



UNIVERSITÄT ZU LÜBECK
INSTITUT FÜR MULTIMEDIALE
UND INTERAKTIVE SYSTEME

Direktorin: Prof. Dr.-Ing. Nicole Jochems

**Menschzentrierte Entwicklung eines Assistiven
Systems für Weaningpatienten auf Basis einer
neuartigen, auf den Kontext adaptierten
Menütechnik**

Das Kompass-Menü

Inauguraldissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der Universität zu Lübeck

Aus der Sektion Informatik/Technik

vorgelegt von:
Jan Patrick Kopetz, M.Sc.
aus Hamburg

Lübeck, 2023

Prüfungskommission:

1. Berichterstatter: Prof. Dr.-Ing. Nicole Jochems
2. Berichterstatter: Prof. Dr.-Ing. habil. Marcin Grzegorzek

Tag der mündlichen Prüfung: 10.11.2023

Zum Druck genehmigt.

Lübeck, den 16.11.2023

Danksagung

Während der Erstellung dieser Dissertation habe ich auf vielen verschiedenen Ebenen Unterstützung erhalten, ohne die ich diese Arbeit nicht in dieser Form hätte schreiben können. Ich möchte an dieser Stelle allen danken, die mich auf dem langen Weg der Entstehung begleitet haben.

Anfangen möchte ich mit Prof. Dr. Nicole Jochems, die mich einerseits als Vorgesetzte und Projektleiterin, darüber hinaus jedoch auch als Mentorin beraten, motiviert und immer unterstützt hat. Vielen Dank für das Vertrauen und die fachliche Unterstützung in der gesamten Zeit, besonders in der intensiven Zeit vor der Abgabe, aber auch schon während des Studiums.

Mein weiterer Dank gilt den vielen (ehemaligen) Kollegen des IMIS und des ITM für die schöne gemeinsame Zeit. Danken möchte ich zudem besonders Torben Volkmann und Katharina Weiß, die mich von Anfang an auf meinem Weg begleitet haben und auch am Ende noch durch wertvolles Feedback beigetragen haben. Explizit erwähnen möchte ich zudem Prof. Dr. Andreas Schrader, Markus Dresel, Bastian Schmeier, Jannick Scherf, Amelie Unger, Tim Schrills, Dr. Daniel Wessel, Dr. Michael Sengpiel und Dr. Børge Kordts, die über die Jahre ebenfalls die Entwicklung des Kompass-Menüs und mein Dissertationsprojekt durch ihre Anregungen, Diskussionen und Gedankenanstöße bereichert haben. Anja Minzlaff, Carola Mohrmann und Jork Milde möchte ich dafür danken, dass sie mir stets die bestmögliche administrative und technische Unterstützung haben zukommen lassen. Bei meiner Forschungsgruppe und dem ACTIVATE-Projektteam möchte ich für die gute und interessante Zusammenarbeit, aber auch den Spaß bedanken, den wir innerhalb und außerhalb der Arbeitszeit miteinander hatten. Weiterhin möchte ich allen Studenten danken, die durch ihr Engagement im Rahmen einer Qualifizierungsarbeit oder ihrer studentischen Hilfsfähigkeit einen Beitrag zu der Arbeit geleistet haben. Besonders hervorheben möchte ich dabei Franziska Tschochner, Raul Kakkar, Katrin Kolb, Ann-Kathrin Vandereike und Svenja Burgsmüller, die mit ihren Abschlussarbeiten prototypisch Teile des Systems entwickelt haben. Danken möchte ich zudem allen Studienteilnehmer für ihren Beitrag im Rahmen einer Evaluation oder Bewertung des Systems.

Ein ganz großer Dank gilt darüber hinaus meiner Familie. Meinen Eltern Susanne und Wolfgang danke ich besonders, auf deren Unterstützung ich immer zählen konnte.

Zu guter Letzt danke ich meiner Frau, Dr. Hannah Kopetz, die mich insbesondere auf der Zielgeraden mit einer Optimierung sprachlicher Baustellen dieser Arbeit, aber auch ganz viel Motivation, Ansporn, notwendiger Ablenkung und Vertrauen unterstützt hat. Danke für Alles.

Vorwort

Teile dieser Dissertation sind im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Schwerpunktes *Innovationen für die Intensiv- und Palliativpflege* innerhalb des interdisziplinären Projektes *ACTIVATE - An Ambient System for Communication, Information and Control in Intensive Care* am Institut für Multimediale und Interaktive Systeme der Universität zu Lübeck entstanden. Ziel des Forschungsprojekts war die menschenzentrierte Entwicklung eines interaktiven Systems für beatmete Intensivpatienten¹, das diese während der Entwöhnung von der Beatmungsmaschine unterstützt. Teil des Systems ist auch das neuartige, ballförmige Interaktionsgerät BIRDY (Ballshaped Interactive Rehabilitation Device).

Die Inhalte der Analyse sind in interdisziplinärer Zusammenarbeit mit folgenden Projektbeteiligten entstanden:

- Institut für Multimediale und Interaktive Systeme der Universität zu Lübeck: Professor Dr. Nicole Jochems und Dr. Michael Sengpiel; die Praktikanten Svenja Burgsmüller und Ann-Katrin Vandereike; die wissenschaftlichen Hilfskräfte Franziska Tschochner, Katrin Kolb und Max Kayser; sowie diverse im Rahmen studentischer Projekte und Abschlussarbeiten beteiligte Studierende
- Institut für Telematik der Universität zu Lübeck: Börde Kordts, Bennet Gerlach und Professor Dr. Andreas Schrader
- Institut für Sozialmedizin - Sektion Pflege der Universität zu Lübeck: Adrienne Henkel, Katharina Silies, Angelika Schley und Professor Dr. Katrin Balzer
- Universitätsklinikum Schleswig-Holstein Standort Lübeck: Susanne Krotsetis, Björn Hussels und Dr. Armin Will
- Cognimed GmbH: Andreas Nadorow, Holger Panier, Frank Willers
- Rehavista GmbH: Mareike Köhler, Dr. Friederike Mönninghoff

Dazu zählen insbesondere die Datenerhebungen, welche vom Institut für Sozialmedizin durchgeführt wurden. Die im Rahmen dieser Arbeit konzipierte und entwickelte Mensch-Technik-Schnittstelle basiert auf den Inhalten und Ergebnissen der Analysen dieser Daten. Die Analyseinhalte und -ergebnisse werden daher eingehend beschrieben.

Bei der Entwicklung der Mensch-Technik-Schnittstelle haben insbesondere die wissenschaftlichen Kollegen der Institute für *Telematik* und *Multimediale und Interaktive Systeme* sowie die genannten wissenschaftlichen Hilfskräfte, Praktikanten und Studierenden mitgewirkt, maßgeblich wurde diese jedoch im Rahmen dieser Arbeit durchgeführt. An der Entwicklung der serverseitigen Komponenten waren neben Börde Kordts die über das Projekt angestellten wissenschaftlichen Hilfskräfte Franziska Tschochner (Feathers.js, Datenbank, Integration der Datenbank) und Marvin Kummerfeld (Datenbank, Medien-Anwendung) beteiligt.

Nicht Gegenstand dieser Arbeit sind die dem Gesamtsystem zugrundeliegende Systemarchitektur mit der dynamischen Vernetzung von Ein- und Ausgabegeräten innerhalb einer Smarten Umgebung, die im Forschungsprojekt von Börde Kordts (Institut für

¹Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wird in der vorliegenden Arbeit bei personenbezogenen Substantiven und Pronomen die gewohnte männliche Sprachform des generischen Maskulinums verwendet. Dies impliziert selbstverständlich keine Benachteiligung des weiblichen Geschlechts, sondern soll im Sinne der sprachlichen Vereinfachung als geschlechtsneutral zu verstehen sein.

Telematik) untersucht und realisiert wurde. Die Identifikation der Gesten aus den Rohdaten, die Mechanismen der Kalibrierung sowie die Schnittstellen zum Demonstrator und dem Reflection Framework wurden ebenfalls von Børge Kordts entwickelt.

Weiterhin wurden zwar im Rahmen dieser Arbeit durch die methodische Spezifikation interaktionsbezogener Anforderungen für das Interaktionsgerät BIRDY an dessen Entwicklung mitgewirkt, die konkrete Umsetzung der Anforderungen sowie der maßgebliche Teil der Entwicklung des Interaktionsgerätes einschließlich der hardware- und softwaretechnische Entwicklung des Demonstrators bestehend aus Handstücken und Ladestation wurden von dem Unternehmen *CogniMed GmbH* im Rahmen des Projektes durchgeführt.

Publikationsverzeichnis

- Kopetz, J. P., Kordts, B., Henkel, A. & Jochems, N., (2018). Requirements for a Novel Interaction Device for Patients in Intensive Care. In: Dachsel, R. & Weber, G. (Hrsg.), *Mensch und Computer 2018 - Tagungsband*. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V.. DOI: <https://doi.org/10.18420/muc2018-mci-0201>
- Henkel, A., Hussels, B., Kopetz, J. P., Krotsetis, S., Jochems, N., & Balzer, K. (2018). Nutzer- und Aufgabenanalyse für ein sozio-technisches System zur Unterstützung der Kommunikation und Reorientierung [...]. In S. Boll, A. Hein, W. Heuten, & K. Wolf-Ostermann (Hrsg.), *Zukunft der Pflege: Tagungsband der 1. Clusterkonferenz 2018—Innovative Technologien für die Pflege* (S. 201–206). BIS-Verl. der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg.
- Kordts, B., Kopetz, J. P., Balzer, K., & Jochems, N. (2018). Requirements for a System Supporting Patient Communication in Intensive Care in Germany. *Zukunft Der Pflege: Tagungsband Der 1. Clusterkonferenz 2018 - Innovative Technologien Für Die Pflege*, 131–136. BIS-Verl. der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg.
- Kopetz, J. P., Burgsmüller, S., Vandereike, A.-K., Sengpiel, M., Wessel, D., & Jochems, N. (2019). Finding User Preferences Designing the Innovative Interaction Device "BIRDY" for Intensive Care Patients. In S. Bagnara, R. Tartaglia, S. Albolino, T. Alexander, & Y. Fujita (Hrsg.), *Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018)*. S. 698 – 707. Springer International Publishing. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-96077-7_76
- Kordts, B., Kopetz, J. P., Henkel, A., Schrader, A., & Jochems, N. (2019). Requirements and Interaction Patterns for a Novel Interaction Device for Patients in Intensive Care. *i-com*, 18(1), 67–78. <https://doi.org/10.1515/icom-2019-0004>
- Kopetz, J. P., Kordts, B., Schrader, A., & Jochems, N. (2019). Rufsystem 4.0 in der Intensivpflege – Brücke zwischen PatientInnen und Pflegenden. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10166.45120>
- Kordts, B., Kopetz, J. P., & Schrader, A. (2021). A Framework for Self-Explaining Systems in the Context of Intensive Care. *2021 IEEE International Conference on Autonomic Computing and Self-Organizing Systems (ACSOS)*, 138–144. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACSOS52086.2021.00040>
- Schmeier, B., Kopetz, J. P., Kordts, B., & Jochems, N. (2021). Manipulating Virtual Objects in Augmented Reality Using a New Ball-Shaped Input Device. *12th Augmented Human International Conference*, 1–8. DOI: <https://doi.org/10.1145/3460881.3460935>
- Kopetz, J. P., & Jochems, N. (2022). Supporting Pain Management for Mechanically Ventilated Intensive Care Patients Using a Novel Communication Tool. In N. L. Black, W. P. Neumann, & I. Noy (Hrsg.), *Proceedings of the 21st Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2021)*. S. 650 – 657. Springer International Publishing. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-74614-8_81

Abstract

The nursing staff in German intensive care units encounters various challenges in their daily work. The strained personnel situation increases the stress experienced. The involved nurses bear a special responsibility for the care of critically ill patients requiring mechanical ventilation. Particularly challenging is the phase of weaning from ventilation, which represents an enormous physical and psychological strain for the affected patients. Moreover, the communicative abilities of this patient group are severely limited; they are mostly unable to express their basic needs. This can lead to a prolonged healing process, inadequate pain management, delirium, and other complications.

Solutions to improve the communication situation of these patients and reduce staff workload are urgently needed. Existing aids and strategies are often perceived as unhelpful by nursing personnel, or they lack knowledge about possible approaches. Assistive technology and related design solutions based on established information and communication technologies that can significantly improve limited communication often require corresponding physical and cognitive capabilities in handling partially complex and inflexible interaction devices.

This dissertation presents the human-centred development process of a novel assistive system to support patient communication in the context of weaning from ventilation. The main components include input via a new type of interaction device tailored to the context's requirements and the presentation of application content in a newly developed circular menu technique called Compass Menu. The results of two laboratory studies support positive conclusions about the usability and applicability of the system in the context of weaning from ventilation.

Kurzfassung

Das pflegerische Personal deutscher Intensivstationen steht täglich vor vielfältigen Herausforderungen, die angespannte Personalsituation auf deutschen Intensivstationen wirkt dabei als ein zusätzlicher Belastungsfaktor. Eine besondere Verantwortung tragen die Beteiligten dabei für die Pflege von intensivpflichtigen Patienten, welche auf eine maschinelle Beatmung angewiesen sind. Besonders herausfordernd ist die Phase der Beatmungsentwöhnung, die für die Betroffenen eine enorme physische und psychische Belastung darstellt. Erschwerend kommt hinzu, dass die kommunikativen Fähigkeiten dieser Patientengruppe stark eingeschränkt sind, sodass sie zumeist nicht in der Lage sind, ihre grundlegenden Bedürfnisse mitzuteilen. Dies kann zu einem längeren Heilungsprozess, unzureichender Schmerzbehandlung, Delirium und weiteren Komplikationen führen. Lösungsansätze zur Verbesserung der Kommunikationssituation mit den entsprechenden Patienten sowie der Reduzierung der Arbeitslast werden dringend benötigt.

Bestehende Hilfsmittel und Strategien werden vom pflegerischen Personal oft als wenig hilfreich empfunden oder es fehlt ihnen an dem Wissen über mögliche Ansätze. Bisherige technische Hilfsmittel und Gestaltungslösungen, welche die eingeschränkte Kommunikation auf Basis etablierter Informations- und Kommunikationstechnologien deutlich verbessern können, setzen oft entsprechende körperliche und kognitive Möglichkeiten im Umgang mit teilweise komplexen und wenig flexiblen Interaktionsgeräten voraus.

In dieser Dissertation wird die menschenzentrierte Entwicklung eines neuartigen Assistiven Systems zur Unterstützung der Kommunikation von Patienten im Kontext der Beatmungsentwöhnung vorgestellt. Die hervorzuhebenden Komponenten sind die Eingabe über ein neuartiges, auf die Anforderungen des Kontexts angepasstes Interaktionsgerät sowie die Darstellung der Anwendungsinhalte in einer neu entwickelten, kreisförmigen Menütechnik mit der Bezeichnung Kompass-Menü. Die Ergebnisse zweier Laborstudien stützen positive Prognosen hinsichtlich der Gebrauchstauglichkeit und Anwendbarkeit des Systems im Kontext der Beatmungsentwöhnung.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	iii
Vorwort	iv
Publikationsverzeichnis	vi
Abstract	vii
Kurzfassung	viii
Inhaltsverzeichnis	ix
1 Einleitung	1
1.1 Fokus der Arbeit	2
1.2 Forschungsfragen	3
1.3 Wissenschaftlicher Beitrag	3
1.4 Methodik	6
1.5 Aufbau der Arbeit	8
2 Grundlagen	9
2.1 Mensch-Technik-Interaktion	9
2.2 Assistive Technologie	10
2.3 Gebrauchstauglichkeit	14
2.3.1 Komponenten der Gebrauchstauglichkeit	15
2.3.2 Nutzungskontext	15
2.4 Mensch-Technik-Schnittstelle	16
2.4.1 Schnittstellen-Paradigmen und Interaktionstechniken	17
2.4.2 Schnittstellen-Plattformen	18
2.4.3 Interaktionsstile	19
2.5 Menübasierte Auswahlssysteme	21
2.5.1 Wichtige Benutzermerkmale während der Menünutzung	24
2.5.2 Verhaltensmuster von Menüs	26
2.5.3 Nutzungskontext	27
2.5.4 Menüeigenschaften	28
2.5.5 Designziele und -empfehlungen für die Menügestaltung	31
2.5.6 Leistungsbewertung von Menüs	32
2.6 Eingabe	34
2.6.1 Modalität der Eingabe	35
2.6.2 Zeiger- und gestenbasierte Eingaben	38
2.6.3 Direktheit der Eingabe	38
2.7 Ausgabe	40
2.8 Zusammenfassung und Fazit	41
3 Analyse	44
3.1 Datenerhebung	44
3.2 Aufgabenanalyse	45
3.2.1 Aufgaben des Pflegepersonals	45
3.2.2 Weaning: Entwöhnung von der Beatmungsmaschine	47

3.2.3	Zusammenfassung und Fazit	50
3.3	Benutzeranalyse	51
3.3.1	Patienten	52
3.3.2	Pflegerisches, therapeutisches und medizinisches Personal	56
3.3.3	Angehörige	58
3.3.4	Personas	59
3.3.5	Zusammenfassung und Fazit	60
3.4	Nutzungskontext Intensivpflege	61
3.4.1	Hilfsmittel zur Überwachung und Unterstützung von Patienten	62
3.4.2	Hilfsmittel zur Unterstützung der Kommunikation	63
3.4.3	Hygienebestimmungen	66
3.4.4	Zusammenfassung und Fazit	67
3.5	Szenarien	68
3.5.1	Thema 1a: Informationsdefizit	69
3.5.2	Thema 1b: (Re)Orientierungsdefizit	70
3.5.3	Thema 1c: Informations- und Kommunikationsdefizit	71
3.5.4	Zusammenfassung und Fazit	72
3.6	Anforderungsspezifikation	72
3.7	Zusammenfassung und Fazit	78
4	Konzeption des Gesamtsystems	79
4.1	Phasenmodell	79
4.2	Systemmodell	81
4.2.1	Patienten-Anwendung	81
4.2.2	Smartphone-Anwendung für die Pflegenden	83
4.2.3	Medien-Anwendung für Besucher	83
4.3	Schnittstellen-Plattformen	84
4.3.1	Patienten-Anwendung	84
4.3.2	Smartphone-Anwendung für die Pflegenden	88
4.3.3	Medien-Anwendung für Besucher	88
4.3.4	Zusammenfassung und Fazit	88
4.4	Interaktionskonzept der Patienten-Anwendung	89
4.5	Schnittstellen	90
4.6	Ambient Reflection	91
4.7	Zusammenfassung und Fazit	92
5	Interaktionsgerät BIRDY	94
5.1	Studie zur Erhebung interaktionsbezogener Benutzerpräferenzen	94
5.1.1	Methodik	95
5.1.2	Datenerhebung und -auswertung	99
5.1.3	Ergebnisse	99
5.1.4	Diskussion der Ergebnisse	104
5.2	Validierung und Eingrenzung der Gesten	105
5.3	Anforderungen an BIRDY	106
5.4	Demonstrator	108
5.5	Zusammenfassung und Fazit	111
6	Design des Kompass-Menüs	113

6.1	Eigenschaften des Menüs	113
6.1.1	Dimension Menü	113
6.1.2	Dimension Menüelement	120
6.1.3	Dimension Menüsystem	126
6.1.4	Animationen	129
6.2	Einflussfaktoren	129
6.2.1	Nutzungskontext	129
6.2.2	Benutzermerkmale	130
6.2.3	Verhaltensmuster der Nutzer während der Menünutzung	131
6.2.4	Verhalten des Menüs und Steuerung	132
6.3	Zusammenfassung und Fazit	133
7	Grafische Gestaltung des Assistiven Systems	136
7.1	Patienten-Anwendung	136
7.1.1	Grundgerüst	136
7.1.2	Gestaltung der Teilanwendungen in den unterschiedlichen Phasen	137
7.1.3	Menühierarchie und -inhalte	140
7.1.4	Unteranwendungen in Phase 3	142
7.2	Pflegenden-Anwendung	150
7.2.1	Kopplung der Systemkomponenten zu einem Ensemble	150
7.2.2	Verändern und Auflösen von Ensembles	150
7.2.3	Empfang und Beantwortung von Nachrichten	152
7.2.4	Konfiguration der Patienten-Anwendung und BIRDY	153
7.2.5	Fernsteuerung der Patienten-Anwendung	154
7.3	Zusammenfassung und Fazit	154
8	Realisierung des Gesamtsystems	157
8.1	Backend-Server	157
8.1.1	Feathers.js	157
8.1.2	Datenbank	158
8.1.3	Kopplungsprozess	159
8.2	Patienten-Anwendung	161
8.2.1	Schnittstelle zu Ambient Reflection	162
8.2.2	Schnittstelle zu Feathers.js	163
8.2.3	Plugins	163
8.2.4	Animationen	164
8.3	Pflegenden-Anwendung	164
8.4	Zusammenfassung und Fazit	166
9	Evaluation	167
9.1	Benutzerstudie	167
9.1.1	Studiendesign und Ziele	168
9.1.2	Methodik	169
9.1.3	Datenauswertung	175
9.1.4	Ergebnisse	176
9.2	Expertenstudie	184
9.2.1	Studiendesign und Ziele	184
9.2.2	Methodik	184
9.2.3	Datenauswertung	187

9.2.4	Ergebnisse	187
9.3	Vergleich der Studienergebnisse	191
9.4	Limitationen	192
9.5	Zusammenfassung und Fazit	193
10	Zusammenfassung und Ausblick	196
10.1	Zusammenfassung der Arbeit	196
10.2	Ausblick	202
	Abkürzungsverzeichnis	206
	Abbildungsverzeichnis	210
	Tabellenverzeichnis	212
	Literaturverzeichnis	213
	Anhänge	228
A	Ergebnisse der Persona-Methode	229
A.1	Übersicht über die Personas	229
A.2	Personas	230
B	Ergebnisse der Szenario-Methode	235
B.1	Übersicht über die Problem- und Lösungsszenarien	235
B.2	Kontaktaufnahme bei Demenz, (Re)Orientierung und Drang nach Bewegung von Klaus Dietrich	236
B.3	Unruhe, Verstehen und Kommunikationsdefizit hinsichtlich des Positionswechsels von Annika Elle-Sonnecken	237
B.4	Kommunikations- und Informationsdefizite von Hassan Ycegühl	240
B.5	Kommunikationsdefizit Luftnot und fehlendes Feedback auf Betätigung der Klingel von Elenor Spring	241
B.6	Kommunikationsdefizit in Zusammenhang mit einer Sprach- barriere von Olga Boschinski	243
B.7	Überforderung von Pflegekraft Hildegard Wald	244
B.8	Kommunikations- und Informationsdefizite der Angehörigen Dagmar Hansen	245
B.9	Körperliche Einschränkungen des Patienten Egon Müller . .	246
C	Nutzerstudie	248
C.1	Durchführung der Nutzerstudie	248
C.2	Auswertung der Nutzerstudie	270
D	Durchführung der Expertenevaluation	271

1 Einleitung

In Deutschland wurden in den Jahren 2016 bis 2019 jährlich etwa 19,5 Mio. Behandlungsfälle in insgesamt 1942 Krankenhäusern registriert. Etwa 2,1 Mio. dieser Patienten befanden sich in einem kritischen Zustand und wurden auf Intensivstationen behandelt und überwacht. Rund 20 Prozent davon auch mit künstlicher Beatmung [Destatis, 2017, 2018, 2020, 2021]. In diesen Fällen werden Patienten, die aufgrund von Erkrankungen oder Operationen nicht oder nur unzureichend selbstständig atmen können, durch mechanische Beatmungsmaschinen unterstützt.

Mit der Stabilisierung des Gesundheitszustandes wird der Prozess des Weanings – also der Entwöhnung des Patienten von der Beatmungsmaschine – eingeleitet. Diese Phase ist für betroffene Patienten in einem hohen Maße physisch und psychisch herausfordernd. Dies gilt insbesondere auch, da eine verbale Kommunikation angesichts der Beatmungszugänge nicht möglich ist und Bedürfnisse infolgedessen ggf. nicht mehr adäquat kommuniziert werden können [Abuatiq, 2015]. Treten bei der Entwöhnung Komplikationen auf, kann sich die Dauer der Beatmung deutlich verlängern.

Eine frühestmögliche kommunikative Interaktion zwischen Patienten und Pflegenden ist wesentlich, um Patienten effektiv bei der Wiedererlangung ihrer psychischen und physischen Fähigkeiten zu unterstützen. Diesbezüglich konnten bereits Zusammenhänge zwischen positiven pflegerischen Kommunikationsaktivitäten mit beatmeten Patienten und den Pflegeergebnissen gezeigt werden [Nilsen et al., 2014]. Pflegende sind sich der Wichtigkeit einer intensiven verbalen und nonverbalen Interaktion mit den Patienten – speziell in der vulnerablen Aufwachphase – bewusst. In Befragungen schätzten Pflegende die kommunikativen Einschränkungen als belastend für die Patienten ein [Abuatiq, 2015]. Bestehende Hilfsmittel und Strategien zur Unterstützung der Kommunikation werden vom pflegerischen Fachpersonal oft als ungeeignet empfunden [Abuatiq, 2015] oder es fehlt an dem Wissen über mögliche bestehende Ansätze [Happ et al., 2011].

Zur Unterstützung der Kommunikation mit beatmeten Weaningpatienten gibt es sowohl auf analogen als auch auf technischen Hilfsmitteln basierende Lösungsansätze. Bei ersteren handelt es sich jedoch in der Regel um langsame, kräfteraubende Methoden wie das Nachsprechen von Wörtern, das Nicken auf eine Reihe von Ja- oder Nein-Fragen oder die Verwendung von Schreibblöcken, Buchstabentafeln, Handzeichen und Gesichtsgesten [Rodriguez & Rowe, 2010].

Unter dem Sammelbegriff *Assistive Systeme* (engl. Assistive Technology, AT) werden diverse analoge und technische Hilfsmittel für verschiedene Kontexte zusammengefasst, welche generell zur Kompensation von Beeinträchtigungen eingesetzt werden [Wendt et al., 2011]. Hilfsmittel, die zur Kompensation von Beeinträchtigungen kommunikativer Fähigkeiten eingesetzt werden, lassen sich der Kategorie der *Unterstützten Kommunikation* (engl. Augmentative and Alternative Communication, AAC) zuordnen. Es gibt eine Reihe technischer Hilfsmittel, welche die eingeschränkte Kommunikation auf Basis etablierter Informations- und Kommunikationstechnologien deutlich verbessern können. Diese setzen allerdings oft entsprechende körperliche und kognitive Möglichkeiten im Umgang mit teilweise komplexen und wenig flexiblen Interaktionsgeräten voraus (siehe Abschnitt 3.4.2). Eine für den Kontext Intensivmedizin und für die Nutzergruppe der Weaningpatienten geeignete Informations- und Kommunikationstechnologie gibt es bislang nicht.

Die Intensivpflege ist aufgrund der Schwere der Erkrankungen, des beschleunigten Einsatzes von Technologien und umfassender Interventionen durch einen hohen Grad an Komplexität gekennzeichnet und bildet somit ein hoch spezialisiertes Umfeld für die Behandlung schwerst- und kritisch kranker Patienten [Larsen, 2016]. Obwohl Intensivstationen ein höheres Verhältnis zwischen Pflegekräften und Patienten aufweist als allgemeine Stationen, ist die Personalsituation nach wie vor prekär: Die empfohlene 1:2-Besetzung ist in Deutschland oft nicht realisierbar, insbesondere während Nachtschichten [Michael Isfort, 2017]. Durch den anhaltenden allgemeinen Fachkräftemangel lässt sich die Situation in der Intensivpflege durch die Schaffung neuer Stellen kurzfristig nur schwer entspannen.

Lösungsansätze zur Verbesserung der Kommunikationssituation mit den entsprechenden Patienten und der Reduzierung der Arbeitslast werden dringend benötigt. Ein speziell für die Zielgruppe und den Kontext entwickeltes technisches System könnte die Möglichkeit bieten, von einem frühen Zeitpunkt des Aufwachprozesses an den Rückgewinn des Bewusstseins und der kommunikativen Fähigkeiten auf individualisierte Weise zu fördern. Auch diverse weitere Bedürfnisse von Patienten in intensivmedizinischen Beatmungssituationen wie die (Re)Orientierung, das Informationsbedürfnis, soziale Teilhabe am Leben Angehöriger oder (mehr) selbstbestimmtes Handeln ließen sich durch eine integrierte digitale Lösung adressieren. Um eine hohe Akzeptanz unter dem Pflegefachpersonal zu erreichen, müssen Lösungen in die bestehenden Prozesse integriert werden, um mittel- und langfristig möglichst keine zusätzliche Arbeitsbelastung zu schaffen.

1.1 Fokus der Arbeit

Die technischen Entwicklungen von Computersystemen in den letzten 70 Jahren haben bewirkt, dass Informationen auch im Zeitalter von Computerarbeit typischerweise visuell kodiert und dargestellt werden. Dies hat zu grafischen Mensch-Technik-Schnittstellen (engl. graphical user interfaces) als den primär eingesetzten Schnittstellen für interaktive Systeme geführt [Preim & Dachsel, 2010]. Für die Interaktion mit Mensch-Technik-Schnittstellen sind neben den gewählten Ein- und Ausgabegeräten auch die Interaktionstechniken ausschlaggebend. Letztere werden dadurch charakterisiert, welche Aufgabe sie lösen und zu welchem Interaktionsstil – also welcher Form der Interaktion – sie gehören [Preim & Dachsel, 2010]. Ein und dieselbe Aufgabe (beispielsweise die Navigation durch eine Liste von Elementen) kann folglich mit unterschiedlichen Eingabegeräten (beispielsweise per Maus oder per Toucheingabe) durchgeführt werden. Für die Durchführung der Aufgabe werden dann unterschiedliche Interaktionstechniken eingesetzt (Scrolling oder Swiping). Interaktionstechniken, welche in Verbindung mit der grafischen Benutzeroberfläche die Navigation und die Auswahl von Befehlen innerhalb eines Menüs ermöglichen, werden *Menütechniken* genannt [Bailly et al., 2017].

In dieser Dissertation wurde ein Assistives System entwickelt, das die kommunikative Interaktion von Weaningpatienten mit Pflegenden sowie die (Re)Orientierung der Patienten unterstützt, dabei die körperlichen und kognitiven Voraussetzungen zur Nutzung so gering wie möglich hält und auf die Anforderungen des Weaning-Kontextes adaptiert ist. Die Interaktion mit dem System erfolgt über ein spezialisiertes, ballförmiges

ges Interaktionsgerät. Um eine hohe Gebrauchstauglichkeit des Systems zu erreichen, wurde ein menschenzentrierter Entwicklungsprozess (vgl. Abschnitt 1.4) gewählt.

Der Fokus dieser Arbeit liegt dabei auf der Entwicklung einer Gestaltungslösung für die Schnittstelle des Systems zwischen Mensch und Computer. Dazu zählt die Entwicklung einer neuartigen, auf den genannten Kontext und das verwendete Interaktionsgerät adaptierten Menütechnik. Insbesondere diese zuvor noch nicht existierende Menütechnik bildet den Kern dieser Arbeit.

1.2 Forschungsfragen

Basierend auf dem oben beschriebenen Fokus der Arbeit wurden im Rahmen dieser Dissertation folgende Forschungsfragen herausgearbeitet und beantwortet.

1. Welche spezifischen Nutzeranforderungen an ein Assistives System zur Unterstützung beatmeter Weaningpatienten können aus einer Analyse des Nutzungskontextes abgeleitet werden?
2. Wie kann die Mensch-Technik-Schnittstelle eines gebrauchstauglichen Assistiven Systems gestaltet sein, welches die spezifizierten Anforderungen erfüllt?

Die spezifizierten Anforderungen und der sich während der anschließenden Konzeption konkretisierende Umfang adäquater Kommunikationsthemen und Teilanwendungen führten zu der Annahme, dass ein menübasiertes Auswahlssystem als Kern der Anwendung geeignet ist. In der Folge wurde eine hierarchische Menüstruktur entwickelt und Eingabemöglichkeiten des spezialisierten, ballförmigen Interaktionsgerätes festgelegt. Aus der Ausdifferenzierung von Forschungsfrage 2 ergibt sich eine dritte Forschungsfrage:

3. Wie kann eine Menütechnik gestaltet sein, welche in ihren Eigenschaftsausprägungen die folgenden Voraussetzungen erfüllt?
 - i) Unterstützung einer leicht erlernbaren Interaktion mit einer hierarchischen, auf die Benutzergruppe der Weaningpatienten angepassten Menüstruktur
 - ii) Adaption auf die Steuerung durch ein ballförmiges Interaktionsgerät

Der sich aus der Beantwortung der Forschungsfragen ergebende wissenschaftliche Beitrag wird im folgenden Abschnitt beschrieben.

1.3 Wissenschaftlicher Beitrag

Im Forschungsbereich der Mensch-Computer-Interaktion (engl. human computer interaction, HCI) können wissenschaftliche Beiträge in verschiedene Kategorien eingeteilt werden. Wobbrock & Kientz [2016] haben in ihrem Beitrag sieben Formen von Beiträgen im Bereich der HCI-Forschung identifiziert, die der wissenschaftlichen Community des Fachgebiets einen Mehrwert bieten:

1. *Empirische Studien* basieren auf der systematischen Sammlung und Analyse von Daten, um das Verständnis menschlicher Interaktionen mit Computersystemen zu verbessern.
2. *Beiträge zu Artefakten* konzentrieren sich auf die Entwicklung, Verbesserung oder Evaluation von Artefakten. Der Begriff des Artefakts wird in der HCI-Forschung für die Beschreibung interaktiver Systeme, Tools oder Prototypen verwendet, die im Rahmen von Forschungsprojekten oder Studien zur Untersuchung bestimmter Fragestellungen oder Hypothesen entwickelt wurden.
3. *Methodenbeiträge* beschreiben neue Methoden oder Techniken, die für die HCI-Forschung oder -Praxis relevant sind.
4. *Theoretische Beiträge* präsentieren neue oder überarbeitete Theorien und Konzepte, die zur Erklärung von HCI-Phänomenen beitragen.
5. *Dataset Contributions* stellen neue oder überarbeitete Datensätze zur Verfügung, um das Verständnis menschlicher Interaktionen mit Computersystemen zu verbessern.
6. *Survey Contributions* befassen sich mit der systematischen Sammlung und Analyse von Meinungen oder Einstellungen von Benutzern oder Experten zu HCI-Forschungsthemen.
7. *Meinungsbeiträge* beinhalten eine Meinung oder Perspektive zu Forschungsthemen oder Trends im Bereich der HCI, die dazu beitragen können, zukünftige Forschungsrichtungen zu beeinflussen.

Die Autoren vergleichen die verschiedenen Arten von Beiträgen mit den Beitragsformen, welche die HCI-Konferenz *Conference on Human Factors (CHI)* im Jahre 2016 eingereicht wurden [Wobbrock & Kientz, 2016]. 94,4 % der Beiträge konnten sich mindestens einer Kategorie zuordnen.

In dieser Dissertation wurden folgende wissenschaftliche Beiträge in Form von *Datasets*, *Artefakten* sowie *empirischen Studien* erarbeitet:

Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage wurde eine dezidierte Beschreibung des Nutzungskontextes (Kapitel 3) erstellt, welche aus folgenden Teilergebnissen besteht:

- Eine Aufgabenanalyse mit einer Modellierung des gesamtchirurgischen Weaningprozesses in der Spezifikationsprache *Business Process Model and Notation* (siehe Abschnitt 3.2)
- Eine umfangreiche Benutzeranalyse der beteiligten Benutzergruppen (siehe Abschnitt 3.3)
- Zwölf Personas, mit denen insbesondere die Heterogenität der Patienten abgebildet wird (siehe Abschnitt 3.3)
- 16 Problem- und 18 Lösungsszenarien für den Weaning-Kontext (siehe Abschnitt 3.5)

Diese Beiträge können von der Community genutzt werden, um ein tieferes Verständnis des Nutzungskontextes zu erhalten (*Dataset Contribution*).

Aus der Kontextanalyse wurden 29 funktionale und sieben nicht-funktionale Nutzeranforderungen abgeleitet und spezifiziert (siehe Abschnitt 3.6). Im Zusammenhang mit

den zuvor genannten Personas und Szenarien können diese als Grundlage genutzt werden, um alternative Gestaltungslösungen für auf diesen Kontext adaptierte Assistive Systeme zu entwickeln (*Dataset Contribution*).

Zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage wurde zunächst ein neues Konzept zur Interaktion durch ein neuartiges, ballförmiges Interaktionsgerät mit der grafischen Mensch-Technik-Schnittstelle eines Assistiven Systems entwickelt. Das Gesamtkonzept besteht aus folgenden Teilaspekten:

- Modellierung des Gesamtsystems bestehend aus verschiedenen, verteilten Systemkomponenten (siehe Abschnitt 4.2) sowie die dazugehörigen Schnittstellen und Datenflüsse (siehe Abschnitt 4.5)
- Entwicklung eines kontextsensitiven, gebrauchstauglichen Interaktionskonzeptes für die Patienten-Anwendung (siehe Abschnitt 4.4)
- Durchführung einer Studie zur Erhebung von Benutzerpräferenzen in Bezug auf mögliche Merkmalsausprägungen des Interaktionsgerätes mit 40 Probanden (siehe Abschnitt 5.1)
- Spezifikation interaktionsbezogener Anforderungen an das Interaktionsgerät (siehe Abschnitt 5.3) auf Basis der Studienergebnisse
- Spezifikation möglicher Interaktionsgesten mit dem Interaktionsgerät (siehe Ende des Abschnitts 5.1)

Bei diesen Ergebnissen handelt es sich um wissenschaftliche Beiträge der Kategorien *empirische Studie* und *Artefakte*.

Anschließend wurden die Modelle und Konzepte gestaltet und umgesetzt:

- Gestaltung und Entwicklung einer Patienten-Anwendung bestehend aus einem neuartigen, menübasierten Auswahlssystem (siehe auch Forschungsfrage 3) und verschiedenen Teil- und Unteranwendungen (siehe Abschnitt 7.1).
- Gestaltung und Entwicklung einer darauf abgestimmten Anwendung für Pflegekräfte zur Konfiguration und Fernsteuerung der Patienten-Anwendung sowie dem Empfang und der Beantwortung von Patientennachrichten (siehe Abschnitt 7.2).
- Realisierung des Gesamtsystems als funktionsfähige Demo-Anwendung (siehe Kapitel 8).

Bei diesen Ergebnissen handelt es sich um wissenschaftliche Beiträge, die dem Bereich *Artefakte* zugeordnet werden können.

Im Anschluss an verschiedene formative Evaluationen einzelner Anwendungsteile wurde eine umfangreiche summative Evaluation des Gesamtsystems durchgeführt:

- Eine systematische Benutzerstudie zur Bewertung der Patienten-Anwendung mit insgesamt 22 älteren Erwachsenen hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit und Gebrauchstauglichkeit (siehe Abschnitt 9.1).
- Eine Experten-Evaluation des in die Patienten-Anwendung integrierten Kompass-Menüs sowie seiner Eigenschaften mit sechs HCI-Professionals auf Grundlage aus der Literatur abgeleiteter Bewertungskriterien (siehe Abschnitt 9.2).

Die dabei entstandenen umfangreichen wissenschaftlichen Erkenntnisse können dem Bereich *empirischer Studien* zugeordnet werden.

Zur Beantwortung der dritten Forschungsfrage wurde eine neuartige Menütechnik mit der Bezeichnung Kompass-Menü entwickelt. Die während der Entwicklung getroffenen Designentscheidungen hinsichtlich der Eigenschaftsausprägungen der Menütechnik wurden anhand einer der Literatur entnommenen Taxonomie für Menüeigenschaften sowie kontextbezogener Einflussfaktoren systematisch beschrieben und diskutiert (siehe Kapitel 6). Bei diesem Ergebnis handelt es sich um einen *Artefaktbeitrag*.

Die Vorgehensweise zur Beantwortung der aufgestellten Forschungsfragen wird im folgenden Abschnitt beschrieben.

1.4 Methodik

Ausschlaggebend für einen erfolgreichen Einsatz des Assistiven Systems ist die Akzeptanz der beteiligten Benutzergruppen, also vorwiegend der Patienten und Pflegekräfte. Um den höchstmöglichen Grad der Anwendbarkeit und auch der Akzeptanz von Patienten zu erreichen, sollte die Anwendung auf die Fähigkeiten und Bedürfnisse dieser Benutzergruppe abgestimmt sein.

Ebenso wichtig ist die Akzeptanz der Pflegekräfte, da diese zum einen die initiale Konfiguration sowie die patientenindividuellen Anpassungen des Systems übernehmen müssen und zum anderen als primärer Kommunikationspartner ebenfalls eine gebrauchstaugliche Interaktion voraussetzen.

Die Akzeptanz dieser Nutzergruppe hängt daher maßgeblich davon ab, ob der erwartete Nutzen mittel- und langfristig diesen zusätzlichen Aufwand bei der Nutzung des Systems überwiegt und ob Alltagsfaktoren, aber auch die Fähigkeiten und Bedürfnisse der Nutzergruppe angemessen adressiert werden. Der Fokus auf die Gebrauchstauglichkeit kann daher als einer der entscheidenden Faktoren für den Erfolg des Systems angesehen werden. Um die Akzeptanz des pflegerischen Fachpersonals zu erreichen, sollte die Integration des Assistiven Systems in bestehende Prozesse und Abläufe folglich von Beginn an mitgedacht und das Personal während der Entwicklung fortwährend mit einbezogen werden.

Konsequenterweise folgte die Entwicklung des Assistiven Gesamtsystems und die in dieser Arbeit vorgestellten Systemteile der Vorgehensweise eines menschenzentrierten Gestaltungsprozesses, welcher auf dem *Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme* nach DIN EN ISO 9241-210 basiert.

Die miteinander verbundenen Gestaltungsaktivitäten sind in vier Teilphasen des kreativen Gesamtprozesses aufgeteilt:

1. Verstehen und Beschreiben des Nutzungskontextes
2. Spezifizieren der Nutzungsanforderungen
3. Erarbeiten von Gestaltungslösungen
4. Evaluieren der Gestaltung

Diese Aktivitäten sind in Abbildung 1 schematisch dargestellt.

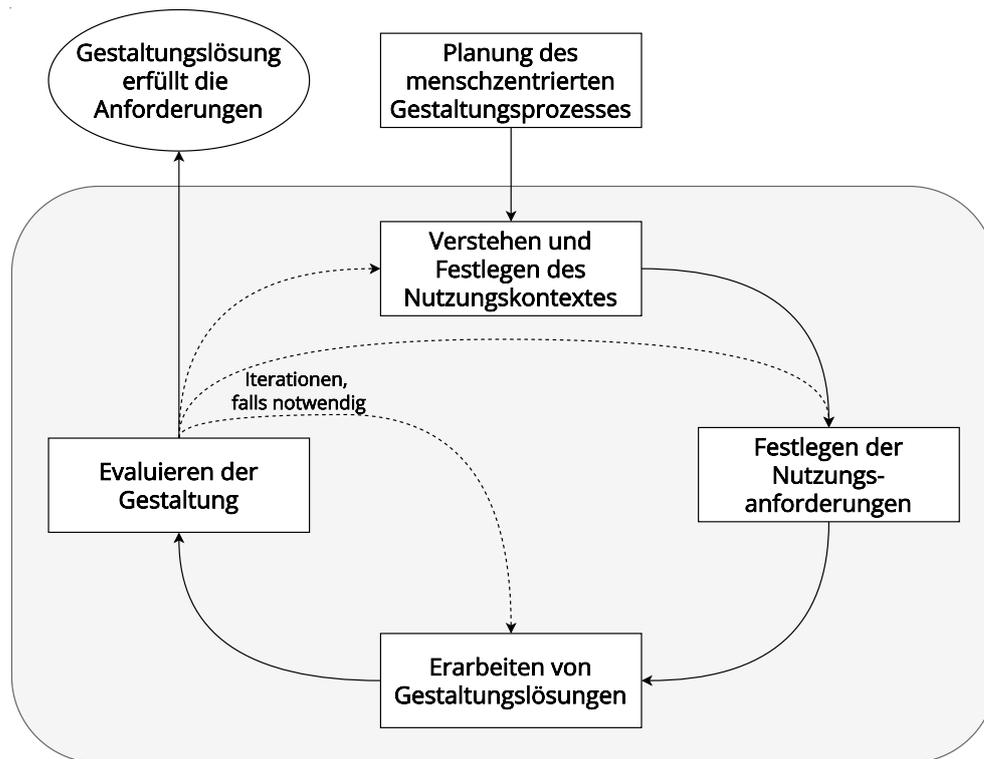


Abbildung 1: Darstellung der an den DIN EN ISO-Prozess [DIN EN ISO 9241-210, 2020] angelehnten Vorgehensweise

Nach einer Planungsphase wird der Nutzungskontext festgelegt und im Team der Entwickler ein eingehendes Verständnis für diesen geschaffen. Das bedeutet, zunächst sind die Charakteristika des Kontextes zu analysieren, indem Aufgaben und Prozesse beteiligter Benutzergruppen sowie weitere relevante Kontextfaktoren untersucht und beschrieben werden. Darauf aufbauend werden aus den Ergebnissen Nutzungsanforderungen abgeleitet und festgelegt.

Davon ausgehend lassen sich Gestaltungslösungen erarbeiten: zunächst in Form einer Modellierung des Gesamtsystems, anschließend immer feingranularer, sowohl bezüglich der Systemfunktionen als auch der Ausgestaltung der Mensch-Technik-Schnittstelle.

Diese Ergebnisse werden dann hinsichtlich der Fragestellung evaluiert, ob sie die Nutzungsanforderungen erfüllen. Ist dies der Fall, endet der Prozess ohne weitere Iterationen. Ansonsten wird das Wissen aus dem Ergebnis der Evaluation genutzt, um die Ergebnisse früherer Phasen zu überarbeiten und die Gestaltungsaktivitäten werden von dort an wiederholt, um sich iterativ dem finalen Lösungsansatz zu nähern.

Der hier beschriebene Prozess wird als *menschzentriert* bezeichnet, da die Zielgruppe in möglichst vielen der beschriebenen Phasen mit eingebunden wird. Die Herausforderung für die vorliegende Arbeit bestand darin, dass die vulnerable Zielgruppe der Weaningpatienten aufgrund ihrer schweren Erkrankungen und der ortsgebundenen, notwendigen medizinischen Versorgung in keiner Phase eine direkte Einbindung in

die Entwicklung erlauben. Äußerst herausfordernd ist dies in Bezug auf die Evaluation der Gestaltungsergebnisse.

1.5 Aufbau der Arbeit

Der Aufbau der Arbeit folgt grundsätzlich den Teilphasen des zuvor beschriebenen Entwicklungsprozesses. Die Aspekte und Ergebnisse des zyklisch und iterativ verlaufenden Prozesses sind dabei in linearisierter Form ausgeführt. In Kapitel 2 werden die für die Arbeit relevanten Grundlagen beschrieben. Dazu zählen die Bereiche Assistive Technologien, Gebrauchstauglichkeit, Mensch-Technik-Schnittstellen sowie grundlegende Aspekte von Eingabe- und Ausgabemethoden. Vervollständigt wird das Kapitel durch Grundlagen zu menübasierten Auswahlssystemen, die insbesondere für die Gestaltung des Assistiven Systems, aber auch für dessen Evaluation und Bewertung relevant sind.

In Kapitel 3 wird der Nutzungskontext beschrieben und analysiert. Dafür werden für den Kontext relevanten Aufgaben und Prozesse (Abschnitt 3.2), die zentralen Benutzerklassen (Abschnitt 3.3) sowie weitere Kontextfaktoren (Abschnitt 3.4) herausgearbeitet. Die im Laufe der Analyse iterativ immer weiter verfeinerten Problem- und Lösungsszenarien werden in Abschnitt 3.5 exemplarisch vorgestellt. Die aus den Ergebnissen abgeleiteten Anforderungen werden in Abschnitt 3.6 vorgestellt.

Von den Analysen ausgehend wird das Gesamtkonzept des Assistiven Systems sowie die sich daraus ergebenden Fragestellungen, Modelle und Teilkonzepte beschrieben (Kapitel 4).

Als eine zentrale Komponente des Assistiven Systems wird das neuartige Interaktionsgerät BIRDY in Kapitel 5 hinsichtlich seiner Anforderungen, Funktionen und Interaktionsmechanismen beschrieben.

Die Menütechnik mit der Bezeichnung Kompass-Menü als die zentrale Innovation dieser Arbeit wird anhand der im Rahmen der Entwicklung getroffenen Designentscheidungen in Kapitel 6 eingeführt, dabei wird auch Bezug auf die für Menüinteraktionen relevanten Einflussfaktoren genommen.

In Kapitel 7 wird die grafische Gestaltung der Systemteile vorgestellt. Zunächst wird in Abschnitt 7.1 die Gestaltung der Patienten-Anwendung anhand ihres Grundgerüsts, der auf die unterschiedlichen Phasen adaptierten Teilanwendungen, ihres inhaltsstrukturellen Aufbaus sowie der verschiedenen Unteranwendungen beschrieben. Als zweite wichtige Komponente wird die Pflegenden-Anwendung charakterisiert (Abschnitt 7.2). Inhalt von Kapitel 8 ist die Realisierung des Gesamtsystems.

In Kapitel 9 werden die beiden im Rahmen der Entwicklung durchgeführten Evaluationen mit älteren Erwachsenen und HCI-Experten vorgestellt, in denen verschiedene Aspekte der Gebrauchstauglichkeit und Anwendbarkeit des Systems untersucht wurden.

Abschließend werden die Ergebnisse dieser Dissertation in Kapitel 10 zusammengeführt und eingeordnet. Auch die Forschungsfragen der Arbeit werden im Rahmen dessen beantwortet. Darauf aufbauend wird ein Ausblick auf mögliche Weiterentwicklungen und zusätzliche Forschungsrichtungen gegeben.

2 Grundlagen

Einleitend wird in diesem Kapitel zur Eingrenzung der grundlegenden Ausrichtung zunächst das Thema Mensch-Technik-Interaktion motiviert. Der für diese Arbeit relevante Anwendungsbereich betrifft *Assistive Technologien*. Im medizinischen Kontext hat die Verwendung Assistiver Technologien aufgrund vieler Einsatzszenarien durch eingeschränkte Nutzer ein hohes Potenzial. Assistive Technologien werden in Abschnitt 2.2 thematisiert.

Ein zentrales Gütekriterium für interaktive Systeme im Allgemeinen und Assistive Systeme im Besonderen ist die Gebrauchstauglichkeit. Diese wird in Abschnitt 2.3 anhand ihrer Teilkomponenten und dem Bezug zum Nutzungskontext eingehend beschrieben. Gebrauchstauglichkeit bezieht sich immer auf Interaktionen zwischen Mensch und Technik über die Mensch-Technik-Schnittstelle. Diese setzt sich aus verschiedenen Komponenten zusammen, die mit der entsprechenden Terminologie in Abschnitt 2.4 beschrieben werden. Um die Grundlagen für die in Kapitel 6 beschriebene Entwicklung der Menütechnik zu legen, werden zunächst die Einflussfaktoren menübasierter Auswahlssysteme betrachtet. Dieser Interaktionsstil wird in Abschnitt 2.5 ausführlich beschrieben.

