

Modellierung und Architektur eines mobilen verteilten Systems zur Kompensation prospektiver Gedächtnisdefizite

DISSERTATION
Zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)

vorgelegt der Fakultät für Informatik und Automatisierung
der Technischen Universität Ilmenau

von
Dipl.-Inf. Hendrik Schulze
geboren am 24.8.1973 in Leipzig

vorgelegt am: 25. März 2011
wissenschaftliche Aussprache am: 14. November 2011

Gutachter:
Prof. Dr.-Ing. habil. Winfried Kühnhauser
Prof. Dr. rer. nat. habil. Dr. h. c. Alexander Schill
Prof. Dr. rer. nat. Volker Gruhn

urn:nbn:de:gbv:ilm1-2011000389

Bibliographische Angaben

Hendrik Schulze:

Modellierung und Architektur eines mobilen verteilten Systems zur Kompensation prospektiver Gedächtnisdefizite

Leipzig, 16. Dezember 2011 , 147 Seiten, 53 Abbildungen, 10 Tabellen, 2 Listings und 4 Anhänge

urn:nbn:de:gbv:ilm1-2011000389

Zusammenfassung

Diese Arbeit beschreibt die Konzeption und das Modell strukturierter interaktiver Erinnerungsimpulse zur Kompensation von Defiziten des prospektiven Erinnerns und deren Erprobung im mobilen Gedächtnishilfesystems MEMOS. Dazu wurden Patienten mit einem Smartphone, dem Personal Memory Assistant (PMA), ausgerüstet, und mittels strukturierter interaktiver Erinnerungsimpulse an bevorstehende Aufgaben erinnert und situationsabhängig durch diese Aufgaben geführt. MEMOS ist das weltweit erste System, das strukturierte interaktive Erinnerungsimpulse und eine entkoppelte bidirektionale Kommunikation zwischen Patient und Betreuer einsetzt.

Kontext

Gedächtnisstörungen sind eine der häufigsten Folgen von Hirnschäden nach Schlaganfällen oder Schädel-Hirn-Traumata. Störungen des prospektiven Gedächtnisses, welches verantwortlich für die Planung und Durchführung zukünftiger Aufgaben ist, sind besonders behindernd für ein autonomes Leben. Die Kompensation der ausgefallenen Funktionalität durch externe Gedächtnishilfen, die an bevorstehende Aufgaben erinnern, ist die einzige Möglichkeit, betroffenen Patienten effektiv zu helfen.

Methode

Die Realisierung dieser Arbeit und die Implementierung von MEMOS erforderte die interdisziplinäre Bearbeitung von drei Aufgabenschwerpunkten.

Analyse der neuropsychologischen Anforderungen: Eine patientengerechte Gedächtnishilfe kann nur in Form eines einfach zu nutzenden elektronischen Assistenten realisiert werden, der den Patienten mittels situationsabhängiger Erinnerungsimpulse durch komplexe Aufgaben führt.

Modell der strukturierten interaktiven Erinnerungsimpulse und Systemarchitektur:

Situationsabhängige Erinnerungen werden in MEMOS durch strukturierte interaktive Erinnerungsimpulse realisiert. Dazu werden Handlungsabläufe in einfache Teilschritte zerlegt, hierfür Erinnerungsimpulse erzeugt und miteinander verknüpft. Die Umsetzung in eine maschinell verwaltbare Struktur erfolgt im MEMOS-Taskmodell, das Validität und Integrität einzelner Aufgaben (Tasks) sowie kompletter Tagespläne sicher stellt. MEMOS besteht aus einer mobilen Komponente, dem PMA, für die direkte Patienteninteraktion und einem Basissystem für die Verwaltung und Koordination der strukturierter interaktiven Erinnerungsimpulse. Der PMA kommuniziert mit dem Basissystem über Mobilfunk und ist in der Lage, auch längere Unterbrechungen zu kompensieren. Das Basissystem erkennt Fehlfunktionen und kritische Zustände, wodurch automatisch der verantwortliche Betreuer alarmiert wird.

Patientengerechte Anpassung: Der Erfolg einer Gedächtnishilfe hängt von der Akzeptanz durch den Patienten ab. Neben allgemeinen Usability-Aspekten, wie dem Verhindern von Fehlbedienungen, dem Verbergen von Fehlerzuständen und einer einfachen Erlernbarkeit, haben Befragungen die zentrale Bedeutung der individuellen Anpassung der Gedächtnishilfe an die Bedürfnisse und Fähigkeiten der einzelnen Patienten gezeigt.

Relevanz

MEMOS wurde erfolgreich im Einsatz mit Patienten getestet. Die Zahl vergessener oder gescheiterter Aufgaben wurde deutlich reduziert. Das Modell der strukturierter interaktiven Erinnerungsimpulse wurde validiert und die Praxistauglichkeit von MEMOS konnte gezeigt werden.

Abstract

This work describes the concept and model of structured interactive memory impulses for the compensation of deficits of the prospective memory and their trial in the mobile memory aid system MEMOS. For this purpose patients were equipped with a smartphone, the Personal Memory Assistant (PMA), that uses structured interactive memory impulses to remind them of upcoming tasks and provide situation-dependent guidance through these tasks. MEMOS is the first system world-wide that utilizes structured interactive memory impulses and a decoupled bidirectional communication between patient and caregiver.

Context

Memory dysfunction is one of the most common results of brain damages caused by strokes or craniocerebral injuries. Impairments of the prospective memory, which is responsible for planning and executing future tasks, have turned out to be particularly challenging for an autonomous life. The compensation of lost abilities by external memory aids that remind patients of prospective tasks is the only possibility to effectively help affected patients.

Methodology

This work and the implementation of MEMOS required the interdisciplinary solution of three main tasks:

Analysis of neuropsychological requirements: A patient-friendly memory aid can only be implemented as an easy-to-use electronic assistant that guides patients with situation-dependent memory impulses through complex tasks.

Model of structured interactive memory impulses and system architecture: MEMOS implements situation-dependent reminders using structured interactive memory impulses. For this purpose, complex tasks are split into subtasks, for which memory impulses are generated and linked with each other. The MEMOS task model is an implementation of the structured interactive memory impulses as a machine-manageable structure that guarantees validity and integrity of individual tasks and entire day schedules.

MEMOS comprises a mobile component, the PMA, for direct patient interaction and a base system that maintains and coordinates the structured interactive memory impulses. The PMA communicates with the base system using GPRS and can compensate connectivity loss for several hours. The base system is able to detect malfunctions and critical conditions and to automatically alert the responsible caregiver.

Patient-friendly adaptation: Success of a memory aid depends on the patients' acceptance. A survey among patients has revealed the central importance of the memory aid's adaptation to the requirements and abilities of each individual patient, in addition to general usability aspects such as avoiding PMA operation errors, concealing error conditions and easy learnability.

Relevance

MEMOS was successfully tested in a clinical trial. The number of forgotten or failed tasks was significantly reduced. The model of structured interactive memory impulses has been validated and MEMOS was shown to work in a real-world environment.

Publikationen

Zeitschriften und Journals

- A. Voinikonis, K. Irmscher and H. Schulze, “Distributed Processing of Reminding Tasks within the Mobile Memory Aid System, MEMOS”, *Personal and Ubiquitous Computing*, 9(5):284 – 290, Sep 2005.
- H. Schulze, ”Memos: A mobile extensible memory aid system”, *Telemedicine Journal and e-Health*, 10(2):233–242, June 2004.
- A.I.T. Thöne-Otto, K. Walther and H. Schulze, ”MEMOS - Evaluation of an Interactive Electronic Memory Aid for Brain-Injured Patients”, *Journal of the International Neuropsychological Society*, 9(4):583ff, 2003.
- H. Schulze, K. Walther and A.I.T. Thöne-Otto, “Applying Mobile Technologies in Neuropsychology - Designing Memory Aids for Brain Injured Patients”, *European Journal of Medical Research*, 7(Supl I):76, 2002.

Konferenzproceedings

- A. Voinikonis, K. Irmscher and H. Schulze, “Distributed Task Processing Within the Mobile Memory Aid System MEMOS”, *Proceedings of UMICS2004 - Ubiquitous Mobile Information and Collaboration Systems*, Riga, LNCS, page 57ff, Springer, 2004.
- H. Schulze, “MEMOS: An Interactive Assistive System for Prospective Memory Deficit Compensation - Architecture and Functionality”, *Proceedings of Assets2004, The Sixth International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, Atlanta, volume 77 of *Accessibility and Computing*, pages 79–85. ACM SIGACCESS, 2004.
- K. Walther, H. Schulze and A.I.T. Thöne-Otto, ”An Interactive Memory Aid Designed for Patients with Head Injury: Comparing MEMOS with two Commercially Available Electronic Memory Aids”, *Poster at First Congress of the European Neuropsychological Societies*, Modena, Italy, April 2004.
- H. Schulze, T. Hoffmann, A. Voinikonis and K. Irmscher, “Modeling a Mobile Memory Aid System”, *Proceedings of KIVS2003 - Kommunikation in verteilten Systemen 13. ITG/GI Conference*, Leipzig, page 143ff. Springer, 2003.
- H. Schulze, “MEMOS - A Mobile Distributed Memory Aid System”, *Proceedings of IEEE Healthcom2001 - Enterprise Networking and Computing in Health Care Industry (L’Aquila, Italy)*, page 179ff. SSGRR, 2001.
- H. Schulze and K. Klaus Irmscher, “Mobtel - A Mobile Distributed Telemedical System”, *Proceedings of USM 2000 - Trends in Distributed Systems: Towards a Universal Service Market, Third International IFIP/GI Conference, Munich*, page 176ff. Springer, 2000.

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	1
1.1. Motivation	1
1.2. Problemstellung	2
1.3. Zielstellung	2
1.4. Gliederung der Arbeit	4
1.5. Kooperationen und Einbindung in Forschungsprojekte	4
1.6. Danksagung	5
1.7. Verschiedenes	5
I. Vorbetrachtungen und neuropsychologischer Hintergrund	7
2. Störungen des prospektiven Erinnerns	9
2.1. Das menschliche Gedächtnis	9
2.2. Das prospektive Erinnern	10
2.3. Störungen des prospektiven Erinnerns	11
2.4. Therapieansätze für Gedächtnisstörungen	12
2.5. Schlussfolgerungen	15
3. Stand der Forschung und Entwicklung	17
3.1. Theoretische Betrachtungen – Kognitive Prothesen	17
3.2. NEUROPAGE	19
3.3. VOICE ORGANIZER	25
3.4. Kommerziell verfügbare PDA, Organizer und Mobiltelefone als Gedächtnishilfe	26
3.5. Planning and Execution Assistant and Trainer - PEAT	29
3.6. AUTOMINDER	30
3.7. MIT - MEMORY GLASSES	31
3.8. Smart Environments und kontextsensitive Technologien	33
3.9. Fazit	36
II. Konzeption und Modellierung	39
4. Funktionale und technische Anforderungen an eine patientengerechte Gedächtnishilfe	41
4.1. Die „ideale“ Gedächtnishilfe	41
4.2. Funktionale Anforderungen	42
4.3. Technische Anforderungen	46
4.4. Konsequenzen für die Architektur und Funktionsweise von MEMOS	47
4.5. Fazit	49

5. Modellierung	51
5.1. Einleitung	51
5.2. Betreuungsszenarien	53
5.3. Kompromisse und nicht umgesetzte Szenarien	58
5.4. Fazit	61
6. Taskmodell	63
6.1. Handlungsobjekte	63
6.2. Vorgehensweise	67
6.3. Herleitung des MEMOS-Taskmodell	69
6.4. Formale Definition des MEMOS-Taskmodells	75
6.5. Die zeitliche Integrität des Taskmodells	77
6.6. Beschreibungssprache für das Taskmodell	82
6.7. Fazit	87
III. Architektur, Funktionsweise und Erprobung	89
7. Datenübertragung zwischen den Komponenten von MEMOS	91
7.1. Datenübertragung über Mobilfunk	91
7.2. Mobile Datenübertragung in MEMOS	93
7.3. Behandlung von Verbindungsproblemen	93
7.4. Fazit	101
8. Die MEMOS-Architektur	103
8.1. Überblick	103
8.2. Basissystem	104
8.3. Der Personal Memory Assistant - PMA	106
8.4. Die PMA-Software-Schicht	108
8.5. Datensicherheitsaspekte	114
8.6. Fazit	115
9. Usability: Patientengerechte Anpassung von MEMOS	117
9.1. Begriffsbestimmung	117
9.2. Generelle Usability-Richtlinien für MEMOS	118
9.3. Gestaltung der Nutzeroberfläche	118
9.4. Flexible Taskverwaltung	121
9.5. Patientenorientierte Synchronisation	129
9.6. Fehlertolerante Ladestandskontrolle	130
9.7. Fazit	131
10. Einsatz und Erprobung	133
10.1. Evaluation von MEMOS	133
10.2. Evaluationsstudie von MEMOS 1	134
10.3. Evaluationsstudie von MEMOS 2	137
10.4. Erfüllung der funktionalen und technischen Anforderungen	139
10.5. Fazit	141

11. Zusammenfassung und Ausblick	143
11.1. Zusammenfassung	143
11.2. Wissenschaftlicher Beitrag	145
11.3. Ausblick	145
A. Algorithmen zur Validierung der zeitlichen Integrität eines Tasks	149
B. Die M2 Spezifikation	155
B.1. Versionen	155
B.2. Überblick	155
B.3. Generelle Festlegungen	156
B.4. M2 - Die Markuplanguage	157
B.5. M2-Das Transportprotokoll	161
C. Die M2-DTD	163
D. Thesen zur Arbeit	167

Abbildungsverzeichnis

2.1. Modell des Prospektiven Gedächtnisses	10
3.1. Usability: Erfolgsfaktoren	18
3.2. Architektur von NEUROPAGE	19
3.3. NEUROPAGE: Callback-Studie	20
3.4. NEUROPAGE: Rückmeldungen	21
3.5. Evaluation von NEUROPAGE	22
3.6. NEUROPAGE: Evaluation mit 143 Patienten	23
3.7. MEMOPHON: Pager	23
3.8. Vergleich PDA - Mobiltelefon	27
3.9. PDA - Handy Vergleich: Anzahl vergessener Aufgaben	28
3.10. Screenshot: PEAT	30
3.11. Evaluation der MIT - Memory Glasses	32
3.12. Beispiel: MAPS	36
4.1. Usecase: MEMOS verbindet zwei Gruppen von Akteuren	48
4.2. Grobe Architektur von MEMOS	50
5.1. Der Erinnerungsprozess wird von mehreren Faktoren beeinflusst	51
6.1. Automat für ein Handlungsobjekt	64
6.2. Kategorisierung der Vorbedingungen	65
6.3. Automaten für zeit- und ortsabhängige Handlungen	65
6.4. Moore-Maschine zur Ablaufsteuerung	71
6.5. Verarbeitung der Cardtimer	72
6.6. Verarbeitung des Decktimers.	73
6.7. Zeitparameter eines Tasks.	74
6.8. Logische Komponenten des PMAs	75
6.9. Unterbinden von zyklischen Regionen	78
6.10. Beispiel für Validierung: Ausgangsgraph	80
6.11. Beispiel für Validierung: Markierung der zyklischen Teilgraphen	80
6.12. Beispiel für Validierung: Vereinigung überlappender zyklischer Teilgraphen	80
6.13. Beispiel für Validierung: Reduktion des Graphen und finale Validierung	81
6.14. Transformation eines Ablaufgraphen in einen XML-Baum.	83
7.1. Kommunikationsstrecke zwischen PMA und Basisstation	94
7.2. Kompensation von Verbindungsproblemen	100
8.1. Komponenten der MEMOS-Architektur.	103
8.2. Umsetzung des MVC-Patterns	105

8.3. PMA: T-Mobile MDA	108
8.4. PMA: Software-Stack	109
8.5. Screenshot: Notruf	110
8.6. Screenshot Telefondialog	112
8.7. Watchdogstrategie des PMAs	113
9.1. Elemente der Nutzerschnittstelle	119
9.2. Negatives Beispiel für einen Dialog	120
9.3. Negatives Beispiel für die Beschriftung von Softbuttons	121
9.4. Gültiger Tagesplan	122
9.5. Auswahllisten zur Zeitauswahl	125
9.6. Screenshot Verschiebedialog	126
9.7. Umplanen eines Tagesplanes	128
9.8. Beschädigter Ladestecker	130
10.1. Auswertung MEMOS 1: Experimentelle Aufgaben	135
10.2. Auswertung MEMOS 1: Eigene Aufgaben	136
10.3. Auswertung MEMOS 2: Experimentelle Aufgaben	137
A.1. Klassendiagramme der für die Validierung elementaren Datenstrukturen.	150
A.2. Initiale Validierung: Programmablaufplan	153
A.3. Finale Validierung: Programmablaufplan	154

Tabellenverzeichnis

3.1. Vor- und Nachteile von PDA und Mobiltelefon	28
7.1. Externe Störungen des Kommunikationspfades	95
7.2. Interne Ursachen für eine Störung der Kommunikation	97
9.1. Übersicht der berücksichtigten Tageszeiten	125
10.1. Handhabung und Akzeptanz	136
10.2. Nützlichkeit und Akzeptanz von Palm und PMA	138
10.3. Erfüllung der technischen Systemanforderungen	139
10.4. Erreichen der Designziele	139
10.5. Erfüllung der Betreuungsszenarien	140

Listings

A.1. Initiale Validierung inkl. Markierung aller zyklischen Teilgraphen	151
A.2. Reduzierung des Graphen.	152

1. Einführung

1.1. Motivation

Der technische Fortschritt auf dem Gebiet der Mobilkommunikation und des Mobile Computing ermöglicht über die bloße Verbesserung bestehender Anwendungsszenarien hinaus die Umsetzung einer neuen Klasse von Applikationen, welche in dieser Form noch vor einigen Jahren nicht realisierbar gewesen ist. Eine dieser neuartigen Anwendungen ist ein mobiles interaktives System zur Unterstützung von Patienten mit Störungen des prospektiven Erinnerns.

Gedächtnisstörungen sind eine der häufigsten Folgen von Hirnverletzungen. Störungen prospektiver Erinnerungsfunktionen, also Störungen der Hirnfunktionen, die für die Erfüllung von zukünftigen Aufgaben und Intentionen verantwortlich sind, haben sich als besonders behindernd für ein autonomes und selbstbestimmtes Leben erwiesen. Betroffene Personen sind nicht oder nur sehr eingeschränkt in der Lage, sich an zukünftige Aufgaben und Vorhaben (Tasks) zu erinnern und diese zuverlässig durchzuführen. Da restorative Therapiemethoden von sehr eingeschränktem Erfolg sind, verbleibt Patienten mit Gedächtnisstörungen die Möglichkeit, die ausgefallenen Hirnfunktionen durch externe Hilfen zu kompensieren, welche jedoch nur bestimmte Aspekte des prospektiven Erinnerns kompensieren können. So kann z. B. eine niedergeschriebene Notiz weder auf sich aufmerksam machen noch überprüfen, ob die Information verstanden und korrekt ausgeführt wurde. Daher sind Patienten mit Störungen des prospektiven Erinnerns sehr oft auf die Hilfe einer anderen Person angewiesen mit der Konsequenz, dass betroffene Personen in einem sozialen Umfeld leben, in dem nicht nur ihre eigene Lebensqualität, sondern auch die ihrer Angehörigen stark beeinträchtigt ist.

In den letzten Jahren wurde versucht, elektronische Geräte als externe Gedächtnishilfen zu nutzen. Auch wenn die Ergebnisse der Untersuchungen mit elektronischen Gedächtnishilfen vielversprechend sind, so haben alle bekannten Systeme zum Teil gravierende Nachteile, die einen Einsatz für eine breite Gruppe von Patienten ausschließen bzw. eine große Anzahl von Kompromissen von dem Nutzer erfordern.

Die allgemeine Zielstellung einer Gedächtnishilfe ist es, die kognitiven Defizite eines betroffenen Patienten zu kompensieren, um ihm ein weitgehend selbstständiges Leben zu ermöglichen. Auch wenn eine vollständige Unabhängigkeit von Betreuungspersonen nur bei Menschen mit einer leichten Schädigung möglich sein wird, gilt es, die Abhängigkeit eines gedächtnisgestörten Menschen von Betreuungspersonen so stark wie möglich zu verringern.

Die Nachteile existierender Gedächtnishilfen können durch den Einsatz moderner Technologien kompensiert werden. Wichtige Aspekte sind dabei vor allem Interaktivität und Mobilität, aber auch Zuverlässigkeit und Nutzerfreundlichkeit. Größte Herausforderung bei der Realisierung einer solchen Gedächtnishilfe ist die Kompensation von unzuverlässigen Kommunikationsverbindungen und nicht vollständig vorhersagbarem Nutzerverhalten.

1.2. Problemstellung

Alle bekannten, derzeit verfügbaren, externen Gedächtnishilfen sind sowohl vom technologischen als auch vom therapeutischen Standpunkt sehr weit vom theoretisch Möglichen und Sinnvollen entfernt.

Standardgeräte, wie Mobiltelefone und Organizer, sind in der Bedienung zu kompliziert und eine Fehlbedienung ist leicht möglich. Die meisten elektronischen Gedächtnishilfen können nur kurze, unstrukturierte Erinnerungsimpulse geben, zum Beispiel den Text einer Short Message, und erlauben kein Feedback des Patienten. Ideal wäre, dem Nutzer verschiedene Informationen in Abhängigkeit der Situation und seines Verhaltens anzeigen zu können und, sollte er von einer Aufgabe abgelenkt werden, ihn wieder zu der eigentlichen Aufgabe zurückzuführen. Wichtig für die Akzeptanz einer Gedächtnishilfe ist es, dass Patienten mit nur leichten oder mittleren kognitiven Defiziten an der Gestaltung des Tagesplanes mitwirken können, indem sie Aufgaben vorziehen bzw. verschieben, und dabei trotzdem ein sinnvoller Tagesplan erhalten bleibt. Architekturbedingt ist dies bei den meisten existierenden Systemen nicht möglich.

Eine Hauptanwendung für Gedächtnishilfen ist die Erinnerung an eine Medikamenteneinnahme. Viele Medikamente müssen innerhalb sehr enger Zeitfenster eingenommen werden und können bei einer falschen Einnahme starke negative Auswirkungen auf die Gesundheit eines Menschen haben. Kein existierendes Gedächtnishilfesystem erlaubt eine verbindliche Bestätigung, dass ein Medikament entweder korrekt eingenommen wurde oder, falls eine Bestätigung ausbleibt, eine automatische Benachrichtigung einer Betreuungsperson erfolgt. Auch wenn ein 100% zuverlässiges System nie existieren wird, so müssen Fehlerfälle eindeutig und schnell zu erkennen sein. Die meisten verteilten Gedächtnishilfesysteme benutzen den Short Message Service (SMS) der Mobilfunkanbieter, durch den weder eine korrekte noch eine zeitgerechte Übertragung garantiert werden kann, was vor allem bei Erinnerungen an kritische Aufgaben zu Problemen führen kann.

Eine Gedächtnishilfe muss sich in den Alltag eines Betroffenen und den seiner Angehörigen integrieren, damit der Patient in der Gesellschaft integriert bleibt. Bisherige Implementierungen von Gedächtnishilfesystemen erlauben aber keine kooperative Betreuung einer Person und setzen sehr oft genau eine Betreuungsperson voraus, welche alle Aufgaben für den Patienten koordinieren muss.

1.3. Zielstellung

Ausgehend von der Prämisse, dass eine „ideale“ Gedächtnishilfe zur Zeit technisch nicht umsetzbar ist, ist es das Ziel dieser Arbeit, ein patientengerechtes mobiles interaktives Gedächtnishilfeframework zu konzipieren und umzusetzen. Es soll Therapeuten und Familienangehörigen eines Patienten mit Störungen des prospektiven Gedächtnisses die Möglichkeit geben, ein flexibles, individuelles Betreuungsszenario zu entwickeln und effektiv umzusetzen.

Dieses Ziel erfordert ein interdisziplinäres Arbeiten auf den Gebieten der Informatik und der Neuropsychologie. Die wichtigsten Teilprobleme beim Erreichen dieses Zieles und Schwerpunkte dieser Arbeit sind:

1. Formulierung eines umfassenden Nutzungsszenarios,
2. Entwicklung eines Modells, zur Beschreibung der Struktur und des Ablaufes interaktiver Erinnerungen (Taskmodell) und Ableiten der korrespondierenden Datenstrukturen,

3. Entwurf der Systemarchitektur unter Berücksichtigung unzuverlässiger Kommunikationskanäle und nicht eindeutig vorhersehbarer Nutzerinteraktionen.

Die Implementierung, Erprobung und Evaluation der in dieser Arbeit beschriebenen Ansätze erfolgte im Rahmen des Verbundprojektes MOBREGIO mit der Realisierung des Gedächtnishilfesystems MEMOS, an welcher der Autor maßgeblich beteiligt war (siehe Kapitel 1.5). Daher wurde diese Arbeit vor dem Hintergrund der praktischen Nutzbarkeit und nachhaltigen Verwertung der diskutierten Ansätze geschrieben.

1.3.1. Formulierung eines umfassenden Nutzungsszenarios

Erster Schritt dieser Arbeit ist die Analyse der Schwachstellen existierender Gedächtnishilfen und die Formulierung neuer, neuropsychologisch sinnvoller sowie technisch umsetzbarer Konzepte, wie das Konzept der strukturierten, interaktiven Erinnerungsimpulse. Darauf aufbauend werden Nutzungsszenarien formuliert, welche durch das im Folgenden modellierte System erfüllt werden müssen.

1.3.2. Entwicklung des Taskmodells

Das Taskmodell ist die zentrale Komponente, um die strukturierten, interaktiven Erinnerungsimpulse innerhalb eines Gedächtnishilfesystems beschreiben, verwalten und verarbeiten zu können. Das zu entwickelnde Taskmodell ist die Grundlage für das Gedächtnishilfesystem und somit der Schlüssel für die Umsetzung der Nutzungsszenarien. Es muss erlauben, die Struktur und den Ablauf der interaktiven Erinnerungsimpulse (Tasks) effektiv zu beschreiben. Weiterhin muss eine maschinelle Validierung der Tasks möglich sein, damit inkonsistente Tasks nicht die korrekte Funktion des gesamten Gedächtnishilfesystems beeinträchtigen. Das Taskmodell muss eine kompakte Darstellung der Tasks erlauben, da das als elektronische Gedächtnishilfe genutzte Gerät ein mobiles Gerät ist und nur über eingeschränkte Ressourcen verfügt.

1.3.3. Entwurf der Systemarchitektur

Basierend auf dem Taskmodell wird eine Architektur entwickelt, die eine effektive Realisierung, die praktische Erprobung und den reibungslosen Betrieb des Gedächtnishilfesystems entsprechend den formulierten Nutzungsszenarien erlaubt. Ein Schwerpunkt der Architektur ist die Berücksichtigung unzuverlässiger mobiler Kommunikationskanäle und nicht vollständig vorhersagbarer Nutzerinteraktionen. Weitere wichtige Teilziele sind die Erarbeitung von Konzepten für eine einfache, leicht erlernbare Nutzerschnittstelle und die nahtlose Integration in den Alltag des Patienten.

1.3.4. Implementierung und Erprobung

Der wissenschaftliche Schwerpunkt dieser Arbeit liegt auf den unter 1.3.1-1.3.3 beschriebenen Inhalten. Um allerdings die Richtigkeit der beschriebenen Ideen nachzuweisen, wird in dieser Arbeit auch auf wichtige Implementierungsdetails und auf die Ergebnisse der Erprobung eingegangen.

1.4. Gliederung der Arbeit

Diese Arbeit ist in drei Teile untergliedert: „*Vorbetrachtungen und neuropsychologischer Hintergrund*“, „*Konzeption und Modellierung*“ sowie „*Architektur, Funktionsweise und Erprobung*“.

Im ersten Teil werden die neuropsychologischen Grundlagen erläutert und erklärt, welche Konsequenzen eine Störung des prospektiven Erinnerns hat. Weiterhin wird der Stand der Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der elektronischen Gedächtnishilfen vorgestellt und diskutiert.

Im zweiten Teil werden die funktionalen Anforderungen an ein patientengerechtes Gedächtnishilfesystem formuliert und begründet sowie Betreuungsszenarien entworfen. Die funktionalen Anforderungen und die Betreuungsszenarien bilden die Basis für die Entwicklung des Taskmodells.

Der dritte Teil beschreibt die praktischen Aspekte des Gedächtnishilfesystems, wie die mobile Kommunikation in MEMOS, seine Architektur, die patientengerechte Anpassung und die praktische Erprobung.

1.5. Kooperationen und Einbindung in Forschungsprojekte

Das interaktive, mobile Gedächtnishilfesystem MEMOS wurde im Rahmen der Forschungsprojekte MOBTEL/MOBTEL-E¹ und MOBREGIO² entwickelt. Projektpartner des Verbundprojektes MOBTEL waren:

- Lehrstuhl Rechnernetze und verteilte Systeme, Institut für Informatik, Universität Leipzig, Prof. K. Irmscher (Projektleiter),
- Tagesklinik für kognitive Neurologie, Universität Leipzig, Prof. Y. D. v. Cramon,
- Max-Planck-Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften, Leipzig, Prof. Y. D. v. Cramon,
- RBM-electronik-automation GmbH, Leipzig, Dipl.-Ing. J. Richter.

MOBTEL wurde unter der Bezeichnung MOBTEL-E für das Institut für Informatik und die Tagesklinik für ein Jahr verlängert. Am Projekt MOBREGIO (Teilvorhaben:1) waren beteiligt:

- Lehrstuhl Rechnernetze und verteilte Systeme, Institut für Informatik, Universität Leipzig, Prof. K. Irmscher (Projektleiter),
- Tagesklinik für kognitive Neurologie, Universität Leipzig, Dr. A. I. T. Thöne-Otto.

Das Teilvorhaben 2 des MOBREGIO-Projektes beschäftigt sich mit wissensintensiven Dienstleistungen im Fitnessbereich und tangiert diese Arbeit nur auf dem Gebiet der Dienstleistungsintegration. Verantwortlich für dieses Teilvorhaben ist die Firma RBM.

Die aktuell vorliegende Version von MEMOS wurde am Lehrstuhl für Rechnernetze und verteilte Systeme entwickelt. Die Tagesklinik für kognitive Neurologie (TK) ist maßgeblich verantwortlich für die Projektidee, die Evaluation und den Betrieb von MEMOS. Zusammen mit der TK und der Firma RBM wurde im Projekt MOBTEL eine erste Systemspezifikation entworfen, welche im Projekt MOBREGIO vollständig überarbeitet und erweitert wurde. Die vorliegende Arbeit baut auf den Anforderungen auf, welche zusammen mit der TK erarbeitet und ständig verbessert wurden.

¹gefördert durch das Sächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur(SMWK) und das Sächsische Ministerium für Wirtschaft und Arbeit(SMWA)

²gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung(BMB+F)

Eigener Anteil

MEMOS ist das Resultat einer Kooperation. Wie bei jedem gut funktionierenden Team, wurden viele Ideen in Diskussionen gefunden und lassen sich manchmal nur sehr schwer einer Person zuordnen. Der Autor hat inhaltlich bei dem Projekt MOBTEL mitgearbeitet und war Projektkoordinator im Projekt MOBREGIO. Er ist maßgeblich verantwortlich für Spezifikation der Anforderungen, Systemarchitektur, Taskmodell und -verwaltung und die Kommunikation zwischen Server und Mobilgeräten.

1.6. Danksagung

Ich bedanke mich bei den Herren Prof. Dr. Irmscher und Prof. Dr. v. Cramon und allen Mitarbeitern des MOBREGIO-Teams, insbesondere bei Frau Dr. Angelika Thöne-Otto und Frau Dr. Walther. Weiterhin möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Kühnhauser für seine Unterstützung bei der Einreichung der Arbeit an der TU Ilmenau und bei Herrn Prof. Dr. Jean Alexander Müller und Herrn Klaus Mochalski für die konstruktiven Diskussionen und ihre Anregungen und Hinweise bedanken. Besonderer Dank gilt meiner Mutter, meiner Frau Karen und meinen Töchtern Theresa, Janis und Muriel für ihr Verständnis und ihren Rückhalt. Mein Dank gilt auch Dr. Reilein-Ruß und Dr. Frank Stummer für die vielen hilfreichen Hinweise.

1.7. Verschiedenes

Diese Arbeit ist sehr eng mit der Entwicklung des Gedächtnishilfesystems MEMOS verknüpft, für die der Autor maßgeblich verantwortlich war. Im Folgenden wird nur dann zwischen MEMOS und dem idealisierten Entwurf eines Gedächtnishilfesystems differenziert, wenn sich beide unterscheiden.

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit werden in dieser Arbeit folgende typografische Standards benutzt: zur Darstellung von Eigennamen werden "SMALL CAPS" benutzt und Hervorhebungen *kursiv* dargestellt. Der Schriftstil *Typewriter* findet Verwendung, um Programm- und Dateinamen, Befehle und Listings hervorzuheben. XML-Elemente werden als `<XML-TAG>` angegeben.

Längere praktische Beispiele oder Szenarien werden in einer Box-Umgebung dargestellt, um sie vom restlichen Text abzuheben. Hierbei handelt es sich immer um Beispiele, die einen speziellen Anwendungsaspekt verdeutlichen sollen.

Geschützte Namen und eingetragene Warenzeichen wurden nicht als solche kenntlich gemacht. Aus dem Fehlen der Markierung TM, © u.a. kann nicht geschlossen werden, dass die Bezeichnung ein freier Warenname ist. Ebenso wenig wurde auf Patente und Gebrauchsmusterschutz hingewiesen.

Der Autor vertritt die Ansicht, dass die Gleichberechtigung von Mann und Frau im Alltag durch das Handeln eines jeden bestimmt wird. So notwendig gleichberechtigte weibliche Wortformen auf manchen Gebieten sein mögen, in dieser Arbeit wird aus Gründen der einfacheren Lesbarkeit nur die männliche Form genutzt.

1. Einführung

Fast jede technische Entwicklung lässt sich missbrauchen, wobei schon die Definition des Wortes Missbrauch sehr stark vom Standpunkt eines Einzelnen abhängt. Es liegt in der Verantwortung der Gesellschaft und jedes Einzelnen, die Nutzung von technischen Möglichkeiten kritisch zu bewerten und ethische Normen und Grenzen zu definieren.

Elektronische Gedächtnishilfen können sehr viel Einfluss auf die kognitiven Leistungen eines Menschen nehmen und berühren ethische Problemgebiete, wie die Selbstbestimmung eines Patienten oder den Schutz seiner Persönlichkeitsrechte. In der nahen Zukunft werden elektronische Gedächtnishilfen das Potential haben, die kognitive Leistungsfähigkeit eines gesunden Menschen deutlich zu verbessern. Neuer Diskussionsbedarf wird also entstehen.

Die Entwicklung von MEMOS wurde immer wieder von Diskussionen über die moralische Rechtmäßigkeit und das Missbrauchspotential elektronischer Gedächtnishilfen begleitet. Der Autor vertritt die Auffassung, dass bei der Anwendung von Forschungsergebnissen ethische Aspekte nicht außer Acht gelassen werden dürfen, aber bei der Entwicklung von Zukunftstechnologien moralische Bedenken und Unsicherheiten den technischen Fortschritt nicht hemmen dürfen, denn nur ein Aufzeigen aller Vor- und Nachteile einer Entwicklung erlaubt langfristig einen allgemein akzeptierten Konsens und somit gesellschaftlichen Fortschritt.

Daher werden ethische Aspekte in dieser Arbeit bis auf Kapitel 4.1 außen vor gelassen. Weiterhin sei darauf hingewiesen, dass jeder Patient, der im Rahmen einer Studie MEMOS benutzt, umfassend informiert wird und schriftlich sein Einverständnis geben muss.

Teil I.

**Vorbetrachtungen und
neuropsychologischer Hintergrund**

2. Störungen des prospektiven Erinnerens

In diesem Kapitel werden die neuropsychologischen Grundlagen erklärt, die für das Verständnis dieser Arbeit¹ notwendig sind. Der Fokus liegt dabei auf den Störungen des prospektiven Erinnerens und den Therapieansätzen für Gedächtnisstörungen.

2.1. Das menschliche Gedächtnis

Eine elementare Funktion des menschlichen Gehirns ist das Gedächtnis, welches die Grundlage für die meisten kognitiven Leistungen ist. Störungen des Gedächtnisses, zum Beispiel nach einer Hirnschädigung, ziehen zum Teil weit reichende Konsequenzen nach sich [LBG82]. So können sie die berufliche oder gar soziale Integration eines betroffenen Patienten gefährden, da sie das gesamte Verhalten und Erleben eines Betroffenen und seiner Bezugspersonen mit zum Teil schwerwiegenden Konsequenzen für deren Lebensqualität beeinflussen. Häufige Folgen von Gedächtnisstörungen sind affektive Probleme, wie Verunsicherung, Scham, Schuldgefühle, Überforderung und in Extremfällen Depressionen. Begleitet werden solche Gedächtnisdefizite oft von weiteren kognitiven Störungen, wie Aufmerksamkeitsstörungen, und von Planungs- und Problemlösestörungen, welche eine Therapie erschweren.

Generelle Aufgabe des Gedächtnisses ist die Enkodierung, Speicherung und der Abruf von Informationen [Rak02]. Um die Funktionsweise des Gedächtnisses zu verstehen und dessen Störungen behandeln zu können, wurde in der Vergangenheit eine Vielzahl von psychologischen Modellen entwickelt, die in den grundlegenden Annahmen weitestgehend übereinstimmen. Dabei wird das Gedächtnis als ein komplexes System verstanden, welches aus verschiedenen Teilkomponenten besteht. Die einzelnen Teilkomponenten sind für unterschiedliche Aspekte des Gedächtnisses verantwortlich und auch in verschiedenen Bereichen des Gehirns lokalisiert. So unterteilt man z. B. das Langzeitgedächtnis in das deklarative und das nondeklarative Gedächtnis. Im deklarativen Gedächtnis werden Informationen in ihrem raum-zeitlichen Kontext (episodisches Gedächtnis) wie auch das Faktenwissen eines Menschen (semantisches Gedächtnis) gespeichert. Im prozeduralen Langzeitgedächtnis, als Subfunktion des nondeklarativen Gedächtnisses hingegen, sind motorische Fertigkeiten und das Wissen um Handlungsabläufe abgelegt.

Die verschiedenen Gedächtnistypen sind in unterschiedlichen neuroanatomischen Netzwerken im Gehirn realisiert und somit voneinander räumlich getrennt. Diese Trennung hat zur Folge, dass Patienten mit Störungen im deklarativen Gedächtnis sehr oft noch über ein funktionierendes prozedurales Gedächtnis verfügen. Dies ist ein möglicher Therapieansatz, da sich Ausfälle des deklarativen Gedächtnisses durch Funktionen des nondeklarativen Gedächtnisses teilweise kompensieren lassen, wenn diese Kompensation durch Training oder eine externe Gedächtnishilfe unterstützt wird.

¹Da diese Arbeit ihren Schwerpunkt auf dem Gebiet der Informatik hat, wird auf die neuropsychologischen Grundlagen nur sehr knapp eingegangen.

2.2. Das prospektive Erinnern

Die Unterscheidung der Gedächtniskomponenten und -prozesse bezüglich der Zeit, in der die Gedächtnisinhalte relevant sind, ist für diese Arbeit besonders wichtig. Handelt es sich um die Erinnerung an Ereignisse und Fakten, die in der Vergangenheit liegen, so spricht man vom *retrospektiven Gedächtnis*. Analog dazu werden die Teile des Gedächtnisses, die Informationen über die Zukunft, wie geplante Handlungsabsichten (Intentionen), Termine oder zukünftige Ereignisse speichern, als *prospektives Gedächtnis* bezeichnet. Das erfolgreiche Erinnern an Intentionen erfordert jedoch mehr als die Aktivität des Gedächtnisses. Vielmehr sind eine Reihe weiterer kognitiver Funktionen, wie Aufmerksamkeit, Arbeitsgedächtnis und Exekutivfunktionen, daran beteiligt. Aus diesem Grund ist der Begriff *prospektives Erinnern* gebräuchlicher und wird auch in dieser Arbeit benutzt.

Obwohl der Fokus der neuropsychologischen Forschung in der Vergangenheit vor allem auf dem retrospektiven Gedächtnis und dessen Störungen lag, sind Defizite beim prospektiven Erinnern für einen Patienten weit mehr behindernd, da sie dessen Selbstständigkeit sehr stark einschränken [vdBDJ⁺00].

Abbildung 2.1 zeigt das Modell des prospektiven Gedächtnisses nach Kvavilashvili und Ellis [KE96].

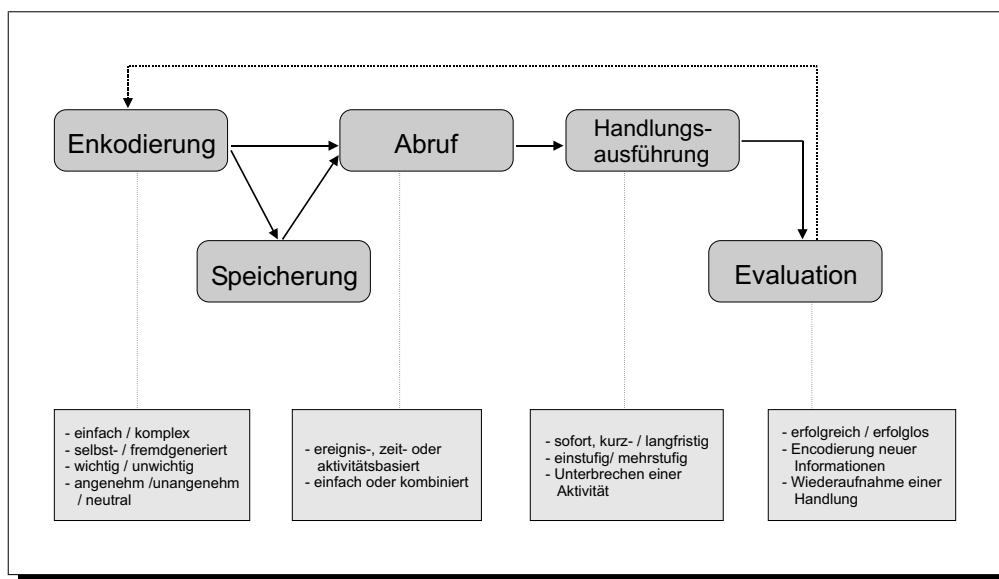


Abbildung 2.1.: Modell des prospektiven Gedächtnisses nach KVAVILASHVILI und ELLIS [KE96].

Enkodierung ist in diesem Modell der Prozess, der aus der Menge der angebotenen Informationen die wichtigen Informationen extrahiert und diese in geeigneter Form im Gedächtnis abspeichert. Dabei sind weitere Attribute für die betreffende Person von Relevanz, wie z. B. ob es eine einfache oder komplexe Aufgabe ist, ob sie durch die Person selbst oder durch eine andere Person generiert wurde, ob es sich um eine wichtige oder unwichtige oder um eine erfreuliche oder unerfreuliche Aufgabe handelt.

Die **Speicherung** erfolgt im Gedächtnis und muss über den beabsichtigten Zeitraum zuverlässig

sein, damit die Informationen korrekt abgerufen werden können.

Der **Abruf** kann zeit-, ereignis- oder aktivitätsbasiert sein. Ein Beispiel für einen ereignisbasierten Abruf ist das Vorhaben: "Wenn ich die Person X das nächste Mal sehe, dann will ich ihr das Buch wiedergeben.". Ein aktivitätsbasierter Abruf wäre: „Wenn ich das nächste Mal aufräume, dann will ich ein bestimmtes Buch suchen.“.

Der vorletzte Schritt ist die **Handlungsausführung**, wobei die Information in eine geeignete Handlung umgesetzt werden muss. Dazu wird die bisher laufende Handlung unterbrochen, die neue Handlung ausgeführt und überwacht.

Es ist wichtig, dass das Ergebnis der Handlung ausgewertet wird (**Evaluation**), um in Abhängigkeit des Ergebnisses neue Informationen zu enkodieren (z. B. bei Misserfolg ein erneutes Ausführen zu einem späteren Zeitpunkt oder bei erfolgreich durchgeführtem Telefonat eine Erinnerung an einen vereinbarten Termin).

2.3. Störungen des prospektiven Erinnerns

Gedächtnisdefizite sind eine der häufigsten Folgen von Hirnschädigungen, z. B. nach Schlaganfällen oder Schädel-Hirn-Traumata (SHT). In Deutschland erleiden jährlich ca. 300000 Menschen eine traumatische Hirnschädigung und 350000 Personen einen Schlaganfall, wobei noch zwei Jahre nach einem SHT 50% der Patienten über Störungen im Gedächtnis klagen. Weiterhin gehören Einbußen im Gedächtnis zu den häufigsten kognitiven Funktionsstörungen, die eine große Anzahl von internistischen, neurologischen und psychiatrischen Erkrankungen begleiten [Rak02].

Neben der eigentlichen Funktionseinbuße werden Hirnschädigungen sehr oft von Wahrnehmungsproblemen, wie z. B. dem Kontrastsehen, oder Sensibilität- und Feinmotorikstörungen begleitet. SHT-Patienten leiden häufig unter Dysarthrien (Störungen der für die Sprache verantwortlichen Muskulatur), was die Verständlichkeit der Sprache reduziert.

Zum großen Teil ist bei Gedächtnisstörungen das prospektive Erinnern mit betroffen. Ordnet man die möglichen Funktionseinbußen den Komponenten des prospektiven Erinnerns zu (siehe Abb. 2.1), so sind theoretisch folgende Störungen möglich.

Enkodierung Der Patient kann Informationen nicht als für zukünftige Ereignisse relevant erkennen oder enkodiert sie falsch.

Speicherung Die gespeicherte Information wird teilweise oder ganz vergessen.

Abruf Informationen werden nicht, in einer falschen Situation oder zu einem falschen Zeitpunkt abgerufen. Der Patient weiß noch, dass er eine Handlung ausführen wollte, kann sich aber nicht mehr an deren Inhalt erinnern.

Ausführung Probleme beim Abbruch oder bei der Wiederaufnahme der aktuellen Handlung . Probleme beim Umsetzen der Handlungsinformation in eine konkrete Handlung².

Evaluation Erfolgreiche Handlungen werden nicht gelöscht³ bzw. nicht erfolgreiche Handlungen werden nicht erneut gespeichert⁴.

²Der Patient weiß, dass er seine Zeitung aus dem Briefkasten holen soll, doch weil ein Fahrrad davor steht, kann er die Handlung nicht umsetzen.

³Obwohl der Patient bereits Brot geholt hat, geht er zum nächsten Bäcker, um erneut Brot zu kaufen.

⁴Wenn der Patient eine Person anrufen will, diese aber nicht erreicht, so muss er sie zu einem späteren Zeitpunkt wieder anrufen.

Die Hauptkonsequenz dieser Störungen ist, dass Betroffene ihre Termine nicht wahrnehmen und Handlungsabsichten nicht umsetzen können. Auch ist ihre Fähigkeit zur Planung von zukünftigen Ereignissen und Vorhaben eingeschränkt, weil sie nicht frei über alle, für den Zielzeitraum relevanten Informationen verfügen. Weitere Folgen sind das Ausführen von Aktionen, die in dieser Situation irrelevant sind, oder das Ausführen von Handlungsschritten in der falschen Reihenfolge.

Nehmen Menschen ihre Gedächtnisstörung oder deren Konsequenzen wahr, so können aus der erlebten Behinderung weitere Folgen resultieren, von einer starken Verunsicherung der Person bis hin zu Depressionen. Motivations-, Antriebs- und Aufmerksamkeitsstörungen, als organische Begleiterscheinung von Hirnverletzungen, werden weiter verstärkt und verschlechtern zusätzlich die kognitive Performanz von gedächtnisgestörten Patienten, erschweren ihre Therapie und wirken sich negativ auf soziale Kontakte aus. Besteht hingegen keine Bewusstheit für die eigenen Defizite, so ist es sehr schwer, die Patienten zu einer Therapie, insbesondere zum Einsatz von Kompensationsstrategien zu motivieren [HT94] [Wal06].

Die soziale Konsequenz ist, dass diese Patienten einen Großteil ihrer gesellschaftlichen Autonomie verlieren und auf andere Personen, meist Familienangehörige, angewiesen sind. Somit schränken Hirnverletzungen nicht nur die Lebensqualität der Betroffenen, sondern auch die ihrer Angehörigen ein.

2.4. Therapieansätze für Gedächtnisstörungen

Die Therapie von Gedächtnisstörungen wird in *restorative* und in *kompensatorische* Therapieansätze unterteilt. Restorative Ansätze versuchen, die Gedächtnisleistung durch kognitive Übungen wieder herzustellen bzw. zu verbessern. Auch wenn restorative Gedächtnistherapiemethoden im Einzelfall erfolgreich sein können, so hängen die Erfolgsaussichten sehr stark von der Art und der Schwere der Hirnschädigung ab.

Im Gegensatz dazu versuchen Kompensationsstrategien, die ausgefallene Funktionalität durch den verstärkten Einsatz erhaltener Funktionen zu kompensieren. Eine solche Kompensation kann zum einen erfolgen, indem die verlorene Gedächtnisleistung durch *externe Gedächtnishilfen*, wie Notizbücher oder die Hilfe anderer Menschen, ersetzt wird. Zum anderen kann auch durch *interne Gedächtnisstrategien* versucht werden, Defizite mit veränderten Lernstrategien auszugleichen. Eine interne Gedächtnisstrategie ist zum Beispiel die „Methode des bildhaften Vorstellens“ (Imaginationstechnik). Dabei werden beim Lernen verbale Informationen mit bildhaften Vorstellungen assoziiert, um so die Abrufchancen zu erhöhen. Interne Gedächtnisstrategien sind jedoch vor allem für retrospektive Gedächtnisanforderungen geeignet, während zur Kompensation prospektiver Gedächtnisstörungen eher externe Hilfen eingesetzt werden müssen [TOM04].

2.4.1. Externe Gedächtnishilfen

Da Menschen mit einer Schädigung des prospektiven Gedächtnisses mit restaurativen Therapiemethoden und mit internen Gedächtnisstrategien nur sehr eingeschränkt geholfen werden kann, werden für die Behandlung dieser Patienten hauptsächlich externe Gedächtnishilfen eingesetzt. Das Spektrum reicht dabei von einfachen handschriftlich verfassten Informationen⁵, über einfa-

⁵z. B. Einkaufs- und Notizzettel, Gedächtnistagebücher oder selbstklebende Zettel an exponierten Stellen der Wohnung des Patienten

che elektronische Erinnerungshilfen⁶ bis hin zu komplexen elektronischen Gedächtnishilfen, bei denen der Patient ein mobiles Gerät bei sich trägt, welches ihm zum geeigneten Zeitpunkt auf anstehende Handlungen aufmerksam macht und ihm unter Umständen auch konkrete Handlungsanweisungen geben kann.

Potentielle Ansatzpunkte für eine externe Gedächtnishilfe sind die einzelnen Stufen des prospektiven Gedächtnismodells. Die verschiedenen Stufen können mit unterschiedlichen Mitteln kompensiert werden. Hat ein Patient Probleme beim Enkodieren, so kann ein Angehöriger ihm die Informationen auf eine Aufgabenliste schreiben, die der Patient abarbeitet. Hat der Patient allerdings auch Probleme, die Erinnerungsimpulse in eine geeignete Handlung umzusetzen, so muss ihm die Aufgabe strukturiert beschrieben werden. Generell ist es relativ einfach, Informationen zu speichern oder zeitbasiert für den Patienten abzurufen, während ein situations- oder ereignisbasierter Abruf sehr schwer umzusetzen ist.

Prinzipiell wird zwischen *aktiven* und *passiven* Gedächtnishilfen unterschieden sowie zwischen Hilfen, die lediglich an eine Handlung erinnern (erinnernde Gedächtnishilfen), und solchen die auch konkrete Handlungsanweisungen geben (instruierende Gedächtnishilfen) [HBY⁺99].

Bei Patienten mit schweren Amnesien und starken prospektiven Gedächtnisstörungen haben sich aktive Hilfen, die auch konkrete Handlungsanweisungen geben, als besonders geeignet erwiesen [Kap95].

Ein Nachteil, den alle bisher entwickelten externen Gedächtnishilfen gleichermaßen besitzen, ist, dass sie nur an eine anstehende Handlung erinnern bzw. dafür Instruktionen geben. Für einige Patientengruppen, wie z. B. Patienten mit Aufmerksamkeits- und Motivationsstörungen, wäre es jedoch wünschenswert, dass die externe Gedächtnishilfe auch die Durchführung einer Aufgabe überwacht, gegebenenfalls Zwischenimpulse gibt und somit die Chance erhöht, dass eine angefangene Aufgabe auch erfolgreich zu Ende geführt wird.

2.4.2. Diskussion externer Gedächtnishilfen

Da in Kapitel 3 ausführlich auf elektronische Gedächtnishilfen eingegangen wird, soll hier nur in soweit darauf Bezug genommen werden, wie es notwendig ist, um passive und aktive Hilfen zu vergleichen und ihre Vor- und Nachteile zu verdeutlichen.

Passive Gedächtnishilfen

Passive Gedächtnishilfen, sind Hilfsmittel, die von sich aus nicht auf einen bevorstehenden Termin aufmerksam machen können. Dazu zählen alle Formen handschriftlich fixierter Informationen. Verglichen mit anderen Ansätzen haben selbst niedergeschriebene, bzw. von Therapeuten und Angehörigen abgelegte Informationen den Vorteil einer sehr hohen Akzeptanz zu Beginn der Therapie, da die Patienten bereits seit ihrer Schulzeit mit handschriftlichen Informationen gearbeitet haben und sich damit auseinander setzen mussten. Allerdings neigen auch viele Patienten trotz der Einsicht, dass Informationen vergessen werden, dazu, diese nicht aufzuschreiben, was den Akzeptanzvorteil wieder relativiert.

Hauptnachteil der passiven Hilfen ist, dass sie, berücksichtigt man das Modell des prospektiven Gedächtnisses, einen gestörten Abrufprozess nicht kompensieren können. So vergessen Patienten

⁶ z. B. digitale Armbanduhren, Organizerfunktionen von Mobiltelefonen und Handheld Computern oder Notebooks

2. Störungen des prospektiven Erinnerns

mit Störungen im prospektiven Gedächtnis krankheitsbedingt sehr oft, ihr Hilfsmittel zu benutzen, d. h. nachzusehen, ob eine relevante Information vorhanden ist, und gegebenenfalls die notwendigen Aktionen auszuführen.

Dieser Nachteil kann durch mehrere Methoden kompensiert werden. Eine Möglichkeit besteht darin, durch sehr häufiges Üben das Nachsehen im Gedächtnisbuch zu bestimmten Zeiten (z. B. nach den Mahlzeiten) zu ritualisieren. Erfolg versprechend ist diese Methode vor allem bei Patienten mit geringen Schädigungen und einer hohen Selbstständigkeit [TOM04], sowie bei Patienten, die bereits vor ihrer Schädigung Terminkalender zur Gedächtnisunterstützung benutzt haben.

Eine weitere Möglichkeit ist das Ablegen von Informationen an exponierten Stellen. Ein Beispiel ist das Anbringen von Notizzetteln an der Kühlschranktür oder am Computermonitor. Natürlich kann die Information den Patienten nur dann erreichen, wenn er mit ihnen in Berührung kommt.

Neben den bereits erwähnten Nachteilen teilen passive Gedächtnishilfen den Nachteil aller Gedächtnishilfen, dass sie nicht adaptiv sind und die Ausführung einer Aktion nicht überwachen können. Sollte der Patient während einer Handlung abgelenkt werden, kann es passieren, dass er vergisst, diese Handlung weiterzuführen. So ist es z. B. denkbar, dass ein Patient Wasser in die Badewanne einlässt aber vergisst, es wieder abzustellen.

Aktive Gedächtnishilfen

Als aktive Gedächtnishilfen werden Geräte bezeichnet, die sich bei Anliegen einer Aufgabe dem Patienten bemerkbar machen können. Die einfachste Form aktiver Gedächtnishilfen ist die Alarmfunktion einer Uhr, um einen externen Impuls zu erzeugen. Allerdings ist das Einstellen der Alarme für viele Patienten ein Problem, und oft vergessen Betroffene, welche Handlung mit dem Alarmsignal verbunden ist.

In der Vergangenheit wurden einige Studien mit verschiedenen elektronischen Geräten wie speziellen Diktiergeräten (Voice Organizer), Palmtop Computer, Mobiltelefonen, Notebooks und Paging Systemen durchgeführt. Auf die wichtigsten wird im Kapitel 3 eingegangen.

Ein Großteil dieser Ansätze hat den Nachteil, dass die elektronischen Geräte nicht als Gedächtnishilfen konzipiert wurden und ihre Benutzung für Patienten mit Hirnschäden schwer zu erlernen ist. Wird die Hirnschädigung von motorischen Störungen begleitet, lassen sich die meisten Geräte aufgrund kleiner oder sehr empfindlicher Tasten nicht oder nur noch sehr eingeschränkt von den Patienten bedienen. In Abhängigkeit des Gerätes können dem Patienten nur sehr kurze Meldungen angezeigt werden. Dazu kommt der Fakt, dass sehr viele Patienten vor der Schädigung nicht mit solchen Geräten gearbeitet haben, was insgesamt eine wesentlich geringere Akzeptanz elektronischer Geräte zur Folge hat als die Nutzung passiver Gedächtnishilfen. Außerdem sind auch die Angehörigen oft nicht mit der Benutzung solcher Geräte vertraut und können deren Gebrauch nicht unterstützen.

Instruierende Gedächtnishilfen

Über die Funktion des Erinnerns hinaus kann eine Gedächtnishilfe dem Patienten Handlungsanweisungen zur Verfügung stellen. Dies ist immer dann sinnvoll, wenn eine einfache Erinnerung vom Patienten nicht korrekt zugeordnet werden kann oder die damit verknüpfte Handlung zu komplex ist, um von dem Patienten auf einmal überschaut und ausgeführt zu werden. In solchen Fällen ist eine Anleitung sinnvoll, bei der eine komplexe Handlung in einfache Teilschritte zerlegt wird.

2.4.3. Die Kombination verschiedener Therapieansätze

Bei der therapeutischen Betreuung gedächtnisgestörter Patienten wird allerdings sehr selten nur eine einzige Therapiemethode genutzt. Vielmehr wird versucht, eine Strategie zu entwickeln, welche die Besonderheiten des persönlichen Umfelds des Patienten berücksichtigt. Dazu werden oft verschiedene Ansätze kombiniert, um die Nachteile der einzelnen Methoden auszugleichen. So kann z. B. ein Patient trainiert werden, bei Ertönen des Alarms einer Uhr immer in seinem Gedächtnisbuch nachzusehen, um dort weitere Handlungsanweisungen zu finden. Grundvoraussetzungen für eine erfolgreiche Behandlung sind aber

- Einsicht der eigenen kognitiven Defizite und
- Bereitschaft, Gedächtnishilfen zu benutzen.

Ein sehr eindrucksvolles Beispiel dafür wurde von WILSON [Rak02] beschrieben, die von einem jungen amnestischen Patienten mit einer Hirnblutung berichtet. Der Patient baute mit sehr viel Selbstdisziplin und der starken Unterstützung seiner Familie um sich herum ein Kompensationssystem auf, welches ihn in die Lage versetzte, weitestgehend selbstständig zu leben und sogar eine Ausbildung erfolgreich abzuschließen. Das Kompensationssystem umfasst mehrere Komponenten, wie verschiedene Listen, u.a. für Einkäufe, Telefonate, anstehende Aufgaben, ein Filofax System, „Post-It“-Notizzettel für unerwartete Änderungen, ein Diktiergerät und eine spezielle Uhr mit Alarmfunktion. Zusätzlich benutzte er spezielle Gedächtnistechniken, um sich kurzfristig Informationen zu merken, wie z. B. die Platznummer im Flugzeug beim Gang auf die Toilette.

Leider ist nur den wenigsten Patienten ein solcher Erfolg bei der Behandlung ihrer Defizite vergönnt und so ist in der Praxis die wichtigste Erinnerungshilfe sehr oft eine Bezugsperson, meist der Partner oder andere Familienangehörige, wodurch gedächtnisgestörte Patienten häufig in einer angespannten familiären Situation leben.

2.5. Schlussfolgerungen

Im Vergleich zu den alternativen Möglichkeiten ist eine externe Gedächtnishilfe die günstigste Möglichkeit, prospektive Gedächtnisdefizite zu kompensieren. Elektronische Gedächtnishilfen haben den Vorteil, dass sie den Patienten aktiv an eine bevorstehende Aufgabe erinnern können. Aufgrund erhaltener prozeduraler Lernfähigkeit sind Patienten in der Lage, den Umgang mit einfachen elektronischen Geräten zu erlernen und zu routinisieren.

Als besonders günstig ist eine Kombination aus aktiver und instruierender Gedächtnishilfe einzuschätzen, da es damit möglich ist, aktive Erinnerungsimpulse mit konkreten Handlungsanweisungen für komplexe Erinnerungsaufgaben zu verknüpfen.

3. Stand der Forschung und Entwicklung

Im Folgenden werden die wichtigsten existierenden elektronischen Gedächtnishilfen bzw. Studien, Untersuchungen und Veröffentlichungen auf dem für diese Arbeit relevanten Gebiet vorgestellt. Dabei wird sowohl auf neuropsychologische als auch rein informatische Projekte eingegangen. Schwerpunkt dieses Kapitels werden dabei existierende Gedächtnishilfesysteme sein, welche beschrieben und hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile diskutiert werden. Abgeschlossen wird das Kapitel mit der Vorstellung von Studien und Konzepten, welche zwar beim heutigen Stand der Technik noch nicht sinnvoll in ein praktisch nutzbares Gedächtnishilfesystem integriert werden können, aber eine interessante Perspektive für eine mögliche Weiterentwicklung darstellen.

3.1. Theoretische Betrachtungen – Kognitive Prothesen

Theoretische oder abstrakte Betrachtungen zu Anforderungen und Eigenschaften von Gedächtnishilfen stehen in der Literatur sehr oft im Zusammenhang mit dem Begriff der kognitiven Prothese. Eine *kognitive Prothese* ist ein abstrakter Begriff für eine Klasse von Geräten und Anwendungen, die zur Kompensation verschiedener kognitiver Defizite entwickelt wurden.

Ein erstes konzeptionelles Modell zur Kategorisierung von Behandlungsmethoden wurde von KIRSH und LEVINE [KLFKJ87] entwickelt, die sich vor allem auf Gedächtnisdefizite und computerbasierte Gedächtnis- und Planungshilfen konzentrierten [KLea88]. Die drei Hauptfaktoren des Modells sind: (1) die Kompensationsstrategie, (2) das persönliche Umfeld und (3) die funktionalen (Rest-)Fähigkeiten, welche sich gegenseitig beeinflussen. Die Kompensationsstrategie hängt sehr stark von dem persönlichen Umfeld und den funktionalen Restfähigkeiten des Patienten ab. Eine erfolgreiche Kompensation wiederum verändert (verbessert) das Umfeld und erweitert die funktionalen Fähigkeiten.

Das wichtigste Resultat von KIRSH und LEVINE war die Aussage, dass eine kognitive Prothese individuell an die Bedürfnisse und Fähigkeiten eines Patienten angepasst werden muss, um effektiv zu sein.

Der Begriff „kognitive Prothese“ wurde maßgeblich von COLE [Col99] geprägt und auch über die Klasse der Gedächtnishilfen hinaus erweitert. COLE beschreibt, dass Usability¹ nicht nur eine simple Eigenschaft eines Gerätes, sondern die Summe vieler verschiedener Kriterien ist [CDPA94] (siehe Abbildung 3.1). Die wichtigsten Aspekte für die kognitive Rehabilitation sind dabei: (1) die Zeit, um eine Arbeit (Aufgabe) abzuschließen, (2) die Zeit um die Bedienung der Prothese zu erlernen, (3) die Fehler- und Fehlbedienungswahrscheinlichkeit und (4) der Aufwand, um nach einem Fehlerzustand einen Normalzustand zu erreichen.

Eine Prothese hilft dem Patienten beim Durchführen bestimmter Aufgaben. Daher sind Aufgabendauer und Erfolgsaussichten für den Patienten sehr wichtig. Die Benutzung einer kognitiven

¹Im Original ist von „user-friendliness“ die Rede. Da aber im Bereich Mensch-Maschine-Interaktion der Begriff „Usability“ üblich ist, wird dieser hier benutzt (siehe auch Abschnitt 9.1).

