocolled by a trained psychologist.

Prior to the recorded and videotaped part of the walk, the participant and the psychologist meet at a defined public location. The psychologist guides the participant to a tram station approximately one kilometer away. The route is

designed to be cognitively challenging for patients suffering from dementia. Aside from the usually crowded tram station, the route contains a four-way crossing of two main streets, as well as narrow streets in a residential neighborhood. The participant is asked to memorize the route. Starting from the tram station, the participant is asked to walk back on his own. On the way back the psychologist stays in the background, observes and protocols behavior and only interacts with the participant in case of unresolvable disorientation.

The guided walk is followed by a *long time assessment* with a minimum of 4 weeks. Here, daily outdoor activity is recorded. The sensor system for the long time assessment is only GPS and accelerometer. In addition the participant keeps a mobility diary. The participants are asked to wear a bandage containing GPS and accelerometer every time they leave their home. In addition they are requested to add an entry to their mobility diary. Each entry has a standardized form and contains date, time, destination, stopovers, means of transport, incidents and eventually company (e.g. relatives, friends or even a dog). We closely monitor the handling of the sensors given to the participants' by calling them in a three days period.

### 2.3.2 Behaviour Model

Given the collected sensor data, we need a model of the human behavior and a mechanism to recognize a person's actions, goals and errors. We selected a CSSM approach as it describes the human behavior in terms of states in which a person can be and causally related actions that lead from one state to another. This allows the detection of errors in goal oriented behavior, as the detection of actions contradicting the fulfillment of the goal will imply errors in the behavior. This approach, and especially the causality, has implications on the requirements for annotation and thus on the underlying ontology.

There are several variations of CSSMs that all strive to recognize a person's actions, goals and deviations in behavior. Computational Causal Behavior Modeling (CCBM) maps the human behavior into a Bayesian network that uses a particle filter or a marginal filter [37]. This allows it to track millions of variations of the human behavior toward reaching a goal [35].

In our work we chose CCBM because of its ability to cope with a large set of behavior variations and to reason based on unreliable sensor data. CCBMs have been shown to effectively recognize goal oriented behavior in meeting domains [36, 37], in kitchen domains [35], and in indoor daily activities [34] from noisy or ambiguous sensor data. In order to provide situation awareness we aim at applying CCBM for activity and context recognition during the daily mobility of people with Alzheimer's disease. To do that, a causal action model is created by means of preconditions and effects. Every action type that the person is able to execute during his / her mobility is modeled as a precondition-effect template that describes the conditions that have to hold in order the action to be executed, and the effects that the execution of the action makes to the modeled world. Furthermore, each action template can be applied on a set of entities from the same type. For example, the action "walk-from-to" can be applied to different locations, such as "walk from home to station", "walk from supermarket to home", etc. To later detect potential disorientation, the corresponding actions that describe the disorientation condition have to be included in the behavior model. This is done by modeling variations of the correct actions, in which some of the preconditions are missing or changed, so that the action execution leads to a disorientation state. A dynamic Bayesian network (DBN) is then synthesized from this model where nodes represent environment states and edges represent actions. In that manner, the model is able to reason about the person's state and goals even when the sensor observations are noisy or when there are many different action execution sequences that match the observations. The sensor model, necessary to infer the user actions, is created from annotated training data. This model tells the system what range of observation values are expected for a given action in the behavior model. Probabilistic filtering methods, such as particle filter or marginal filter, are then applied to recognize the situation (including current activity, environment state and user goal).

CCBM poses requirements on the ontology. Namely, it requires a causally valid annotation. This means that the ontology has to be build based on an underlying semantic structure that ensures correct causal relations between the annotated action sequences. Furthermore, as the approach describes the actions in the form of templates that are applied to entities from a specific type, it is essential to have an ontology that describes the entities to be modeled and their types, as well as the relations between the different types.

### 2.3.3 Data Annotation

To annotate the sensor data, a human curator familiar with the study specifics and the area where data sets were recorded is inevitable. The annotation, together with the collected sensor data, will be used to develop a CCBM and to identify the relations between the sensor observations and the modeled actions. For the guided walk, we synchronize and annotate the video log and collected sensor data. The annotation additionally contains observations by the accompanying psychologist. For the long term assessment a video-stream is created showing the participants movements on the left and the according accelerometric data on the right (see Figure 1). Here, the annotation additionally contains information extracted from the mobility diary.