Maßgeblich beeinflusst werden Mensch-Technik-Schnittstellen durch ihre Ein- und Ausgabe. In Abschnitt 2.6 wird zunächst die Eingabe betrachtet. Einflussfaktoren für die Wahl unterstützter Eingabemöglichkeiten einer Schnittstelle sind deren Modalität, ob sie einem zeiger- oder gestenbasierten Interaktionsparadigma zuzuordnen sind sowie der Grad der Direktheit. Abschließend wird in Abschnitt 2.7 auch die Ausgabe mit dem Fokus auf visuelle, auditive und berührungssensitive Geräte betrachtet.

2.1 Mensch-Technik-Interaktion

Im Kontext der Mensch-Technik-Interaktion (engl. Human Computer Interaction, Kurzform HCI) bezeichnet der Begriff Interaktion eine wechselseitig aufeinander einwirkende Aktion zwischen einem menschlichen Akteur und einem Computersystem über dessen Ein- und Ausgabegeräte. In Abbildung 2 ist diese wechselseitige Interaktion zwischen Mensch und Maschine anhand eines Modells basierend auf der Arbeit von Wickens et al. [2015] dargestellt.

Typischerweise interagieren Menschen über Mensch-Technik-Schnittstellen mit Maschinen, um bestimmte Ziele effizienter zu erreichen. Dies geschieht innerhalb eines bestimmten Nutzungskontextes (vgl. Abschnitt 2.3.2). In der Literatur werden verschiedene Begrifflichkeiten für solche Systeme verwendet, beispielsweise soziotechnische oder interaktive Systeme. Der Begriff *soziotechnische Systeme* geht auf die Anfangszeit der dritten industriellen Revolution zurück. Zentrales Merkmal dieser Systeme ist, dass sie eine komplexe Interaktion zwischen Menschen, Maschinen (im Folgenden zur Vereinfachung Computersysteme oder interaktive Systeme genannt) und den Umgebungsfaktoren des Arbeitssystems beinhalten [Emery & Trist, 1960]. Die Definition *interaktiver Systeme* ist sowohl zeitgemäßer als auch spezifischer, sie beschreibt diese als „Kombination aus Hardware und/oder Software und/oder Dienstleistungen und/oder Menschen, mit denen Benutzer zur Erreichung bestimmter Ziele interagieren“ [DIN EN ISO 9241-11, 2018].

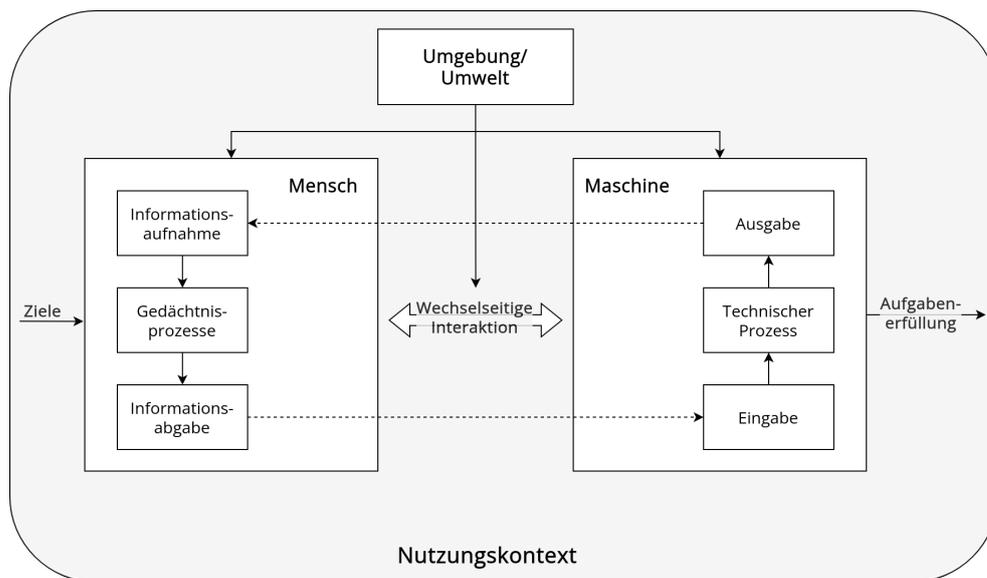


Abbildung 2: Wechselseitige Interaktion zwischen Mensch und Maschine (nach Wickens et al. [2015])

Dix et al. [2003] beschreibt den Begriff Mensch-Computer-Schnittstelle wie folgt: Ein- und Ausgabe bilden zusammen die Schnittstelle, die sich zwischen dem Anwender und dem Computersystem befindet. Mit dem Computersystem werden die für die Erreichung der Ziele notwendigen Aufgaben durchgeführt. Durch menschliche Gedächtnisprozesse werden aus den Zielen eine Reihe notwendiger und passender *Interaktionsaufgaben* spezifiziert. Wickens et al. [2015] beschreiben das Ergebnis der Gedächtnisprozesse als Informationsgabe, die über die Eingabeschnittstelle in den Computer eingegeben wird. Innerhalb des Computersystems werden die eingegebenen Informationen in technischen Prozessen verarbeitet und die Prozessergebnisse über die Ausgabeschnittstelle bereitgestellt. Die menschliche Informationsaufnahme regt auf den erfassten Informationen basierende Gedächtnisprozesse an und der Kreislauf der wechselseitigen Interaktion beginnt von neuem. Mensch, Computersystem und die Interaktion selbst werden durch Faktoren der Umgebung bzw. der Umwelt beeinflusst. Sind die für die Erreichung der Ziele notwendigen Aufgaben erfüllt, endet die Interaktion.

2.2 Assistive Technologie

Wie zuvor beschrieben, unterscheiden sich Computersysteme bzw. interaktive Systeme mit ihren Mensch-Technik-Schnittstellen unter anderem durch die Ziele, zu deren Erreichung sie eingesetzt werden können. Ein für diese Arbeit relevantes Ziel ist die Unterstützung beeinträchtigter Menschen bei der Erledigung alltäglicher Aufgaben und Bedürfnisse. Die dafür eingesetzten interaktiven Systeme lassen sich den *Assistiven Technologien* zuordnen.

Der englische Begriff *assistive technology* wird im deutschsprachigen Raum teilweise als *Assistive Technologie* (AT) direkt übersetzt oder es werden Begriffe wie *Hilfsmittel*

oder *Rehabilitationstechnik* verwendet [Zagler, 2013]. In der DIN EN ISO 9241-171 [2008] wird dieser mit *unterstützende Technik* übersetzt.

King [1999] zufolge *konzentriert sich Assistive Technologie in der Regel auf die besonderen Bedürfnisse von Menschen aller Altersgruppen, die eine Vielzahl von Behinderungen, Einschränkungen und/oder Herausforderungen aufweisen, die ihre Teilhabe am täglichen Leben einschränken, sodass eine besondere Unterstützung in sensorischen, motorischen, kognitiven und/oder sprachlichen Bereichen notwendig wird.*

Weiter gefasst kann Assistive Technologie auch als die *Anwendungen von Wissenschaft, Technik und anderen Disziplinen, die zu Prozessen, Methoden oder Erfindungen führen, die Menschen mit Behinderungen unterstützen* betrachtet werden [Bryant & Bryant, 2011].

Diese Assistiven Technologien werden typischerweise in Low-Tech- und High-Tech-Hilfsmittel kategorisiert [Wendt et al., 2011]. Erstere werden beschrieben als *kostengünstige Geräte, die einfach herzustellen und leicht zu beschaffen sind*. Dazu zählen beispielsweise Headpointer, Bildkommunikationstafeln oder modifiziertes Essgeschirr. High-Tech-Geräte beziehen sich hingegen auf *Geräte, die teuer, schwieriger herzustellen und schwerer zu beschaffen sind*. Beispiele hierfür sind elektrische Rollstühle, sprachgenerierende Geräte oder computerbasierte Lösungen.

Der Begriff *Assistive Technologie* umfasst also selbst in Bezug auf High-Tech-Geräte ein breites Spektrum an Lösungen. Für die in dieser Dissertation beschriebene Assistive Technologie wird daher außerhalb von Zitaten vorrangig der Begriff des *Assistiven Systems* im Sinne eines interaktiven Systems (siehe Abschnitt 2.1) verwendet.

Ein wichtiges Merkmal Assistiver Systeme ist die Gebrauchstauglichkeit. Das ergibt sich beispielsweise aus der in DIN EN ISO 9241-171 [2008] beschriebenen Definition. Der Norm zufolge handelt es sich dabei um „Hardware oder Software, die einem System hinzugefügt oder in dieses integriert wird und die Zugänglichkeit für eine oder mehrere Person(en) verbessert“. Zugänglichkeit wird in der Norm definiert als „Gebrauchstauglichkeit eines Produktes, einer Dienstleistung, einer Umgebung oder einer Einrichtung für eine in Bezug auf ihre Fähigkeiten möglichst weit gefasste Gruppe von Menschen“ [DIN EN ISO 9241-171, 2008]. *Gebrauchstauglichkeit* kann folglich als ein zentrales Gütekriterium Assistiver Systeme betrachtet werden und wird in Abschnitt 2.3 beschrieben.

Die Anwendungsbereiche Assistiver Systeme und Technologien sind vielseitig. Die meistverbreiteten Bereiche sind Unterstützte Kommunikation, angepasste Computergänge, Hör- und Sehhilfen, Umweltkontrolle, angepasste Spiel- und Freizeitgestaltung, Sitzmöbel und Positionierung, (motorisierte) Mobilität sowie Prothetik [Wendt et al., 2011]. Für den vorliegenden Kontext ist insbesondere der Anwendungsbereich der Unterstützten Kommunikation von zentraler Bedeutung.

Unterstützte Kommunikation (deutsche Kurzform UK, engl. *Augmentative and Alternative Communication*, engl. Kurzform AAC) bezeichnet nach Definition der *International Society for Augmentative and Alternative Communication*¹ zum einen den gleichnamigen Forschungsbereich und zum anderen eine Reihe von Instrumenten und Strategien, die von Menschen eingesetzt werden, um alltägliche kommunikative

¹<https://isaac-online.org/english/what-is-aac/> (abgerufen am 05.09.2022)

Herausforderungen zu lösen und effektiv zu kommunizieren. Kommunikation kann dabei viele Formen annehmen: Sprache, Blickkontakt, Text, Gestik, Mimik, Berührung, Zeichensprache, Symbole, Bilder oder auch die Ausgabe spracherzeugender Geräte. Je nach Kontext und Kommunikationspartner nutzen Menschen mehrere Kommunikationsformen, sie kommunizieren somit multimodal. Eine effektive Kommunikation ist dann gegeben, wenn die Absicht und Bedeutung einer Person von einer anderen Person verstanden wird. Die Kommunikationsform oder das -medium sind weniger wichtig als das erfolgreiche Verstehen der Botschaft (effektive Kommunikation).

Die von Unterstützter Kommunikation profitierenden Nutzer können in drei Hauptgruppen eingeteilt werden, die auf ihren individuellen Bedingungen und dem beabsichtigten Verwendungszweck der kommunikativen Hilfe basieren [Simion, 2014]. In ihrem Artikel charakterisieren die Autoren die drei Gruppen wie folgt:

1. Nutzer alternativer Kommunikation haben Schwierigkeiten, sich mitzuteilen, besitzen jedoch ein gut entwickeltes kognitives Verständnis von Sprache und Sprechen.
2. Nutzer unterstützender Kommunikation haben sowohl Schwierigkeiten beim Verständnis von Sprache als auch beim Sprechen. Um Geräte der Unterstützten Kommunikation benutzen zu können, benötigt diese Nutzergruppe Hilfe bei der Reorganisation ihrer Umgebung mittels für sie verständliche Bezeichnungen und Symbole, um eine Kommunikationssprache zu bilden.
3. Temporäre Nutzer benötigen die Unterstützte Kommunikation für einen begrenzten Zeitraum. Zu dieser Kategorie gehören vor allem Kinder mit Entwicklungsstörungen und Erwachsene, die nach einem chirurgischen Eingriff vorübergehend Sprachunterstützung benötigen.

Das in dieser Arbeit beschriebene Assistive System ist auf die dritte Gruppe ausgerichtet und dabei insbesondere auf erwachsene Anwender, welche entsprechend für die Dauer der Beatmung ein solches System nutzen.

Interaktive Systeme zur Unterstützung der Kommunikation verwenden oft spracherzeugende Funktionen (engl. *text-to-speech*), um digitalen Text in gesprochene Sprache umzuwandeln [King, 1999]. Im deutschsprachigen Raum werden diese Geräte als Sprachausgabegeräte bzw. elektronische Kommunikations- oder Ansteuerungshilfen² (engl. *speech-generating devices*, SGD) bezeichnet. Typischerweise werden in High-Tech-Sprachausgabegeräten unterschiedliche Formen der Texteingabe oder zur Auswahl vordefinierter Phrasen genutzt. Dazu werden häufig menübasierte Auswahl-systeme auf Touch-Interaktionsgeräten (meist in Tablet-Größe) in Form von Apps eingesetzt, welche die kommunikative Auswahl vordefinierten Vokabulars und Phrasen ermöglichen, die anschließend mittels Computerstimmen ausgegeben werden [Neimy & Fossett, 2022]. Exemplarisch lassen sich hier die Systeme des Marktführers *tobiidynavox* anführen, die neben der Touch-Eingabe auch mittels integrierter Blicksteuerung bedient werden können und deren individuelle Software die hierarchisch angeordneten Kommunikationsthemen in einem rasterförmigen Menü-Layout angeordnet darstellt³.

²<https://www.gesellschaft-uk.org/ueber-uk/lexikon-der-uk.html#elektronische-kommunikationshilfen> (abgerufen am 04.04.2023)

³<https://de.tobiidynavox.com/pages/i-series> (abgerufen am 04.04.2023)

Weitere ähnliche Systeme sind *Proloquo2Go*⁴, *TouchChat*⁵ oder *Speak for Yourself*⁶. Eine zentrale Gemeinsamkeit dieser Systeme ist die Anordnung der Elemente in einem Raster- bzw. Gridmenü. In der Literatur konnte keine Begründung für die Wahl dieses Layouts gefunden werden, es liegt jedoch die Vermutung nahe, dass das ursprüngliche Layout der rechteckigen Displayform nachempfunden und dabei auf Platzeffizienz optimiert ist.

Wird die Wahl charakteristischer Eingabemodalitäten betrachtet, die in Assistiven Systemen eingesetzt werden, sind diese individuell abhängig von den medizinischen Konditionen und individuellen Fähigkeiten der Anwender zu wählen. Grundsätzlich lassen sich Eingaben durch verschiedene Methoden zur Erkennung menschlicher Signale tätigen, die durch Körperbewegungen, Atmung, Phonation oder Gehirnaktivitäten erzeugt werden [Cook & Polgar, 2014]. Elsahar et al. [2019] haben in einer systematischen Übersichtsarbeit unter technologischen Gesichtspunkten die Entwicklungen von High-Tech-Systemen aus dem Bereich der Unterstützten Kommunikation miteinander verglichen. In ihrer Arbeit geben die Autoren einen Gesamtüberblick über die Eingabemodalitäten aktueller Systeme und stellen zudem Stärken und Limitationen dar. Details der Arbeit werden in Abschnitt 2.6 gesondert aufgegriffen. Die Autoren kommen in ihrem Artikel zu dem Schluss, dass im Rahmen neuer Entwicklungen die Limitationen der bestehenden Technologien berücksichtigt werden sollten. Insbesondere die Faktoren Bezahlbarkeit, steigende Komplexität und die Adaptierbarkeit auf spezielle Bedürfnisse und Anforderungen sollten adressiert werden [Elsahar et al., 2019]. Die Effektivität bestehender Ansätze wurde in diversen systematischen Übersichtsarbeiten für unterschiedliche Kontexte untersucht [Baxter et al., 2012a,b, Lorah et al., 2015]. Auf bestehende Ansätze Assistiver Systeme im Weaning-Kontext wird in Abschnitt 3.4.2 der Arbeit vertieft eingegangen, nachdem die charakteristischen Merkmale der Nutzergruppe und des Kontextes beschrieben wurden.

Zusammenfassend lassen sich Assistive Systeme als solche beschreiben, die ihre Nutzer bei der Teilhabe am täglichen Lebensalltag unterstützen und ihnen Zugänglichkeit zum gesellschaftlichen Leben ermöglichen. Die Technologien lassen sich in verschiedene Kategorien einteilen. Eine für diese Arbeit zentrale Kategorie ist die Unterstützte Kommunikation, ein Bereich mit den Zielen, kommunikative Herausforderungen zu lösen und den Anwendern eine effektive Kommunikation mit ihrem Umfeld zu ermöglichen. Die adressierte Zielgruppe erwachsener beatmeter Intensivpatienten lässt sich in die Kategorie der temporären Nutzer Unterstützter Kommunikation einordnen. Oft werden Sprachausgabegeräte eingesetzt, die per Touchscreen die Auswahl vordefinierter Begriffe und Phrasen ermöglichen. Je nach Situation und Fähigkeiten der Anwender werden auch alternative Eingabemethoden genutzt. Ein wichtiges Gütekriterium für die Zugänglichkeit bezüglich einer Interaktion mit Assistiven Systemen ist dabei die Gebrauchstauglichkeit.

⁴<https://www.assistiveware.com/products/proloquo2go> (abgerufen am 04.04.2023)

⁵<https://touchchatapp.com> (abgerufen am 04.04.2023)

⁶<https://apps.apple.com/us/app/speak-for-yourself/id482508198> (abgerufen am 04.04.2023)

2.3 Gebrauchstauglichkeit

In diesem Abschnitt wird das Konstrukt der Gebrauchstauglichkeit definiert und seine Komponenten sowie der Bezug zum Nutzungskontext beschrieben.

In der DIN EN ISO 9241-11 [2018] ist die Gebrauchstauglichkeit definiert als „das Ausmaß, in dem ein System, ein Produkt oder eine Dienstleistung⁷ durch bestimmte Benutzer genutzt werden kann, um in einem bestimmten Nutzungskontext bestimmte Ziele effektiv, effizient und zufriedenstellend zu erreichen“.

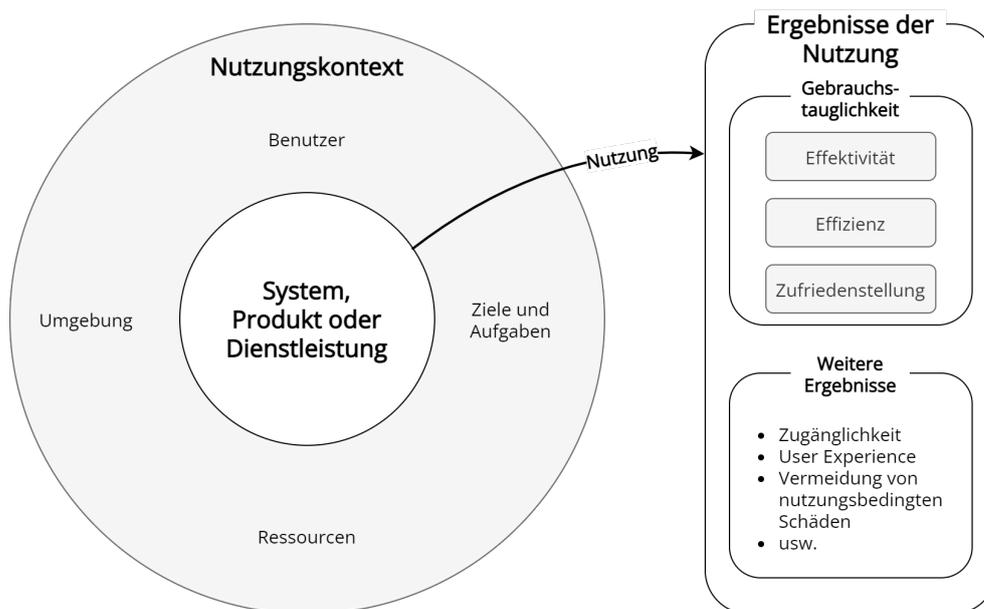


Abbildung 3: Gebrauchstauglichkeit als Ergebnis der Nutzung eines Systems, eines Produkts oder einer Dienstleistung in einem bestimmten Nutzungskontext (nach DIN EN ISO 9241-11 [2018])

Das Konzept der Gebrauchstauglichkeit eines Systems ist in Abbildung 3 modellhaft dargestellt. Das System ist Teil eines bestimmten Nutzungskontextes, der zusätzlich aus den Benutzern, den Zielen und Aufgaben, den Ressourcen und der Umgebung besteht. Die sich aus Effektivität, Effizienz und Zufriedenstellung zusammensetzende Gebrauchstauglichkeit wird als ein Ergebnis der Nutzung – also der Interaktion des Benutzers mit dem System – angestrebt. Darüber hinaus gibt es weitere Ergebnisse der Nutzung, die Barrierefreiheit, User Experience und Vermeidung nutzungsbedingter Schäden umfassen [DIN EN ISO 9241-11, 2018]. Barrierefreiheit ist der Umfang, in dem Produkte, Systeme, Dienstleistungen, Umgebungen und Einrichtungen durch Menschen aus einer Bevölkerungsgruppe mit den weitesten Benutzererfordernissen, Merkmalen und Fähigkeiten genutzt werden können, um identifizierte Ziele in identifizierten Nutzungskontexten zu erreichen [DIN EN ISO 9241-11, 2018]. User Experience ist die Wahrnehmungen und Reaktionen des Benutzers, die aus der tatsächlichen und/oder der erwarteten Benutzung eines Systems resultieren. User Experience bezieht sich im Wesentlichen auf die Natur dieser Reaktionen vor, während und nach der Nutzung [DIN EN ISO 9241-11, 2018].

⁷Im Folgenden wird dies nicht mehr explizit getrennt, sondern vereinfacht als System dargestellt. Dabei kann es sich jedoch auch um ein Produkt oder eine Dienstleistung handeln.

Das Ausmaß, in dem Gebrauchstauglichkeit erreicht wird, ist somit von den Merkmalen des Nutzungskontextes abhängig: der Gestaltung des Systems, den Benutzern, ihren Zielen und Aufgaben, der Nutzungsumgebung sowie den Ressourcen [DIN EN ISO 9241-11, 2018]. Gebrauchstauglichkeit bezieht sich damit auf die jeweilige Kombination aus Benutzern, Zielen und anderen Aspekten des Nutzungskontextes, die sich aus der intendierten Nutzung eines Systems ergibt [DIN EN ISO 9241-11, 2018].

2.3.1 Komponenten der Gebrauchstauglichkeit

Gebrauchstauglichkeit setzt sich aus den Komponenten Effektivität, Effizienz und Zufriedenstellung zusammen, die jeweils aus spezifischeren Teilkomponenten bestehen. Diese werden nach der DIN EN ISO 9241-11 [2018] wie folgt beschrieben.

Effektivität ist die Genauigkeit und Vollständigkeit, mit denen Benutzer bestimmte Ziele erreichen. Genauigkeit ist dabei der Grad der Übereinstimmung eines tatsächlichen mit einem angestrebten Ergebnis. In einigen Fällen richtet sich Genauigkeit danach, ob ein Ergebnis korrekt ist oder nicht, in anderen richtet sie sich nach der Erreichung eines akzeptablen Grads der Übereinstimmung mit den angestrebten Ergebnissen. Vollständigkeit ist das Ausmaß, in dem die Benutzer des Systems in der Lage sind, alle angestrebten Ergebnisse zu erreichen. Dabei ist es möglich, dass die Ergebnisse vollständig sind, ohne dass alle Ergebnisse vollkommen genau sind. [DIN EN ISO 9241-11, 2018]

Effizienz bezeichnet die im Verhältnis zu den erreichten Ergebnissen eingesetzten Ressourcen. Diese Ressourcen umfassen Zeit, menschlichen Aufwand, Geld und Materialien. Sie werden im Nutzungskontext als sich verbrauchende Ressourcen betrachtet. Die Nutzung eines Systems kann durch den Einsatz nur weniger Ressourcen effizient sein, jedoch möglicherweise nicht effektiv bezüglich der Erreichung der angestrebten Ergebnisse. Oder sie kann in hohem Maße effektiv in der Erreichung der Ergebnisse sein, aber ineffizient durch einen hohen Ressourcenverbrauch. Was Effizienz ausmacht, hängt von den Zielen ab, für die die Gebrauchstauglichkeit betrachtet wird. [DIN EN ISO 9241-11, 2018]

Zufriedenstellung ist das Ausmaß, in dem die physischen, kognitiven und emotionalen Reaktionen des Benutzers, die aus der Benutzung eines Systems resultieren, in Übereinstimmung mit den Benutzererfordernissen und Benutzererwartungen sind. Die Komponenten der Zufriedenstellung, die von Bedeutung sind, hängen von den Gründen ab, aus denen die Gebrauchstauglichkeit betrachtet wird. So zählen Gefühle des Wohlbefindens oder Unbehagens als physische Einstellungen, Vorlieben und Wahrnehmungen als kognitive und emotionale Reaktionen die affektiven Komponenten der Zufriedenstellung. Ein Benutzer kann unabhängig von der Zufriedenstellung effizient sein, oder er kann unabhängig von seiner Effizienz zufrieden sein. [DIN EN ISO 9241-11, 2018]

2.3.2 Nutzungskontext

Der Nutzungskontext umfasst eine Kombination von Benutzern, Zielen, Aufgaben, Ressourcen sowie der technischen, physischen, sozialen, kulturellen, organisatorischen und sozialen Umgebungen, in der ein System genutzt wird [DIN EN ISO 9241-11,

2018]. Die sich aus der Systemnutzung ergebende Gebrauchstauglichkeit hängt von den jeweiligen Merkmalen jedes dieser Komponenten ab. Die Benutzer, für die die Gebrauchstauglichkeit betrachtet wird, können Personen sein, die mit unterschiedlichen Teilen eines identifizierten Betrachtungsgegenstands interagieren. Dazu zählen zum Beispiel Personen, die das System bedienen, solche die mit dessen Output interagieren, an dessen Erzeugung jedoch nicht beteiligt sind oder Personen, die dessen fortlaufenden Betrieb unterstützen oder unterhalten. Benutzer werden üblicherweise in Gruppen unterteilt, basierend auf ihren unterschiedlichen Bedürfnissen, Zielen, Aufgaben, Rollen und Umgebungen, in der sie den Betrachtungsgegenstand nutzen, oder bezüglich ihrer Merkmale, physiologischer oder psychologischer Fähigkeiten und Zustände oder anderem Ursprung ihrer individuellen Unterschiede [DIN EN ISO 9241-11, 2018].

Der Nutzungskontext ist eine wesentliche Informationsquelle für die Festlegung von Anforderungen und ist somit zentral für den Entwicklungs- und Gestaltungsprozess [DIN EN ISO 9241-210, 2020]. Das *Verstehen und Beschreiben des Nutzungskontextes* ist folglich eine wichtige Aktivität in Gestaltungsprozessen, insbesondere auch im Prozess nach DIN EN ISO 9241-210 [2020]. In Kapitel 3 wird der Nutzungskontext des im Rahmen der Arbeit entwickelten Assistiven Systems eingehend analysiert.

2.4 Mensch-Technik-Schnittstelle

Bislang wurde die Interaktion auf einem Abstraktionsgrad beschrieben, auf dem das technische System als Ganzes betrachtet wurde. Zentral für die Interaktion und folglich auch für die Gebrauchstauglichkeit ist insbesondere die Mensch-Technik-Schnittstelle, deren Eigenschaften die Interaktion maßgeblich beeinflussen.

Der Begriff Mensch-Technik-Schnittstelle (auch Mensch-Maschine-, Benutzer- oder Benutzungsschnittstelle genannt) bezeichnet die „Gesamtheit der Bestandteile eines interaktiven Systems, welche Informationen und Steuerelemente zur Verfügung stellen, die für den Benutzer notwendig sind, um eine bestimmte Aufgabe mit dem interaktiven System zu erledigen“ [DIN EN ISO 9241-110, 2020]. Das umfasst die Bedienoberfläche mit ihren Eingabemöglichkeiten durch den Benutzer und den Ausgabemöglichkeiten auf den Ausgabegeräten zusammen mit den Regeln zu ihrer Nutzung. Die Ausführung von Aufgaben mit einem interaktiven System ist von unterschiedlichen Interaktionsschritten bzw. -aufgaben geprägt. Der Begriff Interaktionsaufgaben beschreibt nach Foley et al. [1990] bestimmte Aktionen wie die Auswahl und Transformation von Objekten, die Eingabe von Text oder von numerischen Werten [Preim & Dachsel, 2010]. Diese Interaktionsaufgaben können auf unterschiedliche Weise durchgeführt werden, abhängig von den Optionen der im jeweiligen Computersystem verwendeten Mensch-Technik-Schnittstelle mit den genutzten Ein- und Ausgaben.

Dies ist an dieser Stelle bewusst vage formuliert, denn die Begrifflichkeiten in der Literatur sind nicht eindeutig. Vier HCI-Grundlagen-Standardwerke (*Interaction design: beyond human-computer interaction* von Preece et al. [2019], *Human-Computer Interaction* von Dix et al. [2003], *Human Computer Interaction Handbook* von Hinkley & Wigdor [2012] und *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction* von Shneiderman et al. [2016]) bieten kein kohärentes Verständnis der Terminologie zur Diskussion von Mensch-Technik-Schnittstellen

[Stigberg, 2020]. Während Preece et al. [2019] Begriffe wie Interaktionstyp (*interaction type*) und Interaktionsschnittstelle (*interaction interface*) verwendet, nutzen Shneiderman et al. [2016] und Dix et al. [2003] stattdessen den Begriff Interaktionsstil (*interaction style*). Weiterhin werden verschiedene Konzepte wie Interaktionsparadigma (*interaction paradigm*) in allen Büchern unterschiedlich definiert.

Stigberg [2020] hat in ihrem Artikel die definitorischen Zusammenhänge aufgearbeitet und auf dieser Basis ein Modell zur Beschreibung von Mensch-Technik-Schnittstellen mittels fünf Kernkonzepten erstellt.

In diesem Modell (siehe Abbildung 4) wird als zentraler Aspekt ein Schnittstellen-Paradigma definiert. Dieses umfasst eine Reihe an Interaktionstechniken. Weiterhin erfordert es eine Schnittstellen-Plattform, welche aus einer Kombination von Schnittstellen-Geräten besteht. Auf der anderen Seite implementiert ein Schnittstellen-Paradigma einen Interaktionsstil [Stigberg, 2020].

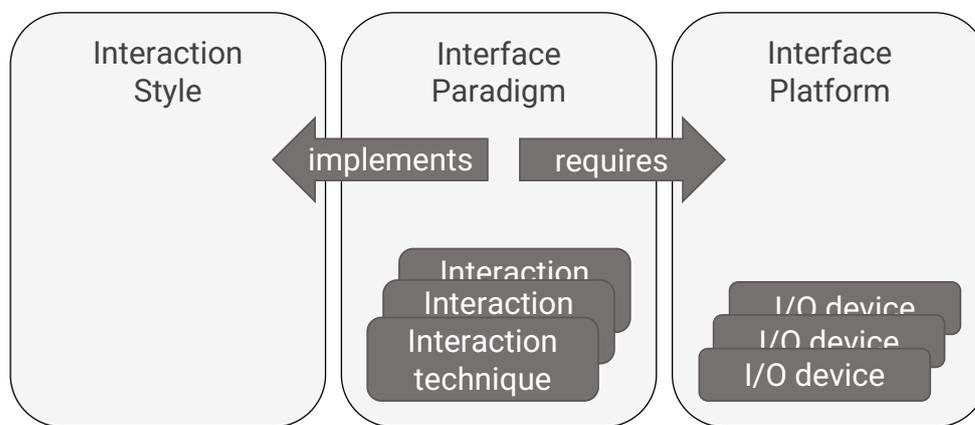


Abbildung 4: Das von Stigberg [2020] aufgestellte Schnittstellen-Modell bestehend aus fünf Kernkonzepten zur Beschreibung von Mensch-Technik-Schnittstellen: Schnittstellen-Paradigma (*interface paradigm*), Interaktionstechnik (*interaction technique*), Schnittstellen-Plattform (*interface platform*), Ein-/Ausgabegerät (*I/O device*), Interaktionsstil (*interaction style*)

Das Modell fügt die bestehenden Konzepte schlüssig zusammen und bietet eine geeignete Grundlage für die Forschungsarbeiten, die im Rahmen dieser Arbeit beschrieben werden. Im Folgenden wird es als Basis für die betreffende Terminologie verwendet. Die einzelnen Begrifflichkeiten werden (dem Artikel von Stigberg [2020] entsprechend) im Folgenden beschrieben.

2.4.1 Schnittstellen-Paradigmen und Interaktionstechniken

In der Literatur finden sich in Bezug auf Mensch-Technik-Schnittstellen unterschiedliche Definitionen für den Begriff Paradigma. Preece et al. [2019] definieren ein Paradigma als den „allgemeinen Ansatz einer Gemeinschaft für die Durchführung von Forschungsarbeiten mit gemeinsamen Annahmen, Konzepten, Werten und Praktiken“. Dix et al. [2003] verwenden den Begriff als Beispiel effektiver Strategien für die Entwicklung interaktiver Systeme. Stigberg [2020] orientiert sich an beiden und definiert das Schnittstellen-Paradigma als ein Konzept zur Beschreibung gängiger Arten von

Mensch-Technik-Schnittstellen (einschließlich der dazugehörigen Theorien, Prinzipien und Richtlinien), welches sich sowohl in der Forschung als auch in der Praxis etabliert hat.

In der Literatur werden verschiedene Arten von Mensch-Technik-Schnittstellen beschrieben: Befehlszeilenschnittstellen (command line interfaces, CLI) [Norman, 2007], grafische Mensch-Technik-Schnittstellen (graphical user interfaces, GUIs), natürliche Mensch-Technik-Schnittstellen (natural user interfaces, NUI) [Wigdor & Wixon, 2011], mobile Mensch-Technik-Schnittstellen (mobile user interface, mobile UI) [Neil, 2014], begreifbare Mensch-Technik-Schnittstellen (tangible user interface, TUI) [Ishii & Ullmer, 1997], tragbare Mensch-Technik-Schnittstellen (wearable user interfaces, WUI) [Witt et al., 2007] oder sprachgesteuerte Mensch-Technik-Schnittstellen (voice user interface, VUI) [Cohen et al., 2004]. Stigberg [2020] beschreibt diese Liste als nicht vollständig, sondern nutzt sie, um die Vielfältigkeit von Mensch-Technik-Schnittstellen innerhalb der HCI-Community aufzuzeigen. Appert [2017] argumentiert beispielsweise für eine notwendige Transformation von Direkter Manipulation hin zu Gesten und nutzt für die Schnittstellen die Begriffe zeigerbasierte und gestenbasierte Mensch-Technik-Schnittstellen (*point-based and gesture-based interfaces*).

Eine *Interaktionstechnik* ist eine Methode zur Verwendung eines physischen Eingabegeräts, um eine generische Aufgabe in einem Mensch-Computer-Dialog zu erfüllen [Kaptelinin & Czerwinski, 2007]. Hinckley & Wigdor [2012] beschreiben Interaktionstechniken als die Verschmelzung von Eingabe und Ausgabe (bestehend aus allen Hardware- und Softwareelementen), die dem Benutzer eine Möglichkeit bietet, bestimmte Aufgaben unter Berücksichtigung eines bestimmten konzeptionellen Modells zu bewältigen.

Viele der oben genannten Schnittstellen-Paradigmen bestehen aus einer Reihe von Interaktionstechniken. Diese Paradigmen bezeichnen eine Sammlung von Möglichkeiten zur Durchführung von Interaktionsaufgaben. Auf dem Interaktionsstil WIMP (Abkürzung für Windows, Icons, Menus, Pointers; Details siehe Abschnitt 2.4.3) basierende GUIs bestehen unter anderem aus den Interaktionstechniken *Drag-and-Drop* zum Verschieben von Objekten sowie Einfach- und Mehrfachklick zur Auswahl. Für die stark auf Touchscreens ausgerichteten mobilen Mensch-Technik-Schnittstellen sind Touch-Gesten wie *Swipe* zum Scrollen oder *Pinch-to-Zoom* zum stufenlosen Heran- und Herauszoomen.

Eine hervorzuhebende Form von Interaktionstechniken findet sich in menübasierten Auswahlssystemen. Ermöglichen Interaktionstechniken beispielsweise die Navigation und die Auswahl von Befehlen innerhalb eines solchen Systems, werden diese als Menütechniken bezeichnet [Appert et al., 2004]. Geläufige Menütechniken sind unter anderem hierarchische Menüs, Kontextmenüs oder Menüleisten. Menütechniken bilden ein zentrales Thema dieser Arbeit und werden in Abschnitt 2.5 erneut aufgegriffen.

2.4.2 Schnittstellen-Plattformen

Schnittstellen-Paradigmen erfordern immer eine Schnittstellen-Plattform mit den dazugehörigen Ein- und Ausgabegeräten. Eine Schnittstellen-Plattform beschreibt eine Kombination von Eingabe- und Ausgabegeräten wie Desktop, Mobile, Wearable, Tangible oder Ambient Computer. Damit sagt der Begriff etwas über die physischen Objekte

aus, mit denen interagiert wird [Stigberg, 2020]. Stigberg [2020] führt dazu einige Beispiele und Beschreibungen auf. Für Desktop-Schnittstellen lässt sich beispielsweise annehmen, dass ein Bildschirm als Ausgabegerät und eine Maus-Tastatur-Kombination als Eingabegerät zur Verfügung steht. Anwendungen für mobile Plattformen stützen sich auf einen Touchscreen als Interaktionsgerät und eine Reihe zusätzlicher Sensoren wie Mikrofon, GPS oder Kamera. Andere Plattformen wie Tangibles oder Wearables sind allgemeiner definiert. Eine Tangible-Plattform erfordert in der Regel physische Objekte, die digitale Informationen enthalten oder repräsentieren und deren Form und Platz physisch manipuliert werden können, um diese Informationen zu verwalten. Eine Wearable-Plattform impliziert, dass die Eingabe- und Ausgabegeräte so klein sind, sodass sie am Körper getragen werden können. Ambient-Plattformen sind definiert als in die Umgebung des Benutzers integrierte Eingabe- und Ausgabegeräte.

Weiterhin erfordern unterschiedliche Schnittstellen-Paradigmen verschiedene Plattformen [Stigberg, 2020]. Eine klassische GUI erfordert beispielsweise eine Desktop-Plattform, während mobile Mensch-Technik-Schnittstellen auf mobile Plattformen adaptiert sind. Durch die Verknüpfung von Schnittstellen-Plattform und Schnittstellen-Paradigma erhalten wir einen Überblick über gängige Benutzerschnittstellen und Interaktionsstile für bestimmte Hardware-Umgebungen. Diese Informationen können Designer bei der Auswahl eines geeigneten Schnittstellen-Paradigmas für eine bestimmte Plattform und einen bevorzugten Interaktionsstil nutzen.

2.4.3 Interaktionsstile

Neben der Plattform ist in dem oben beschriebenen Modell der Interaktionsstil eine weitere wichtige Komponente von Schnittstellen-Paradigmen. In der Literatur werden zwei verschiedene Konzepte beschrieben, wie Nutzer im Allgemeinen mit Computersystemen interagieren. Zu dieser Interaktion gehören sowohl Konventionen, bekannte Objekte als auch Metaphern. Diese können dazu beitragen, den Lernaufwand der Benutzer zu reduzieren und ihnen eine schnelle produktive Nutzung zu ermöglichen. Einige Autoren nutzen den Begriff Interaktionstypen [Preece et al., 2019], während andere den Begriff Interaktionsstile [Dix et al., 2003, Shneiderman et al., 2016] verwenden. Letzterer scheint sich auch in der Community durchgesetzt⁸ zu haben und wird daher auch von Stigberg [2020] in ihrem Modell verwendet.

Die oben genannten Autoren schlagen fünf zentrale Interaktionsstile vor, die alle aus der Desktop-Metapher entstammen: befehlsbasierte und natürliche Sprache, Direkte Manipulation, Abfragedialoge und Formulareingabe sowie menübasierte Auswahlssysteme. Diese werden im Folgenden überblicksweise beschrieben.

Menschen nutzen ihre sprachlichen Fähigkeiten für Kommunikation und Problemlösung, einschließlich verbal- und schriftsprachlicher Kommunikation sowie Körpersprache. Die sprachbasierte Interaktion mit ihren beiden Interaktionsstilen *befehlsbasierte* und *natürliche Sprache* baut auf diesen Fähigkeiten auf. Der befehlsbasierte Sprach-Interaktionsstil setzt voraus, dass der Benutzer die zugrundeliegende Kommandosprache erlernt, um eine Anwendung steuern zu können. Dieser Stil ist für Experten besser geeignet als für Novizen (Erläuterung siehe Seite 24), da er keine Hinweise

⁸<https://www.interaction-design.org/literature/book/the-glossary-of-human-computer-interaction/interaction-styles> (abgerufen am 27.06.2022)

auf notwendige Befehle bietet [Dix et al., 2003]. Sprachgesteuerte Mensch-Technik-Schnittstellen wie Siri oder das entsprechende Gegenstück von Google basieren ebenfalls auf Sprachbefehlen, sind jedoch toleranter gegenüber sprachlichen Variationen und weisen ansatzweise die Flexibilität natürlicher Sprache auf [Norman, 2007].

Natürliche Sprache wird im HCI-Kontext typischerweise durch geschriebene oder gesprochene Eingabe verwendet, um einen natürlichen Dialog zwischen Mensch und Computer zu ermöglichen. Die Interaktion mittels getippter natürlicher Sprache erfordert eine Tastatur, während die akustische Spracheingabe eine anspruchsvollere Erkennung erfordert, um das Signal zu zerlegen und zu interpretieren. Diese Interpretation kann durch Unklarheiten in der Satzstruktur und Bedeutung von Wörtern erschwert werden [Dix et al., 2003], was durch die Verwendung von Auto-Complete-Systemen adressiert werden kann [Preim & Dachselt, 2010]. Trotz der Herausforderungen bleibt natürliche Sprache ein attraktiver Interaktionsstil aufgrund seiner Flexibilität und Kreativität im Ausdruck.

Die Direkte Manipulation (DM) nutzt geeignete grafische Repräsentationen [Preim & Dachselt, 2010], um eine Interaktion in der „realen Welt“ zu ermöglichen. Hierbei orientiert sich die Direkte Manipulation an den Fähigkeiten und Fertigkeiten der Benutzer und ermöglicht die Aktivierung von Kommandos durch physisches Zeigen und Bewegen. Die Direkte Manipulation liefert unmittelbares Feedback und setzt Affordanzen korrekt ein. Shneiderman et al. [2016] benennen drei Prinzipien der Direkten Manipulation: die kontinuierliche Darstellung von Objekten und Aktionen, physische Aktionen und Tastendruck statt komplexer Syntax sowie schnelle, inkrementelle, umkehrbare Aktionen mit sofortiger Rückmeldung. Dabei unterscheiden Shneiderman et al. [2016] zwischen Schnittstellen mit schwacher direkter Manipulation (beispielsweise klassische Desktop-Schnittstellen oder frühe Videospiele) bis zu solchen mit starker direkter Manipulation (beispielsweise begreifbare Mensch-Technik-Schnittstellen oder Virtual-Reality-Anwendungen). Historisch gesehen sind *Direkte Manipulation* und das Schnittstellen-Paradigma *GUI* eng miteinander verknüpft, aber auch *mobile UI* und *TUI* implementieren diesen Interaktionsstil [Stigberg, 2020].

Abfragedialoge sind simple Mechanismen zur Generierung von Eingaben in spezifischen Domänen [Dix et al., 2003]. Benutzer beantworten eine Reihe an Fragen (typischerweise Ja/Nein-Antworten, Multiple Choice oder spezielle Codes) und werden schrittweise durch die Interaktion geführt. Dieser Interaktionsstil ist sowohl einfach benutzbar als auch erlernbar, jedoch limitiert im Funktionsumfang und in der Mächtigkeit. Abfragedialoge eignen sich insbesondere für Bereiche mit beschränktem Funktionsumfang (beispielsweise Informationssysteme) sowie für Novizen oder Gelegenheitsbenutzer [Dix et al., 2003]. Schnittstellen zur Formulareingabe werden primär für die Dateneingabe verwendet, können aber auch für Anwendungen zur Datenabfrage nützlich sein [Dix et al., 2003]. Der Benutzer arbeitet sich durch das Formular und gibt die entsprechenden Werte ein. Die Daten werden dann an der richtigen Stelle in die Anwendung eingegeben. Die meisten Schnittstellen zum Ausfüllen von Formularen ermöglichen eine einfache Bewegung durch das Formular und erlauben es, optionale Felder leer zu lassen. Typischerweise werden in bestimmten Eingabefeldern nur bestimmte Eingaben zugelassen. Beispielsweise können in einem Feld für Altersangaben nur numerische Werte eingetragen werden. Eine Variante von Formulareingaben sind Tabellenkalkulationen (Spreadsheets).

In menübasierte Auswahlssystemen (oft auch nur Menüs genannt) werden die den Benutzern zur Verfügung stehenden Befehle bzw. Optionen auf dem Bildschirm angezeigt und mit der Maus oder einer Taste selektiert und ausgewählt. Sichtbare Optionen stellen geringere Anforderungen an den Benutzer, da sie eher erkannt als aus dem Gedächtnis abgerufen werden müssen. Allerdings müssen die Menüoptionen weiterhin sinnvoll und logisch gruppiert sein, um die Erkennung zu erleichtern [Dix et al., 2003]. Typischerweise sind Menüs hierarchisch geordnet und die zu wählende Option ist auf der obersten Ebene der Hierarchie. Die Gruppierung und Benennung der Menüpunkte sind dabei die einzigen Anhaltspunkte für den Benutzer, um den gewünschten Punkt zu finden. Klassische Menüformen sind entweder rein textbasiert oder sie haben eine grafische Komponente, bei der das Menü in einem rechteckigen Feld erscheint. Die Auswahl erfolgt durch Eingabe des Anfangsbuchstabens der gewünschten Option, durch Eingabe der zugehörigen Zahl oder durch Bewegen im Menü mit den Pfeiltasten [Dix et al., 2003].

Viele der heutigen interaktiven Desktop-Systeme (beispielsweise die Betriebssysteme Windows und macOS) setzen auf den zugrundeliegenden Interaktionsstil WIMP. Fenster (Windows) beinhalten einzelne Teilanwendungen und lassen sich öffnen und schließen, verschieben, in der Größe anpassen und scrollen (falls sich nicht alle Elemente anzeigen lassen). Grafische Icons repräsentieren Anwendungen, Objekte, Befehle oder Werkzeuge, die sich auswählen und öffnen lassen. Neben Menüs umfasst WIMP einen Zeiger (Pointer), der typischerweise mit einer Computermaus gesteuert wird. Mit diesem kann der Benutzer mit den Fenstern, Icons und Menüs interagieren [Dix et al., 2003]. Durch die weite Verbreitung von WIMP werden Menüs standardmäßig in vielen modernen Anwendungen und Betriebssystemen eingesetzt.

Von den zuvor beschriebenen Interaktionsstilen eignen sich insbesondere menübasierte Auswahlssysteme für die vorliegende Arbeit. Gerade aufgrund ihrer weiten Verbreitung in Computersystemen sowie insbesondere in Assistiven Systemen aus dem Bereich der *Unterstützten Kommunikation* (siehe Abschnitt 2.2) sind diese geeignet. Für menübasierte Auswahlssysteme haben sich Konventionen etabliert, die einen leichten Einstieg in die Grundfunktionen neuer Instanzen ermöglichen. Werden diese konsequent umgesetzt, kann ein hoher Grad an Erwartungskonformität erreicht werden. Ein weiterer positiver Aspekt ist, dass der Interaktionsstil im Falle hierarchischer Inhalte die Darstellung einer großen Anzahl an Menüelementen ermöglicht. Werden Kommunikationsthemen als Menüelemente eingesetzt, lässt sich eine vielfältige Kommunikation ermöglichen, ohne dass der fehlende Bildschirmplatz als eine technische Barriere während des Gestaltungsprozesses einen hohen Stellenwert einnimmt.

2.5 Menübasierte Auswahlssysteme

Für die Entwicklung einer Menütechnik als Schwerpunkt dieser Arbeit bilden die in der Literatur beschriebenen Grundlagen im Bereich der Menüs ein wichtiges Fundament. Menübasierte Informationssysteme sind weit verbreitet und es wird seit mehr als 40 Jahren umfangreiche Forschung auf dem Gebiet durchgeführt. In der dieser Arbeit zugrundeliegenden Literaturrecherche (unter anderem in den in Abschnitt 2.4 erwähnten HCI-Grundlagenbüchern) konnte dennoch nur wenig umfassende Grundlagen-Literatur zum Thema *Gestaltung von Menüs* identifiziert werden. Oberflächlich betrachtet sind

Menüs einfache grafische Komponenten, welche die Auswahl eines Elementes aus einer gegebenen Menge von durch einen Computer bereitgestellten Wahlmöglichkeiten ermöglichen. Näher betrachtet zeigt sich, dass es sich um komplexe Interaktionstechniken handelt, die eine Vielzahl verschiedener Eigenschaften aufweisen.

Das Forschungsgebiet ist äußerst divers und diffus, was auch in der aus einer Dissertation hervorgegangenen systematischen Überblicksarbeit „Visual Menu Techniques“ [Bailly et al., 2017] hervorgeht. Die Autoren stellen die Komplexität des Forschungsfeldes heraus, indem sie die Gestaltung von Menüs als ein Optimierungsproblem beschreiben. Ein *optimales Menü* ist diejenige Gestaltungsvariante, welche alle Ziele der Gebrauchstauglichkeit am besten erfüllt und dabei alle relevanten Einschränkungen berücksichtigt [Bailly & Oulasvirta, 2014]. Zur Lösung des Problems haben sie drei zentrale Herausforderungen identifiziert:

1. die Charakterisierung der Gestaltungsmöglichkeiten von Menüs (Design-Space),
2. die Entwicklung prädiktiver Modelle der Benutzerleistung zur Evaluation der Qualität eines gegebenen Menüs für bestimmte Einschränkungen und
3. die Implementierung von Methoden zur computergestützten, systematischen Gestaltung optimaler Menüs basierend auf den bestehenden Gestaltungsmöglichkeiten.

Die beiden letzten Herausforderungen setzen eine Lösung der ersten voraus. Folglich werden in dem genannten Artikel umfassend die Gestaltungsmöglichkeiten von Menüs charakterisiert, indem anhand von Taxonomien systematisch mögliche Eigenschaften von Menüs aufgearbeitet und diskutiert werden.

Da die eigenen Literaturrecherchen keine darüber hinausgehenden Erkenntnisse ergeben haben, bildet die Überblicksarbeit von Bailly et al. [2017] das Grundlagenwerk für diese Arbeit, auf welche sich im Folgenden bezogen wird. Zusätzlich wurden die der Überblicksarbeit entnommenen Grundlagen an geeigneten Stellen oftmals durch ergänzende Literatur vertieft. Im Folgenden werden entsprechend insbesondere für das Verständnis von Menüs relevante Begrifflichkeiten und Konzepte, aber auch Eigenschaften, Gestaltungsrichtlinien und Aspekte der Leistungsbewertung thematisiert.