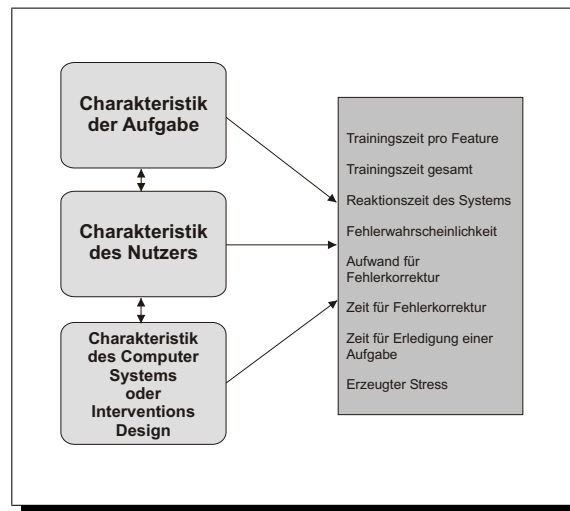


Abbildung 3.1.: Usability Erfolgsfaktoren: Eine gute Benutzbarkeit ist die Summe vieler verschiedener Faktoren nach COLE [CDPA94].

Prothese muss leicht erlernbar sein, da Hirnschädigungen sehr oft mit Lernstörungen und Aufmerksamkeitsproblemen einhergehen. Kann eine kognitive Prothese nach einer Fehlbedienung oder Fehlersituation nicht durch den Patienten mit einer einfachen Handlung in einen Normalzustand zurückgebracht werden, so werden Berührungs- und Fehlbedienungsängste den Nutzen der Prothese in Frage stellen.

Wie in Abbildung 3.1 zu sehen ist, hängt die Usability von der (1) Nutzercharakteristik, wie Vorbildung, Gewohnheiten, Art und Schwere der Schädigung, Restfunktionalität, (2) der Charakteristik der auszuführenden Aufgaben und (3) dem Design der Prothese oder der Art der Intervention ab.

COLE folgert daraus, dass die individuellen Unterschiede sowie die Unterschiede der durchzuführenden Aufgaben es sehr unwahrscheinlich machen, dass eine einzige Kompensationsstrategie bei verschiedenen Patienten den gleichen Erfolg hat. Somit muss eine kognitive Prothese individuell an einen Patienten angepasst werden. Die wichtigsten Faktoren sind dabei: (1) die Prioritäten des Patienten bezüglich seiner Aktivitäten, (2) die Fähigkeiten des Patienten im Kontext der Umgebung, in der die Zielaktivität ausgeführt wird, (3) patientenspezifische funktionale Defizite, die kompensiert werden müssen, (4) eine individuelle nutzerfreundliche Gestaltung der Prothese.

Diskussion

Sowohl KIRSH/LEVINE als auch COLE betonen, dass eine kognitive Prothese individuell auf einen Patienten zugeschnitten sein muss, was angesichts der vielen verschiedenen Ausprägungen von kognitiven Defiziten durchaus nachvollziehbar ist.

Reduziert man aber das in Abbildung 3.1 dargestellte Modell von COLE auf eine elektronische Gedächtnishilfe sowie eine Gruppe von gedächtnisgestörten Patienten, so ist sowohl die Aufgabencharakteristik fixiert (Erinnern an Handlungsabsichten) als auch die Art der Intervention bzw. die Systemcharakteristik (eine spezielle elektronische Gedächtnishilfe).

Einzige variable Größe bleibt dann die Nutzercharakteristik. Gelingt es, signifikante Nutzergruppen zu bilden, ist es möglich, eine elektronische Gedächtnishilfe so flexibel zu gestalten, dass die

verschiedenen Gruppen sie einsetzen können. Eine flexibel anpassbare elektronische Gedächtnishilfe sollte demnach effektiv für eine breite Anwendergruppe eingesetzt werden können.

3.2. NEUROPAGE

Das bekannteste und am besten dokumentierte elektronische Gedächtnishilfesystem ist NEUROPAGE. Am Beginn von NEUROPAGE steht ein Einzelfall. Einem jungen Patienten mit starken Gedächtnisstörungen nach einem Schädel-Hirn-Trauma konnte mit den existierenden Therapiemethoden nicht geholfen werden. Anfang der 1990'er Jahre entwickelte sein Vater, ein Ingenieur, zusammen mit dem Therapeuten des Jungen ein System, womit dem Jungen alphanumerische Nachrichten zugeschickt werden konnten [HT94]. Diese Nachrichten konnten von einem tragbaren Empfänger (Pager) empfangen und angezeigt werden.

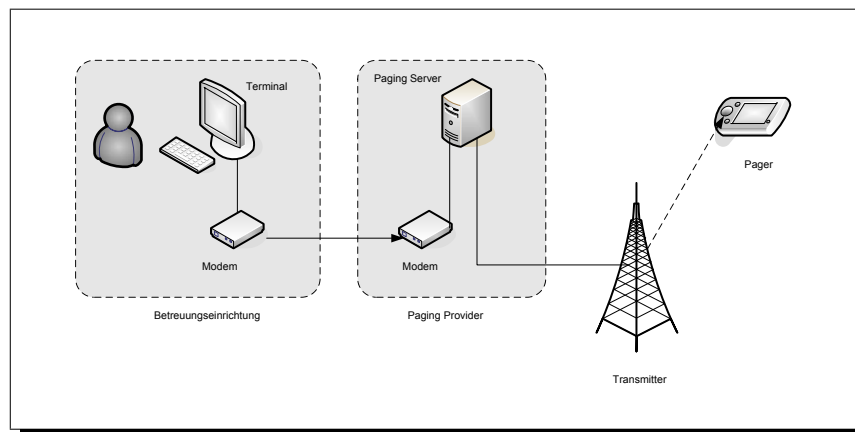


Abbildung 3.2.: Architektur von NEUROPAGE

Zwar war diese Methode für den Therapeuten und alle in den Therapieprozess involvierten Personen sehr zeitaufwändig, aber der Patient zeigte signifikante Verbesserungen. Er konnte den Großteil seiner Termine einhalten und wesentlich unabhängiger von der Intervention anderer Personen seine Aufgaben erfüllen und sein Leben gestalten.

3.2.1. Architektur

Ausgehend von diesem Erfolg wurde NEUROPAGE erweitert, um mehrere Patienten betreuen zu können. Kernkomponente ist ein zentraler Computer, der die Informationen für die einzelnen Patienten verwaltet und zur vorgesehenen Zeit an die Pager der Patienten verschickt. Die Pager signalisieren dem Patienten über einen akustischen Alarm oder ein Vibrieren die Ankunft der neuen Nachricht. Für die Kommunikation wurde ein kommerzieller Paging Service genutzt.

Die Länge der Textnachrichten ist in Abhängigkeit des benutzten Paging Systems auf wenige Zeichen (16 bis maximal 160 Buchstaben) begrenzt. Aufgrund der analogen Übertragungstechnik ist es möglich, dass Nachrichten verstümmelt oder fehlerhaft übertragen wurden. Weiterhin existiert keine Möglichkeit, die korrekte Übertragung zu überprüfen. Befand sich ein Pager zum Sendezeitpunkt außerhalb des Empfangsbereiches, so ist die Nachricht verloren.

3.2.2. Evaluation von NEUROPAGE

Die erste Evaluation von NEUROPAGE mit einer Patientengruppe wurde von HERSH und TREADGOLD veröffentlicht [HT94]. Sie untersuchten 4 bzw. 8 Patienten mit Gedächtnisstörungen. Für die Untersuchung mit den 8 Patienten wurde eine A-B-A Versuchsordnung verwendet, bei der zuerst die Gedächtnisleistung der Personen ohne NEUROPAGE ermittelt wurde, dann unter Verwendung der Gedächtnishilfe und anschließend wieder ohne. Jede Phase dauerte eine Woche. Abbildung 3.3 zeigt die Ergebnisse für 8 Patienten bei der Aufgabe, eine bestimmte Telefonnummer anzurufen, im Vergleich zu einer Kontrollgruppe ohne Gedächtnisstörungen.

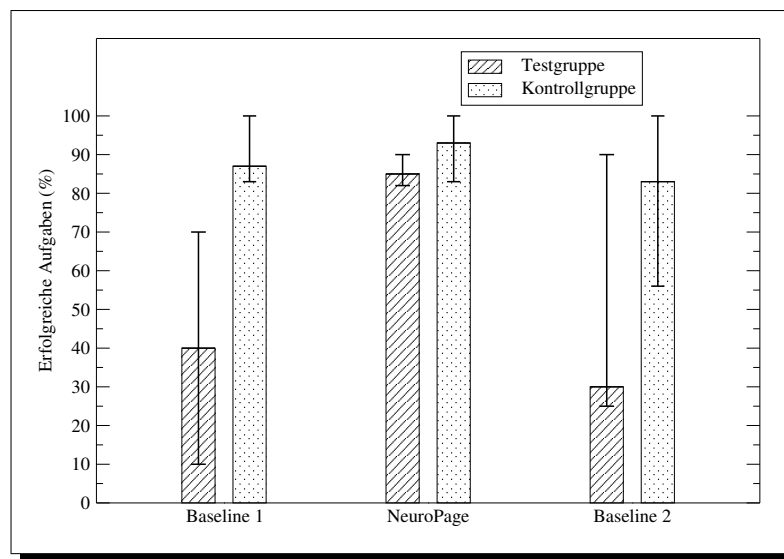


Abbildung 3.3.: Evaluation von NEUROPAGE: Ergebnisse der Callback-Studie nach HERSH und TREADGOLD [HT94].

Generell lässt sich festhalten, dass alle Patienten von der Gedächtnishilfe profitierten. Interessant ist ein Teilaspekt der Studie. Ein Patient (BS) vergaß sehr oft, seinen Wohnungsschlüssel mitzunehmen, wenn er das Haus verließ. Dieser Patient wurde durch eine Nachricht jeden Morgen erinnert, den Schlüssel einzupacken. Mit einer einmaligen Erinnerung schaffte es BS in 70% der Fälle, seinen Schlüssel einzustecken. In 30% der Fälle scheiterte die Aufgabe. Es wird angenommen, dass er die Erinnerungsnachricht ignorierte oder nach dem Lesen der Nachricht im morgendlichen Stress vergaß, die zugehörige Aktion auszuführen. Darum wurde die erste Erinnerungsnachricht mit der Aufforderung verbunden, einen Therapeuten anzurufen und das Einpacken des Schlüssels zu bestätigen. Wurde die erste Nachricht innerhalb von 15 Minuten nicht bestätigt, so wurde nach 15 Minuten eine weitere Aufforderung gesendet. Die zweite Erinnerung wurde aller 15 Minuten wiederholt, bis BS die Erfüllung bestätigte. Mit dieser Form der Rückbestätigung konnte erreicht werden, dass BS immer seinen Schlüssel bei sich trug (siehe Abbildung 3.4).

Sicherlich ist diese Form der Betreuung im Alltag nicht anwendbar, da sie sehr aufwendig ist. Dennoch ist dieser Aspekt ein Indiz dafür, dass eine Bestätigung sowie gegebenenfalls die erneute Aufforderung für die Erfüllung von Aufgaben sinnvoll und bei vielen Patienten notwendig ist.

Ein weitere Studie [WEEM97] wurde von BARBARA WILSON mit 15 Versuchspersonen² durch-

²Die 15 Versuchspersonen wurden aus einer Gruppe von 20 Patienten ausgewählt.

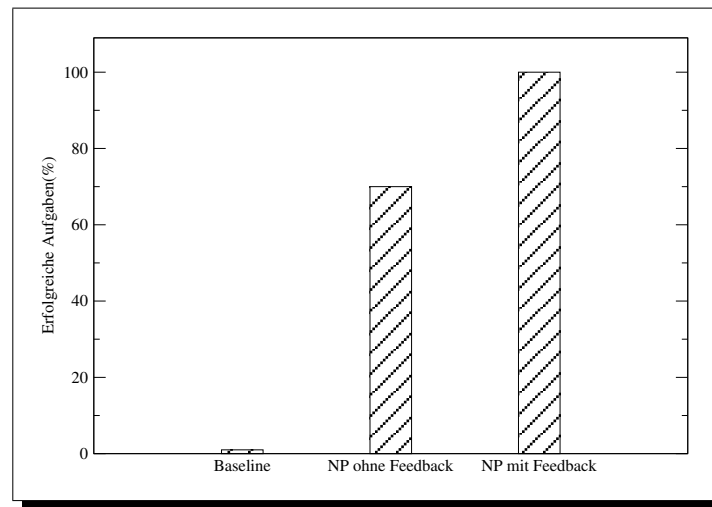


Abbildung 3.4.: Evaluation von NEUROPAGE: Erfolgreiches Einpacken des Schlüssels vor Verlassen des Hauses während Baseline, mit NEUROPAGE bei einmaliger Aufforderung und mehrmaliger Aufforderung, wenn Bestätigung ausbleibt. Quelle: HERSH und TREADGOLD [HT94].

geführt. Alle Personen hatten organisch bedingte Gedächtnisprobleme (die meisten ein Schädel-Hirn-Trauma).

Die Auswahl der Gedächtnisaufgaben, die den Patienten gestellt werden sollten, um die Evaluation durchzuführen, wurde individuell für jeden Patienten mittels der Ergebnisse einer Voruntersuchung getroffen. Darin wurden die wichtigsten Gedächtnisprobleme ermittelt.

Bevor die Patienten die Gedächtnishilfe einsetzten, wurde in einer Baselineuntersuchung die Gedächtnisleistung ohne externe Hilfe untersucht. Diese Phase dauerte 2 bis 6 Wochen. Dabei wurde aufgezeichnet, wieviel Prozent der Gedächtnisaufgaben vergessen wurden.

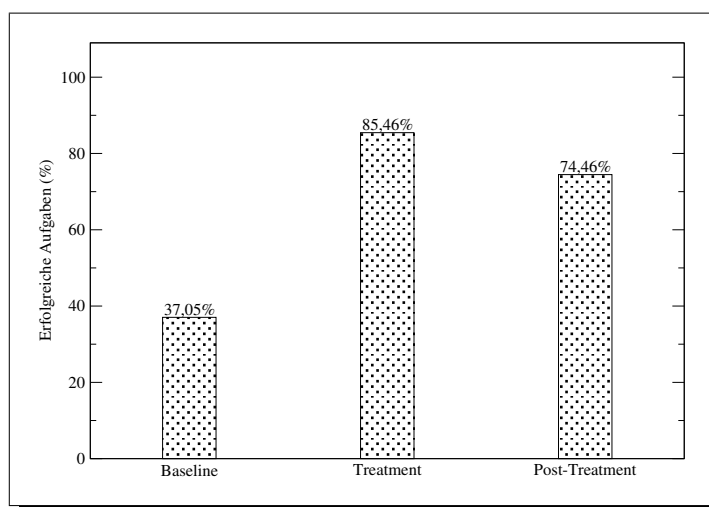


Abbildung 3.5.: Evaluation von NEUROPAGE: Durchschnittliche Anzahl erfolgreich erfüllter Aufgaben während der Baseline, der Evaluation von NEUROPAGE (Treatment) und nach der Evaluation (Post-Treatment), Untersuchung mit 15 Patienten. Nach WILSON et al. [WEEM97].

Waren die Werte bei den einzelnen Patienten stabil, so nutzten diese 12 Wochen lang das NEUROPAGE -System. Auch hier wurde die Gedächtnisleistung protokolliert. Anschließend wurde in einer Post-Treatment Untersuchung 3 Wochen lang noch einmal die Gedächtnisleistung ohne externe Hilfe erfasst. Die durchschnittliche Verbesserung der Gedächtnisleistungen ist in Abbildung 3.5 dargestellt.

Alle Patienten profitierten von NEUROPAGE. Bei einigen von Ihnen reichten die 3 Monate aus, dass sich eine gewisse Routine herausbildete und diese Patienten auch ohne externe Gedächtnishilfe sich an die wichtigsten regelmäßig anstehenden Aufgaben erinnerten und so in der Lage waren, durch geeignete Gedächtnisstrategien selbstständig zu leben. Andere Patienten hingegen fielen in ihrer Gedächtnisleistung auf das Niveau der Baseline zurück. Diese Patienten bräuchten eine elektronische Gedächtnishilfe permanent bzw. über einen sehr großen Zeitraum.

Auch in der größten Evaluationsstudie [WEQE01] mit 143 Patienten konnte gezeigt werden, dass NEUROPAGE die Erfolgsrate täglicher Gedächtnisaufgaben deutlich verbessern kann (siehe Abbildung 3.6).

Verwandte Gedächtnishilfesysteme

Eine NEUROPAGE nachempfundene Gedächtnishilfe, welche in Deutschland erhältlich ist, ist MEMOPHON [mem] der Firma HASSOMED [has]. MEMOPHON gibt es in zwei Versionen, basierend auf Pagern (siehe Abbildung 3.7) und SMS-basiert für Mobiltelefone. Die prinzipielle Funktionsweise ist äquivalent zu NEUROPAGE.

Da es sehr einfach ist, eine Lösung zum zeitgesteuerten Versenden von SMS zu realisieren, ist es anzunehmen, dass zu Testzwecken oder zur Unterstützung einzelner Patienten noch mehr solcher Lösungen existieren, ohne je publiziert worden zu sein. Für Test- und Vergleichszwecke wurde auch im Rahmen des MOBTEL-Projekts ein solches System entwickelt. Der Arbeitszeitaufwand betrug dabei ca. 2 Mannwochen.

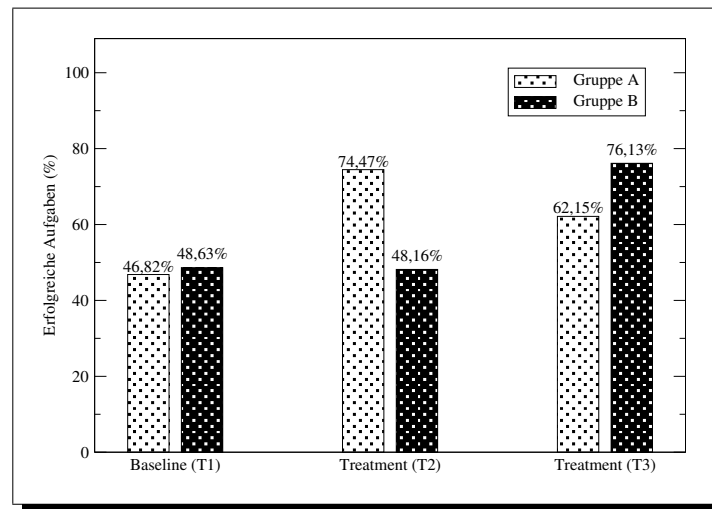


Abbildung 3.6.: NEUROPAGE-Evaluation mit sehr großer Patientenzahl (143 Patienten): Durchschnittlich erfolgreich erfüllte Aufgaben. Gruppe A benutzte Pager während der Phase T2. Gruppe B benutzte Pager während T3 nach WILSON et al. [WEQE01].

3.2.3. Diskussion

NEUROPAGE nutzt den Service eines Paging Providers. Mit der weiten Verbreitung der Mobiltelefonie (GSM) und dem darin integrierten Short Messaging Service (SMS) sind diese Dienste heute weitestgehend verdrängt und werden nur noch als Nischenlösung für Spezialanwendungen betrieben³.

Ein Vorteil von NEUROPAGE ist die einfache Bedienung und die Robustheit des Pagers, welcher aufgrund seiner wenigen Knöpfe und Optionen ein Erlernen der Bedienung sehr vereinfacht und eine Fehlbedienung sehr unwahrscheinlich macht. Die analoge Übertragungstechnik hat eine größere Reichweite und eine bessere Gebäudedurchdringung [eci] als GSM. Bei einem Test von

³Dies gilt insbesondere für Europa. In den USA wird noch heute eine sehr große Zahl von Pagers betrieben.



Abbildung 3.7.: Der für MEMOPHON genutzte Pager. Quelle: [mem]

3. Stand der Forschung und Entwicklung

Skyper Pagen in der Tagesklinik für kognitive Neurologie Leipzig kam ca. 1% aller Nachrichten fehlerhaft (verstümmelt, doppelt) oder gar nicht an.

SMS auf GSM-Basis garantieren aufgrund der digitalen Übertragung einen gesicherten Empfang. Allerdings ist das Benutzen von Mobiltelefonen auch deutlich komplizierter zu erlernen und eine Fehlbedienung viel leichter möglich. Ist ein Mobiltelefon ausgeschaltet oder nicht erreichbar, geht eine SMS nicht verloren, sondern wird vom Provider zum nächst möglichen Zeitpunkt nachgeliefert. Für bestimmte Erinnerungen ist dieser Umstand sehr problematisch. Zum Beispiel ist folgendes Szenario leicht möglich:

Ein Patient muss 7.00 Uhr, 12.00 Uhr und 17.00 Uhr ein wichtiges Medikament einnehmen. Kurz vor 12.00 Uhr wird aus Versehen sein Mobiltelefon ausgeschaltet, was erst 16.00 erkannt und behoben wird. Somit vergisst der Patient die Medikamenteneinnahme und holt dies erst 16.00 Uhr nach. Allerdings nimmt er aufgrund der 17.00 Uhr Erinnerung erneut das Medikament ein. Handelt es sich bei dem Medikament zum Beispiel um Insulin, so kann dieses Szenario für den Patienten lebensgefährlich sein.

Sowohl analoge Paging Dienste als auch SMS können nur eine unstrukturierte Nachricht übertragen⁴. Es gibt keinen sinnvoll benutzbaren Automatismus um festzustellen, ob eine Nachricht vom Empfänger in entsprechender Zeit korrekt empfangen wurde. Da keine Rückbestätigung möglich ist, kann das Ausführen der Erinnerung auch scheitern, weil entweder der Patient die Aufgabe nicht verstanden hat oder weil er während der Ausführung abgelenkt wurde und vergaß, die Aufgabe wieder aufzunehmen.

Der Tagesplan des Patienten wird zusammen mit dem Betreuer in einen Computer eingegeben. Kurzfristige Änderungen oder Wünsche dritter Personen sind nur über den Betreuer möglich und sehr aufwändig. Dazu muss sich der Patient sein Vorhaben notieren und zu geeigneter Zeit sich daran erinnern, um den Betreuer zu informieren, was ein sehr gutes Training und die disziplinierte Nutzung einer weiteren Gedächtnishilfe (Gedächtnisbuch, Notizblock) voraussetzt. Ein Zugriff für Familienangehörige oder andere Bezugspersonen ist zur Zeit nicht möglich, aber über eine Web-Schnittstelle theoretisch schnell implementiert.

Wurde ein Patient an eine Aufgabe erinnert, so gibt es keine Möglichkeit, das System anzuweisen, diese zu verschieben. Wird die Aufgabe nicht sofort erledigt, so besteht die Gefahr, dass sie vergessen wird. Besonders bei leicht geschädigten Patienten dürfte dies auf Ablehnung treffen, da sie eine zu große Fremdbestimmung befürchten.

Da NEUROPAGE in Großbritannien von den Krankenversicherungen bezahlt wird, ist es das wahrscheinlich meist genutzte und am besten untersuchte elektronische Gedächtnishilfesystem. Es ist vor allem für schwer gestörte Patienten geeignet. Allerdings sollten keine extrem wichtigen Erinnerungen über das System übermittelt bzw. diese von einer Betreuungsperson überwacht werden, was den Nutzen bei dieser Aufgabenkategorie deutlich einschränkt.

Seit 2005 sind keine konzeptionellen Weiterentwicklungen an NEUROPAGE zu erkennen. Allerdings wird NEUROPAGE kommerziell betrieben[Cen] und nach wie vor für neuropsychologische Studien benutzt[TEQ⁺09].

⁴Kommerziell erwerbbarer Empfänger können Nachrichten nur anzeigen aber nicht weiter verarbeiten.

3.3. VOICE ORGANIZER

VOICE ORGANIZER ist ein batteriebetriebenes elektronisches Gerät, das von der Firma VOICE POWERED TECHNOLOGY INTERNATIONAL, INC. hergestellt wird. Es besitzt ein kleines Display, welches Datum und Uhrzeit anzeigen kann. Vorteil dieses Gerätes ist es, dass der Patient per Spracheingabe Texte auf das Gerät aufsprechen und diese ebenfalls per Spracheingabe einem akustischen Alarm zuweisen kann. Dazu muss das Gerät allerdings auf die Stimme des Patienten trainiert werden, und der Patient muss die akustischen Befehlswörter erlernen. Betreuungspersonen können daher keine Aufgaben und Termine direkt aufsprechen.

3.3.1. Evaluation von VOICE ORGANIZER

Die verfügbaren Daten über die Evaluation von VOICE ORGANIZER beschränken sich auf eine Studie mit 5 Personen zwischen 25 und 56 Jahren [vdBDJ⁺00]. Diese mussten folgende Bedingungen erfüllen:

- signifikante Störungen im prospektiven Gedächtnis,
- mindestens 12 Monate nach der Hirnschädigung sind vergangen,
- keine visuellen, motorischen Einschränkungen,
- keine Lernschwäche,
- keine aktuellen psychiatrischen Erkrankungen,
- ein Angehöriger des Patienten ist bereit zu assistieren.

Die Evaluation wurde in drei Phasen (Baseline - Treatment - Post-Treatment) durchgeführt. Jede Phase dauerte 3 Wochen. Es gab zwei Kategorien von Aufgaben, welche die Patienten erfüllen mussten. Beim *Message Passing Task* mussten die Patienten eine Nachricht mit einer Verzögerung von mindestens 9 Stunden an einen Angehörigen zustellen, der die Ergebnisse notierte. Beim *Domestic Task* mussten die Patienten eine häusliche Aufgabe (z. B. Küche putzen) erfüllen.

Alle Patienten profitierten beim *Message Passing Task* von dem System. Beim *Domestic Task* profitierten, außer einem Patienten⁵, ebenfalls alle Studienteilnehmer.

3.3.2. Diskussion

Der größte Vorteil von VOICE ORGANIZER ist das Erfassen neuer Aufgaben, da dies vom Patienten einfach aufgesprochen werden kann. Problematisch dürfte dies allerdings bei häufig wiederkehrenden Aufgaben sein. Zum einen, weil der Nutzer in regelmäßigen Abständen Routineaufgaben, wie z. B. Medikamenteneinnahme, allein oder mit einer Betreuungsperson aufsprechen muss. Zum anderen ist es sicherlich nicht unproblematisch für einen Patienten zu reflektieren, dass er es notwendig hat, sehr persönliche Aufgaben, wie z. B. Körperhygiene, sich auf das Gerät aufzusprechen.

Mit dem VOICE ORGANIZER ist es nicht möglich, verschiedene Betreuungspersonen direkt in den Erinnerungsprozess zu integrieren. Auch ist architekturbedingt ein Erfassen kritischer Situationen und eine automatische Alarmierung von Betreuungspersonen nicht möglich.

⁵Dieser Patient musste in der Treatmentphase auf seine bisher erfolgreich genutzte Gedächtnishilfe verzichten.

Außer Geräte- und Batteriekosten fallen bei dem Betrieb keine weiteren Kosten an. VOICE ORGANIZER eignet sich vor allem für leicht geschädigte Patienten.

VOICE POWERED TECHNOLOGIES INTERNATIONAL wurde 2005 von einem Finanzinvestor geschluckt. Seit dem scheint VOICE ORGANIZER vom Markt verschwunden zu sein.

3.4. Kommerziell verfügbare PDA, Organizer und Mobiltelefone als Gedächtnishilfe

In kommerziell verfügbaren elektronischen Geräten, wie PDA, Organizern oder Mobiltelefonen, sind fast immer Kalender- und Erinnerungsfunktionen integriert. Somit bieten sie die Möglichkeit, Aufgaben und Termine zu verwalten und mittels eines akustischen Alarms darauf aufmerksam zu machen. Da diese Geräte für einen breiten Markt entwickelt wurden, sind sie meistens technisch ausgereift. Allerdings ist ihre Benutzerführung nicht für Menschen mit kognitiven Defiziten entworfen worden. Die Produktion der Geräte in großen Stückzahlen ermöglicht einen, im Vergleich mit Spezialentwicklungen, sehr günstigen Preis.

Obwohl die Geräte nicht für Menschen mit Gedächtnisstörungen entwickelt wurden, ist es nahe liegend, ihre Erinnerungsfunktion als Gedächtnishilfe zu nutzen [HP90], [HBY⁺99]. Hierzu wurden in den letzten Jahren zahlreiche Studien durchgeführt [MTHC03], [KBD⁺00], [WRH⁺01b]. Obwohl diese Untersuchungen nicht immer direkt vergleichbar sind und einige mit einer sehr geringen Anzahl von Versuchspersonen durchgeführt wurden [WT01] oder Einzelfallstudien sind [KBDG99], bestätigen alle, dass die meisten Versuchspersonen von der elektronischen Gedächtnishilfe profitierten. Ein generell erkennbarer Trend ist, dass leicht geschädigte Patienten mit den Geräten besser zurecht kamen als schwerer geschädigte Personen, welche öfter Probleme mit dem Erlernen der Bedienung und der Nutzung des Gerätes hatten.

3.4.1. Evaluation von PDA und Mobiltelefonen

Stellvertretend für die oben erwähnten Studien soll die Untersuchung von WALTHER und THÖNE-OTTO [TOW03] vorgestellt werden⁶, da diese Studie zum einen Organizer und Mobiltelefone vergleicht und zum anderen aber auch die Probleme elektronischer Gedächtnishilfen sowie Verbesserungsmöglichkeiten erörtert.

Ziel dieser Studie war festzustellen, welche Voraussetzungen Patienten mit Gedächtnisstörungen mitbringen müssen, um verfügbare Geräte nutzen zu können, und wie die Benutzerschnittstelle optimiert werden muss, um einen therapeutischen Einsatz zu ermöglichen.

Vorgehen

Untersucht wurden 12 männliche Personen mit verschiedenen Hirnschädigungen im Alter zwischen 31 und 58 Jahren. Die Untersuchung folgte einem ABAC-Design (siehe Abbildung 3.8), wobei die Reihenfolge der Gerätenutzung ausbalanciert war. Alle Teilnehmer der Studie wurden in jeweils maximal 5 Sitzungen mit dem Gerät trainiert und absolvierten einen Abschlusstest und mussten nach der Benutzung eines Gerätes einen Fragebogen zur Handhabung ausfüllen.

⁶Diese Studie wurde im Rahmen der Projektes MOBREGIO durchgeführt.

3.4. Kommerziell verfügbare PDA, Organizer und Mobiltelefone als Gedächtnishilfe

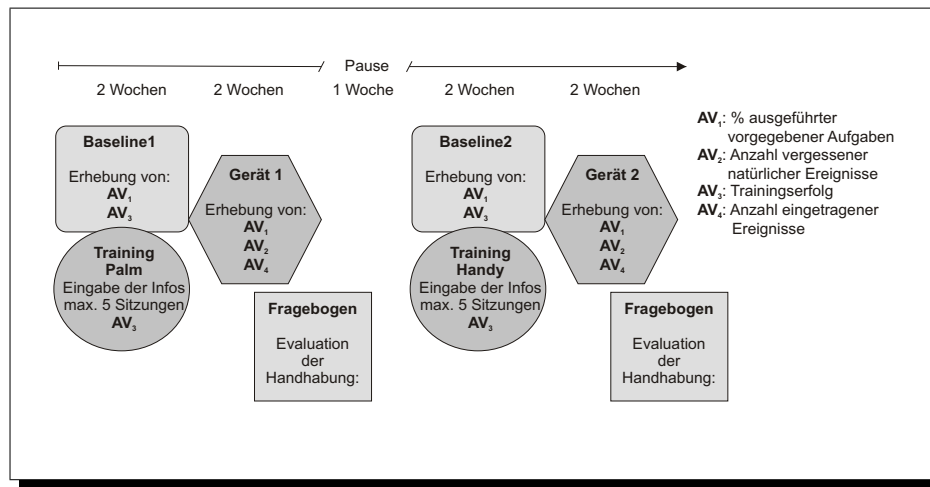


Abbildung 3.8.: Vergleich PDA - Mobiltelefon: Versuchsaufbau der Studie von WALTHER und THÖNE-OTTO [WTO01].

Ergebnisse

Basierend auf ihrer Studie kamen WALTHER und THÖNE-OTTO zu folgenden Ergebnissen:

- Es besteht ein Zusammenhang zwischen der Gedächtnisleistung und dem Erlernen der Gerätebedienung. Je geringer die Gedächtnisleistung, um so schwerer fiel es den Patienten, die Handhabung eines neuen Gerätes zu erlernen.
- Alle Patienten profitierten von der Gedächtnishilfe (siehe Abbildung 3.9).
- Patienten mit Problemen beim Erlernen der Gerätenutzung haben sich deutlich weniger eigene Vorhaben eingetragen als Personen ohne Probleme beim Erlernen.
- Das Mobiltelefon ließ sich für schwerer gestörte Patienten einfacher bedienen, Patienten mit besseren kognitiven Voraussetzungen bevorzugten den PDA.
- Visuelle, akustische und motorische Probleme werden bei kommerziell verfügbaren Geräten nur unzureichend beachtet. Eine Spracheingabe ist daher wünschenswert.

Fazit: „Leicht gedächtnisgestörte Patienten sind durchaus in der Lage, den Umgang mit einer kommerziellen elektronischen Gedächtnishilfe zu erlernen. Für schwerer gestörte Patienten bedarf es jedoch einer patientengerechten Anpassung. Eine zusätzliche Unterstützung der Patienten kann hierbei durch eine Interaktion mit einer Betreuungsstation geschaffen werden. ...“ [WTO01]
Tabelle 3.1 zeigt die positiven und negativen Aspekte im Umgang mit den beiden Geräten.

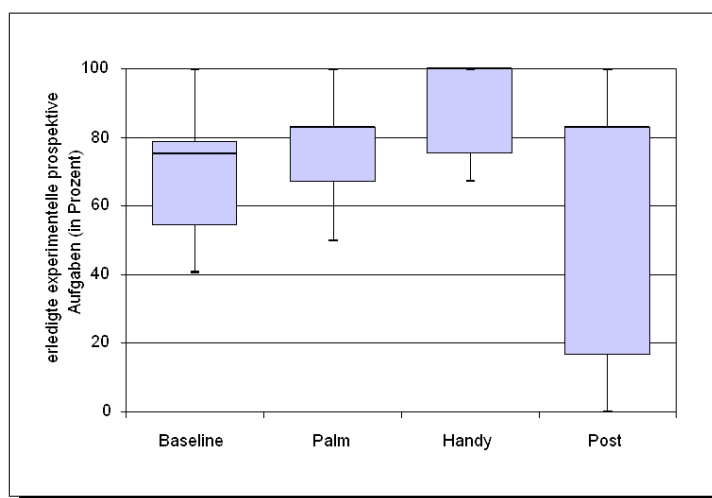


Abbildung 3.9.: PDA-Handy-Vergleich: Anzahl vergessener experimenteller Vorhaben. Quelle: WALTHER [Wal06]

Tabelle 3.1.: Vorteile (+) und Nachteile (-) von Mobiltelefonen und PDA nach WALTHER und THÖNE-OTTO [WTO01]

	Palm	Mobiltelefon
Geräteformat (Größe, Gewicht)	+	+
Termineingabe	- Tastenbeschriftung nicht logisch	+
Anzahl der Schritte für Termineingabe	- zu viele (19 Schritte)	- zu viele (13 Schritte)
Tastenbedienung	- Felder für Touch zu klein	- Tasten zu klein, Belegung mit zu vielen Buchstaben
Schriftgröße	-	-
Termin-text	+	- 16 Buchstaben
Alarm	- zu leise und zu kurz	+
Anzeigen verpasster Vorhaben	+	+

3.4.2. Diskussion

Interessant an dieser Untersuchung ist, dass sie auch die Probleme und Schwachstellen der untersuchten Geräte berücksichtigt. Wichtig sind unter anderem zwei Aussagen.

- Elektronische Gedächtnishilfen sind generell sinnvoll, aber für eine breitere Nutzergruppe müssen sie „patientengerecht“ angepasst werden. Was „patientengerecht“ im Kontext von kognitiven Defiziten, insbesondere prospektiven Gedächtnisstörungen bedeutet, wird im Kapitel 4 genauer beleuchtet.
- Es wird angenommen, dass eine echte Interaktion mit dem Gedächtnishilfesystem, z. B.

um die Erfüllung von Aufgaben zu bestätigen, den Erfolg einer Gedächtnishilfe deutlich verbessern kann.

3.5. Planning and Execution Assistant and Trainer - PEAT

PEAT (Planning and Execution Assistant and Trainer) ist eine kommerziell verfügbare Software der Firma Attention Control Systems, Inc. [PEA], welche für PocketPC basierte PDA verfügbar ist [Moc02]. Ziel von PEAT ist es, die Unabhängigkeit hirngeschädigter Patienten zu erhöhen.

PEAT besteht aus zwei Teilen, einer Software für PDA, welche dem Patienten alle für die Aufgabe relevanten Informationen zur Verfügung stellt, und einer Software für Desktop Computer, welche die Daten für das mobile Gerät entgegennimmt, aufbereitet und überträgt. PEAT nutzt das KI-Planungssystem PROPEL [Lev95b]. Kernkomponenten sind PROPEL-Scripte, welche alltägliche Aufgaben beschreiben. Dazu wird eine Aufgabe in Teilaufgaben zerlegt und die Teilaufgaben werden miteinander verknüpft. Jeder Teilaufgabe werden situationsspezifische Bedingungen zugeordnet. Mit Hilfe dieser Scripte wird der Tagesplan des Nutzers simuliert und geplant. Die Scripte werden auch genutzt, um den Nutzer an die bevorstehenden Aufgaben zu erinnern und entsprechend seiner Wünsche zu reagieren. PEAT ermöglicht eine flexible Umplanung der Aufgaben, sollte dies notwendig sein oder vom Nutzer gewünscht werden. Aber auch eine inhaltliche Umplanung ist möglich. Soll eine Person z. B. um genau 8.05 Uhr ein Telefonat führen und ist zu dieser Zeit aber immer mit der Morgentoilette beschäftigt, so ist PEAT in der Lage zu erkennen, dass das Telefonat im Badezimmer nicht möglich ist, und plant, falls sich das Telefonat nicht verschieben lässt, die Morgentoilette um [Lev97].

Die Daten auf dem PDA können nur aktualisiert und abgeglichen werden, wenn eine Verbindung mit dem Desktopsystem hergestellt wurde. Die Dateneingabe am Desktopsystem muss entweder der Nutzer selber oder eine Bezugsperson vornehmen.

Die Komplexität der Software und potentielle Soft- und Hardwareprobleme (PocketPC galt allgemein erst ab der Version 2002 als hinreichend stabil) setzen eine hohe Eigenverantwortung und Autonomie des Nutzers voraus.

Eine automatische drahtlose Synchronisation bzw. Alarmierung in Notfällen ist zur Zeit nicht möglich, aber mit der Verbreitung von Smartphones sicherlich leicht zu ergänzen.

Diskussion

PEAT wird kommerziell für gedächtnisgestörte Patienten vertrieben⁷. Innovativ ist das automatische Umplanen von Aufgaben. Allerdings können nur erfasste und modellierte Informationen in der Planung berücksichtigt werden. Weiterhin erfordert ein konsistentes Umplanen vor allem auch das korrekte Erkennen und Klassifizieren der Situation.

PEAT bietet zur Zeit keine automatische Alarmierung von Bezugspersonen, was aber sehr leicht erweiterbar wäre, wenn man PEAT auf Smartphones portieren würde.

Der Lernaufwand, um PEAT zu benutzen, ist deutlich höher als bei den anderen hier vorgestellten Systemen. Weiterhin ist die Komplexität sowie die Stabilität des vorausgesetzten Betriebssystems (PocketPC) als kritisch einzuschätzen, da zum einen eine Fehlbedienung sehr leicht möglich ist,

⁷Kosten für PEAT: 400\$ für Software plus ca. 500\$ Hardwarekosten (Stand 2008).

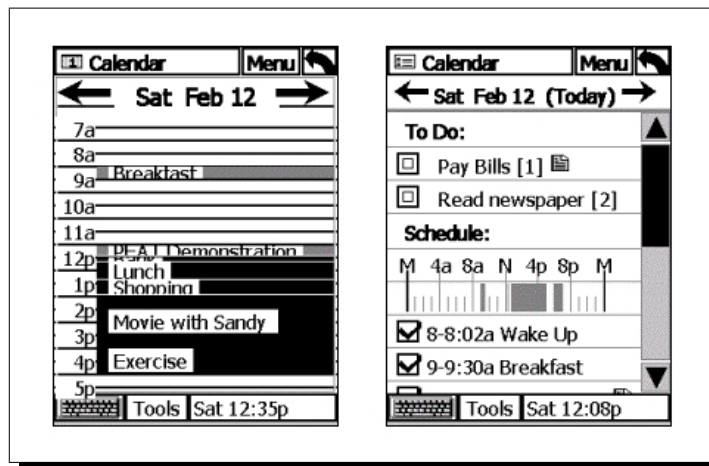


Abbildung 3.10.: Screenshot Planning and Execution Assistant and Trainer (PEAT): PEAT ist zur Zeit nur mit einer englischen Oberfläche erhältlich. Quelle: [PEA]

zum anderen der Nutzer nach einem Fehler nicht problemlos die normale Funktionalität wiederherstellen kann. Das Graphical User Interface (GUI) von PEAT ist sehr voll mit Informationen und etwas unübersichtlich, was vor allem schwerer gestörte Patienten verwirren kann (siehe Abbildung 3.10). Eine klinische Studie von PEAT wurde mit 115 Personen durchgeführt [Bra10]. Erfahrungen mit Patienten wurden bisher nicht publiziert.

3.6. AUTOMINDER

AUTOMINDER [Pe03] ist Teil der Initiative: „PERSONAL ROBOTIC ASSISTANTS FOR THE ELDERLY“ (NURSEBOT) [Nur]. Ziel des Systems ist es, einen Serviceroboter um Gedächtnishilfefunktionen⁸ zu erweitern. Dabei soll der Serviceroboter vor allem alltägliche Aufgaben eines Nutzers organisieren, d. h. planen, die Person erinnern und die Ausführung überwachen. Typische Aufgaben in dem betreffenden Einsatzgebiet sind die korrekte Einnahme von Medikamenten, von ausreichendem Wasser, Essen, tägliche Hygiene und die Erinnerung an Freizeitaktivitäten, wie Fernsehprogramme oder Unterhaltungsveranstaltungen (in Heimen). AUTOMINDER versucht drei sich zum Teil widersprechende, Optimierungsziele anzustreben:

1. Zuverlässiges Ausführen der Aufgaben,
2. Anstreben einer hohen Zufriedenheit und Akzeptanz des Systems beim Nutzer und beim Pflegepersonal,
3. Vermeiden einer (zu großen) Abhängigkeit von dem System⁹.

⁸Die Autoren von AUTOMINDER bezeichnen ihr System als eine kognitive Orthese.

⁹Wenn ein alter Mensch das System akzeptiert, neigt er tendenziell dazu, die Verantwortung dem Serviceroboter zu übertragen, was seine kognitiven Fähigkeiten weitergehend verschlechtert, da sie nicht mehr so stark gefordert werden.

3.6.1. Die AUTOMINDER-Architektur

Autominder besteht im wesentlichen aus drei Komponenten dem Planmanager (PM), dem Client-modeller (CM) und der „Personal Cognitive Orthotic“ (PCO). Der CM versucht über die Sensoren des Nursebots, das Verhalten der betreuten Person zu bestimmen und zu kategorisieren, z. B. „Die Person geht in die Küche.“. Wenn die Wahrscheinlichkeit sehr hoch ist, dass ein kategorisierter Plan ausgeführt wird, z. B. „Essen bereiten“, benachrichtigt der CM den PM, welcher alle verknüpften Bedingungen überprüft und die gespeicherten Pläne ggf. umplant und über die PCO notwendige Erinnerungen ausgibt. Im aktuellen Beispiel muss keine Erinnerung für „Essen zubereiten“ ausgegeben werden. Soll der Betroffene aber ein Medikament einnehmen und zwischen Essen und Medikamenteneinnahme eine Pause von 60 Minuten liegen, so kann der PM einen neuen Plan erstellen, wie z. B. „Erst Essen und nach einer Stunde Medizin einnehmen“. Eine weitere Aufgabe ist, den Patienten regelmäßig an das Aufsuchen der Toilette zu erinnern, z. B. aller 2 Stunden. Sollte die CM feststellen, dass die betreute Person dies nach 1 3/4 Stunden selbstständig getan hat, so plant der PM um und erinnert die Person erst nach 3 3/4 Stunden wieder daran. Ist hingegen bekannt, dass die betreute Person 18.00 Uhr eine Fernsehsendung sehen möchte, 18.15 Uhr aber an den Toilettengang erinnert werden müsste, so ist AUTOMINDER flexibel und zieht die Erinnerung vor.

3.6.2. Diskussion

In der Literatur über AUTOMINDER wird nur erwähnt, dass das System mit alten Menschen getestet wurde und prinzipiell korrekt funktioniert. Verwertbare quantitative oder qualitative Ergebnisse über Akzeptanz, Nutzen und Zuverlässigkeit wurden nicht angegeben.

AUTOMINDER wurde vor allem als Erweiterung für NURSEBOT entwickelt. Der Client Modeller, welcher versucht, das Verhalten des Nutzers zu erfassen und zu klassifizieren, um aktuelle Pläne daran anzupassen, ist von Seiten der Informatik eine sehr große Herausforderung, kann aber zur Zeit nur in sehr eingeschränkten Umgebungen, wie der Wohnung des Patienten, funktionieren.

AUTOMINDER zeigt sehr viele interessante Möglichkeiten auf und generiert noch mehr neue Herausforderungen. Als einsetzbare Gedächtnishilfe ist dieses System zur Zeit noch nicht zu bezeichnen.

3.7. MIT - MEMORY GLASSES

Die MIT -MEMORY GLASSES sind nicht zur Kompensation von Defiziten im prospektiven Gedächtnis konzipiert worden. Sie werden hier erwähnt, weil ihre Entwicklung und die damit verbundenen Untersuchungen aufzeigen, wie sich zukünftig kognitive Hilfen in den Alltag von Menschen eingliedern lassen und dass eine direkte Interaktion mit der Gedächtnishilfe nicht unbedingt notwendig sein muss.

Grundlage für die MIT-MEMORY GLASSES bildet die MITHRIL WEARABLE COMPUTING RESEARCH PLATFORM (MITHRIL) [DSPG03]. Mithril ist ein wearable¹⁰ Computersystem, welches auf preisgünstiger PDA- Hardware und dem Open-Source Betriebssystem LINUX basiert und mit

¹⁰Es existiert keine passende deutsche Übersetzung: **wearable**: tragbar im Sinne von Kleidungsstücken, im Gegensatz zu „in der Hand tragen“. Wearable Computer: ein Computer, der in Kleidungsstücken integriert ist bzw. sich mit dem gleichen Komfort wie Kleidungsstücke tragen lässt.

3. Stand der Forschung und Entwicklung

verschiedenen Sensoren verbunden werden kann. Die MITHRIL-Architektur ist modular, so dass das System kostengünstig für verschiedene Forschungsprojekte genutzt werden kann.

Für die MIT - MEMORY GLASSES Untersuchung [DPC03] wurde von der Tatsache ausgegangen, dass Computeranwendungen, welche den Menschen bei praktischen Tätigkeiten unterstützen, die Aufmerksamkeit des Nutzers von der Kernaufgabe ablenken, um mit dem Supportsystem zu interagieren. Je nach Art der Anwendung kann dies sehr fatale Folgen haben. Darum wurde das MITHRIL System mit einer halb durchlässigen Brille kombiniert, welche subliminale¹¹ Nachrichten in das Blickfeld der Versuchspersonen einblenden kann.

3.7.1. Experimente mit subliminalen Gedächtnisinformationen

Versuchsordnung

Die Versuchspersonen mussten innerhalb von 2 Minuten 21 Gesichter-Namen-Paare memorieren und in einem anschließenden Test die Namen den Gesichtern wieder zuordnen. Während der Zuordnungsphase wurden die Bilder mit den Gesichtern 10 Sekunden lang gezeigt, und die Versuchsperson konnte frei antworten. In diesen 10 Sekunden konnte je nach Versuchsphase eine subliminale Nachricht eingeblendet werden. Sollte solch eine Nachricht eingeblendet werden, so geschah dies für 1/180 Sekunden, einmal pro Sekunde.

Es gab drei Versuchsphasen: ohne subliminale Nachricht, mit korrekter subliminaler Nachricht und mit falscher subliminaler Nachricht. Die Reihenfolge wurde ausbalanciert.

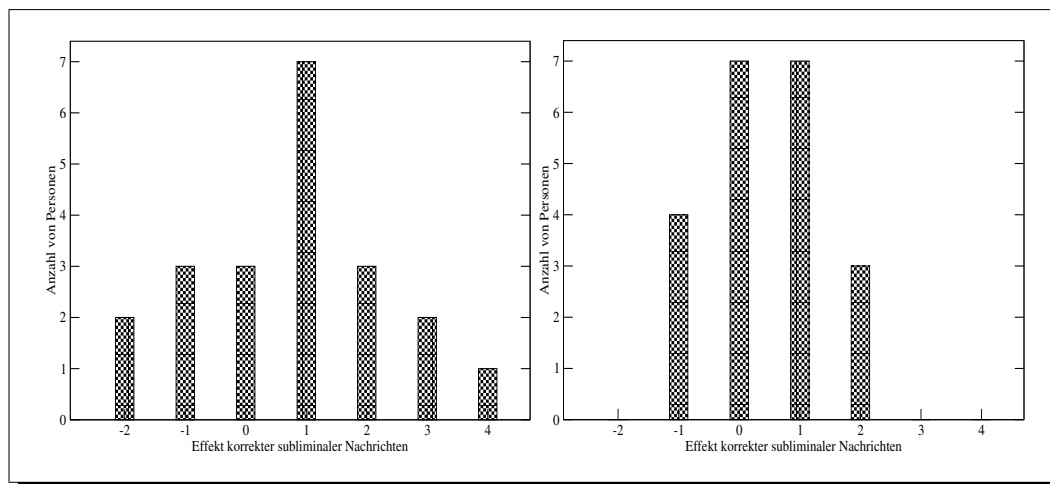


Abbildung 3.11.: Evaluation der MIT - Memory Glasses: Histogramm der Ergebnisse. **Links:** Korrekte subliminale Nachrichten - 13 Personen verbesserten sich, 5 Verschlechterungen. **Rechts:** Falsche subliminale Nachrichten - 10 Personen verbesserten sich und nur 4 Personen zeigten eine Verschlechterung. Quelle: DEVAUL ET.AL [DPC03]

¹¹Subliminale Reize werden so schnell dargeboten, dass sie unter der Wahrnehmungsschwelle liegen und vom Menschen nicht bewusst wahrgenommen werden können.

Ergebnisse

Es konnte nachgewiesen werden, dass korrekte subliminale Hinweise tatsächlich zu einer Verbesserung der Zuordnungsrates führen (siehe Abbildung 3.11). Überraschend jedoch war die Erkenntnis, dass auch falsche subliminale Hinweise zu einer verbesserten Zuordnung führten.

Die so gefundenen Ergebnisse liefern erste Hinweise, dass der Einsatz von subliminalen Nachrichten eine Möglichkeit ist, Personen ohne Aufmerksamkeitsverlust an bestimmte Dinge zu erinnern. Die Autoren der Studie geben jedoch selber an, dass weitere und umfangreichere Untersuchungen notwendig sind, insbesondere, was den Effekt der falschen subliminalen Nachrichten betrifft.

3.7.2. Diskussion

Die Memory Glasses sind kein vollständiges Gedächtnishilfesystem. Die Studie wurde mit gesunden Versuchspersonen durchgeführt und bezog sich auf retrospektive Gedächtnisanforderungen. Allerdings zeigt sie eine Möglichkeit, wie man Erinnerungsimpulse einem Patienten vermitteln kann, ohne ihn von seiner eigentlichen Arbeit abzulenken. Die Vorteile einer Einblendung in das Gesichtsfeld eines Patienten sind zum einen eine bessere Nutzbarkeit des Systems, zum anderen wird die Intervention der Gedächtnishilfe von dritten Personen nicht wahrgenommen, was einem Patienten mehr Sicherheit in der Öffentlichkeit gibt. Erfolgt eine (erste) Erinnerung subliminal, könnte dies zu einer deutlichen Motivationsverbesserung der Patienten führen, weil diese sich subjektiv selbst an die Aufgabe erinnern haben und nicht von einem Computersystem erinnert wurden. Wenn es technisch möglich sein wird, modische Brillen preiswert und von außen unsichtbar so zu modifizieren, dass Nachrichten in das Sichtfeld des Nutzers eingeblendet werden können, könnte diese Methode sehr interessant werden. Es sei aber nicht unerwähnt, dass es bisher keine Untersuchungen gibt, ob subliminale Erinnerungsimpulse überhaupt zum spontanen Abruf von prospektiven Gedächtnisinhalten führen.

3.8. Smart Environments und kontextsensitive Technologien

Für eine Gedächtnishilfeanwendung wäre es ideal, wenn die genaue Situation des Patienten erkannt werden könnte und Erinnerungsimpulse in Abhängigkeit des aktuellen Kontextes angepasst werden würden. So wäre es zum Beispiel möglich, den Patienten an einen Einkauf zu erinnern, wenn er sich gerade in der Nähe eines passenden Geschäftes befindet. Dazu ist es wichtig, den Kontext „Nutzer in Nähe von Laden X“ zu erkennen. Denkbar wäre auch, dass ein ausgeliehenes Buch die Gedächtnishilfe des Patienten über den Ablauf der Ausleihfrist informiert und die Gedächtnishilfe daraufhin den Patienten entsprechend erinnert.

Ein komplexeres Szenario wäre, einen Patienten auf dem Weg nach Hause an eine Überweisung auf der Bank zu erinnern, allerdings nur, wenn er sich in der Nähe seiner Bank befindet, noch genügend Zeit bis zur Erledigung der nächsten Aufgabe hat und alle für den Transfer notwendigen Dinge bei sich führt (Bank-Card, Ausweis).

Solche Szenarien sind Bestandteil des Forschungsgebietes *Ubiquitous Computing*. Dabei wird davon ausgegangen, dass Alltagsgegenstände informationstechnisch aufgerüstet werden, und ge-

genüber ihrem ursprünglichen Zweck eine erweiterte Funktionalität erhalten und ein situationsangepasstes (smartes) Verhalten aufweisen [Wei91], [Mat04].

Ubiquitous Computing setzt voraus, dass alle (für das Szenario) relevanten Objekte (Entities) sich gegenseitig erkennen und miteinander kommunizieren können bzw. von ausgewiesenen Objekten erkannt werden und in der Lage sind, mit diesen zu kommunizieren [RSMD04]. Meistens werden dazu die entsprechenden Gegenstände mit einem RFID-Tag (**R**adio **F**requency **I**dentification **T**ag) beklebt, welches von einem in der Nähe befindlichen Lesegerät ausgelesen und gegebenenfalls auch beschrieben werden kann. Die Kommunikation erfolgt drahtlos, und das entsprechende Objekt muss dazu nicht, wie bei Barcode-Scannern in der Sichtline des Lesegerätes sein. Alternativ kann ein Gegenstand auch mit einem WLAN- oder Bluetoothmodul ausgerüstet sein und aktiv mit seiner Umwelt kommunizieren.

Eine ausreichende Erkennbarkeit aller Entities kann zur Zeit nur innerhalb einer Laborumgebung gewährleistet sein. Auch wenn es von Seiten der Industrie sehr starke Bestrebungen gibt, alle neu hergestellten Gegenstände mit einem RFID-Tag auszurüsten, wird es noch eine größere Zeit dauern, bis die Mehrzahl der Alltagsgegenstände von einem RFID-Scanner erkannt werden kann. Hauptgrund für diese Verzögerung ist dabei nicht der Stand der technischen Entwicklung, sondern es sind vielmehr datenschutzrechtliche Vorbehalte und die entsprechenden gesetzlichen Regularien [Lan04].

3.8.1. Ubiquitous Computing: Aktuelle Arbeiten

Das Forschungsgebiet des Ubiquitous Computing (UbiComp) hat mit der fortschreitenden Miniaturisierung und dem Preisverfall der Mikroelektronik, und insbesondere der drahtlosen Kommunikationsmodule, sehr große Fortschritte gemacht. Die Anwendung von UbiComp-Szenarien auf den Bereich des Telemonitorings, der elektronischen Gesundheitsvorsorge und der assistierenden Technologien für Menschen mit kognitiven Defiziten ist nur konsequent und wird von einigen Forschungslabors weltweit vorangetrieben.

So gibt es zum Beispiel Projekte, um die Kontextbestimmung in unsicheren Situationen zu verbessern [RAMC04], Methoden zur automatischen Erstellung von Aktivitätsmodellen auf Basis von RFID-Tags und Sensorhandschuhen [PFKP03], Studien zur Untersuchung der sozialen und technischen Bedingungen für die computerunterstützte Koordination der Pflege von Menschen mit kognitiven Defiziten (Computer Supported Coordinated Care- CSCC) [CRS+04].

Prototypische Systeme existieren, um Menschen mit eingeschränktem Sehvermögen Orientierung im Alltag zu geben [CR04], aber auch für elektronische Assistenten für Menschen mit kognitiven Einschränkungen (insbesondere Altersdemenz, Alzheimer).

Der Mobile Patient Care Giver Assistant (mPCA)

Ein Beispiel ist die SMART HOME-Installation am RERC, CENTER ON TECHNOLOGY FOR SUCCESSFUL AGING an der UNIVERSITY OF FLORIDA, GAINSVILLE, wo eine intelligente experimentelle Wohnumgebung für Alzheimer-Patienten geschaffen wurde [HGK+03]. In dieser Umgebung sind alle relevanten Objekte (Türen, Kleidung, Geschirr etc.) mit Elektronik versehen und erlauben eine kontextsensitive Unterstützung des Patienten. Wichtige elektronische Komponenten sind dabei ein J2ME-fähiges Smartphone (Java 2 Micro Edition), Ultraschallsensoren und vernetzte bzw. fernsteuerbare Geräte, wie Lampen, Kühlschrank, LCD-Displays und Kameras.

Die Konzepte für Alzheimer-Patienten können nicht direkt auf Patienten mit prospektiven Gedächtnisstörungen übertragen werden, sind aber dennoch sehr interessant für eine Gedächtnishilfe. Eine zentrale Komponente der beschriebenen Umgebung ist der Mobile Patient Care Giver Assistent (mPCA), eine Softwarekomponente, welche die Aufgabe hat, die Aufmerksamkeit des Patienten zu gewinnen. Hierbei wird eine mehrschichtige Strategie verfolgt. Zuerst wird der Name des Patienten abgespielt und auf eine Reaktion von diesem gewartet. Bleibt diese aus, wird ein charakteristisches Signal mehrfach abgespielt, und das Smartphone des Patienten vibriert und spricht den Namen des Patienten. Reagiert der Patient, so wird ein Erinnerungsimpuls auf den fest installierten LCD-Displays als Video abgespielt. Dabei bestimmen die Ultraschallsensoren, in welchem Zimmer der Patient sich aufhält.

Es ist einschränkend hinzuzufügen, dass das installierte System bisher (Stand 2005) nur von einem mobilen Roboter getestet wird, welcher das Verhalten eines Alzheimer-Patienten simuliert, somit also keine praktischen Erfahrungen mit realen Patienten vorliegen.

MAPS-LifeLine

MAPS-LIFELINE ist ein System, welches am CENTER FOR LIFELONG LEARNING AND DESIGN (L3D) an der UNIVERSITY OF COLORADO entwickelt wird [CG03]. Das System ist eine Kombination aus einem grafischen Prompting-System (MAPS [Car02] und einem intelligenten Monitoring- und Gedächtnishilfesystem (LIFELINE) [GKC]. MAPS gibt gedächtnisgestörten Patienten Hinweise, indem es ihnen relevante Fotos anzeigt, die mit einer Handlung verbunden sind (siehe Abbildung 3.12). Vorteil dieses Ansatzes ist, dass unbekannte Dinge dem Patienten als Bild vorliegen und ihm die Orientierung erleichtern. Nachteilig hingegen ist die Verwaltung der Bilder, denn es muss ein Foto eines jeden Handlungsschrittes vorliegen, bevor eine Aufgabe gestartet werden kann. Die Fotos können mit Text kombiniert werden.

LIFELINE hat zum Ziel, Patienten mit kognitiven Defiziten eine größere Autonomie zu geben, indem es zwischen Patienten und Therapeuten ein verteiltes Betreuungssystem etabliert, mit dem Betreuer Aufgaben und Aktionen von Patienten steuern und überwachen können. LifeLine versucht so, möglichst alle Handlungsabläufe zu automatisieren, und greift dabei auf Positionierungs- und Sensordaten zurück, mit denen unter anderem die Patientenaktionen klassifiziert werden. Patienten erhalten ihre Instruktionen über ein mobiles Gerät (Compaq-ipaq).

MAPS-LIFELINE ist ein sehr ambitioniertes Projekt. Nach Aussagen der Mitarbeiter (Stand: 2005) hat es allerdings das Problem, dass es nur in einer speziell vorbereiteten Umgebung arbeitet und nicht zuverlässig genug funktioniert, um in absehbarer Zeit ernsthaft Patienten unterstützen zu können. Der Grund dafür liegt in der Komplexität der LIFELINE-Architektur und der Tatsache, dass sehr viel experimentelle Technologie für die technische Umsetzung benutzt wird.

3.8.2. Diskussion

Solange der Schutz der Privatsphäre nicht gelöst ist, wird es keine Infrastruktur geben, die von einer Gedächtnishilfe zuverlässig genutzt werden kann. So interessant Studien unter Laborbedingungen sind, eine Gedächtnishilfe, die den Patienten im Alltag unterstützen soll, muss auch im gesamten Aktivitätsbereich des Patienten die gleiche Funktionalität anbieten. Daher sind im Alltag praktikable kontextsensitive Szenarien auf Basis von RFID-Tags oder anderen drahtlosen Technologien zur Zeit noch nicht realisierbar. Allerdings ist es ein sehr interessanter Ansatzpunkt für

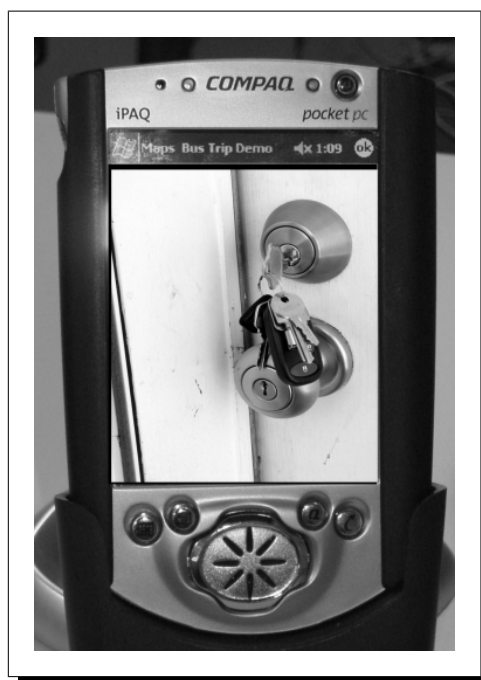


Abbildung 3.12.: Demonstration MAPS: Mittels Fotos werden Patienten an bestimmte Aufgaben erinnert; hier: „Tür abschließen“. Quelle: [Car02]

weitere Arbeiten zu untersuchen, wie Gedächtnishilfen mit kontextsensitiven Szenarien erweitert werden können.

3.9. Fazit

Elektronische Gedächtnishilfen sind prinzipiell sinnvoll. Ihr Einsatz kann zu signifikanten Verbesserungen beim Erinnern und Ausführen von prospektiven Gedächtnisaufgaben führen. Allerdings hängt der Erfolg einer solchen Hilfe sehr stark von der Art und Stärke der Hirnverletzung, der kognitiven Restfunktionalität, individuellen Unterschieden, wie Einsicht in die Erkrankung oder Disziplin bei der Benutzung einer Hilfe, und vom sozialen Umfeld des Patienten ab. Da die individuellen Besonderheiten zwischen den Patienten zum Teil sehr stark sind, ist die Anpassbarkeit der Gedächtnishilfe an die patientenspezifischen Besonderheiten und Bedürfnisse wichtig.