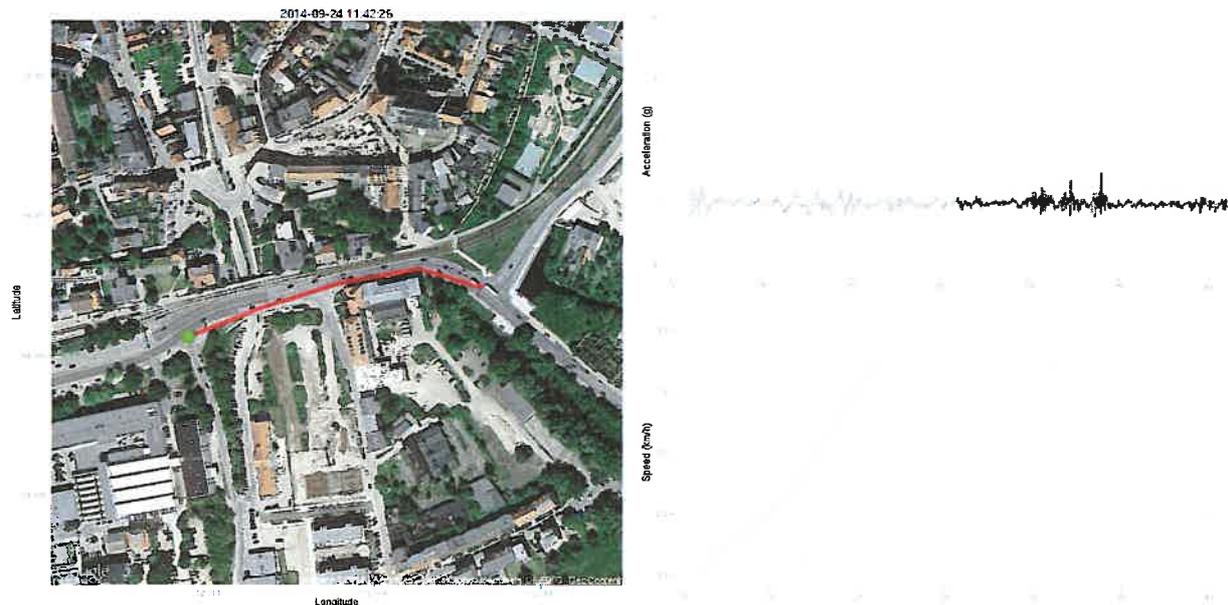


Figure 1: Video created from collected GPS and acceleration data. On the left side, a part of the participant's movement is displayed on Google Maps. On the right side, information about the acceleration (top) and speed (bottom) is shown.

The annotation process can be considered as a simplified version of model-driven engineering as described in [53]. It consists of four steps.

1. From the video log, the domain entities are identified. These are all entities within the environment that the user is interacting with. These are different locations within the environment, or objects the person is manipulating during mobility. The relevant actions are identified based on the manipulated objects. The erroneous actions are also identified.
2. The actions are abstracted from the corresponding entities. These abstracted actions represent the upper layer in the "action" concept in the ontology. They are also the action schemes that will later be implemented in the causal model. Additionally, the entities are abstracted by replacing them with the corresponding types (concepts) in the ontology.
3. All instantiations of actions with the corresponding entities are identified. These are the lowest layer of the "action" concept in the ontology and correspond to the ground actions the causal model should contain.
4. Finally, the produced annotation sequences are checked for causal correctness to ensure that each annotation sequence is valid and causally correct. This is done by making sure that the ontology relations hold.

## 2.4 Ontology Design Process

In order to build the ontology of outdoor mobility for people with dementia, we adapt the ontology development process proposed by Uschold and King [48]. In it, the ontology development process consists of four steps: purpose identification,

ontology building, ontology evaluation, and documentation. In this work we concentrate on the first two, namely the purpose and the building, as our purpose is to identify the ontology aspects necessary for capturing the outdoor mobility of people with dementia, and to present the ontology's conceptual design. In the purpose identification, the goal of the ontology is identified, together with the relevant concepts, target users, and any other elements important for the given domain.

The ontology is then built in three steps. First is the ontology capture, where the key concepts are identified, together with their relationships in the domain of interest. Then the coding is performed where the ontology is implemented in a specific language. Finally, the relevant knowledge of existing ontologies is integrated into the new ontology.

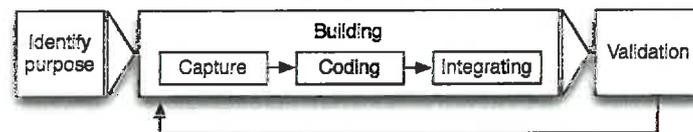


Figure 2: The Uschold and King ontology development process adapted for our purposes.