Ausgehend von bestehenden Definitionen in der Literatur definieren Bailly et al. [2017] den Begriff Menü auf Grundlage von vier zentralen Charakteristiken:

1. Menüs ermöglichen es dem Benutzer, Befehle aus einer begrenzten Anzahl von Elementen auszuwählen [DIN EN ISO 9241-14, 1998, Foley et al., 1990].
2. Menüs bieten eine Struktur für die visuelle Darstellung von Elementen. Die Elemente sind im Allgemeinen in hierarchischen Gruppen oder Kategorien organisiert, die durch Trennzeichen abgegrenzt werden können. Sie können alphabetisch, numerisch, semantisch oder nach der Häufigkeit ihrer Verwendung geordnet werden. Die Elemente werden nach einer geometrischen Struktur (linear, kreisförmig usw.) angeordnet [Dachselt & Hübner, 2007, Jacoby & Ellis, 1992], die es dem Benutzer erleichtert, die gewünschten Befehle zu finden.
3. Menüs sind flüchtig [Jakobsen & Hornæk, 2007]. In flüchtigen Visualisierungen werden Informationen vorübergehend angezeigt und können leicht wieder entfernt werden. Menüs benötigen keinen permanenten Platz auf dem Bildschirm,

da sie bei Bedarf erscheinen und sofort nach der Auswahl eines Elements wieder geschlossen werden.

4. Menüs sind quasimodal [Raskin, 2000]. Quasimodi sind Modi, „die nur durch eine konstante Aktion seitens des Benutzers aufrechterhalten werden“ [Raskin, 2000]. Wenn der Benutzer ein Menü aktiviert, wechselt die Anwendung bis zum Ende des Auswahlprozesses in einen bestimmten Modus.

Die Definition zeigt auf, dass Menüs aus unterschiedlichen Teilkomponenten bestehen. Bailly et al. [2017] definieren (ausgehend von bestehenden Definitionen) eine Reihe von Begrifflichkeiten, die im Zusammenhang mit Menüs stehen:

- Die *Menüstruktur* ist der typischerweise baumartig aufgebaute Graph der Befehle [Norman, 1991].
- Ein *Menüsystem* besteht aus einer Reihe beispielsweise hierarchisch miteinander verbundener Menüs.
- *Menüelemente* sind die kleinsten Komponenten eines Menüs, die jeweils einen einzelnen Befehl repräsentieren und deren Auswahl entsprechend zu dessen Ausführung führt. Typischerweise bestehen Menüelemente aus einem Text-Label bzw. einer Befehlsbezeichnung, einer visuellen Repräsentation und/oder einem Tastatur-Shortcut [Bailly & Malacria, 2020].
- Das *aktuelle Menü* ist das Menü, in dem sich der Benutzer zum Zeitpunkt der Interaktion befindet.
- Das *Untermenü* ist ein Menü, das von einem Eintrag des *aktuellen Menüs* aufgerufen werden kann (beispielsweise in einem hierarchischen Menüsystem).
- Das *übergeordnete Menü* (oder Super-Menü) ist das Menü, welches den Eintrag enthält, der das *aktuelle Menü* öffnet.
- Ein *Menü-Panel* (oder Menüleiste) ist das Widget der grafischen Benutzeroberfläche (GUI), das die Befehle visuell auf dem Bildschirm darstellt.
- Die *Menütechnik* bezeichnet eine Interaktionstechnik [Appert et al., 2004], die in Verbindung mit einem *Menü-Panel* das Navigieren in der *Menüstruktur* und die Auswahl von Befehlen innerhalb dieser ermöglicht.

Diese Begrifflichkeiten bilden die Basis für eine präzise Benennung von Menükomponenten und werden daher für diese Arbeit ebenfalls verwendet. Menütechniken sind hier von besonderem Interesse, da sie ein zentrales Ziel dieser Dissertation betreffen.

Im Allgemeinen lassen sich drei unterschiedliche Klassen von Menüs unterscheiden [Bailly & Malacria, 2020], die teilweise auch miteinander kombiniert werden:

- Hierarchische Menüs (auch Kaskaden- oder Drop-Down-Menüs genannt): Einige Menüpunkte werden nicht für die Aktivierung von Befehlen, sondern für den Zugriff auf Untermenüs verwendet. Der Benutzer klickt auf einen Punkt oder bewegt den Mauszeiger (bzw. bei touchbasierten Eingabegeräten den Finger) über einen auslösenden Punkt und das entsprechende Untermenü wird angezeigt (bzw. typischerweise animiert ausgeklappt).
- Kontextmenüs sind eine spezielle Klasse von Menüs, die – je nach Kontext – unterschiedliche Elemente enthalten. In der Regel klickt der Benutzer mit der

rechten Maustaste (bei touchbasierten Eingabegeräten durch längeres Drücken des Fingers) auf ein Objekt von Interesse, woraufhin an der Stelle, an der er geklickt hat, das Kontextmenü angezeigt wird. Dieses Menü enthält nur eine Teilmenge der Befehle, die auf dieses Objekt angewendet werden können. Indem nicht relevante Optionen herausgefiltert werden, reduzieren Kontextmenüs die visuelle Suche und beanspruchen weniger Platz auf dem Bildschirm.

- Menüleisten werden in der Regel permanent angezeigt, typischerweise am oberen Rand jedes Anwendungsfensters (unter Windows oder Unix-ähnlichen Betriebssystemen), am oberen Rand des Bildschirms (unter macOS) oder am oberen bzw. seitlichen Rand einer Webseite. Sie enthalten eine begrenzte Anzahl von Elementen, die im Allgemeinen nur eine Kategoriebezeichnung (und kein Symbol) haben. Typische Kategoriebezeichnungen sind *Datei*, *Bearbeiten*, *Ansicht*, *Fenster* und *Hilfe*. Diese Elemente ermöglichen den Zugriff auf hierarchische Menüs.

Menütechniken werden von ihren Anwendern nicht einheitlich, sondern auf unterschiedliche Arten genutzt. Diese Nutzung wird durch verschiedene Aspekte beeinflusst. Bailly et al. [2017] haben diesbezüglich drei zentrale Faktoren identifiziert, welche die Verwendung von Menütechniken beeinflussen: Benutzermerkmale, das Verhalten eines Menüs und der Nutzungskontext. Diese Faktoren werden im Folgenden beschrieben.

2.5.1 Wichtige Benutzermerkmale während der Menünutzung

Die Art und Weise, wie Benutzer mit Menüs interagieren, hängt stark mit ihren Fähigkeiten der Motorik, Kognition und Wahrnehmung sowie ihrem Erfahrungswissen und Zielen zusammen. Daraus haben Bailly et al. [2017] Nutzungsprofil, Zielstrebigkeit und Menünutzung als die zentralen in der Literatur beschriebenen Benutzermerkmale während der Nutzung von Menüs identifiziert.

Nutzungsprofil (während der Interaktion)

In Bezug auf den Erfahrungsgrad im Umgang mit Menüsystemen und das daraus resultierende Nutzungsprofil während der Interaktion haben Shneiderman et al. [2016] die folgenden drei Erfahrungsebenen definiert:

- *Novizen* wissen nicht, wie eine Interaktionstechnik zu benutzen ist und müssen verstehen, wie diese funktioniert. Eine Interaktionstechnik muss leicht zu erlernen sein, da sie sonst von den Benutzern abgelehnt wird, selbst wenn sie nach ausreichender Schulung effizient ist.
- *Unerfahrene Nutzer* wissen, wie die Technik funktioniert, jedoch kennen sie die Organisation und den Aufbau des Menüsystems nicht. Sie sind häufig Gelegenheitsnutzer, die nur eine begrenzte Anzahl von Befehlen verwenden (typischerweise die am häufigsten verwendeten).
- *Erfahrene Benutzer* sind mit der Interaktionstechnik und der Organisation des Menüsystems vertraut. In der Regel sind sie professionelle Anwender, die eine schnelle Reaktionszeit und kurze, nicht ablenkende Rückmeldungen benötigen.

Selbst wenn sie die Position eines neuen Befehls in der Hierarchie nicht kennen, können sie ihn dank ihrer Erfahrung schnell finden.

Um den unterschiedlichen Erfahrungsstufen zu begegnen, werden häufig unterschiedliche Nutzungsmodi für Anfänger, Fortgeschrittene und Experten angeboten. Diese Nutzungsmodi werden in Abschnitt 2.5.2 erneut aufgegriffen. In Bezug auf die Menünutzung gelten unterschiedliche Designziele für die verschiedenen Nutzungsprofile [Samp, 2013], über die in Abschnitt 2.5.5 ein Überblick gegeben wird. Samp [2013] beschreiben den Übergang vom Novizen zum Experten nicht als ein einmaliges Ereignis, sondern als einen kontinuierlichen Prozess. So weisen Experten in gewissen Situationen ähnliche Verhaltensweise wie Novizen auf, beispielsweise wenn sie zuvor nicht oder nur sporadisch genutzte Funktionalitäten eines Menüs suchen.

Zielstrebigkeit

Die Zielstrebigkeit hängt von der Intention des Benutzers ab [Waterworth & Chignell, 1991], der möglicherweise, jedoch nicht notwendigerweise ein bestimmtes Ziel vor Augen hat. Im Zusammenhang mit der Menüauswahl kann weiter zwischen der Suche nach einer bestimmten Funktionalität und der Befehlssuche unterschieden werden [Norman, 1991].

- *Kein bestimmtes Ziel*: Dieser Fall tritt ein, wenn Benutzer in einem Menüsystem nicht zielgerichtet erkunden (engl. browsing, beispielsweise aus Neugier oder Langeweile). Vorwiegend tritt dies ein, wenn sich der Benutzer mit einem Menüsystem vertraut macht und den Funktionsumfang erkundet.
- *Suche nach Funktionen*: Der Benutzer muss eine Funktion finden, die seinen Bedürfnissen entspricht, jedoch weiß er weder, ob diese Funktion existiert noch wie sie heißt.
- *Suche nach Befehlen*: Das Ziel ist im Kopf des Benutzers klar definiert, er kennt den Namen, weiß jedoch nicht, wo er sich in der Menühierarchie befindet.

Menünutzung

Das Nutzungsprofil und die Zielorientierung des Benutzers führen zu unterschiedlichen Formen der Menünutzung. Diese entsprechen unterschiedlichen Pfaden in der Menühierarchie zur Zielerreichung [Howes, 1994]. Es lassen sich drei Arten von Pfaden unterscheiden:

- Ein *Pfad mit Umwegen* ist gekennzeichnet durch intensive Erkundung und Navigation in der Hierarchie mit mehreren Auf- und Abstiegen, bevor der gewünschte Befehl gefunden wird. Er tritt in der Regel auf, wenn der Benutzer nicht weiß, wo sich die gesuchte Funktionalität oder der gesuchte Befehl befindet.
- Ein *gerader Pfad* ist ein Pfad ohne Umwege: in diesem Fall besucht der Benutzer nicht versehentlich falsche Untermenüs. Er tritt typischerweise auf, wenn der Benutzer entweder den Ort des gewünschten Befehls kennt oder wenn er Ort zwar nicht kennt, aber die Menütitel es ihm ermöglichen, den gewünschten Befehl zu finden.

- Ein *direkter Pfad* entsteht, wenn der Benutzer einen Befehl auswählt, ohne Untermenüs zu durchlaufen. Dies ist der Fall bei Tasten- oder Gesten-Shortcuts, da sie einen direkten Zugang zu Befehlen bieten.

Die hier beschriebenen Benutzermerkmale Nutzungsprofil, Zielstrebigkeit und Menünutzung werden im Rahmen der Konzeption des neuartigen Kompassmenüs mit Bezug zur Nutzergruppe in Kapitel 6 aufgegriffen.

2.5.2 Verhaltensmuster von Menüs

Das Verhalten von Menütechniken (engl. menu behavior) hängt typischerweise von den bereitgestellten Modi angepasst an den Erfahrungsgrad des Nutzers ab. Bevor diese beschrieben werden, wird der typische Ablauf der Auswahl eines Elements dargestellt. Dieser Ablauf wird von Bailly et al. [2017] in Form eines Flussdiagramms (siehe Abbildung 5) beschrieben.

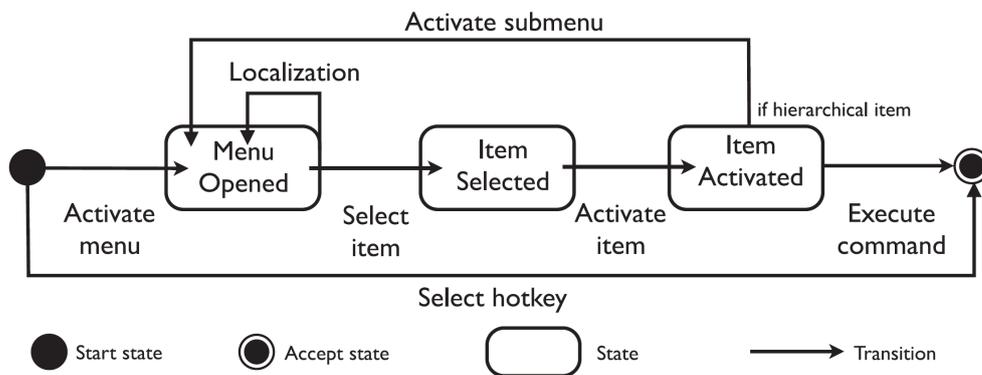


Abbildung 5: Prozessmodell der Auswahl eines Elements innerhalb eines Menüsystems [Bailly et al., 2017]

Der erste Übergang (die sogenannte Aktivierung des Menüs) besteht darin, dass das Menü in der vorgesehenen Art und Weise geöffnet wird. Das kann aus einer Menüleiste oder einem anderen Interaktionsobjekt ermöglicht werden. Sobald das *Menü geöffnet* ist, *lokalisiert* der Benutzer das gewünschte Element visuell und *wählt es* dann entsprechend *aus*, zum Beispiel durch Bewegen der Maus oder durch Drücken der Pfeiltaste. Die Auswahl wird in der Regel hervorgehoben. Schließlich *aktiviert* der Benutzer das hervorgehobene Element und *führt den* entsprechenden *Befehl aus*, beispielsweise indem er mit der Maus klickt oder die Leertaste drückt. Im Falle eines kaskadierten Menüs (ein Menüelement hat ein angehängtes Untermenü), navigiert der Benutzer im Menüsystem weiter und der zugrundeliegende Mechanismus kehrt in den Zustand *Menü geöffnet* zurück. All diese Schritte sind im Anfängermodus des Menüs erforderlich. Im Expertenmodus werden sie durch Drücken der Shortcut-Taste umgangen (vgl. Abbildung 5).

Der *Anfängermodus* basiert darauf, dass Benutzer das Menü durchsuchen und das gesuchte Element visuell erkennen [Lee & Raymond, 1993]. Eventuell vorhandene Tasten-Shortcuts werden in einigen Fällen unaufdringlich angezeigt. Im *Expertenmodus* wird das Menü nicht angezeigt, die Aktivierung von Befehlen erfolgt über

Shortcuts, die aus der Erinnerung abgerufen werden [Lee & Raymond, 1993]. Das erfordert das Erlernen dieser Shortcuts im Vorfeld (in der Regel Tasten oder Mausgesten), ermöglicht dafür eine deutlich effizientere Interaktion. Wenn das Menü nicht angezeigt wird, kann sich der Benutzer stärker auf seine Aufgaben fokussieren. In einigen Menütypen wird auch noch ein *Modus für Fortgeschrittene* angeboten, in dem der Übergang in den Expertenmodus explizit unterstützt wird, zum Beispiel in Form eines visuellen Lernmodus (konkrete Beispiele werden von Bailly et al. [2017] beschrieben). Bezogen auf die im vorigen Abschnitt beschriebenen Pfade der Menünutzung erlaubt der Anfängermodus Pfade mit Umwegen, der gerade Pfad wird im Anfängermodus und im Modus für Fortgeschrittene unterstützt. Der direkte Pfad wird nur im Expertenmodus unterstützt.

2.5.3 Nutzungskontext

Vor der Wahl einer Menütechnik ist es wichtig, dass Designer neben der Nutzergruppe den Nutzungskontext und insbesondere die Arten von Aufgaben der Anwendung sowie die verwendeten Geräte berücksichtigen [Bailly et al., 2017].

Menüs sind typischerweise nicht die Hauptobjekte der Aufgabe, sondern dienen als Instrumente, die dem Benutzer bei der Erreichung von Zielen (beispielsweise der Auswahl oder Manipulation von Objekten) unterstützen. Daher ist es wichtig zu verstehen, wie das Menü in den Kontext der Hauptaufgabe integriert werden kann. Um solche Aufgaben zu bewältigen, wählen die Benutzer im Allgemeinen ein Objekt von Interesse aus, öffnen das Menü, wählen Befehle aus und steuern deren Parameter [Bailly et al., 2017]. Daraus lässt sich ein Modell mit vier verschiedenen Zustandsübergängen ableiten [Bailly et al., 2017]:

- Menüauswahl (Übergang von Objekt zu Befehl): beispielsweise ein Rechtsklick zum Öffnen eines Kontextmenüs oder eine Mausbewegung vom Objekt von Interesse auf die Menüschalfläche.
- Zurück zum Objekt von Interesse (Übergang von Befehl zu Objekt), sobald der Menübefehl ausgewählt wurde.
- Zurück zum Menü (Übergang von Befehl zu Befehl): falls mehrere Befehle auf ein Objekt oder ein Befehl auf mehrere Objekte angewendet werden sollen.
- Wertkontrolle (Übergang von Befehl zu Wert): einige Befehle erfordern die Spezifizierung von Parametern eines Wertes.

Bei der Betrachtung und Charakterisierung von Geräten sind insbesondere die Eingabe- und Ausgabemodalitäten von Bedeutung. Menüs werden oft mit einem relativen und indirekten 2D-Eingabegerät wie einer Maus oder einem Touchpad (oder einer Tastatur im Falle von Tasten-Shortcuts) bedient. Gängige alternative Eingabemodalitäten sind Druck, Stifte, Mehrfingereingabe, Handschuhe, Gesten- und Augen- beziehungsweise Blicksteuerung [Bailly et al., 2017]. In Bezug auf die Ausgabemodalitäten ist das visuelle Feedback dominierend, auditives und taktiles Feedback werden in der Regel nicht exklusiv, sondern eher unterstützend als multimodales Feedback eingesetzt.

Ein- und Ausgabemethoden werden in den Abschnitten 2.6 und 2.7 detaillierter betrachtet, bevor sie in Kapitel 4 hinsichtlich der Verwendung innerhalb des in dieser Arbeit beschriebenen Assistiven Systems diskutiert werden.

2.5.4 Menüeigenschaften

Die verschiedenen in der Literatur beschriebenen Menütechniken lassen sich durch unterschiedliche Eigenschaften und der jeweiligen Ausprägung charakterisieren. Eine systematische und vollständige Beschreibung dieser Ausprägungen wurde von Bailly et al. [2017] in Form einer Taxonomie zu Menüeigenschaften aufgestellt. Der Fokus lag dabei auf Eigenschaften, welche die Leistungsfähigkeit von Menüs beeinflussen. Deren Dimensionen und Teildimensionen sind in Tabelle 1 abgebildet. Zu jeder Teildimension beschreiben die Autoren ausführlich die zugehörigen Eigenschaften.

Modus	Dimension	Teildimension	Eigenschaften
Anfänger	Menüelement	Geometrie	Distanz, Größe
		Visuelle Darstellung	Vermittlung von Informationen, Auffälligkeit, visueller Kontext
		Semantik	Bezeichnung, Länge der Bezeichnung
	Menü	Geometrie	Layout, Positionierung
		Temporalität	Vorschau von Untermenüs, Anzeigedauer von Untermenüs
		Semantik	Begriffskonsistenz, Relevanz des Menütitels
	Menüsystem	Semantik	Logische Zusammenhänge, Hierarchie der Befehle
		Tiefe des Menüs	Verhalten bei Vergrößerung der Tiefe, Logische Gruppierung
		Breite des Menüs	Verhalten bei Vergrößerung der Breite
Experten	Menüelement	Modalität	Modalität der Shortcuts
		Semantik	Mapping zwischen Befehl und Shortcut
		Geometrie	Anzeigeposition der Shortcuts im Menü/ auf dem Eingabegerät
		Visuelle Darstellung	Hervorhebung des Mappings
		Temporalität	Feedforward, Feedback

Tabelle 1: Taxonomie zu Menüeigenschaften nach Bailly et al. [2017] mit ihren Modi, Dimensionen und Teildimensionen

Wird in Tabelle 1 exemplarisch die Geometrie eines Menüelements im Anfängermodus (oberste Zeile der Tabelle) betrachtet, sind relevante Eigenschaften dessen *Distanz* zum oberen Ende des Menüs sowie die *Größe*. Diese Eigenschaften werden von Bailly et al. [2017] anhand von Beispielen existierender Menüs und Erkenntnissen aus der Forschung in Bezug auf mögliche Ausprägungen der Eigenschaften diskutiert. So wird für die Eigenschaft der Distanz zum oberen Ende des Menüs unter anderem Fitts' Law [Fitts, 1954] herangezogen, dem zufolge eine Reduzierung der Distanz zu einer Verbesserung der Reaktionszeit führt.

Diese Taxonomie bietet für die Entwicklung von Menüs wertvolle Anhaltspunkte in Bezug auf die Möglichkeiten der Ausgestaltung. Für die Entwicklung des Kompass-Menüs haben sich als für die Gestaltung wichtige Faktoren insbesondere die Eigenschaft *Menü-Layout* (in *Anfängermodus/Dimension Menü/Teildimension Geometrie* in Tabelle 1) sowie die Teildimensionen *Tiefe des Menüs* und *Breite des Menüs* (in

Anfängermodus/Dimension Menüsystem in Tabelle 1) herausgestellt. Die Diskussion in Kapitel 6 bezüglich Menü-Layouts sowie des Einflusses von Breite und Tiefe auf die Menühierarchie basieren auf der Literatur entnommenen Grundlagen, die in den folgenden Unterabschnitten beschrieben werden.

Menü-Layout

Eine für die vorliegende Arbeit wichtige Menüeigenschaft ist das Layout. Der Begriff bezieht sich auf die Art und Weise, wie die Elemente innerhalb eines Menüs angeordnet sind. In der Literatur werden zahllose Design-Ansätze für Menü-Layouts beschrieben, die sich in vier Kategorien aufteilen lassen: (1) lineare, (2) Raster-, (3) kreisförmige und (4) sonstige Layouts [Bailly et al., 2017].

In *linearen Layouts* werden Elemente horizontal oder vertikal angeordnet. Sie werden als platzsparend beschrieben, denn die Geometrie der Elemente passt zu der Geometrie von Textmarken und rechteckigen Bildschirmen. Zudem sind die Elemente nah beieinander angeordnet; dadurch werden unnötige Augenbewegungen während einer seriellen Suche vermieden [Samp & Decker, 2010]. Durch die Eindimensionalität ist die Anzahl der anzeigbaren Elemente begrenzt. Dieser Begrenzung kann beispielsweise mittels Bildung von Hierarchien und scrollbaren bzw. mitlaufenden Listen begegnet werden [Bailly et al., 2017]. Typische Beispiele sind vertikale Auswahlmenüs in Betriebssystemen wie Windows, macOS oder auf Webseiten.

In *Raster-Layouts* (engl. grid layouts) lassen sich im Gegensatz zu linearen Layouts deutlich mehr Elemente anzeigen. Die Anordnung in Raster-Layouts kann zudem den mittleren Abstand zwischen Elementen (und damit auch die Dauer der Bewegung eines Zeigers von Element A zu Element B) verringern. Zudem bieten diese mehr Flexibilität bei der Hervorhebung semantischer Beziehungen zwischen Elementen (beispielsweise können verwandte Elemente wie *Speichern* und *Speichern unter* in derselben Zeile angeordnet werden) [Bailly et al., 2017].

Kreisförmige Layouts (engl. radial layouts) platzieren Elemente in einem kreisförmigen Design in gleichem radialem Abstand vom Zentrum. Ein populäres Menü mit kreisförmigem Layout ist das *Pie Menu* (auch *Radial Menu* oder *Marking Menu* genannt), welches – sobald es geöffnet wird – aus einer der Anzahl der Menüelemente entsprechenden Tortenstücke besteht. Dieses Layout gewährleistet bei Bedienung mit einem Zeigegerät konstante Zugriffszeiten (alle Elemente besitzen die gleiche Distanz zum Ursprung) und verbessert die Gesamtleistung: Callahan et al. [1988] haben gezeigt, dass *Pie Menus* bei acht Einträgen 15 % schneller sind als lineare Menüs. Ein radiales Layout nutzt das räumliche Gedächtnis, indem es Befehle mit kardinalen Orientierungen verknüpft. Orientierungen können genutzt werden, um semantische Beziehungen zu verstärken [Soliz & Paley, 2003]. So können zum Beispiel die entgegengesetzten Befehle *Öffnen* und *Schließen* an symmetrischen Stellen platziert werden. Dank des prozeduralen Gedächtnisses helfen solche Beziehungen beim Erlernen und Einprägen von Befehlen [Bailly et al., 2017]. Eine weitere Menütechnik mit kreisförmigem Layout ist das im Rahmen einer Dissertation entstandene Compact Radial Layout-Menü [Samp, 2011], welches für verschiedene Szenarien eine noch höhere Leistungssteigerung (im Vergleich mit unterschiedlichen Menütechniken) verspricht. Diese Arbeit bietet wichtige Erkenntnisse bezüglich der Gestaltung kreisförmiger Menüs und wird im späteren Verlauf erneut aufgegriffen.

Unter *Sonstige Layouts* werden Varianten von (meist) radialen Layouts zusammengefasst [Bailly et al., 2017]. Dazu gehören das Polygon- [Zhao et al., 2006], das Half-Pie- [Hesselmann et al., 2009] und das Flower-Layout [Bailly et al., 2008] sowie unterschiedliche Formen konzentrischer Layouts [Bailly et al., 2007, Francone et al., 2010, Samp, 2013]. Neben kreisförmigen Menü-Layouts ist insbesondere das Half-Pie-Menü für diese Arbeit von Interesse. Anders als im regulären Pie-Menü und seinen Varianten ist der Kreis, auf dem die Menüelemente angeordnet sind, auf einer Seite geöffnet. Zusätzlich ist es so an einem Bildschirmrand positioniert, dass nur ein Halbkreis und damit auch nur die Hälfte der Elemente sichtbar sind. Aufgrund dieser beiden Eigenschaften kann die Menüebene außerhalb des Sichtbereichs eine Vielzahl weiterer Elemente umfassen, ohne dass diese durch den verfügbaren Bildschirmplatz limitiert werden. Die Autoren des Half-Pie-Menüs beschreiben dies als unbegrenzt lange Menüebenen (engl. unlimited length menu levels) [Hesselmann et al., 2009]. Gleichzeitig reduziert sich damit deutlich die Übersichtlichkeit, da nicht mehr alle Menüelemente auf einem Blick erfasst werden können.

Einfluss von Breite und Tiefe auf die Menüstruktur

Für die Entwicklung einer gebrauchstauglichen hierarchischen Menüstruktur ist ein angemessenes Gleichgewicht von Menübreite und -tiefe von Bedeutung. Norman [1991] beschreibt die zugrundeliegende Abwägung anhand der folgenden Frage. Ausgehend von einer bestimmten Anzahl von Auswahlmöglichkeiten: Sollen alle Optionen auf einer Ebene dargestellt (breites Menü) oder auf mehrere Ebenen verteilt werden (tiefes Menü)?

In der wissenschaftlichen Literatur werden verschiedene Analysen und Studien beschrieben, die sich mit der Beantwortung dieser Frage beschäftigt haben, jedoch oftmals zu keinen konsistenten Schlussfolgerungen kommen [Samp, 2011]. In der Literatur werden zudem verschiedene Effekte beider Ansätze beschrieben.

Breite Menüs mit vielen Elementen erfordern eine längere mittlere visuelle Suchzeit, um das gesuchte Element zu finden [Norman, 1991]. Grundlage für diese Annahme ist das Hicksche Gesetz. Dieses sagt aus, dass die Auswahl-Reaktionszeit mit Zunahme der Reizinformation linear zunimmt [Hick, 1952, Hyman, 1953]. In breiten Menüs muss zudem aufgrund des begrenzten Bildschirmplatzes mit dem Platzbedarf zur Darstellung der Elemente umgegangen werden. Typische Strategien sind beispielsweise eine Verkleinerung der Elementgröße oder die Nutzung scrollbarer Listen, die jeweils Kompromisse erfordern (unter anderem bezüglich Übersicht über die Elemente und deren Erkennbarkeit).

Tiefe Menüs hingegen erfordern ausgehend von der Frage, in welchem Teilmenü sich das gesuchte Element befinden könnte, eine höhere Anzahl an Entscheidungen, jeweils einschließlich visueller Suchzeit sowie Ausführung der notwendigen Interaktionen. Mit jeder weiteren Ebene steigt die Unsicherheit an, ob der gewählte Pfad der richtige ist [Norman, 1991]. Zudem sind die Interaktionskosten einer Fehlerbehebung in tiefen Menüs höher als in breiten Menüs [Kiger, 1984].

Im Umkehrschluss kann die Erhöhung der Tiefe auch positive Auswirkungen haben. Werden weniger relevante Inhalte in tieferen Hierarchieebenen angeordnet, kann dies zu einer Verringerung des benötigten Platzes zur Darstellung relevanterer Inhalte führen.

Weiterhin kann die Verringerung der Breite und Erhöhung der Tiefe die Nutzer dabei unterstützen, während der Suche nach Elementen die Auswahl schneller einzuzugrenzen.

Einige Forscher sind der Ansicht, dass die Breite und Tiefe kein entscheidender Einflussfaktor für eine optimale Menüstruktur ist [Samp, 2011]. Viel wichtiger ist, dass die Hierarchie die in den Domänen eingebetteten Strukturen und die im Kontext dieser Domänen durchgeführten Tätigkeiten widerspiegelt [Lee & Raymond, 1993]. Diese These wird Samp [2011] zufolge durch unterschiedliche Studien unterstützt (wurde aufgrund von fehlendem Zugang zu diesen Studien nicht überprüft). In der Praxis setzen die meisten Anwendungen Menüs mit zwei- bis dreistufige Hierarchien ein [Samp, 2011]. Der Autor schlussfolgert daraus, dass mindestens drei Ebenen sinnvoll sind, wobei jede weitere Ebene weitere Elemente aufnehmen kann.

2.5.5 Designziele und -empfehlungen für die Menügestaltung

Der Artikel von Bailly et al. [2017] enthält zwar eine umfassende Beschreibung verschiedener Ausprägungen von Menüeigenschaften, explizite Gestaltungsempfehlungen für Menüs wurden darin jedoch nicht abgeleitet. In der Literatur finden sich nur wenige Richtlinien für die Gestaltung von Menüs [Samp, 2013]. Bestehende Richtlinien sind oftmals nicht mehr als stichpunktartige Auflistungen von Hinweisen (beispielsweise *Aussagekräftige Label verwenden* oder *Elemente sinnvoll gruppieren* in Shneiderman et al. [2016]). Grundsätzlich sind diese zwar hilfreich, sie beinhalten insgesamt jedoch nur einen limitierten Informationsgehalt in Bezug auf Wichtigkeit, zugrundeliegenden Zielen oder mögliche bei der Anwendung der Richtlinien notwendige Kompromisse [Samp, 2013].

Um diese Lücke zu schließen, wurde von Samp [2013] ein Design-Space bestehend aus Designzielen, Menü-Designmerkmalen und einer daraus abgeleiteten Liste von Richtlinien für die Gestaltung grafischer Menüs erarbeitet. Folgende Designziele hat der Autor darin formuliert:

1. Einfache Nutzbarkeit: Die visuelle Struktur sollte die Konzepte von Menüebenen, -tiefe, -elementen und -gruppen klar vermitteln. Die visuellen Darstellungen der Befehle sollten lesbar und aussagekräftig sein. Der Auswahlmechanismus sollte einfach und vertraut sein.
2. Angeleitete Exploration: Um Anfänger zu führen, sollte das Menü die Informationslast verringern und die Erkundung ermöglichen. Es sollte Desorientierung verhindern. Das System sollte das Explorieren im Befehlsraum fördern, insbesondere wenn Anfänger Fehler machen und infolgedessen mehrere Orte im Befehlsraum erkunden müssen.
3. Effektive visuelle Suche: Ein Menü sollte es dem Benutzer ermöglichen, den Inhalt des Menüs schnell zu durchsuchen – insbesondere auch vorherige und neu besuchte Orte.
4. Wirksame Navigation: Ein Menü sollte eine schnelle und direkte Navigation zwischen allen Menüpunkten und Elementen ermöglichen.
5. Lernen von Menüinhalten unterstützen: Ein Menü sollte Experten nicht dazu zwingen, zum Anfängerverhalten zurückzukehren. Unnötige Änderungen glo-

baler visueller Merkmale wie Position, Größe und Farbe der Elemente sollten vermieden werden.

6. Menge: Ein Menü sollte Menühierarchien und darin Hunderte von Befehlen aufnehmen können.
7. Reduzierter Bildschirmplatzbedarf: Ein Menü sollte möglichst wenig Bildschirmfläche beanspruchen. Dies ist insbesondere für Geräte mit kleinen Bildschirmen (beispielsweise Smartphones) wichtig.

Aus diesen Designzielen wurden umfangreiche Gestaltungsempfehlungen für Menüs entwickelt [Samp, 2013]. Aspekte des Design-Space – insbesondere die oben beschriebenen Designziele – werden in Kapitel 9 im Rahmen einer systematischen Expertenevaluation als Basis für die Bewertung der im Rahmen dieser Dissertation entwickelten Menütechnik genutzt.

In dem Artikel beschreibt Samp [2013] zudem eine Fallstudie, in der die Richtlinien für den Vergleich zweier unterschiedlicher Menüs, ein traditionelles Kaskaden-Menü gegenüber dem von den Autoren entwickelten *compact radial layout menu* (CRL, zu Deutsch *kompaktes Radialmenü*), genutzt werden. Anhand der Ergebnisse wurde gezeigt, dass das neu entwickelte Menü im direkten Vergleich in vielen Bereichen der Gestaltungsempfehlungen besser als das Kaskaden-Menü abschneidet. Der Autor weisen zwar darauf hin, dass die Ergebnisse im Detail mit Vorsicht zu betrachten sind, diese könnten aber gerade im Rahmen von Neu- oder Weiterentwicklungen von Menüs als Indikatoren für potenzielle Designprobleme dienen. Der Autor beschreibt für seine Richtlinien zudem weitere Anwendungsfälle: Evaluationen eines einzelnen Menü-Designs, Vergleiche zweier Modifikationen eines bestehenden Menüs, die Entwicklung neuer Ideen und die Identifikation von Designentscheidungen, welche weitere Experimente benötigen [Samp, 2013].

2.5.6 Leistungsbewertung von Menüs

Typischerweise ist das Hauptziel bei der Entwicklung von Menüs die Steigerung der Leistung bezogen auf einen bestimmten Kontext [Bailly et al., 2017]. Der Kontext setzt sich zusammen aus einer bestimmten Anwendung, einer bestimmten Plattform und/oder einer bestimmten Nutzerklasse. Der Begriff Leistung ist in diesem Kontext nicht eindeutig definiert. Bailly et al. [2017] haben basierend auf einer Literaturrecherche in diesem Bereich untersucht, welche Leistungskriterien in der Literatur beschrieben werden und ein Modell zur Leistungsbewertung von Menüs entwickelt.

Dieses besteht aus den beiden Faktoren Gebrauchstauglichkeit (usability) und Anwendbarkeit (applicability) mit jeweils drei Kriterien (siehe Tabelle 2).

Gebrauchstauglichkeit umfasst dabei die Kriterien *Geschwindigkeit und Genauigkeit, Lernen und Einprägen* sowie *Zufriedenstellung*. Der Faktor Anwendbarkeit bezieht sich insbesondere auf die Angemessenheit für *Anwendungen, Geräte und Benutzerklassen* – also auf Kontextfaktoren. Anhand dieser Kriterien lässt sich die Leistungsfähigkeit von Menüs analytisch evaluieren und während des Designprozesses eines Menüs können sie als Gestaltungsrichtlinien eingesetzt werden [Bailly et al., 2017]. Mit der analytischen und der empirischen Evaluation haben die Autoren zwei Formen der Messung von Leistungsmerkmalen untersucht.

Faktor	Kriterium
Gebrauchstauglichkeit: Angemessenheit der Menüsysteme für die kognitiven, motorischen und sensorischen Fähigkeiten des Nutzers	Geschwindigkeit und Genauigkeit: Effizienz des Menüs zur Auswahl von Befehlen
	Lernen und Einprägen: Eignung des Menüs, dem Nutzer kurz- und langfristig eine optimale Nutzung zu ermöglichen
	Zufriedenstellung: Eignung des Menüs, ein angenehmes Gefühl zu vermitteln, das sich aus der Erfüllung der Wünsche des Nutzers ergibt
Anwendbarkeit: Angemessenheit der Menüsysteme für die Bedürfnisse des Nutzers bezogen auf die Anwendung	Angemessenheit für Anwendungen: Eignung des Menüs in Anwendungen integriert zu werden
	Angemessenheit für Geräte: Eignung des Menüs für unterschiedliche Ein- und Ausgabegeräte
	Angemessenheit für Benutzerklassen: Eignung des Menüs für unterschiedliche Benutzerklassen

Tabelle 2: Modell zur Leistungsevaluation von Menüs mit den Faktoren Gebrauchstauglichkeit und Anwendbarkeit und den entsprechenden Kriterien nach Bailly et al. [2017]

Analytische Evaluationen werden auf Basis von mathematischen oder Simulationsmodellen durchgeführt. Die Autoren analysieren die in der Literatur beschriebenen Modelle (unter anderem Total Search Time, Guided Search, Search-Decision-Pointing und seine Generalisierungen für unterschiedliche Layouts, Executive Process Interactive Control, ACT-R, VSST) und kritisieren dabei die bestehenden Ansätze. Die Modelle seien nie empirisch miteinander verglichen worden, sodass Unklarheit darüber besteht, welches der beste Ansatz ist. Zudem basieren die Modelle auf einer geringen Anzahl von Menüeigenschaften – so wird zum Beispiel der Einfluss visueller Hinweise („semantics or visual cues“) nicht berücksichtigt. Weiterhin kritisieren die Autoren, dass die bestehenden Modelle sich nur auf den Modus für Novizen, nicht aber auf den Expertenmodus oder den Übergang in diesen beziehen. Der letzte Kritikpunkt ist, dass sich diese Modelle ausschließlich auf das Leistungsmerkmal *Zeit* beziehen, weitere Metriken wie *Zufriedenstellung* hingegen nicht berücksichtigen.

Weiterhin haben Bailly et al. [2017] in der Literatur beschriebene empirische Experimente mit Bezug zu Menüs und Menütechniken analysiert. Sie beschreiben, dass Menüs in den meisten Studien unter kontrollierten Bedingungen verglichen wurden und nur wenige im Rahmen von Feldstudien. Typischerweise umfassten die Experimente etwa 12 Teilnehmer mit einer Dauer von einer Stunde. Dabei wurden die Ergebnisse in fünf Kategorien eingeordnet: Leistungsfähigkeit im Novizen-Modus, Navigation im Novizen-Modus, unmittelbare Verwendbarkeit, Leistungsfähigkeit im Expertenmodus und Lernleistung.

Aus den Analysen haben die Autoren drei Aspekte abgeleitet, die bei der Planung von Menüexperimenten berücksichtigt werden sollten:

- Die Zielgruppe in Bezug auf das Nutzungsprofil: worauf fokussiert das Experiment: auf die unmittelbare Nutzbarkeit, den Anfängermodus, den Expertenmodus oder den Übergang von einem zum anderen?

- Den Nutzungskontext: werden die tatsächlichen Kosten der Befehlsauswahl bei der Menünutzung einschließlich des Öffnens und Schließens des Menüs oder die Kosten fehlerhafter Interaktionen gemessen?
- Ökologische vs. externe Validität: eignet sich für die Beantwortung der Fragestellung des Experiments eher eine Feld- oder Laborstudie?

Insgesamt kommen Bailly et al. [2017] nach einer umfangreichen Analyse der Forschung zu Menüs in den 40 Jahren vor Veröffentlichung des Artikels zum Schluss, dass Menüs als komplexe Interaktionstechniken noch viel Forschung bedürfen, unter anderem in Bezug auf die Wechselwirkungen verschiedener Ausprägungen von Menüeigenschaften. Darüber hinaus fehlen Benchmarks und Maßstäbe typischer Aufgaben, Kriterien und einzelner Menütechniken, um Menüs objektiv miteinander vergleichen zu können.

2.6 Eingabe

Wie bereits in Abschnitt 2.1 beschrieben, gelangen über die Eingabeschnittstelle Eingaben aus der realphysischen Welt in ein digitales System. Aufgrund der Verwendung in der Literatur und den leicht veränderten Formulierungen von deutschsprachigen Übersetzungen werden in diesem Abschnitt bewusst die Begriffe Eingabe, Eingabemethoden und Eingabegeräte verwendet. Diese lassen sich nicht immer ganz trennscharf voneinander abgrenzen. Hinckley & Wigdor [2012] definieren Eingabegeräte als Wandler oder Sensoren, die physikalische Eigenschaften von Menschen, Orten oder Dingen erfassen. Typische, alltägliche Eingabegeräte sind oft eine Ansammlung von Wandlern, im Falle einer einfachen Computermaus sind es ein relativer (x, y)-Bewegungssensor, physische Tasten und ein Rad zum Scrollen.

Sowohl Design als auch Funktion von Eingabegeräten sind in der Interaktion mit Computern von zentraler Bedeutung. Eingabegeräte lassen sich anhand ihrer Funktion in Schalter- und Zeigegeräte unterscheiden [Karray et al., 2008]. Für die Eingabe textueller und numerischer Informationen wird typischerweise die schalterbasierte Tastatureingabe genutzt. Das Design von Tastaturen ist dabei darauf ausgerichtet, die Eingabe möglichst effizient zu gestalten [Preim & Dachsel, 2010].

Um angemessene Eingabegeräte für die Zielgruppe eines Systems identifizieren zu können, ist eine systematische Bewertung existierender Eingabemethoden und damit assoziierter Geräteklassen in Bezug zu den Fähigkeiten und Beeinträchtigungen der Zielgruppe hilfreich. Um die Komplexität aufgrund der hohen Anzahl unterschiedlicher Eingabegeräte auf dem Markt zu reduzieren, können Klassifikationen und Taxonomien der Eingabemethoden genutzt werden. In der Literatur wird eine Reihe verschiedener Klassifikationen beschrieben. Buxton [1983] unterscheidet unter anderem diskrete vs. kontinuierliche Eingabe, das Kontrollorgan (engl. agent of control, beispielsweise Hand, Fuß oder Stimme), die Anzahl der Freiheitsgrade oder die erfasste Eigenschaft bzw. Modalität. Card et al. [1990] unterscheiden Eingabegeräte in ihrer Taxonomie in Bezug auf physikalische Eigenschaften wie Kraft, Positionierung, lineare oder rotationsbasierte Eingabe, etc. Preim & Dachsel [2010] klassifizieren unter anderem die Direktheit oder Positionierung von Zeigegeräten.

Für diese Arbeit ist im späteren Verlauf für die Wahl der eingesetzten Schnittstellen-Plattform, Interaktionsstile und Eingabegeräte insbesondere die Unterscheidung der Modalität sowie die Direktheit der Eingabe relevant, daher werden diese Aspekte von Eingabemethoden im Folgenden genauer erläutert. Darüber hinaus werden die Unterschiede zeiger- und gestenbasierter Eingaben diskutiert.

2.6.1 Modalität der Eingabe

Mensch-Technik-Schnittstellen basieren hauptsächlich auf der Anzahl und Vielfalt der Ein- und Ausgabemöglichkeiten, also der Kommunikationskanäle, die es dem Benutzer ermöglichen, über die entsprechende Schnittstelle mit dem Computer zu interagieren. Jeder der verschiedenen und unabhängigen Einzelkanäle wird als Modalität bezeichnet [Jaimes & Sebe, 2007]. Ein System, das sich nur auf eine Modalität stützt, wird als unimodal bezeichnet. Karray et al. [2008] unterscheiden je nach Art der verschiedenen Modalitäten drei Kategorien: bildgebende, audio-basierte und sonstige, sensorgestützte Eingabegeräte. Der Begriff multimodal bezieht sich auf die Kombination mehrerer Modalitäten [Karray et al., 2008]. Im Folgenden werden die Kategorien und die relevanten Formen der Sensordatenerfassung näher beschrieben.

Bildgebende Verfahren basieren typischerweise auf der Erkennung von Gesten, Mimik oder anderen Körperbewegungen mittels visueller Sensoren. Die Analyse von Gesichtsausdrücken beschäftigt sich mit der visuellen Erkennung von Emotionen [De la Torre & Cohn, 2011]. Das Tracking von Körperbewegungen [Gavrila, 1999] wird unter anderem eingesetzt, um menschliche Aktionen erfassen zu können. Die Erkennung von Hand- oder Fußgesten [Jalaliniya et al., 2013, Rautaray & Agrawal, 2015] bietet unter anderem die kontaktlose Steuerung interaktiver Systeme, beispielsweise in medizinischen oder Virtual-Reality-Kontexten. Tiefen- und Infrarotkamarasysteme bieten dabei mittlerweile die Möglichkeit, Fingerbewegungen oder -gesten präzise zu erkennen [Shneiderman et al., 2016]. Der Bereich der Augensteuerung umfasst die Erkennung von Augenbewegungen und Blinzeln. Sie kann sowohl passiv zur Messung von Aufmerksamkeit (Usability- und Werbeforschung, Fahrverhalten) als auch aktiv zur Interaktion mit Mensch-Technik-Schnittstellen eingesetzt werden [Sharma & Abrol, 2013]. Auch die visuelle Erkennung von Lippenbewegungen bzw. das daraus resultierende Lippenlesen kann als Eingabemethode genutzt werden. So wäre der Einsatz als eine Variante der Fehlerkorrektur denkbar, um andere Arten der Interaktion zu unterstützen (beispielsweise Unterstützung der Spracheingabe, wenn die Audiospur von Umgebungslärm gestört wird) [Noda et al., 2015].

Die audio-basierte Eingabe ist eine weitere, in den letzten Jahren immer populärer gewordene Form der Mensch-Technik-Interaktion. Insbesondere cloud-basierte, digitale Sprachassistenten haben eine breite Nutzerbasis gewonnen, für 2021 wurde ein Anstieg auf etwa 1,8 Milliarden Nutzer vorhergesagt⁹. Diese werden für eine weite Bandbreite von Anwendungsfällen von der Bestellung von Konsumgütern bis zur Überwachung der eigenen Ausgaben eingesetzt [Knote et al., 2019] und basieren typischerweise auf der Idee der Mensch-Technik-Interaktion mittels natürlicher Sprache [Zierau et al., 2020]. Wichtige Forschungsbereiche sind die Sprach- und Sprecher-

⁹Umfrage zur Anzahl der Nutzer virtueller digitaler Assistenten weltweit (2015 bis 2021): <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/620321/umfrage/nutzung-von-virtuellen-digitalen-assistenten-weltweit/> (abgerufen am 02.03.2022)

Erkennung [Campbell, 1996, Rabiner & Juang, 1993]. Insbesondere in Bezug auf den Einsatz von rückkoppelnden neuronalen Netzen für die Sprecher-Erkennung besteht aktuell noch deutliches Forschungspotential [Nassif et al., 2019]. Weitere Forschungsbereiche sind die automatisierte Erkennung von Emotionen in Sprache [Lakomkin et al., 2018, Pierre-Yves, 2003] und anderen menschlichen Geräuschen wie Seufzen, Schnaufen etc. [Schröder et al., 2006].

Sonstige sensorgestützte Eingabegeräte umfassen alle weiteren Bereiche, in denen mindestens ein physikalischer Sensor eingesetzt wird, um eine Mensch-Technik-Interaktion zu ermöglichen [Karray et al., 2008]. Das Spektrum verschiedener Geräte ist dabei vielseitig. Oft werden Sensoren eingesetzt, die Bewegungen oder Kräfteinwirkungen messen, beispielsweise von Hand oder Fingern. Dazu gehören neben der stiftbasierten Interaktion unter anderem die seit Jahrzehnten etablierten Eingabegeräte wie Maus, Tastatur und Joysticks [Hinckley & Wigdor, 2012]. Auch in anderen Bereichen wird die Erkennung von Bewegung eingesetzt. In Form von Motion-Capture-Anzügen mit integrierter inertialer Messeinheit¹⁰ wird die Bewegungsverfolgung seit vielen Jahren in den Bereichen Animation, Kunst, Film- und Computerspiel-Industrie genutzt [Karray et al., 2008]. Alternative Sensorik für Anzüge sind *soft strain sensors*, mit denen weiche Dehnungen gemessen werden können [Yin et al., 2021].

Die genannten inertialen Messeinheiten kombinieren jeweils mehrere Magnetometer, Drehraten- und Beschleunigungssensoren, um die Lage in Bezug auf das Erdmagnetfeld, translatorische Bewegungen auf den x-, y- bzw. z-Achsen sowie Rotationsbewegungen zu bestimmen [Yin et al., 2021]. Die Einsatzbereiche inertialer Messeinheiten sind breit gestreut und reichen neben der Nutzung in Motion-Tracking-Systemen von Luft- und Raumfahrt über Assessment im medizinischen Kontext bis zu Eingabegeräten [Iosa et al., 2016]. In Eingabegeräten verbaut ermöglichen diese eine präzise Erkennung von Bewegungen und Rotationen, die dann in kontinuierliche oder diskrete Eingaben übersetzt werden können [Perelman et al., 2015].

Haptische, taktile und Drucksensoren sind von besonderem Interesse für Anwendungen in der Robotik, der Unterhaltungs- und Spieleindustrie sowie Virtual Reality [Hayward et al., 2004, Robles-De-La-Torre, 2006]. Die am häufigsten eingesetzten haptischen Sensoren sind Touchscreens, physische Buttons und Trackpads. Die taktile Eingabe bietet eine zuverlässige und vertraute Schnittstelle für Benutzer, die nicht an Systeme zur (optischen) Bewegungsnachverfolgung gewöhnt sind, da letztere im täglichen Gebrauch allgemein eher unüblich sind. Diese taktilen Sensoren werden in der Regel an Handheld-Controllern oder sonstigen Geräten angebracht [Yin et al., 2021].

Physischer Kontakt und Druck lassen sich auf unterschiedlichen Wegen messen, zum einen über resistive und zum anderen über kapazitive Erfassung, welche beide auf physikalischen Wirkprinzipien basieren. Erstere beruhen auf dem Prinzip, dass sich der elektrische Widerstand aufgrund von mechanischer Dehnung ändert. Letztere kann auf Basis von Veränderungen der elektrischen Kapazität einen Sensoreffekt auswerten [Yin et al., 2021]. Dabei gelten spezielle Material-Anforderungen. Resistive Sensoren erfordern beispielsweise ein elektrisch leitfähiges Material, welches in ein dehnbares Substrat eingebettet ist. Kapazitive Sensoren in Touchscreens nutzen häufig die Leitfähigkeit des menschlichen Körpers, durch dessen Berührung sich das elektromagnetische Feld ändert und damit die Kapazität gemessen werden kann. Typischerweise

¹⁰Ein Beispiel ist der *Rokoko Smart Suit Pro II* aus dem Jahr 2021: <https://www.rokoko.com/products/smartsuit-pro> (abgerufen am 03.03.2022)

wird Glas als Isolator eingesetzt, es wird jedoch bereits auch an dehnbaren Materialien geforscht. Details werden von Yin et al. [2021, S. 18] beschrieben. Andere Drucksensoren arbeiten basierend auf Veränderungen im Gasdruck, barometrische Drucksensoren können beispielsweise für die Erkennung von Wetterveränderungen oder Höhenunterschieden eingesetzt werden [Yin et al., 2021].