Obwohl KIRSH, LEVINE und COLE zu den am meisten zitierten Autoren in diesem Wissenschaftsbereich gehören, wird ihre Forderung nach der individuellen Anpassbarkeit bei existierenden Gedächtnishilfen nur sehr unzureichend oder gar nicht umgesetzt (außer PEAT und AUTOMINDER). Der Grund dafür ist, dass die Möglichkeiten der Informations- und Kommunikationstechnologie in der Vergangenheit nur sehr eingeschränkte Lösungen zuließen. So basiert NEUROPAGE z. B. auf der Technologie der frühen 90er Jahre.

Ein wichtiger, jedoch zur Zeit kaum untersuchter Aspekt ist die Akzeptanz einer Gedächtnishilfe. Es ist anzunehmen, dass ein System, welches sich gut in das soziale Umfeld eines Patienten integriert und seine individuellen Wünsche und Präferenzen berücksichtigt, von höherer Akzeptanz und somit von größerem Nutzen ist.

Bisher wurden keine Langzeitstudien mit mehreren Patienten auf diesem Forschungsgebiet durchgeführt. Bei den meisten Studien wurden die Patienten nur 3-6 Wochen mit einer elektronischen Gedächtnishilfe ausgerüstet. Gewöhnungseffekte und mögliche Auswirkungen auf das soziale Umfeld wurden bisher nicht untersucht.

Der wahrscheinlich wichtigste technische Erfolgsfaktor für eine elektronische Gedächtnishilfe ist die Zuverlässigkeit. Existierende Ansätze gehen hierauf gar nicht oder völlig unzureichend ein. Bei keinem System kann das korrekte Wahrnehmen einer Nachricht sowie das fehlerfreie und zeitnahe Ausführen der verknüpften Handlung überprüft werden. Bei ferngesteuerten Systemen, wie NEUROPAGE oder SMS basierten Diensten, kommen potentiell korrupte bzw. verzögerte Übertragungen hinzu. Kein System kann eine Bezugsperson automatisch alarmieren, falls ein Problem entdeckt wurde.

Ein Erfolg versprechender Ansatz, um die Zuverlässigkeit einer Gedächtnishilfe deutlich zu verbessern, ist das Anfordern und Auswerten von Feedbackinformationen, was zwangsläufig zu einer interaktiven Gedächtnishilfe führt.

Die meisten existierenden Gedächtnishilfesysteme geben dem Patienten nur einfache Erinnerungen. Es ist günstiger, einfache Erinnerungsimpulse situationsabhängig zu strukturierten Erinnerungen zu verknüpfen.

Demnach sollte eine patientengerechte Gedächtnishilfe in der Lage sein, strukturierte interaktive Erinnerungsimpulse zu verarbeiten.

Wichtig für die Entwicklung einer verbesserten Gedächtnishilfe ist die Erkenntnis, dass sowohl konventionelle Therapien als auch das sehr weit verbreitete NEUROPAGE sehr stark das soziale Umfeld integrieren. Dies ist dadurch zu erklären, dass die Betreuungslast ohne Gedächtnishilfe vollständig auf den Familienangehörigen liegt. Somit ist die Entlastung von Familienmitgliedern ein positiver Effekt elektronischer Gedächtnishilfen. Angehörige erweisen sich unter Umständen motivierter als der Patient selbst. Damit eine Gedächtnishilfe das soziale Umfeld integrieren kann, sollte eine direkte Kommunikation zwischen Angehörigen und Patient über die Gedächtnishilfe möglich sein.

Ansätze, die den aktuellen Kontext des Patienten in den Betreuungsprozess einbeziehen, sind zwar sehr interessant, lassen sich aber nur in Laborbedingungen zuverlässig betreiben und eignen sich noch nicht für den alltäglichen Einsatz.

Als Resultat der Betrachtungen lässt sich festhalten, dass eine verbesserte patientengerechte Gedächtnishilfe die Fähigkeiten und Bedürfnisse des Patienten berücksichtigen muss. Sie muss sich weiterhin in das soziale Umfeld und den Alltag des Patienten integrieren, in kritischen Situationen eine Betreuungsperson alarmieren und den Patienten mittels interaktiver Erinnerungsimpulse durch eine Aufgabe führen.

Teil II.

Konzeption und Modellierung

4. Funktionale und technische Anforderungen an eine patientengerechte Gedächtnishilfe

Alle in Kapitel 3 vorgestellten Gedächtnishilfesysteme sind zum Teil sehr weit von dem entfernt, was zur Zeit technisch realisierbar ist, und nur mit Einschränkungen und Kompromissen als Gedächtnishilfe nutzbar. MEMOS wurde als patientengerechtes Gedächtnishilfesystem entworfen, welches die Bedürfnisse der Nutzer in den Mittelpunkt stellt und nicht versucht, eine existierende Hardwarelösung auf ein Anwendungsgebiet zu übertragen. Es kann im Vergleich zu den existierenden Ansätzen als verbesserte, aber nicht als ideale Gedächtnishilfe bezeichnet werden.

Zu Beginn dieses Kapitels wird skizziert, wie eine ideale Gedächtnishilfe aus heutiger Sicht aussehen könnte, um Entwicklungsziele besser formulieren zu können. Danach werden, basierend auf den Bedürfnissen der Patientengruppe und der Analyse der Schwachpunkte der existierenden Ansätze, die Nutzeranforderungen (Designziele) von MEMOS beschrieben und erläutert. Am Ende des Kapitels werden die technischen Systemanforderungen, die für die Systementwicklung von besonderer Bedeutung sind, beschrieben und begründet sowie Konsequenzen für die Systemarchitektur erläutert.

4.1. Die „ideale“ Gedächtnishilfe

Beim heutigen Stand der Technik kann keine ideale Gedächtnishilfe existieren. Als Gedankenexperiment für den Entwurf und die Diskussion von Entwicklungsperspektiven für eine verbesserte Gedächtnishilfe ist das Modell einer idealen Gedächtnishilfe aber durchaus sinnvoll. Sie könnte wie folgt aussehen:

Eine ideale Gedächtnishilfe kann von einem Nutzer nicht vergessen oder verloren werden. Sie muss demnach entweder mit ihm verbunden sein oder das Entfernen des Nutzers von ihr signalisieren. Beide kommunizieren auf einfache Art und Weise miteinander. Dies könnte über die Einspeisung von Signalen über den menschlichen Hör- oder Sehapparat möglich sein, (theoretisch) denkbar wäre aber auch das direkte Einklinken in die Wahrnehmung eines Menschen. Auf jeden Fall sollte die ideale Gedächtnishilfe nur intervenieren, wenn dies notwendig ist. Das heißt, sie besitzt die Fähigkeit, Situationen einzuschätzen und entsprechend den Interessen des Nutzers zu reagieren. Die Intervention ist für Dritte nicht wahrnehmbar und erfolgt, ohne dass der Nutzer unnötig von seinen Aufgaben abgelenkt wird.

Eine ideale Gedächtnishilfe kann den Nutzer trainieren, damit er sich nicht auf die Technik verlässt. Sie versteht es, möglichst wenig Impulse zu geben, um ein gewünschtes Ziel zu erreichen, damit Gewöhnungseffekte verhindert werden. Erfüllte Teilaufgaben werden entweder automatisch erfasst oder Bestätigungen darüber nur akzeptiert, wenn der entsprechende Arbeitsschritt tatsächlich ausgeführt wurde.

4. Funktionale und technische Anforderungen an eine patientengerechte Gedächtnishilfe

Zusätzlich zu dem prospektiven Aspekt könnte eine ideale Gedächtnishilfe retrospektive Erinnerungsfunktionen übernehmen. Die Erlebnisse des Patienten werden aufgezeichnet und ihm bei Bedarf zur Verfügung gestellt.

So interessant eine ideale Gedächtnishilfe von der technischen Seite her ist, so viele moralische Fragen wirft sie auf. Was ist ein freier Wille, und was ist, wenn dieser mit den Interessen des Nutzers kollidiert? Ein einfaches Beispiel für eine solche Situation lässt sich immer dann finden, wenn ein Mensch gegen den gesunden Menschenverstand handelt, z. B. wenn die ideale Gedächtnishilfe den Nutzer an das Einkaufen von Zigaretten erinnern soll, was seinem freien Willen entspricht, aber natürlich gegen einige seiner Interessen verstößt („gesund bleiben“).

Eine derart stark integrierte Gedächtnishilfe bietet ein sehr hohes Missbrauchspotential. Zum einen ist es wünschenswert, dass der Patient nicht wahrnimmt, wann ihm eine Maschine hilft, damit er sich nicht behindert fühlt, zum anderen kann er aber dadurch sehr einfach manipuliert werden, falls jemand sich widerrechtlich Zugang zu der Gedächtnishilfe verschafft, d. h. die Interessen eines Außenstehenden mit dem freien Willen oder den Interessen des Patienten kollidieren.

Problematisch ist auch die Frage, in wieweit man kognitive Defizite kompensiert und ab wann man die kognitiven Leistungen eines Menschen über ein normales Maß hinaus verbessert. Eine ideale Gedächtnishilfe bietet sich geradezu an, die kognitiven Leistungen eines Menschen zu erweitern. Ist dies legitim oder führt es zur Entfremdung des Menschen vom eigenen Selbst?

In der Zukunft wird neben der technischen Weiterentwicklung auch viel philosophischer und moralischer Diskussionsbedarf bestehen, um als Gesellschaft assistierende Technologien und kognitive Prothesen sinnvoll einzusetzen und fortzuentwickeln.

Im Weiteren wird in dieser Arbeit von der bestmöglichen Gedächtnishilfe ausgegangen, die sich mit heutigen Mitteln realisieren lässt.

4.2. Funktionale Anforderungen

Oberstes Ziel der Projekte MOBTEL und MOBREGIO bei der Realisierung von MEMOS war es, eine mobile Gedächtnishilfe zu schaffen, welche zum einen die größte mögliche Unterstützung für den Patienten erlaubt, zum anderen aber die Betreuung der Patienten vereinfacht und somit die Betreuungspersonen entlastet.

Prinzipiell wird davon ausgegangen, dass der Patient ein mobiles Gerät (Personal Memory Assistant - PMA) mit sich trägt, welches ihm in geeigneter Form strukturierte interaktive Erinnerungsimpulse gibt und überwacht. Der PMA ist mit einer Basisstation verbunden, die alle weiteren Aktionen koordiniert. Die Gedächtnishilfe muss neben den Defiziten des prospektiven Gedächtnisses auch die typischen Begleiterscheinungen von Hirnschädigungen, wie Wahrnehmungsprobleme, Sensibilitäts- und Feinmotorikstörungen oder Dysarthrien¹, berücksichtigen.

Aus den Bedürfnissen gedächtnisgestörter Patienten und deren Betreuer sowie den Mängeln und Problemen existierender Ansätze lassen sich die funktionalen Anforderungen an eine patientengerechte Gedächtnishilfe ableiten und in Form der im Folgenden beschriebenen Designziele (DZ) formulieren:

¹ Artikulationsprobleme aufgrund von Störungen der Gesichtsmuskulatur.

- DZ1:** Strukturierte, situationsabhängige, patientenbezogene Erinnerungsimpulse,
- DZ2:** Verbindliche Informationen über den Status einer Erinnerung,
- DZ3:** Erkennen von kritischen Situationen und Alarmierung eines Verantwortlichen,
- DZ4:** Flexible, intuitive, übersichtliche und leicht erlernbare Nutzerschnittstelle,
- DZ5:** Flexible Einflussmöglichkeit auf den Tagesplan,
- DZ6:** Integration in den Alltag des Patienten,
- DZ7:** Integration aller am Betreuungsprozess beteiligten Personen,
- DZ8:** Direkter Kontakt zwischen Therapeut und Patient,
- DZ9:** Senken von Betreuungsaufwand und -kosten.

DZ1: Strukturierte, situationsabhängige, patientenbezogene Erinnerungsimpulse

Wie in Abschnitt 3.1 beschrieben, ist es wichtig, die Gedächtnishilfe individuell auf die Erfordernisse des Patienten abzustimmen und dabei seine Wünsche und Bedürfnisse sowie seine Fähigkeiten und Beeinträchtigungen zu berücksichtigen. Für einen leichtgeschädigten Patienten kann eine simple Erinnerung ausreichend sein, um eine Handlung erfolgreich durchzuführen. Für andere Patienten ist es zwingend notwendig, Aufgaben in kleinere Teilschritte zu zerlegen, damit sie diese wahrnehmen und ausführen können, bzw. Aufgaben so zu gestalten, dass ein Patient nach einer Ablenkung wieder zu der Aufgabe zurückgeführt wird.

Im Normalfall sollte ein Patient auf eine Information reagieren und dem System bestätigen, dass die Information zur Kenntnis genommen wurde. Werden (Teil-) Erinnerungen mit Timinginformationen verknüpft, so ist es möglich, über erneutes Alarmieren den Patienten zu der Aufgabe zurückzuführen, falls er abgelenkt wurde. Auch ist es so möglich, in jede Erinnerung ein Worst-Case-Szenario einzubetten, was vom System automatisch angenommen wird, wenn der Patient nicht reagiert. Das Worst-Case Szenario kann in Abhängigkeit der Aufgabe sehr verschieden aussehen.

Besteht eine Aufgabe zum Beispiel aus den drei Teilschritten: (1) Präalarm mit einigen optionalen Erledigungen, (2) Alarm mit der Aufforderung Geld, Papiere und Schlüssel einzupacken und (3) Haus verlassen, um einen Termin wahrzunehmen, so kann die Aufgabe auch dann weitergeführt werden, wenn der Präalarm nicht bestätigt wurde. Das System kann die nicht bestätigte Information einfach überspringen und mit dem Alarm fortfahren. Wurde hingegen der Alarm nicht bestätigt, so ist es nicht ratsam, den Patienten aufzufordern, das Haus zu verlassen, da er wahrscheinlich nicht die nötigen Papiere bei sich haben wird, um die Aufgabe erfolgreich zu erledigen. In diesem Fall sollte die Aufgabe abgebrochen werden.

DZ2: Verbindliche Informationen über den Status einer Erinnerung

Um die Betreuer davon zu befreien, wichtige Handlungen zu überwachen, wie die Einnahme von kritischen Medikamenten (z. B. Insulin oder Antiepileptika), ist es von Bedeutung, zu jeder Zeit verbindliche Informationen über den Status einer Erinnerung zu haben. Da MEMOS ein mobiles System ist, muss immer eindeutig feststellbar sein, ob eine Aufgabe korrekt zum PMA übertragen

wurde, ob die Aufgabe angezeigt wurde, ob und wie sie vom Patienten bestätigt wurde. Es muss dabei berücksichtigt werden, dass die Verbindung zu der mobilen Komponente unzuverlässig ist. Insbesondere ist sicherzustellen, dass eine Aufgabe nicht doppelt bzw. gar nicht oder verstümmelt übertragen wurde. Kommunikationsprobleme dürfen nicht zu inkonsistenten Zuständen führen.

DZ3: Erkennen von kritischen Situationen und Alarmierung eines Verantwortlichen

In MEMOS sind zwei Arten von kritischen Situationen denkbar: inhaltlich kritische Situationen und das Auftreten von technischen Problemen. Inhaltlich kritische Situationen sind zum Beispiel: wenn der Patient die Erfüllung einer als kritisch markierten Aufgabe nicht bestätigt oder eine Aufgabe auf eigenen Wunsch abbricht. Technische Probleme können dazu führen, dass inhaltlich kritische Situationen nicht erkannt werden. Denkbare Ursachen für technische Probleme können zum Beispiel sein: der Patient vergisst seinen PMA korrekt aufzuladen, der Patient hält sich über längere Zeit in einer Zone ohne Funkkontakt zur Basisstation auf oder eine Systemkomponente versagt.

Solche kritischen Situationen müssen von MEMOS erkannt und an die dafür verantwortliche Betreuungsperson (Therapeut oder Angehöriger) weitergeleitet werden. Werden mehrere Personen alarmiert, so muss leicht ersichtlich sein, ob sich bereits jemand dem Problem angenommen hat oder ob die kritische Situation schon von jemand anderem gelöst wurde. Es sollte für den Betreuer einstellbar sein, welche Alarme über welchen Kanal weitergeleitet werden. Denkbare Kanäle sind dabei E-Mail, Alarmfenster auf dem Bildschirm und SMS auf ein Mobiltelefon

DZ4: Flexible, intuitive und leicht erlernbare Nutzerschnittstelle

Wichtigstes Erfolgskriterium für MEMOS ist, in wieweit es vom Patienten akzeptiert wird. Eine technisch perfekte Gedächtnishilfe wird nutzlos sein, wenn der Patient sie nicht akzeptiert. Wichtig für die Akzeptanz sind neben der subjektiven Nützlichkeit vor allem die Nutzerfreundlichkeit und der Aufwand, die Bedienung des Gerätes zu erlernen (siehe auch Kapitel 3.1).

Das einfache Erlernen der Bedienung ist für hirngeschädigte Menschen besonders wichtig, da diese sehr oft Probleme haben, neue Dinge zu erfassen oder Handlungen zu erlernen.

Die Bedienung des PMAs muss möglichst einfach sein. Die Komplexität der Anwendung wird vollständig verborgen unter einer einfachen und übersichtlichen Oberfläche. Es sollte so wenig, wie möglich Knöpfe geben, um den Patienten nicht zu verwirren oder Fehlbedienungen zu provozieren. Jede Nutzereingabe muss eine klare Reaktion von Seiten des PMAs hervorrufen, damit Ursache und Wirkung für den Patienten immer klar erkennbar bleibt und er nicht verunsichert wird.

Gerade ältere Menschen haben Angst, mit einer falschen Eingabe etwas kaputt zu machen. Diese Ängste können aber abgebaut werden, wenn es zu jeder Zeit problemlos möglich ist, nach einer falschen Eingabe zurück zu einem stabilen Zustand zu kommen.

Die Nachrichten, welche dem Patienten die Erinnerungsimpulse übermitteln, müssen kurz und präzise formuliert und für den Nutzer einfach erfassbar sein. Scrollleisten oder Buttons zum Durchblättern einer Nachricht sind zu kompliziert und würden mehr schaden als nutzen.

Um die Orientierung und auch die Identifikation mit dem PMA zu verbessern, muss der Patient die Möglichkeit haben, sich einen Überblick über seinen Tagesplan zu verschaffen, wenn keine

aktuelle Aufgabe anliegt.

DZ5: Flexible Einflussmöglichkeit auf den Tagesplan

In Abhängigkeit von der Schwere der Hirnschädigung und den bestehenden Restfähigkeiten muss es für einen Patienten möglich sein, Einfluss auf seinen Tagesplan zu nehmen. Für schwer beeinträchtigte Patienten werden die Tages- und Wochenpläne in erster Linie von Betreuungspersonen in Abstimmung mit dem Patienten erstellt.

Für Personen mit einer leichten oder mittleren Hirnschädigung hingegen ist es sinnvoll, wenn diese sowohl aktiv Termine in das System eingeben können als auch selbst entscheiden, ob und wann sie eine Handlung durchführen wollen. Insbesondere müssen solche Patienten die Möglichkeit haben, spätere Termine vorzuziehen, falls dies sinnvoll ist, und anstehende Termine auf einen späteren Zeitpunkt zu verschieben, wenn dies die Erfüllung einer Aufgabe nicht gefährdet.

Zum Beispiel ist die Erinnerung „Blumen gießen“ nicht an eine bestimmte Zeit gebunden. Sieht ein Patient die anstehende Aufgabe in seinem Tagesplan und möchte die Aufgabe sofort erledigen, obwohl sie erst für einen späteren Zeitpunkt vorgesehen ist, so ist es ihm sehr schwer zu erklären, warum dies nicht möglich sein sollte. Entweder zieht der Patient die Aufgabe unabhängig vom System vor (was den Sinn einer Gedächtnishilfe in Frage stellt), oder aber die empfundene Nützlichkeit nimmt stark ab, da die Gedächtnishilfe nicht in der Lage ist, sich seinen persönlichen Bedürfnissen anzupassen.

Noch gravierender würde sich die fehlende Möglichkeit auswirken, eine anstehende Aufgabe zu verschieben. Wird ein Patient zum Beispiel in einem Telefonat von der Aufforderung „Blumen gießen“ unterbrochen und kann diese nicht verschieben, fühlt er sich schnell bevormundet oder fremdbestimmt. Auch ist es in einer solchen Situation denkbar, dass er sich vornimmt, die Aufgabe nach dem Telefonat zu erledigen, dies aber vergisst. Die Daten der Gedächtnishilfe wären somit unzuverlässig, und die Akzeptanz des Systems würde sich verschlechtern.

Änderungen im Tagesplan dürfen jedoch nur dann möglich sein, wenn der Tagesplan weiterhin konsistent bleibt. Kritische Termine dürfen von solchen Veränderungen nicht gefährdet werden, genauso, wie verhindert werden muss, dass unsinnige Erinnerungen entstehen (z. B. den Patienten nach Ladenschluss zum Einkaufen schicken).

DZ6: Integration in den Alltag des Patienten

Selbstredend muss eine Gedächtnishilfe den Patienten bei seinen alltäglichen Aufgaben unterstützen und ihm somit helfen, sich wieder besser im Alltag zurecht zu finden. Aber die Nutzung des PMA darf keinen unnötig großen Aufwand verursachen. Die Nutzung ist immer damit verbunden, auf das Gerät zu achten, es nirgendwo liegen zu lassen, es nicht zu beschädigen und regelmäßig aufzuladen. Darüber hinaus sollte der PMA keinen weiteren Aufwand beim Patienten erfordern.

Der PMA darf durch sein Erscheinungsbild oder seine Intervention den Patienten nicht als „behindert“ abstempeln. Er sollte von weitem nicht als (kognitive) Prothese erkennbar sein, da sonst die Gefahr besteht, dass der Patient Hemmungen entwickelt, ihn in der Öffentlichkeit zu benutzen.

Das mobile Gerät sollte klein, leicht und mechanisch robust sein, sollte ein gut lesbares Display besitzen und über eine Akkulaufzeit von mindestens 12 Stunden verfügen, damit es ohne Wiederaufladung einen ganzen Tag benutzt werden kann.

DZ7: Integration aller am Betreuungsprozess beteiligten Bezugspersonen

Sowohl konventionelle Therapiemethoden als auch elektronische Hilfen wie NEUROPAGE integrieren das soziale Umfeld des Patienten in den Betreuungsprozess, was durchaus natürlich ist. Ohne Therapie würde die Betreuungslast vollständig bei den Angehörigen liegen.

Es ist also sinnvoll, die Betreuungsarbeit zu verteilen, womit jede am Betreuungsprozess beteiligte Person entlastet werden würde. Diese Verteilung muss allerdings im Interesse des Patienten koordiniert werden, zum einen um zu verhindern, dass er mehrfach an die gleiche Aufgabe erinnert wird (was bei einer Medikamenteneinnahme sehr kritisch werden kann), zum anderen, um seine Privatsphäre und seine persönlichen Interessen zu schützen.

MEMOS muss demnach den verschiedenen Betreuungspersonen die Möglichkeit geben, Aufgaben für den Patienten zu generieren und über den Status dieser Aufgaben informiert zu werden (siehe 4.2). Gleichzeitig muss sichergestellt werden, dass keine Betreuungsperson die Persönlichkeitsrechte des Patienten verletzt oder unbefugten Zugang zu persönlichen Daten hat.

DZ8: Direkter Kontakt zwischen Therapeut und Patient

Da nicht alle Situationen des Alltags von einem Computer planbar sind, wird es immer Situationen geben, in denen es notwendig ist, dass entweder der Betreuer direkten Kontakt zum Patienten aufnehmen muss, um eine kritische Situation zu klären, oder in denen der Patient irritiert ist und daher mit einem Betreuer reden muss. Demnach sollte der PMA die Möglichkeit bieten, direkt als Mobiltelefon benutzt zu werden. Über eine Notruffunktion ist es leicht möglich, fest vorgegebene Telefonnummern mit wenigen Tastendrücken anzurufen.

DZ9: Senken von Betreuungsaufwand und -kosten

Um MEMOS erfolgreich einsetzen zu können, darf der Aufwand für Betreuer nicht ansteigen. Ein langfristig erfolgreicher Einsatz ist nur möglich, wenn Betreuungsaufwand und -kosten gesenkt werden können.

Der Zugang zum Betreuungssystem muss für Betreuer ohne großen Aufwand möglich sein. Die Wartung des Gedächtnishilfesystems sollte von einem zentralen Punkt aus erfolgen.

4.3. Technische Anforderungen

Die technischen Anforderungen (TA) sind orthogonal zu den Designzielen (Funktionalen Anforderungen), d. h. beide Anforderungsklassen ergänzen sich gegenseitig, auch wenn sie sich nicht direkt bedingen [Bal00].

Eine ideale Anwendung ist nutzlos, wenn sie unzuverlässig arbeitet oder ihr Einsatz unverhältnismäßig teuer ist, genauso wie ein technisch perfektes System nicht einsetzbar ist, wenn es an den Bedürfnissen der Nutzer vorbei entwickelt wurde. Demnach müssen beide Klassen von Anforderungen umgesetzt werden.

Die wichtigsten Systemanforderungen, die bei der Realisierung von MEMOS berücksichtigt werden müssen, sind:

TA1: Zuverlässigkeit,

TA2: Sicherheit,

TA3: Effektive Realisierung und praktikabler Einsatz,

TA4: Flexibilität.

TA 1: Zuverlässigkeit

MEMOS wird von Menschen mit kognitiven Defiziten genutzt. Es muss somit gewährleistet sein, dass das System stabil arbeitet, die Daten konsistent gehalten werden und nicht verloren gehen. Damit MEMOS heutzutage bezahlbar eingesetzt werden kann, müssen unzuverlässige Technologien benutzt werden. Mögliche Ausfälle müssen daher beim Systemdesign berücksichtigt werden.

TA 2: Sicherheit

MEMOS verarbeitet persönliche Daten, die vor dem unberechtigten Zugriff Dritter geschützt werden müssen. Weiterhin muss eine vorsätzliche Manipulation oder eine fahrlässige Beeinträchtigung des Betreuungsablaufes verhindert werden.

TA 3: Effektive Realisierung und praktikabler Einsatz

Die Architektur von MEMOS muss eine effektive Implementierung ermöglichen, das System muss einfach wartbar und erweiterbar sein. Bereits beim Entwurf muss der praktikable Einsatz berücksichtigt werden. Weder Hardware- und Betriebskosten oder ein inakzeptabel hoher Verwaltungsaufwand dürfen den breiten Einsatz vom MEMOS von vornherein beschränken.

TA 4: Flexibilität

MEMOS ist über die gegebenen Anforderungen hinaus als neuropsychologisches Forschungsprojekt angelegt. Es muss also flexible Möglichkeiten bieten, um neue Therapiemethoden zu entwickeln und zu erproben. Da gewonnene Erfahrungen bei der Evaluation des Systems jederzeit zu neuen Nutzeranforderungen führen können, sollte MEMOS flexibel genug sein, diese umzusetzen, ohne ein Redesign zu erfordern.

4.4. Konsequenzen für die Architektur und Funktionsweise von MEMOS

Die beschriebenen Nutzer- und Systemanforderungen implizieren eine grobe Systemarchitektur. Da die exakte Modellierung der Gedächtnishilfe von den groben Architekturentscheidungen abhängt, werden diese im Folgenden beschrieben.

Die Entscheidungen, die als Konsequenz direkt aus den Anforderungen folgen, sind:

- Nutzung eines mobilen Clients,
- Client-Server Architektur mit zentralem Server,
- Nutzung von Mobilfunktechnologien als Basis für die Datenübertragung.

4.4.1. Die grobe Architektur und Funktionsweise

MEMOS verbindet zwei verschiedene Gruppen von Akteuren [Fow98], Patienten und Betreuer (siehe Usecase in Abbildung 4.1). Aus den Designzielen, insbesondere DZ 6 – „Integration in den Alltag des Patienten“ folgt, dass der Patient durch ein mobiles Gerät unterstützt werden muss. Andere Möglichkeiten, wie die Unterstützung des Patienten durch verschiedene fest installierte Terminals in seiner alltäglichen Umgebung, werden durch das gleiche Designziel ausgeschlossen. Für den Betreuer muss der Zugang zum System nicht zwangsläufig über ein mobiles Gerät realisiert werden. In Abhängigkeit des konkreten Szenarios ist es ausreichend, wenn der Betreuer jederzeit alarmiert werden kann und dann die Möglichkeit hat, über ein beliebiges verfügbares Terminal auf MEMOS zuzugreifen.

Die Designziele 1 bis 3 – „Strukturierte, situationsabhängige, patientenbezogene Erinnerungsimpulse“, „Verbindliche Informationen über den Status einer Erinnerung“ und „Erkennen von kritischen Situationen und Alarmierung eines Verantwortlichen“ erfordern, dass der Informationsfluss zwischen Patient und Betreuer bidirektional erfolgt.

Bidirektionale Kommunikation zusammen mit der Forderung nach der Integration in den Alltag des Patienten impliziert, dass die Kommunikation auf Basis von Mobiltelefonie arbeiten muss, da nur die Mobiltelefonie eine ausreichende Erreichbarkeit und eine akzeptable Integration in mobile Endgeräte bei geringen Kommunikationskosten zur Verfügung stellt. Eine Kommunikation auf Basis von WLAN-Technologien erreicht noch nicht die notwendige Flächendeckung, könnte in Zukunft aber interessant werden, da die Kommunikationskosten deutlich geringer ausfallen. Insbesondere mit der Verfügbarkeit von Geräten, die UMTS, GPRS und WLAN integrieren, kann eine Kombination der Technologien interessant werden.

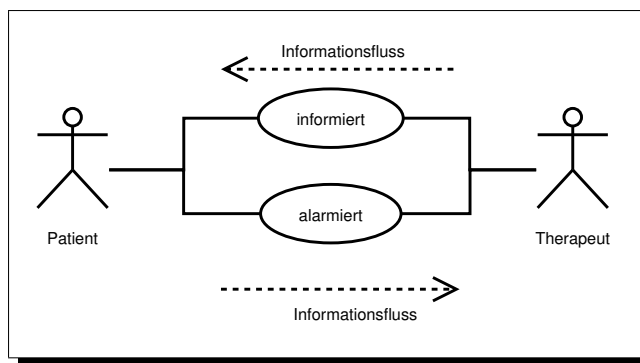


Abbildung 4.1.: Usecase: MEMOS verbindet zwei verschiedene Gruppen von Akteuren. Der Informationsfluss ist bidirektional.

MEMOS muss demnach mobile Endgeräte für den Patienten unterstützen sowie eine mobile Alarmierung des Betreuers erlauben und ihm entweder über ein ebenfalls mobiles oder ein fest installiertes, im Arbeitsbereich des Betreuers verfügbares Terminal Zugang zum System gewähren (siehe Abbildung 4.2). Die mobilen Endgeräte für den Patienten werden im Kontext von MEMOS *Personal Memory Assistant* (PMA) genannt.

Die Funktionalität des Systems muss entweder vollständig in den Zugangspunkten (Peer-to-Peer-Architektur) oder aber in den Zugangspunkten und einer zwischengeschalteten Koordinatorinstanz (Client-Server-Architektur) implementiert sein. Eine zentral verwaltete Koordinatorinstanz,

in welcher der geschäftskritische Teil der Anwendung implementiert ist, ist einer vollständigen Verteilung der Logik aus folgenden Gründen vorzuziehen:

1. Die mobile Kommunikation zwischen PMA und Betreuer kann nicht permanent garantiert werden, daher ist für jeden Akteur eine zuverlässige Stellvertreterinstanz zu realisieren, mit der sich der PMA bzw. Therapeut synchronisiert.
2. Eine zentrale Instanz kann zentral gepflegt und abgesichert werden. Durch redundante Strukturen und eine geeignete Backupstrategie kann das Risiko eines Systemausfalles mit Datenverlust deutlich minimiert werden.
3. Webbrowser gehören mittlerweile zur Standardsoftware von PCs und verfügen somit über eine standardisierte Technologie, um auf Daten im Internet zuzugreifen. Verlagert man die Zugangstechnologie für die Betreuer vollständig in die zentrale Komponente und ermöglicht einen webbasierten Zugriff, so kann von jedem beliebigen Rechner aus mit MEMOS gearbeitet werden, ohne dort Zugangssoftware zu konfigurieren und zu pflegen.
4. Die Integration einer heterogenen Betreuergruppe in den Behandlungsprozess erfordert eine Koordination zwischen den verschiedenen Betreuern, was dezentral durch eine Peer-to-Peer (P2P) Architektur prinzipiell zwar möglich ist, aber z. B. in den Bereichen Zuverlässigkeit und Datenschutz zusätzliche Probleme erzeugt. Da die einzelnen Peers als unzuverlässig anzusehen sind, müsste das ganze verfügbare Wissen über viele Peers verteilt, dort aber vor nicht autorisierten Benutzern verborgen werden. Zusätzlich verstößt dieser Ansatz gegen ein entscheidendes Grundprinzip des in Deutschland geltenden Datenschutzrechtes, der Datenvermeidung [Mei04], und es ist fraglich, ob ein derartiges Gedächtnishilfesystem überhaupt betrieben werden dürfte. Abgesehen davon müsste verhindert werden, dass alle Nutzer ihre Peer nachts abschalten, da das ganze System in dieser Zeit nicht funktionstüchtig wäre. Mit einem zentralistischen Ansatz lassen sich diese Probleme vermeiden bzw. deutlich einfacher lösen.

Aufgrund dieser Argumente wurde die Designentscheidung getroffen, dass eine permanent verfügbare Koordinatorinstanz (*Basisystem*) im Gedächtnishilfesystem verfügbar sein muss. Das Basissystem koordiniert alle geschäftskritischen Abläufe, stellt die Daten für die PMAs bereit, garantiert das Erkennen von kritischen Situationen sowie das Alarmieren der zugehörigen Betreuer und gewährt ihnen einen webbasierten sicheren Zugriff auf die Betreuungsdaten. Verbindendes Element zwischen Basisstation und PMA ist ein Modell für die Speicherung, Verarbeitung und Verwaltung der einzelnen Aufgaben, das *Taskmodell*.

Die in den nächsten Abschnitten beschriebenen Szenarien und Designentscheidungen gehen von dieser groben Architektur aus und werden sie verfeinern bzw. genauer spezifizieren.

4.5. Fazit

Eine patientengerechte Gedächtnishilfe kann nur durch ein interaktives, zuverlässiges System realisiert werden, welches mit strukturierten, situationsabhängigen Erinnerungsimpulsen Patienten auch durch komplexere Handlungen leiten kann und sich dabei sowohl flexibel an die Bedürfnisse und Fähigkeiten des Patienten anpassen lässt als auch einen effizienten Betreuungsprozess erlaubt. Das System muss dem Patienten und den Betreuern ausreichend Planungsfreiheit gewähren und gleichzeitig verbindlich dafür sorgen, dass kritische Situationen erkannt werden und ein Betreuer benachrichtigt wird. Dieser muss über einen in der Gedächtnishilfe integrierten Kanal Verbindung

4. Funktionale und technische Anforderungen an eine patientengerechte Gedächtnishilfe

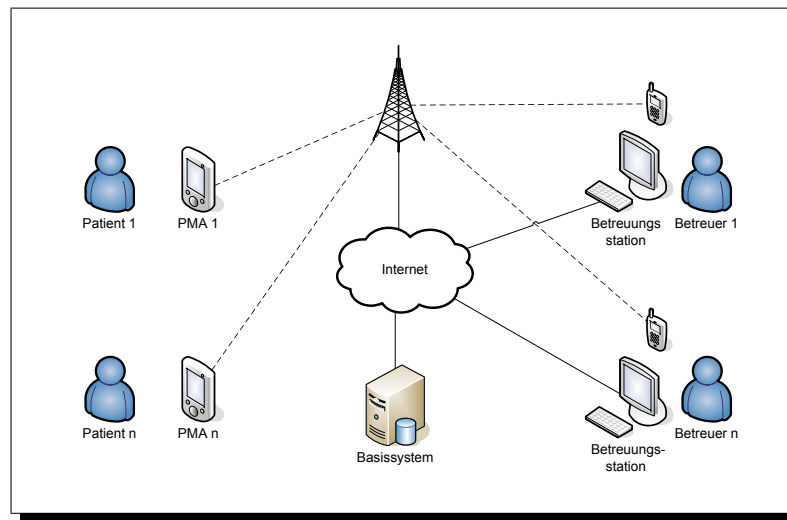


Abbildung 4.2.: Die grobe Architektur von MEMOS. Zentrale Komponente ist das Basissystem, welches die Aktionen aller Patienten und Betreuer koordiniert. Die Patienten sind mit einem mobilen Gerät (PMA) ausgerüstet, dass über Mobilfunk mit dem Basissystem kommuniziert.

zum Patienten aufnehmen können, um die kritische Situation aufzulösen.

5. Modellierung

5.1. Einleitung

5.1.1. Motivation

In MEMOS beschränkt sich das Darstellen und Verwalten von Erinnerungsaufgaben nicht auf simple Erinnerungen. Jede Aufgabe ist ein strukturierter und interaktiver Prozess, bei dem in Abhängigkeit von der Patientenreaktion unterschiedliche Informationen angezeigt werden müssen (DZ 1). Ein solcher Erinnerungsprozess wird im Kontext von *MEMOS Task* genannt. Die grundlegende Komponente von MEMOS ist das Taskmodell, welches die Struktur des Erinnerungsprozesses festlegt und die verteilte Verwaltung und patientengerechte Verarbeitung der Tasks ermöglicht.

Ein Task muss alle Daten enthalten, damit einem Patienten zur rechten Zeit die gewünschten Informationen angezeigt werden können. Weiterhin müssen in jedem Task auch Informationen enthalten sein, die es erlauben, auf bestimmte Ereignisse des Gedächtnishilfesystems angemessen zu reagieren. Abbildung 5.1 zeigt die Aspekte, die den Erinnerungsprozess beeinflussen.

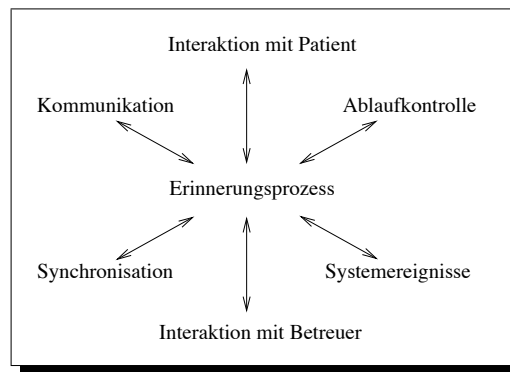


Abbildung 5.1.: Der Erinnerungsprozess wird von mehreren Faktoren beeinflusst

Eine Reaktion auf ein Ereignis kann in Abhängigkeit der Situation sehr verschieden ausfallen:

- Verarbeiten der Patienteneingabe,
- Verschieben oder Vorziehen von Aufgaben,
- Erneutes Benachrichtigen des Patienten,
- Auslösen eines Alarms,
- Umgang mit Verbindungsproblemen,
- Synchronisation des PMAs mit dem Basissystem.

Das Taskmodell muss festlegen, welche Situationen berücksichtigt werden und wie in welcher Situation reagiert werden muss. Weiterhin muss es Strukturen zur Darstellung der Erinnerungsin-

formationen und Mechanismen zur Synchronisation zwischen den verschiedenen Systemkomponenten definieren.

Wie bei jedem Modell ist es wichtig, die für den eigentlichen Prozess relevanten Merkmale zu abstrahieren und unwichtige Merkmale zu vernachlässigen. Darüber hinaus muss mit der Festlegung auf ein Modell ein Kompromiss zwischen *Mächtigkeit*, *Fehleranfälligkeit*, *Flexibilität* und *Umsetzbarkeit* getroffen werden. Sicherlich muss das Taskmodell mächtig genug sein, um alle relevanten Merkmale des Betreuungsprozesses zu repräsentieren, aber wesentlich wichtiger ist die Minimierung der Fehleranfälligkeit, da im Mittelpunkt von MEMOS die Betreuung von Menschen steht. Würde MEMOS zu viele Situationen zulassen, die für den Betreuer oder Patienten nicht nachvollziehbar sind und bei denen nicht festgestellt werden kann, ob sie für den Patienten unter Umständen kritisch sind, hätte das System keine Chance, im realen Betreuungsprozess eingesetzt zu werden. Ein Beispiel dafür ist das folgende Szenario.

Primäres Ziel des Tasks Medikamenteneinnahme ist es, den Patienten an die Einnahme des Medikaments erfolgreich zu erinnern. Allerdings genauso wichtig ist die Nachvollziehbarkeit der Aufgabe für den Betreuer. Unbestimmte Zustände sind in einer solchen Situation gefährlich, denn hat der Patient das Medikament eingenommen und wird ein zweites Mal daran erinnert, so nimmt er vielleicht eine zu hohe Dosis zu sich. Wird er aber nicht erinnert, so nimmt er das Medikament vielleicht überhaupt nicht ein, was bei einigen Medikamenten ebenfalls negative Folgen haben kann.

Da MEMOS als Forschungsplattform entwickelt wird, muss das Taskmodell genügend Flexibilität besitzen, um verschiedene Therapieszenarien untersuchen zu können. Weiterhin muss das Taskmodell zu einem mit vertretbarem Aufwand technisch realisierbarem und ausgereiftem Betreuungssystem führen, da mit funktionalen Prototypen keine ernsthafte Evaluation mit gedächtnisgestörten Patienten möglich ist.

5.1.2. Modellierungsziele und Vorgehensweise

In Abhängigkeit seines Wissens, seiner Erfahrung und seiner Intentionen stehen einem Menschen durch kognitive Prozesse verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, Umweltreize zu verarbeiten und durch verschiedene Handlungen auf seine Umwelt zu reagieren. Das Ergebnis dieser Handlungen kann sowohl die Umwelt als auch wiederum Wissen, Erfahrung und Intentionen des Menschen verändern. Die Menge an Verarbeitungs-, Entscheidungs- und Handlungsmöglichkeiten sowie die Auswirkungen auf die Umwelt und den einzelnen Menschen sei *natürliches Handlungsuniversum* genannt. Bei Menschen mit kognitiven Defiziten ist dieses Handlungsuniversum deutlich eingeschränkt.

Ziel einer Gedächtnishilfe ist es, diese Einschränkungen zu kompensieren und das ursprüngliche Handlungsuniversum wieder herzustellen bzw. ein für den Menschen adäquates Handlungsuniversum zu erzeugen. Das Handlungsuniversum eines (kognitiv beeinträchtigten) Menschen, welcher eine Gedächtnishilfe benutzt, sei *synthetisches Handlungsuniversum* genannt. Natürliches und synthetisches Handlungsuniversum überlappen sich, überdecken sich aber nicht vollständig, da keines eine Teilmenge des anderen ist.

Eine elektronische Gedächtnishilfe kann ihrem Nutzer schnellen Zugriff auf für den Nutzer unbekanntes Wissen bieten und somit sein Handlungsuniversum erweitern.

Mit dem heutigen Stand der Technik hingegen ist es nicht möglich, unbekannte Situationen zuverlässig zu klassifizieren und adäquate Handlungsstrategien zu entwickeln. Ein Mensch, welcher durch eine Hirnschädigung diese Fähigkeit verloren hat, kann auch mit Hilfe einer Gedächtnishilfe diese Fähigkeit nicht wieder vollständig erlangen und bleibt in seinem Handlungsuniversum eingeschränkt.

Fernes Ziel bei der Entwicklung elektronischer Gedächtnishilfen ist allerdings, dass das synthetische Universum das natürliche vollständig überdecken kann.

Ausgehend von den Designzielen und Systemanforderungen im Kapitel 4 muss das Ziel bei der Entwicklung einer elektronischen Gedächtnishilfe sein, das System so zu modellieren, dass die Überlappung zwischen synthetischem und natürlichem Handlungsuniversum zum einen für die Behandlung eines Patienten **sinnvoll** ist und zum anderen das modellierte System auch **praktisch realisierbar** bleibt.

Da die Sinnhaftigkeit des modellierten Systems ein sehr unscharfer Begriff ist und weder formal erfasst, noch bewiesen werden kann, werden im Weiteren Betreuungsszenarien formuliert (siehe Abschnitt 5.2). Sind diese Szenarien in MEMOS zusammen mit den Designzielen und Systemanforderungen umgesetzt, so entspricht das System den Anforderungen der Nutzer und die Sinnhaftigkeit sei erfüllt. Ergänzend können die Ergebnisse der Erprobung hinzugezogen werden. Die Realisierbarkeit kann zum einen durch die Erprobungsergebnisse nachgewiesen werden, siehe Kapitel 10. Zum anderen sollten die entwickelten Modelle formal beschrieben und ihre Korrektheit, soweit möglich, bewiesen werden (Abschnitt 6.4 und 6.5).

5.2. Betreuungsszenarien

Die im Folgenden beschriebenen Szenarien sind Produkt der Kooperation mit der Tagesklinik für kognitive Neurologie, wobei sie für diese Arbeit vom Autor aufbereitet und systematisiert wurden. Die einzelnen Parameter der Szenarien, wie z. B. die Festlegung, dass jede Teilaufgabe ohne Blättern auf einer Bildschirmseite dargestellt werden kann, basieren, so nicht anders angegeben, auf den Erfahrungen der Neuropsychologinnen der TK oder auf Annahmen, die aufgrund allgemein bekannten Wissens getroffen wurden.

Die Formulierung der Betreuungsszenarien entspricht im Prozess der objektorientierten Softwareentwicklung [Fow98] der Modellierungsphase und kann als Formulieren von Use Cases aufgefasst werden.

5.2.1. Ausgangsszenario

Der PMA erinnert mit einem akustischen Alarm und optional einem Vibrationsalarm den Patienten an eine bevorstehende Aufgabe. Dazu werden dem Patienten einfache und leicht verständliche Informationen angezeigt, welche er durch das Drücken von Tasten bestätigen muss, worauf die nächste Informationseinheit angezeigt wird.

Die anzuzeigenden Informationseinheiten (Teilaufgaben) müssen aussagekräftig genug sein, um einen Teilschritt einer Aufgabe zu beschreiben, und kompakt genug, um auf eine Bildschirmseite

des PMAs zu passen. Scrolling durch zu lange Informationen ist zu vermeiden, da es den Patienten mehr verwirrt, als es ihm nutzt.

Da neben der Bestätigung einer Teilaufgabe auch andere Reaktionsmöglichkeiten vorgesehen sind und der Kontext der Knöpfe nicht von vornherein exakt festgelegt werden kann, sind die Knöpfe als „Softbuttons“ mit variabler Beschriftung auf dem Touchscreen zu realisieren.

Ein Beispiel dafür ist das folgende Szenario.

Ein Patient soll erinnert werden, einen externen Termin wahrzunehmen. Dazu muss er zuerst alle für den Termin relevanten Dinge einpacken und dies bestätigen, danach muss er bestätigen, Schlüssel, Geld und Ausweis bei sich zu haben, bevor er aufgefordert wird, das Haus zu verlassen. Weiterhin kann der PMA Informationen anzeigen, welche Verkehrsmittel zu nutzen sind und wo der Patient gegebenenfalls umsteigen muss.

5.2.2. Verschieben von Aufgaben

Elektronische Gedächtnishilfen lassen nur eine zeitbasierte Erinnerung des Patienten zu. Viele Aufgaben sind zeitbasiert oder lassen sich in eine zeitbasierte Aufgabe umwandeln. Daher ist es wichtig, dem Patienten einen flexiblen Umgang mit zeitgebundenen Aufgaben zu ermöglichen.

Wird eine Aufgabe gestartet, kann der PMA dem Patienten anbieten, diese zu verschieben, falls der Patient gerade anderweitig beschäftigt ist und nicht unterbrochen werden möchte. Der PMA hat sicherzustellen, dass die Erfüllung aller Aufgaben durch die Verschiebung nicht gefährdet wird. Die Verschiebungsintervalle sind intuitiv zu wählen, um den Patienten nicht zu verwirren, und sollten prinzipiell eine kurz-, mittel- und langfristige Verschiebung ermöglichen. Eine Verschiebung darf vom PMA nur angeboten werden, falls diese überhaupt möglich ist. Aufgaben können nur zu Beginn verschoben werden, um ihre Konsistenz zu wahren. Weiterhin können sie nur innerhalb des aktuellen Tages verschoben werden (siehe Abschnitt 5.3).

Ein Patient hat eine Überweisung auf der Bank zu erledigen, wird aber von jemandem angerufen und möchte erst dieses Telefonat zu Ende führen. Da die Aufgabe sich sinnvollerweise über den ganzen Tag verschieben lässt, wird dem Patienten diese Möglichkeit angeboten. Bei der Verschiebung berücksichtigt der PMA die Öffnungszeiten und die Wegstrecke zur Bank, damit der Patient nicht außerhalb der Öffnungszeiten bei der Bank eintrifft.

5.2.3. Vorziehen von Aufgaben

Hat der Patient freie Zeit und möchte eine für den Tag eingeplante Aktivität vorziehen, so kann er über eine Tagesübersicht eine Aufgabe auswählen, die zum aktuellen Zeitpunkt ausführbar ist. Analog zum Verschieben von Aufgaben stellt der PMA sicher, dass die Erfüllung aller auf dem PMA gespeicherten Aufgaben möglich bleibt und nur Aufgaben vorziehbar sind, die nicht mit der nächsten regulären Aufgabe kollidieren.

Aufgaben, die zu einem festgelegten Zeitpunkt ausgeführt werden müssen, wie eine Medikamenteneinnahme oder ein Arztbesuch, lassen sich nicht vorziehen.

5.2.4. Eingabe neuer Aufgaben

Der Patient muss die Möglichkeit haben, neue Aufgaben zu starten bzw. sich in bestimmten Situationen Notizen speichern zu können, die an das Starten neuer Aufgaben erinnern.

Das direkte Starten einer Aufgabe auf dem PMA ist vor allem durch die sehr komplizierte Eingabe durch Stift oder Mini-Tastatur nicht sinnvoll. Günstiger ist es, wenn der Patient alle notwendigen Informationen sofort als akustische Notiz auf den PMA aufsprechen kann [vdBDJ+00]. Da es zum aktuellen Stand der Technik nicht möglich ist, die Spracheingabe zu 100% zuverlässig zu verarbeiten, und da bei vielen Aufgaben Weltwissen nötig ist, um eine entsprechende Erinnerung zu generieren, können die akustischen Notizen nicht automatisch verarbeitet werden, sondern müssen von einem Betreuer oder dem Patienten selbst abgehört und über ein Eingabeformular an einer Workstation in das Betreuungssystem eingegeben werden.

5.2.5. Abbrechen und Scheitern einer Aufgabe

Dem Patienten soll bei jeder Aufgabe die Möglichkeit gegeben werden, die Ausführung auf eigenen Wunsch definiert abbrechen zu können. Dies soll auch bei wichtigen Aufgaben, wie „Medikamenteneinnahmen“, möglich sein. Eine doppelte Abfrage soll vor Fehlbedienungen schützen. Eine abgebrochene Aufgabe gilt als gescheitert und kann nicht erneut ausgeführt werden. Wird eine Aufgabe als „kritisch“ markiert, dann wird das Scheitern den Betreuern sofort mitgeteilt.

Die Option zum Abbruch muss immer gegeben sein. Angenommen es gäbe diese nicht und ein Patient möchte eine Aufgabe auf keinen Fall durchführen, dann wäre er gezwungen, durch positive Bestätigungen das System zu belügen, um nicht mehr von dem PMA an eine Aufgabe erinnert zu werden. Das bedeutet, dass eine gescheiterte Aufgabe als erfolgreich markiert wurde und die Betreuer keine Möglichkeit haben, das Problem zu erkennen und darauf zu reagieren.

Der PMA muss dem Patienten bei bestimmten Teilaufgaben die Möglichkeit geben, positiv und negativ auf eine Information zu reagieren, womit es möglich ist zu erfassen, ob eine Teilaufgabe erfolgreich abgeschlossen werden konnte und der nächste Teilschritt durchgeführt werden kann. Wird ein Teilschritt negativ bestätigt, hängt es von der Art der Aufgabe ab, ob fortgefahren wird oder die Aufgabe als gescheitert markiert wird.

Bei gescheiterten kritischen Aufgaben werden umgehend die Betreuer benachrichtigt.

Soll ein Patient z. B. wichtige Dokumente einpacken, die zu einer Behörde gebracht werden müssen, so macht der zweite Teilschritt keinen Sinn, wenn die Dokumente nicht gefunden werden. In diesem Fall ist es wichtig, den ersten Teilschritt abubrechen, damit der Betreuer die Möglichkeit hat, andere Schritte zur Lösung des Problems einzuleiten, wie eine Rückfrage beim Patienten oder seinen Angehörigen und ein erneutes Starten der Aufgabe.

5.2.6. Rückführung zur Aufgabe

Wird der Patient während einer Aufgabe abgelenkt und reagiert innerhalb eines vorgegebenen Zeitrahmens nicht auf eine Teilaufgabe, so muss der PMA den Patienten erneut alarmieren, um ihn so auf die laufende Aufgabe aufmerksam zu machen. Dies muss der PMA ggf. einige Male wiederholen. Reagiert der Patient in dieser Zeit nicht (Timeout), so wird für die aktuelle Teilauf-

gabe die ungünstigste Eingabe angenommen und entsprechend dieser Eingabe mit der Aufgabe fortgefahren. Häufig wird dieser Mechanismus sicherlich nur genutzt werden, um die Aufgabe in einen kritischen Zustand zu überführen und zu beenden.

Eine Aufgabe besteht aus einem optionalen Voralarm, der dem Patienten die eigentliche Aufgabe ankündigen soll, um ihm die Möglichkeit zu geben, sich auf die Aufgabe vorzubereiten (z. B. passende Kleidung auszuwählen, ggf. Frisur korrigieren oder ähnliches), und einem verbindlichen finalen Alarm, bevor der Patient das Haus verlassen muss. Wird der Präalarm nicht bestätigt, kann mit der Aufgabe fortgefahren werden, bei einem Nichtbestätigen des finalen Alarms sollte die Aufgabe abgebrochen werden.

Die Alarmierung hat in einer Art und Weise zu erfolgen, dass der Patient zum einen zuverlässig benachrichtigt wird, zum anderen aber sich durch den PMA nicht genervt fühlt ist, sollte er nicht sofort reagieren können.

Eine sinnvolle Wiederholrate ist z. B. für die erste Teilaufgabe einer Erinnerung: Wiederholung 1 mal pro Minute, Dauer 5 Minuten, bevor zur nächsten Information übergegangen wird. Wurde eine vorherige Information direkt bestätigt und setzt die aktuelle Information eine längere Handlung voraus, dann müssen sich die Zeiteinstellungen natürlich entsprechend den gegebenen Erfordernissen anpassen lassen.

5.2.7. Automatisches Verschieben

Wird eine Aufgabe gestartet und für die erste Teilaufgabe tritt ein Timeout auf (siehe Abschnitt 5.2.6), so kann die Aufgabe, falls sie sich noch gültig verschieben lässt, automatisch nach hinten verschoben werden, um zu einem späteren Zeitpunkt automatisch oder vom Patienten manuell gestartet zu werden. Kann eine Aufgabe nicht automatisch nach hinten verschoben werden, so wird sie als gescheitert markiert.

Eine Aufgabe darf nur während der ersten Teilaufgabe einer Erinnerung automatisch verschoben werden, um ihre Konsistenz zu wahren. Reagiert ein Patient während der Ausführung einer Aufgabe plötzlich nicht mehr und würde die Aufgabe automatisch verschoben werden, so müsste diese Aufgabe mit der letzten angezeigten Teilaufgabe fortgesetzt werden. Abgesehen von der Tatsache, dass es bei der späteren Ausführung für den Patienten schwer ist, den Kontext der Aufgabe nachzuvollziehen, besteht das Problem festzustellen, ob die letzte Teilaufgabe ausgeführt wurde oder nicht. Handelt es sich dabei um eine Medikamenteneinnahme, kann dies bedeuten, dass der Patient unter Umständen das Medikament zweimal eingenommen hat.

5.2.8. Die Wahrung zeitlicher Randbedingungen

Maximale Dauer einer Aufgabe

Für jede Aufgabe ist zwischen dem *Ausführungsintervall* und dem *Gültigkeitsintervall* zu unterscheiden. Die Ausführungsintervalle zweier Aufgaben dürfen sich nicht überlappen, damit gewährleistet ist, dass jede Aufgabe regulär ausgeführt werden kann. Um beim Erstellen des Tagesplans sowie beim Verschieben oder Vorziehen von Aufgaben Kollisionen zu verhindern, muss für jede Aufgabe vom PMA die Ausführung innerhalb des Ausführungsintervalls sichergestellt werden. Das Ausführungsintervall muss kleiner oder gleich dem Gültigkeitsintervall sein.

Die Erinnerung, eine Banküberweisung vorzunehmen, ist sinnvoll zwischen 9⁰⁰ Uhr und 17¹⁵ Uhr ausführbar (Gültigkeitsintervall), dennoch darf diese Aufgabe nicht die gesamte Zeitspanne blockieren. Wurde sie einmal gestartet, sollte sie in 45-60 Minuten abgeschlossen werden (Ausführungsintervall).

Verhindern von zeitlichen Inkonsistenzen

Es ist denkbar, dass der Patient eine Aufgabe abbrechen will, die zweite Rückfrage aber verneint und so wieder zur ursprünglichen Teilaufgabe zurückkehrt. Theoretisch ist es denkbar, dass durch ein ständiges Wiederholen dieser beiden Aktionen in eine Endlosschleife gesprungen wird und somit die korrekte Funktion des PMA gefährdet ist.

Auch wenn durch die Sicherung der maximalen Ausführungsdauer garantiert ist, dass andere Aufgaben nicht beeinflusst werden, so ist es möglich, dass durch Hin-und-Her-Springen zwischen Teilaufgaben nicht mehr genügend Zeit für die eigentliche Ausführung zur Verfügung steht und die Aufgabe abgebrochen wird. Unter Umständen führt der Patient die Aufgabe selbstständig zu Ende, was dazu führt, dass der Status einer erfolgreichen Aufgabe als gescheitert geführt wird.

Der PMA muss somit auch für Teilaufgaben eine maximale Ausführungszeit sicherstellen um zu vermeiden, dass eine Teilaufgabe die gesamte zur Verfügung stehende Zeit verbraucht.

5.2.9. Verbergen der technischen Komplexität

Garantieren von Antwortzeiten und Kompensieren von Verbindungsproblemen

Technische Probleme des Systems, insbesondere Probleme mit dem Empfangen und Senden von Daten, müssen vor dem Patienten verbergen werden, um ihn nicht zusätzlich zu verwirren. Um (temporäre) Verbindungsprobleme zwischen PMA und dem Basissystem von MEMOS kompensieren zu können und um konstante Antwortzeiten auf Patienteneingaben zu garantieren, ist es nötig, alle zu einer Aufgabe gehörenden Teilaufgaben im Voraus auf den PMA zu laden.

Akkumanagement

Da die Akkus des PMAs regelmäßig (einmal pro Tag) aufgeladen werden müssen und sich dieser technische Aspekt nicht vor dem Patienten verbergen lässt, müssen die durch den Ladeprozess gegebenen Fehlerquellen minimiert werden. Dazu sind vier Schritte notwendig:

1. **Training des Patienten:** Der Patient muss bereits beim Training mit der Problematik vertraut gemacht werden und entsprechend geschult werden.
2. **Einbetten in den Tagesplan:** Eine der letzten Aufgaben des Tages sollte die Erinnerung sein, den PMA an das Ladegerät anzuschließen, damit er über Nacht aufgeladen und somit den ganzen nächsten Tag über genutzt werden kann.
3. **Angemessenes Signalisieren des Ladestandes:** Der Patient muss die Möglichkeit haben, eine aktuelle Aufgabe zu Ende zu führen, bevor er aufgefordert wird, den PMA aufzuladen.

Die Aufgabe zum Wiederaufladen darf nicht verschoben werden.

4. **Ausschluss von Fehlbedienungen:** Der PMA muss signalisieren, wenn er korrekt angeschlossen ist und aufgeladen wird. Dies wird erreicht, indem die Erinnerung, den PMA aufzuladen, nicht manuell bestätigt wird, sondern nur dadurch beendet werden kann, dass der PMA einen korrekten Ladevorgang erkennt.

5.2.10. Notruf

Wenn der Patient psychisch oder physisch in Not gerät, muss er immer die Möglichkeit haben, über eine Notruffunktion eine Sprachverbindung zu einem Betreuer aufzubauen, damit dieser das Problem direkt mit dem Patienten lösen bzw. Hilfe einleiten kann.

Die Sprachverbindung muss sich unabhängig vom Zustand der aktuellen Aufgabe aufbauen lassen und über einen fest zugeordneten Hardwarebutton zu aktivieren sein. Um Fehlbedienungen zu vermeiden, ist es akzeptabel, einen Rückfragedialog einzubauen. Somit kann durch zwei Knopfdrücke der Betreuer erreicht werden.

5.2.11. Zeitlich verteilte Aufgaben

Eine große Aufgabe kann aus mehreren voneinander abhängigen, aber zeitlich verteilten Teilaufgaben bestehen, wie z. B. aus dem Packen einer Reisetasche und der Aufforderung, das Haus zu verlassen. Dabei kann zwischen dem Packen und dem Verlassen des Hauses durchaus ein größerer Zeitraum liegen, in dem noch andere Aufgaben ausgeführt werden müssen. In Abhängigkeit des Erfolges des ersten Teilaufgabe kann es notwendig sein, dass die darauf folgende Aufgabe anders gestaltet sein muss bzw. überflüssig wird. Wenn der Patient sich entscheidet, die Tasche nicht zu packen, macht die zweite Erinnerung keinen Sinn, die Aufgabe ist gescheitert.

Es ist wünschenswert, wenn der PMA die verteilte Ausführung von zusammenhängenden Teilaufgaben unterstützt und dabei in Abhängigkeit des Ergebnisses einer Teilaufgabe einen unterschiedlichen Verlauf der nachfolgenden Teilaufgabe erlaubt.

5.3. Kompromisse und nicht umgesetzte Szenarien

Um die Realisierbarkeit und den zuverlässigen Betrieb von MEMOS gewährleisten zu können, mussten einige Kompromisse eingegangen werden bzw. konnten einige Betreuungsszenarien von vornherein nicht umgesetzt werden. Die im Folgenden beschriebenen Szenarien hätten aufgrund ihrer Mächtigkeit dazu geführt, dass MEMOS im Rahmen der Projektressourcen nicht erfolgreich hätte realisiert werden können.

5.3.1. Ausführen von zeitlich parallelen Aufgaben

Ein Patient soll eine längere Fahrt mit einem Zug unternehmen. Während der Fahrt soll er mehrere kleinere unabhängige Aufgaben, wie eine Medikamenteneinnahme und einen Anruf, durchführen. Die Aufgaben sind voneinander unabhängig und beeinflussen sich nicht. Die anzurufende Person kann nicht erreicht werden, und die Anruftaufgabe verschiebt sich über den Zeitraum der Zugfahrt hinaus.

Das Ausführen von sich zeitlich überlappenden, voneinander unabhängigen Aufgaben kann sinnvoll sein und das Betreuungsszenario bereichern.

Leider birgt dieser Ansatz auch sehr viel Konfliktpotential, da die meisten Aufgaben nicht völlig unabhängig voneinander sind. Jede Aufgabe ist nur in einem bestimmten Raum-Zeit-Situationskontext (Kontext) sinnvoll durchführbar. Außerhalb dieses Kontextes ist die Ausführung der Aufgabe unter Umständen nicht realisierbar bzw. sinnlos und manchmal sogar absurd oder führt den Patienten in eine kritische Situation.

Die Aufgabe „Zugfahren“ und „Medikamenteneinnahme“ in dem beschriebenen Szenario sind nicht voneinander unabhängig. Wird morgens vergessen, die Medikamente für den Tag einzupacken, kann die Medikamenteneinnahme nicht erfolgreich durchgeführt werden und führt den Patienten bei kritischer Medikamentierung möglicherweise in eine lebensbedrohliche Situation.

Der Patient verschiebt die Aufgabe „Blumen gießen“ auf den Nachmittag, hat dort aber einen Arzttermin. Während er im Wartezimmer sitzt, erhält der Patient die Erinnerung, Blumen zu gießen. Sehr wahrscheinlich erkennt der Patient die absurde Aufforderung und wird der Gedächtnishilfe in Zukunft deutlich weniger vertrauen.

Will man das Überlappen von Aufgaben erlauben, so muss in dem Taskmodell unbedingt der Kontext einer jeden Aufgabe explizit berücksichtigt werden. Ein simples Beispiel ist „Zum Blumen gießen muss man sich zu Hause befinden.“. Deutlich komplizierter wird die Situation schon bei der Medikamenteneinnahme:

- „Für die Medikamenteneinnahme braucht man Medikamente.“,
- „Medikamente sind zu Hause“
- „Medikamente lassen sich transportieren.“.