In our case we adapt this process by adding an additional step called validation. The resulting ontology is compared to an initial annotation of the data (see Section 2.3). Based on the additional knowledge gathered during annotation, the building process is repeated and the ontology is adapted with any new elements. Also the annotation is adapted with any elements from the ontology that were not annotated. This process of building and validating the ontology is iterated until there are no new elements to be added in the ontology. The process is depicted in Figure 2.

### 3 Ontology Design

To obtain the knowledge base necessary for building CCBM and train its sensor model, we developed an ontology for everyday mobility of patients with Alzheimer's disease. The ontology is tailored towards annotating the video log and sensor data we obtained in the study described in Section 2.3. In the following we describe the ontology design by starting with its purpose and considerations (Section 3.1). In Section 3.2 we discuss the ontology conceptualization achieved through the iterative process of building and validation described in Section 2.4. We then shortly discuss the resulting ontology implementation (Section 3.3) and the manual annotation (Section 3.4).

#### 3.1 Purpose and Ontology Considerations

As described in Section 2.4, the first step towards ontology building, is the purpose identification and the ontology considerations. This means that based on the study analysis and the literature review of existing ontologies, the ontology has to be build according to specific considerations. The following ontology elements were identified:

- *person's disorientation state* describes whether the person is disoriented or not, and what is the cause of this disorientation. This is later used as a basis for deciding the type of assistance the system provides;
- *person's goal* describes the goal the person wants to achieve. As CCBM is a goal oriented approach, this information is needed in order to detect errors in the behaviour while achieving the goal;
- *person's location* describes where the person is located (e.g. a building, street, road etc.). As the goal of the system is to provide assistance during outdoor mobility, the CCBM has to be able to reason about the user location and the route she can take to achieve her goal;
- *person's current activity* describes what action the person is executing. Based on the action, the system can then recognize the behavior the user is exhibiting and the goal she is striving to achieve;
- *constraints for activity execution* describe what conditions should hold in order a given action to be executed. If not all constraints are satisfied, it is an indicator that there is deviation in behavior, thus an erroneous action that may lead to a disorientation state;

- *entities in the environment with which the person interacts* describe the different objects and persons with which the user is interacting during her outdoor mobility. For example, this could be a ticket machine which the person uses in order to obtain a ticket for the train, or a person who the user asks for directions.

In difference to the ontology representing the Benesh notation [45] that allows to specify, for example, the exact position and movement of each body part, or the model of the whole skeleton using the approach described in [12], our ontology does not require this level of detail. Other ontologies, such as suggested by Foo or Skillen [21, 47] model a person's profile and behavior in great detail. This level of detail is not necessary for our goal to detect outdoor activities and possible disorientation of persons suffering of dementia. In addition, the level of detail modeled should be adapted to the resolution of the respective sensors. Consequently, we model important actions occurring outdoors, such as waiting and interacting with a traffic light or crossing a street. We also annotate if the person is walking or standing and, if walking, the direction. However, we do not model fine-grained actions such as *step*. Having in mind the manual annotation process (see Section 2.3.3) followed by training the sensor model, we decided to follow the KISS principle (keep it simple and straightforward).

### 3.2 Conceptualization

Conceptualization is an iterative and very time consuming step. It describes the building and validation phases in the design process described in Section 2.4. As a good practice, the ontology concepts are divided into two main classes, *Independent\_entity (IE)* and *Value (V)*. *IE* contains events likely to occur during outdoor activities. *Value* holds information specifying the events described as an *IE*. To connect classes from *IE* with classes from *V*, functional dependencies are defined. Each functional dependency has a domain (an instance of *IE*) and a range (an instance of *V*) allowing to describe an observed event.

We started by creating concepts obviously necessary for our domain. A *disorientation\_Value* class (see Figure 3) for example, contains behavioral incoherencies of Alzheimer's patients that can be classified in six categories of errors: initiation, organization, realization, sequence, judgment and completion [4, 9]. Already at the design time of the ontology