Weiterhin können auch Dehnungssensoren eingesetzt werden. Diese wandeln mechanische Verformung in elektrische Signale um, folglich ist die inhärente Verformbarkeit eines weichen Materials wie im Falle eines elastischen Anzugs für diese Anwendung sehr gut geeignet. Obwohl Dehnung nicht unbedingt eine Modalität ist, welche direkt für eine Positionsverfolgung verwendet wird, werden beim Einsatz „weicher“ Krümmungs-, Dehnungs- und Biegesensoren im Allgemeinen die gleichen grundlegenden Erfassungsmechanismen eingesetzt. Unterschiede gibt es schlussendlich nur in der algorithmischen Interpretation. Die wichtigsten Ansätze zur Messung sind auch hier die resistive und die kapazitive Erfassung [Yin et al., 2021].

Auch am Körper getragene Sensoren, mit denen physiologische Attribute des Trägers wie Puls, Temperatur, Schweißrate und die Qualität der in den Körperflüssigkeiten enthaltenen Biomarker überwacht werden, können komplexere und implizite Benutzereingaben ermöglichen. Beispielsweise durch die Erfassung emotionaler Reaktionen und körperlicher Anstrengungen [Yin et al., 2021]. Dazu zählen auch Brain-Computer-Interfaces: Kommunikationssysteme, welche Nachrichten ausschließlich über die Gehirnaktivität übermitteln. Diese Aktivität wird typischerweise mithilfe der Elektroenzephalografie (EEG) gemessen [Tan & Nijholt, 2010]. Diese Eingaben können dann genutzt werden, um auf diese Eingabemethode angepasste Systeme zu steuern.

Die zuvor beschriebenen Eingabeverfahren wurden ohne spezifischen Fokus auf dem Kontext der Unterstützten Kommunikation beschrieben. Elsahar et al. [2019] haben in ihrer systematischen Übersichtsarbeit vorherrschende Hilfsmittel der Unterstützten Kommunikation unter technologischen Gesichtspunkten recherchiert und verglichen, um einen Gesamtüberblick über die aktuellen Interventionen zu geben. Dabei unterscheiden sie in Bezug auf die Erkennung menschlicher Signale diverse Kategorien und konkreten Methoden, speziell zwischen bildgebenden Verfahren (Blicksysteme, Kopfzeigergeräte), mechanischen und elektromechanischen Verfahren (Mechanische Tastaturen, Schalterzugriff), touchaktivierte Verfahren (Touchscreens, Berührungsmembrantastaturen), atemaktivierte Verfahren (Mikrofone, Niederdrucksensoren) und Brain-Computer-Interface-Verfahren (invasiv und nicht-invasiv). Die Autoren vergleichen tabellarisch die typischen Hardware-Anforderungen, Stärken und Schwächen der einzelnen Methoden. Um aus den Ergebnissen Schlussfolgerungen für diese Arbeit ziehen zu können, sind Kenntnisse über den spezifischen Kontext erforderlich (vgl. Kapitel 3). Darauf aufbauend werden die Erkenntnisse von Elsahar et al. [2019] im Rahmen der Wahl einer passenden Schnittstellen-Plattform für das Assistive System in Abschnitt 4.3 aufgegriffen.

Während die Modalität auf die Kommunikationskanäle bezogen ist, können Eingabemethoden hinsichtlich ihrer Eignung für Schnittstellen-Paradigmen und damit für die darin eingesetzten Interaktionstechniken unterschieden werden. Dabei werden insbesondere die zeiger- und gestenbasierten Eingabemechanismen voneinander abgegrenzt.

2.6.2 Zeiger- und gestenbasierte Eingaben

Appert [2017] unterscheidet zwischen zeiger- und gestenbasierten Schnittstellen. Sie beschreibt zwei zugrundeliegende Paradigmen.

Die Verwendung eines zeigerbasierten Paradigmas für die Kommunikation setzt voraus, dass die Anwender Konzepte vermitteln und Dinge bezeichnen, indem sie nacheinander verschiedene Objekte anwählen. Um sich vielfältig auszudrücken, sind viele solcher Objekte notwendig. Um die Kommunikation effizient zu gestalten, sollten diese Objekte leicht erreichbar sein. In einer Umgebung mit vielen Objekten könnten diese potenziell weit entfernt und/oder klein sein. Das kann wiederum dazu führen, dass die Auswahl der Objekte eine erhöhte Präzision oder eine erhöhte Anzahl an Schritte zur Selektion erfordert.

Ein auf Gesten basierendes Paradigma stützt sich dagegen nicht auf Objekte, sondern entspricht eher der Nutzung einer Zeichensprache. Die Ausdruckskraft hängt von zwei Punkten ab, der Anzahl der verschiedenen Zeichen und wie sich diese eignen, um unterschiedliche Dinge und Konzepte auszudrücken. Natürlich sollten die Zeichen leicht zu merken und auszuführen sein, um ein effizientes Ausdrucksmittel zu bieten. Um jedoch eine große Anzahl von Zeichen mit ausreichender Variabilität anbieten zu können, müssen in der Regel komplexe Zeichen in Betracht gezogen werden, was wiederum bedeutet, dass das Erlernen und die Handhabung dieser Zeichen mehr kognitive und motorische Ressourcen erfordert. Die Autorin schlussfolgert daraus ein Spannungsverhältnis zwischen zwei Arten begrenzter Ressourcen: physischem Raum und den kognitiven und motorischen Fähigkeiten des Menschen. Während zeigerbasierte Paradigmen auf Erkennung basieren, fundieren gestenbasierte Paradigmen auf Erinnerung [Appert, 2017].

Gestenbasierte Interaktion verbindet eine bestimmte menschliche Geste mit einem Befehl in der Anwendung [Appert, 2017]. Gesten eignen sich als Eingabemodalität, denn sie werden in das sogenannte Muskelgedächtnis kodiert. Dies ist eine Art prozedurales Gedächtnis, welches mittels Wiederholung gelernte Kombinationen von Bewegungsabläufen und Aufgaben abspeichert [Bailly et al., 2017]. Kammer et al. [2010] unterscheiden mit Online- und Offline-Gesten zwei unterschiedliche Arten. Online-Gesten umfassen kontinuierliche Operationen wie Rotation oder Skalierung (beispielsweise in Form der Pinch-to-Zoom-Geste), die als direkte Eingaben unmittelbar verarbeitet und ausgegeben werden. Offline-Gesten werden im Gegensatz dazu erst nach der Interaktion bzw. Ausführung der Geste verarbeitet – zum Beispiel, wenn eine Kreisgeste zum Öffnen eines Menüs genutzt wird. George & Blake [2010] beschreiben ein ähnliches Konzept, nutzen jedoch andere Begrifflichkeiten. Gesten werden als Metaphern für diskrete, indirekte und intelligente Interaktionen definiert, während der Begriff Manipulationen als Metapher für kontinuierliche, direkte, umweltbezogene Interaktionen verwendet wird.

2.6.3 Direktheit der Eingabe

Eingabegeräte lassen sich hinsichtlich ihrer Direktheit einordnen. Die Direktheit der Eingabe lässt jedoch keine automatischen Schlussfolgerungen auf das zugrundeliegende Schnittstellen-Paradigma zu. Für das Paradigma der Direkten Manipulation können sowohl direkte als auch indirekte Eingabemethoden genutzt werden. Die Direktheit der

Eingabe bezieht sich hier nicht auf die Form der Eingabe, sondern auf die unmittelbare Reaktion der Schnittstelle.

Direkte Eingabegeräte vereinigen Eingabe und Displayoberfläche, beispielsweise im Fall der Touch- oder Stifteingabe auf einem mit Kontakt- oder Drucksensoren ausgestatteten Display. Typische Geräte sind Smartphones, (Grafik-)Tablets oder auch (öffentliche) Kiosksysteme wie Fahrkartenautomaten. Vorteilhaft am direkten Zeigen ist die einfache Nutzbarkeit und leichte Erlernbarkeit. Von Nachteil ist zum einen, dass während der Interaktion ein Teil des Sichtfeldes verdeckt wird. Es kann zudem bei senkrecht stehenden Bildschirmen aufgrund der ungewohnten Armhaltung bei längeren Interaktionssequenzen schnell zu Ermüdungserscheinungen kommen [Hinckley & Wigdor, 2012, Preim & Dachselt, 2010]. Eine Ausnahme bilden diesbezüglich Augensteuerungssysteme, welche die Nachteile der Verdeckung und physischen Ermüdungserscheinungen durch die Kamerasensorik nicht besitzen. Anders als bei der Finger- oder Stifteingabe lässt sich mit Blicken der für die Selektion typische Druck nicht ausüben – dies erfordert daher einen indirekten Eingabemechanismus wie einen zusätzlichen Selektionsknopf oder die Selektion über längeres Verharren auf dem zu selektierenden Element.

Die direkte gestenbasierte Steuerung weist Ähnlichkeiten zur Touchsteuerung auf. Typischerweise wird eine grafische Oberfläche auf einem Ausgabegerät dargestellt, mit der (anstatt mit Touchgesten) direkt via Freihandgesten interagiert werden kann. Dabei gibt es unterschiedliche Ausprägungen in Bezug auf das Ausgabegerät und die technische Realisierung der Gestenerkennung. Technisch kann die Gestensteuerung sowohl über kamerabasierte (unter anderem *Microsoft Kinect*¹¹, *Microsoft HoloLens*¹², *Leap Motion*¹³) als auch über in speziellen tragbaren Geräten verbaute Sensorik (Nintendo Wii-Controller¹⁴, Playstation Move-Controller¹⁵, LG-TV-Fernbedienung¹⁶) realisiert werden. In der Literatur werden diverse unterschiedliche Ausgabegeräte im Zusammenhang mit Gestensteuerung beschrieben, beispielsweise Beamer-Projektionen in sterilen Umgebungen [Mewes et al., 2016] oder zahlreiche Anwendungsfälle der Mixed-Reality-Brille *Microsoft HoloLens* [Park et al., 2021].

Indirekte Eingabegeräte weisen eine stärkere Trennung von Eingabe und Ausgabegerät auf. Damit wird verhindert, dass der Bildschirm während der Bedienung durch Hand, Finger oder Stift verdeckt wird. Typischerweise benötigen sie jedoch eine explizite Rückmeldung und Darstellung des Eingabegerätes (beispielsweise der Maus-Cursor), des beabsichtigten Ziels auf dem Bildschirm (beispielsweise die Hervorhebung von Symbolen, wenn der Cursor über ihnen schwebt) und des aktuellen Zustands des Geräts (beispielsweise, ob eine Taste gedrückt ist) [Hinckley & Wigdor, 2012]. Die Bedienung dieser Geräte muss zunächst erlernt werden. Dabei ist für Ungeübte die Hand-Auge-Koordination zu Beginn oft schwierig. Von Vorteil ist, dass die Transformation zwischen der Bewegung des Zeigegerätes und der Bewegung eines Cursors auf

¹¹<https://learn.microsoft.com/en-us/windows/apps/design/devices/kinect-for-windows> (abgerufen am 26.09.2022)

¹²<https://learn.microsoft.com/en-us/hololens/hololens2-basic-usage> (abgerufen am 26.09.2022)

¹³<https://www.ultraleap.com/product/leap-motion-controller/> (abgerufen am 26.09.2022)

¹⁴<https://www.nintendo.de/Wii/Zubehor/Zubeh-ouml-r-Wii-Nintendo-Deutschland-626430.html> (abgerufen am 26.09.2022)

¹⁵<https://www.playstation.com/de-de/accessories/playstation-move-motion-controller/> (abgerufen am 26.09.2022)

¹⁶<https://www.lg.com/de/magic-remote-tv> (abgerufen am 26.09.2022)

dem Bildschirm einen zusätzlichen Freiheitsgrad bietet [Preim & Dachzelt, 2010]. Als Beispiel führen die Autoren die Geschwindigkeit an, mit der die Position des Cursors während einer bestimmten Bewegung verändert wird. Klassische Beispiele für indirekte Eingabegeräte sind neben Computermäusen auch (Multi-)Touchpads, Trackballs und Joysticks (oder andere Eingabegeräte aus der Gaming-Industrie) [Hinckley & Wigdor, 2012].

2.7 Ausgabe

Mensch-Technik-Interaktion setzt neben der bereits thematisierten Eingabe- auch eine Ausgabeschnittstelle voraus, welche der physischen Außenwelt Informationen wie beispielsweise die Ergebnisse einer oder die Reaktionen auf eine Interaktion in einer für Menschen wahrnehmbaren Form zugänglich macht. Wie in Abschnitt 2.6 beschrieben, werden in der Literatur neben Eingabe- auch verschiedene Ausgabemodalitäten unterschieden. Augstein & Neumayr [2019] unterscheiden in ihrer Taxonomie unter anderem visuelle, auditive und berührungssensitive Ausgabemodalitäten.

Am verbreitetsten sind visuelle Ausgabegeräte. Dabei lässt sich unterscheiden zwischen Geräten, deren optisches Erscheinungsbild verändert werden kann und solchen, die das optische Erscheinungsbild anderer Medien verändern, beispielsweise durch Aufprojektion [Augstein & Neumayr, 2019]. Zu erster Kategorie gehören in ihrer einfachsten Form ein- oder mehrfarbige Lampen zur Darstellung simpler Zustände und grafische Displays zur Darstellung komplexer Informationen [Hinckley et al., 2004]. Zur zweiten Kategorie zählen Projektoren, beispielsweise im Form von Wandbeamern oder im Falle der Datenbrille Google Glass einer Projektion direkt auf die Netzhaut [Martinez-Millana et al., 2016].

Displays stellen in den meisten Fällen die grafischen Mensch-Technik-Schnittstellen von Computersystemen dar [Shneiderman et al., 2016]. Je nach Kontext werden unterschiedliche Displaygrößen verwendet. Im mobilen Kontext und für Head-Mounted-Displays (Augmented- oder Virtual-Reality-Systeme) werden eher kleine Displaygrößen verwendet, während für stationäre Geräte wie PCs oder Kiosksysteme je nach Anwendungsfall größere Displays mit hohen Auflösungen eingesetzt werden.

Auditive Ausgabegeräte lassen sich zum einen nach dem Übertragungsmedium kategorisieren. Typischerweise werden Geräte verwendet, welche Töne über das Medium der Luft übertragen, beispielsweise Lautsprecher. Alternativ gibt es noch Geräte, die flüssige oder feste Medien für die Übertragung nutzen, zum Beispiel Knochenschallkopfhörer [Augstein & Neumayr, 2019]. Bei möglichen Ausgaben wird zudem zwischen Sprache (entweder im Vorfeld aufgezeichnet oder computergeneriert) und nicht-sprachlichen Ausgaben (wie Geräuschen oder Musik) unterschieden. Für sich häufig wiederholende Sprachausgaben statischer – also sich nicht ändernder – Begriffe oder Sätze eignet sich aufgrund des natürlicheren Hörerlebnisses eher die Aufzeichnung menschlicher Sprachansagen [Taylor, 2009]. Im Falle dynamischer Sprachausgaben – beispielsweise sich ändernde Daten, Uhrzeiten, Namen, etc. – eignen sich computergenerierte Sprachausgaben aufgrund des geringeren Aufwands bei akzeptablem Hörerlebnis deutlich mehr [Taylor, 2009].

Unter berührungssensitiven Ausgabegeräten werden solche mit Bezug zu taktilem, haptischem und Vibrationsempfinden zusammengefasst [Augstein & Neumayr, 2019]. Unter ersterem verstehen die Autoren Geräte, welche Berührungen simulieren können, einschließlich zugehöriger Parameter wie der Temperatur. Als explizites Beispiel werden Gaming-Westen genannt. Haptische Ausgabegeräte können ihre eigene Form (zum Beispiel Braille-Schrift) oder die eines externen physikalischen Objektes (3D-Drucker) einschließlich zugehöriger Informationen verändern. Geräte, die das Vibrationsempfinden stimulieren, üben eine eigenständige Bewegung oder Kraft auf ein Subjekt aus – dazu gehören Smartphones mit ihren Vibrationsmotoren.

Folgende weitere Ausgabemodalitäten werden in der Taxonomie beschrieben [Augstein & Neumayr, 2019]. Diese werden der Vollständigkeit halber erwähnt, für das in dieser Arbeit beschriebene System sind diese nicht relevant.

- Neuronale Oszillierung: Geräte zur Manipulation von Gehirnwellen (beispielsweise Sehprothesen).
- Galvanismus: Geräte zur Stimulation menschlicher Muskelströme mittels elektrischer Impulse (zum Beispiel Elektromyografie-Armbänder¹⁷).
- Kinästhetik: Geräte, welche die Positionierung von Körperteilen verändern (beispielsweise Exoskelette¹⁸), die Balance manipulieren (beispielsweise 4D-Kinositze¹⁹) oder Beschleunigung bewirken (ebenfalls 4D-Kinositze).
- Geruchssinn: Geräte zur Produktion von Gerüchen (beispielsweise der Essence-Prototyp des Massachusetts Institute of Technology²⁰).
- Geschmackssinn: Geräte, welche eine Veränderung des Geschmacks flüssiger oder fester Substanzen bewirken können (beispielsweise Edible User Interfaces²¹, 60 Flavors²²).

Auch multimodale Ausgaben sind etabliert, sei es in Form audiovisueller Ausgaben oder dem Einsatz von Vibration, um neben visuellem auch Vibrationsfeedback für eine Interaktion zu geben.

2.8 Zusammenfassung und Fazit

Einer von zahllosen Nutzungskontexten interaktiver Systeme ist die Unterstützung beeinträchtigter Menschen bei der Erledigung ihrer alltäglichen Aufgaben und Bedürfnisse. Diese Systeme zählen zur Klasse der *Assistiven Technologien* (siehe Abschnitt 2.2). Die Verwendung Assistiver Technologien im medizinischen Kontext bietet viel Potenzial, da sich aus den besonderen Einschränkungen der Nutzer viele Einsatzszenarien ergeben. Assistive Systeme als kommunikative Hilfestellung für beatmete Intensivpatienten lassen sich spezifischer dem Anwendungsbereich der *Unterstützten*

¹⁷<https://mindrove.com/armband/> (abgerufen am 20.02.2023)

¹⁸https://www.ipa.fraunhofer.de/de/Kompetenzen/biomechatronische-systeme/Industrielle_Exoskelette.html (abgerufen am 20.02.2023)

¹⁹<https://www.sueddeutsche.de/muenchen/fuerstenfeldbruck/germering-wackelige-angelegenheit-1.2615428> (abgerufen am 20.02.2023)

²⁰<https://www.media.mit.edu/projects/essence/overview/> (abgerufen am 20.02.2023)

²¹<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3136755.3137030> (abgerufen am 20.02.2023)

²²<https://kunstuni-linz.at/60-flavors.11234.0.html> (abgerufen am 20.02.2023)

Kommunikation zuordnen. In diesem praktischen Forschungsbereich werden Strategien und Instrumente zur Unterstützung eingeschränkter Menschen entwickelt, um diesen eine effektive Kommunikation mit ihrer Umwelt zu ermöglichen. Die für diesen Zweck eingesetzten interaktiven Systeme setzen oft spracherzeugende Funktionen zur Umwandlung digitalen Texts in gesprochene Sprache ein. Typischerweise werden Geräte auf Basis eines Tablet-Computers verwendet, auf denen in menübasierten Auswahlssystemen Kommunikationsthemen bereitgestellt werden. Meist sind die Geräte auf eine längerfristige Nutzung aufgrund der Einschränkungen der Nutzer ausgelegt.

Gebrauchstauglichkeit ist ein wichtiges Gütekriterium für die Zugänglichkeit Assistiver Systeme, das während der Gestaltung berücksichtigt werden sollte (siehe Abschnitt 2.3). In der Zieldomäne dieser Arbeit sind durch Aspekte wie beispielsweise die Begleitscheinungen der Beatmungssituation, die Sicherheitsanforderungen der Intensivstation und vor allem die individuellen Erkrankungen der Patienten besondere Herausforderungen zu erwarten. Diese Faktoren erhöhen den notwendigen Einsatz von Ressourcen, um gebrauchstaugliche Software zu entwickeln. Der Aspekt der Gebrauchstauglichkeit des im späteren Verlauf beschriebenen Systems wird insbesondere im Rahmen der Evaluationen wieder aufgegriffen. Da Gebrauchstauglichkeit per Definition immer jeweils für eine bestimmte Mensch-Technik-Schnittstelle, die von einer bestimmten Benutzergruppe in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt wird, betrachtet wird, müssen Benutzergruppe und Nutzungskontext entsprechend analysiert und spezifiziert werden. Diese Analyse wird im nachfolgenden Kapitel 3 beschrieben.

Im Kontext von Mensch-Technik-Schnittstellen wird in der Grundlagen-Literatur keine eindeutige Terminologie verwendet. In diesem Kapitel wurden daher anhand eines Modells die für diese Arbeit relevante Begrifflichkeiten Interaktionsstil, Schnittstellen-Plattform, Schnittstellen-Paradigma und Interaktionstechnik beschrieben (siehe Abschnitt 2.4). Dies dient insbesondere auch der Heranführung des Lesers an den Begriff der Menütechnik, einer speziellen Form von Interaktionstechniken, die für die Navigation innerhalb eines Menüs und die Auswahl von Befehlen darin eingesetzt werden.

Ein für diese Arbeit zentraler Interaktionsstil ist das menübasierte Auswahlssystem, insbesondere in Bezug auf die Menütechniken (siehe Abschnitt 2.5). Dieser wird anhand unterschiedlicher, für die spätere Entwicklung wichtiger Aspekte und Merkmale beschrieben. Die der Literatur entnommenen Erkenntnisse hinsichtlich des Zusammenhangs von Kontextfaktoren, Benutzermerkmalen und Menüeigenschaften ermöglichen eine Adaptierung des Menüs und damit des Systems auf dessen Zielgruppe. Diese Erkenntnisse werden im Rahmen der Beschreibung des Kompass-Menüs in Kapitel 6 aufgegriffen, nachdem in Kapitel 3 der Kontext und die Zielgruppe mit ihren Fähigkeiten, Limitationen und Bedürfnissen spezifiziert wurden. Die Taxonomie der Menüeigenschaften wurde für die systematische Beschreibung des Kompass-Menüs in Kapitel 6 eingesetzt. Die aus der Literatur gewonnenen Erkenntnisse bezüglich der Leistungsbewertung von Menüs sowie die Richtlinien und Designziele zur Menügestaltung werden für die systematische Evaluation des Menüs in Kapitel 9 verwendet.

Wichtig für die Mensch-Technik-Interaktion sind neben der Software die Ein- und Ausgabegeräte. Ein Teil dieser Arbeit umfasst die Gestaltung eines Eingabegeräts, als Grundlage für einen systematischen Vergleich infrage kommender Eingabekonzepte (siehe Abschnitt 4.3) wurden die Grundlagen von Eingaben in Mensch-Technik-Schnittstellen detailliert beschrieben (siehe Abschnitt 2.6). Im Rahmen dessen wurde zunächst die Vielfalt der in der Literatur beschriebenen Eingabemodalitäten aufgezeigt.

Mit zeiger- und gestenbasierten Eingaben gibt es zwei verschiedene Eingabeparadigmen, die zusammen mit der Direktheit der Eingabe bei der Entwicklung eines Interaktionskonzeptes berücksichtigt werden müssen. Die verschiedenen Eingabemodalitäten setzen immer auch spezifische Fähigkeiten für die Benutzung voraus, beispielsweise ist ein gewisser Kraftaufwand bei der Bedienung stationär befestigten Touchgeräten notwendig. Während eines Designprozesses Assistiver Technologien ist es folglich wichtig, frühzeitig zu untersuchen, ob die geforderten Fähigkeiten in der adressierten Zielgruppe vorausgesetzt werden können. Wenn Systeme schon per Design unterschiedliche Eingabemodalitäten unterstützen, lässt sich damit die Zugänglichkeit und damit die Gebrauchstauglichkeit steigern.

In Bezug auf die Ausgabemodalitäten (siehe Abschnitt 2.7) sind für diese Arbeit vorwiegend visuelle, auditive und berührungssensitive Modalitäten relevant. Besonders multimodale Ausgaben eignen sich, um potenzielle Wahrnehmungseinschränkungen durch anderen Modalitäten abzuschwächen (siehe Diskussion in Abschnitt 4.3).

3 Analyse

Nachdem im vorigen Kapitel technischen Grundlagen ohne spezifischen Bezug zu den Charakteristika des Nutzungskontextes beschrieben wurden, geht es in diesem Kapitel darum, diesen zu charakterisieren.

Die Vorgehensweise basiert auf dem Prozessmodell der menschenzentrierten Gestaltung nach DIN EN ISO 9241-210 [DIN EN ISO 9241-210, 2020]. Die Analyse des Nutzungskontextes bildet darin die Grundlage für die Spezifikation von Anforderungen und der darauf abgestimmten Systemkonzepte. Das Fundament einer belastbaren Analyse bildet eine systematische Erhebung von Daten.

Das Vorgehen dieser Datenerhebung wird in Abschnitt 3.1 beschrieben. Ausgehend von typischen Aufgaben des Intensivpersonals wird im Rahmen der Aufgabenanalyse der Weaningprozess anhand eines Modells beschrieben (Kapitel 3.2). Es folgt die Analyse der Benutzergruppen Patienten, Intensivpersonal und Angehörige, die mit der exemplarischen Beschreibung einer der im Rahmen der Analyse entwickelten Personas abgeschlossen wird (Abschnitt 3.3).

Im Rahmen der Analyse weiterer spezifischer Kontextfaktoren der Intensivpflege (Abschnitt 3.4) werden die auf Intensivstationen eingesetzten Hilfsmittel zur Überwachung und Unterstützung von Patienten, bestehende Möglichkeiten der Kommunikationsunterstützung sowie das Thema Hygiene diskutiert.

Die zuvor beschriebenen Personas werden in Szenarien (Abschnitt 3.5) eingesetzt. Sie bilden die Protagonisten in den diversen Problem- und Lösungsszenarien, die typische, mit dem geplanten Assistiven System zu adressierende Situationen im Alltag auf Intensivstationen beschreiben.

Ausgehend von diesen Ergebnissen werden in der Anforderungsanalyse (Abschnitt 3.6) die aus den vorigen Analyseteilen und den Szenarien abgeleiteten Anforderungen spezifiziert, mit denen die erste Forschungsfrage der Dissertation hinsichtlich Anforderungen an ein Assistives System beantwortet werden kann.

3.1 Datenerhebung

Ziel der Analyse ist eine fundierte Beschreibung des Nutzungskontextes. Um diesen angemessen beschreiben zu können, ist eine strukturierte Datenerhebung notwendig.

Der Kontext Intensivstation wird mit seinen Facetten aus medizinischer Perspektive in Fachbüchern umfassend beschrieben (beispielsweise von Larsen [2016]), dabei wird jedoch kaum auf die Unterstützung der Kommunikation von Intensivpatienten und die daraus resultierenden praktischen Probleme eingegangen. Um möglichst viele Perspektiven in die Analyse einfließen zu lassen, wurde eine mehrstufige Erhebung durchgeführt. Die interdisziplinär durchgeführten Datenerhebungen werden im Folgenden bezüglich ihrer methodischen Vorgehensweise beschrieben.

1. Um das Setting und den Kontext der Intensivstationen einschätzen und erfassen zu können, wurden im Rahmen von Hospitationen in der Intensivpflege nichtteilnehmende Beobachtungen (n=10) durchgeführt.

2. Es wurden systematische Literaturrecherchen in mehreren elektronischen Datenbanken zu folgenden Fragestellungen durchgeführt:
 - a) Welche Bedürfnisse haben beatmete, kritisch kranke Patienten in Intensivstationen?
 - b) Welche computergestützten soziotechnischen Unterstützungssysteme speziell zur Förderung der Kommunikation mit nicht sprechfähigen Intensivpatienten sind bereits entwickelt und evaluiert worden?
3. Um die Perspektive der beteiligten Nutzergruppen zu erheben, wurden semistrukturierte, durch Leitfäden gestützte Einzel- und Gruppeninterviews durchgeführt. Die Teilnehmer wurden im Sinne eines *purpose sampling* (zu Deutsch gezielte Auswahl) rekrutiert, um ein breites Spektrum relevanter Personenmerkmale abzudecken. Die Auswahl umfasste intensivpflichtige Patienten unmittelbar nach der Entwöhnung von einem Beatmungsgerät (n=16), deren Angehörige (n=16), Pflegefachkräfte (n=26), Ärzte (n=6) sowie weitere Angehörige des intensivtherapeutischen Behandlungsteams (n=2).

Die Ergebnisse dieser Datenerhebungen wurden im Rahmen des Projektes publiziert [Henkel et al., 2018] und werden in den folgenden Abschnitten aufgegriffen.

3.2 Aufgabenanalyse

Die Aufgabenanalyse ist Teil eines „breit angelegten Analyseprozesses im Rahmen der Software- und User Interface-Entwicklung, dessen Ziel ein vertieftes Verständnis von Aufgaben und Prozessen ist“ [Preim & Dachsel, 2015, S.51].

Das in dieser Arbeit beschriebene Assistive System soll von Patienten genutzt werden, um die durch die Beatmung entstandenen kommunikativen Barrieren zu verringern. Aufgrund ihrer Situation haben Patienten keine Aufgaben im eigentlichen Sinne einer Aufgabenanalyse. Viel mehr haben sie das Ziel, zu genesen. Dazu ist es wichtig, schnellstmöglich von der maschinellen Beatmung entwöhnt, anschließend von der Intensivstation auf eine reguläre Station verlegt und dann aus dem Krankenhaus entlassen zu werden. Die Genesung wird unter anderem durch die Pflege des Pflegepersonals beeinflusst. Dieses hat ein vielfältiges Aufgabenspektrum. Um den Genesungsprozess für die Patienten so erträglich wie möglich zu gestalten, sollen deren Leiden durch die Erfüllung ihrer Bedürfnisse gelindert werden. Daher wird in dieser Aufgabenanalyse der Fokus insbesondere auf die Tätigkeiten dieser Nutzergruppe gelegt. Um einen Eindruck des Aufgabenspektrums von Pflegekräften auf Intensivstationen zu bekommen, werden nachfolgend überblicksartig deren zentrale Aufgaben beschrieben und der Prozess der Beatmungsentwöhnung (siehe Abschnitt 3.2.2) modelliert.

3.2.1 Aufgaben des Pflegepersonals

Das zentrale Ziel des Personals auf Intensivstationen ist es, Patienten auf eine Weise zu unterstützen und versorgen, dass deren Genesungsprozess erwartungsgemäß verläuft. Typische Aufgaben von Intensivpflegekräften sind in Tabelle 3 aufgelistet. Teilweise

können diese Aufgaben durch Assessment des Patienten sowie seiner Vitalwerte erfüllt werden, in einigen Fällen ist eine direkte Interaktion mit ihm notwendig.

Insbesondere die im standardisierten Pflegeprozess festgelegten Assessment-Aufgaben *Informationen sammeln* sowie *Bedürfnisse, Fähigkeiten und Probleme des Patienten erkennen; diese Probleme beschreiben* (vgl. 6-stufiges Pflegeprozessmodell in Tabelle 5 auf Seite 56) bilden eine wichtige Grundlage für die Bewertung des Patientenzustands. Wenn wie im Falle des Weanings eine effektive Kommunikation mit dem jeweiligen Patienten nur schwer oder gar nicht möglich ist, wird insbesondere die Erkennung und Beschreibung von Bedürfnissen, Fähigkeiten und Problemen erschwert. Dokumentiert werden müssen bezogen auf das Weaning unter anderem der regelmäßig erhobene Sedierungsgrad, durchgeführte Spontan-Atmungsversuche (siehe Folgeabschnitt), eine Bewertung der Entwöhnungsbereitschaft und die vermutete Entwöhnbarkeit [Kippnich et al., 2023].

Anwendung der Intensivpflegestandards
Kontinuierliche klinische und apparative Überwachung des Patienten
Lagerungsbehandlung
Rasche Weitergabe wichtiger Informationen an den Arzt
Durchführung präventiver, kurativer und rehabilitativer Pflegemaßnahmen
Verantwortliche Durchführung delegierbarer ärztlicher Tätigkeiten
Dokumentation der Pflege und der ärztlichen Verordnungen
Begleitung, pflegerelevante Beratung und Anleitung des Patienten sowie seiner Angehörigen oder Bezugspersonen
Mitarbeit bei ärztlichen Maßnahmen der Diagnostik und Therapie
Verabreichung der ärztlich verordneten Medikamente, Flüssigkeiten und Ernährung, einschließlich Kontrolle der Wirksamkeit
Funktionsprüfung, Bereitstellung, Bedienung und Überwachung zahlreicher Geräte
Mitarbeit im Behandlungsteam, Koordination und Planung von Abläufen
Palliative Versorgung und Sterbebegleitung

Tabelle 3: Aufgaben des Intensivpflegepersonals nach Larsen [2016]

Am Beispiel der Bewertung des Sedierungsgrades lässt sich die Bewertung des Patientenzustands veranschaulichen. Mittels der RASS-Sedierungsskala (engl. Richmond Agitation-Sedation Scale) [Sessler et al., 2002] beurteilt das Pflegepersonal mindestens 8-stündig die Sedierungstiefe der Patienten [Larsen, 2016]. Dafür wird der zu beurteilende Patient zunächst beobachtet. Ist er unaufmerksam, wird er laut und deutlich mit dem Namen angesprochen und gebeten, die Augen zu öffnen und den Sprecher anzusehen. Reagiert der Patient nicht, wird er körperlich stimuliert, erst durch Rütteln an der Schulter, dann ggf. durch Reiben am Brustbein [Sessler et al., 2002]. Anhand der Reaktionen kann in der Skala (vgl. Tabelle 4) die Sedierungstiefe abgelesen werden.

Wert	Ausdruck	Beschreibung
+ 4	Streitlustig	Offene Streitlust, gewalttätig, Gefahr für das Personal
+ 3	Sehr agitiert	Zieht oder entfernt Schläuche oder Katheter; aggressiv
+ 2	Agitiert	Häufige ungezielte Bewegung, atmet gegen das Beatmungsgerät
+ 1	Unruhig	Ängstlich, Bewegungen, aber nicht aggressiv oder lebhaft
0	Aufmerksam und ruhig	
- 1	Schläfrig	Nicht ganz aufmerksam, aber erwacht anhaltend (länger als 10 Sekunden) durch Ansprechen
- 2	Leichte Sedierung	Erwacht kurz (kürzer als 10 Sekunden) mit Blickkontakt auf Ansprechen
- 3	Mäßige Sedierung	Bewegt sich oder öffnet die Augen nach Ansprechen, jedoch kein Augenkontakt
- 4	Tiefe Sedierung	Reagiert nicht auf Ansprechen, bewegt sich aber oder öffnet die Augen auf körperliche Reize
- 5	Nicht erweckbar	Keine Reaktion auf Ansprechen oder körperlichen Reiz

Tabelle 4: RASS-Sedierungsskala nach Larsen [2016]

Reagiert der Patient weder auf Ansprechen noch auf körperliche Reize, wird seine Sedierung mit -5 beurteilt, ist er aufmerksam und ruhig mit 0 . Agitiertere Zustände führen zu einer Beurteilung von bis zu $+4$. Dabei wird nur basales Feedback des Patienten auf der Grundlage von *Reaktion oder keine Reaktion* erwartet.

Um konkrete Bedürfnisse, Fähigkeiten oder Probleme zu erfragen, gibt es keine etablierten, effizienten Hilfsmittel (siehe Abschnitt 3.4.2). Durch eine effektive Kommunikation des Patienten auf Grundlage eines Assistiven Systems könnten die oben beschriebenen Assessment-Aufgaben unterstützt werden.

3.2.2 Weaning: der Prozess der Entwöhnung von der Beatmungsmaschine

Um den Gesamtprozess des Weanings abzubilden, wurde in einem ersten Schritt der Weaning-Prozess nach einem chirurgischen Eingriff als Flussdiagramm modelliert. Für die vorliegende Arbeit wurde das Modell überarbeitet (in Bezug auf Verständlichkeit und Übersichtlichkeit) und in die BPMN-Notation überführt (vgl. Abbildung 6).

Wenn Patienten aus medizinischen Gründen – beispielsweise aufgrund schwerer Erkrankungen und/oder notwendiger Operationen – nicht oder nur unzureichend eigenständig atmen können, wird die Atmung durch mechanische Beatmungsmaschinen unterstützt. In vielen Fällen sind die betroffenen Patienten dabei nicht bei Bewusstsein, unter anderem während chirurgischen Eingriffen unter Vollnarkose. In diesem durch Gabe einer Kombination von Schlaf- und Schmerzmitteln (Narkotika und Opioiden) künstlich herbeigeführten Zustand schläft der Patient so tief, dass er nicht mehr selbstständig atmen kann. Im folgenden Modell wird von einem beatmeten Patienten nach einer Operation ausgegangen.

Ist ein Patient nach einer Operation beatmungspflichtig, wird die Intensivstation nach deren Abschluss benachrichtigt, dass der Patient abholbereit ist (vgl. Pool *Patiententransfer aus OP* in Abbildung 6). Ein Team ausgestattet mit dem notwendigen medizinischen Equipment begibt sich zum entsprechendem Operationsaal, an dessen Schleuse die Übergabe des Patienten stattfindet. Die Übergabe umfasst auch relevante Informationen über Zustand, Beatmung, Medikation etc. Im Anschluss wird der tief sedierte und nicht aufweckbare Patient (RASS-Score von -5) zur Intensivstation zurücktransportiert.

Währenddessen wird die Aufbereitung des Bettplatzes abgeschlossen, die typischerweise begonnen wird, nachdem der Bettplatz frei wird (vgl. Pool *Bettplatz aufbereiten* in Abbildung 6). Diese umfasst die Desinfektion der Geräte, das Auffüllen der Verbrauchsmaterialien am Bettplatz sowie eine Geräteprüfung.

Wenn der Patient mit einem RASS-Score von -5 bis -4 an dem Bettplatz ankommt, wird er zunächst an die entsprechenden Geräte angeschlossen und gelagert. Die Lage wird zwischendurch verändert, unter anderem um das Dekubitusrisiko zu minimieren. Der Patient wird jetzt zunächst regulär vom Stationspersonal überwacht, dabei werden regelmäßig Vitalwerte und Beatmungsparameter überprüft. Sind diese instabil, kann die medikamentöse Therapie mit Tendenz zu einer Erhöhung der Sedierung angepasst werden. Sobald die Vitalwerte stabil und Beatmungsparameter suffizient sind, wird die Sedierung schrittweise reduziert. Der RASS-Score des Patienten liegt in diesem Stadium etwa bei -4 bis -3 . Das Gesamtziel des Weaning-Prozesses ist, dass der Patient bei Bewusstsein ist und eigenständig atmen kann.

Um die jeweiligen Schritte abzubilden, werden in dem Diagramm zwei Teilprozessstränge beschrieben:

1. Durch die Reduzierung der Sedierung erwacht der Patient allmählich. Abhängig von der Beatmungsdauer und diversen weiteren Faktoren ist die Dauer des Aufwachvorgangs individuell unterschiedlich. Es wird zunächst ein erster Weckversuch mit direkter Ansprache und Initialberührung durchgeführt. Der RASS-Score liegt dabei bei -2 . Reagiert der Patient nur schwach oder gar nicht, wird der Weckversuch nach einiger Zeit wiederholt. Reagiert er, wird als Nächstes ein intensivierter Weckversuch gestartet (RASS-Score von -1 bis 0). Dabei werden ihm erste Informationen gegeben und er wird zu einer erkennbaren Aktion aufgefordert, beispielsweise die Augen zu öffnen oder die Hand zu drücken. Anhand der Reaktion wird die Wachheit überprüft. Reagiert er noch schläfrig, wird abgewartet und der Versuch nach einiger Zeit wiederholt. Reagiert er inadäquat oder gestresst, wird ggf. die Sedierung erhöht. Im Idealfall ist der Patient in

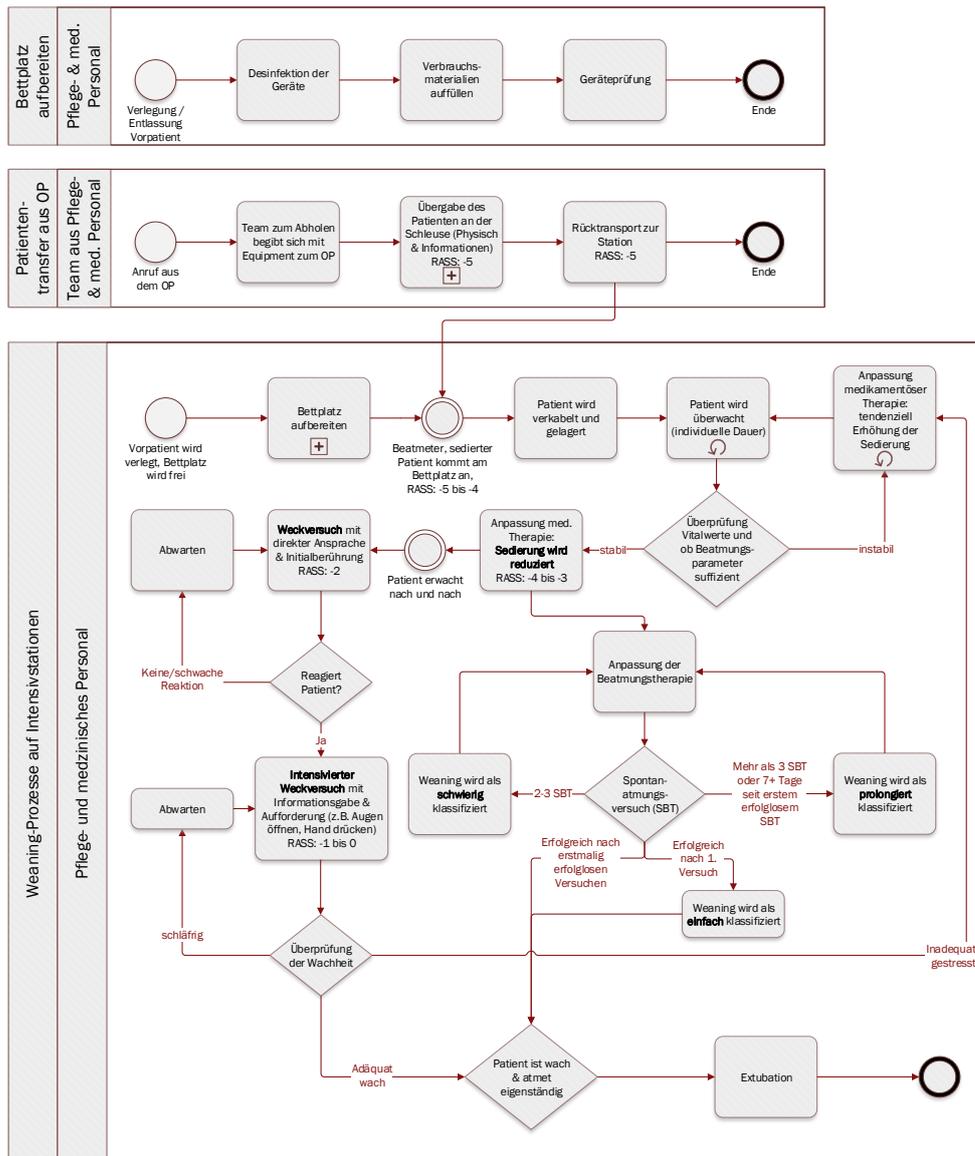


Abbildung 6: Gesamt-Chirurgischer Weaning-Prozess modelliert in BPMN-Notation

einem ausreichend wachen Zustand, dieser wird in der Fachsprache als *adäquat wach* bezeichnet.

2. Mit reduzierter bzw. ohne Sedierung sollte auch die eigenständige Atmung ermöglicht werden. Dabei wird graduell die maschinelle Unterstützung der Beatmung angepasst, um den Patienten an die selbstständige Atmung zu gewöhnen. Die maschinelle Beatmungsunterstützung wird im Rahmen des Spontan-Atmungsversuchs (*spontaneous breathing trial*, SBT) schrittweise reduziert, um zu überprüfen, ob der Patient zu einer eigenständigen Atmung fähig ist. Dieser Vorgang kann von Patienten als äußerst unangenehm empfunden werden.

Ist die eigenständige Atmung nach dem ersten Versuch erfolgreich¹, wird das Weaning als *einfach* klassifiziert. Ist ein SBT nicht erfolgreich, wird die Beatmungstherapie erneut angepasst und der Spontan-Atmungsversuch zu einem späteren Zeitpunkt wiederholt. Werden zwei bis drei SBT für eine erfolgreiche Entwöhnung benötigt, wird vom *schwierigen* Weaning gesprochen. Werden mehr als drei SBT benötigt oder sind seit dem ersten SBT mehr als sieben Tage vergangen, spricht man vom *prolongierten* Weaning.

Sind beide Teilprozessstränge abgeschlossen, ist der Patient wach und atmet eigenständig. Er wird extubiert, der Beatmungsschlauch wird entfernt. Damit ist der Weaningvorgang abgeschlossen und sukzessiv ist eine verbale Kommunikation wieder möglich. Es kann in diesem Fall einige Zeit dauern, bis Stimme des Patienten so kraftvoll wie vor der Beatmung ist.

Das Prozessmodell zeigt zudem unterschiedliche mögliche Verläufe in der Weaning-Phase. Zu Beginn sind Patienten künstlich beatmet und tief sediert (RASS –5 bis –4). Wird die Sedierung reduziert, gibt es den unkomplizierten Verlauf, in dem Patienten *schnell wieder aufmerksam sind und selbstständig atmen können*. Diese werden so schnell wie möglich extubiert und benötigen kein Assistives System zur Unterstützung der Kommunikation. Weiterhin gibt es den Verlauf, in dem Patienten zwar schnell selbstständig atmen können, jedoch nur langsam wieder zu Bewusstsein kommen, beispielsweise aufgrund von Nachwirkungen der Sedierung oder einem Delirium (vgl. Abschnitt 3.3.1). Eine weitere Variante betrifft Patienten, die zwar adäquat aufwachen, aber ein schwieriges oder prolongiertes Weaning erleben und weiter beatmet und von der Beatmungsmaschine entwöhnt werden müssen. Insbesondere diese Patienten können von Kommunikationshilfsmitteln profitieren. Der komplizierteste Verlauf betrifft Patienten, die sowohl langsam zu Bewusstsein kommen, als auch ein schwieriges oder prolongiertes Weaning erleben.

Was das Prozessmodell nicht abbildet, sind die Fälle, in denen sich der Zustand verschlechtert. Auch das ist möglich und sollte bei der Konzeption berücksichtigt werden.

3.2.3 Zusammenfassung und Fazit

Ziel einer Behandlung von Patienten im Krankenhaus ist die Verbesserung ihrer gesundheitlichen Situation oder das Erkennen palliativer Fälle. Im Rahmen ihrer Möglichkeiten wirken die Patienten an einer Genesung aktiv mit. Die zentrale Aufgabe der Pflegekräfte ist es, die Genesung der Patienten bestmöglich zu fördern und zu unterstützen. Im Tätigkeitsbereich der Pflegekräfte lassen sich Abläufe mit unterschiedlichem Bedarf nach Patienten-Einbindung identifizieren. Insbesondere die Aufgaben *Informationen sammeln* sowie *Bedürfnisse, Fähigkeiten und Probleme des Patienten erkennen; die Probleme beschreiben* erfordern in vielen Situationen eine kommunikative Interaktion. Ist diese nicht möglich, sind Hilfsmittel erforderlich, welche die vorhandenen Fähigkeiten der Patienten nutzen, um die verbal-kommunikativen Defizite auszugleichen. Ziel sollte es sein, dass Patienten ihre Bedürfnisse und Probleme ausdrücken können.

¹Von einem erfolgreichen Weaning spricht man, wenn der Patient ohne maschinelle Atemhilfe über mindestens 48 Std. spontan atmen kann und keine Zeichen der respiratorischen Erschöpfung zeigt [Oczenski, 2017, S. 268].

Der modellierte Weaning-Prozess (siehe Abbildung 6) zeigt die unterschiedlichen Aufgaben und Entscheidungen des pflegerischen und medizinischen Fachpersonals während der Entwöhnung von der mechanischen Beatmung eines Patienten. Insbesondere wird deutlich, dass Patienten unterschiedliche Sedierungstiefen und Phasen der Wachheit durchlaufen, die regelmäßig überprüft und bewertet werden. Daraus ergeben sich verschiedene Formen von Weaning-Verläufen. In einer frühen Phase des Weanings mit niedrigem RASS-Score des Patienten kann die Fähigkeiten zu einer bewussten Interaktion mit einem Assistiven System nicht vorausgesetzt werden. In späteren Phasen können Fähigkeiten zur Interaktion mit einem System angenommen werden, sollte es die Erkrankung nicht grundsätzlich ausschließen. Das Assistive System sollte die verschiedenen Phasen des Weanings berücksichtigen und auf die jeweiligen Fähigkeiten und Bedürfnisse der Patienten adaptiert bzw. adaptierbar sein.

3.3 Benutzeranalyse

Für die Entwicklung eines gebrauchstauglichen interaktiven Systems ist es von zentraler Bedeutung, charakteristische Eigenschaften von Benutzern zu erfassen und einzuordnen. Dabei ist es wichtig, zu eruieren, „welche Vorkenntnisse, Erfahrungen, Haltungen und Erwartungen typische Benutzer haben und welche kulturellen Hintergründe zu beachten sind. Bei professionellen Anwendungen ist vor allem ein Verständnis der beruflichen Tätigkeit erforderlich“ [Preim & Dachzelt, 2015, S.85]. Dazu zählt unter anderem, welche Aufgaben, Ziele und Rollen die Benutzer haben, aber auch welche ihrer Tätigkeiten als attraktiv empfunden und welche gemieden werden [Preim & Dachzelt, 2015, S.85]. Diese Informationen haben Auswirkungen auf die Spezifikation der Anforderungen für die Benutzungsschnittstelle, die im Sinne der Gebrauchstauglichkeit auf die charakteristischen Eigenschaften der eigentlichen Benutzer ausgerichtet werden muss. Generell ist es nicht möglich, die Benutzungsschnittstelle so zu gestalten, dass sie allen Benutzern in gleicher Weise gerecht werden. Es lassen sich jedoch geeignete Kategorisierungen und Repräsentationen wählen, um Benutzern mit ähnlichen Eigenschaften weitestgehend zu unterstützen [Herczeg, 2018]. Zwei sowohl einzeln als auch in Kombination anwendbare Methoden mit unterschiedlichem Abstraktionsgrad sind [Cooper et al., 2014, Herczeg, 2018]:

- Benutzerklassen: abstrakte Zusammenfassungen von Benutzern hinsichtlich charakteristischer Eigenschaften (beispielsweise organisatorische Rollen, Erfahrungsstände).
- Personas: detaillierte, datengetriebene Beschreibungen fiktiver Personen, die stellvertretend für eine Benutzergruppe stehen.