Wenn ein Patient mittags seine Medizin einnehmen muss, zur gleichen Zeit sich aber auf dem Weg zu einem externen Termin befindet, so müsste der PMA in der Lage sein, den Konflikt zu erkennen und den Patienten auffordern, vor Verlassen des Hauses seine Medizin einzupacken.

Geht man davon aus, dass ein Patient bereits einen gültigen Tagesplan hat, möchte diesen aber durch Verschieben von Aufgaben (siehe Absatz 5.2.2) umstellen, müsste der PMA entweder durch intelligente Planungsalgorithmen und ein angemessenes Weltmodell sicherstellen, dass wieder ein gültiger Tagesplan entsteht, oder aber es werden keine Abweichungen vom einmal erstellten Tagesplan zugelassen.

Systeme wie AUTOMINDER und PEAT (siehe Abschnitt 3.6/3.5) unterstützen eine einfache Planung und besitzen demnach ein Weltmodell. In beiden Fällen ist das Modell sehr einfach gehalten.

Zudem ist bei AUTOMINDER der Einsatzbereich faktisch auf die Wohnung bzw. das Heim des Patienten beschränkt.

Der Einsatzbereich für MEMOS ist aber die Stadt und das Umland, indem der Patient lebt, und die Einsatzsituation ist der Alltag des Patienten. Es überschreitet den aktuellen Stand der Wissenschaft, für dieses Einsatzgebiet Planungsalgorithmen [Pol02] und -modelle zu entwickeln sowie sicherzustellen, dass immer sinnvolle und für den Patienten ungefährliche Tagespläne entstehen.

Unter der Berücksichtigung dieser Argumente wurde für MEMOS entschieden, das Ausführen von zeitlich parallelen Aufgaben zu verbieten. Weiterhin wurde in diesem Zusammenhang festgelegt, dass nur der zeitliche Kontext einer Aufgabe berücksichtigt wird.

Diese Entscheidung ist sicherlich eine deutliche Einschränkung, aber ohne diese Entscheidung wäre es unmöglich gewesen, ein praktisch einsetzbares System zu entwickeln und noch während der Projektlaufzeit zu evaluieren.

5.3.2. Automatisches Behandeln von gescheiterten Aufgaben

Wenn eine Aufgabe scheitert, so kann es sinnvoll sein, dass das Betreuungssystem dieses Scheitern automatisch auswertet und gegebenenfalls Aktionen startet, um die so entstandene kritische Situation aufzulösen.

So kann z. B. ein Arzt automatisch verständigt werden, dass der Patient den Termin nicht einhalten kann, oder eine Erinnerung für einen der nächsten Tage erneut gestartet werden.

Denkbar wäre auch das Starten von Auffangaufgaben, um dem Patienten eine Anleitung zur Auflösung der kritischen Situation zu geben.

Die Aufgabe „Arztbesuch“ ist gescheitert, weil der Patient den Termin nicht wahrnehmen konnte. Das Scheitern der Aufgabe wird vom System erkannt, welches automatisch den Arzt benachrichtigt sowie in einer weiteren Aufgabe den Patienten auffordert, den Arzt anzurufen um einen neuen Termin zu vereinbaren.

Für dieses Szenario gilt im Prinzip das Gleiche, wie für das in Absatz 5.3.1 (*Ausführen von zeitlich parallelen Aufgaben*) Gesagte. Für einfache (dann meist auch unwichtigere Aufgaben) ließe sich dieses Szenario umsetzen, bei komplexeren Aufgaben ist es sehr kompliziert, Automatismen in das Gedächtnishilfesystem zu integrieren, welche verlässlich arbeiten und garantiert nicht zu undefinierten Betreuungszuständen führen.

Daher wurde für MEMOS festgelegt, in kritischen Situationen einen zuständigen Betreuer zu alarmieren und diesem somit die Verantwortung für das Auflösen der kritischen Situation zu übertragen (siehe Abschnitt 4.2).

Für eine Weiterentwicklung von MEMOS ist es allerdings denkbar, eine hybride Strategie zu verfolgen, und für Aufgaben, die eigene Behandlungsmethoden für kritische Situationen unterstützen, diese zu nutzen und bei allen anderen kritischen Aufgaben den Betreuer zu benachrichtigen.

5.3.3. Beschränkung der Gültigkeit von Aufgaben auf einen Tag

Das Taskmodell von MEMOS sollte berücksichtigen, dass sehr viele alltägliche Aufgaben in einem größeren Zeitintervall sinnvoll durchführbar sind. Einschränkend können sich allerdings Arbeits-

tage und Öffnungszeiten auswirken.

Das Bezahlen einer Rechnung muss in der Regel innerhalb von 14 Tagen erfolgen, kann allerdings nur werktags innerhalb der Öffnungszeiten der Bank durchgeführt werden.

Die ersten PMA-Modelle von MEMOS hatten stark eingeschränkte Ressourcen und eine unzureichende Zuverlässigkeit (siehe Abschnitt 8.3.2). Um Synchronisationsprobleme zu verringern und um Inkonsistenzen zu vermeiden wurde festgelegt, nur den aktuellen Tag für eine Aufgabe zu berücksichtigen. Wird eine Aufgabe innerhalb eines Tages nicht ausgeführt, so gilt sie als gescheitert, und es liegt in der Verantwortung des Systems bzw. des Betreuers, die Aufgabe zu einem späteren Zeitpunkt erneut zu starten (siehe Abschnitt 5.3.2).

5.4. Fazit

Das Taskmodell muss die strukturierten interaktiven Erinnerungsprozesse nachbilden, mit denen die Gedächtnisdefizite des Patienten kompensiert werden können. Das Handlungsuniversum des Patienten mit Gedächtnishilfe (synthetisches Handlungsuniversum) muss dabei möglichst nah dem natürlichen Handlungsuniversum des Patienten kommen.

Bei der Erstellung des Taskmodells muss festgelegt werden, wie die Gedächtnishilfe in welcher Situationen reagieren muss und wie die verschiedenen Komponenten von MEMOS kooperieren. Bei der Modellierung ist ein Kompromiss zwischen Flexibilität, Zuverlässigkeit, Umsetzbarkeit und Mächtigkeit des Modells zu finden.

Da kein formeller Nachweis der Korrektheit des Taskmodells möglich ist, werden Betreuungsszenarien (Use-Cases) formuliert. Die Erfüllung dieser Szenarien kann als Nachweis der erfolgreichen Modellierung und Umsetzung angesehen werden.

6. Taskmodell

Das Taskmodell ist die gemeinsame Basis für die Kooperation aller Komponenten von MEMOS. Um ein nutzbares Taskmodell entwickeln zu können, wird zuvor die Charakteristik einer einzelnen Handlung untersucht werden. Im Weiteren werden verschiedene Vorgehensweisen, um das Taskmodell zu entwerfen, diskutiert. Der einzige praktisch umsetzbare Ansatz, der weder zu komplex für eine Umsetzung in einer mobilen Betreuungsumgebung ist noch von unsicheren Klassifikationen von Umweltsituationen oder von experimenteller Technologie abhängt, ist, vom positiven Verlauf einer Handlung auszugehen und den positiven Handlungspfad um die Abfrage der wichtigsten negativen Ereignisse zu erweitern. Basierend auf diesem Bottom-Up-Ansatz wird das Taskmodell hergeleitet. Die Begriffe *Task*, *Tagesplan*, *Moore-Maschine* und *Ablaufgraph* werden formal definiert und Algorithmen zur Validierung eines Tasks vorgestellt.

6.1. Handlungsobjekte

Kern des Taskmodells sind Handlungsobjekte (Tasks), die von der Gedächtnishilfe stellvertretend für den Patienten verwaltet werden müssen. Dabei bildet ein Task eine Handlungsintention im prospektiven Gedächtnis nach (siehe Abbildung 2.1 auf Seite 10). Er muss enkodiert und im System gespeichert werden. Wird eine Handlung aufgerufen, so wird überprüft, ob alle für die Handlung notwendigen Vorbedingungen erfüllt sind. Ist dies der Fall, wird die Handlung durchgeführt. Ansonsten werden in Abhängigkeit der Art der Handlung die Vorbedingungen geschaffen oder die Handlung wird verschoben, bis die Vorbedingungen erfüllt sind. Eine Handlung kann erfolgreich durchgeführt werden oder scheitern. In Abhängigkeit des Resultates sind unter Umständen weitere Handlungen notwendig.

Eine elektronische Gedächtnishilfe kann natürlich keine Handlungen durchführen, vielmehr gibt sie dem Patienten die Erinnerungsimpulse, um eine spezielle Handlung durchzuführen.

Wurde eine Aufgabe enkodiert und steht dem System zur Verfügung (Start), so prüft die Gedächtnishilfe permanent, ob die Bedingungen zum Durchführen der Handlung erfüllt sind. Läuft dabei die vorgesehene Zeit ab, wird die Aufgabe in einen negativen Endzustand überführt und beendet. Anderenfalls wird die Handlung durchgeführt. Im Falle von MEMOS werden dem Patienten Erinnerungsimpulse gegeben. Daraufhin wird das Ergebnis evaluiert. Entweder war die Handlung erfolgreich (positiver Endzustand), oder sie ist gescheitert (negativer Endzustand). Unter Umständen kann ermittelt werden, ob die Handlung erneut gestartet werden kann. Abbildung 6.1 zeigt ein abstrahiertes Modell für ein allgemeines Handlungsobjekt.

Der Start eines Tasks ist damit von Vorbedingungen abhängig. Weiterhin führt das Durchführen eines Tasks in der Regel dazu, dass sich Eigenschaften in der Umgebung des Ausführenden ändern, dass also nach Ausführung eines Tasks Vorbedingungen für andere Tasks erfüllt oder verletzt sind. Dies muss bei der Entwicklung eines Taskmodells berücksichtigt werden.

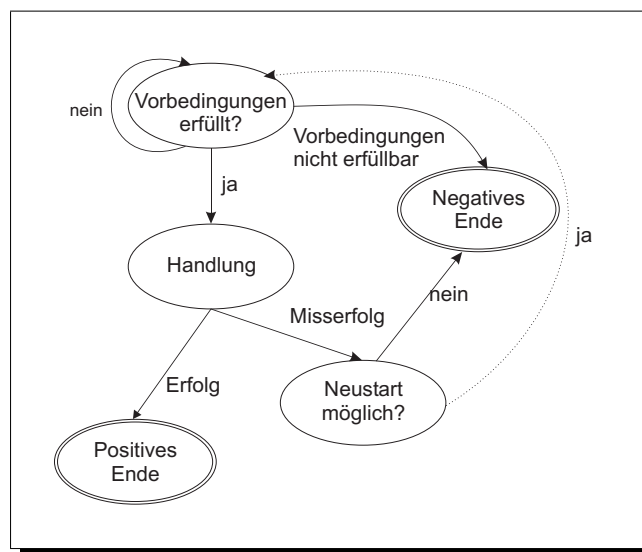


Abbildung 6.1.: Ablaufgraph für ein allgemeines Handlungsobjekt (siehe Abschnitt 6.4.2).

6.1.1. Vorbedingungen von Handlungsobjekten

Die Vorbedingungen, die erfüllt sein müssen, um einen Task zu starten, lassen sich in drei Kategorien einteilen: *zeitliche*, *örtliche* und *kontextabhängige* Vorbedingungen (siehe Abbildung 6.2).

Zeitliche Vorbedingungen

Zeitliche Vorbedingungen legen die Bindung einer Aufgabe an bestimmte Zeitpunkte für Beginn und/oder Ende bzw. die Dauer einer Aufgabe fest. Unter zeitlichen Vorbedingungen lassen sich festgelegte Zeitpunkte (Beginn einer Reise: heute, 15⁴⁵ Uhr), festgelegte Zeitintervalle (Anruf: heute zwischen 15⁴⁵ Uhr und 19⁰⁰ Uhr) und die flexiblen Zeitpunkte (um Person X zu besuchen, Abfahrt des Busses: jeden Wochentag, 15⁴⁵ Uhr) sowie flexible Zeitintervalle (Banküberweisung: jeden Arbeitstag zwischen 9⁰⁰ Uhr und 17⁴⁵ Uhr) zusammenfassen.

Abbildung 6.3 (links) zeigt einen Ablaufgraph für eine zeitabhängige Handlung. Dieser Graph ist dem in Abbildung 6.1 sehr ähnlich. Das Prüfen der Vorbedingungen reduziert sich auf das Überprüfen der zeitlichen Rahmenbedingungen. Sind die zeitlichen Rahmenbedingungen nicht erfüllt, so bestehen nur zwei Möglichkeiten: es ist zu früh, dann muss nur gewartet werden, oder es ist für eine Ausführung zu spät, dann ist die Aufgabe gescheitert. In beiden Fällen muss der Patient keine Handlungsschritte ausführen, um eine Vorbedingung zu erfüllen.

Örtliche Vorbedingungen

Örtliche Vorbedingungen formulieren die notwendige Bindung einer Aufgabe an einen bestimmten Ort und unterteilen sich in Bindungen an einen speziellen Ort (Blumen gießen: „zu Hause“), Bindungen der Aufgabe an eine spezielle Klasse von Orten (Buchbestellung: in jedem Buchladen, aber auch E-Mail-Lesen: Jeder Ort mit Internetzugang) und Aufgaben ohne Ortsbindung (mobile Aufgaben).

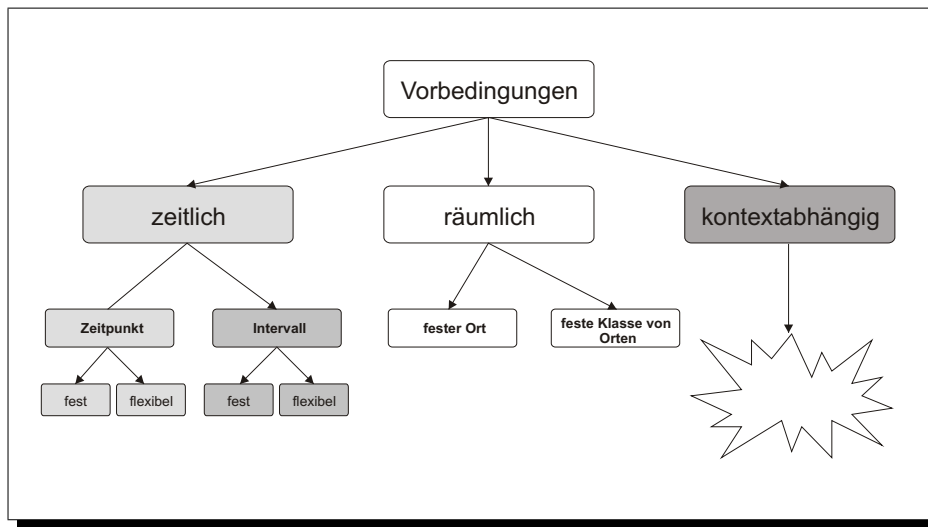


Abbildung 6.2.: Kategorisierung der Vorbedingungen eines Handlungsobjektes. Eine Aufteilung der Klasse der kontextabhängigen Vorbedingungen ist wegen ihrer Komplexität nicht sinnvoll umsetzbar.

Abbildung 6.3 (rechts) zeigt einen vereinfachten Ablaufgraphen für eine ortsabhängige Handlung. Dieser Graph prüft vor dem Start der eigentlichen Handlung, ob der Patient sich am richtigen Ort befindet und fordert, falls dies nicht der Fall ist, den Patienten auf, sich zum geforderten Startort zu begeben, gibt ihm also eine Unteraufgabe. Bei dem in Abbildung 6.3 dargestellten Graph wurde davon ausgegangen, dass die Führung des Patienten zum Startort erfolgreich ist, bzw. falls nicht, dass man die Überführungsteilauflage noch einmal ausführen kann. Diese Annahme darf aber in der Praxis nicht verallgemeinert umgesetzt werden, da bereits hier die Gefahr besteht, den Patienten in kritische Zustände zu manövrieren.

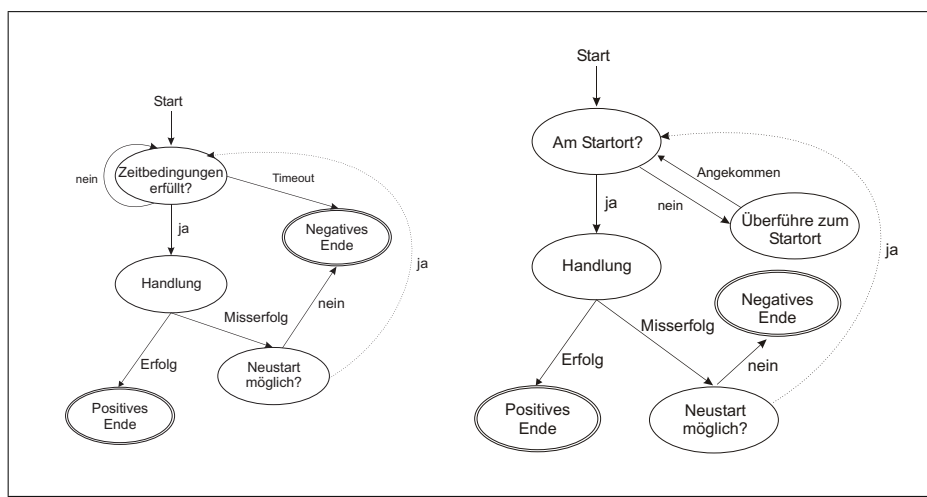


Abbildung 6.3.: Links: Ablaufgraph für ein zeitabhängiges Handlungsobjekt
Rechts: Ablaufgraph für ein ortsabhängiges Handlungsobjekt

Kontextabhängige Vorbedingungen

Alle Vorbedingungen, die nicht in die vorigen Kategorien fallen, werden in dieser Gruppe zusammengefasst. Darunter fallen alle Bedingungen, die von der aktuellen Situation des Patienten abhängig sind und die erfüllt sein müssen, um eine Aufgabe starten zu können. Beispiele hierfür sind:

- Der Patient hat mindestens eine Stunde nichts gegessen, um ein Medikament einzunehmen.
- Um ein Buch in der Bücherei abzugeben zu können, muss es der Patient bei sich haben.
- Eine Person X hat einen Termin mit dem Patienten vereinbart.

Abgesehen von der Komplexität dieser Klasse von Vorbedingungen existiert noch das Problem, dass es eine sehr große Anzahl von Vorbedingungen für eine Aufgabe gibt, die nicht näher spezifiziert werden, aber aufgrund des Weltwissens des Patienten dennoch die Ausführung einer Aufgabe beeinflussen. Zu diesen Bedingungen zählen alle Situationen, in denen der gesunde Menschenverstand einer Ausführung widersprechen würde. Ein Beispiel dafür sind folgende Szenarien:

Kein Mensch würde während eines schweren Unwetters seinen Hund ausführen. Ebenso wenig würde ein Mensch im Normalfall ein Haus betreten, wenn dieses gerade brennt.

Es ist allerdings absolut inakzeptabel, vor dem Starten einer Aufgabe alle möglichen Ausnahmefälle abzufragen, zum einen, weil die Anzahl sehr groß ist, zum anderen, weil die Abfrage in einem normalen Kontext für den Patienten sehr absurd wirken kann:

Wird vor dem Ausführen des Hundes an einem schönen Sommertag gefragt, ob auch kein schweres Unwetter herrscht, ob der Patient als auch der Hund gesundheitlich in der Lage sind, das Haus zu verlassen, und ob sich kein unerwarteter Besuch angekündigt hat, so ist die Akzeptanz der Gedächtnishilfe sicherlich sehr gering. Genauso wenig sollte vor dem Betreten eines Hauses gefragt werden, ob dies gerade brennt.

6.1.2. Sub-Tasks

Die meisten Handlungsobjekte lassen sich in eine Sequenz von Sub-Tasks unterteilen, die wiederum bestimmte Vorbedingungen haben und ihrerseits die Umgebung des Patienten verändern können bzw. sollen.

Die relativ einfache Aufgabe „Blumen gießen“ lässt sich in verschiedene Sub-Tasks zerlegen: Gießkanne suchen und füllen, einzelne Pflanzen gießen. Sind diese durch einen Gegenstand blockiert, muss dieser allerdings erst weggeräumt werden. Wurde Wasser verschüttet, muss es aufgewischt und ggf. die Kanne nachgefüllt werden.

Jeder Sub-Task lässt sich wiederum als Task auffassen und in feinere Handlungsschritte zerlegen. Inwieweit einem Patienten Informationen über einzelne Sub-Tasks angezeigt werden, hängt sehr stark von der konkreten Aufgabe und den Fähigkeiten des Patienten ab.

Ein gesunder Mensch ist in der Lage, die Sub-Tasks in einer sinnvollen Reihenfolge zu kombinieren und auch die Ergebnisse der Sub-Tasks für den gesamten Task zu bewerten. (Ist z. B. das Wasser zur Zeit abgestellt, lässt sich die Kanne nicht füllen und die ganze Aufgabe muss verschoben werden.)

6.1.3. Automatisches Erfassen von Vorbedingungen und Taskergebnissen

Für eine elektronische Gedächtnishilfe ist es wichtig, alle relevanten Vorbedingungen für einen auszuführenden Task zu kennen und das Ergebnis der Ausführung zu erfassen. Zeitparameter lassen sich über eine integrierte Uhr am einfachsten erfassen. Ortsparameter lassen sich theoretisch mit Hilfe von Navigationshardware aus Mobilfunkinformationen, aus Umweltinformationen, wie WLAN-Funkzellen oder RFID-Tags, oder aus der Patienteneingabe gewinnen. Kontextabhängige Informationen hingegen kann man nur über Sensoren oder die Patienteneingabe erhalten.

Die Ermittlung von Umweltparametern über Sensoren setzt allerdings eine geeignete Infrastruktur voraus, die außerhalb einer Labor- oder Heimumgebung zur Zeit nicht realisierbar ist. Abgesehen davon ist eine fehlertolerante Klassifikation von Situationen und Umweltbedingungen ein Forschungsgebiet, das noch am Anfang steht, so dass keine ausreichend sicheren Methoden zur Verfügung stehen [RAMC04].

Die Abfrage von Bedingungen durch Patienteneingabe eignet sich nur für bestimmte ausgezeichnete Vorbedingungen (siehe Abschnitt 6.1.1), allerdings kann die Ergebnisbestätigung eines Sub-Tasks benutzt werden, um bestimmte Vorbedingungen für nachfolgende Sub-Tasks zu erfassen.

Nach der Bestätigung der Information „Bitte gehen Sie jetzt zu Ihrer Bank und drücken Sie den 'OK' Knopf, wenn Sie angekommen sind!“ kann davon ausgegangen werden, dass der Patient sich jetzt in der Bank befindet.

6.2. Vorgehensweise

6.2.1. Vollständige Modellierung

Idee

Wie bereits im Abschnitt 6.1.1 für kontextabhängige Vorbedingungen erwähnt wurde, ist es praktisch unmöglich, alle theoretisch möglichen Vorbedingungen, und vor allem alle Kombinationen von Vorbedingungen, bei der Modellierung zu berücksichtigen. Hinzukommt, dass jeder Handlungsschritt eines Tasks entweder erfolgreich ist oder auf sehr vielfältige Weise scheitern kann.

Hat ein Patient die Aufgabe, die Post aus dem Briefkasten zu holen, und steht vor diesem ein Fahrrad, wäre es sicherlich sinnvoll, dieses kurz beiseite zu schieben und die Post aus dem Kasten zu nehmen. Wenn vor dem Kasten allerdings ein großer Schrank steht, weil ein Nachbar gerade umzieht, so ist es offensichtlich besser, die Handlung zu einem späteren Zeitpunkt zu wiederholen.

Diskussion

Will man für jeden Handlungsschritt alle möglichen Ergebnisse berücksichtigen und für diese Ergebnisse wiederum Anweisungen generieren, um mit der Aufgabe fortfahren zu können, so hat man eine kombinatorische Explosion, die es unmöglich macht, ein sinnvolles Modell zu erstellen. Es ist offensichtlich, dass ein Modell, welches alle oder nahezu alle Bedingungen und Ereignisse berücksichtigt, nicht realisierbar ist. Vielmehr muss ein Weg gefunden werden, zum einen die Komplexität des Modells drastisch zu reduzieren, zum anderen aber alle an das Modell gestellten Anforderungen zu erfüllen.

6.2.2. Intelligente Planung von Handlungen

Idee

Für eine elektronische Gedächtnishilfe wäre es ideal, wenn sie die aktuelle Situation des Patienten automatisch klassifizieren könnte und immer den geeigneten Sub-Task auswählen würde, um die übergeordneten Ziele des Patienten zu erreichen. Dies müsste quasi in Echtzeit auf dem PMA passieren, um in der Lage zu sein, auf veränderte Bedingungen jederzeit zu reagieren.

So wäre es möglich, dem Patienten Handlungskonsequenzen zu erklären, um Handlungen zu verhindern, wenn sie zur Verletzung allgemeiner Rahmenbedingungen führen, wie z. B.: *„Wenn sie jetzt noch in den Buchladen gehen, werden Sie wahrscheinlich zu spät zu ihrer Verabredung kommen.“*

Diskussion

Auf dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz wird unter anderem an solchen Planungsmethoden geforscht. Für diesen Ansatz müsste man für jeden Sub-Task und Task Vorbedingungen und mögliche Ergebnisse definieren und Attribute festlegen, damit ein geeigneter Algorithmus gültige Pläne bestimmen kann. Die Attribute müssten z. B. beschreiben, wie wichtig ein Task ist und welcher Schaden entsteht, wenn er scheitert.

Ein gültiger Plan müsste die definierten Rahmenbedingungen erfüllen und sollte versuchen, festgelegte Parameter zu optimieren. Rahmenbedingungen wären dabei z. B., dass alle lebenswichtigen Handlungen durchgeführt werden können, dass der Patient abends zu Hause ist und dass er seine Pflichten erfüllen kann. Optimierungsparameter sind z. B. Fahrwegoptimierung (wenn man außer Haus gleich mehrere Erledigungen durchführen kann) oder Freizeitoptimierung (möglichst viel Zeit für Freizeitaktivitäten).

Die Umsetzung solcher Planungsalgorithmen [Yan97] [Nar00] ist eine sehr große wissenschaftliche Herausforderung und mit sehr großem softwaretechnischen Aufwand verbunden. Dennoch lässt sich eine ausreichend zuverlässige Funktionsweise außerhalb von Laborbedingungen nicht garantieren. Moderne Smartphones, wie das iPhone 4 oder Galaxy S haben bei eingeschaltetem GPS nur eine Akkulaufzeit von 2-3h und funktionieren in Gebäuden bei weitem nicht genau genug um eine zuverlässige räumliche Klassifikation zu ermöglichen. Beide Gründe sind ein absolutes Ausschlusskriterium für ein System, welches auch für eine größere Menge von Patienten im Alltag eingesetzt werden soll (siehe TA 3 – „Effektive Realisierung und praktikabler Einsatz“).

Allerdings ist dieser Forschungszweig eine interessante Herausforderung, und es ist anzunehmen,

dass mit der Weiterentwicklung mobiler Technologien zukünftig elektronische Assistenten unter anderem solche Planungsstrategien benutzen werden.

6.2.3. Bottom-Up-Ansatz

Einschränkung der Komplexität und Delegation der Verantwortung

Wie in den vorhergehenden Abschnitten gezeigt wurde, ist es nicht möglich, ein (nahezu) vollständiges Taskmodell zu erzeugen, das für eine sehr große Menge von Situationen in der Lage ist, dem Patienten gültige Handlungsanweisungen zu geben. Weiterhin ist es nicht möglich, alle relevanten Umweltbedingungen und Handlungsergebnisse außerhalb einer Laborumgebung zuverlässig automatisch zu erfassen.

Für MEMOS musste also ein Modell entwickelt werden, das in der Komplexität so stark eingeschränkt ist, dass es realisierbar ist. Dabei wurde vom positiven Verlauf einer Handlung ausgegangen, und nur die wichtigsten Ausnahmefälle wurden berücksichtigt. Das Modell geht davon aus, ohne eine automatische Klassifizierung der äußeren Situationen zu arbeiten, diese aber implizit im Task zu enkodieren und die Verantwortung sowohl für die Sinnhaftigkeit der einzelnen Handlungsanweisungen als auch für das Auflösen von kritischen Situationen an den Betreuer zu übergeben.

Diskussion

Der Bottom-Up-Ansatz ist weniger mächtig als die anderen vorgestellten Ansätze, führt aber, wie im Folgenden gezeigt wird, zu einem schlanken Modell, das die Realisierung eines im Alltag einsetzbaren Gedächtnishilfesystems erlaubt. Die getroffenen Einschränkungen sind genau dann legitim, wenn sowohl Designziele und Anwendungsszenarien (Abschnitte 4.2 und 5.2) umgesetzt werden, als auch gezeigt werden kann, dass Betreuungspersonen nicht über Gebühr belastet werden, wenn sie Patienten in kritischen Situationen unterstützen. Der Nachweis wird am Ende dieser Arbeit erbracht. Im Folgenden wird von diesem Ansatz ausgegangen.

6.3. Herleitung des MEMOS-Taskmodell

6.3.1. Anforderungen an das Taskmodell

Das MEMOS-Taskmodell muss vier Grundanforderungen genügen.

1. Die definierten Designziele (Abschnitt 4.2) und Betreuungsszenarien (Abschnitt 5.2) müssen sich auf der Basis des Taskmodells realisieren lassen.
2. Das Taskmodell muss effizient umsetzbar sein und zu einem System führen, welches den in Abschnitt 4.3 beschriebenen Systemanforderungen genügt.
3. Tasks, die auf Basis des Taskmodells entwickelt wurden, müssen sich automatisch auf ihre Integrität überprüfen lassen, damit ein korrupter Task nicht die Funktion der gesamten Gedächtnishilfe gefährdet.
4. Das Taskmodell muss erlauben, mehrere Tasks eines Patienten zu verwalten und sicherstellen, dass immer ein Tagesplan existiert, der von dem Patienten auch wahrgenommen werden kann.

Genau betrachtet sind alle vier Anforderungen eine Konsequenz der generellen Anforderungen an MEMOS. Es ist allerdings wichtig die letzten beiden Punkte besonders zu betonen, denn nur wenn Tasks und Tagespläne sich hinsichtlich ihrer Integrität validieren lassen, kann eine zuverlässige Funktion des Gedächtnishilfesystems auf logischer Ebene garantiert werden. Es muss bei der Erstellung von Tasks sichergestellt sein, dass bei jedem beliebigen Verlauf einer Aufgabe der Task immer in einem definierten (positiven, oder negativen) Endzustand in angemessener Zeit terminiert, damit andere Tasks nicht blockiert werden. Weiterhin muss garantiert sein, dass jeder Task gestartet werden kann, ohne von einem anderen Task blockiert zu werden.

6.3.2. Grundidee

Die Grundidee ist, vom positiven Verlauf einer Handlung auszugehen und es dem Therapeuten zu überlassen, welche Abfragen und Ausnahmebehandlungen er zulässt (Bottom-Up). Die Komplexität wird prinzipiell nicht beschränkt. Es liegt aber in der Verantwortung des Therapeuten festzulegen, wie komplex ein spezieller Task werden soll und wann ein Task gescheitert ist und es keinen Sinn mehr macht, zu versuchen die kritische Situation automatisch aufzulösen.

Wie im Designziel 1: „Strukturierte, situationsabhängige, patientenbezogene Erinnerungsimpulse“ und dem Ausgangsbetreuungsszenario (Abschnitt 5.2.1) vorweggenommen, besteht eine Aufgabe aus verknüpften Informationen zu den für die Ausführung relevanten Teilaufgaben. Der Therapeut kann also für alle relevanten Sub-Tasks entsprechende Informationen generieren und entsprechend verknüpfen. Verknüpfungspunkte sind die Ereignisse, die zu einem Sub-Task gehören und die entweder einen neuen Sub-Task starten oder aber den gesamten Task scheitern lassen. Wie detailliert die Informationen für die Ausführung eines Sub-Tasks sind und inwieweit Sub-Tasks wiederum zerlegt werden, liegt in der Verantwortung des Therapeuten, der den gesamten Ablauf auf die Bedürfnisse des Patienten anpassen muss.

6.3.3. Verknüpfung der Sub-Tasks zu Handlungsabläufen

Grundlegendes Element für die Erstellung von Tasks sind die Informationen zu einem Sub-Task, der nicht weiter zerlegt wird, entweder weil es nicht möglich oder sinnvoll ist oder weil für den speziellen Patienten eine abstraktere Information ausreichend ist. Eine solche atomare Informationseinheit wird im Kontext von MEMOS *Card*¹ genannt. Eine Card muss, wie in Kapitel 5.2.1 gefordert, vollständig auf den Bildschirm des PMAs passen.

Jede Card repräsentiert einen bestimmten Zustand im Handlungsablauf. Vorher festgelegte Ereignisse führen von der aktuellen Card zu einer Folgecard. Ein solches Ereignis kann prinzipiell jede signifikante Änderung von Umgebungsbedingungen sowie jede Reaktion des Patienten sein. Wegen der bereits diskutierten Schwierigkeiten in der zuverlässigen Erkennung solcher Ereignisse, werden für MEMOS nur manuelle Patienteneingaben (Drücken eines Knopfes am PMA) und zeitliche Ereignisse (Erreichen eines Zeitpunktes und Ablaufen einer Frist) berücksichtigt.

¹Der Begriff Card wurde während der Entwicklung von MEMOS gewählt, da er das Analogon zur Card in WML [All98a] darstellt.

6.3.4. Moore-Maschinen zur Ablaufsteuerung von Tasks

Man kann jede Card als Zustand eines endlichen Automaten [HU93] betrachten sowie jedes Ereignis als Eingabe, das einer Transition zugeordnet ist. Somit ist es möglich, das Modell der Endlichen Automaten zur Ablaufsteuerung für Tasks zu benutzen. Da Endliche Automaten keine Ausgabe erzeugen, werden diese für die Ablaufsteuerung zur Moore-Maschine [Moo56] erweitert. Moore-Maschinen sind Endliche Automaten, die mit Einnahme eines neuen Zustandes eine Ausgabe erzeugen. Diese Ausgabe enthält im Falle von MEMOS sowohl Informationen, die dem Patienten angezeigt werden, als auch Kontroll- und Steuerinformationen, die von dem ausführenden PMA interpretiert werden müssen. Abbildung 6.4 zeigt ein Beispiel einer Moore-Maschine für einen Task.

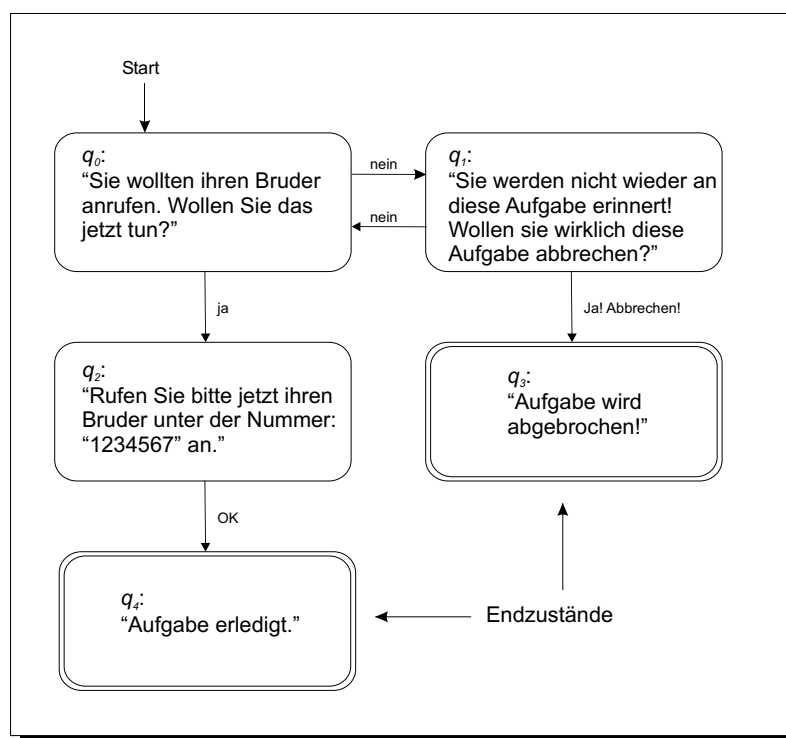


Abbildung 6.4.: Moore-Maschine zur Ablaufsteuerung eines Tasks.

Eingaben, die einer Transition zugeordnet sind und von der Moore-Maschine verarbeitet werden, sind sowohl definierte Nutzereingaben, als auch vom PMA generierte Ereignisse, wie Timerevents oder Warnungen wegen niedrigem Batteriestandes.

6.3.5. Zeitliche Aspekte der Ablaufsteuerung

Um die Anwendungsszenarien 5.2.7 bis 5.2.8 („Rückführung zur Aufgabe“, „Automatisches Verschieben“ und „Wahrung zeitlicher Randbedingungen“) umsetzen zu können, ist es notwendig, zeitliche Aspekte im Taskmodell zu berücksichtigen. Dazu muss die zur Ablaufsteuerung genutzte Moore-Maschine die von zwei Timern (Card- und Decktimer) generierten Ereignisse verarbeiten können.

Cardtimer

Der Cardtimer ist ein Zeitgeber², der zwei verschiedene Ereignisse generieren kann:

- *Refresh* ein Ereignis, um die aktuelle Card zu aktualisieren (um u.a. ein damit verbundenes akustisches Signal abzuspielen).
- *Timeout* das Ereignis, um der Moore-Maschine zu signalisieren, dass die für die aktuelle Card vorgesehene Zeit abgelaufen ist.

Ein Refresh führt immer wieder zum gleichen inneren Zustand der Moore-Maschine und ist stets auf eine bestimmte Card bezogen.

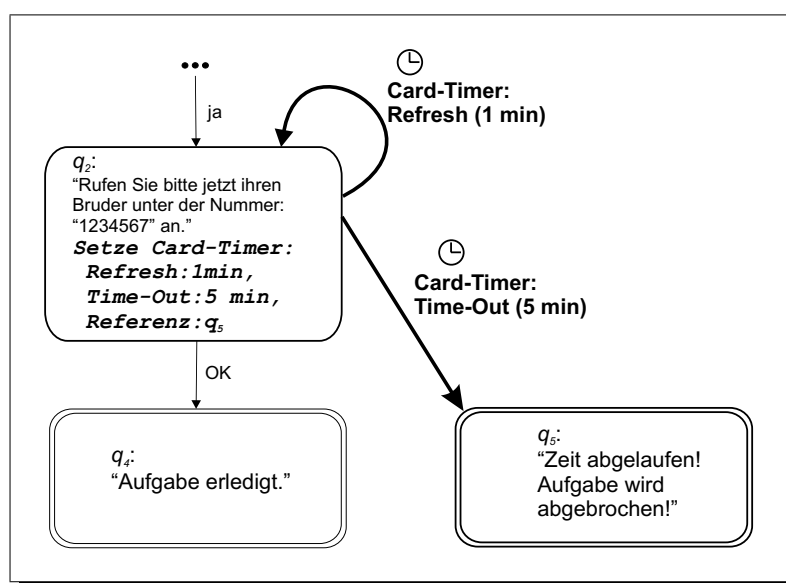


Abbildung 6.5.: Verarbeitung der Cardtimer: Die Initialisierung der Cardtimer ist Bestandteil der Ausgabe einer Card. Das Timersignal wird vom PMA erzeugt und als Eingabe der Moore-Maschine übergeben.

Das Timeoutsignal wird genutzt, um die Steuerung zu veranlassen, die aktuelle Card zu verlassen und mit dem ungünstigsten Szenario fortzufahren. Entweder werden dabei optionale Funktionsblöcke bei der Ausführung eines Tasks verworfen, der Patient über eine zusätzliche Card aufgefordert, mit der Aufgabe fortzufahren, oder aber der Task als gescheitert beendet. Bei einfachen Mitteilungen, kann der Card-Timeout aber auch genutzt werden, um mit dem normalen Ablauf fortzufahren.

Bei dem in Abbildung 6.5 dargestellten Beispiel handelt es sich um einen Ausschnitt des in Abbildung 6.4 dargestellten Tasks, bei dem die Card q_2 um einen Cardtimer erweitert wurde. Mit dem Anzeigen der Card q_2 wird zusätzlich zur Textausgabe der PMA veranlasst, den Cardtimer zu starten und jede Minute ein Refreshsignal zu generieren. Nach 5 Minuten wird ein Timeoutsignal generiert, dass zur Card q_5 führt, wodurch der Task beendet wird, falls vorher keine positive Bestätigung zum Zustand q_4 geführt hat.

²Man kann auch von zwei unabhängigen Zeitgebern ausgehen, doch für die Implementierung ist es etwas günstiger, einen Timer anzunehmen, der zwei verschiedene Signale generieren kann.

Ein Spezialfall des Timeoutsignals ist, wenn noch keine Nutzereingabe für einen Task erfolgt ist. Dann ist es möglich, den Task innerhalb seiner Gültigkeitsparameter automatisch zu verschieben. Genau wie das Refreshsignal ist auch das Timeoutsignal auf eine bestimmte Card bezogen. Es ist bei der Umsetzung sicherzustellen, dass die Cardtimer beim Verlassen einer Card zuverlässig gelöscht und mit dem Anzeigen einer neuen Card reinitialisiert werden, damit ein veraltetes Signal nicht die aktuelle Card beeinflusst.

Decktimer

Der Begriff Decktimer bezieht sich auf ein Deck³ (Stapel) von Cards. Er ist zur Wahrung der

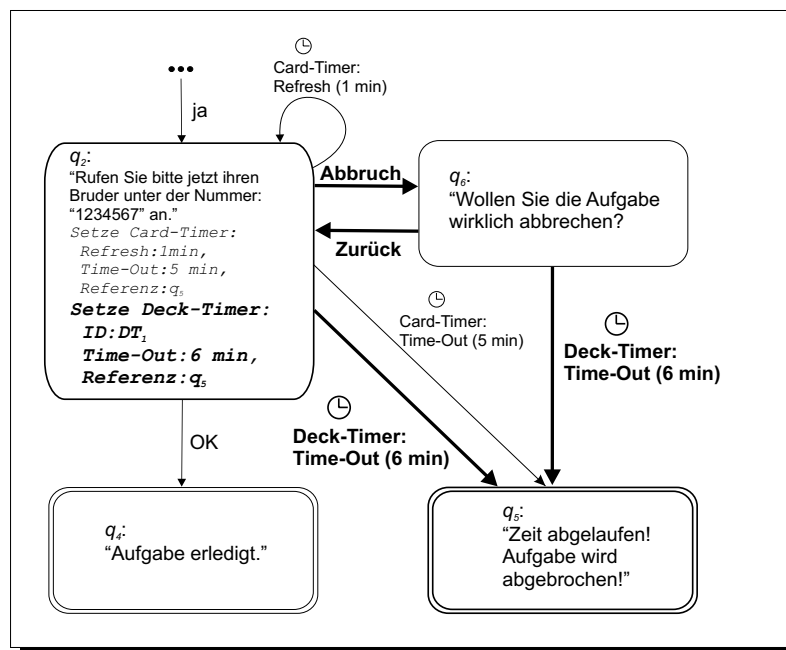


Abbildung 6.6.: Verarbeitung des Decktimers.

zeitlichen Randbedingungen (Anwendungsszenario 5.2.8) nötig, da er erlaubt, die maximale Ausführungsdauer für bestimmte Sub-Tasks festzulegen. Dies ist nötig, da Zyklen bei der Ausführung eines Tasks nicht ausgeschlossen werden können und somit Cardtimer nicht ausreichen um zu garantieren, dass eine maximale Ausführungszeit nicht überschritten wird. Ein Decktimer bezieht sich immer auf einen Sub-Task (Deck von Cards). Wird ein Decktimersignal generiert, so springt die Ausführungssteuerung zu einer neuen Card in einem anderen Sub-Task, der als Referenz bei der Definition des Decktimers mit angegeben werden muss. Jedem Decktimer wird ein eindeutiger Identifier (Id) zugeordnet. In jedem Zyklus darf genau einen Decktimer definiert werden.

In Abbildung 6.6 wird das vorherige Beispiel um einen Decktimer erweitert. Es ist theoretisch denkbar, dass der PMA durch die wiederholte Eingabe von „Abbruch“ und „Zurück“ zwischen den Cards q_2 und q_6 hin und her springt. Mit jedem Betreten der Card q_2 wird deren Cardtimer neu initialisiert, wodurch die Endlosschleife zwischen q_2 und q_6 nicht verlassen werden kann. Der in q_2 definierte Decktimer wird nur beim ersten Verarbeiten von q_2 gestartet. Somit wird in diesem

³ Der Begriff wurde analog dem Deck-Begriff von WML gewählt.

Beispiel die Endlosschleife nach 6 Minuten verlassen, falls vorher nicht ein anderer Endzustand erreicht wurde.

Es ist bei der Erstellung der einzelnen Tasks darauf zu achten, dass keine Zyklen zwischen durch Decktimer verbundenen Sub-Tasks entstehen, da sonst wiederum Endlosschleifen bei der Ausführung entstehen können (siehe Abschnitt 6.5.1).

Verwaltung konkurrierender Tasks

Um das Verschieben oder Vorziehen der Tasks zu ermöglichen (Anwendungsszenarien 5.2.2 und 5.2.3) und um zu verhindern, dass ein Task das Ausführen eines anderen blockiert, müssen jedem Task aussagekräftige Zeitparameter zugeordnet werden. Die dafür relevanten Parameter sind zum einen die früheste Start- und späteste Endzeit der Taskdurchführung (t_{start} und t_{end}), die maximale Dauer der Durchführung (t_{dur}) sowie der Zeitpunkt, an dem der Task automatisch gestartet wird, falls er nicht bereits vorher manuell gestartet bzw. verschoben wurde (t_{exec}).

Das Intervall $[t_{exec}, t_{exec} + t_{dur}]$ wird auch Ausführungsintervall und das Intervall $[t_{start}, t_{end}]$ Gültigkeitsintervall genannt (siehe Abbildung 6.7). Mit diesen 4 Parametern ist es möglich, konkurrierende Tasks so zu verwalten, dass:

1. jeder Task garantiert ausgeführt werden kann und
2. Tasks innerhalb des Gültigkeitsintervalls verschoben werden können, falls dadurch die Ausführung anderer Tasks nicht beeinträchtigt wird.

Es ist dabei durchaus legitim, wenn sich Tasks teilweise zeitlich überlappen, solange das Ausführungsintervall für jeden Task exklusiv reserviert bleibt (siehe dazu auch Abschnitt 6.5.3).

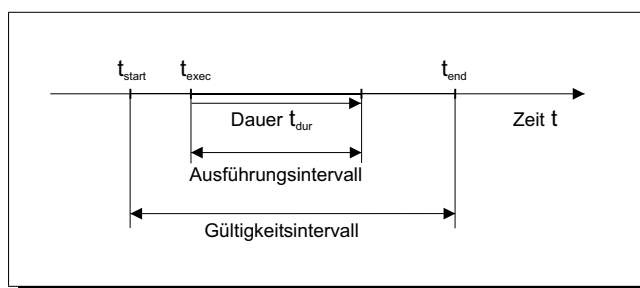


Abbildung 6.7.: Zeitparameter eines Tasks.

6.3.6. Diskussion

Das hergeleitete Taskmodell ist sinnvoll gewählt, weil es zum einen die ihm gestellten Anforderungen erfüllt, zum anderen technisch umsetzbar ist. Für die Realisierung des PMA ergibt sich aus dem in diesem Abschnitt hergeleiteten Modell folgende abstrakte Funktionsweise.

Ein Task muss in einem geeigneten Datenformat erzeugt und übertragen werden, welches eine Ablaufsteuerung ermöglicht, die zu einer Moore-Maschine äquivalent ist. Nach der Erzeugung muss die Gültigkeit des Tasks überprüft werden können.

Ein Scheduler auf dem PMA wertet die dem Task beigefügten Zeitparameter aus und aktualisiert den Tagesplan des Patienten. Wird ein Task gestartet, so wird der Output der ersten Card von ei-

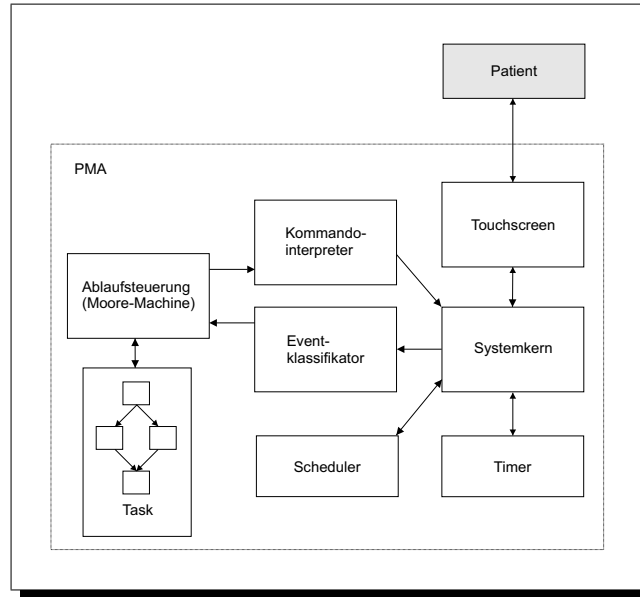


Abbildung 6.8.: Logische Komponenten des PMA's.

dem Kommandointerpreter ausgewertet und dem Systemkern übergeben, um entweder auf dem Bildschirm dargestellt zu werden oder aber um die entsprechenden Steuerinformationen im System umzusetzen. Vom Nutzer oder vom System erzeugte Ereignisse werden klassifiziert und als Eingabe der Ablaufsteuerung übergeben, die den nächsten Zustand bestimmt.

6.4. Formale Definition des MEMOS-Taskmodells

6.4.1. Task

Definition 1 (Task) Ein Task \mathcal{T} ist ein Tupel:

$$\mathcal{T} = (\mathfrak{M}, P_T, P_K), \quad (6.1)$$

wobei \mathfrak{M} eine Moore-Maschine (siehe Definition 3) zur Ablaufkontrolle des Tasks ist, P_T die zeitlichen Parameter zur Verwaltung des Tasks beinhaltet und durch das *Quadrupel*:

$$P_T = (t_{start}, t_{exec}, t_{dur}, t_{end}). \quad (6.2)$$

dargestellt wird.

Die Kontrollstruktur P_K ist die Menge der sonstigen Kontroll- und Managementinformationen, die für die Verarbeitung eines Tasks wichtig ist.

In P_K sind zum Beispiel ein Bezeichner, um den Task eindeutig identifizieren zu können, sowie eine für Menschen lesbare Beschreibung des Tasks enthalten. P_K ist für die weiteren Betrachtungen von untergeordneter Wichtigkeit. Die Startzeit t_{start} eines Tasks \mathcal{T} kann auch mit $t_{start}(\mathcal{T})$ bezeichnet werden, wenn aus dem Kontext nicht ersichtlich ist, auf welchen Task sich die Startzeit bezieht. Die Darstellung der drei anderen Zeitparameter ist analog möglich.

Definition 2 (Tagesplan) Die Menge von Tasks, die einem Patienten X zugeordnet ist, wird als Tagesplan \mathfrak{P}_X des Patienten bezeichnet.

Wie in Kapitel 6.5.3 gezeigt wird, muss die Konsistenz von \mathfrak{P} explizit sichergestellt werden. Die für die Ablaufkontrolle eines Tasks genutzte Moore-Maschine kann wie folgt definiert werden:

Definition 3 (Moore-Maschine) Die Moore-Maschine \mathfrak{M} wird definiert als Tupel [HU93]:

$$\mathfrak{M} = (Q, \Sigma, \Delta, \delta, \lambda, q_0), \quad (6.3)$$

wobei Q eine endliche Menge an Zuständen, Σ ein endliches Eingabealphabet und δ die Übergangsfunktion

$$\delta : Q \times \Sigma \rightarrow Q \quad (6.4)$$

ist. $q_0 \in Q$ ist der Startzustand der Moore-Maschine. Δ ist das Ausgabe-Alphabet und

$$\lambda : Q \rightarrow \Delta^* \quad (6.5)$$

eine Abbildung, die jedem Zustand eine Ausgabezeichenkette zuweist.

δ ermittelt für jeden Zustand $q \in Q$ und jede akzeptierte Eingabe $a \in \Sigma$ den Folgezustand $\acute{q} = \delta(q, a)$. Es ist dabei zu beachten, dass nicht jeder Zustand jede Eingabe aus Σ akzeptieren muss.

Im Gegensatz zu Endlichen Automaten wird für Moore-Maschinen keine Menge von finalen Zuständen definiert. Die Endzustände von Moore-Maschinen werden über eine Teilmenge der Ausgabe markiert.

6.4.2. Ablaufgraph

Jeder Moore-Maschine kann ein Transitionsgraph zugeordnet werden.

Definition 4 (Transitionsgraph) Ein gerichteter Graph $G = (N, E)$ mit der Knotenmenge N und der Kantenmenge E mit $E \subseteq N \times N$ wird Transitionsgraph einer Moore-Maschine \mathfrak{M} genannt, wenn:

1. die Knotenmenge N von G der Zustandsmenge Q von \mathfrak{M} entspricht und,
2. falls es für eine Eingabe $a \in \Sigma$ eine Transition von q nach \acute{q} gibt, so ist $(q, \acute{q}) \in E$.

Graphisch kann der Transitionsgraph wie folgt dargestellt werden:

- Ein Zustand q wird durch einen Kreis⁴ dargestellt, in dem die Bezeichnung des Zustandes und optional die dem Zustand zugeordnete Ausgabe $\lambda(q)$ steht.
- Eine Transition von q nach \acute{q} bei einer Eingabe a wird graphisch durch einen mit a markierten Pfeil von q nach \acute{q} dargestellt.
- Der Startzustand wird durch einen mit „Start“ bezeichneten Pfeil markiert.
- Zustände, die über die Ausgabefunktion als finale Zustände markiert werden, können durch eine doppelte Umrandung dargestellt werden.

Da es mit dem Transitionsgraphen möglich ist, den Ablauf eines Tasks graphisch darzustellen, wird er im Folgenden auch als Ablaufgraph bezeichnet.

⁴Um größere Mengen an Text darzustellen, kann ein Zustand auch als Rechteck dargestellt werden.

6.5. Die zeitliche Integrität des Taskmodells

6.5.1. Zeitliche Integrität eines Tasks

Die Patienteneingabe und die Systemereignisse beeinflussen den genauen Ablauf eines Tasks. Gibt es im Ablaufgraph Zyklen, so besteht potentiell die Gefahr, dass ein Task diesen Zyklus nicht verlässt und eine quasi unendliche Laufzeit hat. Dieses Verhalten blockiert die Ausführung anderer Tasks.

Die Endzeit t_{end} begrenzt zwar die maximale Ausführungszeit, und ein Task kann und sollte nach t_{end} abgebrochen und gelöscht werden, aber da der Task an einer beliebigen Stelle abgebrochen wird, endet er in einem unbestimmten Zustand. Dies ist nicht akzeptabel. Außerdem markiert t_{end} das Ende eines Intervalls, indem der Task verschoben werden kann, und sollte großzügig gewählt werden. Daher muss der PMA sicherstellen, dass jeder Task im ungünstigsten Fall vor t_{end} beendet ist.

Der Decktimer t_d (siehe Abschnitt 6.3.5) bietet die Möglichkeit, eine maximale Ausführungszeit für gewisse Gruppen von Cards zu definieren und so aus zyklischen Teilgraphen herauszuspringen (siehe Abbildung 6.9) und somit zu garantieren, dass ein Task nicht in einer Schleife festhängt. Der Decktimer wird über die Ausgabe einer Card initialisiert und aktiviert. Es ist wichtig, dass in einem zyklischen Teilgraph der Decktimer nur einmal initialisiert wird, da durch ein wiederholtes Initialisieren der Timeout permanent nach hinten verschoben würde und somit wirkungslos bliebe.

Es ist aber denkbar, dass ein Zyklus an verschiedenen Stellen betreten wird. Durch den eindeutigen Identifier, der jedem Decktimer zugewiesen wird, ist es möglich, für jeden zyklischen Teilgraphen genau einen Decktimer zu initialisieren. Wird ein Decktimer mit einer Id initialisiert, die bereits früher initialisiert wurde, so wird dies erkannt, und diese Aktion kann ignoriert werden. Somit bleibt das System in einem konsistenten Zustand.

Es ist weiterhin wichtig, dass von der Card, die beim Timeout des Decktimers angesprungen wird, kein Pfad wieder zurück in den Zyklus führt, aus dem durch den Decktimer gesprungen wurde (siehe Abbildung 6.9), da die so entstehende Schleife wiederum die zeitliche Integrität verletzen würde.

Integritätskriterien

Da die Integrität des gesamten Gedächtnishilfesystems von der Gültigkeit eines jeden Tasks abhängt und Tasks für alltägliche Aufgaben sehr komplex und unübersichtlich werden können, ist es notwendig, jeden Task vor seiner Übertragung zum PMA automatisch zu validieren und seine zeitliche Integrität zu beweisen.

Die Integritätskriterien hierfür können wie folgt definiert werden:

Definition 5 (Zeitliche Integrität eines Tasks) *Ein Task ist gültig, wenn er: eine garantierte Worst-Case-Laufzeit t_{dur} hat, die angemessen für die jeweilige Aufgabe ist, und gilt:*

$$t_{start} + t_{dur} \leq t_{end}. \quad (6.6)$$

Der Vorteil der automatischen Validierung ist, dass damit die Laufzeit t_{dur} automatisch mitberechnet wird, welche im Weiteren auch für das Erstellen des Tagesplans und das Verschieben von Tasks benötigt wird. Es hängt sehr stark von der Art der Aufgabe ab, wie groß die angemessene

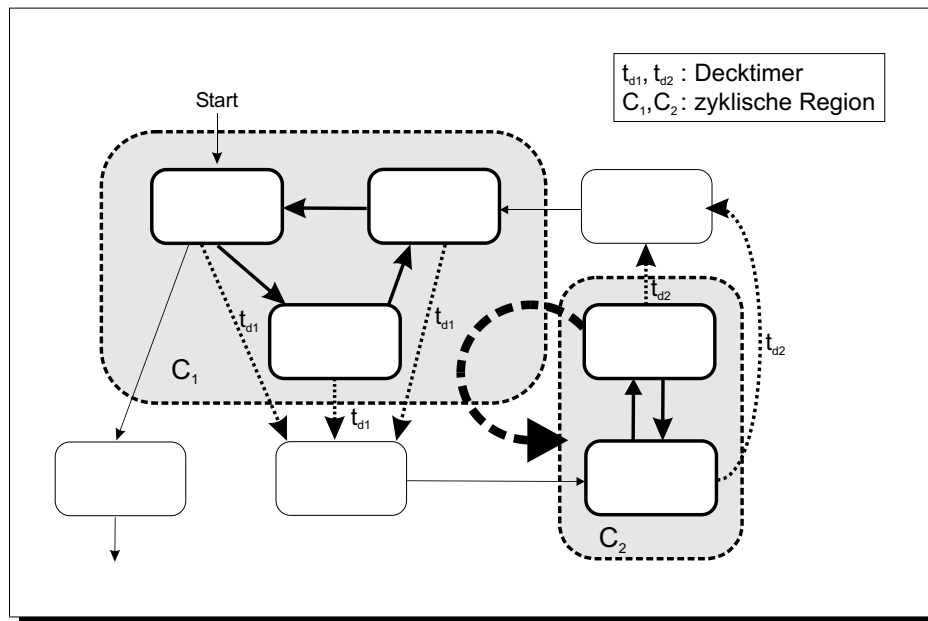


Abbildung 6.9.: Ungültiger Task: Die zyklischen Regionen C_1 und C_2 sind durch die Decktimer t_{d1} und t_{d2} zyklisch miteinander verbunden. Dies erlaubt eine Endlosschleife zwischen C_1 und C_2 und muss durch einen geeigneten Validierungsalgorithmus verhindert werden.

Worst-Case-Laufzeit ist. Das kann von wenigen Minuten für einfache Aufgaben bis hin zu mehreren Stunden für komplexe Aufgaben sein, sollte aber in keinem Fall größer als ein Tag sein.

6.5.2. Automatische Validierung der zeitlichen Integrität eines Tasks

Im Folgenden wird gezeigt, dass eine automatische Validierung der zeitlichen Integrität eines Tasks möglich ist. Dabei wird in diesem Abschnitt allerdings nur das grundlegende Verfahren erklärt. Die für die Validierung entwickelten Algorithmen sind in Anhang A dokumentiert.

Die automatische Validierung der zeitlichen Integrität erfordert drei Schritte:

1. Initiale Validierung:
 - Traversierung des Graphen und
 - Markierung aller zyklischen Teilgraphen.
2. Reduktion des Graphen
 - Vereinigen von überlappenden zyklischen Teilgraphen zu zyklischen Regionen,
 - Überprüfen der Decktimer einer zyklischen Region und
 - Substitution von zyklischen Regionen durch virtuelle Knoten.
3. Finale Validierung und Berechnung der Worst-Case-Laufzeit

Initiale Validierung

Bei der Initialen Validierung wird der Graph traversiert. Dabei werden logische Überprüfungen durchgeführt, wie z. B. ein Knoten ohne Kindknoten muss ein Endknoten sein. Vor allem aber werden alle zyklischen Teilgraphen erkannt, markiert und abgespeichert.

Der für die Traversierung genutzte Algorithmus entspricht im Prinzip einer klassischen Tiefensuche in einem gerichteten Graphen [Sch]. Die in der Literatur beschriebenen Algorithmen sind meist rekursiv angegeben, weil eine rekursive Programmierung sehr einfach und elegant möglich ist. Allerdings wird bei den meisten Programmiersprachen mit jedem rekursiven Aufruf der komplette Zustand eines Programms auf dem Stack abgespeichert. Da bei der initialen Validierung sehr viele Informationen über die Struktur des Graphen zusätzlich gesammelt werden, würde mit zunehmender Rekursionstiefe der benötigte Speicherplatz sehr stark wachsen [Sed93], was dem Einsatz der Validierung auf mobilen Geräten entgegensteht. Der in Listing A.1 angegebene Algorithmus vermeidet die Rekursivität, um eine lineare Speicherauslastung zu gewährleisten.

Reduktion des Graphen

Bei der Reduktion des Graphen werden die sich überlappenden zyklischen Teilgraphen zu einer zyklischen Region zusammengefasst. Für jede zyklische Region wird sichergestellt, dass genau ein Decktimer für diese definiert ist, der aus ihr herausführt. Anschließend wird jede zyklische Region durch einen virtuellen Knoten substituiert. Der virtuelle Knoten erbt die Kindknoten aller Knoten der zyklischen Region. Doppelte Kindknoten werden dabei zusammengefasst. Kindknoten, die selbst Element der zyklischen Region sind, werden ignoriert.

Finale Validierung und Berechnung der Worst-Case-Laufzeit

Die finale Validierung ist sehr ähnlich der initialen Validierung. Da der reduzierte Graph aber keine Zyklen mehr aufweisen darf, führen Zyklen zum irregulären Abbruch des Validierungsprozesses. Zwar werden in den beiden vorherigen Schritten alle Zyklen markiert und eliminiert, allerdings ist es möglich, dass (wie in Abbildung 6.9 dargestellt) über den Decktimer erneut Zyklen im Ablaufgraphen entstehen. Die zweite Überprüfung auf Zyklen ist somit notwendig. Sie ist allerdings ein Nebenprodukt der Berechnung der Worst-Case-Laufzeit.

Wenn die finale Validierung erfolgreich war, so sind alle Pfade durch den Transitionsgraphen bekannt, und die Worst-Case-Laufzeit kann ermittelt werden. Dabei wird angenommen, dass ein Patient so lange die Möglichkeit hat, einen Knoten (Card) manuell durch einen entsprechenden Knopfdruck zu verlassen, bis die Card automatisch durch einen Timer verlassen wird. Dementsprechend können alle Kanten, die einen Knoten verlassen, mit dem zugehörigen Timer gewichtet werden. Für virtuelle Knoten wird dafür der Decktimer benutzt. Für Knoten ohne Decktimer, die sich außerhalb einer zyklischen Region befinden, wird der Cardtimer dazugenommen.

6. Taskmodell

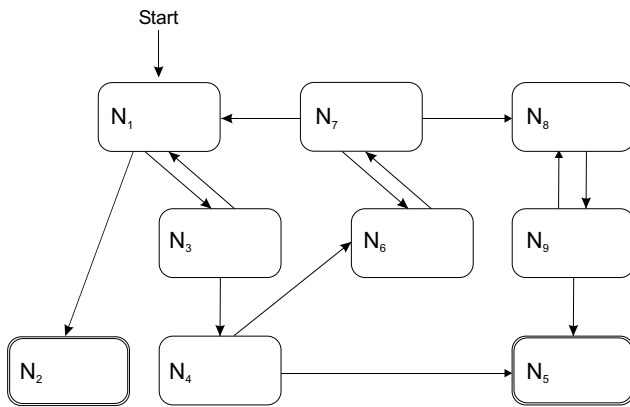


Abbildung 6.10: Beispiel für Validierungsalgorithmus: Ausgangsgraph, der Knoten N_1 ist Startknoten, N_2 und N_5 sind Endknoten.