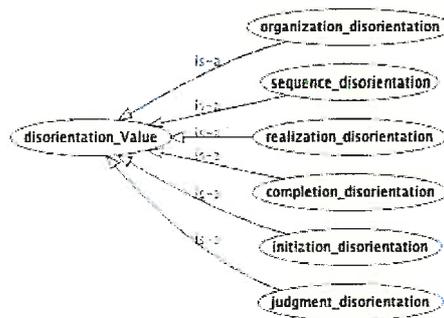
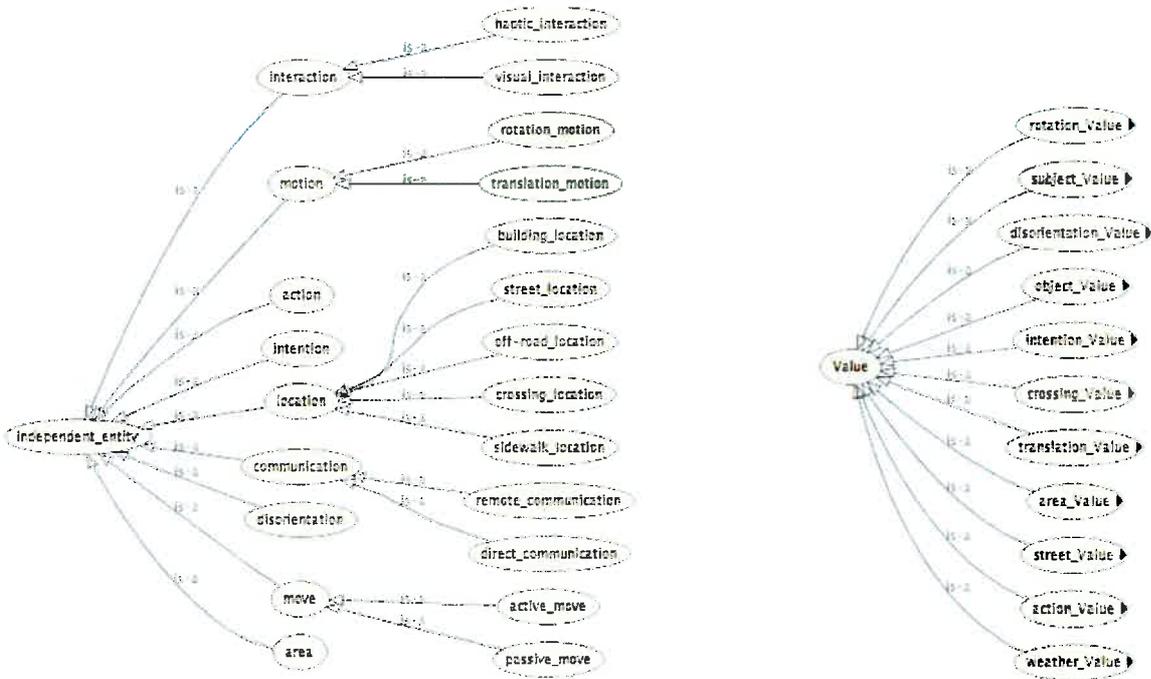


Figure 3: The class *disorientation value* and the corresponding categories belonging to it.

we had our domain experts annotating the video log of the guided walk (see chapter 2.3) using non-semantic textual labels. Afterwards, the results were discussed and the ontology adapted. Subsequently, the video log was annotated again using concepts from the adapted ontology. Again, the results where discussed and the ontology revised. This process is iterative and ongoing as new video log may reveal new situations and events that are currently not reflected by the ontology. In this case, adding an event is discussed with the domain experts.

Through this process we identified nine main events and conditions necessary to annotate:

- *action* describes the action that the user can execute at a given point during outdoor mobility. For example, the person can be walking, or waiting, etc;
- *area* describes the type of area the person is located at and the meteorological conditions associated with this area. For example, it could be a rural or an urban area, etc;



(a) Types of independent entity (*IE*) concepts to be annotated in the study, and the corresponding subclasses where available.

(b) Value (*V*) concepts describing the entity concepts from Figure 4a.

Figure 4: Concepts to be annotated (a) and the corresponding value classes that capture them (b).

- *communication* describes the type of communication the person can execute. For example, she can be communicating directly to someone nearby, or remotely through a mobile phone;
- *intention* describes the goal the person wants to achieve. For example, meeting a friend in the center of the city;
- *motion* describes the body relative position and orientation. For example, the person's body motion can be forward, or to the side, etc;
- *move* describes the type of movement. For example that could be an active movement, where the person is walking by foot, or a passive, where the person is using some kind of transportation;
- *location* describes the place where the person is located. For example, this could be a building, or a street, etc;
- *interaction* describes the person's interaction with the entities in the environment, such as objects, or other persons with whom she is in contact during outdoor mobility;
- *disorientation* describes the type of disorientation the person may be exhibiting. For example, this could be inability to complete the goal because it was forgotten.

Each of those *IE* classes may have sub-classes, Figure 4a shows the according structure.

To more thoroughly describe these events and conditions, eleven Value classes are necessary (also shown in Figure 4b): action, area, crossing, disorientation, intention, object, subject, street, rotation, translation and weather. Similar to the *IE*, Values may have sub-classes, for example, *disorientation\_value* as shown in Figure 3. Most Value classes are based on direct observations of the sensor data or video log, e.g., if the video log shows a participant walking (action walk) or moving around an obstacle (action evade) the sequence is annotated accordingly. However, a participants intention will be inferred from the mobility diary.