Im Weaning-Kontext ist die Interaktion zwischen Patienten und Personal von zentraler Bedeutung. Erstere sind die primären Profiteure eines Assistiven Systems. Das pflegerische, therapeutische und medizinische Personal arbeitet auf die Genesung der Patienten hin und sollte ebenfalls von dem System profitieren. Weitere Akteure sind die Angehörigen, welche durch Besuche und moralische Unterstützung der Patienten als soziale Interaktionspartner charakterisiert werden. Diese drei Benutzergruppen werden im Folgenden beschrieben.

Die Abschnitte sind jeweils wie folgt gegliedert: zunächst werden Daten und Analysen zur jeweiligen Benutzerklasse dargestellt. Basierend auf diesen Daten wurden zwölf Personas erstellt, die im Nachgang für die vorliegende Arbeit gestalterisch und redaktionell optimiert wurden. Diese werden jeweils am Ende der Abschnitte dargestellt und bilden die Protagonisten der Problemszenarien (siehe Abschnitt 3.5).

3.3.1 Patienten

Patienten sind eine äußerst heterogene Gruppe. Allgemein gesprochen sind sie Personen, die aufgrund von körperlichen oder mentalen Beschwerden durch anerkannte medizinische Fachkräfte medizinische Leistungen empfangen. Im vorliegenden Kontext wird der Begriff Patient für beatmungspflichtige Patienten auf Intensivstationen verwendet, die sich im Prozess der Beatmungsentwöhnung befinden.

Allgemeine Daten

Der Elf-Jahre-Kerndatensatz in der Intensivmedizin [Bingold et al., 2014] beschreibt zentrale Kerndaten über intensivmedizinische Behandlungsfälle. Darin wurden unter anderem für diese Analyse relevante, allgemeine Informationen über die Verteilung von Alter, Geschlecht und Aufnahmegrund basierend auf den Daten von 94.398 Intensivpatienten aus 24 Kliniken beschrieben. Das Durchschnittsalter liegt dem Kerndatensatz zufolge bei 63,2 Jahre \pm 17,1 [Bingold et al., 2014]. Unveröffentlichte, interne Zahlen des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein (Standort Lübeck) stützen die Tendenz (64,4 Jahre). Folglich müssen bei der Spezifikation der Anforderungen zusätzlich zu den durch Krankheit und Situation bewirkten Besonderheiten auch altersbedingte Auswirkungen auf Motorik, Sensorik und Kognition der Patienten berücksichtigt werden.

Die Verteilung des Geschlechts ist dem Kerndatensatz zufolge nahezu ausgeglichen (46,4 % weiblich) [Bingold et al., 2014]. Geschlechtsspezifische Anforderungen (beispielsweise bei Kommunikationsthemen) müssen daher für die prototypische Betrachtung zunächst nicht vordringlich in Betracht gezogen werden.

Weiterhin wird im Kerndatensatz die Aufnahmeart unterschieden. In 45 % der Fälle handelt es sich um elektive Aufnahmen für geplante chirurgische Eingriffe, für etwa 30 % gab es eine medizinische Indikation und etwa 25 % waren ungeplante chirurgische Fälle [Bingold et al., 2014]. Bei den elektiven Aufnahmen wäre es denkbar, eine vorherige Einführung in die Funktionsweise des Unterstützungssystems zu geben. Das sollte aufgrund des hohen Anteils nicht-elektiver Fälle jedoch nicht vorausgesetzt werden müssen. Insgesamt wurden etwa 49 % aller Intensivpatienten beatmet, die mittlere Beatmungsdauer lag bei 3,1 \pm 7,5 Tage je Patient.

Mört & Lothar [2015] beschreiben typische körperliche Beeinträchtigungen von Intensivpatienten, darunter auf Muskelabbau zurückzuführende physische Schwäche, durch geschwollene Extremitäten (unter anderem die Hände) beeinträchtigte feinmotorische Bewegungsabläufe sowie Zu- und Abgänge (Drainageschläuche, Infusionsleitungen, etc.). Weiterhin kommt es während der maschinellen Beatmung zum Verlust der verbalen Sprechfähigkeit und durch die Sedierung zu reduzierten mimischen Ausdrucksfähigkeiten sowie einer möglichen Beeinträchtigung der Wahrnehmung. Aufgrund der

mechanischen Beatmung kann es zudem zu durch die Beatmungsinstrumente bedingten Belastungen im Mundbereich kommen. Zusätzlich können je nach Erkrankung sowohl Seh-, Geruchs- als auch Geschmackssinn durch die Therapie beeinträchtigt werden.

Während des Aufwachprozesses kann es zu einem Intensivdelirium kommen. Dabei handelt es sich um eine gleichzeitige Störung kognitiver Funktionen wie Bewusstsein und Aufmerksamkeit, Wahrnehmung, Denken, Gedächtnis, Psychomotorik, Emotionalität und Schlaf-Wach-Rhythmus [von Haken et al., 2010]. „Die Dauer eines Delirs kann von wenigen Stunden bis viele Tage, in Ausnahmefällen auch Wochen betragen“ [von Haken et al., 2010, S.1]. In diesem Zustand sind Patienten nicht in der Lage, mit einem interaktiven System zu interagieren. Möglich wäre es hingegen, die (Re)Orientierung mittels passiver Informationsgabe zu fördern, bis sich der Zustand des Patienten verbessert hat und die Interaktionsfähigkeiten neu bewertet werden.

Insbesondere nicht-einfache Weaning-Verläufe (vgl. Abbildung 6) sind sowohl für Patienten als auch das behandelnde Team herausfordernd. Belastungen für die Patienten ergeben sich aus häufig wechselnden Wachheitsgraden, fluktuierenden kognitiven Fähigkeiten, psychischen und körperlichen Beeinträchtigungen durch die akute Erkrankung sowie ggf. weitere gesundheitliche Komplikationen und die Behandlung selbst (z. B. eingeschränkte Mobilität, Erschöpfung durch wachsenden Eigenanteil bei der Atmung) [Henkel et al., 2018].

Weaningpatienten können nicht als eine homogene Gruppe charakterisiert werden. Im Rahmen der Benutzeranalyse wurden im interdisziplinären Team gemeinsam die folgenden Dimensionen herausgearbeitet:

- Geplante oder ungeplante Aufnahme
- Körperliche Fitness (insbesondere im Zusammenhang mit altersbedingten Erscheinungen)
- Fachdisziplin: chirurgische oder internistische Behandlung
- Deutschkenntnisse: (nicht) vorhanden
- Delir-Zustand: (nicht) zutreffend.

Um die Heterogenität abzubilden, wurde bei der Gestaltung der Patienten-Personas (siehe Abschnitt 3.3.4) darauf geachtet, unterschiedliche Ausprägungen dieser Dimensionen abzubilden.

Eine für diese Arbeit wichtige Gemeinsamkeit dieser Nutzergruppe sind ihre Bedürfnisse. Zwar jeder Patient auch seine individuellen Bedürfnisse, diese können jedoch gruppiert und vor allem nach ihrer Dringlichkeit bzw. Häufigkeit geordnet werden.

Bedürfnisse

Intensivpatienten haben sowohl vor als auch nach dem Aufwachen aus der Narkose unterschiedliche Bedürfnisse, die es im Sinne einer raschen Genesung angemessen zu adressieren gilt [Henkel et al., 2018]. Zum einen bestehen physiologische Grundbedürfnisse nach Atmen, Nahrung, Wasser (bzw. einem feuchten Mund oder befeuchteten Lippen) oder Schmerzlinderung. Diese äußern sich bei den Patienten in Symptomen

wie beispielsweise Luftnot, Hunger, Durst oder Schmerzen. Um diese Bedürfnisse ohne kommunikative Unterstützung zu erkennen, nutzen Pflegende (standardisierte) Indikatoren oder Erfahrungswerte. Die Beatmung lässt sich an der Beatmungsmaschine und den Vitalwerten ablesen, die Ernährung erfolgt künstlich und für das externe Schmerz-Assessment gibt es Fremdeinschätzungsskalen wie beispielsweise die *Behavioral Pain Scale* [Payen et al., 2001]. Das subjektive Empfinden dieser Bedürfnisse lässt sich damit hingegen nicht erfassen. Wenn Patienten diese nicht ausdrücken (können), kann es zu Fehleinschätzungen und -behandlungen kommen. Sobald Patienten wach und orientiert sind, haben sie zudem ein starkes Bedürfnis nach Informationen und Kommunikation [Henkel et al., 2018, Tsay et al., 2013]. Insbesondere Patienten im prolongierten Weaning empfinden zunehmend Bedürfnisse nach sozialer Teilhabe und Selbstbestimmtheit.

Kommunikation ist ein Schlüsselbedürfnis, denn durch diese lassen sich weitere Bedürfnisse ausdrücken, die durch die Pflegekräfte erfüllt werden können. Kommunikation kann grundsätzlich auf verbaler, nonverbaler oder schriftsprachlicher Ebene stattfinden.

Die Sprechfähigkeit beatmeter Patienten ist durch die Intubation oder die Trachealkanüle stark beeinträchtigt und oft sind die feinmotorischen Fähigkeiten der Betroffenen zu limitiert, um sich schriftsprachlich auszudrücken [Henkel et al., 2018]. Nonverbale Kommunikation mittels Mimik und Gestik kann durch körperliche Schwäche oder äußere Faktoren wie intravenöse Zugänge am Arm oder Beatmungsutensilien ebenfalls eingeschränkt werden. Auch die wechselnden Wachheitszustände oder Fluktuationen in den kognitiven Funktionen wirken sich auf die Fähigkeit aus, Bedürfnisse oder Symptome adäquat auszudrücken [Happ et al., 2011].

Eine unzureichende Kommunikation erhöht sowohl körperliche und psychische Belastungen durch Angst und Stress als auch das Risiko für mögliche Komplikationen, wie beispielsweise ein Delirium [Müller et al., 2015]. Erfolgreiche Kommunikation kann hingegen zu (Re)Orientierung, zum Gewinn von Sicherheit und Vertrauen und Wiedergewinn von Autonomie und sozialer Teilhabe führen [Henkel et al., 2018].

Dabei gibt es ein breites Spektrum an Kommunikationsthemen, die in Weaningphase im Vordergrund stehen. Patienten haben das Bedürfnis, wahrgenommene Symptome, Belastungen und Wünsche hinreichend mitteilen zu können. „Belastungen durch die erlebte Unsicherheit über Zeit, Ort und die gesundheitliche bzw. die Behandlungssituation sowie durch Symptome wie Durst, eingeschränkte Mobilität bzw. unbequeme Körperposition, subjektive Atemnot oder Schmerzen“ sind weitere Themen [Henkel et al., 2018].

Henkel et al. [2018] haben im Rahmen von Einzel- und Fokusgruppeninterviews ehemalige Weaningpatienten, deren Angehörige sowie Mitarbeiter des Behandlungsteams hinsichtlich Patientenbedürfnissen während des Weanings befragt. In den Ergebnissen gibt es viele Übereinstimmungen, jedoch auch einige Unterschiede hinsichtlich der Wahrnehmung von Bedürfnissen: „Während für die Patienten Symptome wie Durst oder eingeschränkte Mobilität im Mittelpunkt standen, betonten die Pflegenden und Behandelnden vor allem die Notwendigkeit der adäquaten Schmerzerfassung.“ Durch die unterschiedliche Priorisierung wird deutlich, dass selbst erfahrenes Personal auf Intensivstationen nicht alle Bedürfnisse antizipieren kann und dass Bedarf nach effektiven Formen der Kommunikation besteht.

Informationen Das Bedürfnis nach Informationen ist aufgrund der Weaning-Situation hoch. Die ungewohnte Umgebung der Intensivstation, die individuelle Situation sowie die unter Umständen fehlende räumliche und zeitliche Orientierung kann zu Unsicherheit, Stress und Angst führen und die Orientierung weiter verschlechtern. Fehlende Orientierung kann dazu führen, dass Patienten temporär die Fähigkeit verlieren, zu verstehen, was um sie herum passiert [Tsay et al., 2013].

Die Bedürfnisse nach verschiedenen Arten von Informationen werden von Henkel et al. [2018] zusammengefasst. Sind Patienten orientiert und normaler kognitiver Prozesse fähig, steigt das Bedürfnis nach Informationen. Zeit und Ort zu kennen ist wichtig, Bedürfnisse nach Informationen über persönliche oder therapeutische Themen kommen hinzu. Die persönlichen Themen zielen darauf ab, ob es in der Häuslichkeit keine Probleme gibt, wie es Familie, den Angehörigen oder Haustieren geht und wann diese zu Besuch kommen. Die Therapie-bezogenen Themen umfassen unter anderem Informationen über die eigene Situation, was geschehen ist, wann das therapeutische oder ärztliche Personal zu einem kommt oder wie deren Namen lauten. Patienten verstehen oftmals nicht, was die Beatmung oder die invasiven Zugänge bewirken oder warum sie im Bett fixiert wurden.

Teilhabe Befragungen von Weaningpatienten haben ergeben, dass sich einige von der Realität entkoppelt gefühlt haben [Tsay et al., 2013]. Ohne die Fähigkeit der Kommunikation können Patienten das Gefühl entwickeln, in der Situation gefangen zu sein. Daher ist eine respektvolle und vertrauensbasierte Beziehung zum Personal wichtig, denn daraus können positive Energie und therapeutische Effekte resultieren. Weiterhin beschreiben die Autoren, dass mehrere Studien positive Effekte durch physische und emotionale Unterstützung von Familie und Angehörigen nachweisen konnten Tsay et al. [2013]. Durch Einbindung in den Genesungsprozess sowie aktive Unterstützung der Angehörigen kann das Bedürfnis der Teilhabe adressiert werden.

Selbstbestimmtheit Die längerfristige Abhängigkeit der Patienten von den medizinischen Geräten sowie dem Personal und die situativ bedingte fehlende Selbstständigkeit kann zu Gefühlen des Kontrollverlusts und Frust führen [Tsay et al., 2013]. Im Umkehrschluss könnte eine höhere Selbstbestimmtheit ein Einflussfaktor für reduzierten Frust und erhöhte Motivation sein. Selbstbestimmtheit lässt sich beispielsweise durch aktive Einbeziehung in pflegerische Aktivitäten oder – innerhalb der Möglichkeiten – die selbstständige Befriedigung eigener Bedürfnisse fördern.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Kommunikation und Informationen die zentralen Bedürfnisse der Patienten sind. Erstere ist besonders wichtig, um weitere Bedürfnisse mitteilen zu können. Die Weitergabe von Informationen kann unter anderem die (Re)Orientierung unterstützen und Stress reduzieren. Das Bedürfnis nach Informationen steigt an, sobald Patienten orientiert sind. Mit steigender Therapiedauer kommen mit Teilhabe und Selbstbestimmtheit anspruchsvollere Bedürfnisse dazu. Die Teilhabe lässt sich durch eine Einbindung in den Genesungsprozess sowie aktive Unterstützung der Angehörigen fördern. Die Selbstbestimmtheit lässt sich ebenfalls durch aktive Einbeziehung in pflegerische Aktivitäten oder die Möglichkeit der selbstständigen Befriedigung von Bedürfnissen adressieren. Diese Bedürfnisse werden in der Anforderungsanalyse in Abschnitt 3.6 aufgegriffen.

3.3.2 Pflegerisches, therapeutisches und medizinisches Personal

Das Personal auf Intensivstationen besteht aus Intensivpflegekräften, Therapeuten (Physio-, Ergo-, Atmungstherapie, Seelsorge) sowie dem medizinischen Team bestehend aus Ärzten und medizinischen Fachangestellten (MFA). Das Personal führt je nach Berufsfeld unterschiedliche Tätigkeiten durch, um eine möglichst schnelle Genesung des Patienten zu bewirken. Die Schlüsselfiguren in der Betreuung der schwerstkranken Intensivpatienten im Weaning sind die Intensivpflegekräfte. Auf diese wird in dieser Arbeit der Fokus gelegt. Aufgrund ihrer Aufgaben der ganzheitlichen Pflege und Versorgung und der ständigen Präsenz am Patientenbett sind sie die zentralen Bezugspersonen der Patienten [Larsen, 2016, S.520]. „Gefordert werden insbesondere maximale Einsatzbereitschaft, Leistung, Können und Kompetenz für die Erfüllung der vielfältigen Aufgaben in der Behandlungssituation“ [Larsen, 2016, S.503]. Larsen [2016, S.529] fasst die wichtigsten Aufgaben des Intensivpflegepersonals wie in Tabelle 3 dargestellt zusammen. Diese Auflistung dient primär dem Überblick und ist daher nicht abschließend.

Für die Intensivpflege werden Strategien eingesetzt, die sich an einem standardisierten Pflegeprozess orientieren. In Deutschland wird meistens das in Tabelle 5 abgebildete 6-stufiges Prozessmodell eingesetzt.

Stufe	Beschreibung
1	Informationen sammeln
2	Bedürfnisse, Fähigkeiten und Probleme des Patienten erkennen; die Probleme beschreiben
3	Pflegeziele festlegen
4	Pflegemaßnahmen planen
5	Pflege durchführen
6	Wirksamkeit der Pflege beurteilen (Evaluation)

Tabelle 5: Tätigkeiten im 6-stufigen Prozessmodell des Pflegeprozesses aus Larsen [2016, S. 530]

Um die vielfältigen Aufgaben erfüllen zu können, ist eine fachspezifische Aus- und Weiterbildung notwendig. Gegenwärtig erfolgt diese typischerweise in Form einer 2-jährigen berufsbegleitenden Weiterbildung auf der Basis einer normalen Krankenpflegeausbildung [Larsen, 2016, S. 504].

Das Hauptziel des Pflegepersonals ist es, durch die pflegerischen Maßnahmen die Heilung zu unterstützen und zu fördern. Dazu zählen wie in Tabelle 5 dargestellt die zentralen Tätigkeiten der ersten beiden Stufen *Informationen sammeln* und *Bedürfnisse, Fähigkeiten und Probleme des Patienten erkennen* [...]. Diese haben für diese Arbeit eine hohe Relevanz und werden im Folgenden diskutiert. Das geschulte Personal muss dafür folglich Assessment-Methoden einsetzen, um Patienten zu beobachten, mit ihnen zu kommunizieren und die Ergebnisse bewerten. Auf die weiteren Tätigkeiten (Stufe 3 bis 6) wird nicht explizit eingegangen.

Informationen sammeln Patienten werden durch die Pflegekräfte sorgfältig beobachtet. Aus den Beobachtungen lassen sich Rückschlüsse auf deren Zustand (unter anderem seelische Befinden, Vigilanz und Neurologie) ziehen. Sedierungstiefe und Schmerzmittelbedarf werden anhand standardisierter Scores (beispielsweise RASS oder die visuelle Analogskala VAS) erfasst [Larsen, 2016, S. 535]. Das genaue Abpassen des Aufwachzeitpunktes aus der Narkose wurde von dem durch Henkel et al. [2018] befragte Intensivpflegepersonal oftmals als eine akute Herausforderung genannt. Das Ziel besteht darin, frühestmöglich Kontakt zu dem Patienten aufzubauen, sobald die Sedierung reduziert wurde. Erst dann können Maßnahmen zur (Re)Orientierung und die Verständigung über Bedürfnisse des Patienten stattfinden.

Bedürfnisse, Fähigkeiten und Probleme erkennen Für die Verständigung und die Erfassung der nicht durch Beobachtung erfassbaren Bedürfnisse ist eine effektive Kommunikation zwischen Pflegepersonal und Patienten wichtig. Die künstliche Beatmung der Patienten sowie weitere auf den kritischen Krankheitszustand zurückzuführende Faktoren wie Sedierung, Müdigkeit, Delirium oder neurologische Erkrankungen erschweren bzw. verhindern die verbale und oft auch die schriftsprachliche Kommunikation [Happ et al., 2011]. Fehlende oder unzureichende Schulungen in den Formen der Unterstützten Kommunikation (vgl. Abschnitt 3.4.2) führen dazu, dass es den Intensivpflegekräften an den notwendigen Kenntnissen in Bezug auf angemessene Kommunikationsstrategien fehlt [Happ et al., 2011, S. 10]. Mangelhafte Kommunikation kann dazu führen, dass die von Pflegekräften getroffenen Entscheidungen nicht mit den tatsächlichen Bedürfnissen der Patienten übereinstimmen, was beispielsweise in Fehlbehandlungen in Bezug auf die Schmerztherapie resultieren kann [Schindler et al., 2013]. Die Literatur zeigt, dass es Zusammenhänge zwischen positiven kommunikativen Aktivitäten und verbesserten Ergebnissen im Genesungsprozess der Patienten gibt [Laerkner et al., 2015, Nilsen et al., 2014].

Die bestehenden technischen Hilfsmittel und Strategien zur Unterstützung der Kommunikation werden dafür jedoch als ungeeignet eingeschätzt [Abuatiq, 2015]. Hinzu kommt, dass aufgrund der angespannten Personalsituation in der Pflege nicht nur eine effektive, sondern auch eine effiziente Kommunikation notwendig ist. Wird die unter anderem auf Fachkräftemangel und demografischen Wandel zurückzuführende Arbeitsverdichtung in der Pflege berücksichtigt, führt diese oftmals zu einer Nicht-Einhaltung der empfohlenen 1:2-Besetzung zwischen Pflegekräften und Patienten führt [Michael Isfort, 2017].

Wichtig für das Pflegepersonal ist die Bestimmung der Schmerzintensität, denn zur Überwachung der Patienten zählt die Einschätzung von Lokalisation und Stärke der Schmerzen sowie die Wirkung der Schmerztherapie [Larsen, 2016, S. 472]. Larsen [2016, S. 481] beschreibt, dass akute Schmerzen unterschiedlicher Intensität insbesondere nach Operationen auftreten. Grundsätzlich sei Schmerz nicht messbar und ein subjektives Erlebnis, das von keinem Beobachter objektiv beurteilt oder nachempfunden werden kann. Besonders herausfordernd an der Situation ist, dass eine externe Beurteilung erforderlich ist, wenn Patienten nicht in der Lage sind, sich effektiv mitzuteilen. Pflegenden und Behandelnden betonen in Befragungen „vor allem die Notwendigkeit der adäquaten Schmerzerfassung“ [Henkel et al., 2018]. Patienten könnten davon profitieren, wenn die pflegerischen Maßnahmen aufgrund einer effektiveren Kommunikation ihren individuellen Vorstellungen und Gewohnheiten entsprechend angepasst und damit der Stress reduziert bzw. der Komfort erhöht wird. Zwar kann

durch den individuellen Erfahrungsschatz des Pflegepersonals häufige Bedürfnisse antizipiert werden, die einseitige Kommunikation über Ja/Nein-Fragen wird jedoch als zeitraubend und fehleranfällig beschrieben [Rodriguez & Rowe, 2010].

Die Aufgaben und Schritte zeigen auf, dass eine effektivere Kommunikation zwischen Pflegepersonal und Patienten die Effizienz der ersten beiden Stufen des Pflegeprozesses (siehe Tabelle 5) ermöglichen könnte. Insbesondere eine verlässliche Erfassung von Schmerzen ist wichtig. Im Rahmen der Anforderungsanalyse in Abschnitt 3.6 werden diese Aspekte aufgegriffen.

3.3.3 Angehörige

Wie Patienten können auch deren Angehörige keiner homogenen Gruppe zugeordnet werden, die sich anhand demografischer Daten eindeutig charakterisieren lässt. Angehörige sorgen sich um einen Menschen, im vorliegenden Fall um einen Weaningpatienten (vgl. Abschnitt 3.3.1) mit eingeschränkten Kommunikationsfähigkeiten. Aus Sicht des Personals können Angehörige „des Patienten [...] eine Belastung oder aber eine Hilfe in der Behandlungssituation sein“ [Larsen, 2016, S.523].

Insgesamt überwiegt „die positive Beurteilung der Angehörigenbeziehung, sodass zumindest auf fortschrittlich eingestellten Intensivstationen großzügige Besuchsregelungen gewährt werden“ [Larsen, 2016, S.523]. Werden Angehörige in das Behandlungskonzept mit einbezogen, können diese eine große Hilfe für den Patienten, aber auch für die Pflegekräfte und Ärzte sein. Im günstigen Fall erfährt der Patient durch seine Angehörigen Unterstützung und Ermutigung sowie eine Abschwächung seiner Trennungsängste, während das Behandlungsteam durch Gespräche mit den Angehörigen Informationen über die Persönlichkeit des Patienten erlangt, die in das Behandlungskonzept integriert werden können [Larsen, 2016, S.523]. Ein Beispiel dafür ist die Musiktherapie, die in Studien bereits positive Effekte gezeigt hat [Trappe, 2020]. Angehörige können die bevorzugte Musikrichtung mitteilen oder präferierte Musik nach Absprache mitbringen, damit diese im Rahmen der Musiktherapie genutzt werden kann. Angehörige können zudem eine Brücke aus dem Umfeld Intensivstation in das gewohnte Leben bilden – durch Mitteilen von Neuigkeiten im persönlichen Umfeld oder das Mitbringen stimulierender Medien wie Fotos oder Videos. Da sich die Wachphasen der Patienten schlecht prognostizieren lassen, ist nicht immer eine Interaktion zwischen Patienten und Angehörigen möglich – es gibt es die Situation, dass der Patient schläft, während er von Angehörigen besucht wird.

Insbesondere zu Beginn der Intensivbehandlung können Angehörige jedoch belastend wirken. Die „Erkrankung des Patienten und die Umwelt der Intensivstation [stellt] für die meisten Angehörigen [...] eine oft hochgradige Belastung dar, mit der sie zunächst einmal umzugehen lernen müssen“ [Larsen, 2016, S.523]. Das Pflegepersonal und die Ärzte können dies in Form von „Beruhigung, Aufklärung und Durchsprechen der Unsicherheiten und Ängste“ unterstützen. Gerade diese unterstützende Funktion wird vom Behandlungsteam jedoch oft als besondere Belastung erlebt und nicht selten abgewehrt. Dadurch kann den Angehörigen leicht das Gefühl vermittelt werden, „unerwünscht zu sein oder gar zu stören“ [Larsen, 2016, S.523]. Es ist wichtig, Angehörige vorsichtig an die Situation des Patienten und ihren möglichen Beitrag heranzuführen.

Genau wie Patienten und Intensivpersonal würden auch die Angehörigen von einer effektiveren und effizienteren Kommunikationsform des Patienten profitieren. Eine Möglichkeit der asynchronen Kommunikation könnte zudem den Kontakt mit den Angehörigen erleichtern, gerade wenn Patienten zum Zeitpunkt des Besuchs nicht kommunizieren können. Diese Bedürfnisse werden in der Anforderungsanalyse in Abschnitt 3.6 aufgegriffen.

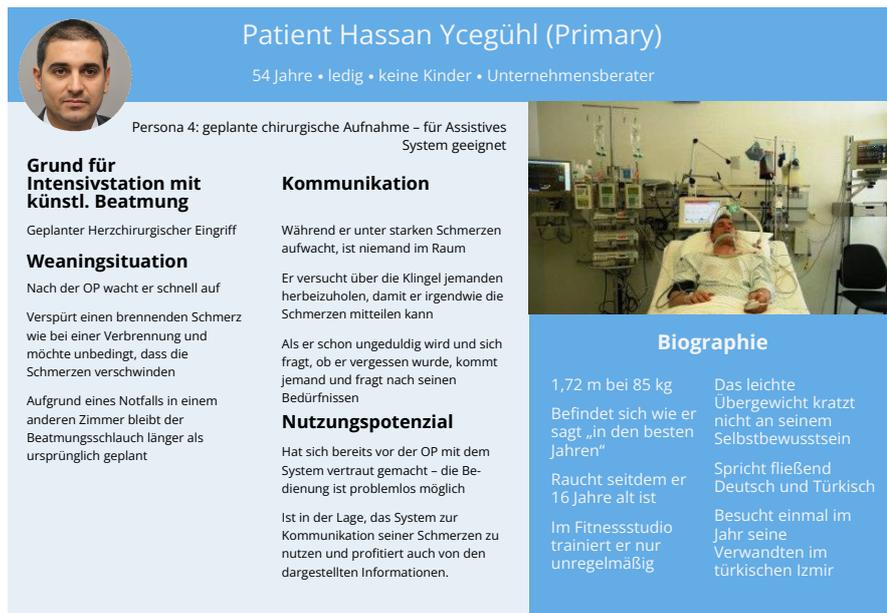
3.3.4 Personas

Aufgrund des spezifischen Kontextes der Intensivpflege lassen sich aus den abstrakten Daten über die Benutzerklassen nur schwer konkrete, funktionale Anforderungen an ein Assistives System herleiten, auf deren Basis sich das Gesamtsystem konzipieren lässt. Die Daten bilden eine Grundlage für die Entwicklung von Personas. Diese können zum einen eingesetzt werden, um Entwurfsentscheidungen in ihrer Wirkung auf Benutzergruppen einzuschätzen [Preim & Dachsel, 2015]. Weiterhin können sie auch „in die szenariobasierte Entwicklung [...] integriert“ werden, um „komplexe Abhängigkeiten von Aufgaben und Teilaufgaben zu verstehen“ [Preim & Dachsel, 2015, S. 93]. Diese Vorgehensweise wurde im Rahmen der Benutzeranalyse gewählt, die Personas bilden die Protagonisten in den entsprechenden Problem- und Lösungsszenarien (siehe Abschnitt 3.5).

Cooper et al. [2014] unterscheiden zwischen unterschiedlichen Persona-Typen: *Primary Personas* sind das Hauptziel des Mensch-Technik-Schnittstellen-Designprozesses. *Secondary Personas* werden überwiegend zufriedengestellt durch die Mensch-Technik-Schnittstelle der *Primary Personas*, haben jedoch zusätzliche spezifische Anforderungen. *Supplemental Personas* umfassen alle Nutzer-Personas, deren Bedürfnisse durch eine Kombination der *Primary Personas* und *Secondary Personas* repräsentiert und die gänzlich durch eine für erstere konzipierte Lösung zufriedengestellt werden. *Customer Personas* umfassen die Bedürfnisse von Kunden, die in Beziehung mit den Endnutzern stehen. Typischerweise werden sie wie *Secondary Personas* behandelt. *Served Personas* sind hingegen keine Nutzer des Produktes, sondern sind indirekt von dessen Nutzung betroffen (beispielsweise Patienten, die nicht selbst mit der Mensch-Technik-Schnittstelle eines Radiologie-Systems integrieren, jedoch in Bezug auf die Dauer der Durchführung von einer gebrauchstauglichen Schnittstelle profitieren). Der letzte Typ *Negative Personas* dienen der Abgrenzung und umfassen Eigenschaften, für die ein System explizit nicht entwickelt wird bzw. entwickelt werden kann.

Nach Cooper et al. [2014] gibt es pro Mensch-Technik-Schnittstelle eine *Primary Persona*. Aufgrund der Heterogenität von Weaningpatienten wurde die Methodik adaptiert. Insbesondere für die Nutzergruppe der Patienten mit ihren in Abschnitt 3.3.1 herausgearbeiteten Hauptunterschieden wurde ein Set unterschiedlicher *Primary Personas* entwickelt, die in ihrer Priorität gleichwertig sind und alle als potenzielle Primärnutzer gelten. Diese Abwandlung bietet insbesondere für das tiefere Verständnis der in den Problemszenarien beschriebenen Situationen einen deutlichen Mehrwert.

Abbildung 7 zeigt exemplarisch die *Primary Persona* Hassan Ycegühl als eine von sieben Patienten-Personas. Die Personas dieser Nutzergruppe umfassen persönliche Daten, Informationen zur Biografie, den Grund für den Aufenthalt auf der Intensivstation mit künstlicher Beatmung, Hinweise zur Weaning-Situation und Kommunikation sowie eine Einschätzung, ob und wie der Patient die Funktionen des Assistiven Systems



Patient Hassan Ycegühl (Primary)
54 Jahre • ledig • keine Kinder • Unternehmensberater

Persona 4: geplante chirurgische Aufnahme – für Assistives System geeignet

Grund für Intensivstation mit künstl. Beatmung
Geplanter Herzchirurgischer Eingriff

Weaningsituation
Nach der OP wacht er schnell auf
Verspürt einen brennenden Schmerz wie bei einer Verbrennung und möchte unbedingt, dass die Schmerzen verschwinden
Aufgrund eines Notfalls in einem anderen Zimmer bleibt der Beatmungsschlauch länger als ursprünglich geplant

Kommunikation
Während er unter starken Schmerzen aufwacht, ist niemand im Raum
Er versucht über die Klingel jemanden herbeizuholen, damit er irgendwie die Schmerzen mitteilen kann
Als er schon ungeduldig wird und sich fragt, ob er vergessen wurde, kommt jemand und fragt nach seinen Bedürfnissen

Nutzungspotenzial
Hat sich bereits vor der OP mit dem System vertraut gemacht – die Bedienung ist problemlos möglich
Ist in der Lage, das System zur Kommunikation seiner Schmerzen zu nutzen und profitiert auch von den dargestellten Informationen.

Biographie
1,72 m bei 85 kg
Befindet sich wie er sagt „in den besten Jahren“
Raucht seitdem er 16 Jahre alt ist
Im Fitnessstudio trainiert er nur unregelmäßig
Das leichte Übergewicht kratzt nicht an seinem Selbstbewusstsein
Spricht fließend Deutsch und Türkisch
Besucht einmal im Jahr seine Verwandten im türkischen Izmir

Abbildung 7: Primary Persona Hassan Ycegühl

nutzen könnte. Neben Hassan Ycegühl wurden weitere *Primary Personas* entwickelt: Klaus Kleinschmidt (Abbildung 9 auf Seite 69), Annika Elle-Sonnecken, Elenor Spring und Olga Boschinski (Anhang A.2, Abbildungen 56, 57, 58).

Ergänzt werden diese durch die *Secondary Persona* Egon Müller (vgl. Anhang A.2, Abbildung 59) und Hans Dietrich, dessen Weaning-Situation in Kombination mit einer Alzheimer-Demenz unterschiedliche Facetten annimmt, sodass er in zwei Personas resultierte: einer für das Assistive System ungeeigneten *Negative Persona* (vgl. Anhang A.2, Abbildung 54) sowie einer *Supplemental Persona* (vgl. Anhang A.2, Abbildung 55).

Für Pflegefachkräfte und Angehörige wurden jeweils zwei Personas entwickelt: eine für die Interaktion mit dem Assistiven System geeignete (vgl. Anhang A.2, Abbildung 61 und 63) und eine mit Eigenschaften, die gegen eine Nutzung sprechen. Dazu zählen eine Pflegekraft mit Bedenken gegenüber der Technik (vgl. Anhang A.2, Abbildung 60) oder eine ältere Angehörige mit wenig Erfahrungen im Umgang mit digitaler Technik (vgl. Anhang A.2, Abbildung 62).

3.3.5 Zusammenfassung und Fazit

Die wesentlichen Akteure im Kontext der Beatmungsentwöhnung sind die betroffenen Patienten, das beteiligte pflegerische, therapeutische und medizinische Personal sowie die Angehörigen der Patienten. Diese Benutzergruppen wurden charakterisiert und wichtige Merkmale definiert. Für die Patienten sind das insbesondere die Bedürfnisse, für das Personal vorwiegend die Tätigkeiten, die eine Kommunikation mit den Patienten erfordern.

Das zentrale Ergebnis der Benutzeranalyse ist die datengetriebene Entwicklung von zwölf Personas, welche auf Basis der in diesem Abschnitt beschriebenen Informationen und Erfahrungen der beteiligten Experten aus der pflegewissenschaftlichen Praxis iterativ entwickelt wurden. Ein besonderes Augenmerk bei der Entwicklung lag darauf, die Heterogenität der Patienten abzubilden. Insbesondere in Bezug auf den Aufnahmegrund, die körperliche Fitness (auch in Bezug auf altersbedingte Erscheinungen), die behandelnde Fachdisziplin (chirurgisch oder internistisch), die Deutschkenntnisse und das Auftreten eines Delirs nach dem Aufwachen. Die resultierenden acht Patienten-Personas bilden die Protagonisten zu den Szenarien, in denen die Bedürfnisse aus Abschnitt 3.3.1 situativ dargestellt und die in Abschnitt 3.5 exemplarisch beschrieben werden. Je zwei weitere Personas wurden für die Benutzergruppen der Pflegekräfte und der Angehörigen erstellt.

Für die Entwicklung eines gebrauchstauglichen Assistiven Systems zur Unterstützung der Kommunikation bedeutet dies, dass sowohl Intensivpflegepersonal als auch Stellvertreter von Patienten in den Entwicklungsprozess einbezogen werden sollten. Die primäre Nutzergruppe eines solchen Systems sind die Patienten, das Intensivpflegepersonal bildet als Kommunikationspartner und Verantwortliche für einerseits die Erkennung von Bedürfnissen, Fähigkeiten und Problemen und andererseits Planung und Durchführung der Pflegemaßnahmen eine nahezu ebenso wichtige Nutzergruppe.

3.4 Nutzungskontext Intensivpflege

In Krankenhäusern ist die Intensivtherapie und -pflege eine wesentliche Säule der erfolgreichen Behandlung kritisch kranker Menschen. Larsen [2016, S. 529] beschreibt diesen Kontext wie folgt: Die Intensivpflege umfasst die ganzheitliche Pflege und Versorgung von Patienten mit akuten, lebensbedrohlichen Erkrankungen, weiterhin die palliative Versorgung unheilbar Erkrankter, einschließlich Sterbebegleitung. Das übergeordnete Ziel der Intensivpflege ist die Wiederherstellung der Gesundheit oder, wenn dies nicht möglich ist, des bestmöglichen Patientenzustands. In der Intensivmedizin müssen spezifische Therapieziele flexibel und in Abstimmung mit dem ärztlichen Dienst an den jeweiligen Patientenzustand angepasst werden. Dabei verfolgen alle beteiligten Berufsgruppen die Ziele gemeinsam und strikt patientenbezogen. Die Intensivpflege ist hierbei verantwortlich für die Durchführung der pflegerisch notwendigen Maßnahmen nach dem gesicherten Standard. [Larsen, 2016]

Während es deutschlandweit in den Jahren 2016–2019 jährlich ca. 19,5 Mio. Behandlungsfälle gab, wurden davon etwa 2.1 Mio. auf Intensivstation behandelt. Rund 400.000 (etwa 20 Prozent) der Intensivpatienten wurden künstlich beatmet [Destatis, 2017, 2018, 2020, 2021].

Je nach Art der Erkrankung oder Therapie werden Patienten auf unterschiedlich spezialisierten Intensivstationen behandelt. Allgemein lässt sich zwischen chirurgischen und internistischen Stationen unterscheiden, wobei es auch interdisziplinäre Stationen gibt. In den Fachbereichen gibt es diverse Spezialstationen, z.B. neuro- oder herzchirurgische, pädiatrische oder neurologische Intensivstationen [Larsen, 2016, S. 501].

Drei Faktoren sind für den Kontext der vorliegenden Arbeit von speziellem Interesse, daher werden diese im Folgenden diskutiert. Aus der oben beschriebenen Definition einer Intensivstation ergibt sich die Notwendigkeit der Überwachung des Zustands von kritisch kranken Patienten. Im Abschnitt 3.4.1 werden Hilfsmittel zur Überwachung und Unterstützung von Patienten vorgestellt und ein Überblick über Geräte, Zu- und Abgänge, sowie die Versorgung der Intensivpatienten gegeben.

Die Überwachung von Vitalparametern alleine ermöglicht in den meisten Fällen keine Rückschlüsse auf die expliziten Bedürfnisse der Patienten. Selbst bei vermeintlich objektiv durch die Parameter der Beatmungsmaschine erfassbaren Zuständen wie *Atemnot* können Betroffene ein Gefühl der Atemnot haben, welches objektiv nicht erfasst wird. Daher wird in Abschnitt 3.4.2 das Thema Hilfsmittel zur Unterstützung der Kommunikation aus Abschnitt 2.2 mit Bezug zum Kontext der Intensivpflege vertieft.

Patientennahe Oberflächen können eine Quelle für die Übertragung von Krankheitserregern darstellen. Für alle Geräte und Materialien – zur Überwachung, Therapie oder als Eingabeform für ein Kommunikationssystem – ist sicherzustellen, dass das Übertragungsrisiko durch geeignete Hygienemaßnahmen reduziert wird. Das Thema Hygiene wird daher in Abschnitt 3.4.3 adressiert.

3.4.1 Hilfsmittel zur Überwachung und Unterstützung von Patienten

Intensivpatienten liegen üblicherweise in einem Krankenbett und sind mit einer Reihe von Überwachungs- und Unterstützungsgeräten verbunden. Vitalparameter werden dauerhaft überwacht und auf einen Überwachungsmonitor dargestellt. Das umfasst die Herzaktivität mittels Elektrokardiogramm und Herzfrequenz, jedoch auch Blutdruck, Atemfrequenz, Körpertemperatur etc. [Larsen, 2016, S. 581]. Zur Messung der Parameter werden nicht-invasive und invasive Messvorrichtungen am Körper angebracht (beispielsweise Hautelektroden, Pulsoxymeter, Kanülen), die mit den Anzeigen der Vitalparameter verbunden sind.

Benötigt der Patient eine Beatmungsunterstützung, wird diese entweder durch eine endotracheale Intubation (Beatmungsschlauch durch Mund bzw. Nase) oder eine Tracheotomie (Beatmungsschlauch wird per Luftröhrenschnitt direkt in die Luftröhre eingeführt) ermöglicht [Larsen, 2016, S. 730 ff.]. Das mit dem Schlauch verbundene Beatmungsgerät lässt darüber mit Sauerstoff angereicherte Luft in die Lungen ein- und ausströmen. Je nach Indikation wird eine unterstützte oder vollständige Beatmung durchgeführt. Das Beatmungsgerät stellt für die Beatmung relevante Vitalparameter dar (Atemfrequenz, Atemzugvolumen, Beatmungsdruck etc.) [Larsen, 2016, S. 748 ff.].

Schmerzstillende und beruhigende Medikamente können über einen zentralen Venenkatheter direkt ins Blut gegeben werden [Larsen, 2016, S. 601 ff.]. Die Ernährung geschieht entweder über eine Sonde (beispielsweise eine Magensonde) oder ebenfalls über den zentralen Venenkatheter [Larsen, 2016, S. 586 ff.]. Ein Blasenkatheter wird genutzt, um den Urin und die Ausscheidung zu überwachen und verhindert das Einnässen [Larsen, 2016, S. 101 ff.].

Wenn überwachte Parameter zuvor eingestellte Grenzwerte über- oder unterschreiten, werden akustische und optische Alarmsignale ausgelöst [Larsen, 2016, S. 582, 760], welche zu der auf Intensivstationen herrschenden, oft lauten Geräuschkulisse beitragen. Befragte Patienten und Mitarbeiter fühlen sich von dieser gestört und empfinden sie als Lärm [Coben, 2017].

3.4.2 Hilfsmittel zur Unterstützung der Kommunikation

In ihrem Bemühen, sich mitzuteilen, nutzen verbal eingeschränkte Patienten und das Pflegepersonal ihre eigene Kreativität, um situativ passende Strategien für die direkte Kommunikation zu finden. Dabei handelt es sich jedoch in der Regel um langsame, kräftezehrende Methoden wie das Nachsprechen von Wörtern, das Nicken auf eine Reihe von Ja- oder Nein-Fragen und die Verwendung von Schreibblöcken, Buchstaben-tafeln, Handzeichen und Gesichtsgesten [Rodriguez & Rowe, 2010]. Dabei gibt es mit der *Unterstützten Kommunikation* einen Forschungsbereich mit einer umfangreichen Produktpalette, der sich auf die Unterstützung von Kommunikation fokussiert. Der Begriff wurde in Abschnitt 2.2 bereits definiert.

Lösungen der Unterstützten Kommunikation wurden für Personen entwickelt, die aufgrund neurologischer oder neuromuskulärer Erkrankungen temporär oder längerfristig verbal eingeschränkt sind. Folglich stellt sich die Frage, ob diese auch für die Unterstützung der Kommunikation intubierter Patienten auf Intensivstationen eingesetzt werden können. Die Fragestellung wurde von verschiedenen Forschern aufgegriffen, in Literatur-Reviews haben vor allem Carruthers et al. [2017] und Zaga et al. [2019] die Studienlage bezüglich kommunikativer Methoden und Interventionen für Weaningpatienten untersucht. Letztere kommen zu der Schlussfolgerung, dass es zunehmend positive Belege für die Durchführbarkeit, Sicherheit und Nutzen von Kommunikationsinterventionen gibt. Gleichzeitig berichten die Autoren, dass noch weitere Forschung nötig ist, um stichhaltige und vergleichbare Studienergebnisse zu produzieren. In der Praxis werden bestehende Lösungen von Personal und Angehörigen selten genutzt, da sie oft nicht den Fähigkeiten der Patientenpopulation entsprechen [Henkel et al., 2018] oder sich aufgrund mangelnder Evidenz noch keine Lösung durchgesetzt hat [Carruthers et al., 2017]. Nachfolgend werden unterschiedliche, in der Literatur beschriebene Kommunikationslösungen für den Intensivkontext vorgestellt und diskutiert.

Die Kommunikationslösungen lassen sich in analoge und technische Ansätze kategorisieren. Die analogen Ansätze (engl. low-technology AAC) umfassen Kommunikations- und Bilder-Boards bzw. Bilderbücher, Alphabet-Tafeln, Symbol-Tafeln sowie Stift und Papier. Carruthers et al. [2017] haben in einem systematischen Review die berichteten Effekte Unterstützter Kommunikation für beatmete Intensivpatienten untersucht. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass es vorläufige, jedoch widersprüchliche Belege dafür gibt, dass die eingesetzten Strategien Unterstützter Kommunikation die Kommunikationsprobleme verringern [Carruthers et al., 2017]. Dabei wurden analoge Ansätze mit Stift und Papier sowie illustrierten Kommunikationsmaterialien wie Bilder-Boards [El-Soussi et al., 2015] untersucht. Diese berücksichtigen insbesondere in den frühen Phasen der Beatmungsentwöhnung nicht die ganzheitlichen Auswirkungen der Beeinträchtigungen von Intensivpatienten, sodass der Einsatz situativ unangemessen sein kann [Rodriguez & Rowe, 2010, Rodriguez et al., 2012]. Kritisch kranke und

somit geschwächte Patienten sind beispielsweise häufig nicht in der Lage, Stift und Papier angemessen und effektiv zur Kommunikation zu nutzen [Rodriguez et al., 2012]. Ein wichtiger Kritikpunkt wird von Rodriguez & Rowe [2010] angeführt: analoge Ansätze unterstützen Patienten nur in der direkten Interaktion. Pflegekräfte abseits des Patientenbettes lassen sich damit nicht erreichen.

Technische Ansätze (engl. high-technology AAC) fassen alle Ansätze zusammen, die das Speichern und Abrufen von Nachrichten ermöglichen, viele davon mit Sprachausgabe. Typischerweise handelt es sich dabei um elektronische Geräte². Carruthers et al. [2017] nennen in ihrer Übersichtsarbeit als untersuchte Beispiele spracherzeugende Geräte, mobile Systeme mit Apps, Assistive Systeme mit Augensteuerung und weitere computerbasierte All-in-One-Kommunikationslösungen mit Augen-, Hand- und Fingergesten- oder Touchsteuerung.

Viele Ansätze nutzen Sprachcomputer auf Basis von Tablets, auch Talkpads genannt. In Abbildung 8 ist ein Gerät der neusten Generation abgebildet. Ähnliche Konzepte und Geräte früherer Generation wurden bereits seit 2004 in Studien untersucht [Happ et al., 2005, 2004, Miglietta et al., 2004]. Die Eingabe erfolgt bei Geräten auf Basis von Tabletcomputern mittels Touch [Maringelli et al., 2013, Miglietta et al., 2004] oder Augensteuerung [Garry et al., 2016, Miglietta et al., 2004]. Miglietta et al. [2004] beschreiben mit LifeVoice schon früh ein System (ähnlich dem Gerät in Abbildung 8), welches per Touchgesten- und Augensteuerung genutzt werden kann und sowohl technisch als auch inhaltlich speziell auf die Bedürfnisse beatmeter Trauma-Patienten ausgerichtet ist. Als größte Limitation beschreiben die Autoren, dass die geeignete Patientenpopulation umsichtig ausgesucht werden muss, denn diese sollten im Idealfall „zuverlässig sein, sich beteiligen oder aktiv mitarbeiten sowie den Umgang mit Computersystemen beherrschen“ [Miglietta et al., 2004].

Augen- und Blicksteuerungssysteme werden bereits seit den 1970er-Jahren erforscht und sind im Bereich der *Unterstützten Kommunikation* außerhalb der Intensivstation bereits etabliert [Päivi, 2011]. Im Weaning-Kontext wurden in Studien zwar positive kommunikative Ergebnisse erzielt [Garry et al., 2016, Maringelli et al., 2013], jedoch auch die Limitationen der Geräte dargelegt. So beschreiben Garry et al. [2016] als Hindernisse für die Nutzung Konzentrationsprobleme bei einigen Patienten (die sich auf kognitive Beanspruchung zurückzuführen lassen), fehlende Erkennung bei nicht weit genug geöffneten Augen, hohen Aufwand für (Re)Konfiguration und Kalibrierung und damit auch höherem Personalbedarf, Trainings- und Schulungsbedarf für die Nutzung und Kalibrierung sowie die hohen finanziellen Kosten.

Typischerweise bieten die beschriebenen Systeme ein gitterförmiges Menü-Design (vgl. Abbildung 8), aus welchem Kommunikationsbausteine ausgewählt werden können. Je nach Kontext werden unterschiedliche Kommunikationsthemen- und Icon-Pakete angeboten. Um die Auswahl aus einer Vielzahl von Themen zu ermöglichen, sind diese zu Kategorien zusammengefasst und in einer oftmals hierarchischen Menüstruktur angeordnet. Neben der visuellen Ausgabe werden zudem mittels Sprachsynthese generierte Audioausgaben erstellt [Happ et al., 2005, 2004] oder Tablets mit programmierbarer Sprachausgabe [Rodriguez et al., 2012, 2016] eingesetzt. Augen- und Blicksteuerungssysteme haben sich bislang nicht durchgesetzt.

²<https://ussaac.org/aac-info/aac-devices/> (abgerufen am 07.09.2022)

³Bildquelle: <https://de.tobiidynavox.com/pages/i-series> (abgerufen am 07.09.2022)



Abbildung 8: Tabletbasierte Kommunikationsgeräte der i-Serie von Tobii Dynavox mit gitterförmigem Menü-Design sowie Touch- und Augensteuerung als Eingabemodalitäten ³

Carruthers et al. [2017] ziehen die Schlussfolgerung, dass die effektivste Strategie der *Unterstützten Kommunikation* weiterhin unbekannt sei, da die untersuchten Studien keine konsistenten Ergebnisse aufweisen. Nichtsdestotrotz sei die *Unterstützte Kommunikation* für Patienten, Personal und Angehörige weiterhin äußerst relevant.