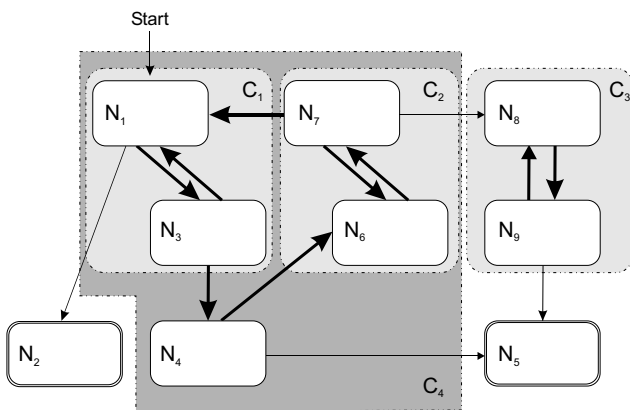


Abbildung 6.11: Beispiel für Validierungsalgorithmus: Traversierung des Graphen und Markierung aller zyklischen Teilgraphen; zyklische Teilgraphen sind: C_1 (N_1, N_3), C_2 (N_7, N_6), C_3 (N_8, N_9) sowie C_4 (N_1, N_3, N_4, N_6, N_7).

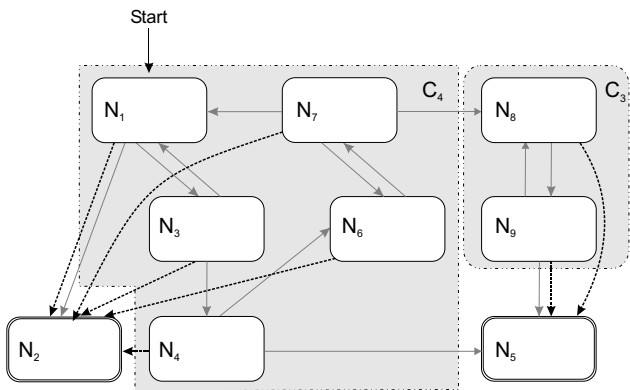


Abbildung 6.12: Beispiel für Validierungsalgorithmus: Vereinigung überlappender zyklischer Teilgraphen zu zyklischen Regionen und Überprüfung der Decktimer; die zyklischen Teilgraphen C_1 und C_2 werden mit C_4 verschmolzen, da $C_1 \subset C_4$ und $C_2 \subset C_4$. Alle Decktimerreferenzen einer zyklischen Region müssen auf den selben Knoten verweisen.

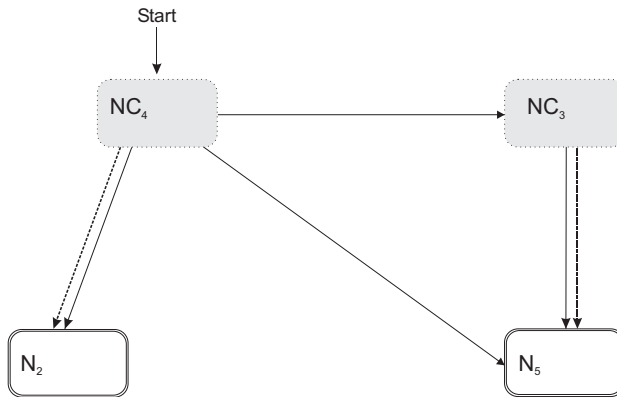


Abbildung 6.13: Beispiel für Validierungsalgorithmus: Reduktion des Graphen und finale Validierung; zyklische Regionen werden durch virtuellen Knoten substituiert. Der reduzierte Graph darf keine Zyklen mehr enthalten.

Aufwandsabschätzung und Praxistauglichkeit

Die Tiefensuche mit Markierung von bereits besuchten Zuständen hat die Komplexität von $O(n + m)$, wobei n die Anzahl der Knoten und m die Anzahl der Kanten des Transitionsgraphen ist [Sch]. Geht man im ungünstigsten Fall davon aus, dass jeder Knoten eine Kante zu jedem anderen Knoten und zu sich selbst hat, so ist die Komplexität $O(n + n^2)$.

Die theoretische Aufwandsabschätzung ist für den praktischen Einsatz aber nur von untergeordneter Bedeutung, da die tatsächlich eingesetzten Datenstrukturen eine sehr begrenzte Komplexität besitzen. Der mit Abstand größte für MEMOS genutzte Task besitzt 28 Knoten und 41 Kanten. Die Validierung eines komplexen Tasks, der für Testzwecke mit 50 Knoten und 80 Kanten erstellt wurde, dauerte auf dem MEMOS-Produktionssystem⁵ 5ms, was für den praktischen Einsatz völlig akzeptabel ist. Der Speicherverbrauch für die Validierung ist aufgrund der iterativen Programmierung linear zur Anzahl der Knoten.

In dem für MEMOS relevanten Größenordnungsbereich sind softwaretechnische Aspekte, wie Robustheit, Wartbarkeit und auch die Zeit für die Erstellung des Codes, wesentlich wichtiger.

6.5.3. Konsistente Taskverwaltung

Der PMA muss mehrere konkurrierende Tasks verwalten und aus ihnen einen Tagesplan für den Patienten erstellen. Zwar kann davon ausgegangen werden, dass das Basissystem bei der Eingabe der Tasks einen konsistenten Tagesplan sicherstellt und die Eingabe von Tasks verhindert, die diese Konsistenz korrumpieren, aber durch die Forderung, Tasks auf dem PMA vorziehen oder manuell bzw. automatisch verschieben zu können (Betreuungsszenarien 5.2.2, 5.2.7 und 5.2.3), ist es wichtig, dass der PMA in der Lage ist, nur Aktionen zuzulassen, welche die Konsistenz des Tagesplans nicht gefährden. Die Konsistenz des Tagesplans wird wie folgt definiert:

Definition 6 (Konsistenz eines Tagesplans) Ein Tagesplan \mathfrak{P} ist konsistent, wenn gilt:

$$\forall \mathfrak{T}_x, \mathfrak{T}_y \in \mathfrak{P}, \mathfrak{T}_x \neq \mathfrak{T}_y : \\ ((t_{exec}(\mathfrak{T}_x) + t_{dur}(\mathfrak{T}_x)) \leq t_{exec}(\mathfrak{T}_y)) \vee ((t_{exec}(\mathfrak{T}_y) + t_{dur}(\mathfrak{T}_y)) \leq t_{exec}(\mathfrak{T}_x)). \quad (6.7)$$

⁵Intel-Xeon 2,4 GHz

Diese Definition ist hinreichend, denn gemäß der Definition 5 gilt:

$$t_{start} + t_{dur} \leq t_{end}. \quad (6.8)$$

Entsprechend der Festlegung der Zeitparameter in Abschnitt 6.3.5 muss ein Zeitpunkt t_{exec} existieren, für den gilt:

$$t_{start} \leq t_{exec} < (t_{exec} + t_{dur}) \leq t_{end}. \quad (6.9)$$

t_{dur} ist die maximale Laufzeit eines Tasks und t_{exec} die Zeit, zu der der Task tatsächlich gestartet wird. Ist bei der Eingabe eines jeden Tasks sichergestellt, dass er gültig ist, so ist er auch im ungünstigsten Fall innerhalb von $[t_{start}, t_{end}]$ ausführbar. Wenn wie in Definition 6 sichergestellt ist, dass jeder Task innerhalb des Intervalls $[t_{exec}, (t_{exec} + t_{dur})]$ exklusiv ausführbar ist, so kann kein Task durch die Ausführung eines anderen Tasks blockiert werden.

Es ist also möglich, einen Tagesplan auf seine Konsistenz zu überprüfen. Um zu garantieren, dass ein Patient immer nur mit einem konsistenten Tagesplan arbeitet, muss zum einen das Basissystem dafür sorgen, dass nur gültige Tasks mit Zeitparametern, gestartet werden, welche die Konsistenz des zugehörigen Tagesplans nicht verletzen. Zum anderen muss der PMA sicherstellen, dass Tasks nur dann verschoben oder vorgezogen werden können, wenn dies nicht die Ausführbarkeit eines anderen Tasks beeinflusst. Werden auf dem PMA Tasks verschoben und kann dies aufgrund von temporären Kommunikationsproblemen nicht mit dem Basissystem synchronisiert werden, so kann es bei der Resynchronisation zu Kollisionen kommen. Patientengerechte Mechanismen zu Auflösung dieser Kollisionen werden in Abschnitt 9.5 beschrieben.

6.6. Beschreibungssprache für das Taskmodell

Nach der Herleitung und Beschreibung des Taskmodells und dem Nachweis, dass es sich automatisch validieren lässt, um Tasks auf ihre Gültigkeit und Tagespläne auf ihre Konsistenz zu überprüfen, ist das letzte entscheidende Kriterium für die Einsetzbarkeit des Modells der Nachweis, dass eine Beschreibungssprache existiert, welche ein effektives Erstellen, Verwalten und Übertragen der Tasks erlaubt. M2 steht für „MEMOS MARKUP LANGUAGE VERSION 2“⁶ und ist eine solche Beschreibungssprache. Die Syntax von M2 basiert auf XML [Con04] und wurde in Form einer Document Type Definition (DTD) [Con04] näher definiert. Die Semantik von M2 wurde in einer eigenen Spezifikation festgelegt (siehe Anhang B).

Der Nachweis für die Existenz einer Beschreibungssprache auf Basis von XML ist sehr einfach. Jedes XML-Dokument kann als Baum aufgefasst werden [BL04]. Weiterhin existiert zu jedem zusammenhängenden Graphen ein Baum, welcher den Graphen aufspannt [Lä91]. Dieser Baum wird als Gerüst oder Spannbaum des Graphen bezeichnet.

Ein Ablaufgraph kann durch ein XML-Dokument dargestellt werden, indem der Spannbaum des Graphen in dem Dokument dargestellt wird (siehe Abbildung 6.14). Um aus dem Spannbaum den ursprünglichen Graphen wieder herstellen zu können, müssen in allen Knoten die Referenzen auf Folgeknoten gespeichert bleiben. Im MEMOS-Taskmodell heißt das konkret, dass jede Card alle Cards kennt, die von ihr erreicht werden können, inklusive der dazu notwendigen Events.

⁶Die erste Version der Memos Markup Language (MML) wurde im Rahmen des Projektes MOBTEL [Sch01] entwickelt und war an HTML angelehnt, aber noch nicht XML basiert.

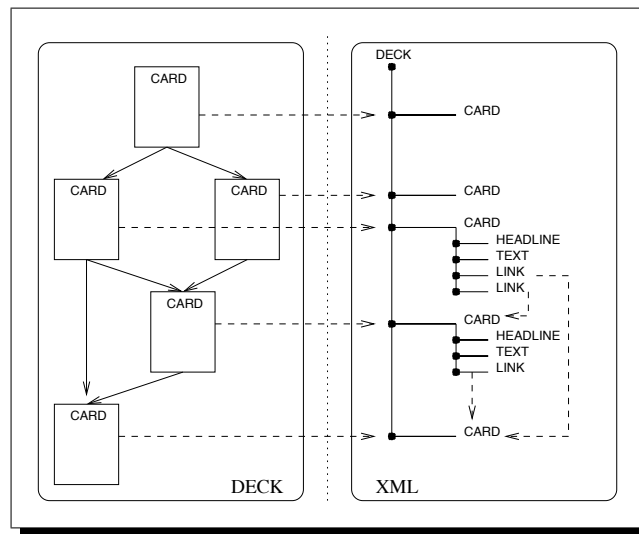


Abbildung 6.14.: Transformation eines Ablaufgraphen in einen XML-Baum.

6.6.1. Diskussion der Designentscheidungen

Projekthistorische Aspekte

Wie bereits oben erwähnt, wurde für die Definition der Syntax von M2 XML ausgewählt. Zur Definition der Semantik wurde eine eigene Spezifikation festgelegt. Die Gründe für diese Entscheidungen sind sehr vielschichtig und werden im weiteren erläutert.

Die Entwicklung von MEMOS begann im Jahr 1998 im Projekt MOBTEL. Als Basis der Zusammenarbeit der verschiedenen Projektpartner wurde die MOBTEL MARKUP LANGUAGE (MML) spezifiziert. Da die 4 verschiedenen Partner (siehe Abschnitt 1.5) unterschiedliche Ziele verfolgten, war der Spezifikationsprozess sehr aufwändig. Zudem stellte sich heraus, dass es in einigen Punkten eine Überspezifikation von Teilaspekten gab, die in der Praxis nicht relevant waren bzw. die korrekte Umsetzung sehr kompliziert gestalteten. Zum anderen wurden im Laufe der Arbeit von den Anwendern neue Anforderungen formuliert, die sich mit MML nicht umsetzen ließen.

Die Projekte MOBTEL+ und MOBREGIO boten mit der Vorgabe, kommerziell verfügbare mobile Endgeräte zu nutzen, mit der dadurch notwendigen Anpassung die Chance, das Datenaustauschformat zu überarbeiten. Basierend auf den Erfahrungen und Fehlern des MOBTEL-Projektes, hat der Autor entschieden, weiterhin ein eigenes Datenformat zu definieren, aber die Syntax deutlich zu vereinfachen und XML basiert zu gestalten.

So wurde zum Beispiel komplett auf Scripting verzichtet. Durch die Scriptingbefehle in MML ließ sich der korrekte Ablauf eines Tasks nicht mehr exakt validieren. Außerdem wurde in der Praxis das Scripting nur für das Refresh einer Karte genutzt. Durch falsche Scripting-Implementierung war die Integrität der gesamten Taskverwaltung gefährdet. Um in M2 die Refresh-Funktionalität zu gewährleisten, wurden neue XML-Tags eingeführt, welche die dynamische Funktionalität durch fest im PMA verankerte Funktionen ersetzen (z. B. das <LOOP>-Tag). Durch diese Entscheidung konnte M2 sehr einfach und schlank gestaltet werden.

Entscheidung: Eigene Semantik

Zum Zeitpunkt der Spezifikation von M2 im Jahr 2001/2002, waren keine spezialisierten Sprachen für diesen Einsatz, wie AIMS [Abl] verfügbar. WML [All98a] oder HTML [Con99] bieten zwar prinzipiell die zur Darstellung notwendigen Elemente, aber es sprach eine Vielzahl von Gründen gegen ihren Einsatz.

1. Beide Markup Sprachen gehen davon aus, dass die Aktivität immer vom Nutzer ausgeht. MEMOS muss allerdings den Patienten auf sich aufmerksam machen können und bestimmte Aktionen selbstständig durchführen können.
2. Ein Verwalten konkurrierender Tasks ist weder innerhalb von WML noch mit HTML möglich.
3. Um die in Punkt 1 und 2 beschriebene fehlende Funktionalität hinzuzufügen, hätte entweder der Browser und die Spezifikation geändert werden müssen, oder aber es hätte JavaScript [Int99] oder WMLScript [All98b] eingesetzt werden müssen.
4. Im Jahr 2001/2002 gab es keinen benutzbaren freien WAP-Browser.
5. Zu dieser Zeit bot kein HTML-Browser eine zuverlässige standardkonforme JavaScript Implementierung.
6. Das Verhalten von HTML Dokumenten, die komplexen JavaScript-Code enthalten, ist praktisch nicht zu validieren.
7. Die Funktionalität von HTML an sich ist viel zu mächtig für die geplante Anwendung, und die meisten Implementierungen von HTML-Browsern benötigten mehr Ressourcen als auf mobilen Geräten zur Verfügung standen.

Die möglichen Optionen wären demnach nur die Neuimplementierung eines WML-ähnlichen Browsers oder aber die Neuimplementierung oder Modifikation eines HTML-Browsers gewesen. Die Modifikation wäre aufwendiger gewesen als eine Neuimplementierung.

Entscheidung: Einsatz von XML

XML hat sich in den letzten Jahren zum universellen Standard für den Austausch aller möglichen Arten von Daten entwickelt. Wie in Kapitel 4.4 beschrieben muss ein Datenaustausch zwischen Basisstation und PMA erfolgen. Dafür wird unbedingt ein Austauschformat benötigt, um die generierten Tasks serialisiert über eine Mobilfunkstrecke übertragen zu können. Für den Einsatz einer durchdachten, wohldefinierten und sehr weit verbreiteten Sprache wie XML als Basis für die Darstellung und serialisierte Übertragung sprechen mehrere Gründe:

- Für XML existiert ein sehr breites Spektrum an qualitativ hochwertiger Software, um XML-Dokumente zu spezifizieren, zu erstellen, zu transformieren oder zu validieren und zu verarbeiten.
- Durch die Offenheit der Spezifikation sind auch sehr viele Werkzeuge unter einer Open Source Lizenz verfügbar, wie die von MEMOS benutzten Parser XERCES [Pro] und KXML [Kxm05].
- Der Einsatz möglichst vorgefertigter Komponenten beschleunigt nicht nur den Entwicklungsprozess, er verringert auch deutlich das Fehlerrisiko der Anwendung.
- XML ist durchdacht und sehr gut spezifiziert. Der Entwurf einer völlig eigenständigen Spra-

che ist extrem aufwändig. Erkennt man bei der Umsetzung der Spezifikation Designfehler oder möchte die Spezifikation um unvorhergesehene Aspekte erweitern, die mit dem ursprünglich angedachten Design nicht oder nur schwer realisiert werden können, steht man vor dem Problem, mit dem Umwerfen der Spezifikation auch die Implementation zu verwerfen.

- XML ist erweiterbar und lässt sich an spezielle Einsatzszenarien anpassen.

6.6.2. Die Struktur von M2

M2 setzt das MEMOS-Taskmodell geradlinig um. Zentrales Element ist dabei die Card, welche in M2 direkt als XML-Element <CARD> umgesetzt wurde und um welche herum M2 aufgebaut ist. Im Folgenden werden die wichtigsten M2 Komponenten beschrieben. Die genaue Spezifikation ist in Anhang B und die zugehörige DTD in Anhang C beschrieben.

Document

Als Container für die Übertragung einer Aufgabe wird das Element <DOCUMENT> benutzt. Als Attribute sind optionale Angaben, wie Datum, Version oder Autor, möglich. Einziges erlaubtes Kindelement ist eine beliebige Anzahl von Decks (<DECK>).

```
DTD:
<!ELEMENT DOCUMENT (DECK)*>
<!ATTLIST DOCUMENT
    AUTOR    CDATA #IMPLIED
    DATE     CDATA #IMPLIED
    VERSION  CDATA #IMPLIED>
```

Deck

<DECK> ist das Element um einen kompletten Task zu beschreiben. Die Bezeichnung für das XML-Element „Deck“ in M2 wurde verschieden von der logischen Struktur „Task“ im MEMOS-Taskmodell gewählt, da ein Deck primär als ein Stapel von Cards aufzufassen ist und nur durch seine erfolgreiche Interpretation durch PMA und Nutzer zur Realisierung einer Aufgabe genutzt werden kann⁷.

Obligatorische Attribute sind zum einen ein Identifier, zum anderen ein Bezeichner, um das Deck für Nutzer und System eindeutig zu beschreiben. Als Kindelemente braucht ein Deck genau eine Kontrollstruktur und mindestens eine Card.

```
DTD:
<!ELEMENT DECK (CONTROL, CARD+)>
<!ATTLIST DECK
    ID ID #REQUIRED
    LABEL CDATA #REQUIRED>
```

In der Kontrollstruktur werden die Parameter abgelegt, die zum Verwalten eines Deck notwendig sind, zum Beispiel die Zeitparameter, wie Start-, End- und Ausführungszeit sowie die maximale Dauer des Tasks, der durch das Deck beschrieben wird. Mit Hilfe dieser Parameter ist es dem

⁷Außerdem ist es denkbar, dass in anderen Anwendungsszenarien ein Deck für andere Dinge genutzt wird.

PMA möglich zu entscheiden, ab wann ein Deck gestartet werden kann bzw. wann es automatisch gestartet werden muss.

Card

Zentrales Element von M2 ist das <CARD>-Element. Es ist äquivalent zu der logischen Struktur Card im MEMOS-Taskmodell. Eine <CARD> ist ein Container für alle Informationen, die zu einem Zeitpunkt bei der Ausführung eines Task relevant sind.

Dies sind zum einen Elemente für die graphische Ein- und Ausgabe, wie Überschrift und Textfeld bzw. Eingabekнопfe (<BUTTON>), zum anderen enthält eine Card auch Kontrollstrukturen für Eventhandler zum erneuten Anzeigen der Card (<LOOP>) oder zum Umsetzen des Decktimers (<TIMER>).

Attribute einer Card sind eine eindeutige ID sowie der Typ der Card.

```
DTD:
  <!ELEMENT CARD (LOOP, STATUS?, TIMER?, LOG?, HEAD_LINE?,
    TEXT?, BUTTON*, T_LIST, DELAY, ...)>
  <!ATTLIST CARD
    ID ID #REQUIRED
    TYPE (STANDARD | INFO) "STANDARD">
```

<STATUS> beschreibt, ob eine Card evtl. die letzte Card bei der Abarbeitung eines Decks ist, oder aber ob eine Card einen kritischen Zustand repräsentiert. Wird eine kritische Card angezeigt, so muss der PMA sofort das Basissystem kontaktieren und alle aufgezeichneten Logdaten dorthin übertragen, um dem Basissystem ein Erkennen und Bewerten der kritischen Situation zu ermöglichen (siehe DZ3: "Erkennen von kritischen Situationen und Alarmierung eines Verantwortlichen" im Abschnitt 4.2). Vor dem Patienten sollte dieser Vorgang verborgen bleiben.

<HEAD_LINE> und <TEXT> sind die Elemente, welche die Informationen speichern, die dem Patienten angezeigt werden. Alle Informationen inkl. der Softbuttons (mit Ausnahme von <T_LIST>) müssen auf dem Bildschirm des PMAs darstellbar sein, da ein Blättern zwischen verschiedenen Informationen nicht möglich ist (siehe DZ4: "Flexible, intuitive und leicht erlernbare Benutzerschnittstelle" im Abschnitt 4.2).

<BUTTON> wird auf dem Touchscreen des PMAs als beschrifteter Softbutton dargestellt, um dem Patienten die Möglichkeit zu geben, auf die angezeigte Information zu reagieren. Um einen Button korrekt verarbeiten zu können, muss für jedes Buttonelement als Attribut ein Bezeichner und eine Referenz auf eine Folgecard angegeben sein.

Elemente zur Ablaufkontrolle

Die zwei wichtigsten M2-Elemente zur Ablaufkontrolle sind <TIMER> und <LOOP>.

<TIMER> setzt das in Abschnitt 6.3.5 beschriebene Konzept des Decktimers zur Wahrung der zeitlichen Integrität des Task (siehe Abschnitt 6.5.1) um. Dazu braucht <TIMER> als Attribut ein Zeitintervall, eine Zielreferenz und einen eindeutigen Identifier. Wird eine Card dargestellt, die als Kindelement einen Decktimer definiert, so wird der aktuelle Decktimer gelöscht und ein neuer Timer gestartet. Wird dieser nicht vor Ablauf durch einen anderen Timer überschrieben oder das Deck beendet, so wird, unabhängig vom aktuellen Zustand über die mit dem Decktimer verknüpfte

Referenz die nächste Card angesprungen. Es muss sichergestellt sein, dass in zyklischen Regionen alle Cards einen Decktimer mit dem selben Identifier haben müssen, wie bereits in Kapitel 6.5.1 begründet wurde.

Analog zu dem Decktimer setzt <LOOP> das in Abschnitt 6.3.5 beschriebene Konzept des Card-timers um. Reagiert ein Patient auf eine angezeigte Card nicht, so wird die Card erneut angezeigt, verbunden mit einem akustischen Signal, um die Aufmerksamkeit des Patienten zu gewinnen und ihn zu der aktuellen Aufgabe zurückzuführen. <LOOP> erfordert als Attribute die Zeitspanne zwischen den Wiederholungen sowie deren Anzahl, bevor mit dem Worst-Case-Szenario fortgefahren wird, das ebenfalls über eine Referenz auf eine andere Card spezifiziert wird.

Dynamische Elemente

Im Gegensatz zu den bereits beschriebenen statischen Elementen, müssen die M2-Tags <DELAY> und <T_LIST> vom PMA kontextabhängig interpretiert werden.

<DELAY> erzeugt einen speziellen Button, der einen Dialog zum Verschieben des Decks startet. Allerdings sollte dieser Delay-Button nur dann angezeigt werden, wenn ein Verschieben des Decks überhaupt möglich ist. Der Delay-Button verhindert, dass ein Patient die Option, ein Deck zu verschieben, auswählt und dann vom PMA erfährt, dass ein Verschieben nicht möglich ist. Der durch <DELAY> referenzierte Dialog zum Verschieben des Decks wird vollständig vom PMA erzeugt und verwaltet und muss dem im Kapitel 5.2.2 beschriebenen Szenario genügen.

Prinzipiell wird eine Card durch ein einzelnes Event verlassen. Allerdings kann es notwendig sein, dass ein Patient mehrere Dinge erledigen und bestätigen muss, bevor die nächste Card angezeigt werden darf. Dafür wurde das <T_LIST> Element definiert. „T_LIST“ steht für „triggered List“ und erzeugt eine Liste von Buttons, die alle vom Patienten bestätigt werden müssen. Dies kann in beliebiger Reihenfolge geschehen. <T_LIST> ist zum Beispiel sinnvoll, wenn ein Patient eine Liste von Dingen einzupacken hat, bevor er das Haus verlassen darf. Würde man dieses Einpacken statisch über eine Verkettung von Cards realisieren, wäre dadurch automatisch eine Reihenfolge festgelegt, was zum Beispiel bei einer Einkaufsliste, sehr hinderlich ist.

Ist es aus Platzgründen nicht möglich, alle Buttons einer T_LIST anzuzeigen, so kann der PMA automatisch Buttons ausblenden, sobald diese bestätigt wurden, und durch neue ersetzen. Es darf nur ein <T_LIST>-Element pro Card definiert sein, dies kann allerdings mit beliebig vielen Buttons kombiniert werden.

6.7. Fazit

Ein Task ist ein Handlungsobjekt, welches dem Prozess des prospektiven Erinnerens nachempfunden ist. Die einzige zur Zeit technisch umsetzbare Möglichkeit, ein solches Handlungsobjekt zu modellieren, besteht darin, einen Task auf zeitbasierte Vorbedingungen zurückzuführen und vom positiven Verlauf der Handlung auszugehen. Ein Task wird dabei in die notwendigen atomaren Erinnerungsimpulse (Cards) zerlegt, um den Patienten durch eine Aufgabe zu führen. Jede Card muss vom Patienten bestätigt werden. Abweichungen vom positiven Handlungsverlauf können bei der Erstellung des Tasks berücksichtigt werden. Nicht berücksichtigte Abweichungen werden erkannt und als kritischer Verlauf gewertet.

Der Ablaufplan eines Tasks kann durch eine Moore-Maschine dargestellt werden. Um die zeitli-

6. Taskmodell

che Integrität zu gewährleisten, wird das Taskmodell um zwei Timerstrukturen ergänzt. Der Cardtimer sichert den gültigen Worst-Case-Ablauf, wenn der Patient in der vorgegebenen Zeit nicht reagiert. Der Decktimer verhindert Endlosschleifen im Task und sichert eine maximale Worst-Case-Laufzeit, damit ein Task konkurrierende Tasks nicht blockieren kann.

Das Taskmodell kann automatisch validiert werden, um einen reibungslosen Ablauf auf der mobilen Gedächtnishilfe zu garantieren. Um einen Task beschreiben und übertragen zu können, wurde die XML-basierte Sprache M2 entwickelt, die es erlaubt, einen Task zu serialisieren und auf die Mobilkomponente zu übertragen.

Teil III.

**Architektur, Funktionsweise und
Erprobung**

7. Datenübertragung zwischen den Komponenten von MEMOS

Die wichtigsten Komponenten der MEMOS Architektur sind das Basissystem und der Personal Memory Assistant (PMA) (siehe Abschnitt 4.4). Allerdings beeinflusst der Datenaustausch zwischen beiden Teilen die Architekturentscheidungen sehr stark. Daher wird in diesem Kapitel zuerst auf die Kommunikationsaspekte eingegangen, bevor im nächsten Kapitel die einzelnen Komponenten beschrieben werden.

7.1. Datenübertragung über Mobilfunk

Wie bereits in Abschnitt 4.4 skizziert, kann die Kommunikation zwischen Basissystem und PMA nur über die Infrastruktur eines Mobilfunkproviders erfolgen, da sonst weder die notwendige Erreichbarkeit der Patienten, noch die erforderliche Wirtschaftlichkeit des Systems erreicht werden kann. Demnach muss die Kommunikation innerhalb von MEMOS die Besonderheiten der verfügbaren Mobilfunkstandards bei der Datenübertragung berücksichtigen.

Relevante Auswahlfaktoren für MEMOS sind dabei vor allem:

Verfügbarkeit	Die Technologie muss flächendeckend verfügbar sein und kommerziell vertriebene Smartphones müssen die Technologie unterstützen.
Kosten	Die Datenübertragung muss im praktischen Einsatz für einen Patienten bezahlbar sein.
Übertragungsrage	Der Datenaustausch muss in akzeptabler Zeit möglich sein.
Latenz	Die benötigte Zeit für einen Verbindungsaufbau sollte möglichst gering sein.
Abrechnungsmodus	Die Abrechnung kann zeit- oder volumenbasiert erfolgen. Eine Abrechnung basierend auf dem tatsächlichen Übertragungsvolumen ist günstiger.

Die Technologien, welche in die nähere Auswahl für MEMOS kamen, waren: GSM/CSD, HSCSD, GPRS und UMTS.

GSM/CSD

Zu Beginn des MOBTEL-Projektes im Jahre 1998 war nur der ursprünglich für GSM definierte Datenübertragungsstandard CSD (Circuit Switched Data) verfügbar. CSD erlaubt eine Datenübertragungsrage von 9,6 kBit/s. Da keine Alternative verfügbar war, wurde CSD während des MOBTEL-Projektes benutzt. Die Dauer für den Aufbau einer Verbindung war damals ca. 30 Sekunden, die bereits mitbezahlt werden musste. Die Abrechnung erfolgte zeitbasiert.

Die Betriebskosten waren sehr hoch. Hätte sich ein PMA aller 30 Minuten eingewählt, wären

monatliche Kosten von ca. 500 Euro allein durch den Verbindungsaufbau entstanden. CSD war sehr fehleranfällig, die Zahl unterbrochener Übertragungen war sehr hoch.

HSCSD

HSCSD steht für High Speed Circuit Switched Data und ist ein optimierter Datenübertragungsstandard für GSM. HSCSD nutzt eine verbesserte Kodierung und erreicht durch eine verringerte Fehlerkorrektur eine erhöhte Nettodatenrate von 14,4 kBit/s pro Kanal (Zeitschlitz). Mehrere Kanäle lassen sich bündeln und erlauben eine Datenübertragung bis zu 72 kBit/s. Allerdings wird jeder Kanal einzeln abgerechnet. Ein Verbindungsaufbau dauert ähnlich lange wie bei CSD. Da die Verbindungen ebenfalls zeitbasiert abgerechnet werden, muss nach jeder Datenübertragung die Verbindung beendet und später dann erneut aufgebaut werden. HSCSD stand für MEMOS nie praktisch zur Auswahl. Zum einen wurde es nicht von allen deutschen Mobilfunkanbietern unterstützt, zum anderen verfügten sehr wenige Mobiltelefone überhaupt über die Fähigkeit, HSCSD zu nutzen. Akzeptable Smartphones waren nicht darunter.

GPRS

GPRS (General Packet Radio Service) ist eine Erweiterung von GSM um ein paketorientiertes Datenübertragungsverfahren. Da die Datenübertragung bei GPRS nicht mehr leitungsorientiert ist, können zum einen die zur Verfügung stehenden Ressourcen effektiver ausgenutzt werden, da ein Nutzer, wenn er keine Daten sendet oder empfängt (was bei interaktiven Internetanwendungen häufig der Fall ist) keine Leitung blockiert. Zum anderen kann die Leitung für den Nutzer aber offen gehalten werden, da die Abrechnung volumenbasiert erfolgt, womit das Problem der Einwahllatenz wesentlich weniger ins Gewicht fällt.

In Abhängigkeit der verwendbaren GSM-Zeitschlitz und des nutzbaren Kodierungsverfahrens sind netto Datenraten bis zu 160 kBit/s möglich. Im praktischen Einsatz allerdings sind Übertragungsraten zwischen 32 kBit/s und 64 kBit/s realistisch.

Im Rahmen des MOBREGIO-Projektes wurde mit der kommerziellen Verfügbarkeit adäquater Smartphones auch GPRS für MEMOS genutzt. In der Startphase kam es noch zu einigen Ungereimtheiten bei der Nutzung, die auf Probleme in der Providerinfrastruktur¹ hindeuteten.

So konnte es passieren, dass das GPRS-Netzwerk für einen längeren Zeitraum (ca. 10 Minuten) nicht erreichbar war. Dies trat vor allem nachts auf, und da die genutzten PMAs einen akustischen Alarm von sich geben, wenn sie sich längere Zeit nicht einwählen konnten, waren einige Patienten etwas gereizt, wenn nachts plötzlich ihr PMA piepte.

Weiterhin gab es Ungereimtheiten bei der volumenbasierten Abrechnung. Die Abrechnung erfolgte anfangs in 100 kB Blöcken. Mit jedem Verbindungsabbruch war das noch nicht verbrauchte Volumen bis zur Blockgrenze verloren. Die Verbindung wurde aller 90 Minuten automatisch vom Provider getrennt, was dazu führte, dass man pro Tag mindestens 1,6 MB Transfervolumen bezahlen musste. Mittlerweile wurde die Mindestblockgröße auf 1kB gesenkt, und auch die Häufigkeit der automatischen Verbindungstrennungen wurde gesenkt. Mit GPRS ist es möglich, die typischen monatlichen Datenübertragungskosten für MEMOS auf 30 Euro (inkl. Grundgebühr) zu senken.

Eine Erweiterung von GPRS ist EDGE. Damit ist es möglich die Datenrate auf durchschnittlich 400kBit/s anzuheben. Da EDGE auf GPRS und damit auf GSM aufbaut, muss in der Infrastruktur

¹Die hier beschriebenen Erfahrungen beschränken sich auf T-Mobile.

der Mobilfunkprovider keine großen Änderungen vorgenommen werden. EDGE war 2003 zum ersten Mal in Deutschland verfügbar. Zum Zeitpunkt der Evaluation von MEMOS waren EDGE basierte Smartphones allerdings noch nicht verfügbar. Mittlerweile nutzen moderne Smartphones automatisch EDGE, wenn UMTS nicht verfügbar ist.

UMTS

UMTS steht für Universal Mobile Telecommunication System und ist die dritte Mobilfunkgeneration. Bei der Spezifikation von UMTS wurde der mobilen Datenübertragung besondere Bedeutung beigemessen. Durch verbesserte Multiplexverfahren und kleinere Funkzellen ist ein Datendurchsatz bis zu 2MBit/s möglich, den sich allerdings alle in der Zelle eingebuchten Clients teilen müssen. Dadurch können sogar Videostreams übertragen werden.

UMTS war im Jahr 2004 erstmals in deutschen Ballungszentren verfügbar. Zu diesem Zeitpunkt gab es allerdings noch keine akzeptablen Smartphones, die UMTS nutzen konnten. Daher stand UMTS für die Evaluation von MEMOS nicht zur Verfügung. Mittlerweile unterstützen alle Smartphones UMTS. Da alle Mobilfunkprovider inzwischen preislich akzeptable Datenflatrates anbieten, ist UMTS für ein heutiges mobiles Gedächtnishilfesystem sicherlich die erste Wahl.

7.2. Mobile Datenübertragung in MEMOS

Zu Beginn des MOBTEL-Projektes gab es keine Alternative zu GSM/CSD. Um die Kosten zu reduzieren, wählte sich der PMA aller 30-60 Minuten in das Internet ein, sendete seine Log-Daten und fragte nach neuen Aufgaben. In kritischen Situationen wurden die Daten sofort gesendet. Die geringe Datenübertragungsrates bereitete weniger Probleme beim Senden der Tasks, da diese Daten relativ klein sind. Probleme traten vor allem beim Senden der Log-Daten auf, welche in der Entwicklungsphase sehr viele Debuginformationen enthielten und bis zu 1 MB groß werden konnten. Für die Einwahl war es notwendig, einen eigenen Einwahlknoten zu betreiben.

Seit der Verfügbarkeit von GPRS wird dieser Standard für MEMOS genutzt. Die Datenübertragung arbeitet mittlerweile zuverlässig und ist preisgünstig. Die geringere Übertragungsgeschwindigkeit gegenüber UMTS fällt nicht ins Gewicht, da die Datenübertragung für den Patienten unsichtbar im Hintergrund erfolgt. Wenn ein mobiles Gerät eine GPRS-Verbindung aufbaut, wird es über ein vom Provider betriebenes Gateway mit dem Internet verbunden. Dabei erhält es eine IP-Adresse, auf die kein Einfluss genommen werden kann und die mit jedem Verbindungsaufbau variieren kann. Prinzipiell ist es zwar möglich, über einen zu DynDNS [Dyn] ähnlichen Mechanismus immer die aktuelle IP-Adresse eines Gerätes zu erfahren und der Basisstation zu erlauben, den PMA zu benachrichtigen, falls neue Tasks vorliegen. Da aber das noch von CSD stammende Pollingverfahren zum einen Strom sparender ist, zum anderen für das MEMOS-Szenario technisch völlig ausreichend ist, wurde es prinzipiell beibehalten.

7.3. Behandlung von Verbindungsproblemen

Ein wichtiger Aspekt für den zuverlässigen Betrieb von MEMOS ist die Behandlung von Verbindungsproblemen. Betrachtet man die Kommunikationsstrecke zwischen PMA und Basissystem (Abbildung 7.1), so lassen sich verschiedene Regionen identifizieren, an denen die Datenübertra-

7. Datenübertragung zwischen den Komponenten von MEMOS

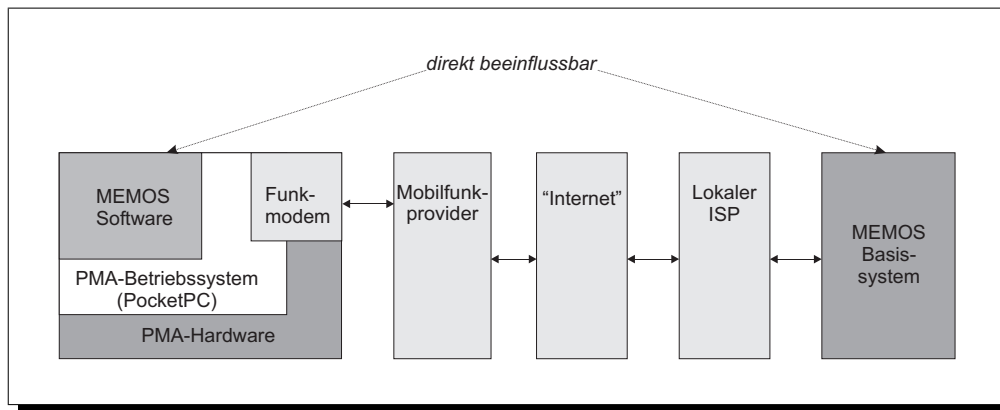


Abbildung 7.1.: Kommunikationsstrecke zwischen PMA und Basissystem. Direkt beeinflussbar sind nur die Software des Basissystems und des PMAs.

gung scheitern kann. In Abhängigkeit des Ortes können verschiedene Ursachen eine Unterbrechung hervorrufen. Die Tabellen 7.1 und 7.2 zeigen eine Übersicht über die wahrscheinlichsten Ursachen von Kommunikationsproblemen. Dabei wird zwischen externen und internen Ursachen unterschieden.

7.3.1. Externe Störungen des Kommunikationspfades

Zum Betrieb von MEMOS ist die Nutzung von Diensten externer Anbieter nötig. Auf deren Dienstqualität kann zwar nur sehr wenig Einfluss genommen werden, allerdings ist sowohl die Wahrscheinlichkeit von Ausfällen als auch die Reaktionszeit bei Problemen sehr gering.

Ausfall der Stromversorgung

Eine Unterbrechung der Stromversorgung seitens des externen Versorgers kann zwar nicht verhindert werden, aber durch den Einsatz einer Unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV) ist es möglich, dass die Server und die Netzinfrastruktur eine gewisse Zeit weiterarbeiten. Die Dauer der möglichen Pufferung hängt von der Kapazität der USV und dem Stromverbrauch der angeschlossenen Technik ab. Die für MEMOS genutzte Technik war in der Lage, 20 Minuten lang autonom zu arbeiten, wobei sie so konfiguriert war, dass sie 15 Minuten (bis zu einem USV-Ladestand von 25%) autonom arbeitet und dann ein automatischer Shutdown durchgeführt wird. Sobald der Ladestand der USV über 25% steigt wird das System automatisch neu gestartet. Eine Stromunterbrechung während der Evaluationsphase von MEMOS trat zwar relativ häufig auf, allerdings musste das System nie heruntergefahren werden.

Ausfall der Internetanbindung

Störungen bei der lokalen Anbindung an das Internet hängen stark von der Art der gewählten Anbindung ab. Prinzipiell ist es möglich, Dienstgütegarantien mit einem ISP (Internet Service Provider) zu vereinbaren, die in der Praxis durch eine redundante Infrastruktur und garantierte Reaktionszeiten bei Störungen umgesetzt werden. Störungen beim ISP sind sehr selten, zeitlich

begrenzt und werden normalerweise vom ISP automatisch erkannt. Bei der Erprobung wurde das Netzwerk der Universität Leipzig genutzt, die keine garantierte Verfügbarkeit anbietet.

Störungen im Internet

Durch die redundante Infrastruktur der Netzbetreiber ist es sehr unwahrscheinlich, dass die Datenübertragung im Internet vollständig zum Erliegen kommt. Sollte eine Verbindung ausfallen, werden die Daten automatisch über eine alternative Route weitergeleitet. Während der Erprobung traten keine Störungen dieser Art auf.

Tabelle 7.1.: Externe Ursachen für eine Störung des Kommunikationspfades

Region	Ursache	verantwortlich	Dauer ^a	Störungen pro Jahr geschätzt	Erfahrung ^b
MEMOS Basissystem	Unterbrechung der Stromver- sorgung	Versorger	30s-0,5h	10 ^c (< 1 ^d)	7 ^c (0 ^d)
Lokaler ISP	Unterbrechung der Internet- anbindung	ISP	30s-1h	< 5	11
allgemein: Internet	Störungen im Internet	div. Netzwerk- betreiber	30s-4h	< 1	0
Mobilfunk- provider	technische Probleme	Carrier	30s-0,5h	X	24

^aStörungen unter 30 Sekunden werden nicht berücksichtigt.

^bBei der Evaluation von MEMOS erfasste Störungen.

^ckurzer Stromausfall

^dShutdown nötig, da langer Stromausfall

Störung der Mobilfunkverbindung

Die meisten extern verursachten Verbindungsprobleme bei der Erprobung traten auf Seiten des Providers, und hier immer auf der Funkstrecke auf. Symptom war meistens, dass der PMA über längere Zeit keine Verbindung zum Providernetzwerk herstellen konnte, obwohl er in dessen Reichweite lag. Diese Verbindungsprobleme weisen auf technische Probleme beim Carrier hin. Die Tatsache, dass sie gehäuft in der Startphase von GPRS auftraten und im Laufe der Zeit deutlich abnahmen, unterstützt diese Vermutung.

Liegt die Ursache der Kommunikationsstörung bei einem externen Versorger, so ist anzunehmen, dass diese Störungen nach einer angemessenen Reaktionszeit seitens der Versorger behoben sind. Somit ist die günstigste Strategie, in gewissen Intervallen erneut zu versuchen, die Verbindung aufzubauen.

7.3.2. Interne Störungen des Kommunikationspfades

Interne Kommunikationsprobleme sind Probleme, die durch den Betreiber, die Programmierer oder Nutzer von MEMOS verursacht werden.

Ausfall des Basissystems

Einem Ausfall des Basissystems durch Hard- oder Softwareprobleme kann durch den Einsatz von zuverlässiger Serverhard- und Software vorgebeugt werden. Der Einsatz von Servern mit redundanten mechanisch verschleißenden Bauteilen, wie Festplatten, Netzteilen bzw. Lüftern, welche im laufenden Betrieb ersetzt werden können (Hot-Plug), senkt die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalles drastisch². Zusätzlich dazu lassen sich zwei oder mehr Server als Hochverfügbarkeitscluster konfigurieren. Fällt ein System aus, übernimmt das andere System automatisch die Funktion des ausgefallenen Systems. Fehler in der Software sind durch sorgfältige Programmierung, Konfiguration und ausführliche Tests auszuschließen. Prinzipiell sind Intervalle für Wartung und Sicherheitsupdates einzukalkulieren. Wichtig für einen zuverlässigen Betrieb ist eine kurze Reaktionszeit beim Auftreten von Problemen. Dies ist z. B. realisierbar, indem ein Überwachungssystem automatisch eine SMS an einen Administrator verschickt, wenn ein Problem auf den Servern erkannt wurde.

Während der Evaluationsphase war das MEMOS-Basissystem durch Probleme im lokalen Netzwerk mehrfach nicht erreichbar. Ursache waren Seiteneffekte bei Wartungsmaßnahmen im lokalen Netz. Solche Probleme sind vermeidbar, indem man die Server exklusiv in einem eigenen Subnetz betreibt und die Wartungsmaßnahmen mit den Serverbetreibern koordiniert.

Administrative Probleme mit PMA

Die mit Abstand meisten Kommunikationsprobleme hatten ihre Ursache auf dem PMA. Dabei kann die Ursache sehr vielfältig sein.

Ein Fall, der in der Praxis bisher nicht aufgetreten, allerdings durchaus denkbar ist, ist die Möglichkeit, dass ein PMA sich nicht in das Funknetz einbuchen kann, weil die SIM-Karte gesperrt ist, da die Rechnung nicht bezahlt wurde.

Akkuprobleme

Die als PMA genutzten Smartphones haben die Eigenschaft, dass sie zum Stromsparen automatisch das Telefonmodul ausschalten, wenn der Akkuladesstand unter einen kritischen Wert von ca. 15% sinkt. In diesem Zustand arbeitet die PMA-Software scheinbar problemlos, allerdings ist eine Verbindung zum Server nicht mehr möglich, bis das Gerät wieder aufgeladen wird. Um dieser Situation vorzubeugen, wurde in der PMA-Software der Akkustand berücksichtigt. Damit ist es möglich, den Patienten immer an das Aufladen des Gerätes zu erinnern. Während der Evaluation trat häufig der Fall ein, dass der PMA zwar in die Ladestation gesteckt wurde, aber nicht aufgeladen wurde, weil er entweder nicht richtig angeschlossen war oder jemand den Netzstecker

²Während der Projektlaufzeit von MOBREGIO mussten in drei Jahren bei vier Servern zwei Netzteile, drei Festplatten, ein Netzteil Lüfter und ein Prozessorlüfter ausgetauscht werden, ohne dass das Testsystem seine Arbeit unterbrechen musste. Derartige Serverhardware ist mittlerweile schon für unter 5000 Euro erhältlich. Für MEMOS wurden Server von Intel eingesetzt.

der Ladestation entfernt hatte. Daher war es wichtig, die Aufladeerinnerung erst dann zu löschen, wenn der PMA selbst registrierte, dass er aufgeladen wird (siehe Abschnitt 9.6).

Ist ein PMA soweit entladen, dass er sich vollständig abschaltet, muss manuell eingegriffen werden, um die Gedächtnishilfe wieder funktionstüchtig zu machen. Normalerweise reicht dazu aus, dass der Betreuer bei dem Patienten oder einem Angehörigen auf einem Festnetztelefon anruft, und diesen bittet, das Gerät wieder ordnungsgemäß aufzuladen. Der PMA nimmt dann selbstständig seine Arbeit wieder auf.

Tabelle 7.2.: Interne Ursachen für eine Störung des Kommunikationspfades

Region	Ursache	verantwortlich	Maßnahme	Störungen pro Jahr	
				geschätzt	Erfahrung ^a
Basis-system	Ausfall durch Hard- oder Softwareprobleme	Programmierer bzw. Betreiber	Redundanz, Failover	1	1
	Ausfall lokaler Netzwerkinfrastruktur	Betreiber	Ersatz der fehlerhaften Teile	1	2
PMA	Mobilfunkmodul kann sich nicht in Netz einbuchen	Betreiber	administratives Eingreifen nötig	<1	<1 ^b
	nicht genügend Strom für Verbindungsaufbau	Nutzer bzw. Betreiber	manuelles Eingreifen nötig	3 ^b	3 ^b
	Tiefentladung	Nutzer bzw. Betreiber	Neuinstallation	< 1 ^b	1 ^b
	fehlerhafte Umkonfiguration des PMAs durch Nutzer oder Angehörige	Nutzer bzw. Angehörige	manuelles Eingreifen nötig	< 1 ^b	1 ^b
	Verklemmungen bei Kommunikation zwischen Betriebssystem und Funkmodul	Hersteller des PMAs bzw. des Betriebssystems	Neustart des Funkmoduls bzw. PMAs	30 ^b	30 ^b
	Probleme der PMA-Software	Programmierer	sorgfältig Programmieren, ausführliche Tests	0 ^b	5 ^b

^aBei der Evaluation von MEMOS erfasste Störungen.

^bpro PMA

Tiefentladung

Ein besonderes Problem der aktuellen Gerätegeneration ist die Tiefentladung. Alle Geräte haben einen batteriegepufferten Speicher als internes Dateisystem. Sinkt der Ladestand unter einen kriti-

schen Wert, so schaltet sich das Gerät automatisch ab, um mit der Restladung die Speicherinhalte zu schützen. Bis zu einer Wiederaufladung lässt sich der PMA dann nicht mehr einschalten. Findet diese Wiederaufladung eine längere Zeit (mehr als zwei Wochen) nicht statt, so entlädt sich der Akku weiter, bis kein Speicherrefresh mehr durchgeführt werden kann. Ab diesem Zeitpunkt ist die gesamte Installation der PMA-Software gelöscht und kann nur durch eine manuelle Neukonfiguration wiederhergestellt werden. Da eine Tiefentladung zusätzlich die Lithium-Ionen-Akkus zerstört, welche drastisch an Kapazität verlieren, wenn sie längere Zeit im entladenen Zustand aufbewahrt werden, ist eine Tiefentladung durch ein geeignetes administratives Konzept seitens der Betreiber zu verhindern.

Fehlkonfigurationen

Zwar wird das Betriebssystem von der PMA Software verdeckt, allerdings ist es durch Hintertüren noch immer möglich, die Konfiguration des Smartphones zu verändern. Das kritischste Problem dieser Art tritt bei temporären Verbindungsproblemen zum Mobilfunkprovider auf. Dann wird vom Betriebssystem eine Fehlermeldung angezeigt, welche die PMA-Software überlagert. Diese Fehlermeldung informiert zum einen über das Problem, was aber den Patienten eher verwirrt, als es hilft. Zum anderen gibt es in diesem Informationsfenster einen Button, der den Nutzer zum Konfigurationsmenü für die GPRS-Verbindung leitet. Das Menü ist normalerweise vor dem Patienten verborgen, da jede Änderung mit hoher Wahrscheinlichkeit fehlerhaft ist und die Einwahl zum Provider verhindert. Leider lässt sich die Fehlermeldung, welche zu dem Konfigurationsmenü führt, mit regulären Mitteln³ nicht unterdrücken.

Die als PMA genutzten Smartphones strahlen eine gewisse technische Attraktivität aus. Während der Erprobung von MEMOS ist mehrfach der Fall aufgetreten, dass ein PMA sich nicht mehr einwählen konnte nachdem ein Angehöriger sich das Gerät „angeschaut“ hat. Es ist für einen Laien schwer, allerdings nicht unmöglich, die Gerätekonfiguration durch bloßes Ausprobieren aufzurufen und dort etwas zu verstellen. Daher ist es seitens der Betreiber nötig, den Patienten durch eine entsprechende Einweisung für dieses Problem zu sensibilisieren.

Verklebungen des Funkmoduls

Das mit Abstand schwerwiegendste Problem bei der Erprobung von MEMOS sind Verklebungen im Betriebssystem beim Verbindungsaufbau. Diese Probleme waren nicht systematisch reproduzierbar, was eine genaue Analyse unmöglich machte. Wahrscheinlich kommt es zu diesen Verklebungen, wenn Verbindungsprobleme auf darunter liegenden Ebenen auftreten (Einbuchen in Funknetz oder Ähnliches). Charakteristisch für diese Art von Problemen ist, dass keine Kommunikation mehr möglich ist und alle Threads, die kommunizieren wollen, im Kommunikationsaufruf blockieren. Diese Art von Problemen lässt sich nicht umgehen, da weder auf die verantwortlichen Betriebssystemfunktionen noch auf die Firmware des Funkmoduls Einfluss genommen werden kann.

In MEMOS wird das Problem mit folgendem Workaround umgangen: Beim Auftreten einer Verklebung wird zuerst das Funkmodul zurückgesetzt, was ein erneutes Einbuchen ins Mobilfunknetz zur Folge hat. Ist diese Maßnahme nicht erfolgreich, so wird der PMA neu gestartet. Da ein

³Ein irreguläres Mittel wäre das Verändern von Bibliotheken des Betriebssystems, womit ein offizielles Update unmöglich wird, da sonst die Gefahr eines inkonsistenten Systems bestünde.

Neustart während der Ausführung eines Tasks sich sehr verwirrend auf den Patienten auswirken kann und dessen Vertrauen in die Gedächtnishilfe vermindert, wird der Neustart zwischen zwei Tasks durchgeführt. Der aktuelle Systemzustand ist persistent gespeichert, somit kann der PMA nach dem Neustart an der Stelle fortfahren, an der er unterbrochen wurde.

In ca. 80% der Fälle führt ein Zurücksetzen des Funkmoduls zum Beheben der Verklemmung. Dieses Zurücksetzen ist für den Patienten unsichtbar und daher für das Behandlungsszenario akzeptabel. In den restlichen Fällen muss der PMA neu gestartet werden. Dies wird zwar sehr oft vom Patienten nicht wahrgenommen, ist aber bestenfalls ein Umschiffen der Symptome und keine akzeptable Lösung.

In der Erprobungsphase wurden alle Resets protokolliert. Pro PMA mussten durchschnittlich 1-2 mal pro Monat das Funkmodul zurückgesetzt werden und aller drei Monate das Gerät neu gestartet werden. Allerdings variiert die Häufigkeit stark von Gerät zu Gerät. Das weist darauf hin, dass die genutzte Technologie nicht völlig ausgereift ist. Daher ist zu vermuten, dass mit neuen Betriebssystem- und Gerätegenerationen diese Probleme nicht mehr auftreten werden.

Fehler in der PMA-Software

In den verschiedenen Phasen der Erprobung wurden alle festgestellten Fehler in der PMA-Software behoben. Trotz des fehlerfreien Arbeitens der PMA-Software über große Zeiträume hinweg ist es möglich, dass unter ungünstigen Umständen Fehlfunktionen auftreten. Allerdings ist die Software so programmiert, dass in einer solchen Situation der Fehler protokolliert und der PMA über einen Watchdogprozess neu gestartet wird, wodurch wenigstens die Gesamtfunktionalität des PMAs gewährleistet bleibt. In der letzten Erprobungsphase ist eine solche Situation nicht mehr aufgetreten. Musste ein PMA neu gestartet werden, so war dies immer den oben beschriebenen Problemen mit dem Funkmodul geschuldet. Durch die Neustarts waren aber auch keine Aussagen auf die Langzeitstabilität der PMA-Software möglich.

7.3.3. Behebung von Verbindungsproblemen

Wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, kann es eine Vielzahl von Ursachen für Verbindungsprobleme geben, auf die in unterschiedlicher Weise reagiert werden muss. Nicht alle Probleme lassen sich eindeutig zuordnen, und oftmals ist es aus Sicht des PMAs nur möglich zu erkennen, dass keine Kommunikation möglich ist. Der PMA kann theoretisch drei Gruppen von Fehlerquellen unterscheiden:

1. nicht genug Akkukapazität,
2. keine Verbindung zum Mobilfunkprovider,
3. keine Verbindung zum Basissystem trotz Verbindung zum Mobilfunkprovider.

Treten Verklemmungen auf Betriebssystemebene auf, ist es allerdings öfters vorgekommen, dass die Selbstdiagnose des PMA-Betriebssystems falsch war. So wurde zum Beispiel angezeigt, die Empfangsstärke sei nicht ausreichend für eine Kommunikation. Nach einem manuellen Reset, ohne die Position des Gerätes zu verändern, war die Empfangsstärke optimal. Ein anderes Beispiel ist, dass eine GPRS-Verbindung zum Mobilfunkprovider angezeigt war, aber keine Daten zum Basissystem geschickt werden konnten. Auch hier hatte sich das Betriebssystem verklemmt und wurde durch einen Neustart des Telefonmoduls behoben. Eine automatische Fehlerbehand-

7. Datenübertragung zwischen den Komponenten von MEMOS

lung darf also nur zwischen den Ursachen „allgemeines Verbindungsproblem“ und „leerer Akku“ unterscheiden.

Wird festgestellt, dass die Akkukapazität für eine Kommunikation nicht ausreicht, so wird jeder Kommunikationsversuch unterbunden und der Patient aufgefordert, den PMA aufzuladen.

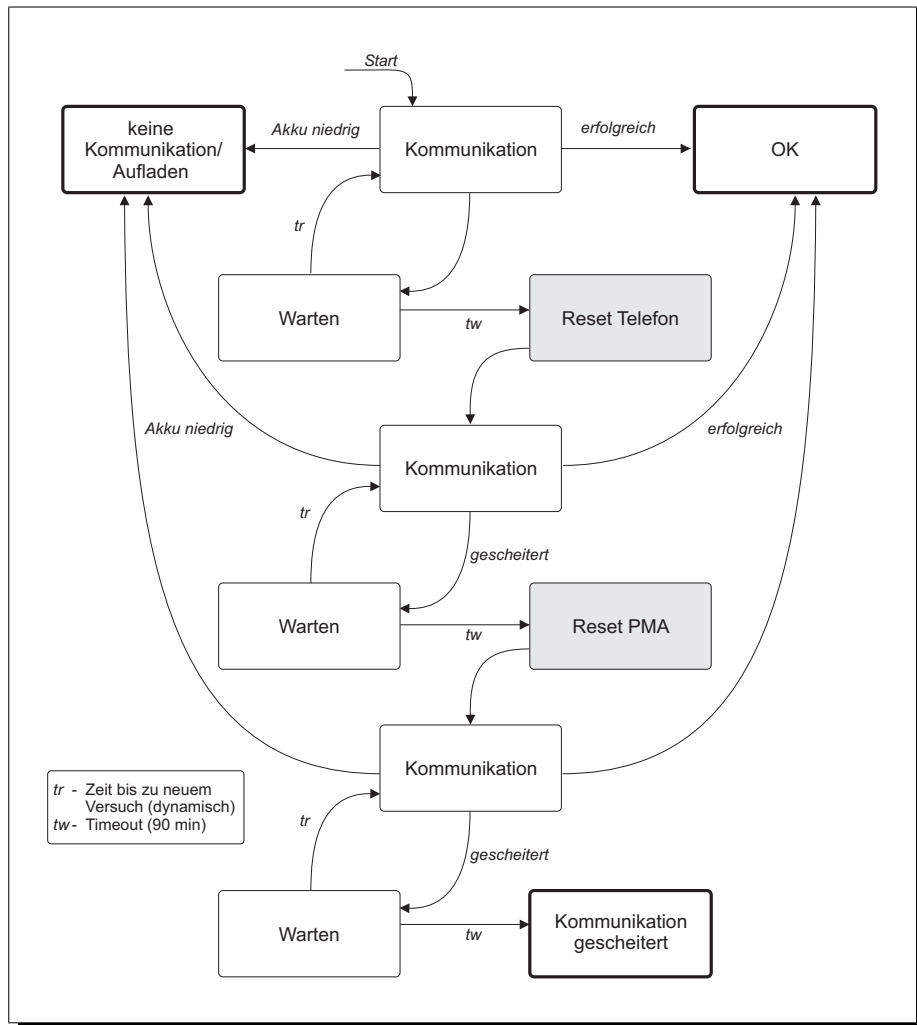


Abbildung 7.2.: Strategie zur Kompensation von Verbindungsproblemen

Um bei ausreichendem Akkuladestand nach Kommunikationsstörungen einen fehlerfreien Betrieb wieder herzustellen, wurde eine Strategie zur Behebung aller möglichen Verbindungsprobleme entwickelt, welche die stark eingeschränkten Möglichkeiten zur Selbstdiagnose berücksichtigt. Hauptziele dabei sind, die Funktionalität des PMAs unbeschränkt zu gewährleisten und beim Auftreten von Problemen diese automatisch und für den Nutzer möglichst unsichtbar zu beheben.

Generell wird davon ausgegangen, dass alle Probleme, die außerhalb des PMAs auftreten, von den jeweilig Verantwortlichen in kurzer Zeit behoben werden⁴. Da die mit Abstand größte Zahl

⁴Längere Störungen der aktuell betriebenen Kommunikationsinfrastruktur (Internet, Mobilfunkinfrastruktur, Stromnetz) können im Prinzip nur durch gezielte Sabotage oder eine Katastrophe verursacht werden. Ein Totalausfall von

aller Kommunikationsstörungen kürzer als 10 Minuten ist, wartet der PMA beim Auftreten von Kommunikationsproblemen zuerst ein gewisse Zeit und versucht dann erneut, eine Verbindung aufzubauen. Die Warteintervalle zwischen den Verbindungsversuchen werden dabei von einer Minute schrittweise auf 30 Minuten vergrößert. Nach ca. 90 Minuten wird das Telefonmodul zurückgesetzt, wodurch zum einen ein erneutes Einbuchen in das Mobilfunknetz erzwungen wird. Zum anderen werden auf Betriebssystemebene interne Datenstrukturen zurückgesetzt.

Funktioniert nach dieser Maßnahme die Kommunikation immer noch nicht, wird mit größerem Abstand weiterhin zyklisch versucht, eine Verbindung aufzubauen. Nach weiteren 90 Minuten ohne erfolgreichen Verbindungsaufbau wartet der PMA auf eine Pause zwischen zwei Tasks und startet sich dann neu. Bis zum Neustart des PMAs kann der Nutzer wie gewohnt mit dem System arbeiten. Tritt in dieser Zeit ein kritischer Zustand auf, bei dem der PMA gezwungen ist, mit dem Basissystem zu kommunizieren, so kann diese Alarmmeldung nicht abgeschickt werden. Der PMA muss das Absenden so lange verzögern, bis eine Kommunikation wieder möglich ist.

Kann der PMA nach dem Neustart noch immer keine Verbindung aufbauen, so sind drei Gründe dafür denkbar:

1. Die Kommunikationshardware am PMA ist beschädigt.
2. Durch eine größere Störung ist ein Glied in der Kommunikationskette für einen längeren Zeitraum ausgefallen.
3. Der PMA befindet sich die ganze Zeit in einem Funkloch.

In dieser Situation versucht der PMA weiterhin, in regelmäßigen Abständen einen Kontakt zur Basisstation herzustellen. Nach einer bestimmten Zeit ohne Verbindung (im Normalfall vier Stunden) wird der Patient aufgefordert, auf anderem Wege Kontakt zum Betreuer herzustellen. Der Zeitraum bis zum endgültigen Scheitern der Kommunikationsversuche kann für jeden Patienten individuell festgelegt werden und muss die kritischen Aufgaben eines Patienten berücksichtigen. Eine solche Situation ist in der Evaluationsphase einmal aufgetreten, als der Neffe eines Patienten die GPRS-Konfiguration des PMAs verstellt hat, und somit keine Verbindung zum Internet mehr möglich war.

Der Zeitraum der Kommunikationsstörung kann relativ lang sein. In dieser Zeit kann keine Synchronisation zwischen Basisstation und PMA erfolgen. Bei einer Resynchronisation zwischen Basissystem und PMA ist darauf zu achten, dass bei Kollisionen die vom Patienten initiierten Änderungen nicht verworfen werden. Die Aspekte einer patientenorientierten Synchronisation sind im Abschnitt 9.5 beschrieben.