In addition, functional dependencies are defined as object properties (as shown in Figure 5). Here, associations between *IE* and Values are defined. As some associations are self explaining (*disorientation* → *disorientation\_value*) others are not trivial. A communication can be associated with a sub-class of subject whereas an interaction may be

Object Property	Domain	Range
topObjectProperty		
hasDisorientationValue	disorientation	disorientation_Value
hasActionValue	action	action_Value
hasLocationStreetValue	street_location	street_Value
communicatingWith	communication	subject_Value
hasLocationSidewalkValue	sidewalk_location	street_Value
hasTranslation	motion	rotation_Value
hasIntentionValue	intention	intention_Value
hasMotionValue	motion	rotation_Value, translation_Value
hasLocationCrossingValue	crossing_location	crossing_Value
hasAreaValue	area	area_Value, weather_Value
interactsWith	interaction	object_Value, subject_Value

Figure 5: This figure shows the functional dependencies between classes from the independent entity domain (*IE*) and the value domain (*V*). The functional dependencies are used to ensure a semantically correct annotation. Each functional dependency has a domain entry and a range entry. Here, the domain entry contains a class from *IE* and the range entry contains one or more classes from *V*. Functional dependencies also hold for sub-classes of the defined domain and range.

associated with classes belonging to subject or object. Another example is the class area, that can be associated with classes belonging to area\_value and weather\_value.

As an example, we imagine a person during the guided walk. The person waits at a traffic light of a crossing of two main streets, pushes the button to invoke pedestrian green, and turning right towards the accompanying psychologist to ask for directions. Fully annotated, this situation would comprise: haptic\_interaction → traffic\_object, direct\_communication → psychologist\_subject, motion → none\_translation, action → crossing\_action, location → major\_street, location → 4-way\_crossing, area → urban\_area, area → sunny\_weather, disorientation → realization. This situation is shown in Figure 6.

### 3.3 Implementation

The ontology is created using OWL [39] and Protégé 5.0 Beta<sup>1</sup>. Overall, 79 classes and 14 functional dependencies were created, resulting in 134 logical axioms. Those logical axioms can be used to evaluate the annotation of video logs and reason about logical annotation errors. For example, a scene is annotated with direct\_communication → traffic\_object. The functional dependency defines that a communication (with the sub-class direct\_communication) can only occur with a subject or its sub-classes. This is, however, violated by the aforementioned annotation as traffic\_object is a subclass of object. Consequently, the annotation will be marked as inconsistent.

### 3.4 Manual annotation with ELAN

Once the ontology is defined, the manual annotation can be performed. We use the ELAN annotation tool [51] for this step. Here an annotator has to assign labels from the defined label set, in this case ontology classes, to each time step of the video sequence. The ELAN annotation tool allows to synchronize several video files and to show them in parallel. Figure 6 shows the ELAN tool during the annotation of a guided walk. Here, the specific scene shown (vertical red line in the bottom section at minute 10) has annotation in three tiers: area, move and location.

## 4 Discussion

The ability to be mobile outdoors allows people with dementia to continue their social life. Therefore, people with dementia can benefit from systems that non-invasively assist their outdoor mobility. To realize such a system however, one needs the knowledge base necessary for building models of human behavior and for recognizing the persons actions, goals, and needs.

In this work we investigated the requirements of such a knowledge base. We conducted an ontology analysis based on existing ontologies describing body movement, behavior of people with dementia, or behavior of people for activity

<sup>1</sup><http://protege.stanford.edu/>



Figure 6: The ELAN tool used to manually create an annotation sequence from the video log. Here, an guided walk is shown. The video is shown on the top, different annotation tiers are visible at the bottom.

recognition. Furthermore, we analyzed the behavior of people with dementia during outdoor mobility recorded in our study. Based on that and on the literature review, we then realized an ontology of outdoor mobility for people with dementia. The ontology was then iteratively refined based on the input from annotation experts who annotated the experimental data.

The goal of the resulting ontology is to provide the knowledge necessary for annotating the sensor data collected during the outdoor mobility. Our next step is to develop a CCBM model of human behavior based on the knowledge in the ontology. Furthermore, the annotation of the sensor data will be used for training the sensor model necessary to map the model actions to the corresponding sensor observations. The sensor model and the model of human behavior will then be applied on the dataset collected in the study to test whether they are able to recognize the user activities and states of disorientation. In case the CCBM is able to recognize them, this will allow us to build a non-invasive assistance system for everyday outdoor mobility helping patients with dementia - and thereby enhances a patient's independence and quality of life.