Ein Ansatz eines speziell für Weaningpatienten entwickelten Eingabegerätes wird von Goldberg et al. [2017a,b, 2021] beschrieben. Dieser zielt darauf ab, die Kommunikation zwischen Intensivpatienten und Pflegepersonal zu verbessern. In dem Beitrag wird der Kontext auf der Intensivstation und zu berücksichtigende motorische Einschränkungen von Intensivpatienten beschrieben. Darauf aufbauend werden erste Anforderungen an ein interaktives System vorgestellt, die einen wertvollen Beitrag für die Anforderungen des in dieser Arbeit beschriebenen Systems bieten. Diese werden im Folgenden zusammengefasst. Zur Adressierung der visuellen Einschränkungen vieler Patienten sollten große und kontrastreiche Displays (bzw. kontrastreich gestaltete Anwendungen) eingesetzt werden. Aufgrund der kurzen Aufmerksamkeitsspanne der Patienten sollte der Lernprozess mit dem System möglichst kurz sein. Um Verwirrung zu verringern, sollten für das Design der grafischen Mensch-Technik-Schnittstelle bewährte und bekannte Interaktionskonzepte aus alltäglichen Systemen genutzt werden. Die Einhaltung gängiger Hygienebestimmungen wird als wichtige Anforderung genannt. Weiterhin sollte die Systemsprache auf fremdsprachige Nutzer angepasst werden können. Manuell bedienbare Geräte sollten in Bezug auf die Art der erforderlichen Manipulation so flexibel wie möglich gestaltet sein, um die motorischen und anderen körperlichen Defizite von Intensivpatienten zu berücksichtigen [Goldberg et al., 2017a]. Zudem beschreiben die Autoren das Konzept eines Prototyps, welcher Weaningpatienten befähigen soll, sich dem Pflegepersonal über das einem Joystick ähnelndem Eingabegerät und einem Tablet mit einem simplen Design mitzuteilen [Goldberg et al., 2017b]. Weitere Bedürfnisse betroffener Patienten (wie beispielsweise die (Re)Orientierung)

werden nicht adressiert. Dabei ist dies ebenfalls ein entscheidender Faktor, um einen verlängerten Heilungsprozess oder ein Delirium zu verhindern (vgl. Abschnitt 3.3.1).

Das Design des Prototyps ist minimalistisch und konzentriert sich auf die Bedürfnisse von Intensivpatienten, wobei sowohl visuelle als auch auditive Ausgaben verwendet werden [Goldberg et al., 2017b]. Das neuartige Interaktionsgerät ist an die körperlichen Beeinträchtigungen und Defizite der Patienten adaptierbar und der integrierte Vibrationsmotor ermöglicht es, Feedback auf Eingaben zu geben. Die mit dem Gerät gesteuerte Anwendung ermöglicht die Auswahl geeigneter, kontextspezifischer Kommunikationsthemen. Das als *Manually Operated Communication System* (MOCS) bezeichnete System wurde im Rahmen einer Pilotstudie erprobt, dabei wurde dem System eine hohe Gebrauchstauglichkeit attestiert [Goldberg et al., 2021]. Es bildet damit einen vielversprechenden Lösungsansatz für die Unterstützte Kommunikation von beatmeten Intensivpatienten. Das beschriebene System entspricht dem Stand eines Forschungsprototyps, umfassendere Untersuchungen stehen noch aus. Das System wurde patentiert⁴.

Aus dem deutschsprachigen Raum beschreiben Fegbeutel et al. [2021] erste Erkenntnisse der Evaluation eines Kommunikationscomputers im intensivmedizinischen Verlauf von deutsch- und nicht-deutschsprachigen herz-, thorax-, transplantations- und gefäßchirurgischen Patienten. Zugrunde liegt das Patientenkommunikationssystem Carna⁵, welches Patienten über zwei pneumatische Taster die Auswahl von auf einem mobilen Monitor angezeigten Kommunikationsthemen ermöglicht. Zwar werden unterschiedliche Entwicklungsstufen des Systems beschrieben, jedoch lassen die fehlenden konkreten Ergebnisse oder Hinweise zu der zugrundeliegenden Studie auf ein frühes Stadium der Forschung schließen.

Ein weiterer deutschsprachiger Ansatz ist IntensivKontakt⁶. Das von Medizinstudenten aus praktischen Erfahrungen aufbauend gegründete Start-up beschreibt sein System als eine Plattform, welche (Intensiv-)Patienten, Behandler und Angehörige kommunikativ verbindet. Es besteht aus medizinischen Tablets mit einer Liste vorinstallierter Apps, mit denen Angehörige und Patienten synchron und asynchron kommunizieren können. Dazu zählen Videotelefonie und der Austausch audio-, video- und textbasierter Medien über eine Cloud-Lösung. Erkenntnisse über die Wirksamkeit wurden bislang nicht publiziert. Fokus des Ansatzes liegt insbesondere auf dem medialen Austausch zwischen Patienten und Angehörigen (beispielsweise wenn aufgrund von Restriktion keine Besuche erlaubt sind), jedoch weniger auf der Überwindung direkter Kommunikationsbarrieren zwischen Patienten und Intensivpflegepersonal.

3.4.3 Hygienebestimmungen

Die Pflege und Behandlung kranker Patienten in einem Krankenhaus ist stets mit einem Infektionsrisiko verbunden. Larsen [2016, S. 562] beschreibt, dass Intensivpatienten weiterhin ein hohes Infektionsrisiko aufweisen, insbesondere auf operativen Intensivstationen. Oftmals treten nosokomiale – im Krankenhaus erworbene – Infektionen auf. Um das zu vermeiden, ist angemessene Hygiene in den Kliniken äußerst wichtig.

⁴<https://www.freepatentsonline.com/y2021/0045692.html> (abgerufen am 10.06.2023)

⁵<https://www.kmh-technik.de/medizintechnik/> (abgerufen am 14.06.2022)

⁶<https://www.intensivkontakt.de/> (abgerufen am 14.06.2022)

Das Robert-Koch-Institut (RKI) veröffentlicht regelmäßig dem aktuellen Forschungsstand entsprechende Empfehlungen zur Minimierung von Infektionen. Auf der Website des RKI⁷ wird beschrieben, dass Empfehlungen zur Prävention nosokomialer Infektionen solche zu betrieblich-organisatorischen und baulich-funktionellen Maßnahmen der Hygiene, das Hygiene-Management sowie Methoden zur Erkennung, Erfassung, Bewertung und gezielter Kontrolle dieser Infektionen einschließen.

„Häufige Handkontaktflächen in der unmittelbaren Umgebung des Patienten können eine Quelle für die Übertragung von Krankheitserregern darstellen. Dazu gehören beispielsweise Nachttische, Monitore, Klingel, Handlauf und Griffe am Bett, Fernbedienung von Bett und TV, Armlehnen an Stühlen, Tragen, medizinische Geräte und deren Bedienoberflächen (beispielsweise Blutzuckermessgeräte, Touchscreens). Die Reinigung und Desinfektion von patientennahen Oberflächen ist daher Bestandteil der Basishygiene“ [Dettenkofer et al., 2018, S. 359].

Bei Tätigkeiten, die eine hygienische Händedesinfektion erfordern, ist das Tragen von Gegenständen an Händen und Unterarmen nicht erlaubt, da diese eine gründliche und effektive Händedesinfektion unmöglich machen. Das betrifft Gegenstände wie Schmuckstücke, Ringe, einschließlich Eheringe, Armbanduhren, Piercings, künstliche Fingernägel und sogenannte Freundschaftsbänder. Auch Wearables an Händen und Unterarmen sind eingeschlossen. Zu den kritischen Tätigkeiten zählen alle mit direktem Patientenkontakt [Dettenkofer et al., 2018, S. 352, 355].

3.4.4 Zusammenfassung und Fazit

Patienten auf der Intensivstation werden durch diverse Hilfsmittel überwacht und unterstützt. Dazu gehört die Zufuhr von Medikamenten und Nahrung sowie ggf. die maschinelle Beatmung. Werden Grenzwerte der überwachten Parameter überschritten, lösen akustische und/oder optische Signale aus, welche die meist bereits laute und oft als störend wahrgenommene Geräuschkulisse erhöhen. Für das Assistive System ergibt sich daraus, dass die Gesamtgeräuschkulisse während der Konzeption berücksichtigt werden sollte, um diese nicht zusätzlich zu erhöhen.

Es gibt einen hohen Unterstützungsbedarf für die Kommunikation mit künstlich beatmeten Patienten. Oft werden dabei ineffiziente Methoden eingesetzt. Der Forschungsbereich der *Unterstützten Kommunikation* bietet eine Reihe analoger und technischer Instrumente sowie Strategien für die Kommunikationsunterstützung. In der Regel wurden diese für Kontexte außerhalb von Intensivstationen entwickelt. Im Rahmen von systematischen Reviews wurde eine Reihe an Studien analysiert, die den Einsatz kommunikationsunterstützender Instrumente für maschinell beatmete Intensivpatienten untersucht haben [Carruthers et al., 2017, Zaga et al., 2019]. Die Erkenntnisse werden im Folgenden kurz zusammengefasst. Analoge Ansätze sind zumeist einfach und kostengünstig. Deren Einsatz ist im Weaning-Kontext nicht immer zielführend, da diese insbesondere in den frühen Phasen der Beatmungsentwöhnung nicht die ganzheitlichen Auswirkungen der Beeinträchtigungen von Intensivpatienten berücksichtigen. Zudem wurden verschiedene technische Ansätze in Studien untersucht. Die den Ansätzen zugrunde liegenden technischen Systeme unterscheiden sich durch die

⁷www.rki.de/DE/Content/Infekt/Krankenhaushygiene/krankenhaushygiene_node.html (abgerufen am 05.11.2021)

Art der Eingabe (Touch, Hand- und Fingergesten, Augensteuerung), ähneln sich jedoch oftmals in der rasterförmigen Form der Darstellung von Kommunikationsbausteinen. In zwei Systemen wird ein speziell auf den Kontext angepasstes Eingabegerät zur Steuerung einer simpel gehaltenen grafischen Benutzungsschnittstelle eingesetzt, die eine auf die Beatmungssituation angepasste kommunikative Interaktion ermöglicht [Fegbeutel et al., 2021, Goldberg et al., 2021]. Keiner der Ansätze wird im Regelbetrieb eingesetzt.

Hygiene ist im Krankenhaus von zentraler Bedeutung für die Prävention von Infektionen, speziell durch krankenhauserne Erreger. Insbesondere Handkontaktflächen in der unmittelbaren Umgebung des Patienten müssen nach dem Kontakt desinfiziert werden. Das betrifft ebenfalls alle patientennahen Komponenten von Assistiven Systemen. Tätigkeiten mit direktem Patientenkontakt erfordern eine hygienische Händedesinfektion. An Händen oder Unterarmen getragene Gegenstände wie Schmuck oder Uhren werden als Infektionsherde für Erreger eingestuft und sind für diese Tätigkeiten daher verboten. Wearables als Interaktionsgeräte müssen daher ausgeschlossen werden.

Eine weitere Erhöhung der Geräuschkulisse sollte zur Schonung von Patienten und des Intensivpersonals vermieden werden. Damit wird die Nutzung auditiver Schnittstellen eingeschränkt. Die Forschung zu Kommunikationshilfsmitteln zeigt den Bedarf und die Relevanz, die Effektivität der Ansätze konnte im Regelbetrieb bisher für keinen der Ansätze gezeigt werden. Einige der vorgestellten Systeme bieten durch die Beschreibung der konkreten Umsetzung gestalterische Orientierungspunkte für das in dieser Dissertation beschriebene Assistive System. Die Hygienebestimmungen in Krankenhäusern setzen voraus, dass alle patientennahen Systemkomponenten wischdesinfizierbar sein müssen. Die aus den beschriebenen Aspekten gewonnenen Erkenntnisse für die Spezifikation von Anforderungen werden in Abschnitt 3.6 beschrieben.

3.5 Szenarien

Szenarien sind eine vielseitig einsetzbare Methode in der menschenzentrierten Entwicklung. Rosson & Carroll [2012] unterscheiden in ihrem Ansatz *Scenario-Based Design* zwischen Problem- und Lösungsszenarien mit unterschiedlicher Granularität. Jedes Problemszenario ist ein Narrativ über aktuelle Praktiken, die eine synthetische Sicht auf die Akteure, Themen, Beziehungen und Artefakte bietet, die bei der Feldforschung entdeckt wurden [Rosson & Carroll, 2012]. In Kombination mit Personas sowie ihren Hintergrundinformationen und Zielen werden die Szenarien greifbarer [Cooper et al., 2014]. Lösungsszenarien können als Gegenstück zu den Problemszenarien dienen, indem sie narrativ und situationsbezogen mögliche Lösungsansätze für die skizzierten Probleme beschreiben. Der Abstraktionsgrad der Lösungsszenarien kann je nach Fortschritt im Gestaltungsprozess unterschiedlich gewählt werden [Cooper et al., 2014].

Um häufige Probleme von Weaningpatienten und ihren Pflegefachkräften charakterisieren und typische Situationen identifizieren zu können, wurden in interdisziplinären Workshops iterativ zu den entsprechenden Personas passende, realitätsnahe, nachvollziehbare Problem- und Lösungsszenarien formuliert. Ein Fokus lag dabei darauf, in den Szenarien das implizite Wissen der teilnehmenden Experten auf dem Gebiet der Intensivpflege explizit zu machen.

Da die Probleme oftmals vielschichtig, vielfältig und zusammenhängend sind, lassen sich diese nur schwer in einzelne Problem-Kategorien einteilen. Stattdessen sind die Szenarien nach den zugehörigen Personas kategorisiert.

Exemplarisch werden im Folgenden für die *Primary Persona* des Patienten Klaus Kleinschmidt die drei Themen Informations-, (Re)Orientierungs- sowie Kommunikationsdefizite mit den entsprechenden Szenarien beschrieben.

Die weiteren Themen einschließlich ihrer Szenarien sind in Anhang B einsehbar.



Patient Klaus Kleinschmidt (Primary)

62 Jahre • verheiratet • zwei erwachsene Töchter • Bereichsleiter in einer Altenpflegeeinrichtung

Persona 1: Internistischer Notfall – für Assistives System geeignet

Grund für Intensivstation mit künstl. Beatmung

Akute Lungenentzündung mit bereits erheblichen funktionalen Einschränkungen der Lunge

Weaningsituation

Hat eine verlängerte Weaning-Phase

Zeigt noch keine Wachreaktion, obwohl die Sedierung schon seit 2 Tagen aus ist

Ein hypoaktives Delirium kann nicht sicher ausgeschlossen werden (öffnet nur kurz die Augen, Aufmerksamkeitsspanne < 10 sek., Bewegungsarmut, nimmt keinen Kontakt zur Umwelt auf)

Wird am dritten Tag schnell wach und reagiert adäquat

Kommunikation

Tubus im Hals verhindert normales Sprechen nach dem wach werden

Weder Lippenlesen noch leserliches Schreiben sind möglich

Nutzungspotenzial

Tag 1 + 2: Informationsgabe bietet Orientierung, Interaktion ist noch nicht möglich

Ab Tag 3: aktive Nutzung ist möglich, Handgesten sind trotz schwacher Hände möglich (drehen, drücken). Benötigt unbedingt eine Brille oder einen Bildschirm dicht vor seinem Gesicht



Biographie

Übergewichtig (153 kg bei 1,78 m) Kurzsichtig – trägt immer eine Brille

Gemüthlicher Typ Technikinteressiert – sitzt in seiner Freizeit viel vorm Computer

Ruhiger Charakter

Sehr geduldig

Geht gerne gut und viel essen

Starker Raucher

Abbildung 9: Primary Persona Klaus Kleinschmidt

3.5.1 Thema 1a: Informationsdefizit

Das folgende Problemszenario zeigt für die Persona Klaus Kleinschmidt exemplarisch eine Situation mit einem Informationsdefizit auf.

Problemszenario

Herr Kleinschmidt hatte eine akute Lungenentzündung und liegt beatmet auf der Intensivstation. Am dritten Tag wird er wach, öffnet die Augen, kann sich aber nicht erinnern, was passiert ist und wie er dort hingekommen ist. Das vorangegangene hypoaktive Delir kann aktuell ausgeschlossen werden. Herr Kleinschmidt möchte wissen, was passiert ist (Grund für Einlieferung), wo genau er ist (Station, Situation, Tag), was in der Versorgung passiert (durchgeführte und geplante Therapie) und ob Angehörige informiert sind.

Durch die fehlenden Orientierungspunkte ist er unruhig, frustriert und zunehmend aggressiv.

Lösungsszenario

Basierend auf dem oben beschriebenen Problemszenario wurde folgendes Lösungsszenario entwickelt, welches die Informationsgabe durch das Assistive System beschreibt.

Herr Kleinschmidt hatte eine akute Lungenentzündung und liegt beatmet auf der Intensivstation. Am dritten Tag wird er wach, öffnet die Augen kann sich aber nicht erinnern, was passiert ist und wie er hier hergekommen ist. Das vorangegangene hypoaktive Delir kann aktuell ausgeschlossen werden. Herr Kleinschmidt möchte wissen, was passiert ist (Grund für Einlieferung), wo genau er ist (Station, Situation, Tag), was in der Versorgung passiert (durchgeführte und geplante Therapie) und ob Angehörige informiert sind.⁸

Herr Kleinschmidt erhält Informationen zu Ort („Universitätsklinikum Lübeck“), Datum („Dienstag, den 20. März“), Zeit, Wetter (Temperatur) und, falls hinterlegt, der verantwortlichen Pflegekraft (Vor- und Nachname). Diese Informationen bekommt er einerseits in den konfigurierten Intervallen als Ansage (mit weiblicher, menschlicher Stimme) primär über Kopfhörer (sekundär auch über Lautsprecher möglich). Weiterhin werden die Informationen permanent in der grafischen Oberfläche auf dem Bildschirm angezeigt.

Herr Kleinschmidt kann sich über den groben Tages- bzw. Planungsablauf der anstehenden pflegerischen Maßnahmen informieren. Hierzu gibt es einen Menüpunkt im Assistiven System. Bei Aufruf werden die Informationen zu den Maßnahmen in einer Maske dargestellt.

3.5.2 Thema 1b: (Re)Orientierungsdefizit

Defizite bei der (Re)Orientierung können zu Halluzinationen und schlimmstenfalls zu einem Delirium führen. Hier besteht das Pflegeziel, dem Patienten durch die Informationsgabe Sicherheit und Orientierung zu bieten.

Problemszenario

Herr Kleinschmidt befindet sich im Dämmer Schlaf. Er hört Geräusche (unter anderem Monitoralarmlaute, Glasklirren, auf- und zugehende Schubladen und Türen) und (fremde) Stimmen, kann dies aber nicht zuordnen oder erklären, weil ihm Informationen zu Zeit, Ort und Situation fehlen.

Hirnorganisch werden die empfangenen Stimuli (Geräusche und Stimmen) verarbeitet, um seine Situation „zu erklären“ und lösen damit eine

⁸Zum besseren Verständnis umfassen die Lösungsszenarien in kursiv geschrieben die relevanten Teile aus dem zugehörigen Problemszenario.

Halluzination aus. Ein mögliches „Denk“-Szenario wäre Folgendes: Er denkt, er sei nach einer „feucht-fröhlichen“ Betriebsfeier hinter einem Supermarkt eingeschlafen, an dem Waren angeliefert werden.

Lösungsszenario

Analog zum ersten Lösungsszenario kann dem Problemszenario mittels Informationsgabe durch das Assistive System begegnet werden.

Herr Kleinschmidt befindet sich im Dämmer Schlaf. Er hört Geräusche (Monitoralarne, Glasklirren, auf- und zugehende Schubladen und Türen) und (fremde) Stimmen, kann dies aber nicht zuordnen/erklären, weil ihm Informationen zu Zeit, Ort und Situation fehlen.

Herr Kleinschmidt erhält durch das Assistive System Informationen zu Ort („Universitätsklinikum Lübeck“), Datum („Dienstag, den 20. März“), Zeit („14:22 Uhr“), Wetter („23° C“) und, falls hinterlegt, der verantwortlichen Pflegekraft („Michaela Dose“) als akustische Ansage (mit weiblicher, menschlicher Stimme) primär über Kopfhörer (sekundär auch über Lautsprecher möglich).

Diese Informationen helfen ihm, sich zu orientieren und seine Fragen nach Zeit, Ort und Situation zu beantworten.

3.5.3 Thema 1c: Informations- und Kommunikationsdefizit

Problemszenario

Herr Kleinschmidt wird zunehmend wacher und würde gerne wissen, wie es seiner Ehefrau geht und ob sie informiert ist. Er erinnert sich nicht daran, wann er seine Frau das letzte Mal gesehen hat und er macht sich große Sorgen um ihren Verbleib.

Da vorangegangene Kommunikationsversuche mit den betreuenden Personen schon frustriert verlaufen sind, wagt er keinen Versuch sich mitzuteilen. Die Gedanken um seine Frau beschäftigen ihn sehr und er reagiert aus Traurigkeit und Sorge kaum auf seine Umwelt.

Lösungsszenario

Für die zugrundeliegenden Probleme wurde ein Lösungsszenario entwickelt, welches einerseits einen Mediaplayer beschreibt, in dem Angehörige digitale Medien mitbringen und hinterlegen können und andererseits die Kommunikation von Informationsbedarf thematisiert.

Herr Kleinschmidt wird zunehmend wacher und würde gerne wissen, wie es seiner Ehefrau geht und ob sie informiert ist. Er erinnert sich nicht daran, wann er seine Frau das letzte Mal gesehen hat und er macht sich große Sorgen um ihren Verbleib.

In dem Assistiven System kann Herr Kleinschmidt Bilder und ein kurzes Video seiner Frau abspielen, die sie bei einem vorigen Besuch mitgebracht hat. Er hat die Möglichkeit, manuell durch die Mediendateien zu navigieren oder eine Diashow zu starten. Dies beruhigt ihn, dennoch möchte er gerne Genaueres erfahren.

Daher öffnet Herr Kleinschmidt beim nächsten Besuch der Pflegekraft in der Maske des Assistiven Systems zur *Unterstützten Kommunikation* den Themenbereich „häuslicher Kontext“ und kann dadurch gezielt seine Fragen stellen. Die Pflegekraft kann Herrn Kleinschmidt beruhigen und erzählt ihm, wann seine Frau zuletzt zu Besuch war und dass sie ihn bald wieder besuchen möchte.

3.5.4 Zusammenfassung und Fazit

Szenarien sind eine narrative Methode zur Darstellung relevanter Situationen. Dabei werden in diesem Fall Problemszenarien zur Beschreibung problematischer Situationen und Lösungsszenarien zu einer Adressierung dieser Situation mit einem oder mehrerer Lösungsansätze eingesetzt. In Kombination mit der zuvor beschriebenen Methode der Personas mit ihren zugehörigen Hintergrundinformationen und Zielen können die Szenarien mehr Tiefe erlangen.

Dazu wurde jeder Persona ein aus verschiedenen Problem- und Lösungsszenarien bestehender Themenkomplex zugeordnet. Exemplarisch wurde ein der Persona Klaus Kleinschmidt zugeordneter Themenkomplex mit verschiedenen Bedürfnissen bezüglich Information, (Re)Orientierung und Kommunikation sowie jeweils einem Problem- und Lösungsszenario vorgestellt.

Eine Kombination von Szenarien und Personas hat sich als ein adäquates Hilfsmittel zur Erlangung eines gemeinsamen Verständnisses des Nutzungskontextes Intensivstation auf interprofessioneller Ebene bewährt. Die 24 aufgestellten Szenarien ermöglichen ein klares Verständnis der entsprechenden Situation und verdeutlichen konkrete Problemstellungen. Aus den aufgestellten Lösungsszenarien ergeben sich erste Lösungsansätze, die als Basis für die weitere Entwicklung dienen. Aus den Szenarien lassen sich konkrete Anforderungen für ein gebrauchstaugliches Assistives System ableiten.

3.6 Anforderungsspezifikation

Die im folgenden Abschnitt beschriebenen Anforderungen setzen sich aus zwei Teilen zusammen: 1) den im Rahmen der vorangegangenen methodischen Abschnitte abgeleiteten Anforderungen und 2) den Ergebnissen der interdisziplinären Workshops, in denen gemeinsam die Personas und Szenarien erarbeitet wurden.

Die zentrale Anforderung an das System lässt sich mit einem Satz zusammenfassen, der sich in Bezug auf ihre Bestandteile weiter konkretisieren lässt:

Das System soll die Befriedigung der *unterschiedlichen Bedürfnisse* der Patienten in den *verschiedenen Bewusstseinsphasen* auf *geeignete Weise* unterstützen.

Hinsichtlich der *verschiedenen Bewusstseinsphasen* lassen sich auf Basis des RASS-Scores (vgl. Tabelle 4) verschiedene Phasen identifizieren:

1. Schlafende Patienten sind zu keiner bewussten Interaktion fähig.
2. Nach dem Aufwachen sind einige Patienten vermutlich in der Lage, triviale Interaktionen ohne viel kognitiven Anspruch zu verstehen und auszuführen.
3. Aufmerksame und ruhige Patienten erlangen schrittweise die Fähigkeiten, im Rahmen ihrer Möglichkeiten sicher mit ihrem Umfeld zu interagieren.

Die *Bedürfnisse der Patienten* wurden in Abschnitt 3.3.1 sowie noch einmal exemplarisch in den Szenarien in Abschnitt 3.5 beschrieben. Dazu zählen im bewussten Zustand die Bedürfnisse Kommunikation, Informationen, Teilhabe und Selbstbestimmtheit. In frühen Zeiten des Aufwachens sowie in bewusstseinsgetrübten Momenten (wie etwa innerhalb eines Delir-Zustandes) kommen noch die Bedürfnisse nach (Re)Orientierung und die bereits aktuell durch die Musiktherapie adressierte Stressreduzierung (vgl. Abschnitt 3.3.3) dazu.

Die *geeignete Weise* bezieht sich zum einen darauf, dass das System sich angemessen in die organisatorischen Abläufe einer Intensivstation integrieren lässt und zum anderen darauf, dass die Form der Unterstützung zielführend und hinsichtlich ihrer Wirkung evaluierbar ist.

Aus der kritischen Krankheit der Patienten ergibt sich eine starke Abhängigkeit von den Pflegekräften. Pflegekräfte handeln nach einem sechsstufigen Pflegeprozessmodell und ihre Tätigkeiten umfassen das Sammeln von Informationen, das Erkennen von Bedürfnissen, Fähigkeiten und Problemen des Patienten sowie die eigentlichen Pflegemaßnahmen einschließlich Vor- und Nachbereitungen (siehe Tabelle 5). Dementsprechend müssten diese das Assistive System auch für den Einsatz am Patienten vorbereiten.

In den Tabellen 6 und 7 werden die aus den Analysen synthetisierten Anforderungen zusammengefasst.

Die Anforderungen wurden im interdisziplinären Team diskutiert und festgelegt. Ein Großteil der Anforderungen konnte direkt aus den Lösungsszenarien oder den analysierten Bedürfnissen abgeleitet werden (beispielsweise FR-2-2 in Tabelle 6). Einige wenige ergeben sich direkt aus anderen Anforderungen (beispielsweise FR-9-2 in Tabelle 7), aus Diskussionen in den gemeinsamen Workshops oder aus dem Intensivkontext ((beispielsweise NFR-1-1 bis NFR-1-5 in Tabelle 7)). Bei der Spezifikation wurden die Qualitätskriterien von Software-Anforderungen des *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) berücksichtigt. Die Anforderungen werden im Folgenden beschrieben.

Eine wichtige Voraussetzung für eine kommunikative Interaktion durch Patienten ist, dass diese orientiert sind. Die Orientierung lässt sich durch basale Informationen fördern, die in regelmäßigen Abständen ausgegeben werden (adressiert in FR-1-1). Auch Musik kann dessen Förderung eingesetzt werden, wie es in der Musiktherapie angewandt wird (FR-1-2).

Kommunikation ist ein zentrales Bedürfnis. Ein Ziel der kommunikativen Interaktion von Patienten ist es, sich am Bett stehenden Personen mitteilen zu können (FR-2-1). Dabei ist es wichtig, dass Patienten aus für den Kontext angemessenen Kommunika-

ID	Titel	Beschreibung	Referenz
FR-1-1	Basisinformationen ausgeben	Das System soll zur Unterstützung der (Re)Orientierung der Patienten allgemeine Informationen (Datum, Uhrzeit, Ort, ggf. auch Wetterinformationen, Namen des Pflegepersonals) ausgeben.	LS-1a, LS-1b, LS-2a
FR-1-2	Hintergrundmusik abspielen	Das System soll patientenseitig von der Pflegekraft im Vorfeld ausgewählte Hintergrundmusik ausgeben.	Abschnitt 3.3.3, LS-2b
FR-2-1	Kommunikationswerkzeug	Das System soll es Patienten ermöglichen, sich anderen Personen im Raum mitzuteilen.	Abschnitt 3.3.1, PS-3c
FR-2-2	Kommunikationsthemen	Die zu wählbaren Kommunikationsthemen sollen typischen Kommunikationsbedürfnissen von Intensivpatienten entsprechen, die sich aus Ergebnissen der Literaturrecherche und dem Erfahrungswissen von Fachkräften zusammensetzen (Bsp. Atemnot, Positionswechsel, Durst, Informationen über Angehörige).	Abschnitt 3.3.1, LS-3c, LS-4b, LS-1c, LS-5a
FR-2-3	Kategorisierung	Kommunikationsthemen sollen sinnvoll und verständlich kategorisiert werden.	NFR-1-5
FR-2-4	Freitexteingabe	Patienten sollen nicht abgedeckte Themen per Freitexteingabe kommunizieren können.	LS-4a
FR-2-5	Vorab-Sortierung nach Relevanz	Besonders wichtige und häufige Kommunikationsthemen sollen mit wenigen Interaktionsschritten anwählbar sein.	NFR-1-5
FR-2-6	Detaillierte Schmerzkommunikation	Das System soll es dem Patienten ermöglichen, Details zu seinen Schmerzen (z.B. Schmerzort, -intensität) zu geben.	Abschnitt 3.3.2
FR-3-1	Fernkommunikation	Das System soll es dem Patienten ermöglichen, dem Pflegepersonal Bedürfnisse mitzuteilen, auch wenn es gerade nicht im Patientenzimmer ist.	LS-5a
FR-3-2	Kommunikationsthemen für die Fernkommunikation	Das System soll dem Patienten für die Fernkommunikation häufige Kommunikationsthemen zur Auswahl bieten.	LS-5a
FR-3-3	Feedback über angekommene Nachrichten	Der Patient soll Informationen darüber erhalten, dass die über die Fernkommunikation gesendeten Bedürfnisnachricht zur Kenntnis genommen wurde.	LS-5a
FR-4-1	Hochladen von Medien	Das System soll es Pflegekräften ermöglichen, von den Angehörigen mitgebrachte digitale Medien in das System hochzuladen.	LS-1c, LS-3a
FR-4-2	Darstellen von Medien	Das System soll es dem Patienten ermöglichen, von den Angehörigen mitgebrachte digitale Medien (Bilder, Videos, Sprachnachrichten, Musikkite) darzustellen bzw. wiederzugeben.	LS-1c, LS-3a
FR-4-3	Diashow der Medien	Das System soll es ermöglichen, die mitgebrachten Medien in einer Diashow wiederzugeben.	LS-1c, LS-3a
FR-5-1	Abrufen von Informationen	Das System soll es dem Patienten ermöglichen, selbstständig Informationen abzurufen.	Abschnitt 3.3.1
FR-5-2	Informationen über Pflegende	Das System sollte Name und Foto der Pflegenden in der aktuellen Schicht anzeigen.	Abschnitt 3.3.1
FR-5-3	Informationen über Abläufe	Das System sollte Patienten die Möglichkeit bieten, Informationen zu Themen wie z.B. Beatmung, Fixierung, Umlagern, etc. abzurufen.	LS-3b
FR-5-4	Informationen über Termine	Das System sollte anstehende und vergangene Termine visuell aufbereitet darstellen (Datum, Zeit, Tätigkeit, Beschreibung).	LS-10

Tabelle 6: Teil 1 der Übersicht über die spezifizierten Anforderungen an das Assistive System, die aus den Analyseergebnissen geschlussfolgert wurden; das Feld Referenz bezieht sich auf den Ursprung der jeweiligen Anforderung (Abkürzungen FR: Funktionale Anforderung, NFR: Nicht-Funktionale Anforderung, PS: Problemszenario, LS: Lösungsszenario)

ID	Titel	Beschreibung	Referenz
FR-6-1	Steuerung von Raumkomponenten	Das System soll es dem Patienten ermöglichen, mit dem System vernetzte Raumkomponenten zu steuern.	Abschnitt 3.3.1
FR-6-2	Funktionsweise von Raumkomponenten	Das System soll die Funktionen der gewählten Raumkomponente anzeigen (Bsp. Lichtintensität bei einer smarten Nachtschlampe).	Abschnitt 3.3.1
FR-7-1	Mehrsprachigkeit	Das System sollte neben Deutsch weitere Sprachen unterstützen (englisch, italienisch, türkisch, polnisch, russisch, arabisch).	LS-6
FR-7-2	Mehrsprachigkeit-2	Falls eine Fremdsprache aktiviert wurde, soll das System die Texte sowohl in der Fremdsprache als auch auf Deutsch anzeigen.	FR-7-2
FR-8-1	Tutorial	Das System soll ein Tutorial bieten, das dem Anwender die Steuerung und Funktionen des Systems vermittelt.	
FR-8-2	Hilfemodus	Das System soll eine Hilfefunktion bieten, die dem Patienten jederzeit Informationen über die Funktionen und Bedienungen bietet.	
FR-9-1	Konfiguration des Systems	Das System soll es Pflegekräften ermöglichen, das Patientensystem für den Einsatz individuell vorzubereiten.	Abschnitt 3.3.2
FR-9-2	Konfiguration von Funktionen und Modi	Das System soll es Pflegekräften im laufenden Betrieb ermöglichen, entsprechende Funktionen bzw. Modi zu konfigurieren und zu (de-)aktivieren.	LS-2a, LS-3b
FR-9-3	Echtzeit-Feedback geben	Das System soll es Pflegekräften ermöglichen, in Echtzeit Feedback auf Klingelhochrichten zu geben ("zur Kenntnis genommen").	FR-3-3
FR-9-4	Mediendateien hochladen	Das System soll eine Funktion bieten, von Angehörigen mitgebrachte Mediendateien hochzuladen und zu speichern.	LS-3a
FR-9-5	Interaktionen mit dem System protokollieren	Das System sollte es Pflegekräften ermöglichen, in Echtzeit Informationen über bewusste oder unbewusste Interaktionen der Patienten mit dem System zu erhalten.	Abschnitt 3.3.2
NFR-1-1	Raumdisplay	Ein Raumdisplay zeigt die grafische Mensch-Technik-Schnittstelle des Systems an.	LS-1c
NFR-1-2	Audioausgabe	Alle auditiven Informationen sollen patientenindividuell über Kopfhörer oder für mehrere Zuhörer über Lautsprecher wiedergegeben werden können.	LS-1b
NFR-1-3	Erkennbarkeit der Informationen	Alle grafischen Informationen (Schrift, Symbole, Bilder) sollen aus dem Bett gut erkennbar sein.	Abschnitt 3.4.3
NFR-1-4	Einfache Sprache	Das in der Anwendung verwendete Vokabular soll so einfach und verständlich wie möglich sein.	
NFR-1-5	Geringe kognitive Komplexität	Die Komplexität des Systems soll so niedrig wie möglich sein, damit es so viele Menschen wie möglich nutzen können.	
NFR-2-1	Desinfizierbarkeit	Das System und seine Komponenten müssen den Hygieneanforderungen eines Krankenhauses entsprechen.	Abschnitt 3.4.3
NFR-2-2	Physische Bedienbarkeit	Die Bedienbarkeit des Systems soll mit typischen körperliche Einschränkungen der Zielgruppe (bspw. verringerte Kraft und Präzision in den Händen, Sehschwächen) möglich sein.	Abschnitt 3.4.2

Tabelle 7: Teil 2 der Übersicht über die spezifizierten Anforderungen an das Assistive System, die aus den Analyseergebnissen geschlussfolgert wurden; das Feld Referenz bezieht sich auf den Ursprung der jeweiligen Anforderung (Abkürzungen FR: Funktionale Anforderung, NFR: Nicht-Funktionale Anforderung, PS: Problemszenario, LS: Lösungsszenario)

tionsthemen wählen können (FR-2-2). Je vielfältiger das Themenspektrum ist, desto umfangreicher ist die Menge der Kommunikationsthemen. Um die Komplexität gering zu halten (NFR-1-5), bietet sich eine hierarchische Gliederung der Themen an. Dafür sollten leicht verständliche Kategorien (FR-2-3) und eine sinnvolle Sortierung (FR-2-5) gewählt werden. Grundsätzlich ist die Anzahl darstellbarer Themen auch in Hierarchien begrenzt. Folglich sollte das System auch die Kommunikation über die bereitgestellten Themen hinaus ermöglichen (FR-2-4). Die Linderung von Schmerzen ist ein grundlegendes Patientenbedürfnis und eine zentrale Aufgabe von Pflegekräften (vgl. Abschnitte 3.3.1 und 3.3.2). Eine detaillierte Schmerzkommunikation bildet eine wichtige Anforderung (FR-2-6). Neben dem Szenario der direkten Kommunikation mit am Bett stehenden Personen wird auch die Kommunikation mit sich nicht innerhalb des Raumes befindlichen Pflegekräften adressiert (FR-3-1). Neben der Auswahl angemessener Kommunikationsthemen (FR-3-2) ist es wichtig, dass Patienten angemessene Rückmeldungen (FR-3-3) darüber erhalten, ob ihr über das Assistive System gemeldete Bedürfnis von den Pflegekräften zur Kenntnis genommen wurde.

Um das Bedürfnis der Teilhabe (vgl. Abschnitt 3.3.1) zu adressieren, wurde als Lösungsansatz das Mitbringen von persönlicher Medien durch Angehörige gewählt. Diese Medien müssen von außen in das System gelangen können (FR-4-1), in diesem dargestellt werden (FR-4-2) und in Form einer Diashow sequenziell abgespielt werden können (FR-4-3).

Informationsbedürfnisse der Patienten (vgl. Abschnitt 3.3.1) können über die Pflegekräfte adressiert werden. Weiterhin können grundlegende Informationen für einen Patienten auch im System hinterlegt werden, die diese dann selbstständig einsehen können (FR-5-1, FR-5-2, FR-5-3, FR-5-4).

Zur Adressierung des Bedürfnisses nach Selbstbestimmung wurde die Steuerung vernetzter Raumkomponenten (infrage kommen unter anderem Licht, Temperatur, Belüftung, Verdunkelung) als exemplarischer Lösungsansatz gewählt. Daraus ergeben sich die entsprechenden Anforderungen FR-6-1 und FR-6-2.

Oftmals werden auch nicht deutschsprachige Weaningpatienten versorgt. Um neben kommunikativen Barrieren auch Sprachbarrieren zu adressieren, wurden Anforderungen an die Mehrsprachigkeit des Systems formuliert (FR-7-1 und FR-7-2).

Ein Faktor von äußerster Wichtigkeit ist das Erlernen der Interaktion mit dem System sowie das Kennenlernen dessen Funktionsumfangs. Hierzu wurden Anforderungen an Lernhilfen formuliert (FR-8-1 und FR-8-2). Diese Anforderungen ergeben sich daraus, dass die Patienten keine Erfahrungen mit verbal-kommunikativen Einschränkungen haben und folglich hinsichtlich der Systemnutzung als Novizen im Umgang mit einem darauf ausgerichteten Assistiven System betrachtet werden können.

Die zuvor beschriebenen Anforderungen haben insbesondere die für die Patienten notwendigen Erfordernisse fokussiert. Die Intensivpflegekräfte tragen sowohl die Verantwortung für die Pflege der Patienten als auch für den Aufbau sowie die Vorbereitung des Bettplatzes. Damit fällt die Einrichtung des Assistiven Systems in ihren Aufgabenbereich. Daher wurden Anforderungen hinsichtlich einer weiteren Schnittstelle für Pflegende formuliert. Diese ermöglicht die Konfiguration des Systems (FR-9-1) sowie seiner Funktionen (FR-9-2), Rückmeldungen auf Nachrichten des Patienten zu geben (FR-9-3) und das Hochladen von durch Angehörige mitgebrachte Mediendateien in das System (FR-9-4). Die bewussten oder unbewussten Interaktionen mit dem System

sollen zudem protokolliert und den Pflegekräften in Echtzeit bereitgestellt werden, sodass diese entsprechend reagieren können (FR-9-5).

Zusätzlich wurden noch nicht-funktionale Anforderungen spezifiziert. Dazu zählt, dass die grafische Mensch-Technik-Schnittstelle auf einem Raumdisplay dargestellt (NFR-1-1) und auf welche Art auditive Informationen ausgegeben werden sollen (NFR-1-2). Letzteres ist wichtig, damit Patienten auch mit geschlossenen Augen oder eingeschränkter Sehfähigkeit basale Informationen durch das System erhalten. Um den Geräuschpegel auf der Intensivstation nicht zusätzlich zu erhöhen, sind für den Patienten Kopfhörer zum Hören auditiver Ausgaben vorgesehen, wenn keine weiteren Personen am Bett sind. Sollen mehr als eine Person die auditiven Ausgaben verstehen können, lässt sich auch ein Lautsprecher nutzen.

Grafisch dargestellte Informationen müssen zudem aus dem Bett deutlich erkennbar sein (NFR-1-3). Dabei sollten insbesondere die Distanz zwischen Gesicht des liegenden Benutzers und dem Bildschirm sowie mögliche Sehschwächen der Patienten berücksichtigt werden. Die Nutzer sollten nicht überfordert werden, um eine hohe Zugänglichkeit zu erreichen. Zum einen sollte dafür ein möglichst einfaches und verständliches Vokabular (NFR-1-4) für die Benutzungsschnittstelle gewählt werden, zum anderen sollte die Komplexität insgesamt so niedrig wie möglich gehalten werden (NFR-1-5). Diese letzten drei Anforderungen ergeben sich aus dem allgemeinen Ziel einer hohen Zugänglichkeit.

Die Hygieneanforderungen des Krankenhauses (siehe Abschnitt 3.4.3) sollten für alle Komponenten eingehalten werden, um das von ihnen ausgehende Infektionsrisiko niedrig zu halten (NFR-2-1). Um die Bedienung des Systems innerhalb des Kontextes maximal zugänglich zu gestalten, sollen mögliche körperliche Einschränkungen der Zielgruppe (beispielsweise verringerte Kraft und Präzision in den Händen, Sehschwächen) von Beginn an mit berücksichtigt werden (NFR-2-2).

Einige der Anforderungen (FR-8-1, FR-8-2, NFR-1-2, NFR-1-3, NFR-2-1, NFR-2-2) werden in ähnlicher Formulierung von [Goldberg et al., 2017a] für ihr Kommunikationssystem für Intensivpatienten beschrieben (siehe Abschnitt 3.4.2). Insbesondere die mit den nicht-funktionalen Anforderungen adressierten Kontextfaktoren (körperliche Einschränkungen, Hygienebestimmungen, kontrastreiche Displays) sind für die Nutzergruppe zu berücksichtigen.

Aus den oben beschriebenen Anforderungen ergeben sich Ansätze für mögliche Systemkonzepte. Unterschiedliche Wachheits- und Bewusstseinsphasen erfordern verschiedene Funktionen, um die jeweiligen Anforderungen erfüllen zu können. In späteren Phasen der Beatmungsentwöhnung kann davon ausgegangen werden, dass ein Teil der Nutzergruppe in der Lage ist, bewusst mit einem dem Kontext entsprechend umfangreichen System zu interagieren. Zentrale Fragen der in den folgenden Kapiteln beschriebenen Konzeption drehen sich daher um das Thema der Interaktion im Intensivbett mit einem Assistiven System, insbesondere in Bezug auf das Interaktionsgerät und eine gebrauchstaugliche Menüstruktur innerhalb der Anwendung.

3.7 Zusammenfassung und Fazit

In diesem Kapitel wurde mit verschiedenen, auf den Ergebnissen umfassender Datenerhebungen (siehe Abschnitt 3.1) basierenden Analyseschritten der Nutzungskontext der Beatmungsentwöhnung beschrieben. Für die einzelnen Analyseteile wurden jeweils zusammenfassende Fazits erstellt, die in diesem Abschnitt zusammengeführt werden.

Im Rahmen einer Aufgabenanalyse wurde zum einen das Aufgabenspektrum von Pflegefachkräften und zum anderen ein Prozessmodell des prolongierten Weanings beschrieben (siehe Abschnitt 3.2). Aus diesem lassen sich verschiedenen Phasen des Weanings ableiten. In einer anschließenden Benutzeranalyse wurden die zentralen Nutzergruppen der Patienten, des Fachpersonals von Intensivstationen sowie die Angehörigen beschrieben (siehe Abschnitt 3.3). Dabei wurden insbesondere die Bedürfnisse der Patienten und der Pflegefachkräfte (im Rahmen des Pflegeprozesses) eingegangen. Das zentrale Ergebnis der Benutzeranalyse sind zwölf Personas, welche auf Basis der erhobenen Daten iterativ entwickelt wurden. Als zusätzliche relevante Kontextfaktoren der Intensivpflege wurden bestehende Hilfsmittel zur Unterstützung der Kommunikation sowie die Hygienebestimmungen auf Intensivstationen untersucht (siehe Abschnitt 3.4). Auf Basis dieser Analyseschritte wurde die Methode der Szenarien als narrative Darstellungsform relevanter Situationen eingesetzt, um insgesamt 24 Problem- und Lösungsszenarien zu erstellen (siehe Abschnitt 3.5). In Kombination mit den zuvor genannten Personas ermöglichen diese ein klares Verständnis der entsprechenden Situationen und verdeutlichen die konkreten Problemstellungen.

Aufbauend auf den Analysen und Szenarien wurden 29 funktionale und sieben nicht-funktionale Nutzeranforderungen spezifiziert, die an ein Assistives System zur Unterstützung von Intensivpatienten während der Phase des Weanings gestellt werden (siehe Abschnitt 3.6).

Mit den spezifizierten Anforderungen wurde die erste Forschungsfrage beantwortet, die auf die Spezifikation von Nutzeranforderungen an ein Assistives System auf Basis einer umfassenden Kontextanalyse zielt. Auf die Beantwortung der Forschungsfrage wird in Kapitel 10 dieser Dissertation zusammenfassend eingegangen. Darüber hinaus lässt sich auf Grundlage dieser Anforderungen ein Assistives System konzipieren und realisieren, um die weiteren Forschungsfragen der Arbeit zu adressieren. Diese Schritte werden in den folgenden Kapiteln beschrieben.

4 Konzeption des Gesamtsystems

Im Rahmen der Analyse wurden verschiedene situative Bedürfnisse (Kommunikation, Informationen, Teilhabe und Selbstbestimmtheit) von Weaningpatienten identifiziert. Ein wichtiges Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines gebrauchstauglichen Assistiven Systems auf Basis der zuvor spezifizierten Anforderungen, welches seinen Nutzern die Erfüllung ihrer situativen Bedürfnisse ermöglicht. Für diese Aspekte wird ein geeignetes Konzept für Interaktion und Gestaltung des Systems entwickelt.

Die zweite Forschungsfrage dieser Arbeit bezieht sich darauf, wie die Mensch-Technik-Schnittstelle eines gebrauchstauglichen, die spezifizierten Anforderungen erfüllenden Assistiven Systems gestaltet sein kann. Auf Basis der zuvor spezifizierten Anforderungen ergeben sich folgende Teilfragen hinsichtlich der Konzeption des Assistiven Systems:

1. Wie lassen sich die Fähigkeiten der Patienten in den jeweiligen Bewusstseinsphasen möglichen Systemfunktionen zuordnen?
2. Wie kann ein System modelliert sein, dessen Funktionsumfang den spezifizierten Anforderungen und dem Ergebnis aus Teilfrage 1 genügt?
3. Welche Kombinationen aus Schnittstellen-Plattformen und Ein-/Ausgabegeräten kommen als Grundlage eines gebrauchstauglichen Lösungsansatzes infrage?

Die erste Frage wird in Abschnitt 4.1 anhand eines entwickelten Modells diskutiert, welches auf die Bewusstseinsphasen abgestimmt ist. In Abschnitt 4.2 wird ein Modell des Gesamtsystems beschrieben, welches Kern der zweiten Frage ist. Weiter vertieft wird das Systemmodell in Abschnitt 4.5 durch die Beschreibung der allgemeinen System-Schnittstellen. Ergänzt wird letztere durch eine Beschreibung des externen Systems Ambient Reflection in Abschnitt 4.6. Die Wahl der Schnittstellen-Plattform sowie der damit zusammenhängenden Ein- und Ausgabegeräten zur Beantwortung der dritten Frage werden in den Abschnitten 4.3 und 4.4 thematisiert.

4.1 Phasenmodell

Aufbauend auf dem Grundlagenkapitel und interdisziplinären Workshops wurde in einem ersten Entwurf grundlegende Funktionen des Systems als Ausgangsbasis festgelegt. Das System gibt Basisinformationen auf einem Bildschirm (mit Lautsprechern) visuell und akustisch aus und ermöglicht dazu die Wiedergabe von Hintergrundmusik. Alternativ lässt sich die Audioausgabe über drahtlose Kopfhörer aktivieren. Ausreichend wache Patienten können mit dem System interagieren, es als Hilfsmittel zur Kommunikation nutzen. Die Interaktion erfolgt über ein Eingabegerät, welches im Bett liegend genutzt werden kann. Um diese Interaktion zu erlernen, können Lernhilfen des Systems genutzt werden. Das System stellt darüber hinaus erweiterte Informationen dar, ermöglicht die Darstellung verschiedener Medienformate sowie die Steuerung einer Nachttischlampe des Patienten.

Die unterschiedlichen Systemfunktionen wurden den Fähigkeiten der Patienten in Bezug auf die Systeminteraktion zugeordnet. Als Grundlage diente das von Costello et al. [2010] beschriebene Modell mit einer ähnlichen Funktion. Die Autoren führen einen Ansatz zur Unterstützten Kommunikation für die pädiatrische Intensivstation

aus und ordnen dem aus dem RASS-Score abgeleiteten Wachheitsgrad entsprechende Systemfunktionen zu.

Auf dieser Basis wurde in einem ersten Schritt des iterativen Entwicklungsprozesses ausgehend von den identifizierten Bewusstseinsphasen (vgl. Abschnitt 3.6) ein Phasenmodell (siehe Abbildung 10) entwickelt. In diesem werden Bedürfnisse und Fähigkeiten der Patienten in den verschiedenen Bewusstseinsphasen potenziellen Systemfunktionen zugeordnet.

Das Modell ist in Anlehnung an den Ansatz von Costello et al. [2010] orientiert an den RASS-Werten (vgl. Tabelle 4). Beachtet werden muss dabei, dass der Weaning-Prozess Patienten-individuell zu betrachten und daher nicht ganzheitlich definierbar ist. Der Patientenzustand in den jeweiligen Phasen wird folgendermaßen beschrieben.