7.4. Fazit

Zum Zeitpunkt der klinischen Evaluation von MEMOS, erfolgte die Datenübertragung zwischen Basisstation und PMA über GPRS, da diese Technologie die beste Kombination aus Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit, Übertragungsrate und Übertragungskosten bot.

Durch die Integration von UMTS in modernen Smartphones, ist ein Umstieg auf UMTS sinnvoll. Der Umstieg erfolgt nahtlos. Technisch ändert sich hierbei an dem Kommunikationsmodell nichts. Auch MEMOS Systemkomponenten müssen nicht angepasst werden. Für eine Weiterentwicklung wäre denkbar, eine hybride Strategie zu wählen, welche automatisch ein WLAN nutzt, wenn dies

MEMOS wäre in einer solchen Situation wahrscheinlich, und ein Wiederherstellen der vollen Betriebsbereitschaft hinge stark von der Art und Dauer der Störung ab und kann nicht automatisiert werden.

7. Datenübertragung zwischen den Komponenten von MEMOS

verfügbar ist, und ansonsten auf GPRS oder UMTS zurückgreift. Dies wird mittlerweile z.B. vom iPhone angeboten.

Wichtigstes praktisches Problem bei der Umsetzung von MEMOS war die Behandlung von Kommunikationsproblemen. Da nicht immer zuverlässig die Ursache der Störung automatisch ermittelt werden kann, nutzt MEMOS eine Strategie aus Wait-Retry-Zyklen, kombiniert mit dem Zurücksetzen des Telefonmodems und des gesamten PMAs. Mit dieser Strategie ist eine langfristig stabile Kommunikation möglich.

8. Die MEMOS-Architektur

Die wichtigsten Ziele des MOBREGIO-Projektes waren die Realisierung und Erprobung der Gedächtnishilfe MEMOS. Um diese Ziele zu erreichen, musste eine Vielzahl von praktischen Problemen gelöst werden. Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die wichtigsten Komponenten von MEMOS und deren Realisierung. Der Schwerpunkt liegt dabei auf dem mobilen Gerät. Das Basissystem ist detailliert in der Arbeit von VOINIKONIS [Voi06] beschrieben.

8.1. Überblick

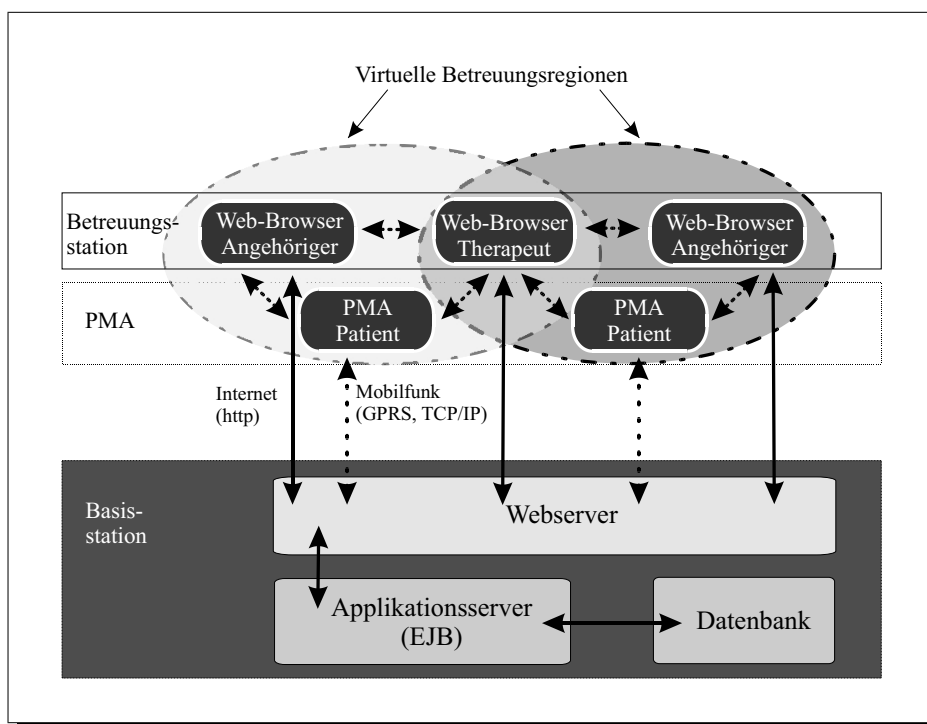


Abbildung 8.1.: Komponenten der MEMOS-Architektur.

MEMOS besteht, wie bereits in Kapitel 4.4.1 vorweggenommen, im Wesentlichen aus zwei Komponenten. Der Patient ist mit dem PMA, einem mobilen Gerät, ausgerüstet, welches ihn an die notwendigen Aufgaben erinnert, die der Patient wiederum bestätigen muss. Der PMA kommuniziert mit dem Basissystem, das die Aktionen des PMAs koordiniert und überwacht. Die Betreuungsstation ist als Thin-Client realisiert und wird im Weiteren mit dem Basissystem zusammen beschrieben.

8.2. Basissystem

8.2.1. Überblick

Die Aufgabe des Basissystems ist die Verwaltung, Koordinierung und Überwachung aller für den Gedächtnishilfeprozess relevanten Aktionen. So müssen Tasks für Patienten angelegt und in M2 umgewandelt zum PMA übertragen werden können. Die Aktionen des PMAs müssen vom Basissystem analysiert werden, und in kritischen Situationen muss das Basissystem einen zuständigen Betreuer alarmieren können.

Neben der Umsetzung der in Kapitel 4.2 definierten Designziele mussten bei der Entwicklung des Basissystems die in Abschnitt 4.3 formulierten technischen Anforderungen: „Zuverlässigkeit“, „Sicherheit“, „Effektive Realisierung und praktikabler Einsatz“ sowie „Flexibilität“ besonders berücksichtigt werden, da das Basissystem die zentrale Komponente in MEMOS ist.

Die Architektur des Basissystems folgt, soweit möglich dem Model-View-Controller (MVC) Design Pattern [Mica]. Das MVC Pattern geht davon aus, dass eine Applikation in die drei Schichten Model, View und Controller zerlegt wird, die wie folgt beschrieben werden können:

Model ist die Schicht, die das komplette Datenmodell der Anwendung und die Geschäftslogik beinhaltet.

View Die View-Schicht ist für die Präsentation der Anwendung verantwortlich. Sie sollte sich ausschließlich um die Darstellung der Daten und Vorgänge kümmern und dies so aufbereiten, dass sie von einem Nutzer (oder auch von einer anderen Anwendung) verstanden werden. Die View-Schicht muss die Nutzereingaben entgegennehmen und an die Controller-Schicht zum Verarbeiten weitergeben.

Controller Die Controller-Schicht ist die Vermittlerschicht zwischen Model und View. Sie transformiert Nutzereingaben in Aktionen, die durch die Model-Schicht ausgeführt werden, und gibt dem View Informationen über veränderte Zustände, die erneut angezeigt werden müssen.

Vorteil einer MVC-orientierten Architektur ist eine saubere Trennung funktional verschiedener Schichten. Zum einen wird dadurch eine verteilte Programmierung durch verschiedene Mitarbeiter erleichtert. Zum anderen führt die Nutzung des MVC-Patterns zu einer klareren und besser verständlichen Architektur [CEJ+05], die deutlich weniger fehleranfällig ist als eine ähnliche monolithische Software und die Weiterentwicklung und Wartung begünstigt. Außerdem lassen sich, falls notwendig, einzelne Schichten einfach austauschen, wenn die Schnittstellen beibehalten werden.

In MEMOS sind Geschäftslogik und Datenmodell (Model-Schicht) in Form von Enterprise Java Beans (EJB) [Micb] realisiert. Die EJBs verwalten und manipulieren die Prozessdaten. Der EJB-Server nimmt dem Programmierer sehr viele aufwändige und fehlerträchtige Aufgaben ab. So entscheidet zum Beispiel jeder EJB-Server, wieviel Threads von einem EJB angelegt werden, um alle Anfragen zu bearbeiten, synchronisiert das Gesamtsystem bei konkurrierenden Anfragen, entscheidet, wann EJB im Speicher oder auf Platte abgelegt werden, und sorgt für eine konsistente permanente Datenspeicherung in einer Datenbank.

Die Elemente der Controller-Schicht sind als JavaServer Pages (JSP) [Micc] realisiert. JSP erlauben einen flexiblen und skalierbaren Zugriff auf den EJB-Container. Die Servlet/JSP-Spezifikation wurde in erster Linie entwickelt, um dynamische HTML-Seiten zu generieren und einen webbasierten Zugriff auf zentrale Datenbestände zu ermöglichen. Mit JSP ist es aber auch sehr einfach

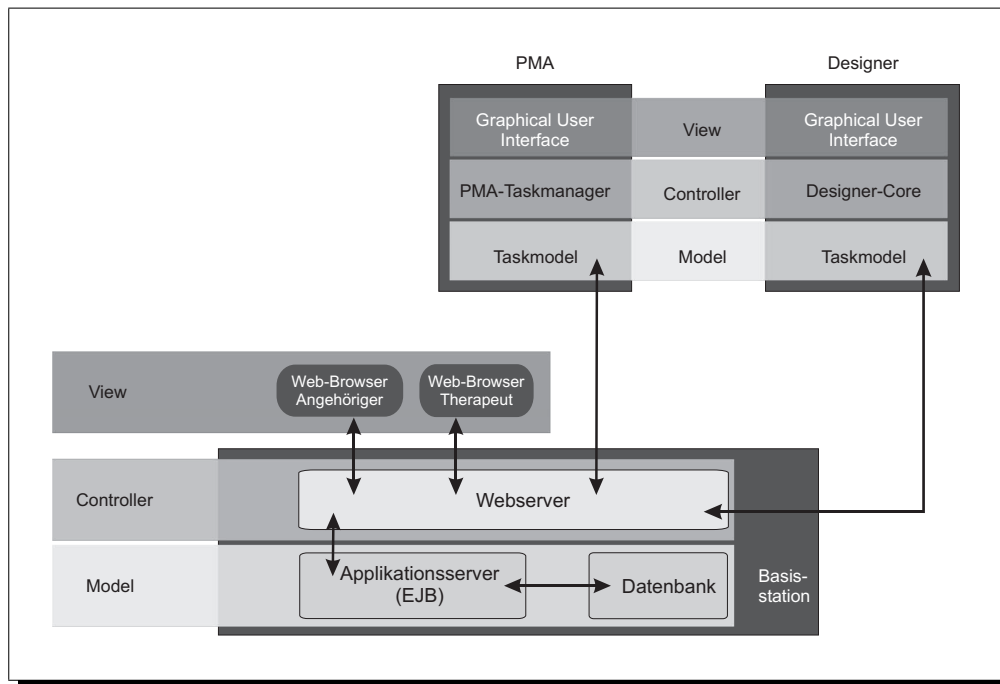


Abbildung 8.2.: Umsetzung des MVC-Patterns in der MEMOS-Architektur

möglich, XML-Dokumente für einen Web-Service zu generieren und an einen entsprechenden Client weiterzuleiten [CEJ⁺05], [Top03].

Die View-Schicht lässt sich nur für die Betreuerschnittstelle eindeutig bestimmen. Über einen Webbrowser greifen Angehörige, Betreuer und Administratoren auf die JSP-Engine zu. Zwar kommuniziert auch die PMA-Software mit der JSP-Engine, um sich mit dem Basissystem zu synchronisieren, allerdings sind in der PMA-Software wiederum alle Schichten des MVC-Patterns umgesetzt, damit der PMA auch unabhängig vom Basissystem arbeiten kann (siehe Abbildung 8.2). Eine Besonderheit ist das Designerinterface, welches dem MEMOS-Designer ermöglicht, Taskpläne auf dem Basissystem abzulegen. Der MEMOS-Designer ist ein in Java implementierter Rich-Client, mit dem es möglich ist, Task-Templates zu erzeugen und zu validieren (siehe Abschnitt 8.2.2). Auch der Designer implementiert eigene Model- und View-Schichten.

8.2.2. Effizientes Erstellen und Verwalten von Tasks

Grundgedanke bei der Entwicklung des Taskmodells war es, eine Methode zu finden, individuelle Abläufe erstellen zu können, deren Integrität formal überprüft werden kann und die in einer für den PMA leicht umsetzbaren Art und Weise zu interpretieren sind.

Mit dem Taskmodell und seiner Beschreibungssprache M2 steht ein sehr mächtiges und flexibles Konzept zur Verfügung, um Tasks individuell für Patienten zu erstellen. Für einen effizienten Betreuungsprozess ist es allerdings zu aufwändig, jeden Task manuell für jeden einzelnen Patienten neu zu erstellen. Dazu wurden Mechanismen entwickelt, um Tasks wiederverwenden zu können. Die Details dieses Prozesses sind in der Arbeit von VOINIKONIS [Voi06] ausführlich beschrieben, werden daher hier im Folgenden nur kurz umrissen.

Sehr viele Tasks für einen Patienten wiederholen sich entweder täglich (z. B. Medikamenteneinnahme) oder wöchentlich (z. B. Physiotherapie). Es ist daher sehr einfach möglich, Tasks mehrfach zu starten. Weiterhin gibt es viele Gruppen von Tasks, die sich aufgrund ihrer Aufgabe nur geringfügig voneinander unterscheiden. So unterscheiden sich viele Medikamenteneinnahmen nicht in ihrer Struktur, sondern nur in der Ausführungszeit, im Namen des Medikamentes und in seiner Dosierung. Es ist daher nahe liegend, Tasks nicht als fertig instanziierte Abläufe zu generieren, sondern vielmehr Vorlagen für Tasks (Taskpläne) zu entwickeln, die eine gemeinsame Struktur (Verknüpfung der Cards) besitzen, bei denen aber Teile der Erinnerungs- oder Buttontexte sowie die konkreten Zeitparameter durch Platzhalter freigehalten werden.

Tasks können somit erzeugt werden, indem man einen Taskplan auswählt, eine Taskinstanz erzeugt, indem man alle Platzhalter und Parameter eingibt, und diese Instanz dem Basissystem zur weiteren Verarbeitung übergibt.

Für jeden Patienten können im Voraus geeignete Taskpläne ausgewählt und abgespeichert werden, damit auf sie im Betreuungsprozess schnell und problemlos zugegriffen werden kann. Sollte für den Patienten ein individueller Plan nötig sein, kann dieser erzeugt werden. Taskpläne werden mit dem MEMOS-Designer erzeugt. Der Designer ist ein graphisches Tool, welches es erlaubt, Taskpläne zu erstellen, indem man einzelnen Cards erstellt, parametrisiert und miteinander verknüpft. Dabei lassen sich alle statischen Elemente, aber auch die Platzhalter erzeugen, die erst beim Starten der Tasks ausgefüllt werden können. Der Designer erlaubt ein Simulieren des Ablaufes, um einfache Fehler zu finden.

Erzeugte Taskpläne werden im Basissystem gespeichert und können, nachdem sie einem Patienten zugewiesen wurden, für diesen instanziiert und gestartet werden. Bei der Instanzierung werden automatisch für alle Platzhalter Formularfelder erzeugt, und der Task lässt sich erst dann starten, wenn alle Felder ausgefüllt sind. Bevor ein Task vom Basissystem akzeptiert wird, wird er hinsichtlich seiner zeitlichen Integrität validiert (siehe Abschnitt 6.5).

Eine akzeptierte Taskinstanz wird in Form eines Taskobjektes auf dem Basissystem gespeichert. Jedem Taskobjekt sind der zugehörige Taskplan sowie ein Datenobjekt zugeordnet, indem die Parameter der Instanz gespeichert sind. Wird ein neues Taskobjekt gestartet, so registriert es sich bei dem zum Patienten zugeordneten PMA-Proxy-Objekt. Bei Bedarf (in der Regel am Tag der Ausführung) erzeugt das Taskobjekt die M2-Beschreibung von sich selbst und stellt sie dem PMA-Proxy-Objekt zur Verfügung, welches die Beschreibung mit der nächsten Kommunikation zum PMA überträgt. Das PMA-Proxy-Objekt arbeitet als Stellvertreterobjekt des PMAs auf dem Basissystem, da der PMA nicht ständig erreichbar ist.

8.3. Der Personal Memory Assistant - PMA

8.3.1. Anforderungen an die Hardwareplattform

Damit mobile Geräte als PMA genutzt werden können, müssen sie bestimmte Voraussetzungen erfüllen. Wichtige Faktoren sind dabei:

- Akzeptable Maße und geringes Gewicht,
- angemessene Prozessor- und Speicherkapazität,
- gut lesbares tageslichttaugliches Display,
- Touchscreen,

- keine überflüssigen Funktionen und Knöpfe, wie Kamera oder Minitastatur,
- mechanische Stabilität,
- durchschnittliche Laufzeit von mindestens 10 Stunden bei eingeschaltetem Mobilfunkmodul,
- Integration der Mobilkommunikationskomponente,
- akzeptabler Preis,
- technische Zuverlässigkeit,
- einfache Bedienung,
- freie Programmierbarkeit.

So muss ein PMA, damit er im Alltag immer nutzbar ist, klein und leicht sein sowie über ausreichend Prozessor- und Speicherkapazität verfügen, damit er in der Lage ist, die notwendigen Operationen in für den Patienten akzeptabler Zeit auszuführen. Das Display muss ein Touchscreen sein, um Nutzereingaben direkt über den Bildschirm erfassen zu können. Weiterhin muss das Display im Freien, auch unter direkter Sonneneinstrahlung, gut lesbar sein, da nicht sichergestellt ist, dass der Patient sich immer in einem geschlossenen Raum befindet, wenn er mit dem PMA interagieren muss. Transflektive Displays haben diese Eigenschaft.

Der PMA sollte keine für den Betreuungsprozess überflüssige Funktionalität aufweisen, wie eine Kamera oder eine Mini-Tastatur, da diese für MEMOS nicht benötigt werden und den Patienten im Zweifel nur verwirren. Die mechanische Stabilität muss robust genug sein für einen täglichen Einsatz, bei dem der PMA nicht immer mit höchster Sorgfalt behandelt wird. Die Akkukapazität muss in Kombination mit den genutzten Stromsparmechanismen ausreichen, um mindestens 10 Stunden Betrieb ohne Zwischenladen zu ermöglichen. Dies ist die Zeitspanne, die ein Patient sich durchaus außer Haus befinden kann. Es ist inakzeptabel, dem Patienten zuzumuten, einen als PMA genutzten PDA mit einem Mobiltelefon zu verbinden, um mit dem Basissystem zu kommunizieren. Daher muss das Mobilfunkmodul in den PDA eingebaut sein. PDAs mit eingebautem Telefonmodul werden häufig Smartphones genannt. Mittlerweile bietet sogar MICROSOFT eine Smartphone-Edition seines POCKETPC-Betriebssystems an. Das Grundgerät muss zu einem erschwinglichen Preis erhältlich sein und technisch zuverlässig arbeiten. Die Bedienung sollte einfach zu erlernen sein, und Fehlbedienungen sollten durch ein klares, eindeutiges, funktionales Design weitestgehend ausgeschlossen werden. Zum Beispiel sollten Ladestecker eindeutig nur in der korrekten Position angeschlossen werden können. Wird das Gerät geladen, so sollte dies erkennbar sein, denn es ist durchaus möglich, dass es zwar korrekt an den Ladestecker angeschlossen ist, der Netzstecker aber inzwischen aus der Steckdose entfernt wurde.

Damit ein Gerät als PMA genutzt werden kann, muss es sich frei programmieren lassen und Zugriff auf interne Schnittstellen erlauben.

8.3.2. Der RBM-Funktionsprototyp

Zu Beginn des MOBTEL-Projektes war kein akzeptables Gerät kommerziell verfügbar. Daher wurde damals durch die Firma RBM-elektronik-automation ein Prototyp entwickelt. Mit Hilfe dieses Prototypen war der funktionale Nachweis von MEMOS möglich, leider aber keine Evaluation mit Patienten. Da eine Eigenentwicklung extrem aufwändig und teuer ist, wurde mit Beginn des Projektes MOBTEL-E damit begonnen, kommerziell verfügbare Geräte, die mittlerweile angeboten wurden, in MEMOS einzubinden.

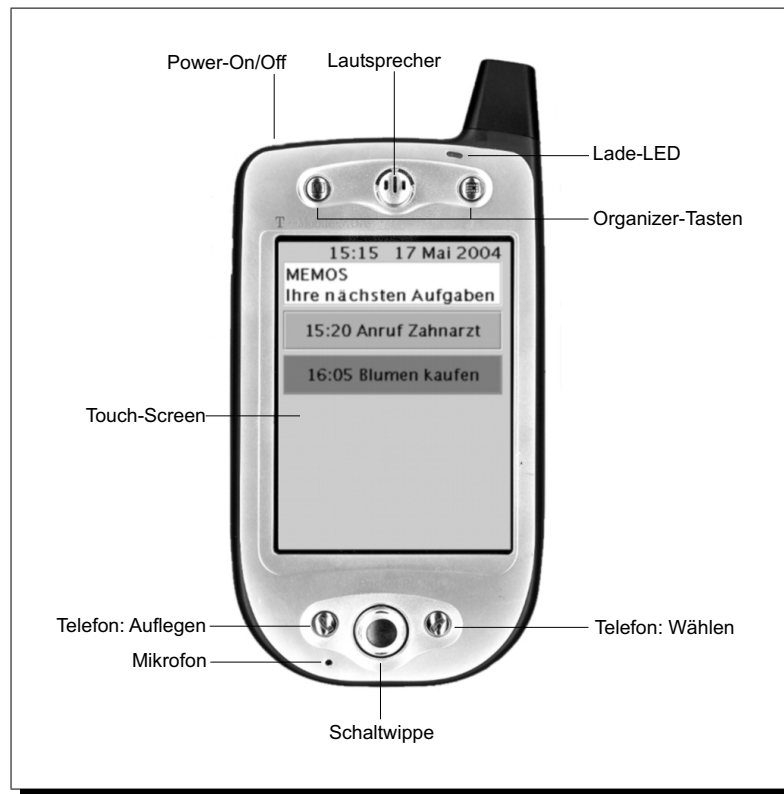


Abbildung 8.3.: Der T-Mobile MDA-I wurde als Hardwarebasis für den PMA genutzt.

8.3.3. Der T-Mobile MDA

Das erste am Markt verfügbare Gerät, welches die gestellten Anforderungen weitestgehend erfüllte, war das von der Firma HTC hergestellte Smartphone „Wallaby“, das allerdings unter sehr vielen verschiedenen Markennamen weltweit von den Mobilfunkanbietern vermarktet wurde. In Deutschland wird es von T-Mobile unter dem Namen „MDA“ und von O₂ als „XDA“ vertrieben (siehe Abbildung 8.3). Die Nachfolgemodelle wurden unter den Namen „MDA-II“ und „MDA-III“ bzw. „XDA-II“ und „XDA-III“ verkauft.

Im Rahmen von MEMOS wurden die Geräte von T-Mobile genutzt. Im Folgenden wird daher die technische Plattform des PMAs als MDA bezeichnet. Zum Zeitpunkt der klinischen Erprobung war die MDA-Serie die einzige Produktreihe, die eine akzeptable Funktionalität zur Verfügung stellte. Mittlerweile gibt es ein deutlich breiteres Angebot an Konkurrenzgeräten.

Die Erprobung wurde mit MDA-I Geräten durchgeführt, die PMA-Software allerdings auch für spätere Windows Mobile-basierte Smartphones angepasst und getestet.

8.4. Die PMA-Software-Schicht

Der MDA wird als funktionstüchtiges Smartphone ausgeliefert und besitzt eine graphische Nutzeroberfläche, die vor allem für die Hauptzielgruppe der MDA-Serie: Geschäftsleute, die Organizer

und Telefon, mobilen E-Mail-Client und Internetzugang in einem Gerät benötigen, ausgerichtet ist. Die Bedienung der Standardoberfläche ist inkonsistent, schwer zu erlernen und nicht im geringsten für Menschen mit Gedächtnisstörungen geeignet.

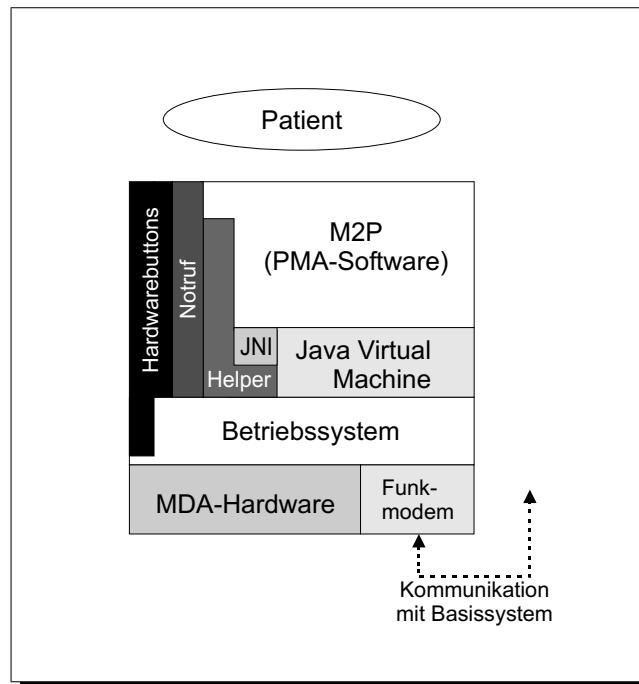


Abbildung 8.4.: Die logischen Komponenten des PMAs.

Der MDA wurde allerdings als PMA-Plattform ausgewählt, weil er sich durch eine neue Nutzerschnittstelle an die Bedürfnisse der Patienten anpassen lässt. Die neue Schnittstelle verbirgt die Standardoberfläche vor dem Nutzer vollständig. Sie wird durch die PMA-Software-Schicht realisiert, welche für die Umsetzung des gesamten Gedächtnishilfeprozesses auf dem PMA verantwortlich ist.

Abbildung 8.4 zeigt schematisch die Schichtung der verschiedenen logischen Komponenten auf dem PMA. Der Patient interagiert im Wesentlichen mit der Schnittstellensoftware „M2P“. Diese Komponente wird ergänzt durch kleine hochspezialisierte Helferkomponenten, die als C++-Programme realisiert sind und direkt auf dem Betriebssystem aufsetzen. Diese Helferkomponenten arbeiten entweder als eigenständige Programme oder werden über JNI (Java Native Interface) angesprochen. Einige wenige Funktionen lassen sich nicht verbergen und müssen direkt vom Betriebssystem verarbeitet werden.

8.4.1. M2P

In M2P sind alle wesentlichen Konzepte für den Gedächtnishilfeprozess umgesetzt. Das Programm ist aus Portabilitätsgründen in Java geschrieben und setzt eine Java Virtual Machine (JVM) voraus. Für MEMOS wird die JVM „CrEme 3.21“ benutzt. M2P kommuniziert mit dem Basissystem, verwaltet nutzerseitig alle Tasks, zeigt diese dem Patienten an und verarbeitet die meisten der Patienteneingaben. Stellt M2P Kommunikationsprobleme fest, so versucht es gemäß dem in

Abschnitt 7.3.3 beschriebenen Verfahren die Probleme zu beheben.

8.4.2. Helferkomponenten

Da nicht alle benötigten Funktionen in Java realisierbar sind, muss auch auf native Funktionen des Betriebssystems zurückgegriffen werden. Ein Teil dieser Funktionen sind über das Java Native Interface (JNI) realisiert. JNI erlaubt es, native Funktionen in C/ C++ Bibliotheken von der JVM aus aufzurufen. Diese nativen Funktionen sind nicht mehr plattformunabhängig, sondern auf eine spezielle Plattform angepasst. Beispiele für in MEMOS genutzte native Funktionen sind das Reset des Telefonmoduls oder das Abfragen des Akkuladestandes.

Zwei wichtige Komponenten dürfen nicht über JNI von M2P aus aufgerufen werden. Dies ist zum einen der Notrufprozess, der im nächsten Abschnitt beschrieben ist, zum anderen der Watchdog (siehe Abschnitt 8.4.7).

8.4.3. Der Notrufprozess

Die Notruffunktion ermöglicht das Kontaktieren einer von zwei zur Auswahl stehenden Bezugspersonen, meist eines Angehörigen und eines Betreuers. Um dem Patienten die Möglichkeit zu geben, in einer kritischen Situation eine Bezugsperson anzurufen ohne deren Nummer explizit wählen zu müssen, ist die Notruffunktion an bestimmte Hardwaretasten gebunden (siehe auch Abschnitt 8.4.4). Sobald der Notrufknopf betätigt wird, muss der Patient durch Druck auf einen Softbutton die Kontaktperson auswählen und durch das Drücken dieses Knopfes den Notruf bestätigen, worauf der PMA automatisch eine Telefonverbindung zur Zielperson aufbaut. Zur Auswahl der Kontaktperson hat der Patient 15 Sekunden Zeit. Wird in dieser Zeit keine Person ausgewählt, geht der PMA von einer Fehlbedienung aus und beendet den Notrufprozess. Sowohl Timeout als auch Name und Telefonnummer der Kontaktpersonen lassen sich anpassen.



Abbildung 8.5.: Screenshot: Notruf

Der Notruf ist aus drei Gründen als autonomer Prozess realisiert:

1. Der Notruf ist an eine spezielle Hardwaretaste gebunden. Hardwaretasten können nur auf Betriebssystemebene an spezielle Programme gebunden werden, die gestartet werden, sobald die Taste gedrückt wird.
2. Wird der Notrufprozess gestartet, so muss sichergestellt werden, dass dieser durch kein Ereignis unterbrochen werden kann. Dazu muss der Notruftask in einem speziellen Modus gestartet werden, der alle Systemevents auffängt und sicherstellt, dass das Programm nicht vom Bildschirm verdrängt wird. Die JVM für M2P kann nicht in diesem Modus gestartet werden.
3. Der Notrufprozess soll auch unabhängig von M2P benutzt werden können. Ein separates C++ Programm benötigt keine Runtime-Lizenz für die JVM und spart somit Kosten.

8.4.4. Überdecken der Betriebssystemfunktionalität

Das graphische Nutzerinterface von M2P ist so konzipiert, dass es immer die Oberfläche des Betriebssystems überdeckt. Leider kann es passieren, dass M2P in den Hintergrund verdrängt wird. In erster Linie wird dies durch einen eingehenden oder selbstinitiierten Anruf verursacht. Aber auch eine vom Betriebssystem erzeugte Fehlermeldung kann zu diesem Verhalten führen. Innerhalb von M2P kann abgefragt werden, ob das Programm verdrängt wurde, da es auch im Hintergrund weiter ausgeführt und nicht suspendiert wird. Stellt das Programm fest, dass es verdrängt wurde, so prüft es den Telefonstatus, und falls nicht gerade ein Telefonat geführt wird, schiebt sich M2P selbst wieder in den Vordergrund.

Dieses Verhalten ist suboptimal, allerdings gibt es keine sinnvoll umsetzbare Alternative, denn es lassen sich nicht alle Fehlermeldungen des Betriebssystems abfangen oder unterdrücken.

Die zweite Maßnahme zur Überdeckung der Betriebssystemfunktionalität ist die Neubelegung der Hardwaretasten auf dem PMA (siehe Abbildung 8.3). Die Organisiertasten werden an den Notrufprozess gebunden, was auf Betriebssystemebene durch einen Eintrag in die Windows-Registry möglich ist. Die Schaltwippe und die Taste zum Trennen von Telefonverbindungen werden im M2P-Kontext einfach ignoriert. Problematisch sind die „Aus“-Taste zum Ein- und Ausschalten des PMAs und die „Wählen“-Taste zum Tätigen eines Anrufs.

8.4.5. Einbinden der Telefonfunktion

Das Drücken der „Wählen“-Taste öffnet den Telefondialog des MDA. Dabei werden unter anderem ein Ziffernblock sowie einige Optionen zur Anrufliste und Kurzwahl auf dem Touchscreen angezeigt (siehe Abbildung 8.6). Telefonnummern werden über den Ziffernblock gewählt. Der Aufbau einer Verbindung erfolgt über den entsprechenden Softbutton oder einen weiteren Druck auf die „Wählen“-Taste.

Der Telefondialog ist eigentlich zu komplex für Patienten mit kognitiven Defiziten, lässt eine Vielzahl von möglichen Fehlbedienungen zu und kann einen Patienten durchaus verwirren. Leider kann der Dialog mit sinnvollem Aufwand¹ nicht unterdrückt werden und erscheint immer, wenn die „Wählen“-Taste gedrückt wurde oder wenn ein Anruf eingeht. Allerdings ist es möglich, durch ausreichendes Training den Patienten ein korrektes Benutzen der Telefonfunktion beizubringen.

¹Da der Microsoft-Support auf entsprechende Anfragen nicht reagiert, ist die einzige Erfolg versprechende Möglichkeit, ein Reengineering und Patchen der verantwortlichen Systembibliothek, was nicht nur urheberrechtlich zweifelhaft ist, sondern auch die Systemstabilität negativ beeinflussen kann.

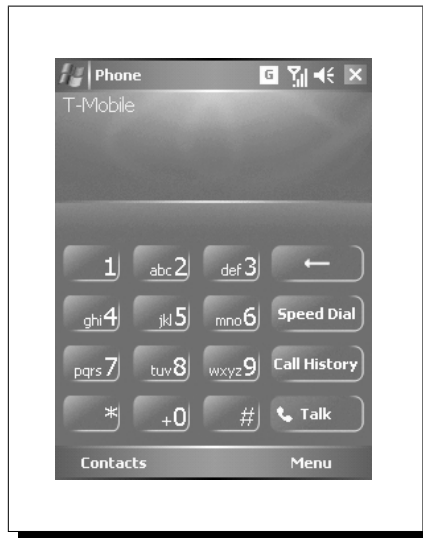


Abbildung 8.6.: Screenshot Telefondialog (Windows Mobile 2005, amerikanische Version)

8.4.6. Automatisches Aus- und Einschalten

Die Energiesparfunktionen, die das Betriebssystem zur Verfügung stellt, können beim Einsatz als Gedächtnishilfe nicht direkt genutzt werden. Dies liegt daran, dass das Betriebssystem nur in der Lage ist, das Gerät zu suspendieren, wenn es eine längere Inaktivität feststellt. Für die Gedächtnishilfe müssen aber auch zukünftige Ereignisse berücksichtigt werden, damit sie immer dann aktiv ist, wenn Erinnerungsimpulse an den Patienten weitergeleitet werden sollen.

Um dies zu gewährleisten, wurde das Powermanagement auf Betriebssystemebene ausgeschaltet und die Verantwortung dafür der PMA-Software übertragen. Diese überwacht die Aktivität des Nutzers und kann den PMA in einen Stromsparmodus versetzen, wenn der Nutzer längere Zeit nicht reagiert hat und innerhalb der nächsten zwei Minuten² keine Refresh- oder Timerevents anstehen. Im Stromsparmodus sind alle Programme angehalten, und somit ist ein aktives Polling zur Ermittlung der Einschaltzeit nicht möglich. Allerdings kann über eine JNI-Funktion ein timergesteuerter Interrupt registriert werden, welcher den Prozessor nach einer vorgegebenen Zeit wieder aufweckt, wodurch eine Aktivierung des PMAs möglich ist.

Da es nicht möglich ist, den Hardwareknopf zum Ein- und Ausschalten des Gerätes abzufangen, ist der Patient in der Lage, das Gerät jederzeit auszuschalten. Wird das Gerät fälschlicherweise ausgeschaltet, so kann es passieren, dass der Patient vergisst, es wieder einzuschalten, wodurch möglicherweise wichtige Informationen nicht angezeigt werden können und Tasks scheitern. Um dies zu verhindern, wird von der PMA-Software permanent das Wakeup-Event beim Betriebssystem aktualisiert. Ein Setzen des Wakup-Timers überschreibt den alten Wert, wodurch Inkonsistenzen verhindert werden. Schaltet ein Patient den PMA manuell aus, so ist sichergestellt, dass das Gerät vor dem nächsten regulären M2-Event (meistens „Refresh“) wieder eingeschaltet wird.

Da bei einem Ausschalten die JVM einfach angehalten wird, kann M2P nicht automatisch erkennen, ob es suspendiert war oder nicht. Um dies festzustellen, speichert der Hauptthread vom M2P

²Die Zeitspanne von zwei Minuten wurde empirisch ermittelt und hat sich als günstig erwiesen.

pro Durchlauf die Systemzeit. Normalerweise dauert ein Durchlauf weniger als 250ms³. Ist die Differenz zwischen zwei Durchläufen größer als 1s, dann wurde der PMA zwischenzeitlich suspendiert. Diese Information ist unter anderem wichtig, um ein automatisches Wiederausschalten nach einem manuellen Einschalten zu verhindern.

8.4.7. Der Watchdog-Prozess

Die PMA Software ist sehr komplex, und es gibt viele Stellen, an denen potentiell Fehler auftreten können. Es ist für den Betreuungsprozess inakzeptabel, den Patienten mit Fehlermeldungen zu verwirren. Daher sind Mechanismen, die Fehler abfangen und eine Langzeitstabilität gewährleisten, sehr wichtig. In der PMA-Software gibt es sehr viele Mechanismen, die Fehler abfangen und korrigieren bzw. Inkonsistenzen vermeiden können, aber wie in Abschnitt 7.3 bereits erwähnt, lässt sich ab einer gewissen Komplexität, ein fehlerfreies Programm nicht mehr garantieren.

Daher wurde auf dem PMA ein doppelter Watchdogmechanismus eingeführt, der garantiert, dass beim Auftreten von kritischen Fehlern durch einen Neustart die Funktionstüchtigkeit des PMAs gewährleistet bleibt.

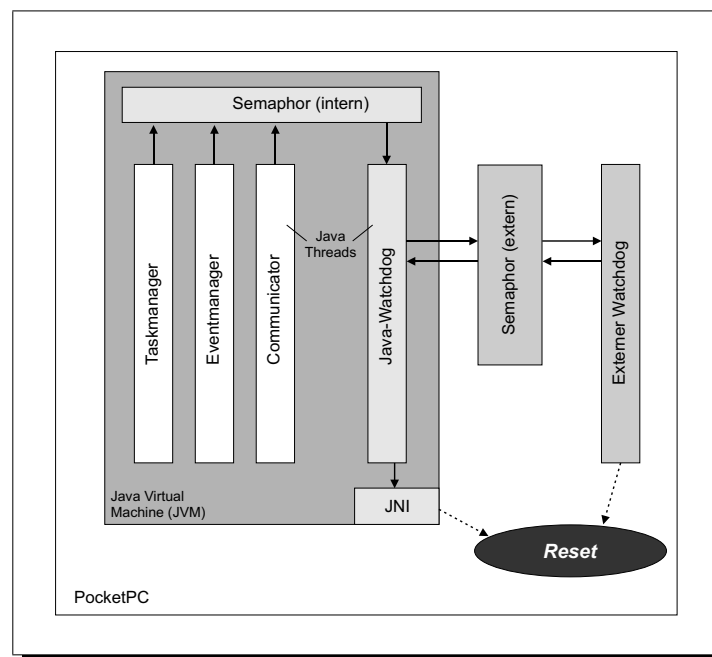


Abbildung 8.7.: Doppelte Watchdogstrategie: Ein Watchdog-Thread innerhalb der JVM und ein Watchdog-Prozess auf Ebene des Betriebssystems garantieren einen Neustart des Systems bei Verklemmungen.

Der Watchdogmechanismus besteht aus zwei Watchdog-Prozessen, wobei einer innerhalb der JVM als Java Thread läuft. Dieser innere Java-Watchdog (JWD) fragt zyklisch eine Datenstruktur ab, in der jeder andere Thread ein Semaphor setzen muss. Die Durchlaufzeit der einzelnen Threads ist verschieden, so darf der Haupt-Thread 250 ms pro Durchlauf verbrauchen. Der für die Kommu-

³Dieser Wert wurde auf dem MDA I gemessen. Bei stark belastetem System konnte dieser Wert bis maximal 600ms erreichen.

nikation verantwortliche Thread kann in der Kommunikationsroutine temporär festklemmen und hat eine maximale Durchlaufzeit von 20 Minuten.

Mit jedem Durchlauf prüft der JDW, ob die maximale Antwortzeit eines der überwachten Threads überschritten ist. Ist dies der Fall, wechselt der JDW in einen kritischen Modus und gibt den anderen Threads die Chance, sich regulär zu beenden (z. B. durch Schreiben eines Log-Eintrages oder durch Abspeichern des aktuellen Zustandes).

Der JDW schreibt seinen Status in ein Semaphor auf Betriebssystemebene, welches vom globalen Watchdog (WD) abgefragt und zurückgesetzt wird. Wird dieses Semaphor nicht geschrieben, so ist entweder der JDW-Thread abgestürzt, oder er ist in den kritischen Modus gewechselt und signalisiert dem WD, dass der PMA neu gestartet werden muss. Um den Java-Threads genügend Zeit zum Abspeichern ihres Zustandes zu geben, wartet der WD einen Zyklus ab, bevor er den Reset auslöst.

Wird hingegen das globale Semaphor nicht gelöscht, so weiß der JDW, dass es Probleme mit dem WD gibt, und kann den PMA durch eine JNI-Funktion selbst neu starten.

8.5. Datensicherheitsaspekte

MEMOS verarbeitet vertrauliche Daten von Patienten. Somit muss sichergestellt werden, dass ein unautorisiertes Ausspähen oder Manipulieren der Daten nicht oder nur mit großem Aufwand möglich ist.

8.5.1. Sicherheit des Basissystems

Das Basissystem (BS) muss zum einen gegen Sabotage von außen geschützt werden und zum anderen sicherstellen, dass unautorisierte Personen

- keine Tasks starten oder beenden können,
- in den Besitz von vertraulichen Informationen gelangen.

Das Basissystem läuft auf einem Serversystem, welches sich durch eine Firewall gegen alle Zugriffe von außen schützen lässt. Die Firewall erlaubt den Zugriff auf das BS nur für das Webinterface. Eine Manipulation der Daten ist nur über das Webinterface und nur für autorisierte Nutzer möglich. Bei der Implementierung des BS wurden Rollen für Administratoren, Therapeuten und Angehörige eingeführt. Jeder Nutzer kann nur entsprechend seiner Rolle autorisierte Aktionen ausführen. So ist es zum Beispiel einem Angehörigen nicht möglich, Aufgaben zu stoppen, die von anderen Nutzern gestartet wurden. Auch kann jeder Nutzer nur die Daten der Patienten einsehen, denen er als Betreuer zugeordnet ist.

8.5.2. Sicherheit des PMA

Da der PMA die Daten immer vom BS abholt, akzeptiert er keine Datenverbindungen, die er nicht selbst geöffnet hat und somit auch keine Daten von anderen Kommunikationspartnern als dem BS. Dies erschwert einen Angriff von außen deutlich.

Ein Angreifer hat nur die Möglichkeit, sich als BS auszugeben, um so dem PMA gefälschte Daten unterzuschieben, was aber sehr aufwändig ist und durch den Einsatz von SSL (siehe 8.5.3) verhindert werden kann.

Ein Patient muss sich gegenüber dem PMA nicht autorisieren, da eine Autorisierung zur Zeit nur über eine Passworteingabe umzusetzen wäre. Das Erinnern an ein Passwort kann bei gedächtnisgestörten Patienten nicht erwartet werden und würde die gesamte Gedächtnishilfe ad absurdum führen. Ebenso sind die PIN-Codes der SIM-Karte freigeschaltet. Würde ein Gerät verloren gehen, so kann also der Finder (oder Dieb) sowohl die Patientendaten (Tasks) einsehen als auch bis zum Sperren der SIM-Karte auf fremde Rechnung telefonieren.

Dieses Risiko wurde bewusst in Kauf genommen, denn nur so war eine Erprobung überhaupt möglich. Während der Erprobungsphase wurde kein einziger PMA verloren, vergessen oder gestohlen. Die einzige Möglichkeit, den PMA sinnvoll zu schützen, ist mit Hilfe von Fingerabdrücken. Allerdings gab es während der Projektlaufzeit kein Smartphone mit integriertem Fingerabdruckscanner. Da aber bereits einige PDAs mit einem solchen Scanner ausgerüstet sind, ist zu hoffen, dass in der Zukunft ein solcher Schutz für MEMOS möglich sein wird.

8.5.3. Schutz des Kommunikationskanales

MEMOS nutzte während der Erprobung das HyperText Transfer Protocol (http) [Fora] zur Kommunikation zwischen PMA und BS. Bei http erfolgt die Datenübertragung unverschlüsselt, was bedeutet, dass die Daten abgehört werden können. Auch erfolgt keine Authentifizierung der Kommunikationspartner. Somit kann nicht sichergestellt werden, dass ein PMA, der Daten vom BS abfragt, nicht vorgibt, ein anderer zu sein, um somit Daten auszuspähen. Andersherum könnte ein Angreifer bössartige Tasks auf einen PMA spielen, indem er das eigentliche BS sabotiert und dem PMA unter der BS-Adresse ein eigenes BS vorspielt

In der Erprobungsphase waren diese Angriffsszenarien durch die Überschaubarkeit der Evaluation nicht relevant, bei einem breiten Einsatz von MEMOS allerdings ist dieses Sicherheitsloch nicht mehr akzeptabel. http kann sehr leicht durch https [Fora] (http over Secure Socket Layer) ersetzt werden. Sowohl die BS- als auch die PMA-Software unterstützen von Haus aus https. https erlaubt zum Beispiel, dass das Basissystem sich durch ein Zertifikat authentifiziert, welches vom PMA einmalig akzeptiert werden muss. Mit Hilfe dieses Zertifikates ist es möglich, eine verschlüsselte Verbindung zwischen PMA und BS aufzubauen.

8.6. Fazit

MEMOS besteht aus zwei Hauptkomponenten, dem Basissystem und den mobilen Geräten, den PMAs. Das Basissystem arbeitet als J2EE-basierte Lösung stabil und zuverlässig. Die verwendeten Technologien sind vielfach erprobt und speziell für den Einsatz in hochverfügbaren Anwendungen konzipiert.

Für den PMA musste mangels Alternativen auf mobile Hardware zurückgegriffen werden, welche zum einen nicht völlig ausgereift ist, zum anderen durch die sehr kurzen Produktzyklen im Mobilkommunikationsmarkt nicht ideal vom Hersteller bzw. Provider unterstützt wird. Die PMA arbeiten zwar generell relativ stabil, allerdings kam es gelegentlich zu Ungereimtheiten und technischen Problemen. Die Ursache dafür war wahrscheinlich eine ungenügende Behandlung von Kommunikationsproblemen seitens des Betriebssystems. Auf das Closed-Source-Betriebssystem PocketPC (2002/2003) konnte nur durch Providerupdates Einfluss genommen werden, was einige Probleme löste, aber nicht alle. Mittels einer doppelten Watchdog-Strategie konnte aber ein Workaround implementiert werden, der eine langfristige stabile Arbeitsweise des PMAs garantiert.

9. Usability: Patientengerechte Anpassung von MEMOS

Usability¹ ist ein sehr unscharfer Begriff; er steht für „gute Benutzbarkeit“ oder „Bedienungsfreundlichkeit“ eines interaktiven Systems und kann als virtuelle Eigenschaft eines Produktes aufgefasst werden [Eic].

Damit die Usability eines Systems hoch ist, muss die Bedienung einfach erlernbar und das System effizient benutzbar sein. Es muss eine geringe Fehlerquote aufweisen und Benutzersatisfaction bewirken.

Nach einer einführenden Begriffsbestimmung, werden im Folgenden die generellen Usability-Richtlinien für MEMOS beschrieben und deren Umsetzung bei der Erstellung der Nutzeroberfläche erläutert.

Usability lässt sich allerdings nicht nur auf das Gestalten einer patientengerechten Oberfläche beschränken, sondern wird vielmehr von grundlegenden Algorithmen und Konzepten bestimmt. Daher werden in diesem Kapitel auch diejenigen Algorithmen beschrieben, welche im besonderen Maße für eine nutzerfreundliche Interaktion mit dem Patienten entwickelt oder angepasst wurden. Dazu gehören Konzepte für die flexible Taskverwaltung ebenso wie Mechanismen, die ein korrektes Aufladen des PMAs gewährleisten und somit die kontinuierliche Benutzbarkeit der Gedächtnishilfe garantieren.

9.1. Begriffsbestimmung

Der Begriff „Usability“ stammt aus dem Gebiet der „Mensch-Maschine-Interaktion“ (HCI²). HCI befasst sich mit der Kommunikationsschnittstelle zwischen Mensch und Computer. Es umfasst dabei die Aspekte der Hard- und Software, der Benutzer- und Systemmodellierung, kognitive und psychologische Aspekte, aber auch empirische Studien, menschliche Fehlerfaktoren sowie Techniken und Werkzeuge für die Gestaltung von Nutzerschnittstellen [Forb].

Da in der Literatur der Begriff „Usability“ oft auf sehr verschiedene Weise definiert ist, wird im Folgenden von der Definition der INTERNATIONAL STANDARD ORGANISATION (ISO) ausgegangen [fS]:

Definition 7 (Usability (ISO 9241)) *Usability eines Produktes ist das Ausmaß, in welchem es von einem bestimmten Benutzer verwendet werden kann, um bestimmte Ziele in einem bestimmten Kontext effektiv, effizient und zufriedenstellend zu erreichen.*

¹Der Begriff „Usability“ wurde aus dem Englischen übernommen, da alle Übersetzungsversuche, wie „Benutzbarkeit“ oder „Nutzerfreundlichkeit“, keine bessere Beschreibung für die eigentliche Bedeutung geben. Außerdem kann die gewollte sprachliche Nähe zu den Begriffen „Usefulness“ und „Utility“ nicht mit ins Deutsche übertragen werden.

²Human Computer Interaction

Es ist zu beachten, dass Usability nicht allein eine Eigenschaft eines Produktes, sondern die Eigenschaft einer Interaktion zwischen einem Nutzer mit dem Produkt innerhalb eines gewissen Kontextes ist. Die Usability kann nicht ohne weiteres auf einen anderen Nutzer übertragen werden, sondern muss immer die Fähigkeiten und Bedürfnisse eines Nutzers oder einer Nutzergruppe berücksichtigen.

Das Produkt muss es dem Nutzer erlauben, eine Aufgabe genau und komplett zu erfüllen (Effektivität). Die Ressourcen, die ein Nutzer in das Erlernen und Bedienen des Produktes investieren muss, sollten in Relation zum subjektiven Stellenwert des Ergebnisses stehen (Effizienz).

9.2. Generelle Usability-Richtlinien für MEMOS

Um eine angemessene Usability für ein Produkt zu erreichen, ist es notwendig, die Benutzergruppe zu spezifizieren und darauf aufbauend Aufgaben und Ziele der erwünschten Interaktionen möglichst detailliert zu bestimmen.

Für die patientengerechte Entwicklung von MEMOS ist diese Spezifikation bereits in den Kapiteln 2 - 5 durch die Analyse der Störungen des Prospektiven Gedächtnisses und der Formulierung der Nutzer- und Systemanforderungen und der Betreuungsszenarien erfolgt.

Allgemeine Prinzipien, die aus den Anforderungen an eine patientengerechte Gedächtnishilfe abgeleitet werden können, sind:

Nachvollziehbarkeit: Die Reaktion des PMAs muss für den Patienten nachvollziehbar sein. Unnötige Automatismen sind zu vermeiden, um den Patienten nicht zu verwirren oder ihm das Gefühl zu vermitteln, durch einen Computer fremdbestimmt zu sein.

Einfache Nutzerschnittstelle: Die Komplexität des Systems muss vor dem Patienten unter einer einfachen Nutzerschnittstelle verborgen werden, um Berührungsängste zu vermeiden und ein einfaches Erlernen des Systems zu gewährleisten. Dazu muss gleicher Kontext immer an der gleichen Stelle angezeigt werden.

Usability statt Funktionalität: Kann Funktionalität vor dem Patienten nicht verborgen werden oder führt sie zu nicht nachvollziehbaren Zuständen, so ist auf diese Funktionalität zu Gunsten einer besseren Usability zu verzichten.

Keine Fehlermeldungen: Fehlermeldungen dürfen nicht an den Patienten weitergegeben werden, so lange das System noch prinzipiell betriebsfähig ist. Bei Kollisionen zwischen verschiedenen Aktionen hat immer die vom Patienten ausgelöste Aktion Priorität, ungeachtet der tatsächlichen Wichtigkeit.

Einfache, klare Dialoge: Erinnerungsimpulse müssen durch einfache, leicht erfassbare Texte repräsentiert werden. Ein Verzicht auf Höflichkeitsfloskeln ist dabei legitim. Dialogelemente dürfen keine Fehlinterpretation³ erlauben.

9.3. Gestaltung der Nutzeroberfläche

Begleiterscheinungen von prospektiven Gedächtnisstörungen sind häufig motorische Störungen oder eingeschränkte Sehfähigkeiten (siehe Abschnitt 2.3). Die Nutzeroberfläche von MEMOS hat

³Sehr viel Raum für Fehlinterpretationen bietet zum Beispiel der Dialog: „Wenn Sie die Aufgabe nicht abbrechen möchten, drücken Sie auf >Ja<!“.

deshalb große Tasten, die ohne Stift (mit dem Finger) zu bedienen sind. Die Schrift ist groß und kontrastreich. Auf optische Besonderheiten, wie halbtransparente oder animierte Elemente wurde verzichtet.

Um ein schnelles Erfassen der angezeigten Inhalte zu ermöglichen, ist die Oberfläche von MEMOS einfach und klar strukturiert. Wie in Abbildung 9.1 dargestellt, besteht jede Erinnerung aus den Elementen: Datum und Uhrzeit, Überschrift, Erinnerungstext und Eingabekнопfe. Die Eingabekнопfe sind ebenfalls auf dem Touchscreen realisiert und werden im Weiteren als „Softbuttons“ bezeichnet. Diese elementare Regeln werden bei der Anzeige jeder Card durch die PMA-Software sichergestellt. Die konkrete Gestaltung einer Card liegt allerdings in der Verantwortung der Taskdesigner bzw. der Therapeuten beim Starten eines Tasks.

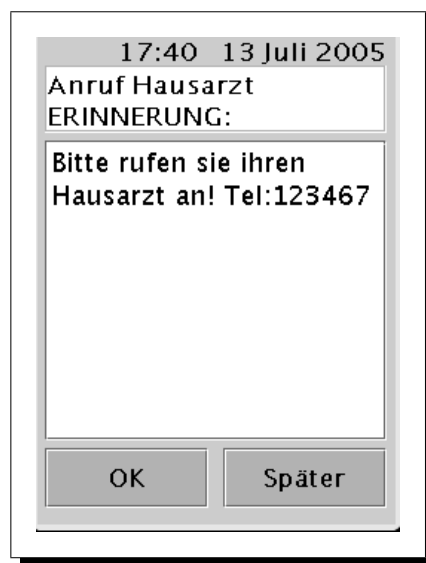


Abbildung 9.1.: Elemente der Nutzerschnittstelle: Zeit und Datum, Überschrift, erklärender Text und Softbuttons

Datum, Uhrzeit und Überschrift

Datum und Uhrzeit werden in der Kopfzeile des Bildschirms angezeigt. Die Uhrzeit wird mit jeder Minute aktualisiert. Da das Konzept „Datum und Uhrzeit“ jedem Patienten bekannt ist, ist eine Anzeige unkritisch, weil die zusätzliche Information jederzeit zugeordnet werden kann und sich in den Gesamtkontext einbettet.

Die Überschrift wird spezifisch für die aktuelle Card gewählt und vermittelt dem Patienten den groben Inhalt der aktuellen Card oder stellt den Bezug zur aktuellen Aufgabe her. Da die Breite des Bildschirms sehr begrenzt ist, kann eine Überschrift nur aus 2 Zeilen zu ca. 20 Zeichen⁴ bestehen, was drei bis fünf Worten entspricht. Beispiele für geeignete Überschriften sind: „Aufgabe abbrechen“, „Warnung“ oder der Titel der Aufgabe, wie „Zahnarzt“ bei mehrstufigen Aufgaben.

⁴Die benutzte Schrift ist eine Proportionalchrift, so dass die tatsächliche Anzahl von der Breite der Buchstaben abhängt. Maximal können 20 „M“ dargestellt werden.

Erinnerungstext

In Abhängigkeit der Anzahl der Softbuttons stehen für den eigentlichen Erinnerungstext maximal 9 Zeilen zu ca. 20 Zeichen zur Verfügung. Das entspricht ca. 30 Worten für eine Erinnerung. Ein Erinnerungstext muss demnach kurz und prägnant formuliert sein. Es hat sich gezeigt, dass dabei durchaus auf Höflichkeitsfloskeln, wie „Bitte“ verzichtet werden kann, da der Text dadurch kürzer und leichter erfassbar wird.

Der Erinnerungstext muss so formuliert sein, dass keine Fehlinterpretation möglich ist. Bei einem Dialog, wie in Abbildung 9.2 dargestellt, ist es nicht möglich, eindeutig zu entscheiden, ob „Fortfahren“ bedeutet, mit der Aufgabe fortzufahren (also kein Abbruch) oder mit dem Abbruch fortzufahren (Abbruch bestätigen).

Erinnerungen sind immer positiv zu formulieren und Verneinungen zu vermeiden. Ein gutes Beispiel ist: „Möchten Sie jetzt die Aufgabe: 'Blumen gießen' beginnen?“, verbunden mit den Reaktionsmöglichkeiten: „Ja/Nein/Später“. Ungünstig hingegen ist der Text: „Um die Aufgabe: 'Blumen gießen' nicht zu starten, drücken Sie bitte >Ja<!“.

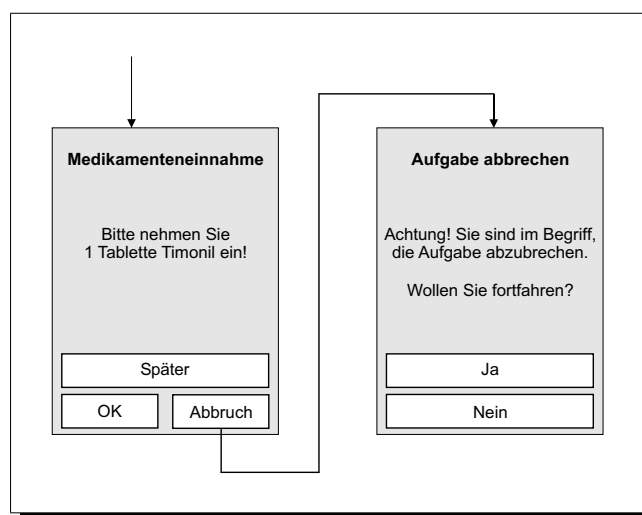


Abbildung 9.2.: Negatives Beispiel für einen Dialog. Es kann im Abbruchdialog nicht entschieden werden, ob mit der Aufgabe oder dem Abbruch fortgefahren werden soll.

Softbuttons

Die Intention der auf dem Touchscreen dargestellten Buttons ist, dem Patienten zu jedem Erinnerungsimpuls individuell angepasste Reaktionsmöglichkeiten anzubieten. Jeder Button kann bei jedem Erinnerungsimpuls individuell beschriftet werden. Auch kann die Anzahl der Buttons von Card zu Card variieren.

Damit die gewonnene Flexibilität nicht zu einer Verschlechterung der Usability führt, sind allerdings einige Probleme zu lösen sowie Regeln zu beachten.

Der Platz, der für die Beschriftung zur Verfügung steht, ist sehr begrenzt. Werden zwei Buttons nebeneinander dargestellt, so reicht er nicht aus, um zum Beispiel das Wort „Abbrechen“ or-

dentlich darzustellen, wenn die Schriftgröße auch noch für Patienten mit eingeschränkten Sehfähigkeiten geeignet sein soll. Um dieses Platzproblem zu lösen, aber auch aus Gründen der besseren Erfassbarkeit sollte die Beschriftung der Buttons durch einen kurzen prägnanten Begriff erfolgen. Buttons mit gleicher Bedeutung sollten immer gleich beschriftet sein. Ähnlich, wie bei der Gestaltung der Erinnerungstexte, ist zu beachten, dass für den Nutzer klar erkenntlich ist, welche Aktion mit dem Button verbunden ist, und keine Fehlinterpretationen möglich sind. Der Dialog in Abbildung 9.3 ist ein sehr schlechtes Beispiel für einen Abbruchdialog, da aus der Beschriftung der Buttons nicht zu erkennen ist, welche Aktion damit verknüpft ist.

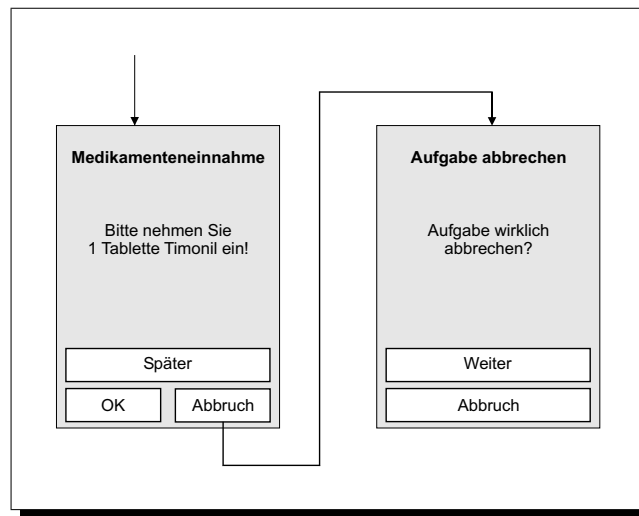


Abbildung 9.3.: Schlechtes Beispiel für die Beschriftung der Buttons im Abbruchdialog. Die Bedeutung der Buttons „Weiter“ und „Abbruch“ kann nicht eindeutig zugeordnet werden. Es ist unklar, welcher Button die Aufgabe abbricht und welcher zur Handlung zurück führt.

9.4. Flexible Taskverwaltung

9.4.1. Vorbetrachtungen

Das Verschieben oder Vorziehen von Tasks ist eines der wichtigsten Elemente von MEMOS. Die Patienten sind aus ihrem Alltag eine natürliche Aufgabenverwaltung gewohnt, die das Vorziehen oder Verschieben von Tasks in einem gewissen Rahmen, erlaubt. Während der ersten Evaluationsphase von MEMOS hat sich herausgestellt, dass vor allem Patienten mit leichteren Gedächtnisbeeinträchtigungen eine Gedächtnishilfe nur dann akzeptieren, wenn sie mit ihr ihre Aufgaben ähnlich flexibel verwalten können, wie es mit einem Kalender möglich ist. So gab es von Patienten die Aussage, sie würden MEMOS zwar gut finden, würden es aber trotz des tatsächlich empfundenen Vorteils nicht nutzen wollen, weil sie Ihre Aufgaben nicht vorziehen können.

Zu diesem Zeitpunkt war es nur möglich, Tasks um eine kurze Zeitspanne nach hinten zu verschieben. Patienten, die sich ihrer Gedächtnisstörung bewusst sind, neigen dazu, alle Aufgaben sofort zu erledigen, damit sie nicht vergessen werden. Die Tatsache, dass auf dem Tagesplan z. B. „Blumen gießen“ stand, was bei vielen Patienten als Erinnerungsimpuls ausreicht, der Task aber nicht

manuell gestartet werden konnte, führte zu Akzeptanzproblemen, die im Vorfeld unterschätzt wurden. Ein zu restriktiver Tagesplan minderte die Usability des gesamten Systems so stark, dass die Nutzerakzeptanz deutlich verschlechtert wurde. Darum wurde während der nächsten Projektphase sehr viel Aufwand betrieben, um eine für den Patienten flexible Taskverwaltung zu integrieren. Prinzipiell war dies zwar von Anfang an vorgesehen, sollte aber erst zu einem späteren Zeitpunkt integriert werden.

Bei der Realisierung der flexiblen Taskverwaltung mussten zwei Randbedingungen beachtet werden:

Integration in Interaktionskonzept: Die Taskverwaltung muss für den Patienten sinnvoll in das existierende Interaktionskonzept eingebettet sein.

Wahrung der Integrität: Das Verschieben einer Aufgabe darf nur dann möglich sein, wenn die zeitliche Integrität des Tagesplans gewährleistet bleibt.

9.4.2. Wahrung der Integrität

Die Integritätskriterien für den Tagesplan wurden bereits in Abschnitt 6.5.3 erläutert. Nach Definition 6 auf Seite 81 gilt, dass für jeden Task \mathcal{T} das Ausführungsintervall $[t_{exec}, (t_{exec} + t_{dur})]$ exklusiv reserviert ist.