## Acknowledgements

We acknowledge the efforts of our domain experts who spent hours annotating the video log and discussing the ontology with the authors. For funding the SiNDeM Project (16SV7091) we acknowledge the German Federal Ministry of

Education and Research. We express our gratitude to the German Center for Neurodegenerative Diseases (DZNE) for supporting this work. This work was conducted using the Protégé resource, which is supported by grant GM10331601 from the National Institute of General Medical Sciences of the United States National Institutes of Health.

## References

- [1] D. Albrecht, I. Zukerman, and A. Nicholson. Bayesian models for keyhole plan recognition in an adventure game. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 8(1-2):5–47, 1998.
- [2] D. L. Algase, D. H. Moore, C. Vandeweerd, and D. J. Gavin-Dreschnack. Mapping the maze of terms and definitions in dementia-related wandering. *Aging & Mental Health*, 11(6):686–698, 2007.
- [3] M. Bauer. Acquisition of user preferences for plan recognition. In *Proceedings of the Fifth International Conference on User Modeling (UM96)*, pages 105–112, 1996.
- [4] C. Baum and D. F. Edwards. Cognitive performance in senile dementia of the alzheimer's type: The kitchen task assessment. *American Journal of Occupational Therapy*, 47(5):431–436, 1993.
- [5] R. Benesh and J. Benesh. *Reading dance: The birth of choreology*. International Specialized Book Services, 1977.
- [6] M. Bertini, R. Cucchiara, A. Del Bimbo, and C. Torniai. Video annotation with pictorially enriched ontologies. In *Multimedia and Expo, 2005. ICME 2005. IEEE International Conference on*, pages 1428–1431. IEEE, 2005.
- [7] N. Blaylock and J. Allen. Statistical goal parameter recognition. In *4th International Conference on Automated Planning and Scheduling (ICAPS'04)*, pages 297–304, June 2004.
- [8] N. Blaylock and J. Allen. Hierarchical goal recognition. In G. Sukthankar, R. P. Goldman, C. Geib, D. V. Pynadath, and H. H. Bui, editors, *Plan, activity, and intent recognition*, pages 3–32. Elsevier, Amsterdam, 2014.
- [9] B. Bouchard, S. Giroux, and A. Bouzouane. A keyhole plan recognition model for alzheimer's patients: first results. *Applied Artificial Intelligence*, 21(7):623–658, 2007.
- [10] A. Brorsson. *Access to everyday activities in public space: Views of people with dementia*. PhD thesis, Karolinska Institutet, Stockholm and Sweden, 2013.
- [11] H.-S. Chung, J.-M. Kim, Y.-C. Byun, and S.-Y. Byun. Retrieving and exploring ontology-based human motion sequences. In O. Gervasi, M. Gavrilova, V. Kumar, A. Laganà, H. Lee, Y. Mun, D. Taniar, and C. Tan, editors, *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2005*, volume 3482 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 788–797. Springer Berlin Heidelberg, 2005.
- [12] H.-S. Chung, J.-M. Kim, Y.-C. Byun, and S.-Y. Byun. Retrieving and exploring ontology-based human motion sequences. In *Computational Science and Its Applications–ICCSA 2005*, pages 788–797. Springer, 2005.
- [13] F. de la Torre, J. K. Hodgins, J. Montano, and S. Valcarcel. Detailed human data acquisition of kitchen activities: the CMU-Multimodal Activity Database (CMU-MMAC). In *Workshop on Developing Shared Home Behavior Datasets to Advance HCI and Ubiquitous Computing Research, in conjunction with CHI 2009*, 2009.
- [14] G. P. D. Deuschl and W. P. D. Maier. S3-Leitlinie "Demenzen": Kurzversion, 2009.
- [15] M. Donnelly, T. Magherini, C. Nugent, F. Cruciani, and C. Paggetti. Annotating sensor data to identify activities of daily living. In B. Abdulrazak, S. Giroux, B. Bouchard, H. Pigot, and M. Mokhtari, editors, *Toward Useful Services for Elderly and People with Disabilities*, volume 6719 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 41–48. Springer Berlin Heidelberg, 2011.
- [16] K. El Raheb and Y. Ioannidis. A labanotation based ontology for representing dance movement. In *Gesture and Sign Language in Human-Computer Interaction and Embodied Communication*, pages 106–117. Springer, 2012.
- [17] M. R. Endsley. Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 37(1):32–64, 1995.
- [18] K. A. Ertel, M. M. Glymour, and L. F. Berkman. Effects of social integration on preserving memory function in a nationally representative US elderly population. *American Journal of Public Health*, 98(7):1215–1220, 2008.
- [19] V. Faucounau, M. Riguet, G. Orvoen, A. Lacombe, V. Rialle, J. Extra, and A.-S. Rigaud. Electronic tracking system and wandering in Alzheimer's disease: A case study. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 52(7):579–587, 2009.