<p style="text-align: center;">Phase 1 (RASS -5 bis -2)</p> <p>Ziele: Orientierung geben, Veränderungen der Wachheit erkennen</p> <p>Eingabe: keine gezielte Interaktion</p> <p>Ausgabe: Basisinformationen (akustisch, grafisch), Musikbegleitung</p>	<p style="text-align: center;">Phase 2a (RASS -1)</p> <p>Ziele: Interaktion und Steuerung erlernen</p> <p>Ausgabe: Tutorial</p>	<p style="text-align: center;">Phase 3 (RASS -1 bis 0)</p> <p>Ziele: Orientierung, Unterstützung der Kommunikation, Partizipation, Selbstbestimmung</p> <p>Eingabe: gezielte Interaktion</p> <p>Ausgabe: Basisinformationen, erweiterte Kommunikation (Nah und Fern), erweiterte Informationen, Medienzugriff, Umfeldsteuerung</p>
	<p style="text-align: center;">Phase 2b (RASS -1)</p> <p>Ziele: Orientierung, Unterstützung der Kommunikation</p> <p>Eingabe: gezielte Interaktion</p> <p>Ausgabe: Basisinformationen, basale Kommunikation, Musikbegleitung</p>	

Abbildung 10: Phasenmodell (Quelle: Adrienne Henkel)

Patienten mit einer tiefen bis leichten Sedierung (RASS -5: *nicht erweckbar* bis RASS -2: *leichte Sedierung*) sind zu keiner bewussten Interaktion in der Lage – weder mit noch ohne das Assistive System. Sie können jedoch in ihrem Genesungsprozess von Funktionen wie der akustischen Informationsgabe und Musikbegleitung profitieren. Die Zielsetzung lautet dabei in erster Linie *Orientierung bieten*. Gegebenenfalls lassen sich über Sensoren auch bereits Veränderungen in der Wachheit der Patienten erkennen. Grundsätzlich können mit nur wenigen Einschränkungen (beispielsweise Hörbeeinträchtigte) alle Patienten die Funktionen dieser ersten Phase passiv nutzen. Ein Teil der Patienten mit einem RASS von -1 (schläfrig) wird sowohl physisch als auch kognitiv in der Lage sein, einfache Interaktionen mit wenig kognitivem Anspruch zu verstehen und auszuführen. Die gezielte Interaktion mit dem System und dessen Funktionen müssen zunächst erlernt werden, beispielsweise in Form eines Tutorials (Phase 2a). Ist die Lernphase erfolgreich absolviert, kann Phase 2b aktiviert werden. In dieser lauten die Zielstellungen, weiterhin multimodale Orientierung zu bieten (grafisch, akustisch) als auch die Kommunikation zu unterstützen. Die Komplexität sollte so gering wie möglich gehalten werden, beispielsweise indem zunächst nur die häufigsten Kommunikationsthemen angezeigt werden.

Beherrschen die Patienten die Interaktion und befinden sich dem RASS-Assessment zufolge in dem richtigen Zustand (RASS -1 bis RASS 0), können mit Phase 3 zusätzliche Funktionen freigeschaltet werden. Neben Orientierung und einer umfassenderen Unterstützung der Kommunikation können auch die Bedürfnisse Partizipation und Selbstbestimmung unterstützt werden. Da zusätzliche Funktionen mit zunehmender Komplexität einhergehen, wäre hier eine stufenweise Freischaltung der Funktionen im Rahmen mehrerer Zwischenstufen denkbar.

Mit der Einführung dieses Modells konnte die erste, zu Beginn des Kapitels aufgestellte Teilfrage beantwortet werden, wie sich die Fähigkeiten der Patienten in den jeweiligen Bewusstseinsphasen möglichen Systemfunktionen zuordnen lassen. Das Modell ermöglicht es, die den Fähigkeiten der Patienten entsprechenden Systemfunktionen zusammenzufassen.

Ausgehend von dem Modell stellt sich in Bezug auf den Phasenübergang die Frage, wie sich dieser sinnvoll konzipieren lässt und welche unterschiedlichen Varianten in Betracht kommen. Grundsätzlich hängt der Phasenübergang zunächst von einer Fremdeinschätzung der Fähigkeiten des jeweiligen Patienten ab, ob dieser die für die Bedienung erforderlichen kognitiven, sensorischen und motorischen Fähigkeiten besitzt.

Die Beurteilung und Entscheidung könnte zunächst allein von der zuständigen Pflegefachkraft durchgeführt werden – das Assessment von Patienten-Fähigkeiten ist eine zentrale Tätigkeit des Pflegeprozesses (vgl. Tabelle 5). Daraus folgt zum einen ein Mehraufwand für die Pflegefachkraft. Zum anderen bedeutet es, dass Patienten den Stufenübergang nicht bewusst initiieren können, selbst wenn sie es wollten. Um diese Initiierung technisch zu unterstützen, sind weitere Forschungsarbeiten notwendig, die nicht Teil dieser Arbeit sind.

4.2 Systemmodell

Ausgehend von dem Phasenmodell wurde ein Systemmodell (vgl. Abbildung 11) entworfen, das die zuvor spezifizierten Anforderungen erfüllt.

Das Modell umfasst drei Kontexte: das stationäre Patientenbett im jeweiligen Patientenzimmer, den mobilen Kontext der Smartphone-Anwendung für die Pflegekraft sowie den nomadischen¹ Kontext der Medien-Anwendung. Der Funktionsumfang der Anwendungen orientiert sich an den aufgestellten Anforderungen (vgl. Tabellen 6 und 7). Im Folgenden wird der Funktionsumfang der verschiedenen Systemanwendungen für Patienten, Pflegende und Besucher beschrieben. Die adressierten Anforderungen werden dabei jeweils referenziert (in Klammern).

4.2.1 Patienten-Anwendung

Die zentrale Komponente bildet die Patienten-Anwendung, deren grafische Oberfläche auf einem an einem beweglichen Rollständer montierten Bildschirm am Fußende des Bettes dargestellt wird. Zusammen mit Kopfhörern und einer smarten Lampe

¹Gugenheimer et al. [2018] nutzen den Begriff für mobile (VR-)Systeme, die während der Interaktion stationär sind

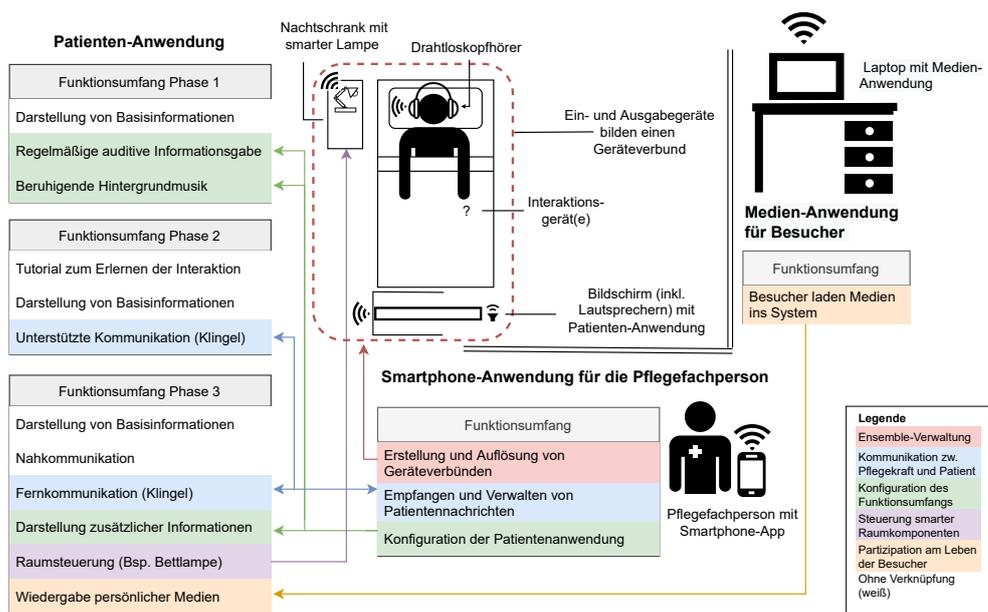


Abbildung 11: Gesamtmodell der drei Komponenten des Assistiven Systems mit ihrem jeweiligen Funktionsumfang: (1) die Patienten-Anwendung wird auf einem Bildschirm (an einem beweglichen Rollständer montiert) als Ausgabegerät am Fußende des Bettes dargestellt. Zusammen mit Kopfhörern und einer smarten Lampe als weiteren Ausgabegeräten und unterschiedlichen Eingabe- bzw. Interaktionsgeräten bilden sie einen Geräteverbund, (2) die Smartphone-Anwendung für die Pflegefachperson und (3) die Medien-Anwendung für Besucher.

als weitere Ausgabegeräte sowie unterschiedlichen Eingabe- bzw. Interaktionsgeräten bilden sie einen Geräteverbund. Die zugrundeliegende Forschung zur dynamischen Verknüpfung von Geräteverbänden – den Ensembles – smarterer Geräte auf Basis von Selbstbeschreibungen wird in Abschnitt 4.6 beschrieben.

Die Patienten-Anwendung bildet in Bezug auf den Funktionsumfang das Phasenmodell direkt ab. Basisinformationen wie Zeit, Ort, Wetter sowie der Name der zuständigen Pflegekraft (FR-1-1) werden multimodal ausgegeben: grafisch auf dem Bildschirm und akustisch in Form regelmäßiger Sprachansagen, deren Dauer und Intervall frei wählbar sind. Wie die Hintergrundmusik (FR-1-2) kann diese Funktion von der Pflegekraft in der Smartphone-Anwendung individuell konfiguriert und gesteuert werden. Um die Gesamtgeräuschkulisse nicht zu erhöhen, können Audioausgaben zusätzlich auf Drahtlos-Kopfhörern ausgegeben werden (NFR-1-2).

Der Funktionsumfang in Phase 2 beinhaltet ein Tutorial zum Erlernen der Interaktion mit dem System (FR-8-1). Einfache praktische Aufgaben führen in die Bedienung des Systems ein und geben die Möglichkeit, diese Bedienung wiederholt im Weaning-Prozess zu üben.

Sobald die Bedienung des Systems erlernt wurde, wird die Kommunikationsunterstützung (FR-2-1) freigeschaltet, zunächst beschränkt auf als besonders wichtig oder dringend klassifizierte Kommunikationsthemen (FR-2-2). Diese können direkt an die Smartphone-Anwendung der zuständigen Pflegefachperson gesendet werden, insbesondere wenn sie nicht im Raum ist (FR-3-1 und FR-3-2). Die zuletzt gesendeten

Kommunikationsthemen sowie mögliche Lesebestätigungen vonseiten der Pflegefachkraft (FR-3-3) werden zusammen mit den dauerhaft angezeigten Basisinformationen dargestellt.

In Phase 3 wird der volle Funktionsumfang freigeschaltet. Die Kommunikationsanwendung ist in zwei Unteranwendungen unterteilt: Nah- und Fernkommunikation. Erstere zielt auf die direkte, synchrone Kommunikation mit einer Person im Raum und bietet ein erweitertes Themenspektrum (FR-2-2), einschließlich detaillierter Schmerzkommunikation (FR-2-6) und Freitexteingabe zur Kommunikation individueller Themen (FR-2-4). Die Fernkommunikation umfasst die Kontaktaufnahme mit Pflegenden abseits des Patientenbettes bezüglich wichtiger Kommunikationsthemen (FR-3-1 und FR-3-2). Weitere Unteranwendungen ermöglichen den Abruf zusätzlicher Informationen (FR-5-1 bis FR-5-4), die Steuerung vernetzter Raumkomponenten am Beispiel einer smarten Beleuchtung (FR-6-1, FR-6-2) sowie eine Mediengalerie zur Wiedergabe von durch Angehörige mitgebrachten, persönlichen Medien (FR-4-1, FR-4-3).

4.2.2 Smartphone-Anwendung für die Pflegenden

Die Pflegefachpersonen kümmern sich um die Vorbereitung, Einrichtung und Nachbereitung des Assistiven Systems am Bettplatz des Patienten. Dazu gehören die Vorbereitung und Einrichtung der Geräte sowie das Verknüpfen und Auflösen von Geräteverbänden (Details dazu siehe Abschnitt 4.6) vor, während (ggf. muss ein Gerät ausgetauscht werden) und nach der Betreuung des Patienten (FR-9-1).

Ist die Patienten-Anwendung eingerichtet, können im laufenden Betrieb Funktionen konfiguriert werden, beispielsweise die auditive Informationsgabe, die Hintergrundmusik oder anstehende Termine (FR-9-2). Zusätzlich ermöglicht sie das Empfangen von Patientennachrichten in Echtzeit und deren Beantwortung (FR-9-3). Mit Beantwortung ist in diesem Fall gemeint, dass Patienten eine Mitteilung erhalten, wenn die Nachricht von der Pflegefachperson zur Kenntnis genommen wurde. Neben einer globalen Übersicht über Nachrichten aller Patienten bietet die Anwendung zudem Echtzeit-Informationen über deren (bewusste und unbewusste) Interaktionen mit dem System (FR-9-5).

Für diesen Funktionsumfang bietet sich ein mobiler Kontext an, insbesondere um ortsunabhängig Nachrichten von Patienten empfangen zu können. Aufgrund des höheren Grads an Mobilität und Flexibilität wurde statt eines Tablets ein Smartphone als primäre Plattform für die Anwendung gewählt.

4.2.3 Medien-Anwendung für Besucher

Auf USB-Sticks mitgebrachte Medien von Besuchern und Angehörigen können über die Anwendung auf einem separaten Gerät in das System übertragen werden. Die Verwendung eines separaten Gerätes außerhalb des gesicherten Netzwerks des Assistiven Systems dient der Sicherheit vor Schadsoftware. Als Gerät wird ein Laptop verwendet, da dieser Mobilität und Flexibilität für die Durchführung der Übertragung gewährt. Die für den entsprechenden Patienten verantwortliche Pflegefachperson bedient die Anwendung, wählt die mitgebrachten Medien aus, ordnet sie dem richtigen Patien-

ten zu und startet die Übertragung auf den Server (FR-9-4). Sobald die Übertragung abgeschlossen ist, kann der Patient auf die mitgebrachten Medien zugreifen.

Damit wurde die zweite zu Beginn des Kapitels aufgestellte Teilfrage beantwortet, wie ein System modelliert sein kann, dessen Funktionsumfang den spezifizierten Anforderungen sowie dem zuvor aufgestellten Phasenmodell entspricht. Das Gesamtmodell des Systems bietet diesen Funktionsumfang und bildet die spezifizieren Anforderungen ab. Zusätzlich ist es auf das Phasenmodell abgestimmt.

Der umfangreiche Funktionsumfang der Patienten-Anwendung zeigt die Notwendigkeit eines dem Kontext angemessenen Menüs auf, welches die Navigation zwischen den Elementen und deren Selektion ermöglicht. Dieses muss zudem auf die gewählte Schnittstellen-Plattform abgestimmt sein.

4.3 Schnittstellen-Plattformen

Aus dem im vorigen Abschnitt beschriebenen Gesamtmodell ergeben sich die drei Teilsysteme Patienten-Anwendung, Smartphone-Anwendung für die Pflegenden und Medien-Anwendung für Besucher, für die jeweils eine Schnittstellen-Plattform zu wählen ist.

4.3.1 Patienten-Anwendung

Für die Patienten-Anwendung ergibt sich aus den Anforderungen und dem daraus modellierten Funktionsumfang (vgl. Abschnitt 4.2), dass Informationen sowohl grafisch als auch auditiv ausgegeben werden. Welche Eingabeformen und Technologien sich für die Nutzung im Intensivbett eignen, wird im Folgenden diskutiert.

Dafür werden zunächst die Anforderungen an potenzielle Interaktionsformen und assoziierte Eingabegeräte diskutiert, insbesondere den für den Intensivkontext relevanten Aspekt der Desinfizierbarkeit sowie die für die spezielle Nutzergruppe entscheidenden Faktoren Kraftaufwand und Präzision.

Desinfizierbarkeit Grundsätzlich gilt in Krankenhäusern, dass alle patientennahen Oberflächen wisch-desinfizierbar sein müssen, um die Ausbreitung von Keimen zu verhindern (vgl. Abschnitt 3.4.3). Das betrifft insbesondere Eingabegeräte, die einen direkten Kontakt mit dem Patienten aufweisen (siehe Anforderung NFR-2-1 in Abschnitt 3.6).

Kraftaufwand Der für die Bedienung erforderliche Kraftaufwand darf nur minimal sein. Das Liegen im Krankbett – oft über einen längeren Zeitraum – kann durch die Schonhaltung zu körperlicher Schwäche und Muskelschwund führen bzw. bereits vorhandene Auswirkungen verstärken (vgl. Primary Persona Elenor Spring in Abbildung 57).

Präzision Aufgrund der therapiebedingt möglicherweise geschwollenen Extremitäten (vgl. Abschnitt 3.3.1) kann nicht davon ausgegangen werden, dass feinmotorische Bewegungen bei der Bedienung von Eingabegeräten präzise und akkurat ausführbar sind. Hinsichtlich der Anforderung nach maximaler Zugänglichkeit (siehe Anforderung

NFR-2-2 in Abschnitt 3.6) sollten feinmotorische Bewegungen nicht vorausgesetzt werden.

Zeiger- und gestenbasierte Bedienung

Die Wahl der Form der Bedienung einer Benutzungsschnittstelle ist wesentlich für die der entsprechenden Interaktionstechniken. In Abschnitt 2.6.2 wurde der Ansatz von Appert [2017] beschrieben, der Schnittstellen hinsichtlich zeiger- und gestenbasierter Bedienung unterscheidet. Mit dem Bezug zum Weaning-Kontext wird im Folgenden die Entscheidung für eine gestenbasierte Schnittstelle motiviert.

In Bezug auf die Hygiene existieren für beide Formen sowohl Varianten mit und ohne direkten Kontakt während der Interaktion. Während freihändige Interaktionsformen wenige bis keine Hygienefragen aufwerfen, können Interaktionsgeräte mit direktem Körperkontakt genutzt werden, solange die Elektronik feuchtigkeitsgeschützt und das Oberflächenmaterial robust gegen Desinfektionsmittel ist.

Der Kraftaufwand während einer Interaktion hängt von der Körperhaltung ab. Wenn Freihandgesten beispielsweise das Anheben (eines) der Arme oder des Kopfes erfordern, sorgt die Schwerkraft für einen erhöhten Kraftaufwand und schneller eintretende Ermüdungserscheinungen. Auch Stehen erfordert einen erhöhten Kraftaufwand. In einer bequemen Körperhaltung (beispielsweise sitzen, liegen, abgelegter Arm) erfordern Interaktionen in der Regel einen geringen Kraftaufwand – dies ist ein wesentlicher Faktor beim Design von Interaktionen.

Der Kraftaufwand hängt insbesondere von der Granularität der Gesten ab. Am Beispiel von Handgesten führt Appert [2017] unterschiedliche Stufen der Granularität an: von Mikrobewegungen in den Fingern bis zu Bewegungen der Hand oder des ganzen Armes. In anderen Kontexten sind grundsätzlich auch Szenarien mit Kopf- oder Fußgesten denkbar, für den Kontext Intensivbett eignen sich insbesondere mit den Händen durchgeführte Gesten. Dies hat praktische Gründe: Die Füße sind in der Regel zugedeckt, der Kopf ist durch den Beatmungsschlauch in seiner Beweglichkeit eingeschränkt und das Anheben des Kopfes erfordert in der Oberkörperhochlage zusätzliche Kraft.

In Bezug auf den Kraftaufwand können weder für die zeiger- noch für die gestenbasierte Bedienung allgemeingültige Aussagen getroffen werden: Für beide Varianten bestehen Ansätze mit höherem oder niedrigerem Kraftaufwand (vgl. Abschnitt 2.6).

Anders verhält es sich bei dem Aspekt der Präzision. Die zeigerbasierte Auswahl von Objekten erfordert (unter der Annahme, dass ein zweidimensionales Ausgabegerät genutzt wird) bei deren Selektion Präzision auf der x- und der y-Achse. Für die gestenbasierte Bedienung werden häufig einfache Gesten verwendet, diese basiert daher weniger auf Präzision.

Insgesamt ist die zeigerbasierte Interaktion folglich insbesondere aufgrund der erforderlichen Präzision weniger geeignet für den Kontext.

Konkrete Eingabemethoden

Im Folgenden werden die Aspekte Desinfizierbarkeit, Kraftaufwand und Präzision in Bezug auf konkrete Eingabemethoden diskutiert.

Das Spektrum an Eingabemethoden ist komplex, grundsätzlich infrage kommende Ansätze wurden überblicksweise bereits in Abschnitt 2.6 vorgestellt. Klassische Eingabemethoden bei der Benutzung von Mensch-Technik-Schnittstellen sind eine Kombination aus Maus und Tastatur, Sprach- oder Touchsteuerung sowie gestenbasierte Interaktionen. Die Augen- bzw. Blicksteuerung sowie Brain-Computer-Interfaces kommen grundsätzlich als Interaktionsform infrage. Im Folgenden werden die unterschiedlichen Interaktionsformen hinsichtlich ihrer Eignung für den Kontext diskutiert. Eine Sprachsteuerung ist für verbal eingeschränkte Weaningpatienten nicht geeignet und wird daher nicht diskutiert.

Maus und Tastatur Im Kontext eines Krankenbettes auf einer Intensivstation sprechen vor allem ergonomische Aspekte gegen eine für Bürotätigkeiten etablierte Kombination aus Maus und Tastatur. Für deren effektive und effiziente Benutzung werden ebene und stabile Oberflächen zur Ablage und Bedienung vorausgesetzt. Zudem erfordert eine Maussteuerung präzise, feinmotorische Bewegungen und die Bedienung einer Tastatur Präzision beim Drücken der Tasten. Der Kraftaufwand ist dabei gering. Grundsätzlich sind Mäuse und Tastaturen zwar nicht auf die am Krankenhausbett notwendige Desinfizierbarkeit ausgelegt, im Zuge der Digitalisierung der Krankenhäuser kommen schrittweise den Krankenhaushygienerichtlinien entsprechende Geräte auf den Markt². Die Aspekte der fehlenden Ergonomie für den Kontext und der notwendigen Präzision sprechen gegen diese Interaktionsform.

Touchsteuerung Die Touchsteuerung bringt den Vorteil mit, dass es sich um eine etablierte Interaktionsform handelt. Es haben sich klare Interaktionsmuster ausgeprägt, deren konsequente Anwendung selbst neuartige Applikationen schnell erlernbar machen [da Silva et al., 2022]. Es gibt ein breites Spektrum an Geräteklassen mit Touchinteraktion, angefangen von smarten Armbändern und Uhren, über Smartphones, Tablets, Kiosk-Systemen im öffentlichen Raum (beispielsweise Fahrkartensystemen oder Feedback-Systeme in öffentlichen Flughafentoiletten) bis hin zu großflächigen Touch-Oberflächen an Wänden oder in Tischform. Größere Geräte werden üblicherweise in stehender oder sitzender Körperhaltung bedient, handlichere Geräteklassen können in liegender Position bedient werden.

Der Kraftaufwand bei der Bedienung von Touchgeräten hängt unter anderem davon ab, in welchem Maße die Arme für die Bedienung angehoben werden müssen. Je höher die Arme angehoben werden, desto höher ist der benötigte Kraftaufwand. In liegender Position im Krankenbett kann die Toucheingabe ermüdend und anstrengend werden. Weaningpatienten befinden sich üblicherweise in einer Oberkörperhochlage des Bettes, somit ist der Blick bei neutraler Kopfhaltung schräg nach oben gerichtet. Ein niedrig platziertes Toucheingabesystem erfordert Kraftaufwand beim Neigen oder Heben des Kopfes, ein höher platziertes wiederum Kraftaufwand beim Anheben eines Armes für die Eingabe.

Für eine Touchbedienung ist Präzision beim Zielen auf das zu wählende Interaktionselement nötig. Entsprechend können die Aspekte Kraftaufwand und Präzision nicht vorausgesetzt werden und sind damit Argumente gegen die Touch-Interaktionsform.

Der Aspekt der Hygiene spricht grundsätzlich nicht gegen die Touchinteraktion: Touchoberflächen sind in der Regel wisch-desinfizierbar oder können diese Eigenschaft durch Schutzfolien oder -verkleidungen erhalten.

²<https://werth-systems.com/products/medical-keyboard-mouses/> (abgerufen am 12.09.2022)

Gestensteuerung Gesten eignen sich wie oben beschrieben grundsätzlich als Eingabeform. Jede Geste ist einer Funktion zugewiesen, diese lassen sich durch Übung schnell erlernen [Bailly et al., 2017]. Erhöht sich der durch die Gesten abzubildende Funktionsumfang, erhöht sich folglich die Anzahl und Komplexität der Gesten im Gesten-Alphabet. Dies impliziert, dass das Erlernen und die Anwendung der Gesten mehr kognitive und motorische Ressourcen erfordert [Appert, 2017]. Wird diese Kausalkette auf die Anforderung nach geringer Komplexität (NFR-1-5) bezogen, sollten möglichst wenige verschiedene Gesten für die Interaktion eingesetzt werden. Sowohl der für die Ausführung der Gesten notwendige Kraftaufwand als auch die Präzision sind von der Granularität der Gesten abhängig. Die Desinfizierbarkeit ist von der Art der Gestenerfassung abhängig. Sind körpernahe Geräte involviert, müssen Konzepte zur Desinfektion überprüft oder erstellt werden.

Augen- und Blicksteuerung Der Einsatz von Augen- und Blicksteuerungssystemen im Weaning-Kontext wurde in der Literatur bereits umfassend beschrieben (vgl. Abschnitt 3.4.2). Die Systeme erfordern während der Interaktion keinen direkten Patientenkontakt oder physische Kraft, daher sind sie sowohl in Bezug auf die Desinfizierbarkeit als auch auf den Kraftaufwand unbedenklich. Präzision ist für eine visuelle Fixierung notwendig – unterscheidet sich mit etwas Training jedoch nicht von der alltäglichen Fixierung von Objekten (außerhalb des Systems).

Die Aspekte Desinfizierbarkeit, Kraftaufwand und Präzision sprechen zunächst für eine Blicksteuerung. Die zu erwartende kognitive Last sowie der hohe Aufwand für Konfiguration und Kalibrierung (vgl. Abschnitt 3.4.2) sind Indikatoren, die gegen einen flächendeckenden Einsatz sprechen. In speziellen Fällen könnte die körperliche Situation eines Patienten (beispielsweise wie im Falle der Secondary Persona Egon Müller mit einseitig gelähmten Arm und einer Fraktur des anderen Unterarms in Abbildung 59) andere Interaktionsformen ausschließen, sodass eine Blicksteuerung für ausgewählte Patienten geeignet ist.

Brain-Computer-Interface Grundsätzlich wäre auch die Interaktion mittels Brain-Computer-Interface (BCI) denkbar. Chaudhary et al. [2016] beschreiben, dass der kommunikative Einsatz von BCIs sich bislang auf Patienten mit amyotropher Lateralsklerose (ALS) fokussiert. Diese erleiden mit fortschreitender Krankheit immer stärker werdenden Muskelschwund und können sich trotz vollem Bewusstsein nur minimal oder gar nicht mehr bewegen (Locked-in-Syndrom). Dabei ist ebenfalls eine maschinelle Beatmung notwendig. Typische Strategien der *Unterstützten Kommunikation* wie Augensteuerungssysteme können mit Fortschritt der Krankheit nicht mehr effektiv eingesetzt werden. Olaronke et al. [2018] bestätigen zwar das kommunikative Potenzial von BCIs im Gesundheitswesen, beschreiben gleichzeitig die zahlreichen Herausforderungen der Technologie. Neben Problemen mit Zuverlässigkeit, Genauigkeit, Gebrauchstauglichkeit, dem zeitintensiven Trainingsaufwand und hohen Kosten für Beschaffung und Wartung beschreiben die Autoren auch ungelöste Fragen der Standardisierung sowie ethischer und rechtlicher Aspekte. Ähnlich wie bei Blicksteuerungen ist kein Kraftaufwand notwendig. In der Literatur konnten keine Erkenntnisse gewonnen werden, die konkrete Aussagen über die notwendige Präzision und Aufwand der Desinfektion zulassen.

4.3.2 Smartphone-Anwendung für die Pflegenden

Für die Anwendung der Pflegekraft ist die mobile Plattform durch den mobilen Kontext und die Wahl eines Smartphones als Gerät bereits eingegrenzt. Überwiegend kann eine Toucheingabe eingesetzt werden, auch die Smartphone-Kamera eignet sich zum Scannen von QR-Codes im Rahmen des Kopplungsvorgangs (vgl. Abschnitt 7.2). Die Ausgabe kann visuell über das Display und zusätzlich haptisch per Vibrationsalarm erfolgen, beispielsweise als Signal für Benachrichtigungen. Für die Medien-Anwendung wurde die naheliegende und etablierte Desktop-Plattform gewählt, da die Aufgabe der Übertragung und Zuordnung von Daten einer Bürotätigkeit entspricht.

4.3.3 Medien-Anwendung für Besucher

Bei der Übertragung der Medien von einem USB-Stick in ein System handelt sich um eine Tätigkeit, die schnell und einfach an einem (Laptop-)Computer mit Maus, Tastatur und einem Bildschirm durchgeführt werden kann. Diese kommen jeweils als Kombinationen aus Schnittstellen-Plattform sowie Ein- und Ausgabegeräten für einen gebrauchstauglichen Lösungsansatz infrage.

4.3.4 Zusammenfassung und Fazit

Zusammenfassend ist die Wahl der Schnittstellen-Plattform für die auf einem Smartphone dargestellten Anwendung für Pflegekräfte sowie der Medien-Anwendung für die Besucher auf einem Laptop naheliegend.

Für die Patienten-Anwendung gab es keine Referenz, daher wurden verschiedene Ansätze diskutiert, insbesondere in Bezug auf die Anforderungen an Hygiene, Kraftaufwand und Präzision.

Letztere ist insbesondere für zeigerbasierte Interaktionsformen ein wichtiger Faktor, sodass Vorteile für gestenbasierte Interaktionsformen aufgezeigt werden konnten. Die Steuerung über Spracheingabe und Desktop-Eingabegeräte eignen sich aufgrund des Kontextes nicht. Auch die Touchsteuerung ist aufgrund der notwendigen Präzision und des erforderlichen Kraftaufwands weniger geeignet. Die Interaktion über Brain-Computer-Interfaces hat zwar theoretisch viel Potenzial, bringt aber technische Herausforderungen und hohen Ressourcenaufwand mit sich. Auch dieser Ansatz wurde ausgeschlossen. Am für den Kontext am besten geeignet wurde die Interaktion über Handgesten identifiziert, da diese mit den Anforderungen zu Hygiene, Kraftaufwand und Präzision grundsätzlich vereinbar sind. Die Anzahl und Komplexität der Gesten sollte jedoch so gering wie möglich gehalten werden, um unnötigen kognitiven und motorischen Aufwand zu vermeiden. Für Sonderfälle, in denen die Steuerung über Handgesten nicht möglich ist, kommt als Schnittstellen-Plattform zusätzlich auch die Augensteuerung als Alternative infrage: Zwar sind der Aufwand für Kalibrierung und Konfiguration sowie die zu erwartende kognitive Belastung erhöht, alle weiteren Anforderungen werden jedoch erfüllt.

Damit wurde die dritte zu Beginn des Kapitels aufgestellte Teilfrage beantwortet, welche Kombinationen aus Schnittstellen-Plattformen und Ein-/Ausgabegeräten als Grundlage eines gebrauchstauglichen Lösungsansatzes infrage kommen.

4.4 Interaktionskonzept der Patienten-Anwendung

Die Entwicklung eines kontextsensitiven, gebrauchstauglichen Interaktionskonzeptes ist aufgrund der parallelen Entwicklung von Eingabegerät und darauf abgestimmter grafischer Benutzungsschnittstelle durch ein kleinschrittiges iteratives Vorgehen geprägt. Im vorigen Abschnitt wurde herausgearbeitet, dass Gesten für den Kontext geeignet sind. Die Erkennung von Gesten lässt sich technisch durch unterschiedliche Konzepte realisieren: mittels kamerabasierter Sensorik oder in Geräten verbauten Bewegungssensoren. Der Einsatz kamerabasierter Sensorik lässt sich im Krankenhaus aufgrund von Datenschutzrichtlinien sowie Fragen der (baulichen) Positionierung der Sensoren schwer argumentieren, wenn sich Gesten auch mittels in der Hand gehaltener Geräte mit eingebauter inertialer Messeinheit erkennen lassen (vgl. Abschnitt 2.6). Folglich wurde der zweite Ansatz gewählt.

Ein wichtiger Schritt ist die Identifikation von für den Kontext geeigneter Gesten. Die Literatur bietet dabei nur wenige Anhaltspunkte. Von den in Abschnitt 3.4.2 beschriebenen Ansätzen mit einer Gestensteuerung bietet lediglich das System von Goldberg et al. [2017b] Hinweise auf die konkrete Interaktion. In einem Video³ wird die Bedienung des Systems angedeutet: Die Hand wird auf einen Joystick mit einem horizontalen Griff gelegt. Dieser kann sowohl nach vorne/hinten als auch nach rechts/links geneigt werden. Zusätzlich besitzt das Gerät unter jedem der fünf Finger eine Taste. Die Autoren berichten von ermutigenden ersten Eindrücken der Patienten, Details zu Evaluationsergebnissen beschreiben die Autoren aufgrund der Frühphase der Forschung jedoch nicht.

Die Patienten-Anwendung wurde basierend auf den zuvor beschriebenen Anforderungen und Annahmen so konzipiert, dass sie mittels Gesten bedient werden kann. Dabei wurde sich aus den oben genannten Gründen für eine gerätebasierte Gestenerkennung entschieden. Da bislang für die spezifischen Anforderungen des Kontextes kein geeignetes Gerät besteht, wurde infolgedessen ein neues Interaktionsgerät speziell für den Nutzungskontext entwickelt. Details zum Gerät und den konkreten Interaktionsgesten werden in Kapitel 5 beschrieben.

Für die grafische Darstellung der Patienten-Anwendung wurde – orientiert an den in Abschnitt 2.2 beschriebenen Assistiven Systemen – ein menübasiertes Auswahlssystem konzipiert, welches ausgehend von der Anforderung bezüglich niedriger Systemkomplexität (NFR-1-5) mit einer geringen Anzahl von Gesten gesteuert werden kann. Die Navigation innerhalb des Menüs umfasst als minimalen Funktionsumfang die Funktionen *Vorwärts*, *Rückwärts* und *Auswahl bestätigen*. Die konkrete Ausgestaltung, Herausforderungen und weitere Funktionen werden in Kapitel 7 beschrieben und diskutiert.

Für die Verwendung der Patienten-Anwendung wurde im BMBF-Forschungsprojekt ACTIVATE eine geeignete Hardware-Basis festgelegt. Als Ausgabegerät wurde ein *HP ELITEONE 800 Healthcare Edition AIO-PC*⁴ ausgewählt. Dieser entspricht den geltenden Hygienerichtlinien des UKSH Lübeck, bietet einen geeigneten Funktions- und Leistungsumfang und verfügt über eine 23,8 Zoll (ca. 60 cm)-Bildschirmdiagonale (die Wahl der Bildschirmgröße ist entscheidend für die Wahl designspezifischer Abmessungen und Schriftgrößen der Benutzungsschnittstelle) sowie integrierte Lautsprecher.

³<https://www.youtube.com/watch?v=zITGxgwb1UQ> (abgerufen am 27.09.2022)

⁴<https://support.hp.com/in-en/document/c06070615#AbT0> (abgerufen am 27.08.2022)

Befestigt wird das Gerät per VESA-Halterung an einem Monty-22-Rollständer⁵. Dieser ermöglicht eine flexible Anpassung von Höhe und Betrachtungswinkel des Geräts und bietet einen für den Kontext angemessenen Kompromiss zwischen Mobilität und Adaptierbarkeit.

Tests haben gezeigt, dass eine praxistaugliche Positionierung des Rollständers in einem Abstand von 120 bis 140 cm zwischen Bildschirm und Gesicht des im Bett liegenden Nutzers resultiert. Damit lassen sich die Inhalte auf dem Gerät deutlich erkennen⁶. Zuvor wurden unterschiedliche kleinere Displaygrößen zertifizierter Geräte getestet, diese wurden jedoch aufgrund der mangelhaften Lesbarkeit ausgeschlossen (eine Vergrößerung der Inhalte hätte zu wenig Bildschirmplatz bewirkt).

Für die Audioausgabe von Musik, Videos und den sich wiederholenden Sprachansagen wird ein Bluetooth-Kopfhörer⁷ mit dem System verbunden und genutzt.

4.5 Schnittstellen

Innerhalb des Gesamtsystems werden Daten zwischen den Anwendungen über Schnittstellen ausgetauscht. Das in Abbildung 12 dargestellte Modell zeigt die Datenflüsse innerhalb des Gesamtsystems.

Dieses besteht überwiegend aus webbasierten Teilsystemen. Die Teilsysteme der Patienten-Anwendung (Patient App), der Pflegenden-Anwendung (Nurse App), der Administrations-Anwendung (Administration App) und Medien-Anwendung (Media App) bieten jeweils eine Benutzungsschnittstelle. Die Medien-Anwendung ist aus technischen Gründen als lokale Windows-Applikation konzipiert, welche die Medien einschließlich Metadaten auf den Server überträgt. Für die anderen drei Schnittstellen-Anwendungen wird ein für Webanwendungen übliches Client-Server-Modell verwendet. Der grobe Funktionsumfang der Systemteile für Patienten, Pflegende und die Medien-Anwendung wurde bereits in Abschnitt 4.2 beschrieben. Im Rahmen der Entwicklung hat sich zudem der Bedarf für eine Administrations-Anwendung zur Erstellung zusammenhängender Datensätze herausgestellt. Mit dieser lassen sich Geräteverbünde sowie Nutzerprofile der Systeme erstellen und verwalten. Diese Anwendung ist lediglich für den Demonstrationsbetrieb relevant und wird im weiteren Verlauf dieser Arbeit nicht weiter thematisiert.

Den eventbasierten Datenaustausch wickelt der Kommunikationsserver (Communication Server) ab, der als zentrale Schnittstelle den nahezu latenzfreien Datenaustausch zwischen allen Teilsystemen ermöglicht. Dieser fundiert auf dem leichtgewichtigen, service-basierten Web-Framework *feathersjs*, welches die Erstellung von API-Servern (*Application Programming Interface*) vereinfacht. Mit dem Framework lassen sich sowohl REST-Schnittstellen (*Representational State Transfer*) zur Abfrage und Konfiguration von Zuständen und Parametern als auch Echtzeitdatenaustausch über Events realisieren. Die Daten werden in der angebundenen Datenbank persistent abgespeichert,

⁵<https://www.rehavista.de/shop/artikel/monty-22-rollständer> (abgerufen am 27.09.2022)

⁶Basis ist der Schriftgrößenrechner von <https://www.leserlich.info/kapitel/zeichen/schriftgroesse.php> (abgerufen am 27.09.2022) auf Grundlage der DIN-Norm 1450

⁷Das Modell ist zum aktuellen Zeitpunkt (20.01.2023) nicht mehr auf dem Markt und kann daher nicht referenziert werden. Es kann jedoch durch alternative Kopfhörer ersetzt werden, welche durch liegende Patienten gefahrlos getragen werden können.

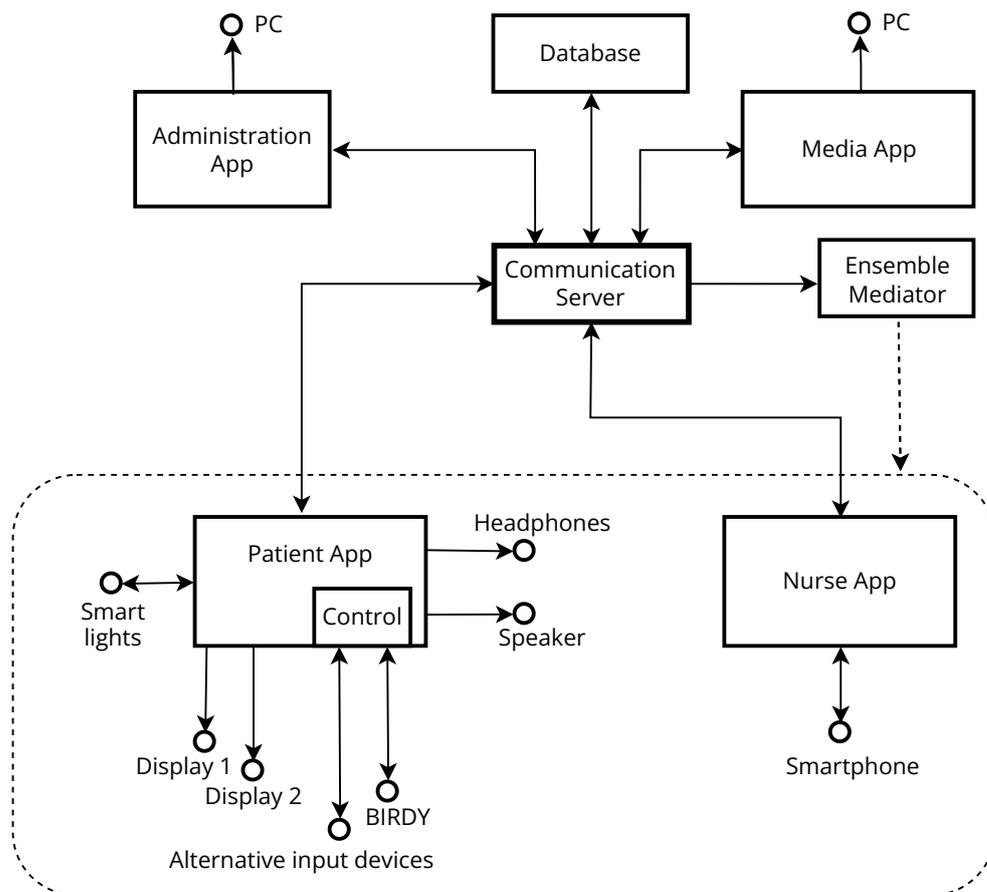


Abbildung 12: Datenflüsse zwischen den verschiedenen Teilsystemen des Assistiven Systems

zusätzlich werden zuletzt abgerufene Daten (zur Laufzeit) im Zwischenspeicher des Kommunikationsservers zwischengespeichert.

Der Kommunikationsserver bietet zudem eine Schnittstelle zur Middleware *Ambient Reflection*, mit welcher die semi-automatische Kopplung der Ein- und Ausgabegeräte des Systems zu einem Geräteverbund bzw. -Ensemble realisiert wird [Kordts et al., 2021]. Eine Pflegekraft kann die Kopplung der gewählter Geräte durchführen, welche danach für die Interaktion genutzt werden können. Das Ambient-Reflection-Framework wird im folgenden Abschnitt beschrieben.

4.6 Ambient Reflection

Ambient Reflection ist in seiner Ursprungsform ein von Burmeister [2018] beschriebenes Middleware-Framework, welches basierend auf Mechanismen der Selbsterklärung und Selbstorganisation die dynamische Vernetzung smarter Objekte ermöglicht. Smarte Objekte werden von ihm als Gegenstände definiert, welche um Sensorik, Aktorik und Netzwerkfähigkeit angereichert wurden. Das Framework nutzt die eigens für den Anwendungsfall entwickelte Selbstbeschreibungssprache *Smart Object Description Language* (SODL), um neben Gerätespezifikationen mögliche anzunehmende Geräte-

zustände sowie mögliche Funktionalitäten und Interaktionsmöglichkeiten detailliert zu beschreiben. Damit lassen sich Geräteverbände zusammenpassender smarterer Objekte dynamisch zusammenstellen. Für die eigentliche Vernetzung ist der Description Mediator verantwortlich, der smarte Objekte im Netzwerk findet und zueinander passende Objekte verknüpft.

Für den Anwendungsfall des in dieser Arbeit beschriebenen Assistiven Systems im Intensivkontext wurde das Framework im Rahmen einer Dissertation [Kordts, 2023] um die Integrierbarkeit *Ambienter Anwendungen* in einen Geräteverbund erweitert [Kordts et al., 2022]. Die Autoren beschreiben *Ambiente Anwendungen* als (virtuelle) Ausgabegeräte, die gleichzeitig auch als (virtuelle) Eingabegeräte zur Steuerung anderer Systeme genutzt werden können [Kordts et al., 2022]. Dafür wurden SODL und der Description Mediator erweitert und optimiert. Eine zentrale Erweiterung des Description Mediators ist hierbei die Schnittstelle zu dem in Abbildung 12 beschriebenen Kommunikationsserver, um die semi-automatische Kopplung und Auflösung von Ensembles zu ermöglichen.

Neben einem Service zum Austausch von Metainformationen (beispielsweise den Batterieladestand eines Gerätes) wurde dem Framework zudem mit dem *Virtual Device Daemon* eine Schnittstelle hinzugefügt, welche als Brücke zu anderen Programmiersprachen dient. Dies ermöglicht den Datenaustausch zwischen Ambient Reflection und in anderen Programmiersprachen entwickelten *Ambienten Anwendungen* bzw. den softwareseitigen Schnittstellen zu smarten Eingabegeräten. Die Erweiterungen ermöglichen zudem die Generierung und Integration interaktiver Tutorials basierend auf den sich im entsprechenden Geräteverbund befindenden Geräten [Kordts et al., 2021].

Von den in Abbildung 12 dargestellten Komponenten ist nur die Patienten-Anwendung mit ihren Eingabe- und Ausgabegeräten (BIRDY, Patient App, Smart Lights) in das Ambient-Reflection-Framework integriert. Die anderen Systemanwendungen (die Administration App, die Media App oder die Nurse App) sind als Zusatzanwendungen entstanden, um die Anforderungen des Gesamtsystems zu erfüllen. Sie sind nicht Teil des Reflection-Frameworks. Die Nurse App stellt die Mensch-Technik-Schnittstelle bereit, um die zuvor beschriebene semi-automatische Kopplung zu ermöglichen. Dazu wurde eine Schnittstelle zwischen dem Kommunikationsserver und dem Ambient-Reflection-Framework konzipiert. Über diese werden die Daten der verknüpften Geräte übermittelt.

4.7 Zusammenfassung und Fazit

Auf Basis der in Abschnitt 3.6 beschriebenen Anforderungen wurde ein auf den Kontext abgestimmtes Gesamtkonzept entwickelt. Um die Fähigkeiten in den verschiedenen Bewusstseinsphasen bestmöglich zu adressieren, wurde im interdisziplinären Team ein Dreiphasenmodell entwickelt (siehe Abschnitt 4.1). Das Modell sieht für das System in drei aufeinander folgenden Phasen der Wachheit und Ansprechbarkeit eine schrittweise Erweiterung des Funktionsumfangs vor, mit dem die zu erwartenden Bedürfnisse und Fähigkeiten berücksichtigt werden. Mit der Beschreibung dieses Modells wurde die Teilfrage, wie sich die Fähigkeiten der Patienten in den jeweiligen Bewusstseinsphasen möglichen Systemfunktionen zuordnen lassen, beantwortet.

Auf Basis des Phasenmodells wurde ein Modell des Gesamtsystems mit verschiedenen Kontexten, Teilsystemen und -anwendungen entwickelt und beschrieben (siehe Abschnitt 4.2). Das System besteht aus einer stationären Patienten-Anwendung, einer Smartphone-Anwendung für Pflegefachpersonen und einer Medien-Anwendung für Besucher. Erstere bietet den auf Basis der Anforderungen konzipierten Funktionsumfang für Patienten. Pflegefachpersonen nutzen die Smartphone-Anwendung zur Konfiguration und Einrichtung des Patientensystems sowie den Empfang und der Beantwortung von per Fernkommunikation übermittelten Nachrichten der Patienten. Die Medien-Anwendung bietet die Möglichkeit, von Besuchern und Angehörigen mitgebrachte Medien in das System zu übertragen, damit die Patienten diese konsumieren können. Mit diesem Modell wurde die zweite Teilfrage, wie ein System modelliert sein könnte, dessen Funktionsumfang den spezifizierten Anforderungen und dem zuvor beschriebenen Phasenmodell entspricht, beantwortet.

Die Wahl der Schnittstellen-Plattform (siehe Abschnitt 4.3) ist für Smartphone- und Medien-Anwendung mit einer mobilen bzw. Desktop-Plattform naheliegend. Aufgrund des speziellen Kontextes und der vielfältigen zu berücksichtigenden Faktoren wurde für die Patienten-Anwendung eine sorgfältige Abwägung bestehender Interaktionskonzepte durchgeführt. Dabei hat sich die Gestensteuerung über ein neuartiges Eingabegerät als vielversprechend herausgestellt. Auch alternative gestenbasierte Eingabegeräte können für die Interaktion genutzt werden, sollten sie sich in der Praxis als geeigneter als das gewählte Gerät erweisen. Gesteuert wird ein menübasiertes Auswahlssystem, welches visuelle, auditive und audiovisuelle Ausgaben auf einem All-in-One-PC nutzt. Im Rahmen dieser systematischen Diskussion und den daraus resultierenden Entscheidungen (siehe Abschnitt 4.4) wurde die dritte Teilfrage, welche Kombinationen aus Schnittstellen-Plattformen und Ein-/Ausgabegeräten als Grundlage eines gebrauchstauglichen Lösungsansatzes infrage kommen, beantwortet.

In dem aus verschiedenen Teilen bestehende Gesamtsystem werden die Daten über verschiedene Schnittstellen ausgetauscht (siehe Abschnitt 4.5). Die zentrale Schnittstelle ist der Kommunikationsserver, welcher einen eventbasierten Datenaustausch zwischen den Systemteilen ermöglicht.

Die Patienten-Anwendung und dessen zugehörige Ein- und Ausgabegeräte sind über das Ambient-Reflection-Framework (siehe Abschnitt 4.6) miteinander verknüpft, welches die dynamische Vernetzung smarterer Geräte ermöglicht. Dafür wurde die Patienten-Anwendung als Ambiente Anwendung konzipiert. Über das Ambient-Reflection-Framework werden verschiedene Steuerbefehle und Metadaten der verknüpften Geräte ausgetauscht.

Das in diesem Kapitel eingehend und mit unterschiedlichem Fokus dargestellte Gesamtsystem bildet die Basis für die in den folgenden Kapiteln beschriebenen Teilaspekte des Systems. In Kapitel 5 werden unter anderem die Herleitung konkreter Anforderungen an das Interaktionsgerät sowie der entsprechenden Interaktionsgesten ausgeführt. In Kapitel 6 wird die in dieser Arbeit für den speziellen Kontext des Weanings entwickelte, neuartige Menütechnik – das *Kompass-Menü* – dargelegt. Dieses ermöglicht die Navigation und Selektion innerhalb des in diesem Kapitel beschriebenen Funktionsumfangs. Die konkrete grafische Gestaltung der Anwendungen für Patienten (auf Basis des *Kompass-Menüs*) und für die Pflegenden wird in Kapitel 7 thematisiert.

5 Interaktionsgerät BIRDY

Im BMBF-Projekt ACTIVATE (siehe Vorwort auf Seite iv) wurde die Entwicklung eines kugelförmigen Eingabegeräts mit dem Namen BIRDY (kurz für *Ball-shaped Interactive Rehabilitation Device*) angestrebt, welches explizit auf Nutzungsszenarien mit Weaningpatienten im Kontext *Intensivbett* angepasst ist. Die erste Vision des Konzeptes beschreibt ein drahtloses und mit autonomer Energieversorgung ausgestattetes Gerät, welches mittels geeigneter Sensorik die Lage, Rotation und Ausrichtung des Gerätes erfasst. Die berührungs- und drucksensitive Oberfläche ermöglicht die Erkennung von Berührungen, durch die Induktions-Aufladung ist das System autonom und die hygienische Oberfläche ermöglicht den Einsatz im Bett des Patienten. Mit der Sensorik lassen sich Gesten unterschiedlicher Granularität erfassen, die als Interaktionsprimitive an das Assistive System übermitteln werden.