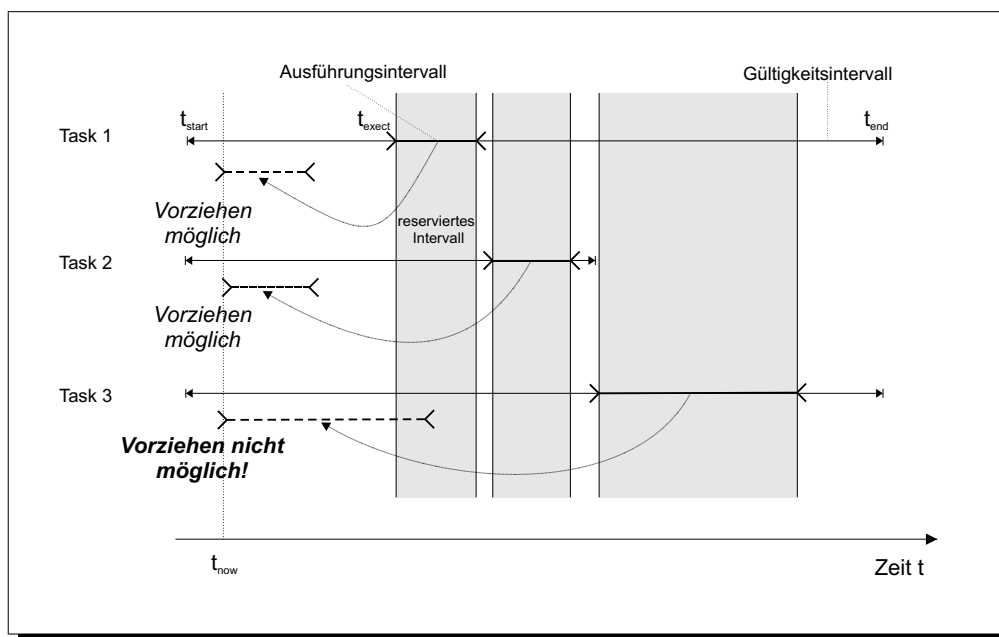


Abbildung 9.4.: Gültiger Tagesplan: Task 3 kann nicht vorgezogen werden, da er mit Task 1 kollidieren würde.

Geht man von einem konsistenten Tagesplan aus und erlaubt nur die Aktionen, welche wieder zu einem konsistenten Plan führen, so ist auf einfache Weise die zeitliche Integrität des Tagesplans sichergestellt, ohne dass Patientenaktionen zurückgewiesen werden müssen. In MEMOS sind Tasks, die vorgezogen werden können, als Softbuttons im Tagesplan realisiert. Nicht vorziehbare Tasks hingegen werden als inaktive Softbuttons dargestellt. Das Verschieben ist realisiert, indem

tatsächlich nur dann Softbuttons zum Verschieben angezeigt werden, wenn dies möglich ist.

Das Konzept, Buttons nur dann anzuzeigen, wenn ein Verschieben möglich ist, hat den Nachteil, dass sie aus Sicht des Patienten manchmal dargestellt werden, manchmal aber fehlen. Da abgesehen von t_{exec} die Zeitinformationen des Tagesplanes für den Patienten nicht einsehbar sind, kann dieses Verhalten von ihm nicht nachvollzogen werden und ihn verunsichern. Aber selbst mit den kompletten Zeitinformationen aller Tasks ist ein Nachvollziehen der alternativen Ausführungsintervalle sehr komplex und würde gerade bei gedächtnisgestörten Patienten mehr Unsicherheit als Sicherheit erzeugen.

Alternative Möglichkeiten wären, entweder die Patienteneingabe zurückzuweisen oder aber statt der Softbuttons zum Verschieben inaktive Elemente zu benutzen, die ihrerseits entweder regulär beschriftet sein können oder eine Aufschrift wie „Verschieben nicht möglich“ haben.

Es ist sicherlich von der Situation und den Präferenzen der Patienten abhängig, ob es besser ist, einen inaktiven Button anzuzeigen, der vielleicht erst die Begehrlichkeit erweckt, eine Aufgabe verschieben zu wollen, oder den Button zu verbergen. Für den Patienten ist es in keinem der Fälle nachvollziehbar, warum der PMA die Entscheidung trifft.

Für MEMOS wurde sich beim Verschieben von Tasks für das Verbergen der Aktionen entschieden. Die Patienten werden bei der Einweisung in das System darüber informiert und sind bisher mit diesem Konzept sehr gut zurecht gekommen.

9.4.3. Vorziehen von Tasks

Sei t_{now} der aktuelle Zeitpunkt und \mathcal{T}_{next} der nächste Task, der gemäß Tagesplan automatisch gestartet werden soll. Ein Task \mathcal{T}_i ist zum Zeitpunkt t_{now} vorziehbar, wenn gilt:

$$t_{start}(\mathcal{T}_i) \leq t_{now} < (t_{now} + t_{dur}(\mathcal{T}_i)) \leq t_{end}(\mathcal{T}_i) \quad (9.1)$$

und

$$(t_{now} + t_{dur}(\mathcal{T}_i)) \leq t_{exec}(\mathcal{T}_{next}) \text{ oder } \mathcal{T}_i \equiv \mathcal{T}_{next} \quad (9.2)$$

Ein Task ist demnach vorziehbar, wenn zum einen der aktuelle Zeitpunkt innerhalb des Gültigkeitsintervalles (Start- bis Endzeit) des Tasks liegt und zum anderen vom aktuellen Zeitpunkt bis zur Ausführungszeit des nächsten Tasks entweder genügend Zeit verbleibt, oder er selbst der nächste Task ist.

In das Interaktionskonzept des PMAs ist das Vorziehen von Tasks über die Tagesübersicht integriert. Ein Task, der vorgezogen werden kann, wird als aktiver Softbutton dargestellt. Nicht vorziehbare Tasks werden als inaktive Buttons angezeigt. Wird ein Task vorgezogen, so muss der Patient dies über einen Dialog bestätigen. Der Dialog wird als dynamische Card vom PMA generiert und genau wie die durch M2 generierten Cards verarbeitet und angezeigt.

9.4.4. Verschieben von Tasks

Das Vorziehen von Tasks ist ein einstufiger Vorgang, der in die Tagesübersicht eingebettet ist. Demgegenüber ist das Verschieben von Tasks nicht so einfach in das Interaktionskonzept zu integrieren. Für MEMOS wurde ein zweistufiges Szenario entwickelt.

Dieses Szenario sieht einen dynamischen Softbutton (Delaybutton) vor, der analog der anderen Softbuttons im Taskplan jeder beliebigen Card zugewiesen werden kann. Gemäß der in 9.4.2

erörterten Strategie, wird der Delaybutton nur angezeigt, wenn zum Zeitpunkt der Anzeige der entsprechenden Card ein gültiges Verschieben möglich ist.

Theoretisch kann ein Task zu jedem Bearbeitungszeitpunkt nach hinten verschoben werden. Um aber die konsistente Bearbeitung einer Aufgabe zu gewährleisten, sollte der Tasks nur verschoben werden können, wenn mit seiner Bearbeitung noch nicht begonnen wurde. Es könnte sonst der Fall eintreten, dass ein kritischer Teil des Tasks zweimal oder gar nicht ausgeführt wird. Es ist in der Verantwortung des Taskdesigners bzw. des Betreuers zu entscheiden, in welchem Zustand ein Task verschoben werden kann.

Wird der Delaybutton gedrückt, so verzweigt der PMA zu einer automatisch generierten Card (Delaycard) (siehe Abbildung 9.6). Die Delaycard ermöglicht dem Patienten, den neuen Startzeitpunkt auszuwählen oder zur Aufgabe zurückzukehren.

Die Delaycard wird automatisch vom PMA generiert. Der PMA versucht, dem Patienten die Möglichkeit zu geben, den Task *kurzfristig*, *mittelfristig* oder auf einen anderen Tagesabschnitt (Mittag, Nachmittag, Abend) zu verschieben, falls dies möglich ist.

Beim Verschieben eines Tasks bestehen zwei Probleme. Es müssen zum einem genügend große Lücken im Tagesplan gefunden werden, zum anderen müssen diese Lücken Werten zugeordnet werden, die für den Patienten eine Bedeutung haben und von ihm in einer geeigneten Weise ausgewählt werden können.

Beim Vorziehen eines Tasks ist sehr einfach zu ermitteln, ob dies möglich ist, da man nur überprüfen muss, ob vom aktuellen Zeitpunkt bis zum nächsten Task noch genügend Zeit verbleibt. Soll ein Task verschoben werden, so ist es zwar möglich, aber sehr umständlich, für jeden beliebigen Ausführungszeitpunkt zu ermitteln, ob der Task dorthin verschoben werden kann. Besser ist es, die Lücken zwischen den Tasks (das Intervall $[(t_{exec}(\mathcal{T}_i) + t_{dur}(\mathcal{T}_i)), t_{exec}(\mathcal{T}_{i+1})]$) zu betrachten und für alle Lücken zu ermitteln, ob der aktuelle Task dorthin zu verschoben werden kann.

Bei der Auswahl und Anzeige der Verschiebeintervalle sowie der Erzeugung der zugehörigen Nutzerschnittstelle gibt es mehrere Möglichkeiten, jede mit verschiedenen Vor- und Nachteilen.

Freie Zeiteingabe

Die maximale Flexibilität wird erreicht, wenn man dem Patienten die Möglichkeit gibt, den aktuellen Task frei zu verschieben, indem er entweder das Verschiebeintervall oder die neue Startzeit frei eingibt. Es ist offensichtlich, dass dieser Ansatz nicht sinnvoll ist. Zum einen gibt die Zeiteingabe dem Patienten viel zu viele Möglichkeiten, zum anderen muss bei dieser Variante dem Patienten jedes Mal, wenn ein Verschieben nicht möglich ist, eine negative Bestätigung gegeben werden, verbunden mit einer erneuten Eingabe, womit die Usability des Verschiebevorganges sehr schlecht wäre. Der letzte Punkt, der gegen diesen Ansatz spricht, ist, dass entweder eine Direkteingabe über den Stift bzw. eine Eingabe über die virtuelle Tastatur nötig wäre oder aber der Zeitpunkt über Auswahllisten eingestellt werden müsste.

Auswahllisten

Die Komplexität der Eingabe kann verringert werden, wenn man Auswahllisten getrennt für Stunden und Minuten benutzt und die Minuteneingabe auf Viertelstunden beschränkt. So ist ein flexible und einfache Eingabe möglich.

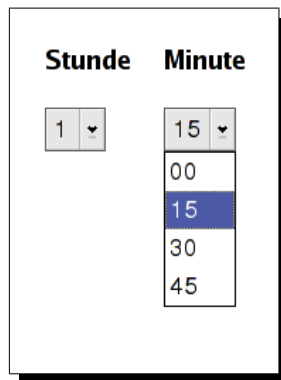


Abbildung 9.5.: Auswahllisten zur Zeitauswahl

Einstellungen, die nicht möglich sind, können entweder verborgen oder aber andersfarbig angezeigt werden, womit Kollisionen verhindert werden und keine negativen Bestätigungen gegeben werden müssen. So gut diese Methode auf Desktoprechnern mit Mouseeingabe funktioniert, hat sie für MEMOS den Nachteil, dass die Auswahl die Benutzung des Stiftes erfordert und ein gewisses Maß an Feinmotorik voraussetzt.

Zeitvorgabe durch Softbuttons

Softbuttons haben zwei Vorteile, wenn man sie für die Festlegung der Verschiebezeiten nutzt. Das Konzept der Softbuttons ist dem Patienten bereits bekannt und muss nicht extra erlernt werden. Außerdem erlauben Softbuttons die Bedienung mit dem Finger und sind, wenn sie groß genug sind, auch für Patienten mit Störungen der Feinmotorik geeignet. Da aber zusammen mit dem Erinnerungstext nur fünf Buttons sinnvoll angezeigt werden können, ist die Auswahlmöglichkeit sehr stark eingeschränkt.

Tabelle 9.1.: Übersicht der berücksichtigten Tageszeiten

Tageszeit	von	bis
Morgen	07 ⁰⁰ Uhr	11 ⁵⁹ Uhr
Mittag	12 ⁰⁰ Uhr	13 ⁵⁹ Uhr
Nachmittag	14 ⁰⁰ Uhr	17 ²⁹ Uhr
Abend	17 ³⁰ Uhr	19 ⁵⁹ Uhr

Trotz der mangelnden Flexibilität wurde sich bei MEMOS für die bessere Bedienbarkeit dieses Ansatzes entschieden. Die vier zur Verfügung stehenden Softbuttons werden genutzt, um die Aufgabe kurzfristig, mittelfristig und auf zwei andere Tageszeiten zu verschieben. Sofern es durch das Gültigkeitsintervall erlaubt ist, kann ein Task um 10 Minuten und um 1 Stunde verschoben werden. Weiterhin kennt der PMA die Tageszeiten *Morgens*, *Mittags*, *Nachmittags* und *Abends*. Tabelle 9.1 zeigt, wie diese Tageszeiten festgelegt sind. Diese lassen sich theoretisch individuell anpassen, wofür allerdings bisher noch kein Bedarf bestand.

Der PMA versucht, dem Patienten immer die Möglichkeit zu geben, den Task um eine kurze Zeitspanne zu verschieben, damit dieser eine selbstgewählte Tätigkeit noch zu Ende führen kann. Standardwert ist dabei 10 Minuten. Ist allerdings eine Verschiebung um 10 Minuten nicht möglich, so wird versucht, eine andere kurzfristige Verschiebung im Bereich von 5-20 Minuten zu ermöglichen. Beschriftet ist der Button mit der Uhrzeit, auf die der Task verschoben werden kann (siehe Abbildung 9.6). Kann die Aufgabe nicht kurzfristig verschoben werden, so wird der entsprechende Button nicht angezeigt.

Für die mittelfristige Verschiebung ist der Standardwert 60 Minuten. Analog der kurzfristigen Verschiebung wird ein Wert im Intervall von 45-75 Minuten gesucht.

Für die langfristige Verschiebung stehen zwei Buttons zur Verfügung. Entgegen der kurz- und mittelfristigen Verschiebung wird nicht versucht, die Aufgabe um einen bestimmten Wert zu verschieben, sondern in einen gewissen Tagesabschnitt. Diesem Vorgehen liegt die Idee zu Grunde, dass bei einer kurz- oder mittelfristigen Verschiebung der Patient einen Überblick hat, wie lange seine derzeitige Aufgabe noch dauert, und über die Konzepte „in 10 Minuten“ oder „in einer Stunde“ sehr gut entscheiden kann. Für die langfristige Planung fehlt ihm hingegen der Überblick über den exakten Tagesplan. Außerdem besteht bei einer längerfristigen Planung kein Bedarf an einer minutengenauen Verschiebung. Für den Patienten ist es in diesem Fall günstiger, mit abstrakten Begriffen wie den Tageszeiten, zu arbeiten.

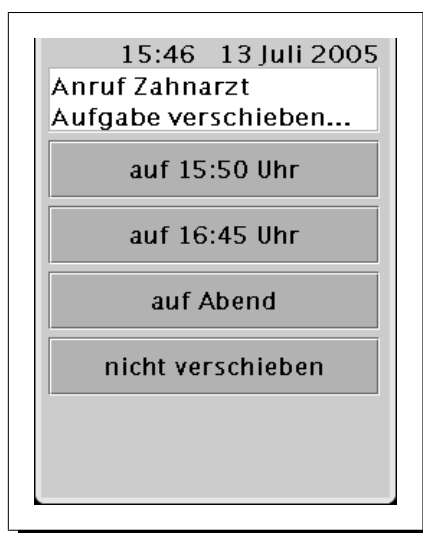


Abbildung 9.6.: Screenshot Verschiebedialog: Es ist in diesem Beispiel nur noch ein kurz- bzw. mittelfristiges Verschieben und ein Verschieben auf den Abend möglich.

Das Konzept: „Auf Abend verschieben“ meint auf irgend einen Zeitpunkt am Abend. Der PMA realisiert dies in genau dieser Weise. Ausgehend von einem fixen Zeitpunkt im entsprechenden Abschnitt sucht er den gesamten Tagesabschnitt durch, bis ein Punkt gefunden wurde, zu dem der Task verschoben werden kann. Kann kein Punkt gefunden werden, so steht der entsprechende Abschnitt nicht zu Wahl. Der PMA zeigt immer die nächsten beiden Tagesabschnitte an, morgens also „Mittag“ und „Nachmittag“. Nachmittags wird nur noch „Abend“ angezeigt und abends gar keine langfristige Verschiebung.

Diskussion

Das vorgestellte Konzept ist das Resultat eines Abwägeprozesses. Es hat einige Nachteile, doch verglichen mit möglichen Alternativen bietet es eine ausgewogene Lösung des Problems. Einige Probleme oder Ungereimtheiten werden bewusst in Kauf genommen. So kann zum Beispiel die langfristige Verschiebung nicht direkt beeinflusst werden, was bedeutet, dass ein Task, der auf Abend verschoben werden soll, sowohl 17³⁰Uhr, als auch 19⁵⁹Uhr gestartet werden kann. Allerdings kann durch das spätere Vorziehen oder nochmalige Verschieben der Tagesplan durch den Patienten individueller gestaltet werden.

In MEMOS wurde auf einen Tagesabschnitt „Vormittag“ verzichtet und der Morgen mit 5 Stunden verhältnismäßig groß gewählt. Ein Verschieben innerhalb des Morgens ist somit nur über die „10 Minuten“- und „1 Stunde“-Buttons möglich, was auf den ersten Blick unflexibel wirkt. Morgens sind die Patienten aber sehr oft mit Tasks beschäftigt, die sofort erledigt werden müssen, wie „Morgenroutine“, „Medikamenteneinnahme“, aber auch Arztbesuche. Die Aufgaben, die über den Tag verschoben werden können, beginnen meist erst vormittags. Kann morgens eine Aufgabe tatsächlich verschoben werden, so würden für das langfristige Verschieben die Optionen „Vormittag“ und „Mittag“ angezeigt werden. Die wahrscheinlichste Option „Nachmittags“ wiederum würde nicht angezeigt werden. Darum wurde entschieden, auf den Tagesabschnitt „Vormittag“ zu verzichten, da er eigentlich nicht benötigt wird.

9.4.5. Verzicht auf Funktionalität

Mit dem Verzicht auf Auswahllisten zu Gunsten einer besseren Bedienbarkeit wurde bei Erzeugen der Delaycards bewusst auf Funktionalität verzichtet. Ein weiteres Beispiel dieser Art ist die Ermittlung der Verschiebeintervalle.

Wie bereits in Abschnitt 9.4.4 beschrieben, kann ein Task nur dann verschoben werden, wenn eine Lücke zwischen zwei Tasks existiert, die groß genug ist, um den Task dorthin zu verschieben.

Es ist durchaus denkbar, dass der Tagesplan viele kleinere Tasks aufweist und die Lücken zwischen diesen Tasks zu klein sind, um einen größeren Task dorthin zu schieben. Theoretisch ist es allerdings möglich, den Tagesplan so umzuplanen, dass die kleineren Tasks zusammengeschoben werden, damit eine größere Lücke entsteht.

Der Vorteil eines solchen Umplanens liegt in der erhöhten Wahrscheinlichkeit, einen Task verschieben zu können, und somit in mehr Flexibilität für den Patienten.

Allerdings hat diese Methode den Nachteil, potentiell alle anderen Tasks des Tagesplans zu verschieben. In der Praxis wiederholen sich die meisten Tasks wöchentlich, meist sogar täglich. Bei den Untersuchungen von THÖNE-OTTO und WALTHER [WTO02] hat sich gezeigt, dass sich wiederholende wichtige oder sympathische Aufgaben von den Patienten durchaus erwartet werden. Gerade Patienten, die nur Probleme mit dem zeitgerechten Abruf von Aufgaben haben, besitzen eine klare Vorstellung über ihren Tagesplan. Wird der Tagesplan verändert, weil ein Task auf Wunsch des Patienten verschoben wurde, so ist das kein Problem, da die Nachvollziehbarkeit der Aktion gegeben ist. Verändert sich der Tagesplan in scheinbar nicht nachvollziehbarer Weise, so werden Patienten dadurch eher verwirrt, als dass sie von der gesteigerten Flexibilität profitieren.

Da sich mit dem veränderten Tagesplan das Resultat des Automatismus nicht verbergen lässt, wurde für MEMOS ganz darauf verzichtet.

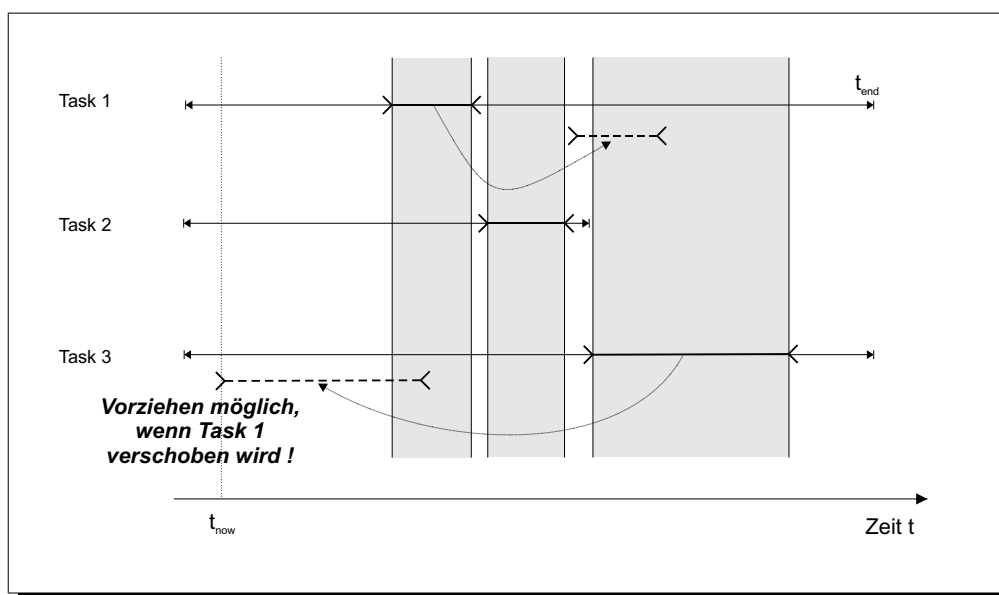


Abbildung 9.7.: Umplanen eines Tagesplanes: Task 3 könnte vorgezogen werden, wenn Task 1 hinter Task 2 verschoben werden würde. Das Vorziehen eines Tasks würde die Reihenfolge anderer Tasks verändern.

9.4.6. Automatisches Verschieben

Wird ein Task gestartet, und der Patient reagiert nicht darauf, so greifen mit den Card- und Decktimern (siehe Abschnitt 6.3.5 und 6.3.5) Automatismen, die das Worst-Case-Szenario für den Task durchführen, was in der Regel bedeutet, dass der Task scheitert, wenn der Patient gar nicht reagiert. Damit ist garantiert, dass der Task eine definiert Laufzeit hat und immer in einem definierten und für den Betreuer nachvollziehbaren Zustand endet.

Ein Task, für dessen Erledigung 10 Minuten nötig sind, hat beispielsweise eine Worst-Case-Laufzeit von 20 Minuten. Das heißt, der Patient hat 10 Minuten Zeit, auf die erste Card zu reagieren. Geschieht dies nicht, so wird der Task nach 10 Minuten abgebrochen, da nicht mehr sichergestellt werden kann, dass die entsprechende Aufgabe innerhalb der Worst-Case-Laufzeit ausgeführt werden kann. Ist der Patient in diesen 10 Minuten verhindert, weil er sich zum Beispiel unter der Dusche befindet, so scheitert der Task, der möglicherweise über den Tag hätte verschoben werden können.

In MEMOS wurde daher vorgesehen, dass ein Task, auf den der Patient noch nicht durch Betätigen eines Buttons reagiert hat, automatisch verschoben werden kann, falls es der Tagesplan und das Gültigkeitsintervall des entsprechenden Tasks erlauben. Es werden allerdings nur Tasks verschoben, auf die noch nicht reagiert wurde, weil nicht sichergestellt werden kann, dass Handlungen nicht zweimal oder gar nicht ausgeführt werden. Dieses Problem kann mit folgendem Szenario nachempfunden werden:

Ein Task wird gestartet, auf den der Patient ordnungsgemäß reagiert. Auf die Card: *“Bitte Medikament einnehmen und ‘OK’ drücken!”* reagiert der Patient nicht. Es kann nicht festgestellt werden, ob der Patient die letzte Anweisung gelesen hat, und falls ja, ob er sie ausgeführt hat und nur nicht reagiert. Wird der Task an dieser Stelle verschoben, so kann es sein, dass das Medikament zweimal eingenommen wird. Wird der Task hingegen verschoben und mit der nächsten Card fortgesetzt, so kann es passieren, dass das Medikament gar nicht eingenommen wird.

Das automatische Verschieben ist ein Automatismus, der vom Patienten nur bedingt nachempfunden werden kann und zu veränderten Tagesplänen führt, die den Patienten möglicherweise verwirren. Wie schon bei der im Abschnitt 9.4.5 beschriebenen Problematik ist es auch hier ein Abwägungsprozess zwischen Funktionalität und dem Vermeiden möglicher Konfusion. In diesem Fall wurden von den Psychologinnen der TAGESKLINIK aber die Vorteile des automatischen Verschiebens höher bewertet als die Nachteile.

Reagiert ein Patient längere Zeit nicht, so verschieben sich alle anfallenden Tasks automatisch, was zu einem veränderten Tagesplan führt, der den Patienten möglicherweise verwirrt. Im Gegensatz zu der Problematik des Umplanens aus Abschnitt 9.4.5 ist es in diesem Fall aber nicht das Resultat einer einzelnen Handlung, sondern die Konsequenz eines längeren Prozesses (längere Zeit nicht reagiert). Zum einen hätten die Tasks sonst abgebrochen werden müssen, wären also aus dem Tagesplan verschwunden, womit er auch verändert würde. Zum anderen tritt ein längeres Ignorieren des PMAs in der Praxis selten auf, deutet dann aber auf ein ernstes Problem hin, bei dem ein veränderter Tagesplan eher nebensächlich ist.

In der Erprobung führt die Einführung des automatischen Verschiebens zu einer spürbaren Reduktion der gescheiterten Tasks.

9.5. Patientenorientierte Synchronisation

Der PMA verfügt über alle Taskbeschreibungen für den aktuellen Tag und ist in somit der Lage, über längere Zeit autonom zu arbeiten. Normalerweise verbindet sich der PMA aller 30 Minuten mit der Basisstation, um neue Tasks zu laden und seinen aktuellen Zustand abzufragen. Scheitert ein kritischer Task oder wird ein Task verschoben, so wird sofort eine Verbindung aufgebaut, um das Basissystem zu informieren. Das Basissystem aktualisiert in diesem Fall den Tagesplan, damit die Änderungen für den Betreuer nachvollziehbar sind.

Zwischen dem Wunsch des Patienten, einen Task zu verschieben, und der Übertragung zum BS vergeht eine gewisse Zeit, in der PMA und BS nicht synchronisiert sind. Treten in einer solchen Situation noch Kommunikationsprobleme auf, so kann der Fall auftreten, dass auf der BS ein Task genau für eine freie Zeit gestartet wurde, die auf dem PMA mittlerweile durch einen verschobenen Task belegt ist. Es gibt drei Möglichkeiten einen solchen Konflikt zu lösen bzw. zu verhindern.

1. Der PMA erlaubt zeitliches Verschieben von Tasks nur, wenn er für eine Transaktion eine Verbindung mit dem BS herstellen kann. Treten Konflikte oder Verbindungsprobleme auf, wird das Verschieben zurück gewiesen.
2. Der PMA akzeptiert vorerst alle Änderungen von Seiten des Patienten. Treten bei der Synchronisierung Konflikte auf, so werden die Änderungen des Patienten rückgängig gemacht. Notfalls wird ein Task als gescheitert erklärt.

3. Der PMA akzeptiert alle Änderungen des Patienten. Treten bei der Synchronisierung Konflikte auf, so werden die Änderungen von Seiten des BS zurückgewiesen. Konflikt und Lösung des Konfliktes werden vor dem Patienten verborgen.

Ein Zurückweisen der Patientenaktionen ist nicht akzeptabel (siehe Abschnitt 9.2), womit nur die dritte Möglichkeit übrig bleibt. Im praktischen Einsatz werden Pläne sehr selten kurzfristig hinzugefügt. Sollte dies der Fall sein, muss der Betreuer damit rechnen, dass der PMA des Patienten die neuen Pläne zurückweist. Der Nachteil dieser Lösung ist, es kann nicht garantiert werden, dass ein kritischer Task in jedem Fall kurzfristig zum PMA hinzugefügt werden kann.

Die Synchronisierung der verteilten Komponenten von MEMOS ist ein Schwerpunkt der Arbeit von VOINIKONIS [Voi06] und dort ausführlich beschrieben.

9.6. Fehlertolerante Ladestandskontrolle

Der als PMA genutzte MDA verfügt über einen Lithium-Ionen-Akku, mit dem nach Herstellerangaben das Gerät mehr als drei Tage im Standby-Modus betrieben werden konnte. Durch die PMA-Software wurde ein deutlich höherer Stromverbrauch bewirkt, wodurch die Laufzeit eines PMAs mit neuem Akku auf ca. 16 Stunden beschränkt war. Während der Projektlaufzeit sank die Akkukapazität, so dass zwei Jahre alte PMAs nur noch Strom für 6-8 Stunden hatten. Mit den im Abschnitt 8.4.6 beschriebenen Stromsparmechanismen konnte die Laufzeit wieder auf über 10 Stunden angehoben werden. Der erfolgreiche Einsatz des Gedächtnishilfesystems hängt sehr stark vom korrekten Aufladen des Gerätes ab. Das Aufladen muss täglich erfolgen, da der PMA nicht über zwei Tage funktioniert.

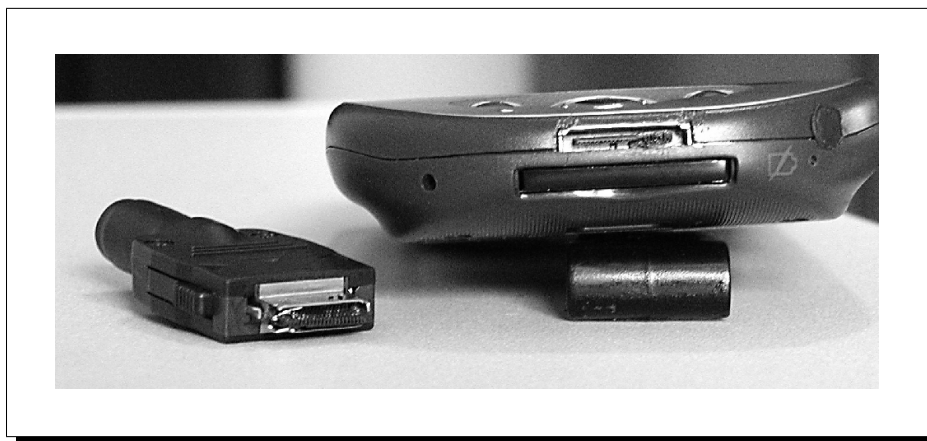


Abbildung 9.8.: Beschädigter Ladestecker: Der Stecker wurde durch falsches Anschließen des PMAs beschädigt.

Allerdings hat sich in der Erprobung gezeigt, dass der Aufladeprozess aus vielen verschiedenen Gründen scheitern kann. Der Patient kann vergessen, das Gerät aufzuladen. Beim Aufladen in der Dockingstation passiert es leicht, dass die mechanische Verbindung nicht richtig hergestellt wird, wodurch der PMA nicht aufgeladen wird. Wird der PMA direkt an das Ladekabel angeschlossen, kann der Ladestecker leicht verdreht werden, wodurch im schlimmsten Fall die Steckverbindung dauerhaft beschädigt werden kann (siehe Abbildung 9.8).

In einigen Fällen wurde der PMA zwar korrekt an das Ladegerät angeschlossen, aber das Netzteil war in der Zwischenzeit aus der Steckdose entfernt worden, was vom Patienten nicht bemerkt wurde.

In jedem dieser Fälle konnte bestenfalls der PMA einen Tag nicht benutzt werden. Im ungünstigsten Fall musste der PMA neu installiert werden, da durch die Tiefentladung die komplette PMA-Software gelöscht worden war.

Die Aufladeproblematik wurde durch eine Kombination aus verschiedenen Methoden gelöst, die auf verschiedenen Ebenen ansetzen.

Von Seiten der Betreuer wurden die Patienten für das Problem sensibilisiert. Sie wurden angewiesen, das Gerät nur über den Ladestecker aufzuladen, der durch einen Aufkleber so gekennzeichnet war, das er nicht verkehrt herum angeschlossen werden konnte. Durch das mechanische Feedback war für den Patienten wahrnehmbar, wenn das Gerät korrekt angeschlossen war.

Die Betreuer starteten täglich als letzte Aufgabe einen Erinnerungstask für den Patienten, um ihn an das Aufladen zu erinnern. Zusätzlich zu diesen Maßnahmen wurde ein Ladekontrollmechanismus in den PMA integriert, der den Patienten automatisch bei niedrigem Akkustand zum Wiederaufladen auffordert.

Dazu fragt die PMA-Software permanent den Ladestand des Akkus ab und projiziert die Information auf vier verschiedene Zustände: Akku_Normal, Akku>Loading, Akku>Warning und Akku>Critical. Akku>Critical wurde auf ungefähr⁵ 15% verbleibende Laufzeit festgelegt, Akku>Warning auf ca. 30%.

Im Zustand Akku>Warning wird in der Überschrift des Tagesplans die Information „*Batterie aufladen!*“ ausgegeben. Ansonsten arbeitet der PMA normal weiter. Erreicht der PMA den Zustand Akku>Critical, so wartet er, bis die aktuelle Aufgabe beendet wird, und zeigt dann, verbunden mit einem sich wiederholenden akustischen Signal eine automatisch generierte Card an, welche den Nutzer darauf hinweist, das Gerät sofort aufzuladen. Diese Card kann nur durch ein vom System generiertes Event beendet werden, sobald der PMA korrekt aufgeladen wird. Dadurch ist sichergestellt, dass falsches Anschließen an die Ladestation vom Patienten erkannt wird. Beim Eintritt in den Zustand Akku>Critical wird eine kurze Nachricht an die Basisstation geschickt und danach das Telefonmodul ausgeschaltet, um Strom zu sparen.

Mit dieser Kombination von Maßnahmen konnte die Zuverlässigkeit des Aufladeprozesses signifikant erhöht werden.

9.7. Fazit

Die Akzeptanz der Gedächtnishilfe ist einer der wichtigsten Faktoren für einen erfolgreichen Einsatz. Akzeptanz kann nur durch eine hohe Usability erreicht werden, was eine patientengerechte Anpassung des PMAs voraussetzt. Dazu musste die originale Nutzerschnittstelle durch eine wesentlich einfachere ersetzt werden. Wichtig für den Gedächtnishilfeprozess sind Nachvollziehbarkeit der Aktionen des PMAs, klare, einfache Dialoge und notfalls der Verzicht auf Funktionalität, zugunsten einer höheren Usability. Zum Beispiel wurde beim Verschieben von Tasks auf Funktionalität verzichtet, die technisch relativ einfach realisierbar wäre, aber für den Patienten zu nicht nachvollziehbaren Aktionen geführt hätte.

⁵Die vom System gelieferten prozentualen Ladestände korrelieren nicht mit der tatsächlichen Laufzeit. Durch empirische Tests wurde herausgefunden, dass 25% vom Systemladestand ungefähr 15% verbleibender Laufzeit entspricht.

10. Einsatz und Erprobung

Ein Hauptziel des MOBREGIO-Projektes war, MEMOS unter neuropsychologischen Gesichtspunkten zu evaluieren und es mit anderen Gedächtnishilfeansätzen zu vergleichen, um es praktisch im Klinikalltag einsetzen zu können.

Die Erprobungen fanden in der TAGESKLINIK FÜR KOGNITIVE NEUROLOGIE, LEIPZIG statt, wo verschiedene Stufen von Tests und Studien durchgeführt wurden. Die Ergebnisse sind vollständig in der Arbeit von WALTHER [Wal06] dokumentiert und werden hier nur zusammengefasst wiedergegeben, um den Nachweis der Funktionstüchtigkeit zu erbringen.

10.1. Evaluation von MEMOS

10.1.1. Evaluationsumgebung

Das Basissystem wurde auf einem Server im Institut für Informatik (IfI) installiert. Die Tagesklinik (TK) gehört zum Universitätsklinikum Leipzig, welches als Krankenhaus sehr restriktive Sicherheitsrichtlinien hat, um ihre Patientendaten zu schützen. Ein Verbindungsaufbau in die TK hinein war gänzlich unmöglich, wodurch die PMAs sich nicht mit dem Basissystem hätten verbinden können, wenn es sich in der TK befunden hätte.

Das Basissystem war auf einem INTEL XEON-Server installiert, dessen mechanischen Teile wie Lüfter, Netzteile und Festplatten redundant ausgelegt waren und während der Laufzeit ausgewechselt werden konnten. Der Server war durch eine USV gegen Spannungsspitzen und Stromausfälle bis zu 15 Minuten geschützt. Während der Erprobungsphase mussten ein Prozessorlüfter und ein Netzteil ausgewechselt werden, was während des normalen Betriebs durchgeführt werden konnte, ohne den regulären Betrieb zu beeinträchtigen.

Parallel zu dem Basissystem-Server existierte ein baugleiches Schwestersystem, was als Reservesystem bei größeren technischen Problemen vorgesehen war und jederzeit das Basissystem hätte ersetzen können. Da keine technischen Probleme auftraten, wurde es als Testsystem benutzt, auf dem neue Programmversionen getestet wurden, bevor sie auf dem Produktionssystem eingespielt wurden.

Für die Erprobung wurden bis zu 15 MDA-I benutzt. Das Testszenario sah vor, dass Patienten ihre Aufgaben über den MDA auf eine Mailbox aufsprechen, die einmal täglich von einem Betreuer abgehört wird, welcher die entsprechenden Aufgaben für den Patienten startet. Für den Anruf der Mailbox wurde eine Kurzwahlnummer auf dem PMA angelegt. Ein Aufkleber mit den wichtigsten Instruktionen war auf den Deckel der PMA-Schutztasche geklebt.

Zusammen mit den Mitarbeitern der TK wurden verschiedene Taskpläne entworfen. Die wichtigsten Pläne waren neben einer einfachen Terminerinnerung Abläufe für die Medikamenteneinnahme, Erledigungen im Haus bzw. Erledigungen außer Haus. Die komplexeren Pläne existierten jeweils als kritische und unkritische Version und mit verschiedenen Ausführungszeiten.

Die Alarmierung der Betreuer bei kritischen Zuständen konnte vom Basissystem über drei Wege realisiert werden. Als Alarm in der Betreuungskonsole, als E-Mail und als SMS. Ein Server wurde als SMS-Gateway genutzt, das E-Mails in SMS umwandelte und verschickte.

10.1.2. Ablauf der Evaluation

Die Erprobung von MEMOS erfolgte in mehreren Schritten. Nach funktionalen Tests erprobten zuerst die Projektmitarbeiter das Gedächtnishilfesystem. Die in dieser Phase festgestellten Probleme wurden beseitigt und das System wiederum von den Mitarbeitern getestet. Als MEMOS ausreichend stabil arbeitete, wurde die getestete Entwicklungsversion auf die Version 1 (MEMOS 1) angehoben.

MEMOS 1 wurde daraufhin von der TK mit Patienten getestet (siehe Abschnitt 10.2). Parallel zur Erprobung von MEMOS 1 wurde die Version 2 (MEMOS 2) spezifiziert und entwickelt. MEMOS 2 unterscheidet sich von MEMOS 1 vor allem in den folgenden Punkten:

- rechtzeitiges Anzeigen eines niedrigen Akkustandes,
- automatisches Einschalten des Telefons,
- automatisches Suspendieren bei längerer Inaktivität,
- Vereinfachung der Notruffunktion,
- Überwachung der Systemkonfiguration,
- Tagesübersicht mit prägnanten Bezeichnungen der Tasks,
- Flexibilisierung der Ausführungszeit der prospektiven Aufgaben.

MEMOS 2 lief wesentlich stabiler, als MEMOS 1. Bei MEMOS 1 mussten die Therapeuten der TK noch mehrfach eingreifen, weil Verklemmungen auf dem PMA aufgetreten sind. Ein solches Eingreifen war zum Beispiel nötig, wenn der Akkustand des PMAs zu niedrig war und das Betriebssystem das Telefonmodul automatisch ausschaltete, um Strom zu sparen. In diesem Fall wurde der Patient auf dem Festnetz angerufen und aufgefordert, das Telefonmodul manuell einzuschalten. In MEMOS 2 wurde das Telefon automatisch wieder eingeschaltet, sobald der PMA aufgeladen wurde.

MEMOS 2 wurde analog zu MEMOS 1 getestet (siehe Abschnitt 10.3) Parallel zu der Erprobung von MEMOS 2 wurden mit einigen Patienten Langzeiterprobungen durchgeführt, bei denen vor allem die Akzeptanz der Gedächtnishilfe nach einem längeren Einsatz im Vordergrund stand.

10.2. Evaluationsstudie von MEMOS 1

Ziel der ersten Studie war es, die Funktionalität von MEMOS 1 im Patientenalltag nachzuweisen, Erfahrungen im Erlernen und im Umgang mit dem PMA zu sammeln und einen Nachweis für die Verbesserung der prospektiven Erinnerungsleistung der Patienten zu erbringen.

10.2.1. Methode

An der Studie nahmen 10 Personen im Alter zwischen 35 und 67 Jahren teil. Der Versuchsablauf war äquivalent zu der in Abschnitt 3.4.1 beschriebenen Studie (Vergleich: PDA und Handy).

Für den Ablauf wurde wieder ein ABA-Design gewählt mit jeweils zwei Wochen Baseline, zwei Wochen Behandlung mit dem PMA sowie zwei Wochen Postphase ohne Gedächtnishilfe.

Die Patienten hatten verschiedene Aufgaben zu erfüllen; vorgegebene experimentelle Aufgaben und eigene Vorhaben. Die experimentellen Aufgaben umfassten:

- Notieren von ausgeführten Aktivitäten (Tätigkeitsheft),
- Abschicken des Tätigkeitsheftes am Ende einer Woche per Post,
- Ausfüllen und Abschicken eines Fragebogens per Post,
- Anruf einer Sprachbox 3-mal pro Woche.

Eigene Vorhaben konnten vom Patienten auf die Mailbox gesprochen werden und wurden vom Betreuer in das System eingegeben.

Während der Baselinephase wurde die Benutzung der Gedächtnishilfe mit den Patienten trainiert. Im Vordergrund stand vor allem, wie auf die angezeigten Vorhaben reagiert werden kann, wie mit der elektronischen Gedächtnishilfe angerufen wird, um neue Vorhaben aufzusprechen, und wie in Notsituationen Kontakt zu einer ausgewählten Person aufzunehmen ist.

10.2.2. Ergebnisse

Die experimentellen Aufgaben sowie die vom Patienten selbst initiierten Vorhaben wurden erfasst und statistisch ausgewertet. Die wichtigsten Ergebnisse sind in den Abbildungen 10.1 und 10.2 dargestellt.

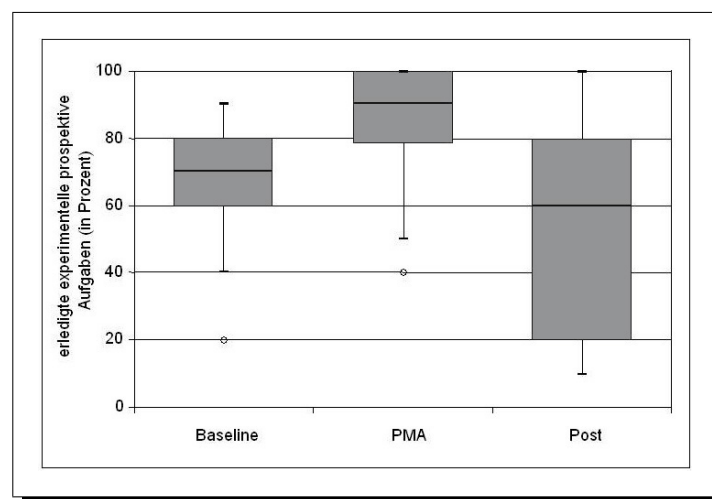


Abbildung 10.1.: Erfüllte experimentelle Aufgaben während der Baseline-, der Interventions- sowie Postphase. Quelle: WALTHER [Wal06]

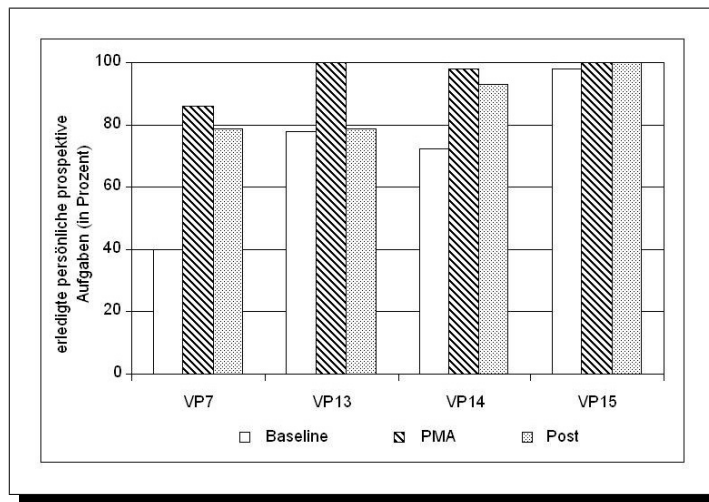


Abbildung 10.2.: Erledigte persönliche Aufgaben für vier Patienten in der Baseline, während sowie nach der Intervention. Quelle: WALTHER [Wal06]

Tabelle 10.1.: Beurteilung, Handhabung und Akzeptanz. Quelle: WALTHER [Wal06]

	Median	Range		Median	Range
Geräteformat			Alarmsignal		
Größe	2	1-4	Dauer	2	1-5
Gewicht	2	1-3	Lautstärke	2	1-4
Robustheit	2	1-2	Empfinden	2	1-3
Stromversorgung			Handhabung		
Betriebsdauer	3	3-5	Ein/Ausschalten	2	1-4
Aufladen	2	2-5	Übersichtlichkeit Aufgaben	2	2-3
Bildschirm			Gebrauch ohne Unterlage	2	1-5
Größe	2	1-4	Orientierungshilfen	3	1-5
Erkennbarkeit der Schrift	2	1-4	Eingabe		
Ablesen unter verschiedenen Lichtverhältnissen	2	1-5	Anzahl der Schritte	3	2-5
Hintergrundbeleuchtung	2	1-4	Logische Abfolge	2,5	2-5
Tasten			Korrektur von Fehlern	3	2-4
Größe	2	1-4	Abfrage aktueller Aufgaben	3	2-4
Tastendruck	2	1-4	Löschen von Aufgaben	3	2-5
Beschriftung	3	1-5	Skala		
Bedienbarkeit	2	1-4	1-sehr gut		
			5-sehr schlecht		

Die meisten Patienten konnten von MEMOS profitieren. Im Vergleich zur Baseline- oder Postphase erfüllten sie ihrer Aufgaben erkennbar zuverlässiger. Um Handhabung und Akzeptanz auszuwerten, mussten die Patienten einen Fragebogen ausfüllen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 10.1 dargestellt. Die allgemeinen Eigenschaften des Gerätes wurden mit 2 (gut) bewertet. Bemängelt wurde vor allem die kurze Akkuleistung, teilweise eine zu kleine Schrift und eine etwas unklare

re Beschriftung der Tasten. Einige Patienten wünschten sich deutlich mehr Flexibilität bei der Eingabe und der Verwaltung der Aufgaben. Nur zwei Patienten konnten sich allerdings eine Weiternutzung vorstellen. Die anderen Patienten sahen keinen direkten Nutzen für sich, bzw. es war ihnen die Benutzung von MEMOS entweder zu unflexibel oder zu kompliziert, so dass sie sich eine Weiternutzung nicht vorstellen konnten.

Auch wenn diese Erkenntnis teilweise unerwartet war, so bestätigt sie doch sehr deutlich die Anforderung, dass eine Gedächtnishilfe an die Bedürfnisse eines Patienten angepasst sein muss, damit er davon profitieren kann. MEMOS 1 war nicht zuverlässig genug, um der Gedächtnishilfe vertrauen zu können. Einige Elemente wurden nur vereinfacht implementiert und dafür die Nutzeranforderungen generalisiert. Der Grund dafür war, dass im MOBREGIO-Projekt frühzeitig mit einer Evaluation begonnen werden sollte und einige Systemeigenschaften zu einem späteren Zeitpunkt implementiert werden sollten. Allerdings wurde die Bedeutung dieser Faktoren, wie zum Beispiel die Flexibilität in der Aufgabenverwaltung, unterschätzt. Diese Erkenntnisse wurden bei der Weiterentwicklung von MEMOS 2 berücksichtigt.

10.3. Evaluationsstudie von MEMOS 2

Bei der Evaluation von MEMOS 1 konnten die korrekte Funktion und der effektive Nutzen von MEMOS nachgewiesen werden. Allerdings wies MEMOS 1 eine sehr schlechte Akzeptanz auf, nur 2 von 10 Patienten würden MEMOS weiternutzen. Die Erkenntnisse der ersten Evaluationsstudie wurden bei der Entwicklung von MEMOS 2 berücksichtigt.

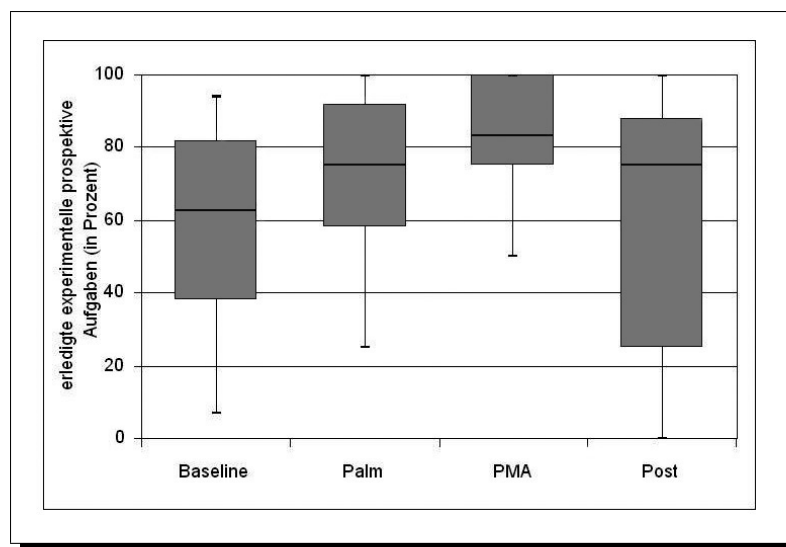


Abbildung 10.3.: Experimentelle Aufgaben während der Baseline, der Intervention mit einem Palm und einem PMA sowie der Post-Phase. Quelle: WALTHER [Wal06]

Die zweite Evaluation hatte das Ziel, einerseits den Effektivitätsnachweis zu erbringen und andererseits MEMOS mit einem als Gedächtnishilfe genutzten PDA (Palm) zu vergleichen. Weiterhin sollte untersucht werden, inwieweit die verbesserte Anpassung an den Patienten zu einer erhöhten Akzeptanz führte.

10.3.1. Methode

Untersucht wurden 13 Patienten mit Störungen des prospektiven Erinnerns, darunter 2 Frauen. Das Alter lag zwischen 24 und 72 Jahren (Durchschnitt 46 Jahre). Gewählt wurde ein AB-AC-A-Design mit zwei Wochen Baseline und Postphase (Phasen A) sowie jeweils drei Wochen Intervention mit PMA oder Palm (Phase B und C). Der Ablauf der Studie war äquivalent zu der ersten Evaluation von MEMOS. Die Patienten hatten experimentelle Aufgaben zu erfüllen und konnten sich an persönliche Aufgaben erinnern lassen.

10.3.2. Ergebnisse

Wie in Abbildung 10.3 zu erkennen ist, profitierten die Patienten von beiden Gedächtnishilfen. Allerdings erreichte MEMOS eine bessere Performanz. Neun Patienten erfüllten mit dem PMA mehr Aufgaben als mit dem Palm. Drei Patienten arbeiteten mit dem Palm zuverlässiger. In der Postphase verschlechterten sich alle Patienten wieder im Vergleich zu den Interventionsphasen.

Für Palm und PMA wurde der gleiche Fragebogen wie in der ersten Studie ausgefüllt. Die Ergebnisse für den PMA unterscheiden sich nicht wesentlich von den in Tabelle 10.1 dargestellten Werten. Der Palm ist nur in der Betriebsdauer besser bewertet als der PMA, allerdings bei Bildschirm und Alarm deutlich schlechter.

Tabelle 10.2.: Nützlichkeit und Akzeptanz von Palm und PMA. Quelle: WALTHER [Wal06]

	Palm	PMA
Elektronische Gedächtnishilfe unterstützt im Alltag (Anzahl der Patienten mit Ja-Antworten)	10	12
Unterstützungsleistung im Alltag (M/SD/Range)	62 (3/90)	75 (3/90)
Weiternutzung (Anzahl der Patienten mit Ja-Antworten)	6	10
Präferenz für die Gedächtnishilfe (Anzahl der Patienten)	5	8

Rückschlüsse auf die Akzeptanz lassen die in Tabelle 10.2 dargestellten Werte zu. 12 von 13 Patienten fanden den PMA nützlich und 10 Patienten gaben an, dass sie den PMA weiternutzen würden. Dies ist eine signifikante Steigerung zu den Ergebnissen der ersten Evaluation. Positiv geschätzt wurden von den Patienten vor allem die einfache Bedienung, die gute Lesbarkeit des Displays, das einfache Verschieben von Tasks, die Kontrolle durch eine Vertrauensperson und die Kombination mit einem Telefon.

Dem hingegen wurde negativ empfunden, dass der PMA nur den Überblick über den Plan eines Tages erlaubt, dass für die Eingabe der Aufgaben eine andere Person benötigt wird bzw. Aufgaben sich nicht direkt eingeben lassen. Die weiterhin bemängelte schlechte Akkuleistung ist auf die verringerte Kapazität der Geräteakkus zurückzuführen, die bereits 2-3 Jahre in Benutzung waren. Moderne Geräte haben eine höhere Kapazität und erlauben auch den Austausch von alten Akkus.

10.4. Erfüllung der funktionalen und technischen Anforderungen

MEMOS konnte im praktischen Einsatz erfolgreich evaluiert werden. Patienten profitierten von der Gedächtnishilfe im Alltag, und Angehörige konnten entlastet werden. Es verbleibt zu zeigen, wie die in Kapitel 4 formulierten funktionalen Anforderungen (Designziele), die technischen Anforderungen und die in Kapitel 5 beschriebenen Betreuungsszenarien erfüllt bzw. umgesetzt wurden. Dazu werden im Folgenden die einzelnen Ziele tabellarisch aufgelistet und diskutiert.

Tabelle 10.3.: Erfüllung der technischen Systemanforderungen

technische Systemanforderung	Status	Bemerkung
TA1: Zuverlässigkeit	erfüllt	Das Gedächtnishilfesystem arbeitet zuverlässig. ⊖ <i>Wegen nicht direkt beeinflussbarer Instabilitäten im PMA wird dieser durch einen Watchdog überwacht.</i>
TA2: Sicherheit	erfüllt	MEMOS lässt sich entsprechend dem Stand der Technik schützen.
TA3: Effektive Realisierung, praktikabler Einsatz	erfüllt	MEMOS wurde in der Projektlaufzeit des MOBREGIO-Projektes realisiert und praktisch eingesetzt. ⊖ <i>Die für den Betrieb notwendigen Softwarelizenzen stellen eine hohe Markteintrittsbarriere dar.</i>
TA4: Flexibilität	erfüllt	Durch seine Modularität lässt sich MEMOS sehr einfach erweitern, so wurde auf Basis von MEMOS ein Betreuungssystem für Diabetiker prototypisch realisiert.

Tabelle 10.4.: Erreichen der Designziele

Designziel	Status	Bemerkung
DZ1: Strukturierte, situationsabhängige, patientenbezogene Erinnerungsimpulse	erreicht	Das MEMOS-Taskmodell erlaubt es, komplexe Erinnerungen in einfache Erinnerungsimpulse zu zerlegen, die in Abhängigkeit der Situation dem Patienten angezeigt werden.
DZ2: Verbindliche Informationen über den Status einer Erinnerung	erreicht	Der Ablauf einer Handlung kann vom Betreuer exakt nachvollzogen werden.
DZ3: Erkennen von kritischen Situationen und Alarmierung eines Verantwortlichen	erreicht	Ausgewählte Zustände im Handlungsablauf, aber auch bestimmte Systemzustände, wie Kommunikationsprobleme etc., lassen sich als kritisch markieren und werden vom System erkannt und an den Betreuer weitergeleitet. ⊖ <i>Bei Störungen der Mobilkommunikation kann der Zustand des PMAs nicht vom Basissystem ausgewertet werden. Bis zur Behebung der Störung erfahren Betreuer nur, dass eine Kommunikationsstörung vorliegt.</i>

Tabelle 10.4.: Erreichen der Designziele (Fortsetzung)

Designziel	Status	Bemerkung
DZ4: Flexible, intuitive, übersichtliche und leicht erlernbare Nutzerschnittstelle	erreicht	Die Nutzerschnittstelle kann von einem durchschnittlichen Patienten in zwei bis vier Trainingsstunden erlernt werden. Die Übersichtlichkeit wird von den Patienten als gut bis ausreichend eingeschätzt [Wal06].
DZ5: Flexible Einflussmöglichkeit auf den Tagesplan	erreicht	Der Patient kann Aufgaben innerhalb eines Tages vorziehen oder verschieben. Die Integrität der Tagesplanes wird dabei sichergestellt. ⊖ <i>Ein Verschieben von Aufgaben über mehrere Tage ist nicht möglich.</i>
DZ6: Integration in den Alltag des Patienten	erreicht	Der PMA kann als mobiles Gerät vom Patienten im Alltag genutzt werden. Bei der Erstellung des Tagesplans kann der normale Tagesablauf des Patienten berücksichtigt und integriert werden.
DZ7: Integration aller am Betreuungsprozess beteiligten Personen	erreicht	Die webbasierte Betreuerschnittstelle erlaubt das Zusammenarbeiten verschiedener Betreuungspersonen. Unterschiedliche Rollen können dabei berücksichtigt werden.
DZ8: Direkter Kontakt zwischen Therapeut und Patient	erreicht	Der PMA kann als Mobiltelefon genutzt werden, wodurch jeder Zeit ein direkter Kontakt zwischen Patient und Betreuer möglich ist.
DZ9: Senken von Betreuungsaufwand und -kosten	bedingt erreicht	Es konnte eine neue Qualität der Betreuung erreicht werden, Betreuer und Patient sind stärker entkoppelt, aber der Betreuer kann trotzdem in kritischen Situationen intervenieren. Ein direkter Vergleich von Kosten und Nutzen wurde im MOBREGIO-Projekt nicht durchgeführt.

Tabelle 10.5.: Erfüllung der Betreuungsszenarien

Betreuungsszenario	Status	Bemerkung
Ausgangsszenario	erfüllt	Entspricht Erfüllung von DZ1.
Verschieben von Aufgaben	erfüllt	Entspricht Erfüllung von DZ5.
Vorziehen von Aufgaben	erfüllt	Entspricht Erfüllung von DZ5.
Eingabe neuer Aufgaben	erfüllt	Aufgaben werden mittels PMA auf eine Mailbox gesprochen und können vom Betreuer, Angehörigen oder dem Patienten in das System eingegeben werden. ⊖ <i>Eine direkte Eingabe von Tasks auf den PMA wurde nicht umgesetzt.</i>
Abbrechen und Scheitern einer Aufgabe	erfüllt	Patienten können jederzeit eine Aufgabe abbrechen, die dann als gescheitert markiert wird und dem Betreuer angezeigt wird.

Tabelle 10.5.: Erfüllung der Betreuungsszenarien (Fortsetzung)

Betreuungsszenario	Status	Bemerkung
Rückführung zur Aufgabe	erfüllt	Durch Alarme, die vom Cardtimer ausgelöst werden, wird sichergestellt, dass ein Patient zu einer Aufgabe zurückgeführt werden kann, sollte er während der Ausführung abgelenkt werden.
Automatisches Verschieben	erfüllt	Noch nicht gestartete Aufgaben werden bei gültigem Tagesplan automatisch verschoben, wenn der Patient nicht auf sie reagiert.
Die Wahrung zeitlicher Randbedingungen	erfüllt	Jeder Task und jede Aktion wird hinsichtlich der zeitlichen Integrität validiert und notfalls zurückgewiesen bzw. nicht zugelassen.
Verbergen der technischen Komplexität	erfüllt	Der PMA verbirgt die technische Komplexität unter einer einfach zu bedienenden Nutzerschnittstelle. Siehe auch DZ4.
Notruf	erfüllt	Über den Notrufprozess kann durch zweimaliges Drücken eines Knopfes eine Verbindung zu einem Betreuer aufgebaut werden.
Zeitlich verteilte Aufgaben	bedingt erfüllt	⊖ <i>Zeitlich verteilte Aufgaben wurden zwar ansatzweise implementiert, aber in der Erprobung nicht genutzt und daher auch nicht weiterentwickelt. Prinzipiell ist es aber möglich, dass der Zustand eines Tasks den Startzustand eines anderen Tasks ändert.</i>

10.5. Fazit

Die Evaluation von MEMOS erbrachte nicht nur den Nachweis der korrekten Funktion der Gedächtnishilfe, vielmehr konnte mit den Studien der TAGESKLINIK FÜR KOGNITIVE NEUROLOGIE auch gezeigt werden, dass der Einsatz von MEMOS die Anzahl vergessener Erledigungen deutlich reduzieren kann. Mit den Verbesserungen der zweiten Version von MEMOS konnte die Akzeptanz der Patienten deutlich erhöht werden, was sich unter anderem dadurch äußerte, dass 10 von 12 Patienten MEMOS gerne weaternutzen würden.

Die im Vorfeld der Entwicklung formulierten Anforderungen an eine patientengerechte Gedächtnishilfe wurden umgesetzt. Abstriche sind nur bei der Zuverlässigkeit der mobilen Kommunikation und der kommerziellen Verwertbarkeit zu machen. Eine Weiterentwicklung von MEMOS sollte eine Taskübersicht und -verwaltung über mehrere Tage hinweg erlauben und eine längere Gerätauzeit ermöglichen.

11. Zusammenfassung und Ausblick

11.1. Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit waren die Konzeption und der Entwurf der Architektur einer patientengerechten interaktiven mobilen Gedächtnishilfe, welche den Therapeuten und Familienangehörigen eines Patienten mit Störungen des prospektiven Erinnerns die Möglichkeit gibt, ein individuelles Betreuungsszenario effektiv umzusetzen. Die Ergebnisse dieser Arbeit haben maßgeblich zur Entwicklung des Gedächtnishilfesystems MEMOS beigetragen, dass im Rahmen der Verbundprojekte MOBTEL und MOBREGIO entwickelt wurde.

Zum Erreichen dieses Zieles waren interdisziplinäre Arbeiten auf den Gebieten der Informatik und der Neuropsychologie notwendig. Die wichtigsten Teilschritte bei der Realisierung von MEMOS waren:

1. Analyse der kognitiven Defizite von Menschen mit Störungen des prospektiven Erinnerns,
2. Analyse der Vor- und Nachteile existierender Gedächtnishilfesysteme,
3. Formulierung eines umfassenden Nutzungsszenarios,
4. Entwicklung eines Modells zur Beschreibung der Struktur und des Ablaufes interaktiver Erinnerungen (Taskmodell),
5. Entwurf der Systemarchitektur unter Berücksichtigung unzuverlässiger Kommunikationskanäle und Nutzerinteraktionen,
6. Implementierung des Gedächtnishilfesystems,
7. patientengerechte Anpassung der Gedächtnishilfe,
8. Erprobung und Evaluation.

Aufgabe des Autors und somit Schwerpunkt dieser Arbeit waren die Punkte 2, 3, 4, 5 und 7.

Elektronische Gedächtnishilfen sind die günstigste Möglichkeit, prospektive Gedächtnisdefizite zu kompensieren, da sie den Patienten aktiv an eine bevorstehende Aufgabe erinnern können.