- [20] M. F. Folstein, S. E. Folstein, and P. R. McHugh. "Mini-mental state": a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of psychiatric research*, 12(3):189–198, 1975.
- [21] V. Foo Siang Fook, S. C. Tay, M. Jayachandran, J. Biswas, and D. Zhang. An ontology-based context model in monitoring and handling agitation behavior for persons with dementia. In *Pervasive Computing and Communications Workshops, 2006. PerCom Workshops 2006. Fourth Annual IEEE International Conference on*, pages 5–pp. IEEE, 2006.
- [22] T. M. Gill and B. Kurland. The burden and patterns of disability in activities of daily living among community-living older persons. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 58A(1):M70–M75, January 2003.
- [23] T. R. Gruber. A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge acquisition*, 5(2):199–220, 1993.
- [24] A. H. Guest. *Labanotation: the system of analyzing and recording movement*. Psychology Press, 2005.
- [25] J. Hamm, B. Stone, M. Belkin, and S. Dennis. Automatic annotation of daily activity from smartphone-based multisensory streams. In D. Uhler, K. Mehta, and J. Wong, editors, *Mobile Computing, Applications, and Services*, volume 110 of *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering*, pages 328–342. Springer Berlin Heidelberg, 2013.
- [26] L. M. Hiatt, A. M. Harrison, and J. G. Trafton. Accommodating human variability in human-robot teams through theory of mind. In *Proceedings of the Twenty-Second International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI'11*, pages 2066–2071, Barcelona, Spain, 2011. AAAI Press.
- [27] J. Hoey, T. Plötz, D. Jackson, A. Monk, C. Pham, and P. Olivier. Rapid specification and automated generation of prompting systems to assist people with dementia. *Pervasive and Mobile Computing*, 7(3):299–318, 2011. Knowledge-Driven Activity Recognition in Intelligent Environments.
- [28] J. Hoey, P. Poupart, A. v. Bertoldi, T. Craig, C. Boutilier, and A. Mihailidis. Automated handwashing assistance for persons with dementia using video and a partially observable markov decision process. *Comput. Vis. Image Underst.*, 114(5):503–519, May 2010.
- [29] T. F. Hughes, J. D. Flatt, B. Fu, C.-C. H. Chang, and M. Ganguli. Engagement in social activities and progression from mild to severe cognitive impairment: the myhat study. *International Psychogeriatrics*, 25(04):587–595, 2013.
- [30] A. C. Hurley, L. Volicer, L. Camberg, J. Ashley, P. Woods, G. Odenheimer, W. L. Ooi, K. McIntyre, and E. Mahoney. Articles-measurement of observed agitation in patients with dementia of the Alzheimer type. *Journal of Mental Health and Aging*, 5(2):117–134, 1999.
- [31] E. Kasper, S. Ochmann, W. Hoffmann, W. Schneider, E. Cavedo, H. Hampel, and S. Teipel. Cognitive rehabilitation in alzheimer's disease – a conceptual and methodological review, 2015. *The Journal of Prevention of Alzheimer's Disease*, in press.
- [32] J. Kaye, N. Mattek, T. Hayes, D. Austin, and H. Dodge. Community life withdrawal with MCI progression. *Alzheimer's & dementia : the journal of the Alzheimer's Association*, 8(4):P483, 2012.
- [33] A. Kiryakov, B. Popov, D. Ognyanoff, D. Manov, A. Kirilov, and M. Goranov. Semantic annotation, indexing, and retrieval. In D. Fensel, K. Sycara, and J. Mylopoulos, editors, *The Semantic Web - ISWC 2003*, volume 2870 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 484–499. Springer Berlin Heidelberg, 2003.
- [34] F. Krüger, M. Kasparick, T. Mundt, and T. Kirste. Where are my colleagues and why? tracking multiple persons in indoor environments. In *10th International Conference on Intelligent Environments (IE), 2014*, Shanghai, China, July 2014.
- [35] F. Krüger, M. Nyolt, K. Yordanova, A. Hein, and T. Kirste. Computational state space models for activity and intention recognition. A feasibility study. *PLOS ONE*, Nov. 2014.
- [36] F. Krüger, K. Yordanova, C. Burghardt, and T. Kirste. Towards creating assistive software by employing human behavior models. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 4(3):209–226, May 2012.
- [37] F. Krüger, K. Yordanova, A. Hein, and T. Kirste. Plan synthesis for probabilistic activity recognition. In *Proceedings of the 5th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART 2013)*, pages 283–288, Barcelona, Spain, Feb. 2013.
- [38] S. Lithfous, A. Dufour, and O. Després. Spatial navigation in normal aging and the prodromal stage of alzheimer's

- disease: Insights from imaging and behavioral studies. *Ageing Research Reviews*, 12(1):201–213, 2013.
- [39] D. L. McGuinness, F. Van Harmelen, et al. OWL web ontology language overview. *W3C recommendation*, 10(10):2004, 2004.
- [40] J. Morris, A. Heyman, R. Mohs, J. Hughes, G. Van Belle, G. Fillenbaum, E. Mellits, and C. Clark. The consortium to establish a registry for Alzheimer's disease (CERAD): I. Clinical and neuropsychological assessment of Alzheimer's disease. *Neurology*, 1989.
- [41] G. Okeyo, L. Chen, H. Wang, and R. Sterritt. Ontology-based learning framework for activity assistance in an adaptive smart home. In L. Chen, C. D. Nugent, J. Biswas, and J. Hoey, editors, *Activity Recognition in Pervasive Intelligent Environments*, volume 4 of *Atlantis Ambient and Pervasive Intelligence*, pages 237–263. Atlantis Press, 2011.
- [42] R. Passini, C. Rainville, N. Marchand, and Y. Joanne. Wayfinding in dementia of the Alzheimer type: Planning abilities. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 17(6):820–832, 1995.
- [43] C. Peel, P. S. Baker, D. L. Roth, C. J. Brown, E. V. Bodner, and R. M. Allman. Assessing mobility in older adults: the UAB Study of Aging Life-Space Assessment. *Physical Therapy*, 85(10):1008–1019, 2005.
- [44] M. A. Rowe, C. A. Greenblum, and R. F. D'Aoust. Missing incidents in community-dwelling people with dementia. *AJN, American Journal of Nursing*, 112(12):30–35, 2012.
- [45] S. Saad, D. De Beul, S. Mahmoudi, and P. Manneback. An ontology for video human movement representation based on benesh notation. In *Multimedia Computing and Systems (ICMCS), 2012 International Conference on*, pages 77–82, May 2012.
- [46] D. R. Sanquetti. Implementing geo-fencing on mobile devices, Jan. 3 2006. US Patent 6,983,202.
- [47] K. Skillen, L. Chen, C. D. Nugent, M. P. Donnelly, and I. Solheim. A user profile ontology based approach for assisting people with dementia in mobile environments. In *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2012 Annual International Conference of the IEEE*, pages 6390–6393. IEEE, 2012.
- [48] M. Uschold, M. King, S. Moralee, and Y. Zorgios. The enterprise ontology. *The Knowledge Engineering Review*, 13:31–89, March 1998.
- [49] T. L. M. van Kasteren and B. J. A. Kröse. A sensing and annotation system for recording datasets in multiple homes. In *Proceedings of the 27 Annual Conference on Human Factors and Computing Systems*, pages 4763–4766, Boston, USA, April 2009.
- [50] M. Wettstein, H.-W. Wahl, N. Shoval, F. Oswald, E. Voss, U. Seidl, L. Frolich, G. Auslander, J. Heinik, and R. Landau. Out-of-home behavior and cognitive impairment in older adults: Findings of the SenTra project. *Journal of Applied Gerontology*, 2012.
- [51] P. Wittenburg, H. Brugman, A. Russel, A. Klassmann, and H. Sloetjes. ELAN: a professional framework for multimodality research. In *Proceedings of the 5th International Conference on Language Resources and Evaluation*, pages 1556–1559, 2006.
- [52] K. Wongpatikaseree, M. Ikeda, M. Buranarach, T. Supnithi, A. Lim, and Y. Tan. Activity recognition using context-aware infrastructure ontology in smart home domain. In *Knowledge, Information and Creativity Support Systems (KICSS), 2012 Seventh International Conference on*, pages 50–57, Nov 2012.
- [53] K. Yordanova. *Methods for Engineering Symbolic Human Behaviour Models for Activity Recognition*. PhD thesis, Institute of Computer Science, Rostock, Germany, June 2014.
- [54] S. Zhang, P. McCullagh, C. Nugent, and H. Zheng. An ontology-based context-aware approach for behaviour analysis. In L. Chen, C. D. Nugent, J. Biswas, and J. Hoey, editors, *Activity Recognition in Pervasive Intelligent Environments*, volume 4 of *Atlantis Ambient and Pervasive Intelligence*, pages 127–148. Atlantis Press, 2011.