Die Erweiterung des Konzeptes der elektronischen Gedächtnishilfe um strukturierte, interaktive Erinnerungsimpulse mit der Konsequenz der bidirektionalen Kommunikation zwischen den einzelnen Komponenten wurde weltweit erstmalig mit MEMOS umgesetzt. Somit war es möglich, dem Patienten nicht nur situationsabhängig Instruktionen zu geben, sondern auch die Aktionen des Patienten automatisch überwachen und automatisch einen Betreuer alarmieren zu können. Dadurch wurde es möglich, Betreuungspersonen nachhaltig zu entlasten und Patienten auch bei komplexen oder kritischen Aufgaben zu unterstützen.

In mehreren Studien wurde bereits nachgewiesen, dass der Einsatz von elektronischen Gedächtnishilfen zu signifikanten Verbesserungen beim Erinnern und Ausführen von prospektiven Gedächtnisaufgaben führen kann. Der Erfolg einer solchen Hilfe ist sehr stark abhängig von der Art und Stärke der verursachenden Hirnverletzung und der kognitiven Restfunktionalität. Er hängt aber

auch von der Einsicht in die Erkrankung, der Disziplin bei der Benutzung der Hilfe sowie vom sozialen Umfeld des Patienten ab. Da die individuellen Besonderheiten zwischen den Patienten zum Teil sehr stark sind, ist die Anpassbarkeit der Gedächtnishilfe an die patientenspezifischen Besonderheiten und Bedürfnisse sehr wichtig.

Eine patientengerechte Gedächtnishilfe wie MEMOS kann nur durch ein interaktives, zuverlässiges System realisiert werden, das sich flexibel und effektiv an die Bedürfnisse und Fähigkeiten einzelner Patienten anpassen lässt und einen effizienten Betreuungsprozess erlaubt. Die Gedächtnishilfe muss Patienten und den Betreuern ausreichend Flexibilität gewähren und gleichzeitig kritische Situationen verbindlich erkennen können.

MEMOS wurde als verteiltes System realisiert, welches als mobile Gedächtnishilfe ein tragbares Gerät (Personal Memory Assistant – PMA) benutzt, das über Mobilfunk mit einem zentralen Server kommunizieren kann. Dieser Server (Basissystem) verwaltet, überwacht und koordiniert die Aktionen der einzelnen PMAs.

Grundlegendes Element bei der Realisierung von MEMOS und wissenschaftlicher Schwerpunkt dieser Arbeit ist das MEMOS-Taskmodell, ein Modell für die Speicherung, Verarbeitung und Verwaltung der einzelnen strukturierten Erinnerungsaufgaben. Es bildet die strukturierten interaktiven Erinnerungsprozesse nach, mit denen die Gedächtnisdefizite des Patienten kompensiert werden können. Bei der Erstellung des Taskmodells wurde festgelegt, wie die Gedächtnishilfe auf die verschiedenen Situationen beim Abarbeiten einer strukturierten Handlung reagieren muss und wie die verschiedenen Komponenten von MEMOS kooperieren. Dabei musste bei der Modellierung ein Kompromiss zwischen Flexibilität und Zuverlässigkeit, Umsetzbarkeit und Mächtigkeit des Modells gefunden werden.

Das Taskmodell beschreibt Handlungsobjekte (Tasks), welche dem Prozess des prospektiven Erinnerns nachempfunden sind. Die einzige zur Zeit praktisch realisierbare Möglichkeit, einen Task zu modellieren, war, ihn auf zeitbasierte Vorbedingungen zurückzuführen und vom positiven Verlauf der Handlung auszugehen. Dabei wurde er in für den Patienten notwendige Erinnerungsimpulse (Cards) zerlegt, um diesen durch eine Aufgabe zu führen. Jede Card muss vom Patienten bestätigt werden. Abweichungen vom positiven Handlungsverlauf können bei der Erstellung des Tasks berücksichtigt werden. Nicht berücksichtigte Abweichungen werden erkannt und als kritischer Verlauf gewertet. Der Ablauf eines Tasks kann durch eine Moore-Maschine formal dargestellt werden und lässt sich vor der Ausführung automatisch hinsichtlich zeitlicher Inkonsistenzen überprüfen. Um einen Task beschreiben und übertragen zu können, wurde eine XML-basierte Sprache (M2) entwickelt. Diese erlaubt es, einen Task zu serialisieren und auf die Mobilkomponente zu übertragen.

Die Datenübertragung zwischen Basisstation und PMA erfolgt über GPRS. Wichtigstes praktisches Problem bei der Umsetzung von MEMOS war die Kompensation von Kommunikationsproblemen. Durch eine intelligente Kombination von Wait-Retry-Zyklen konnte ein Workaround gefunden werden, um Störungen der Mobilkommunikation zu kompensieren.

Das Basissystem wurde auf Basis von J2EE-Komponenten entwickelt, ist skalierbar und zuverlässig. Es koordiniert den Zugriff verschiedener Betreuer und erlaubt das Erstellen von virtuellen Kliniken und Betreuungsregionen, auf deren Informationen nur durch autorisierte Personen zugegriffen werden kann. Die für den PMA genutzte mobile Hardware ist ein kommerziell verfügbares Smartphone. Durch separate Überwachungsprozesse, die bei Störungen regulierend eingreifen, konnte sichergestellt werden, dass die PMAs auch langfristig ohne Eingreifen eines Betreuers stabil arbeiten.

Der Erfolg des Gedächtnishilfeprozesses hängt sehr stark von der Akzeptanz und diese wiederum von der Usability des PMAs ab. Um eine hohe Usability zu erreichen, musste die originale Nutzerschnittstelle des PMAs durch eine wesentlich einfachere ersetzt werden. Weiterhin wichtig sind Nachvollziehbarkeit der Aktionen des mobilen Gerätes für den Patienten sowie einfache und klare Dialoge. Bei der Umsetzung der Usabilityrichtlinien wurde notfalls auf Funktionalität zugunsten einer höheren Usability verzichtet. Zum Beispiel wurde beim Verschieben von Tasks auf Funktionen verzichtet, die technisch relativ einfach realisierbar gewesen wären, die aber für den Patienten zu nicht nachvollziehbaren Aktionen geführt hätten.

Das Gedächtnishilfesystem MEMOS wurde in mehreren Studien mit Patienten erprobt. Dabei wurde gezeigt, dass der Einsatz von MEMOS die Zahl vergessener Erledigungen deutlich reduzieren kann. Bei einer verbesserten Version konnten sich 10 von 12 Patienten vorstellen, MEMOS als permanente Gedächtnishilfe zu benutzen. Einige Patienten haben auf eigene Kosten einen PMA gekauft, um die MEMOS-Infrastruktur weiter nutzen zu können.

11.2. Wissenschaftlicher Beitrag

Der wichtigste wissenschaftliche Beitrag dieser Arbeit und im allgemeinen der Projekte MOBTEL und MOBREGIO besteht aus drei Punkten.

1. Die Anforderungen an eine elektronische Gedächtnishilfe wurden um wesentliche Punkte, insbesondere um die Unterstützung strukturierter interaktiver Erinnerungsimpulse erweitert.
2. Zur Umsetzung wurde ein Modell entwickelt, welches u.a. die strukturierten interaktiven Erinnerungsimpulse abbildet und erlaubt diese in einer verteilten Architektur zu verarbeiten.
3. Durch funktionale Tests aber insbesondere durch zwei klinische Studien konnte nachgewiesen werden, dass die formulierten Anforderungen berechtigt sind und dass die entwickelten Konzepte zu signifikanten Verbesserungen bei der Betreuung von Patienten mit Störungen des prospektiven Gedächtnises führen.

11.3. Ausblick

Verbesserungen von MEMOS

Für die Weiterentwicklung von MEMOS sind folgende Punkte denkbar. Stromverbrauch und Zuverlässigkeit sollten weiter verbessert werden, was unter Umständen schon durch eine Portierung auf die nächste Gerätegeneration möglich ist. Eine Portierung weg von Windows Mobile auf Googles Android Betriebssystem würde zwar einem Neuschreiben des PMA Codes nahe kommen, hätte aber den Vorteil, eines Open Source Betriebssystems. Ein Großteil der Projektarbeit bestand im Umschiffen von Fehlern, Lücken oder Restriktionen des Betriebssystems. Mit Android hat man die Möglichkeit den Betriebssystem Code gegebenenfalls selbst zu verändern.

Für Patienten, die es wünschen, sollte eine Taskverwaltung über mehrere Tage hinweg möglich sein. Um eine kommerzielle Verwertung zu vereinfachen, ist eine Portierung auf freie Software zu überdenken, da das Potential der verwendeten kommerziellen Software nicht benötigt wird und im Bereich EJB-Applicationserver und Datenbanken sehr leistungsfähige freie Software existiert. Auch eine einfachere Administrierbarkeit und eine automatische Installation und Konfiguration können die Chancen einer erfolgreichen Verwertung erhöhen.

Erweiterungen von MEMOS

Konzeptionelle Erweiterungen von MEMOS sind in vielfältiger Weise denkbar. Die aktuelle Generation von Smartphones erlaubt einen hybriden Netzzugang mittels WLAN und UMTS. Damit könnte die Kommunikation deutlich vereinfacht werden.

Eine Integration externer Informationen wie GPS-Signale- oder Sensordaten über Bluetooth oder RFID-Tags, kann die Qualität des Betreuungsprozesses deutlich verbessern. Um eine solche Integration erfolgreich durchzuführen, müssten allerdings intelligente Planungsmethoden implementiert werden. Technisch dürfte die Integration von Positionsdaten bei der heutigen Generation von Smartphones kein großes Problem sein. Eine Herausforderung ist vielmehr die konzeptionelle Integration von positionsabhängigen Erinnerungen, sowie das Erproben der neuen Konzepte.

Andere Systeme

Die Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der kognitiven Hilfen ist während der Projektlaufzeit von MOBREGIO nicht stehen geblieben. Insbesondere MAPS-LIFELINE (siehe 3.8.1) ist ein sehr ambitioniertes Projekt, welches, so es erfolgreich ist, ein sehr fortschrittliches Gedächtnishilfesystem hervorbringen wird.

Ein besseres Verständnis des Ubiquitous Computing und neue Methoden der Mensch-Maschine-Interaktion, wie z. B. Projektionen auf die Netzhaut oder halbtransparente Brillen, werden auch interessante Anwendungen auf dem Gebiet der Gedächtnishilfen erlauben.

Vision

MEMOS benutzte das Konzept des persönlichen Gedächtnishilfeassistenten (PMA). Wahrscheinlich werden Computer in Zukunft weniger sichtbar werden und in Form von "Assistenten" Menschen schnell und unkompliziert unterstützen können.

Das Konzept des PMAs lässt sich zum Konzept des Universellen Persönlichen Assistenten (UPA) erweitern, welcher als Agent für seinen Besitzer die Umwelt überwacht und kontextbasiert Zugriff auf Informationen erlaubt, die in der aktuellen Situation für den Nutzer wichtig sind. Wichtig für die Akzeptanz eines solchen Ansatzes ist, dass sich der UPA in den Alltag des Nutzers integriert, diesen zwar unterstützt, aber nicht dominiert. Der UPA müsste auf einfache Weise mit dem Nutzer interagieren und in der Lage sein, die Umwelt des Nutzers zu erfassen und zu klassifizieren. Der UPA könnte sowohl die Vitalfunktionen des Nutzers überwachen, als auch seine Kommunikation koordinieren, seine Termine verwalten und ihn an wichtige Termine erinnern. In unbekanntem Umgebungen kann der UPA dem Nutzer Anweisungen geben, um ihn durch einen unbekanntem Handlungsablauf zu führen (z. B. Check-In auf einem unbekanntem Flughafen).

Die Möglichkeiten sind vielfältig. Wie genau die weiteren Entwicklungen aussehen werden, wird zum einen von technischen Entwicklungen, wie der Verfügbarkeit preiswerter mobiler Technologien oder der Standardisierung der notwendigen Kommunikationsschnittstellen, zum anderen aber auch von den gesellschaftlichen Entwicklungen, wie der Aufgeschlossenheit oder Ablehnung der Gesellschaft gegenüber assistierenden Technologien, abhängen.

Anhang

Anhang A.

Algorithmen zur Validierung der zeitlichen Integrität eines Tasks

Wie im Kapitel 6 beschrieben, ist es notwendig, die zeitliche Integrität eines Tasks zu validieren, um zu garantieren, dass jeder Task im ungünstigsten Fall eine maximale Laufzeit hat.

Dieser Abschnitt dokumentiert die benutzten Algorithmen. Die Validierung erfolgt in drei Schritten (siehe Abschnitt 6.5.2):

1. Initiale Validierung:
 - Traversierung des Graphen und
 - Markierung aller zyklischen Teilgraphen.
2. Reduktion des Graphen
 - Vereinigen von überlappenden zyklischen Teilgraphen zu zyklischen Regionen,
 - Überprüfen der Decktimer einer zyklischen Region und
 - Substitution von zyklischen Regionen durch virtuelle Knoten.
3. Finale Validierung und Berechnung der Worst-Case-Laufzeit

Die initiale Validierung wird durch das Listing A.1 und den Programmablaufplan in Abbildung A.2 dokumentiert. Die finale Validierung ist im Prinzip identisch zu der initialen Validierung bis auf die Tatsache, dass Zyklen nicht mehr zulässig sind und beim Erkennen eines Zyklus die Validierung abbricht. Daher wird für die finale Validierung nur der Programmablaufplan (Abbildung A.3) angegeben. Für die zwischen initialer und finaler Validierung durchgeführte Graphenreduktion wurde nur die Hauptfunktion und beispielhaft die benutzte Unterfunktion zur Substitution von Knoten in zyklischen Regionen angegeben (Listing A.2).

Die dargestellten Algorithmen gehen von den in Abbildung A.1 gezeigten grundlegenden Datenstrukturen `node` und `graph` aus. Da die automatische Validierung in Java programmiert ist, wurde Java auch als Notation gewählt, um die Algorithmen hier darzustellen. Die Datenstrukturen sind als UML-Klassendiagramme dargestellt.

Grundlegende Datenstruktur ist der Knoten (`node`) im Transitionsgraph (`graph`). Jeder Knoten wird bestimmt, durch einen Identifikator (`node.id`) und einen Flag, das anzeigt, ob es ein Endknoten ist (`node.end`). Weiterhin verweist jeder Knoten auf seine Kindknoten (`node.children`) und die Worst-Case-Zeit (`node.wcTime`), nach welcher der Knoten durch den Cardtimer verlassen wird.

Der Transitionsgraph `graph` besteht aus dem Startknoten `graph.startNode`, einer Liste aller Zyklen (`graph.loops`) und einer Liste aller Knoten (`graph.list`). Die letzten beiden Attribute werden für eine effektivere Bearbeitung benötigt, für eine eindeutige Definition eines

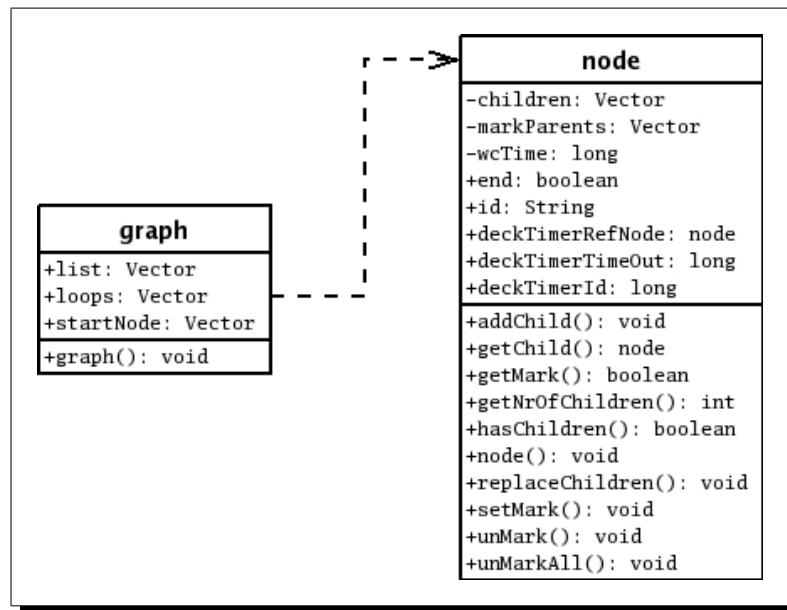


Abbildung A.1.: Klassendiagramme der für die Validierung elementaren Datenstrukturen.

Graphen reicht sein Startknoten, über den alle weiteren Kindknoten erreichbar sind.

Listing A.1: Initiale Validierung inkl. Markierung aller zyklischen Teilgraphen

```
public boolean validateFirst(graph _g) throws M2ValidationException{
    Vector path =new Vector();
    node nextNode=null, actualNode=_g.startNode;

    path.add(actualNode);      // add startnode to path
    _g.list.add(actualNode);  // add startnode to list of nodes
    while(true){
        if(actualNode.getNrOfChildren()==0)
            // if a node without children is no end node --> exception
            if(!actualNode.isEnd()) throw new M2ValidationException
                ("Node without children is no Endnode!:"+actualNode.getId());
        else
            if(actualNode.equals(_g.startNode))
                return true; // act node is start node --> success
            else
                actualNode=goBack(actualNode,path);
        else
            if(actualNode.isEnd()) throw new M2ValidationException
                ("End Node has children!: Node:"+actualNode.getId());
        // next child
        nextNode=nextNode(actualNode);
        if(nextNode!=null)
        {
            nextNode.setMark(actualNode); // mark it
            if(!path.contains(nextNode))
            {
                path.add(nextNode); // add to actual path
                actualNode=nextNode;
                if(!_g.list.contains(actualNode))
                    _g.list.add(actualNode);
            }
            else // path already contains next node --> loop
                storeLoop(path,nextNode,_g.loops); //store cyclic region
        }
        else // if nextNode=null-->no more unmarked childs
            if(actualNode.equals(_g.startNode))
                return true; // actnode is start node --> success
            else
                actualNode=goBack(actualNode,path);
    }
}
```

Listing A.2: Reduzierung des Graphen.

```
public node reduceGraph(graph _g) {
    boolean ret = false;
    // reduce overlapping cyclic regions to a single region
    reduceLoops(_g.loops);
    // Check whether all nodes in cyclic region have same Decktimer
    checkDeckTimer(_g.loops);
    // For every Loop substitute Loop with Virtual Node
    for (int i = 0; i < _g.loops.size(); i++)
        substituteNodes((Vector)_g.loops.elementAt(i),
            "SubNode"+i,_g);
    return _g.startNode;
}

private void substituteNodes(Vector _loop,String _id, graph _g) {
    node actNode=null, lastNode=null, subNode =new node(_id,30000,false);

    //for all nodes that have lastnode as child change link to subNode
    for (int i=0; i<_loop.size();i++){
        lastNode=(node) _loop.elementAt(i);
        for (int j=0; j<_g.list.size();j++){
            actNode=(node)_g.list.elementAt(j);
            if (actNode.hasChildren(lastNode))
                actNode.replaceChildren(lastNode,subNode);
        }
        //Transfer children from node (lastnode) to subnode
        for(int k=0;k<lastNode.getNrOfChildren();k++){
            node tnode=lastNode.getChild(k);
            if (!tnode.equals(subNode))
                if (!_loop.contains(tnode))
                    if (!subNode.hasChildren(tnode))
                        subNode.addChild(tnode);
        }
        if (lastNode.equals(_g.startNode))
            _g.startNode = subNode;
        _g.list.removeElement(lastNode);
    }
    _g.list.add(subNode);
}
```

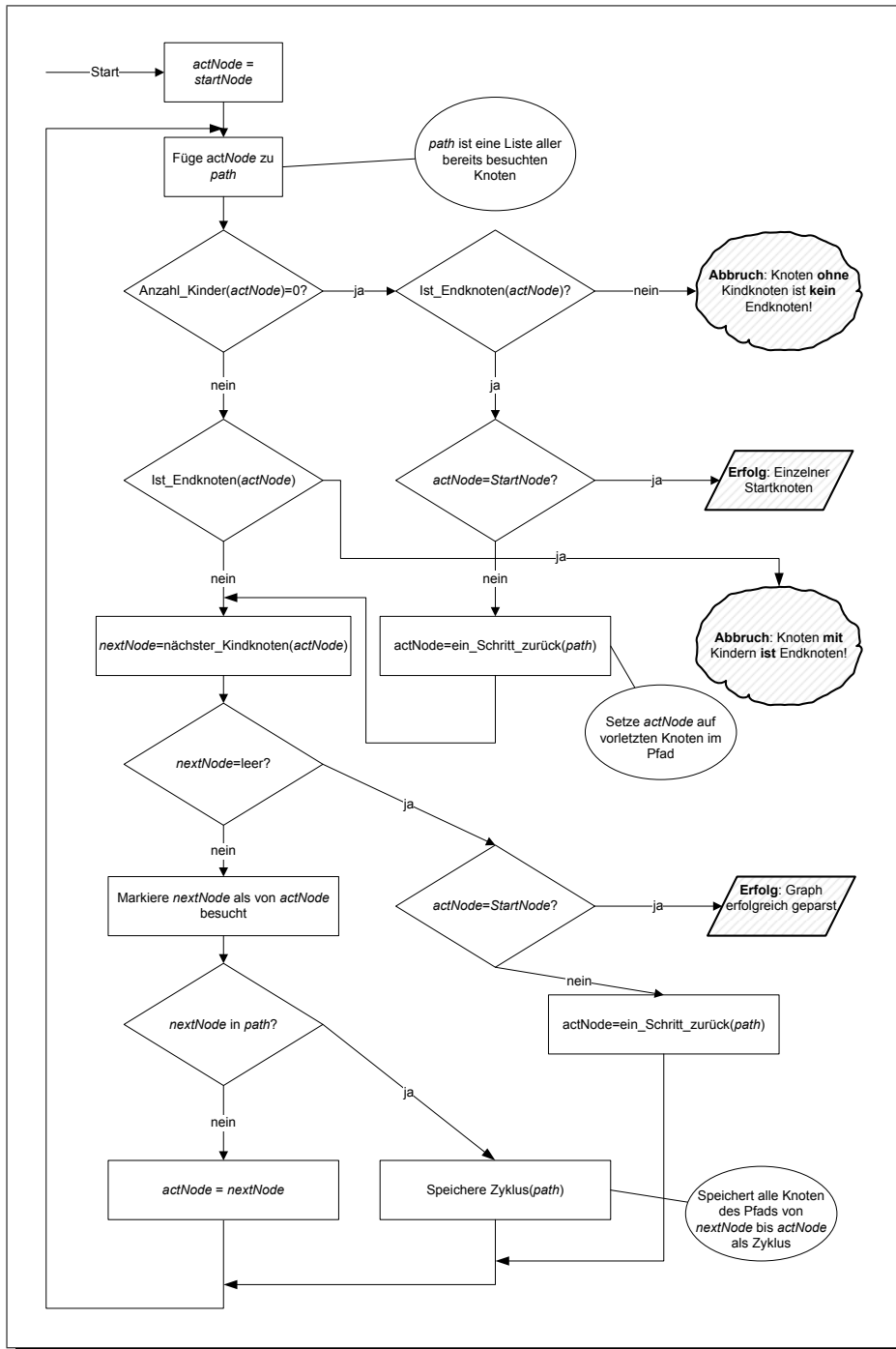


Abbildung A.2.: Initiale Validierung: Programmablaufplan

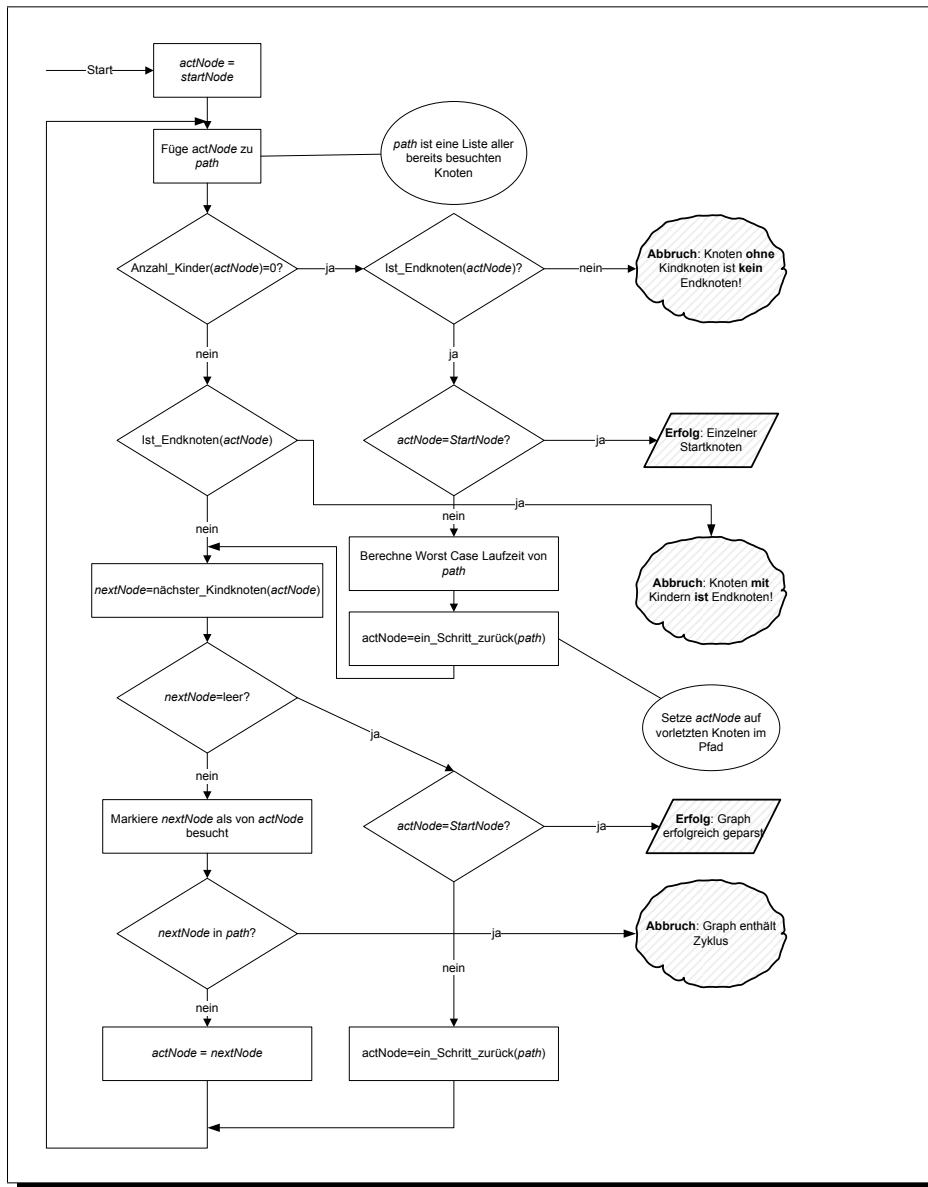


Abbildung A.3.: Finale Validierung: Programmablaufplan

Anhang B.

Die M2 Spezifikation

Die M2-Spezifikation orientiert sich an der für XML bzw. DTDs üblichen Notation und versteht sich als Erklärung zur M2-DTD (siehe C).

B.1. Versionen

B.1.1. Aktuelle Version

V 1.1, 23. August, 2006

B.1.2. Bisherige Versionen

- 0.1 Erster Entwurf, 27. Mai 2001
- 0.9 Release Candidate, 3. Juli, 2001
- 0.9.1 Release Candidate, 12. Januar, 2003
- 1.0 Version 1.0, 14. Juli 2005

B.2. Überblick

B.2.1. Begriffe

- PMA** Personal Memory Assistant, mobiles Endgerät für Patienten, welches die Information dem Patient zur Verfügung stellt und dessen Eingaben entgegen nimmt.
- Basissystem** Zentrales Serversystem, welches alle Aktivitäten koordiniert und überwacht.
- Task** Ein Task ist eine logische Einheit zusammengehöriger Informationen, die vom System verwaltet wird. Ein Task kann aus mehreren Decks bestehen.
- Deck** Ein Deck ist eine Menge von Cards. Ein Deck ist eine Einheit, die vom Basissystem erzeugt wird und vom PMA ausgeführt wird.
- Card** Eine Card ist die atomare Informationseinheit, die dem PMA zur Weitergabe an den Nutzer übergeben wird. Eine Card kann nicht weiter zerlegt werden. Der Patient muss in der Lage sein, eine Card als Einheit zu verstehen.

B.2.2. Funktionsweise

Das Basissystem (BS) stellt verschiedene Userinterfaces zur Verfügung, womit beliebige Tasks erzeugt werden können. Das BS erzeugt daraus eine Datenstruktur. In eigener Verantwortung wer-

den alle Tasks vom BS verwaltet und alle notwendigen Schritte zur erfolgreichen Bearbeitung im Sinne des Projektes durchgeführt.

Ein Teil davon ist die Generierung der Deck- und Card- Beschreibung in der hier spezifizierten Beschreibungssprache M2 (siehe B.4). Der PMA kommuniziert mit dem BS gemäß Kapitel B.5.

B.3. Generelle Festlegungen

B.3.1. Referenzen, Zeit und andere Formatfestlegungen

Referenzen

- Referenzen zu Decks und Cards sind gültige XML-Referenzen.
- Referenzen zu Decks sind ein String, der alle Zeichen außer “_” enthalten darf (z. B. D1234xyz).
- Referenzen zu einer Card sind die Referenz zu dem Deck gefolgt von “_” und einem String (z. B. D1234xyz_5abc).
- Die Referenz “EXIT” ist gültig und beendet das Deck.
- Die Referenz “NOT_TODAY” ist gültig und beendet das Deck.
- In folgenden Versionen können weitere Referenzen definiert werden.
- Referenzen zu Decks, die keine Startzeit haben, aktivieren das Deck, welches zum nächst möglichen Zeitpunkt gestartet wird.
- Referenzen zu einem Deck mit Startzeit aktiviert das Deck, welches zur Startzeit gestartet wird. Das Deck ist dann auch verschiebbar (vorziehbar).

Zeit

- Die Zeit wird in der Anzahl der Millisekunden seit 1.1.1970 0.00 Uhr GMT gespeichert.
- Zeitdifferenzen werden in Millisekunden angegeben.
- Für jedes Deck sind die Zeitparameter t_{start} , t_{exec} , t_{dur} und t_{end} gesetzt. t_{start} und t_{end} sind die frühesten Start- bzw. spätesten Endzeiten der Taskdurchführung. t_{exec} ist der Zeitpunkt, an dem der Task automatisch gestartet wird, falls er nicht bereits vorher manuell gestartet bzw. verschoben wurde. t_{dur} ist die Worst-Case-Dauer eines Decks und muss für jedes Deck gesetzt sein. Sie wird vom BS automatisch bei der Taskvalidierung ermittelt.

B.3.2. Decks und Cards

- Decks sind nicht unterbrechbar, können allerdings verschoben werden.
- Decks haben ein gültiges Intervall und ggf. eine Startzeit.
- Decks sind im gültigen Intervall verschiebbar.
- Ein verschobenenes Deck wird neu gestartet.
- Bei Verschiebungen eines Decks über Mitternacht hinaus wird das Deck gelöscht und die Verantwortung für einen Restart dem BS zurückübertragen.
- Der Inhalt einer Card sollte auf eine Bildschirmseite des PMAs passen.

B.4. M2 - Die Markuplanguage

B.4.1. M2-Dokument

Jedes M2-Dokument muss ein gültiges XML-Dokument sein und sich gegen die M2-DTD validieren lassen. Die Validierung ist nicht zwingend vorgeschrieben, sollte aber vom Basissystem bei der Erstellung und inhaltlichen Validierung der einzelnen Tasks durchgeführt werden. Ebenso sollte der PMA beim Auswerten des Dokuments dieses gegen die M2-DTD validieren.

B.4.2. Top-Level Strukturen

Element:	DOCUMENT
	Dokumentumgebung, kann ein oder mehrere Decks enthalten
Attribute	
AUTOR	Autor des Dokuments
DATE	Datum der Erstellung
VERSION	M2-Version
Gültige Elemente	(DECK)*

Element:	DECK
	Elementare Struktur für eine abgeschlossene Aufgabe.
Attribute	
ID	Eindeutiger ID : REQUIRED : Bsp.: D0001
LABEL	CDATA : REQUIRED : menschenlesbare Kurzbeschreibung
TYPE	(STANDARD ACTIVABLE) "STANDARD"
Gültige Elemente	(CONTROL, CARD+)

Element:	CONTROL
	Control-Umgebung für ein Deck.
Attribute	Keine Attribute
Gültige Elemente	(TIME, TIMER?, LOG?, TITLE)

Element:	CARD
	Card-Umgebung, enthält alle Informationen über das Verhalten und die Darstellung einer Karte.
Attribute	
ID	ID :REQUIRED : Bsp.: D0001_01
TYPE	(STANDARD INVISIBLE) "STANDARD"
Gültige Elemente	(LOOP, STATUS?, TIMER?, LOG?, HEAD_LINE?, TEXT?, (T_LIST DELAY DELAY_BUTTONS NOW_BUTTONS)?, BUTTON*)

B.4.3. Control Strukturen

Element:	TIME
	Struktur für Zeitsettings.
Attribute	
EXEC	Zeitpunkt, zu dem Deck automatisch gestartet wird
START	Required: Beginn des für die Ausführung gültigen Bereiches
END	Required: Ende des für die Ausführung gültigen Bereiches
DUR	Required: Maximale Dauer eines einmal gestarteten Tasks
Gültige Elemente	EMPTY

Element:	TITLE
	Menschenlesbarer Titel für Deck. Wird für automatische Taskverwaltung benutzt.
Attribute	Keine Attribute
Gültige Elemente	#PCDATA

Element:	STATUS
	Status einer Card. Wenn eine Karte mit kritischem Status erreicht wird, dann muss der Browser sofort das Basissystem kontaktieren, um die aktuellen Log-Dateien zu senden.
Attribute	
CRITICAL	(YES NO) "NO"
END	(YES NO) "NO"
Gültige Elemente	EMPTY

Element: LOG
Mit dem Log-Tag kann ein Eintrag in die Logdatei des Browsers vorgenommen werden. Zusätzlich ist es möglich festzulegen, bei welchem Log-Level der Eintrag übernommen wird.

Attribute
LEVEL (1 | 2 | 3 | 4 | 5) "3"
1 - CRITICAL
2 - IMPORTANT
3 - NORMAL
4 - DEBUG
5 - ALL

Gültige Elemente
#PCDATA : Text, der in die Log-Datei übernommen wird

Element: TIMER
Steuert den Decktimer. Kann in jeder Karte verändert werden. Card-Timer gibt es nicht mehr. (siehe LOOP)

Attribute
TIME CDATA: Required
REFERENCE IDREF: Required

Gültige Elemente
EMPTY

Element: LOOP
Spezifiziert, wie oft eine Card erneut angezeigt wird.

Attribute
TIME CDATA: Required: Zeitintervall, in der Card angezeigt werden soll
REFERENCE IDREF: Required
REFRESH CDATA : Required: Default "60": Zeitintervall, nachdem Karte erneut angezeigt werden muss. Verbunden mit akustischem Signal.

Gültige Elemente
EMPTY

B.4.4. View Strukturen

Element: HEAD_LINE
Überschrift einer Card.

Attribute
Keine Attribute

Gültige Elemente
#PCDATA

Element:	TEXT Enthält Text, der im Textfeld einer Card dargestellt wird.
Attribute	Keine Attribute
Gültige Elemente	#PCDATA

Element:	T_LIST Erzeugt "triggered List". Eine T_LIST ist eine Struktur, die eine Liste von Items enthält. Erst wenn alle Items bestätigt wurden, so wird zur nächsten Card gesprungen.
Attribute	
REFERENCE	IDREF: Required
Gültige Elemente	ITEM+

Element:	ITEM ITEM einer T_LIST
Attribute	Keine Attribute
Gültige Elemente	#PCDATA

Element:	BUTTON Erzeugt Button (Verweis zu anderer Card)
Attribute	
REFERENCE	IDREF: Required
LABEL	CDATA :REQUIRED
Gültige Elemente	EMPTY

B.4.5. Strukturen zum Verschieben eines Tasks

Element: DELAY
Erzeugt einen Delay-Button. Der Delay Button wird zum Zeitpunkt der Anzeige einer Card nur dann angezeigt, wenn das aktuelle Deck verschiebbar ist. Wird der Button gedrückt, verzweigt der PMA zu einer automatisch generierten Card, welche dem Patienten die möglichen Intervalle anzeigt, um die das Deck verschoben werden kann. Entweder der Patient entscheidet sich für ein solches Intervall oder bricht die Aktion ab, indem er zur vorherigen Card zurückkehrt. Der Delay-Button wird automatisch vom PMA beschriftet. Ein verschobenes Deck wird beendet und zu einem späteren Zeitpunkt neu gestartet.

Attribute
Keine Attribute

Gültige Elemente
EMPTY

B.5. M2-Das Transportprotokoll

Das Basissystem stellt dem PMA aktuelle Tasks über eine im PMA konfigurierbare URL zur Verfügung. Der PMA pollt diese URL in einem einstellbaren Intervall. Die Übertragung erfolgt über http.

Anhang C.

Die M2-DTD

Task.dtd

```
<!-- ENTITIES -->
<!ENTITY % REF "REFERENCE IDREF #REQUIRED">

<!-- EXIT -->

<!ELEMENT EXIT EMPTY >
<!ATTLIST EXIT
  ID ID #REQUIRED >

<!-- SYSSHIFT -->

<!ELEMENT SYSSHIFT EMPTY >
<!ATTLIST SYSSHIFT
  ID ID #REQUIRED>

<!-- Deck -->

<!ELEMENT DECK (CONTROL, CARD+)>
<!ATTLIST DECK
  ID ID #REQUIRED
  LABEL CDATA #REQUIRED
  TYPE (STANDARD | ACTIVABLE) "STANDARD">

<!-- Control Structure -->

<!ELEMENT CONTROL (TIME, TIMER?, LOG?, TITLE?)>

<!-- CARD -->

<!ELEMENT CARD (LOOP, STATUS?, TIMER?, LOG?, HEAD_LINE?, TEXT?,
(T_LIST | DELAY | DELAY_BUTTONS | NOW_BUTTONS)?, BUTTON*)>
<!ATTLIST CARD
```

Anhang C. Die M2-DTD

```

    ID ID #REQUIRED
    TYPE (STANDARD | INVISIBLE) "STANDARD">

<!-- CONTROL TYPES -->
<!-- TIME -->

<!ELEMENT TIME EMPTY>
<!ATTLIST TIME
    EXEC CDATA #IMPLIED
    START CDATA #REQUIRED
    END CDATA #REQUIRED
    DUR CDATA #REQUIRED>

<!-- TITLE -->

<!ELEMENT TITLE (#PCDATA)>

<!-- STATUS -->

<!ELEMENT STATUS EMPTY>
<!ATTLIST STATUS
    CRITICAL (YES | NO) "NO"
    END (YES | NO) "NO">

<!-- LOG -->
<!-- DESCRIPTION: The Loglevel specifies the priority of the Logentry
    COMMENTS:      1 - CRITICAL
                   2 - IMPORTANT
                   3 - NORMAL
                   4 - DEBUG
                   5 - ALL -->

<!ELEMENT LOG (#PCDATA)>
<!ATTLIST LOG
    LEVEL (1 | 2 | 3 | 4 | 5) "3">

<!-- TIMER -->
<!-- DESCRIPTION: DECK wide Timer, could be changed in every card
    which belongs to the Deck.-->

<!ELEMENT TIMER EMPTY>
<!ATTLIST TIMER
    TIME CDATA #REQUIRED
    %REF;>

<!-- LOOP -->
<!-- DESCRIPTION: Describes how long a Card should be shown, how
```

```

        often restarted and what happens if the user will not react.-->

<!ELEMENT LOOP EMPTY>
<!ATTLIST LOOP
    TIME CDATA #REQUIRED
    REFRESH CDATA "60000"
    %REF;>

<!-- HEAD_LINE -->
<!-- DESCRIPTION: Contains Text which should be displayed as Headline
    COMMENTS: This Text should represent the major context and a
              significant description of this sub-task -->

<!ELEMENT HEAD_LINE (#PCDATA)>

<!-- TEXT -->
<!-- DESCRIPTION: Contains Text with the actual description -->

<!ELEMENT TEXT (#PCDATA)>

<!-- T_LIST -->
<!-- DESCRIPTION: Contains Items to choose. After all items were
                  chosen jump to the references card.-->

<!ELEMENT T_LIST (ITEM+)>
<!ATTLIST T_LIST
    %REF;>

<!-- ITEM -->
<!-- DESCRIPTION: Contains description of item.-->
<!ELEMENT ITEM (#PCDATA)>

<!-- BUTTON -->
<!-- DESCRIPTION: Contains Text with the actual description -->

<!ELEMENT BUTTON EMPTY>
<!ATTLIST BUTTON
    LABEL CDATA #REQUIRED
    %REF;>

<!-- DELAY -->
<!-- DESCRIPTION: A Button which is only shown, when the actual task
                  can be postponed -->

<!ELEMENT DELAY EMPTY>

```


Anhang D.

Thesen zur Arbeit

- These 1:** Der Einsatz von elektronischen Gedächtnishilfesystemen kann die Lebensqualität von Menschen mit Störungen des prospektiven Erinnerns verbessern.
- These 2:** Vorhandene Organizerfunktionen von Mobiltelefonen, Smartphones und PDAs sind unzureichend, um als Gedächtnishilfe genutzt zu werden.
- These 3:** Eine patientengerechte elektronische Gedächtnishilfe muss folgende Funktionen und Eigenschaften gewährleisten:
1. Zerlegung von Aufgaben in einzelne Handlungsschritte und situationsabhängige Darstellung der jeweiligen Erinnerungsimpulse,
 2. individuelle Anpassbarkeit an die Bedürfnisse und verbleibenden Fähigkeiten eines Patienten,
 3. verbindliche Informationen über den Status einer Erinnerung, Erkennen von kritischen Situationen und automatische Alarmierung eines verantwortlichen Betreuers,
 4. flexible, intuitive, übersichtliche und leicht erlernbare Nutzerschnittstelle,
 5. flexible Einflussmöglichkeit auf den Tagesplan durch Patient und Betreuer,
 6. Integration in den Alltag des Patienten,
 7. direkter Kontakt zwischen Therapeut und Patient.
- These 4:** Das Modell der strukturierten interaktiven Erinnerungsimpulse ist eine um Zeitsteuerungsaspekte erweiterte Moore-Maschine, die eine automatische Validierung der zeitlichen Integrität und ein automatisches Erkennen von kritischen Zuständen erlaubt.
- These 5:** Das Modell der strukturierten interaktiven Erinnerungsimpulse erlaubt es, ein praktisch einsetzbares Gedächtnishilfesystem zu realisieren, welches die in These 3 benannten Anforderungen erfüllt.
- These 6:** Die Einfachheit der Bedienung durch den Patienten, auch unter Verzicht auf Funktionalität, ist essentiell für den Therapieerfolg.

Selbstständigkeitserklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus anderen Quellen direkt oder indirekt übernommenen Daten und Konzepte sind unter Angabe der Quelle gekennzeichnet.

Bei der Auswahl und Auswertung folgenden Materials haben mir die nachstehend aufgeführten Personen in der jeweils beschriebenen Weise unentgeltlich geholfen:

1. Prof. Dr. Klaus Irscher: Betreuung der Arbeit an der Universität Leipzig, Hilfe bei der Themenstellung und der Schwerpunktfindung der Arbeit,
2. Dr. Thöne-Otto und Dr. Katrin Walter: Entwicklung der neuropsychologischen Konzepte und Durchführung der klinischen Studien an der Tagesklinik für kognitive Neurologie Leipzig,
3. Dr. Andrei Voinikonis: Programmierung von MEMOS,
4. Dipl. Inf. Klaus Mochalski: Unterstützung bei der Formulierung der englischen Version der Zusammenfassung.

Weitere Personen waren an der inhaltlich-materiellen Erstellung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich hierfür nicht die entgeltliche Hilfe von Vermittlungs- bzw. Beratungsdiensten (Promotionsberater oder anderer Personen) in Anspruch genommen. Niemand hat von mir unmittelbar oder mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalte der vorgelegten Dissertation stehen. Die Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer Prüfungsbehörde vorgelegt. Ich bin darauf hingewiesen worden, dass die Unrichtigkeit der vorstehenden Erklärung als Täuschungsversuch angesehen wird und den erfolglosen Abbruch des Promotionsverfahrens zu Folge hat.

Leipzig, 25. März 2011

.....

[Hendrik Schulze]

Literaturverzeichnis

- [Abl] AbleLink Technologie, Inc. AbleLink Instructional Media Standard. <http://www.aimsxml.com>.
- [All98a] WAP-Forum/Open Mobile Alliance. Wireless Markup Language Specification. <http://www.wapforum.org/what/technical/wml-30-apr-98.pdf>, 1998.
- [All98b] WAP-Forum/Open Mobile Alliance. WMLScript Language Specification. <http://www.wapforum.org/what/technical/wmlss-30-apr-98.pdf>, 1998.
- [Bal00] H. Balzert. *Lehrbuch der Software-Technik Bd.1*. Spektrum Akademischer Verlag, 2000.
- [BL04] T. Berners-Lee. The Interpretation of XML Documents. <http://w3c.org/DesingIssues/XML>, 2004.
- [Bol91] B. Bollobas. *Modern Graph Theory*. Springer, New York, 1991.
- [Bra10] Brainaid. PEAT Clinical Trials. <http://www.brainaid.com/study/study.html>, 2010.
- [Car02] S. Carmien. MAPS – Memory Aiding Prompting System. Presentation at Clever Workshop 02, Boulder, <http://l3d.cs.colorado.edu/clever/documents.html>, 2002.
- [CDPA94] E. Cole, P. Dehdashti, L. Petti, and M. Angert. Design and outcomes of computer-based cognitive prosthetics for brain injury: A field study of three subjects. *NeuroRehabil*, 4:174–186, 1994.
- [CEJ⁺05] V. Chopra, J. Eaves, R. Jones, S. Li, and J.T. Bell. *Beginning Java Server Pages*. Wrox Press Ltd, 2005.
- [Cen] Oliver Zangwill Centre. Neuropage Website. <http://www.neuropage.nhs.uk>.
- [CG03] S. Carmien and A. Gorman. Creating Distributed Support Systems to Enhance the Quality of Life for People with Cognitive Disabilities. In *Proceedings of UbiHealth03 (Workshop at UbiComp03)*, Seattle, USA. ACI, SIGCHI, 2003. <http://www.healthcare.pervasive.dk/ubicomp2003/papers/>.
- [Col99] E. Cole. Cognitive prosthetics: an overview to a method of treatment. *Neurorehabilitation*, 12:39–51, 1999.
- [Con99] W3C-World Wide Web Consortium. W3C Recommendation: HTML4.01 Specification. <http://www.w3.org/TR/html4/>, 1999.
- [Con04] W3C-World Wide Web Consortium. W3C Recommendation: Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Third Edition). <http://www.w3.org/TR/2004/REC-xml-20040204/>, 2004.
- [CR04] V. Coroama and F. Röthenbacher. The Chatty Environment. In *Demo at the Second Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom 2004)*, Orlando, Florida, March 2004.
- [CRS⁺04] S. Consolvo, P. Roessler, B.E. Shelton, A. LaMarca, B. Schilit, and S. Bly. Technology for Care Networks of Elders. *IEEE PERVASIVE COMPUTING*, 3(2):22–29, 4-6 2004. <http://csdl.computer.org/dl/mags/pc/2004/02/b2022.htm>.
- [DPC03] R.W. DeVaul, A. Pentland, and V. Corey. The memory glasses: Subliminal vs. overt memory support with imperfect information. In *Proceedings of ISWC*, 2003.
- [DSPG03] R.W. DeVaul, M. Sung, A. Pentland, and J. Gips. Mithril 2003: Applications and Architec-

- ture. In *Proceedings of ISWC*, 2003.
- [Dyn] DynDNS. Frequently Asked Questions - Dynamic DNS. <http://www.dyndns.org/services/dns/dyndns/faq.html>.
- [eci] e*cityruf. <http://www.emessage.de/de/cityruf/produktinfo/technologie.html>.
- [Eic] A. Eichinger. Script Usability. <http://pcptpp030.psychologie.uni-regensburg.de/student2001/skripten/zimmer/usability.html>.
- [EWE98] J. Evans, B.A. Wilson, and H. Emslie. External cuing systems in rehabilitation of executive impairments of action. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 4:399–408, 1998.
- [Fora] Internet Engineering Task Force. RFC 2616 - Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.1. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2616.txt>.
- [Forb] Usability Forum. Plattform für Software Ergonomie. <http://www.usability-forum.com/bereiche/einleitung/usability.shtml>.
- [Fow98] M. Fowler. *UML Distilled*. Addison-Wesley, 1998.
- [fS] International Organisation for Standardization. ISO 9241-1:1997: Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) – Part 1: General introduction. <http://www.iso.org>.
- [GKC] A. Gorman, A. Kintsch, and S. Carmien. LifeLine-Project Summary. <http://l3d.cs.colorado.edu/clever/documents.html>.
- [has] HasoMed GmbH. <http://www.hasomed.de>.
- [HBY⁺99] D. Herrmann, B. Brubaker, C. Yoder, V. Sheets, and A. Tip. Devices that remind. In F.T. Durso et al., editor, *Handbook of Applied Cognition*, pages 377–407. John Wiley & Sons, New York, 1999.
- [H GK⁺03] S. Helal, C. Giraldo, Y. Kaddoura, C. Lee, H. El Zabadani, and W. Mann. Smart Phone Based Cognitive Assistant. In *Proceedings of UbiHealth03 (Workshop at UbiComp03), Seattle, USA*. ACI, SIGCHI, 2003. <http://www.healthcare.pervasive.dk/ubicomp2003/papers/>.
- [HOPM03] T. Hart, T. O’Neil-Pirozzi, and C. Morita. Clinician expectation for portable electronic devices as a cognitive-behavioral orthoses in traumatic brain injury rehabilitation. *Brain Injury*, 17(5):401–411, 2003.
- [HP90] D.J. Herrmann and S. Petro. Commercial memory aids. *Applied Cognitive Psychology*, 4:439–450, 1990.
- [HT94] N.A. Hersh and L.G. Treadgold. Neuropage: The rehabilitation of memory dysfunction by prosthetic memory and cueing. *Neurorehabilitation*, 4:187–197, 1994.
- [HU93] J. E. Hopcroft and J. Ullman. *Einführung in die Automatentheorie, Formale Sprachen und Komplexitätstheorie*. Addison-Wesley, 1993.
- [Int99] ECMA International. ECMAScript language specification. <http://www.ecma-international.org/publications/standards/Ecma-262.htm>, 1999.
- [Int03] S.S. Intille. Ubiquitous Computing Technology for Just-in-Time Motivation of Behavior Change. In *Proceedings of UbiHealth03 (Workshop at UbiComp03), Seattle, USA*. ACI, SIGCHI, 2003. <http://www.healthcare.pervasive.dk/ubicomp2003/papers/>.
- [Kap95] N. Kapur. Memory aids in the rehabilitation of memory disordered patients. In A.D. Baddeley, B.A. Wilson, and F.N. Watts, editors, *Handbook of memory disorders*, pages 433–556. John Wiley & Sons, 1995.

- [KBD⁺00] H.J. Kim, D.T. Burke, M.M. Dowds, K. Boone, and G.J. Parks. Electronic memory aids for outpatient brain injury: follow-up findings. *Brain Injury*, 14(2):187–196, 2000.
- [KBDG99] H.J. Kim, D.T. Burke, M.M. Dowds, and J. Georges. Utility of a microcomputer as an external memory aid for memory-impaired head injury patient during in-patient rehabilitation. *Brain Injury*, 13(2):147–150, 1999.
- [KE96] L. Kvavilashvili and J. Ellis. Varieties of intention: Some distinctions and classifications. In M. Brandimonte, G. Einstein, and M. McDaniel, editors, *Prospective Memory: Theory and Applications*, pages 23–51. Erlbaum, Mahwah, NJ, 1996.
- [KLea88] N.L. Kirsh and S.P. Levine et al. Improving functional performance with computerized task guidance systems. In *Proceedings Comte Rendu International Conference of the Association for the Advancement of Rehabilitation Technology*, page pp. 564. ICAART, 1988.
- [KLFKJ87] N.L. Kirsh, S.P. Levine, M. Fallon-Krueger, and L. A. Jaros. The microcomputer as an 'orthotic' device for patients with cognitive deficits. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 2:77–86, 1987.
- [KT94] P. Klein and R. Tarjan. A randomized linear-time algorithm for finding minimum spanning trees. In *Proc. ACM Symp. on Theory of Computing*, 1994.
- [Kxm05] The kxml parser. <http://kxml.org>, 2005.
- [Lä91] P. Läuchli. *Algorithmische Graphentheorie*. Birkhäuser Verlag, Basel, 1991.
- [Lan04] M. Langheinrich. Die Privatsphäre im Ubiquitous Computing - Datenschutzaspekte der RFID-Technologie. <http://www.vs.inf.ethz.ch/publ/papers/langhein2004rfid.pdf>, 2004.
- [LBG82] H.S. Levin, A.L. Benton, and R.G. Grossman. *Neurobehavioral Consequences of Closed Head Injury*. Oxford University Press, New York, 1982.
- [Lev] R. Levinson. An interdisciplinary theory of autonomous action. <http://www.brainaid.com>.
- [Lev95a] R. Levinson. A computer model of prefrontal cortex function. *The Annals of the New York Academy of Science: Structure and Function of the Human Prefrontal Cortex*, 769, 1995.
- [Lev95b] R. Levinson. A general programming language for unified planing and control. *Artificial Intelligence*, 76:319–375, 1995.
- [Lev97] R. Levinson. The planning and execution assistant and trainer. *The Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 1997.
- [Mat04] F. Mattern. Allgegenwärtige Informationstechnik – Soziale Folgen und Konsequenzen für die Menschenrechte. In P. Kirchschräger, Th. Kirchschräger, A. Belliger, and D. Krieger, editors, *Menschenrechte und Terrorismus*. Stämpfli Verlag, Bern, Switzerland, 2004.
- [Mei04] J. Meißner. Untersuchung der rechtlichen Grundlagen für den Einsatz des mobilen Gedächtnishilfesystems MEMOS. Master's thesis, Universität Leipzig, 2004.
- [mem] Memophon: HasoMed GmbH. <http://www.memophon.de>.
- [Mica] Sun Microsystems. Design Patterns: Model-View-Controller. <http://java.sun.com/blueprints/patterns/MVC.html>. Java BluePrints -J2EE-Patterns.
- [Micb] Sun Microsystems. EJB-Specification Version 2.1. <http://java.sun.com/products/ejb/docs.html>.
- [Micc] Sun Microsystems. Java Servlet 2.3 and JavaServer Pages™ 1.2 Specifications. <http://jcp.org/aboutJava/communityprocess/final/jsr053/index.html>.
- [Moc02] K. Moccia. A pocketful of miracles: How pocket PCs helps people with special needs. *Pocket PC Magazine*, 2002. <http://www.pocketpcmag.com/Nov02/miracles.asp>.
- [Moo56] E.F. Moore. Gedanken experiments on sequential machines. *Automata Studies*, pages 129–153, 1956. Princeton Univ. Press.

- [MTHC03] D.W.K. Man, S.F. Tam, and C.W.Y Hui-Chan. Learning to live independently with expert systems in memory rehabilitation. *Neurorehabilitation*, 18:21–29, 2003.
- [Nar00] A. Nareyek, editor. *Local Search for Planning and Scheduling*. Springer, 2000.
- [Nur] Nursebot: Robotic assistants for the elderly. <http://www.cs.cmu.edu/~nursebot>.
- [Pe03] M. Pollack et.al. Autominder: An intelligent cognitive orthotic system for people with memory impairment. In *Proceedings of "Robotics and Autonomous Systems 2003"*, pages 273–282, 2003.
- [PEA] Attention Control Systems, Inc., Planning and Execution Assistant and Trainer (PEAT). <http://www.brainaid.com>.
- [PFKP03] D. Patterson, D. Fox, H. Kautz, and M. Philipose. Expressive, Tractable and Scalable Techniques for Modeling Activities of Daily Living. In *Proceedings of UbiHealth03 (Workshop at UbiComp03), Seattle, USA*. ACI, SIGCHI, 2003. <http://www.healthcare.pervasive.dk/ubicomp2003/papers/>.
- [Pol02] M. Pollack. Planning technology for intelligent cognitive orthotics, 2002.
- [Pro] The Apache XML Project. Xerces: XML parsers. <http://xml.apache.org>.
- [Rak02] A. Rak. Behandlung von Gedächtnisstörungen. In E. Kasten, G. Schmid, and R. Eder, editors, *Effektive neuropsychologische Behandlungsmethoden*. Deutscher Psychologischer Verlag, Bonn, 2002.
- [RAMC04] A. Ranganathan, J. Al-Muhtadi, and R.H. Campbell. Reasoning about Uncertain Contexts in Pervasive Computing Environments. *IEEE PERSVASIVE COMPUTING*, 3(2):62–70, 4-6 2004. <http://csdl.computer.org/dl/mags/pc/2004/02/b2022.htm>.
- [RSMD04] K. Römer, T. Schoch, F. Mattern, and T. Dübendorfer. Smart Identification Frameworks for Ubiquitous Computing Applications. *Wireless Networks*, 10(6), December 2004. An earlier version of this paper appeared at PerCom 2003.
- [Sch] B. Schiefer. Algorithmische Graphentheorie. Scriptum zur Vorlesung, FH-Kaiserslautern.
- [Sch01] H. Schulze. MEMOS - A Mobile Distributed Memory Aid System. In *Proceedings of IEEE Healthcom2001 - Enterprise Networking and Computing in Health Care Industry (L'Aquila, Italy)*, page 179ff. SSGRR, 2001.
- [Sch04a] H. Schulze. Memos: A mobile extensible memory aid system. *Telemedicine Journal and e-Health*, 10(2):233–242, June 2004. Previously published in proceedings of Healthcom01.
- [Sch04b] H. Schulze. MEMOS: An Interactive Assistive System for Prospective Memory Deficit Compensation - Architecture and Functionality. In *Proceedings of Assets2004, The Sixth International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, Atlanta*, volume 77 of *Accessibility and Computing*, pages 79–85. ACM SIGACCESS, 2004.
- [Sed93] R. Sedgewick. *Algorithmen in C*. Addison Wesley, 1993.
- [SHVI03] H. Schulze, T. Hoffmann, A. Voinikonis, and K. Irmscher. Modeling a Mobile Memory Aid System. In *Proceedings of KIVS2003 - Kommunikation in verteilten Systemen 13. ITG/GI Conference, Leipzig*, page 143ff. Springer, 2003.
- [Sim92] K. Simon. *Effiziente Algorithmen für perfekte Graphen*. Teubner Verlag, Stuttgart, 1992.
- [SKI00] H. Schulze and K. Klaus Irmscher. Mobtel - A Mobile Distributed Telemedical System. In *Proceedings of USM 2000 - Trends in Distributed Systems: Towards a Universal Service Market, Third International IFIP/GI Conference, Munich*, page 176ff. Springer, 2000.
- [SWTO02] H. Schulze, K. Walther, and A.I.T. Thöne-Otto. Applying Mobile Technologies in Neuropsychology - Designing Memory Aids for Brain Injured Patients. *European Journal of Medical Research*, 7(Supl I):76, 2002.
- [TEQ⁺09] T Teasdale, H. Emslie, K. Quirk, Jonathan Evans, Jessica Fish, and Barbara Wilson. Alleviation of carer strain during the use of the neuropage device by people with acquired brain

- injury. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 80:781–783, 2009.
- [TOM04] A. Thöne-Otto and H.J. Markowitsch. *Gedächtnisstörungen nach Hirnschäden*. Fortschritte der Neuropsychologie. Hogrefe, 2004.
- [Top03] K. Topley. *Java Web Services in a Nutshell*. O'Reilly, 2003.
- [TOvCIS01] A.I.T. Thöne-Otto, Y.D. v. Cramon, K. Irmscher, and H. Schulze. MEMOS – Mobile Extensible Memory System: Elektronische Gedächtnishilfe für hirngeschädigte Patienten. *Deutsches Ärzteblatt*, 11:14ff, März 2001. SUPPLEMENT: Praxis Computer.
- [TOW03] A.I.T. Thöne-Otto and K. Walther. How to desing an electronic memory aid for brain-injured patients. considerations on the basis of a model of prospective memory. *International Journal of Psychology*, 38:236–244, 2003.
- [TOWS03] A.I.T. Thöne-Otto, K. Walther, and H. Schulze. MEMOS - Evaluation of an Interactive Electronic Memory Aid for Brain-Injured Patients. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 9(4):583ff, 2003.
- [Tur96] V. Turau. *Algorithmische Graphentheorie*. Addison-Wesley, Bonn, 1996.
- [vdBDJ⁺00] M.D. van den Broek, J. Downes, Z. Johnson, B. Dayus, and H. Hilton. Evaluation of an electronic memory aid in the neuropsychological rehabilitation of prospective memory deficits. *Brain Injury*, 14(5):455–462, 2000.
- [VIS04] A. Voinikonis, K. Irmscher, and H. Schulze. Distributed Task Processing Within the Mobile Memory Aid System MEMOS. In *Proceedings of UMICS2004 - Ubiquitous Mobile Information and Collaboration Systems, Riga*, Lecture Notes in Computer Science, page 57ff. Springer, 2004.
- [VIS05] A. Voinikonis, K. Irmscher, and H. Schulze. Distributed Processing of Reminding Tasks within the Mobile Memory Aid System, MEMOS. *Personal and Ubiquitous Computing*, 9(5):284 – 290, Sep 2005. Previously published in proceedings of UMICS2004.
- [Voi06] A. Voinikonis. *Adaptiver Vermittlungsdienst für das Management der Erinnerungsaufgaben in einem mobilen Gedächtnishilfesystem*. PhD thesis, Universität Leipzig, Oktober 2006.
- [Vol96] L. Volkmann. *Fundamente der Graphentheorie*. Springer, Wien, New York, 1996.
- [Wal06] K. Walther. *Entwicklung und Evaluation eines interaktiven Gedächtnishilfesystems für hirngeschädigte Patienten mit Beeinträchtigungen des prospektiven Erinnerns*. PhD thesis, Universität Leipzig, 2006.
- [WEEM97] B.A. Wilson, J.J. Evans, H. Emslie, and V. Malinek. Evaluation of neuropage: a new memory aid. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 63:113–115, 1997.
- [Wei91] M. Weiser. The Computer for the 21st Century. *Scientific American*, 265(3):94–104, 1991.
- [WEQE01] B. A. Wilson, H.C. Emslie, K. Quirk, and J.J. Evans. Reducing everyday memory and planning problems by means of a paging system: a randomised control crossover study. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 70:477–482, 2001.
- [Wil98] B. A. Wilson. Recovery of cognitive functions following nonprogressive barain injury. *Current Opinion in Neurobiology*, 8:281–287, 1998.
- [WRH⁺01a] P. Wright, N. Rogers, C. Hall, B. Wilson, J. Evans, and H. Emslie. Enhancing an appointment diary on a pocket computer for use by people after brain injury. *International Journal of rehabilitation research*, 24:299–308, 2001.
- [WRH⁺01b] P. Wright, N. Rogers, C. Hall, B. Wilson, J. Evans, H. Emslie, and C. Bartram. Comparision of pocket-computer memory aids for people with brain injury. *Brain Injury*, 15(9):787–800, 2001.
- [WSEE03] B.A. Wilson, H. Scott, J. Evans, and H. Emslie. Preliminary report of a neuropage service within a health care system. *Neurorehabilitation*, 18:3–8, 2003.
- [WSTO04] K. Walther, H. Schulze, and A.I.T. Thöne-Otto. An Interactive Memory Aid Designed for

- Patients with Head Injury: Comparing MEMOS with two Commercially Available Electronic Memory Aids. Poster at First Congress of the European Neuropsychological Societies in Modena, Italy, April 2004.
- [WT01] T.K. Wade and J.C. Troy. Mobile phones as a new memory aid: a preliminary investigation using case studies. *Brain Injury*, 15:305–320, 2001.
- [WTO01] K. Walther and A.I.T. Thoene-Otto. Der Einsatz elektronischer Gedächtnishilfen in der Behandlung von Patienten mit Störungen prospektiver Gedächtnisleistungen - Möglichkeiten und Grenzen. 16. Jahrestagung. Gesellschaft für Neuropsychologie, 2001. Poster.
- [WTO02] K. Walther and A.I.T. Thöne-Otto. Der Einsatz elektronischer Gedächtnishilfen in der Behandlung von Patienten mit Störungen prospektiver Gedächtnisleistungen -Möglichkeiten und Grenzen. Poster at 16. Jahrestagung der Gesellschaft für Neuropsychologie, 2002.
- [Yan97] Q. Yang. *Intelligent Planning: A Decomposition and Abstraction based Approach*. Springer, 1997.