Die Ball- oder Kugelform eignet sich aufgrund der Eigenschaft, dass Objekte mit dieser Form keine spezifische Ausrichtung besitzen. Das erleichtert die Nutzung für Patienten mit eingeschränktem Aktionsradius der Hände (vgl. Primary Persona Annika Elle-Sonnecken in Abbildung 56), die ansonsten Unterstützung bräuchten, ein Eingabegerät für die Nutzung selbstständig korrekt auszurichten. Diese Aufgabe dem Personal zu übertragen, ist in der notwendigen Frequenz nicht zumutbar. Eine initiale Kalibrierung bei der Erstverwendung im Bett sowie eine stichprobenartige Überprüfung der Funktionsweise würde den Aufwand gering halten.

Darüber hinaus legen Beobachtungen die Schlussfolgerung nahe, dass kugelförmige Objekte zu Interaktionen anregen. In vielen therapeutischen Interventionen bilden ballförmige Objekte zudem ein Hilfsmittel, um Reize zu setzen [Carrière, 2013]. Im Rahmen von Hospitationen in der Intensivpflege (siehe Abschnitt 3.1) wurde ansprechbaren Patienten ein Stressball in die Hand gegeben. Dabei konnte beobachtet werden, wie diese spielerisch mit dem Ball interagierten.

Für die Konzeption und Realisierung des Interaktionsgerätes wurde folgende Vorgehensweise gewählt. Zunächst wurde eine mehrteilige Studie (eine Vorstudie und eine zweiteilige Hauptstudie) durchgeführt, um Erkenntnisse bezüglich der konkreten Ausgestaltung der Haptik des Geräts sowie mögliche Formen der Interaktion mit diesem zu sammeln (siehe Abschnitt 5.1). Aus diesen Ergebnissen wurden in interdisziplinären Workshops Anforderungen abgeleitet sowie die Gesten eingegrenzt und validiert (siehe Abschnitt 5.2). Diese und weitere, systematisch aus dem Kontext und der technischen Umsetzung abgeleitete Anforderungen werden in Abschnitt 5.3 zusammengefasst. Basierend auf diesen Anforderungen wurde ein Demonstrator von BIRDY entwickelt, der in Abschnitt 5.4 beschrieben wird.

5.1 Studie zur Erhebung interaktionsbezogener Benutzerpräferenzen

Ziel der quasi-experimentellen Studie war es, die Präferenzen der potenziellen Nutzer hinsichtlich der Parameter des Interaktionsgerätes zu ermitteln. Dafür wurden Alltagsgegenstände mit unterschiedlichen Ausprägungen dieser Parameter beschafft. Insbesondere folgende Parameter waren bezogen auf die Interaktion von vordergründlichem Interesse:

Teile dieses Abschnitts wurden bereits in Kopetz et al. [2019], Kordts et al. [2019], Vandereike et al. [2018] publiziert.

1. Form
2. Größe (Durchmesser)
3. Gewicht
4. Oberflächenbeschaffenheit (die Struktur bzw. Glattheit der Oberfläche)
5. Komprimierbarkeit (die notwendige Kraft für das Zusammendrücken eines Objekts)

Im ersten Teil der Studie ging es um die Bewertung der Ausprägungen dieser Parameter. Dafür wurden mit den Studienteilnehmern systematische Vergleiche der beschafften Objekte durchgeführt. Zusätzlich wurde erhoben, welche weiteren Parameter für die Teilnehmer relevant sind. Erkenntnisse zu möglichen Interaktionen mit diesen Objekten wurden in einem zweiten Teil der Studie erhoben. Um einen Bezug zu der späteren Nutzung im Intensivbett herzustellen, führten die Teilnehmer die Erprobung im Bett auf dem Rücken liegend durch.

5.1.1 Methodik

Studiendesign

Zunächst wurde die Anzahl der Studienobjekte im Rahmen einer Vorstudie eingegrenzt (siehe Teilabschnitt Material). Die Objekte wurden anschließend in einem Within-Subjects-Design miteinander verglichen, anhand festgelegter Merkmale eingestuft und die bevorzugten ermittelt. Dafür wurden die Methode des vollständigen Paarvergleichs angewandt. Anschließend wurden diese anhand ihrer Eigenschaften bewertet und ein insgesamt bevorzugtes Objekt gewählt. Abschließend interagierten die Teilnehmer in einer ersten Gestenerhebung (engl. gesture elitation study [Villarreal-Narvaez et al., 2020]) mit ihrem bevorzugten Objekt.

Stichprobe

Angesichts der Zielgruppe der Intensivpatienten wurde eine repräsentative Stichprobe in Bezug zu Alter und Geschlecht dieser Zielgruppe ausgewählt. Das Durchschnittsalter der Intensivpatienten beträgt rund 64 Jahre und die Geschlechterverteilung ist nahezu ausgeglichen (vgl. Abschnitt 3.3.1).

Die Altersspanne der Stichprobe der 20 älteren Erwachsenen (im Folgenden zur besseren Abgrenzung Senioren genannt) reichte von 58 bis 84 Jahren. Um eine altersdifferenzierte Generalisierbarkeit zu ermöglichen, wurde dieser Stichprobe eine weitere von 20 jüngeren Erwachsenen (im Folgenden zur besseren Abgrenzung Erwachsene genannt) gegenübergestellt, die zwischen 18 und 31 Jahre alt waren.

Einschlusskriterien für die Studie waren Volljährigkeit und die Fähigkeit zur verbalen Kommunikation in deutscher Sprache. Zudem sollten der Gesundheitszustand und die Mobilität für die Studienteilnahme ausreichend sein.

Die Rekrutierung der Teilnehmer erfolgte über bestehende Kontakte, Flyer und direktes Ansprechen potenzieller Teilnehmer an öffentlichen Orten. Flyer wurden von Orten

Senioren häufig frequentierten Orten verteilt, wie Apotheken, Altenpflegeeinrichtungen und Wohlfahrtsverbände. Die Gruppe der Erwachsenen wurde während studentischer Veranstaltungen von Mitarbeitern des *Instituts für Multimediale und Interaktive Systeme* rekrutiert.

Hinsichtlich soziodemografischer Daten wurden Alter, Geschlecht, Handgröße, Handpräferenz, Computerkenntnisse (auf der Grundlage der Computer Literacy Scale, CLS, von Sengpiel & Jochems [2015]) und die interaktionsbezogene Technikaffinität (Affinity for Technology Interaction – ATI, von Franke et al. [2018]) erhoben. Für die Stichprobe der Erwachsenen konnte erwartungsgemäß eine höhere Computer Literacy und interaktionsbezogene Technikaffinität festgestellt werden als für die der Senioren. Nur ein Teilnehmer war Linkshänder, die übrigen waren Rechtshänder. Tabelle 8 zeigt die demografischen Daten der Teilnehmer sowie der ATI- und CLS-Skala.

Gruppe	Alter	ATI Score	CLS Score	Handfläche	Geschlecht (männlich/weiblich)
	M (SD)	M (SD)	M (SD)	(in cm ²) M (SD)	
Erwachsene	23.45 (3.03)	4.43 (0.87)	24.65 (1.87)	172.08 (27.46)	9/11
Senioren	67.25 (6.60)	3.35 (1.22)	13.45 (7.45)	176.37 (29.49)	8/12
Gesamt	45.35 (22.8)	3.92 (1.17)	19.05 (7.81)	174.58 (28.18)	17/23

Tabelle 8: Demografische Daten der Stichprobe, unterteilt in *Erwachsene*, *Senioren* und *Gesamt*. Dargestellt sind Mittelwert (M) und Standardabweichung (SD). Der ATI-Score reicht von 1 bis 6 (am besten), der CLS-Score von 0 bis 30 (am besten). Die Handfläche ist definiert als Länge mal Breite und wird als Näherungsmaß verwendet.

Setting

Um eine hohe ökologische Validität zu erreichen, fand die Studie in einem speziell ausgestatteten Labor statt (COPICOH-Health-Lab des Instituts für Telematik an der Universität zu Lübeck, siehe auch Abbildung 48 in Abschnitt 9.1). Die Teilnehmer lagen in einem Krankenhausbett mit einem um 30° geneigten Oberkörper: Diese *Oberkörperhochlage* wird üblicherweise bei künstlich beatmeten Patienten angewendet [Wang et al., 2016]. Darüber hinaus trugen die Teilnehmer spezielle Handschuhe, um die motorischen Einschränkungen durch geschwollene Hände zu simulieren (eine häufige Nebenwirkung der eingesetzten Medikamente). Die Handschuhe sind Teil des Alterssimulationsanzugs GERT [Groza et al., 2017], der entwickelt wurde, um die Einschränkungen der Hände in Bezug auf Beweglichkeit, Greiffähigkeit und taktile Wahrnehmung zu simulieren.

Künstlich beatmete Patienten können beispielsweise aufgrund körperlicher Schwäche oder medizinischer Zugänge eine eingeschränkte Handbeweglichkeit aufweisen. Um dies zu simulieren, wurden die Teilnehmer der Studie angewiesen, ihre Ellbogen während der Studie nicht von der Bettoberfläche zu heben.

Material

Als Ausgangspunkt für die Auswahl geeigneter Objekte für die Studie wurden 30 handelsübliche Objekte mit unterschiedlichen Merkmalsausprägungen erworben, welche mindestens eine potenziell für BIRDY infrage kommende Merkmalsausprägung besaßen.

Zunächst wurde die Gesamtanzahl der Objekte in einer explorativen Vorstudie mit Nutzern auf eine hinsichtlich der Merkmalsausprägungen heterogene Stichprobe von acht Objekten reduziert. Hierdurch wurde die Gesamtanzahl der notwendigen Vergleiche pro Studienteilnehmer reduziert. Dabei wurde eine möglichst große Vielfalt der relevanten Merkmale Form, Größe, Gewicht, Oberflächenbeschaffenheit und Komprimierbarkeit angestrebt. Mit dieser reduzierten Stichprobe wurde in der Hauptstudie der systematische Paarvergleich durchgeführt. Die finalen acht Studienobjekte sind in Abbildung 13 dargestellt.

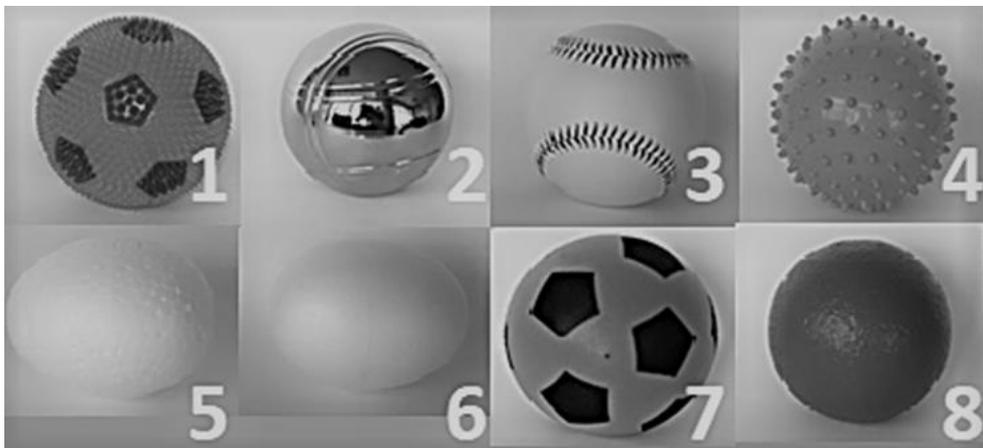


Abbildung 13: Die finalen acht Studienobjekte mit unterschiedlichen Ausprägungen in Bezug auf die Merkmale Form, Größe, Gewicht, Oberflächenbeschaffenheit und Komprimierbarkeit

Ein Vergleich der Merkmalsausprägungen ist in Tabelle 9 dargelegt.

Da einige Objekte äußerst ähnliche Merkmalsausprägungen in Bezug auf die Komprimierbarkeit und die Oberflächenbeschaffenheit aufweisen, wurden diese in verschiedene Kategorien eingeteilt. Für die Oberflächenbeschaffenheit wurden die Kategorien rau mit engen und winzigen Gumminoppen (A), glatt und mit Rillen durchzogen (B), glatt und mit Nähten durchzogen (C), glatt mit Gumminoppen (D), glatt (E) und rau (F) gebildet. Die Komprimierbarkeit wurde in hart (I), widerstandsfähig (II), weich (III) und sehr weich (IV) kategorisiert.

Ablauf

Nach einer Einführung über die durchzuführende Studie legten sich die Teilnehmer auf das Krankenhausbett. Zunächst wurden die Studienteile mit Bezug zur Haptik durchgeführt. Begonnen wurde mit dem vollständigen Paarvergleich, gefolgt von dem Ranking der Objekte nach den oben genannten Merkmalen. Anschließend wählten die Teilnehmer ihr insgesamt bevorzugtes Objekt, woraufhin sie damit interagierten. Abbildung 14 fasst den Ablauf der Studie zusammen.

ID (#)	Objekt	Durchmesser (in mm)	Gewicht (in g)	Form	Komprimierbarkeit	Oberfläche
1	Spike-Ball	64	45	○	III	A
2	Boule-Ball	73	722	○	I	B
3	Baseball	76	144	○	II	C
4	Igel-Ball	86	28	○	III	D
5	Styropor-Ei	80x62	5	○	I	E
6	Styropor-Ei	120x86	12	○	I	E
7	Soft-Ball	120	44	○	IV	E
8	Schaumstoff-Ball	89	30	○	IV	F

Tabelle 9: Die acht Studienobjekte und ihre charakteristischen Merkmalsausprägungen (Form: ○ = kugelförmig, () = eiförmig; Komprimierbarkeit: I = hart, II = widerstandsfähig, III = weich, IV = sehr weich; Oberfläche: A = rau mit engen und winzigen Gumminoppen, B = glatt und mit Rillen durchzogen, C = glatt und mit Nähten durchzogen, D = glatt mit Gumminoppen, E = glatt, F = rau)

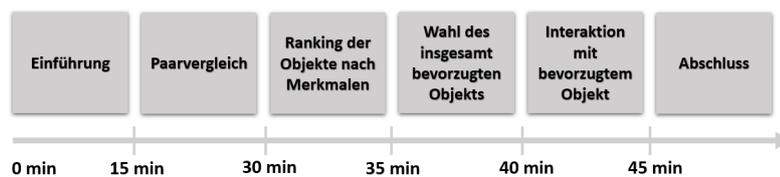


Abbildung 14: Ablauf der Studie

Damit sich die Studienteilnehmer gedanklich in die Situation eines Intensivpatienten hineinversetzen können, erhielten sie zu Beginn des Experiments (in einer Einführung) Informationen und Anweisungen zum Nutzungskontext in Form eines Szenarios. Dieses wurde im Vorwege als Audioaufzeichnung erstellt und vor Beginn des Experiments abgespielt. Damit sollte sichergestellt werden, dass alle Teilnehmer vergleichbare Informationen erhalten.

Das Szenario lautete wie folgt:

Schließen Sie bitte Ihre Augen. Versuchen Sie, sich in die Lage eines Intensivpatienten hineinzuversetzen. Nach einem Unfall, z. B. mit dem Auto oder mit dem Fahrrad, erwachen Sie aus der Narkose. Sie schauen sich um und vermuten, dass es sich um eine Intensivstation im Krankenhaus handelt. Ihr ganzer Körper fühlt sich an wie betäubt und sie fühlen sich sehr schwach. Sie spüren, dass in ihrer dominanten Hand ein Objekt liegt und Sie damit etwas bedienen/steuern können.

Die daran anschließenden Fragen sollten die Teilnehmer jeweils für jedes Objekt jeweils einmal beantworten. Anschließend führten sie einen vollständigen paarweisen Vergleich der acht Objekte durch. Sie sollten dabei jeweils ihren ersten Eindruck beschreiben und sich – nachdem sie das Vergleichsobjekt in die andere Hand genommen haben – für eines entscheiden. Die Teilnehmer wurden gebeten, ihre Gründe für ihre Präferenz zu erläutern, insbesondere im Hinblick auf die Objektmerkmale. Zur Vermeidung von Reihenfolgeeffekten wurde die Reihenfolge randomisiert. Folgende Fragen sollten die Teilnehmer für jedes Objekt beantworten:

Wie gefällt Ihnen dieses Objekt?

Wie fühlt es sich an?

Was gefällt Ihnen daran und was nicht?

Nach Abschluss der paarweisen Vergleiche bewerteten die Teilnehmer die Objekte in Bezug auf die relevanten Merkmale Form, Größe, Gewicht, Oberflächenbeschaffenheit und Komprimierbarkeit. Dafür sollten die Teilnehmer je Merkmal ein Ranking mit den drei präferierten Objekten bilden. Anschließend wählten die Teilnehmer ihr bevorzugtes aus der acht Objekte umfassenden Stichprobe und begründeten ihre Wahl.

In Teil zwei der Studie ging es um die Interaktionen mit dem Objekt. Dafür wurde den Teilnehmern folgende Aufgabe gegeben. Sie sollten ihr zuvor ausgewähltes, präferiertes Objekt nutzen, um mitzuteilen, dass sie Durst haben. Dabei gab es weder Vorgaben noch eine grafische Benutzungsschnittstelle, sie sollten frei agieren. Ziel war es, unvoreingenommen Erkenntnisse in Bezug auf erwartungskonforme Interaktionsformen und -gesten ableiten zu können.

5.1.2 Datenerhebung und -auswertung

Die Datenerhebung erfolgte nach schriftlicher Einwilligung in die Studienteilnahme in Form von Fragebögen, (Interview-)Notizen, Audio- und Videoaufzeichnung. Die Fragebögen dienten der Erfassung demografischer Daten und die Ergebnisse der einzelnen Versuchsteile wurden während des Versuchs vom Versuchsleiter auf einem Vordruck dokumentiert. Während des gesamten Versuchs wurden die Gespräche aufgezeichnet, um im Nachgang die Mitschrift auf Korrektheit und Vollständigkeit überprüfen zu können. Während der freien Interaktion mit dem präferierten Objekt wurde ein Ausschnitt der Arme und Hände der Teilnehmer videografisch dokumentiert. Dies diente der retrospektiven Auswertung und Diskussion der Interaktion und potenzieller Gesten.

5.1.3 Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden zunächst die zentralen Ergebnisse des Paarvergleichs, der verschiedenen Merkmals-Rankings und Auswahl des bevorzugten Objekts beschrieben. Abschließend werden die Ergebnisse der freien Interaktion mit dem favorisierten Objekt beschrieben.

Paarvergleich

Die Anzahl der Vergleiche für einen vollständigen Paarvergleich ergibt sich aus der Auswahl zweier Objekte (k) aus der Anzahl der Objekte (n). Nach der folgenden Gleichung (1) wurden für die acht Studienobjekte 28 Vergleiche durchgeführt.

$$(1) \text{ Anzahl der Vergleiche: } \binom{n}{k} = \binom{8}{2} = 28$$

Die Ergebnisse des paarweisen Vergleichs sind in Tabelle 10 nach Stichprobe unterteilt (Erwachsene, Senioren, Gesamt) dargestellt. Insgesamt gab es 1120 Vergleiche

(zweimal 20 Teilnehmer multipliziert mit 28 Vergleichen). Ein Wert ist während der Datenauswertung verloren gegangen, die Summe der Werte für die Zeile der Senioren über alle Spalten entspricht nicht der Gesamtanzahl der Vergleiche ($559 \neq \frac{1120}{2}$). Die Zahlen der Tabelle geben an, wie oft die Objekte von der jeweiligen Stichprobe bevorzugt wurden. Die drei bevorzugten Objekte sind jeweils fett markiert. Es sind Unterschiede zwischen den „Top-Wahlmöglichkeiten“ der Erwachsenen und der Senioren zu erkennen. Die Senioren bevorzugten die Objekte Nr. 4, Nr. 1 und Nr. 8, die Erwachsenen Nr. 8, Nr. 1 und Nr. 3 (jeweils in Reihenfolge absteigender Gesamtpräferenzwerte). In der Gesamt-Zeile wurden die Werte der Erwachsenen und Senioren addiert. Insgesamt wurden die Objekte Nr. 1, Nr. 4 und Nr. 8 am häufigsten bevorzugt.

Gruppe	Objekt-ID #							
								
Erwachsene (E)	91	34	91	86	87	46	31	94
Senioren (S)	113	33	75	114	78	31	25	90
Gesamt (G)	204	67	166	200	165	77	56	184

Tabelle 10: Ergebnisse des vollständigen Paarvergleichs unterteilt nach Stichprobe; die Top 3 sind fett markiert; die Werte geben an, wie oft sie insgesamt bevorzugt wurden; die Werte reichen von 0 bis 140 (in Spalte *Gesamt* von 0 bis 280); die Werte eines Teilnehmers der Senioren fehlten

Ranking der Objekte nach festen Merkmalen

Für das Ranking der Objekte nach den Merkmalkategorien wurde jeweils die Summe der Nennungen erfasst und gewichtet. Da die Teilnehmer ihre Top-3-Objekte hinsichtlich der verschiedenen Merkmalsausprägungen wählten, wurde für die Gewichtung ein Index errechnet: Die Anzahl der Erststimmen wurde mit drei, die Anzahl der Zweitstimmen mit zwei und die Anzahl der Drittstimmen mit eins multipliziert. Diese Werte wurden summiert und in eine Rangfolge gebracht. Die Indexwerte für Erwachsene und Senioren wurden addiert, um den Gesamtwert (G) zu berechnen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 11 dargestellt.

Zwischen den Altersgruppen lassen sich Unterschiede bezüglich der Präferenzen für Größe und Gewicht feststellen. Die Senioren präferierten bezüglich der Größe ein Objekt mit 64 mm Durchmesser. Auf Rang 2 und 3 der Senioren befinden sich Objekte mit einem Durchmesser von 86 mm bzw. 76 mm. Die Erwachsenen wählten auf Rang 1 ein Objekt mit den Maßen 80×62 mm, auf Rang 2 und 3 Objekte mit einem Durchmesser von 64 mm bzw. 76 mm. Das Gesamtranking für die Größe umfasst in absteigender Rangfolge die Maße 64 mm, 76 mm und 80×62 mm. Obwohl weibliche Teilnehmer kleinere Hände hatten, konnte kein Einfluss der Handgröße auf die Größenpräferenz ($\rho = -0.007$, $n = 40$, $p = 0.965$) gefunden werden.

Beim Gewicht gibt es erkennbare Unterschiede. Die Gruppe der Senioren bevorzugten ein leichteres (45 g) Objekt als die Gruppe der Erwachsenen (144 g). In der jeweils anderen Gruppe erreichen diese den dritten Rang. Für das Gesamtranking ergibt sich damit, dass beide präferierten Objekte sich den ersten Rang teilen.

Rang	Größe (Durchm. in mm)			Gewicht (in g)			Komprimierbarkeit			Oberfläche		
	E	S	G	E	S	G	E	S	G	E	S	G
1	80x62	64	64	144	45	45 ¹	III	III	III	D	D	D
2	64	86	76	30	28	144 ¹	IV	IV	IV	A	A	A
3	76	76	80x62	45	144	30	II	II	II	C	F	F
4	73	80x62	86	44	5	28	I	I	I	F	C	C
5	86	73	73	28	30	5				B	E	B
6	120x86	89	89	5	722	44				E	B	E
7	89	120x86	120x86	12	44	722						
8	120	120	120	722	12	12						

Tabelle 11: Merkmalsausprägungen der Objekte, geordnet nach den Präferenzen der Teilnehmer und gruppiert nach Erwachsenen (E), Senioren (S) und Gesamtstichprobe (G); die ersten beiden Werte des Gewichts teilen sich den ersten Platz¹; Komprimierbarkeit: I = hart, II = widerstandsfähig, III = weich, IV = sehr weich; Oberfläche: A = rau mit engen und winzigen Gumminoppen, B = glatt und mit Rillen durchzogen, C = glatt und mit Nähten durchzogen, D = glatt mit Gumminoppen, E = glatt, F = rau

Die Ergebnisse für Komprimierbarkeit und Oberfläche sind in beiden Altersgruppen für die obersten Ränge gleich bzw. ähnlich. Weiche (III) und sehr weiche (IV) Objekte werden bevorzugt. In Bezug auf die Oberflächenbeschaffenheit werden Objekte mit Noppen (D und A) oder anderen Texturen (C und F) bevorzugt.

Was die Form betrifft, waren die Objekte entweder rund oder eiförmig (weil nur die zwei Merkmalsausprägungen untersucht wurden, ist das Ergebnis nicht in Tabelle 11 dargestellt). Die Erwachsenen bevorzugten eiförmige Objekte, während die Senioren kugelförmige bevorzugten. Bezogen auf die Gesamtstichprobe wurden Objekte mit einer Kugelform bevorzugt, da bei einem Gleichstand aufgrund des Altersdurchschnitts auf Intensivstationen die Präferenzen der Senioren-Stichprobe bevorzugt wurden.

Wenige Teilnehmer nannten weitere Eigenschaften, die sie als wichtig erachteten, beispielsweise die subjektiv empfundene Temperatur (Wärmeleitfähigkeit; sollte sich nicht zu kalt oder zu warm anfühlen) und dass das Objekt nicht aus rutschigem Material bestehen sollte.

Bevorzugtes Objekt

Die Bewertung der bevorzugten Objekte wurde anhand der Häufigkeit ihrer Auswahl ermittelt (siehe Tabelle 12). Zwischen Erwachsenen und Senioren sind Unterschiede in Bezug auf die Abstände zwischen den am häufigsten genannten Objekten zu erkennen. Die Stichprobe der Senioren präferierte das Objekt Nr. 1 (acht-mal) vor den Objekten Nr. 4 und Nr. 8 (je vier-mal). Dagegen waren die Unterschiede in der Stichprobe der Erwachsenen nicht so deutlich. Insgesamt wurden die Objekte Nr. 1 und Nr. 4 jeweils fünf-mal, Nr. 3 vier-mal und Nr. 8 drei-mal bevorzugt. Als Gesamtergebnis wurden die Objekte Nr. 1 (13-mal), Nr. 4 (neun-mal) und Nr. 8 (sieben-mal) am häufigsten bevorzugt. Auffällige Unterschiede gibt es für die Objekte Nr. 3 (von Erwachsenen vier-mal, von Senioren gar nicht präferiert) und Nr. 5 (von den Erwachsenen gar nicht, von den Senioren drei-mal präferiert).

Gruppe	Objekt-ID #							
	 1	 2	 3	 4	 5	 6	 7	 8
Erwachsene	5	1	4	5	0	2	0	3
Senioren	8	1	0	4	3	0	0	4
Gesamt	13	2	4	9	3	2	0	7

Tabelle 12: Wahl des bevorzugten Objekts; die Werte geben an, wie oft die Teilnehmer in Abhängigkeit des Alters ein Objekt als ihr bevorzugtes Objekt gewählt haben; die Top 3 sind fett markiert; die Werte reichen von 0 bis 20 für jede Gruppe (Gesamt: 0 bis 40).

Interaktion mit dem bevorzugten Objekt

Die Analyse der Videoaufzeichnungen hat unterschiedliche Erkenntnisse in Bezug auf die Haltung der Hand während der Interaktion und die intendierten Aktionen ergeben. Diese werden im Folgenden zusammengefasst. Weitere Details werden von Vandereike et al. [2018] beschrieben.

In Bezug auf die Handhaltung während der Interaktion wurden drei Varianten (in absteigender Häufigkeit) beobachtet: Die Hand liegt auf dem Objekt, die Hand liegt unter dem Objekt und die Hand liegt seitlich auf dem Objekt, sodass die Handfläche in Richtung Körper zeigt.

Die beobachteten Bewegungen wurden in drei Kategorien unterteilt: Navigation, Selektion und Exploration. Bei der Auswertung der Ergebnisse wurde zudem berücksichtigt, was die Probanden während der Durchführung der entsprechenden Geste äußerten. Diese Navigations- und Selektionsgesten (der Exploration konnten keine expliziten Gesten zugeordnet werden) sind in Abbildung 15 dargestellt und werden im Folgenden beschrieben.

Navigation Für die Navigation wurden zwei Arten der Bewegung beobachtet, die wiederum mit der Haltung der Hand zusammenhing. 40 Prozent der Teilnehmer rollten das Objekt auf der Bett-Oberfläche (Handfläche nach unten) und 38 Prozent rotierten das Objekt in der Hand (Handfläche nach oben). Einige Teilnehmer nutzen Rollen oder Schieben auf dem Bett als (simulierte) Bewegung zur Kontrolle eines Cursors auf einem Bildschirm und assoziierten das Objekt mit einer Computer-Maus. Auch die dreidimensionale Bewegung des Objektes im freien Raum wurde von einigen Teilnehmern mit einer Form der Navigation assoziiert.

Als konkrete Navigationsgesten wurden Drehen, Neigen, Gedrückt-Halten, Rollen, Schieben und die Bewegung in der Luft festgestellt. Dabei sind theoretisch bis zu sechs Freiheitsgrade möglich.

Drehen wird durch eine Rotation um die eigene Achse durchgeführt. Es ist am einfachsten, wenn BIRDY auf der Handfläche nach oben liegt und die Finger für die Drehung genutzt werden. Der Handrücken kann dabei auf einer Oberfläche abgelegt werden. Liegt die Handfläche auf dem BIRDY, kann die Oberfläche die Rotation einschränken oder die Hand könnte etwas angehoben werden, beides erfordert mindestens geringen Kraftaufwand. Drehen ermöglicht die Nutzung der drei Freiheitsgrade auf den Rotationsachsen.

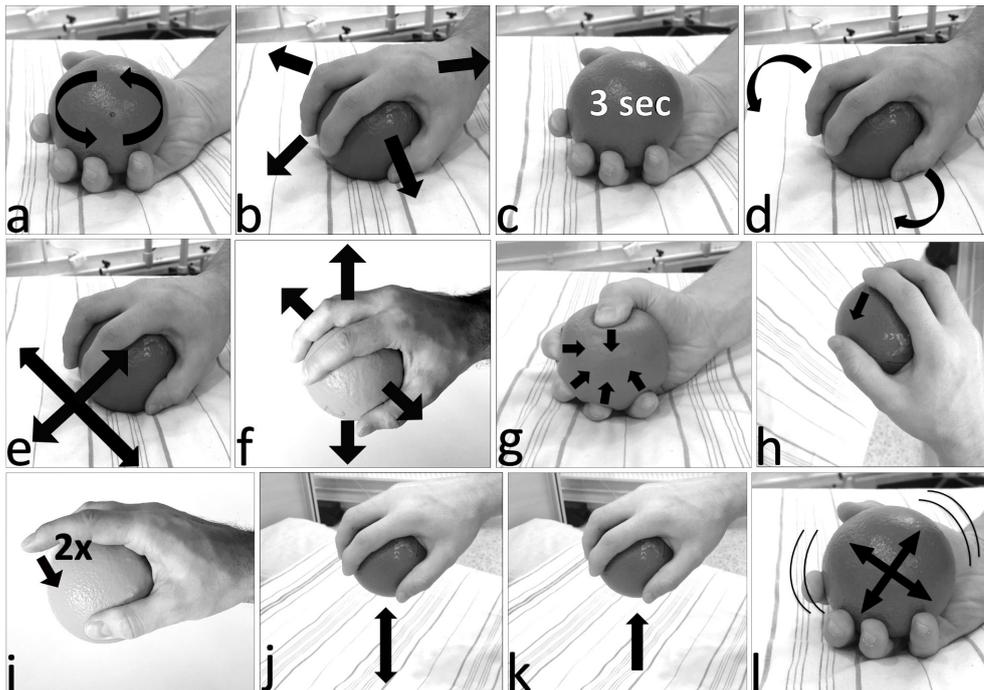


Abbildung 15: Mögliche Gestenausführungen mit BIRDY, aufgeteilt in die zwei Kategorien Navigations- (a bis f) und Selektionsgesten (g bis l). Die Abbildungen zeigen die Gesten Drehen (a), Neigen (b) Gedrückt-Halten (c), Rollen auf einer Oberfläche (d), Schieben (e), Bewegen in der Luft (f), Drücken (g), Tippen (h), Doppeltippen (i), Klopfen auf eine Oberfläche (j), Heben (k) und Schütteln (l).

Neigen erfolgt durch das Kippen aus seiner Ursprungsposition in eine schräge Stellung und wieder zurück. Dabei ist ausgehend von der Handposition grundsätzlich eine Neigung auf den beiden Achsen rechts/links und vor/zurück möglich.

Das Gedrückt-Halten über einen bestimmten Zeitraum ist die einfachste Navigationsgeste und erfordert keine Bewegungen des Balles, stattdessen einen konstanten Kraftaufwand. Das Rollen und das Schieben bezieht sich auf die Bewegung auf der (Bett-)Oberfläche in eine beliebige Richtung. Beide Ansätze bieten zwei Freiheitsgrade, aber auf unterschiedlichen Achsen (zwei Rotationsachsen vs. rechts/links und vor/zurück).

Die Bewegung in der Luft ist ähnlich wie das Schieben über eine Oberfläche, mit dem Unterschied, dass die Achse hoch/runter als zusätzlicher Freiheitsgrad genutzt werden kann. Diese Geste und ihre Teilausprägungen erfordern während der Ausführung eine erhobene Hand (ggf. auch des Arms) und damit einen erhöhten Kraftaufwand.

Selektion Die beobachteten Selektionsgesten umfassen Drücken, Tippen, Doppeltippen, Klopfen auf einer Oberfläche, Anheben und Schütteln.

Drücken war eine der häufigsten initial ausgeführten Aktionen und wurde von einigen Teilnehmern explizit als denkbare Auswahlaktion genannt. Einfaches und mehrfaches Tippen kann mit einem (beliebigen) Finger ausgeführt werden und lehnt sich an etablierte Interaktionstechniken der Bedienung einer Maus an. Beim Klopfen wird BIRDY in der Hand festgehalten und mit ihm auf die Oberfläche geklopft. Anheben als

Geste erfordert lediglich die Unterbrechung des Kontaktes mit der (Bett-)Oberfläche, Schütteln zusätzlich ein schnelles Hin- und Herbewegen in der Luft.

Exploration Einige Interaktionen mit dem Ball konnten weder der Navigation, noch der Selektion zugeordnet werden. Dabei ging es insbesondere darum, sich mit dem Ball explorativ vertraut zu machen. Exploration ist für den initialen Kontakt und den ersten Eindruck relevant. Sollte das Objekt für den Nutzer interessant wirken, regt es stärker zur Exploration und Interaktion an. Exploration lässt sich in bewusst und unbewusst unterteilen. Die bewusste Exploration umfasst dabei die explizite Suche nach Knöpfen oder Druckstellen und konnte bei 45 Prozent der Teilnehmer beobachtet werden. Die unbewusste Exploration umfasst dabei das spielerische Berühren und Drehen des Objektes und wurde bei 38 Prozent der Teilnehmer beobachtet.

5.1.4 Diskussion der Ergebnisse

Im Rahmen der Studie wurden Präferenzen der Nutzer hinsichtlich der notwendigen Eigenschaften von BIRDY erhoben, die sich insbesondere auf die Haptik während der Interaktion beziehen. Um altersbedingte Unterschiede zu erfassen, wurden sowohl Erwachsene als auch Senioren als Teilnehmer rekrutiert.

Basierend auf den Werten der CLS- und ATI-Scores (siehe Tabelle 8) haben die älteren Erwachsenen deutlich geringere Computerkenntnisse und eine geringere Technikaffinität in Bezug auf Interaktionen mit digitalen Computersystemen. Aufgrund des hohen Durchschnittsalters von Intensivpatienten wurden die Präferenzen der älteren Gruppe bevorzugt, sollten sich diese zwischen Erwachsenen und Senioren unterscheiden.

Es wurden mit dem vollständigen Paarvergleich und der Wahl eines bevorzugten Objektes zwei methodische Ansätze genutzt, um die Präferenzen der 40 Teilnehmer zu ermitteln. Die Objekte Nr. 1, Nr. 4 und Nr. 8 wurden sowohl im Rahmen des vollständigen Paarvergleichs als auch der Wahl des bevorzugten Objektes ausgewählt. Diese Übereinstimmung scheint ein Indikator für eine stabile Präferenzbewertung zu sein. Eine Einschränkung könnte darin bestehen, dass die Teilnehmer nur aus den vorausgewählten Objekten (zunächst 30, dann acht) wählen konnten. In Bezug auf das Merkmal Form gab es keine Einigkeit zwischen den beiden Stichproben der Erwachsenen und Senioren. Die Stichprobe der Senioren zogen ein kugelförmiges Objekt vor, während die der Erwachsenen ein eiförmiges Objekt bevorzugten. Es kann davon ausgegangen werden, dass Erwachsene eher als die Senioren in der Lage sind, sich an die Interaktion mit einem kugelförmigen Objekt zu gewöhnen als umgekehrt. Darüber hinaus wird ein kugelförmiges Objekt mit Spielen und Interaktion assoziiert, während ein eiförmiges Objekt mit Zerbrechlichkeit und Vorsicht attribuiert werden könnte.

Was die Größe betrifft, so wurden Objekte mit einem Durchmesser von 64 bis 86 mm bevorzugt, Größen mit einem Durchmesser von mehr als 90 mm dagegen selten. Anders als erwartet konnte kein Zusammenhang zwischen der Handgröße der Teilnehmer und der Wahl der Größe festgestellt werden. Es ist wahrscheinlich, dass die Vielfalt möglicher Interaktionen mit dem Gerät hier ein Grund war. Wenn der Ball zu groß für die Handgröße war, konnte er auf dem Bett gerollt werden, ansonsten konnte er in der Hand gehalten werden. Das resultierende Gerät sollte für beide Interaktionsarten geeignet sein.

Was das Gewicht betrifft, so wurden Objekte zwischen 30 g und 144 g bevorzugt. Aufgrund der Auswahl von Alltagsgegenständen variierte das Gewicht der Objekte jedoch stark und war nicht gleichmäßig verteilt. Durch die Verwendung von Objekten mit einer gleichmäßigen Gewichtsverteilung zwischen 50 g und 140 g konnten die Ergebnisse hinsichtlich der Gewichtspräferenzen genauer beurteilt werden. Die Ergebnisse der Studie in Bezug auf die bevorzugte Größe und das bevorzugte Gewicht werden durch die Ergebnisse einer Studie von Perelman et al. [2015] bestätigt. Was die Komprimierbarkeit betrifft, so bevorzugten beide Teilnehmergruppen leicht oder sehr leicht komprimierbare Objekte. Weiche Materialien scheinen für das Interaktionsgerät am besten geeignet zu sein.

In Bezug auf die Oberfläche und Textur bevorzugten die Teilnehmer eindeutig Objekte mit kleinen Gumminoppen oder einer rauen Oberfläche gegenüber einer glatten.

Die am häufigsten bevorzugten Objekte (siehe Tabelle 12) waren die Objekte Nr. 1, Nr. 4 und Nr. 8. Dies stimmt weitgehend mit den Ergebnissen des vollständigen Paarvergleichs überein (die Stichprobe der Erwachsenen bevorzugte das Objekt Nr. 3 häufiger als das Objekt Nr. 4). Diese Objekte scheinen Eigenschaften aufzuweisen, die zu einer hohen Akzeptanz führen. Die Teilnehmer wählten diese Objekte aufgrund ihrer Größe, ihrer Oberflächenbeschaffenheit und ihrer Weichheit. Eine Analyse der Gründe, warum diese Objekte bevorzugt wurden, wurde von Burgsmüller et al. [2018] beschrieben.

Die beobachteten Bewegungen wurden in drei Kategorien unterteilt: Navigation, Selektion und Exploration. Daraus wurden zwölf relevante Navigations- und Selektionsgesten definiert, die beschrieben und grafisch dargestellt wurden. Einige explorative Interaktionen mit dem Ball konnten weder der Kategorie Navigation, noch der Kategorie Selektion zugeordnet werden. Diese bewusste (Suche nach Knöpfen und Druckstellen) und unbewusste Exploration (spielerisches Berühren und Drehen) zeigt die anregende Wirkung solcher Objekte.

Bei der Analyse und Diskussion der Gesten wurden verschiedene Kriterien festgelegt, welche diese in Bezug auf den Kontext erfüllen sollten. Zum einen sollten die Gesten erwartungskonform und unmittelbar verständlich, andererseits sowohl technisch durch am Markt verfügbare Sensoren als auch physisch von der Nutzergruppe umsetzbar sein. Die in der Studie beobachteten Aktionen und Gesten wurden in interdisziplinären Workshops diskutiert und verfeinert. Die Navigationsgeste Bewegung in der Luft wurde aufgrund des hohen Kraftaufwands für die Zielgruppe ausgeschlossen und die Gesamtanzahl der Gesten damit auf elf reduziert.

5.2 Validierung und Eingrenzung der Gesten

Die im Rahmen der im vorigen Abschnitt beschriebenen Studie identifizierten Gesten wurden in einer Machbarkeitsstudie im Nutzungskontext überprüft. In der Studie mit sechs nicht-beatmeten Intensivpatienten wurden die elf Gesten hinsichtlich ihrer Ausführbarkeit erprobt. Eingesetzt wurde ein handelsüblicher Stressball, der weitestgehend den aufgestellten haptischen Anforderungen an BIRDY entsprach. Ziel der Studie war es, Erkenntnisse über die Praxistauglichkeit der Gesten zu sammeln. Dabei wurde darauf geachtet, ob es Einschränkungen durch medizinische Zugänge gibt, wie die

Probanden das Gerät positionieren und ob eine beidhändige Ausführung der Gesten möglich ist (für den Fall, dass nur eine bestimmte Hand genutzt werden kann).

In der Studie konnten alle definierten Gesten problemlos ausgeführt werden, ohne dass die medizinischen Zugänge in den Armen der Patienten dabei eine Behinderung darstellten. Folglich könnten alle potenziell für die Interaktion genutzt werden. Drücken stellte sich als die naheliegendste Selektionsgeste heraus. Alle Probanden führten diese Geste spontan durch, sobald sie den Ball in der Hand hatten. Darüber hinaus konnten alle Probanden die Gesten sowohl mit der rechten als auch der linken Hand durchführen.

Für eine einfache Bedienung wurde eine Reduktion der Gestenanzahl angestrebt (vgl. Diskussion zur Gestensteuerung auf Seite 86). Dazu wurden einige Gesten für die weitere Entwicklung zunächst ausgeschlossen: Freihandgesten in der Luft aufgrund des erforderlichen Kraftaufwands und das Schieben auf der Oberfläche aufgrund höherer Hürden bei der technischen Erkennung. Aus den übrigen Gesten wurde ein reduziertes Set an Gesten *GestureSet-1* für die Interaktion ausgewählt, welches bei der Umsetzung priorisiert wurde. Das so entstandene Gestenset besteht aus drei Gesten: Neigen (vorwärts/rückwärts/rechts/links) als Navigationsgesten sowie Drücken als Selektionsgeste.

Ein weiterer Reduktionsschritt wurde im Rahmen der Optimierung durchgeführt. Vorwärts- und Rückwärts-Neigen wurde im Entwicklungsverlauf ausgeschlossen, da die Ausführung dieser Gesten in liegender Haltung anstrengender für die Handgelenke ist als das Neigen nach rechts oder links.

5.3 Anforderungen an BIRDY

In verschiedenen interdisziplinären Workshops wurden die Ergebnisse der Studien eingeordnet und diskutiert. Davon ausgehend wurden konkrete Anforderungen in Bezug auf die Haptik, mögliche Varianten der Steuerung, das Aussehen sowie die Sensorik und Aktorik von BIRDY spezifiziert und veröffentlicht [Kopetz et al., 2018, Kordts et al., 2019]. Der relevante Teil der Anforderungsspezifikation ist in Tabelle 13 dargestellt.

Die Anforderungen B-1 bis B-5 (haptische Merkmale) und B-6 (geeignete Gesten) wurden insbesondere auf Basis der Ergebnisse der in Abschnitt 5.1 beschriebenen Studie spezifiziert. Die Anforderungen B-7 bis B-10 wurden auf Grundlage der geplanten Interaktion festgelegt. B-11 adressiert die strengen Hygieneauflagen für Patienten-nahe Objekte, die Anforderungen B-12 bis B-14 verdeutlichen den kabellosen Ansatz des Systems.

Gesten bestehend aus Bewegungssequenzen wurden als Interaktionsmuster identifiziert, daher mussten diese von der Sensorik auch mess- und unterscheidbar sein (**B-7**).

Auch Feedbackmöglichkeiten in verschiedenen Modalitäten wurden spezifiziert. Vibration wurde als eine geeignete Möglichkeit für eine direkte Rückmeldung auf erkannte Interaktionsgesten identifiziert. Visuelle Rückmeldungen – insbesondere in Form farbigen Lichts – lässt sich für die Kalibrierung oder Kopplung nutzen. Akustische Rückmeldungen könnten für Warnungen verwendet werden, beispielsweise bei niedrigem Batteriestand oder kritischen Problemen (**B-8**).

ID	Titel	Beschreibung
B-1	Form	Das Gerät soll kugelförmig sein.
B-2	Durchmesser	Das Gerät soll einen Durchmesser zwischen 64mm und 90mm haben.
B-3	Gewicht	Das Gerät soll zwischen 40g und 150g wiegen.
B-4	Textur	Die Oberfläche des Geräts soll eine haptisch deutlich spürbare Textur haben.
B-5	Komprimierbarkeit	Das Gerät soll ausreichend komprimierbar sein sein (vergleichbar mit den Studienobjekten 4 und 8).
B-6	Steuerung	Das Gerät soll mindestens die in GestureSet-1 zusammengefassten Gesten erkennen und unterscheiden können.
B-7	Sensorik	Das Gerät soll Änderungen in Druck, Lage und Orientierung erfassen.
B-8	Aktorik	Das Gerät soll mittels Licht, Audiosignalen und Vibration Rückmeldung an Benutzer geben können.
B-9	Aussehen	Das Gerät soll von einer weißen Hülle umschlossen sein, die das Licht der Aktorik im Inneren unverfälscht durchscheinen lässt und gleichzeitig die inneren Bestandteile verbirgt.
B-10	Aktivität	Das Gerät soll gezielte und ungezielte Interaktionen erkennen.
B-11	Desinfizierbarkeit	Das Gerät soll eine versiegelte Oberfläche haben, welche der Tauchdesinfektion standhält.
B-12	Energiespeicher	Das Gerät soll über einen internen Energiespeicher verfügen, der für mindestens 12 Stunden Betrieb ausreicht.
B-13	Ladestation	Das Gerät soll über eine Ladestation drahtlos geladen werden.
B-14	Datenübertragung	Das Gerät soll Daten drahtlos übertragen.

Tabelle 13: Für die Interaktion relevante Anforderungen an BIRDY

Rückmeldungen durch die farbigen Lichter im Inneren des Geräts sollen von außen unverfälscht erkannt werden können. Gleichzeitig soll die äußere Hülle undurchsichtig sein, um die inneren Bestandteile zu verbergen. Eine weiße Farbe der Hülle ermöglicht das Erkennen der LED-Farben und verbirgt innere Bestandteile (**B-9**).

Damit erste Bewegungen der Patienten frühestmöglich erkannt werden können, sollten die Sensoren bereits minimale Bewegungen und Druckveränderungen erkennen können (**B-10**).

Um den Hygieneanforderungen zu entsprechen, muss das Gerät mit seiner *patientennahe Oberfläche* (vgl. Abschnitt 3.4.3) desinfizierbar sein. Zum Schutz der Elektronik vor Feuchtigkeit wurde eine vollständig versiegelte Oberfläche spezifiziert, die auch einer Tauchdesinfektion standhält (**B-11**).

Der interne Energiespeicher soll für einen 12-stündigen Betrieb ausreichen (**B-12**), bevor es über eine Ladestation drahtlos wieder aufgeladen wird (**B-13**). Die Datenübertragung soll ebenfalls drahtlos erfolgen (**B-14**).

Im Zuge der Anforderungsspezifikation wurde eine Literaturrecherche zu vergleichbaren Interaktionsgeräten durchgeführt, die einige der Anforderungen erfüllen könnten. Diese wurden in Kordts et al. [2019] beschrieben. Die Systeme und Geräte geben einen Einblick in mögliche Interaktionsmethoden und wurden zusammen mit den Anforderungen als Impulse für die Entwicklung des Geräts weitergegeben. Keines der identifizierten Geräte erfüllt alle in Tabelle 13 dargestellten Anforderungen.

5.4 Demonstrator

Der Demonstrator wurde von dem Unternehmen *CogniMed GmbH* entworfen und entwickelt. Da das Gerät in seiner ersten Generation primär für Forschungszwecke und den Einsatz in Studien ausgelegt ist, wurde auf eine ressourcenintensive Zertifizierung als Medizinprodukt verzichtet. Der Demonstrator besteht aus einer Ladestation, die pro Bettplatz mit jeweils zwei Handstücken ausgestattet sind. Abbildung 16 zeigt den Aufbau des Handstücks.

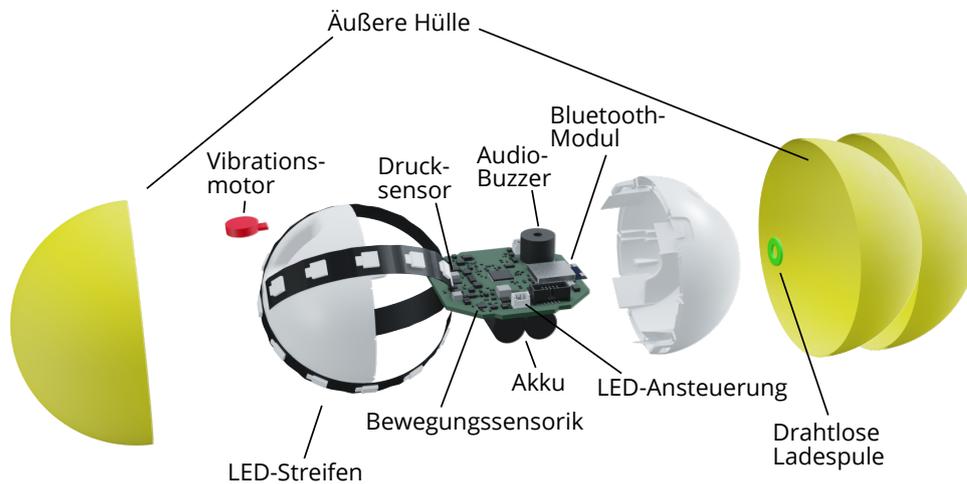


Abbildung 16: Die Explosionsgrafik des BIRDY-Handstücks zeigt die Positionierung der unterschiedlichen Komponenten (Quelle: Rafael Wortmann).

Hardware Herzstück des Geräts ist ein Mikrocontroller, der die Software ausführt und Sensorik, Aktorik sowie Datenübertragung und Energieversorgung ansteuern kann. Unter diesem Mikrocontroller (die grüne Platine in Abbildung 16) sind zwei Akkus befestigt. Dieser innere Kern ist von einem 3D-gedruckten Gehäuse umgeben. Eine inertielle Messeinheit mit Gyroskop-, Beschleunigungs- und Magnetfeldsensor ermöglicht die Erfassung von Bewegungen. Ein Absolutdrucksensor wird zur Erfassung von Druckveränderungen genutzt. Die Aktorik umfasst einen Audio-Buzzer, einen an der Verschalung des Kerns verbauten Vibrationsmotor sowie zwei LED-Streifen. Letztere sind orthogonal zueinander auf der Verschalung angebracht und können einzeln angesteuert werden. Die Ladespule ermöglicht die induktive Ladung der Akkus durch die äußere Hülle hindurch. Umschlossen ist der Kern von einer durchscheinenden Schaumstoffschicht und einer hermetisch abgeschlossenen äußeren Hülle aus einem weißen Oberflächenmaterial, welches im medizinischen Umfeld in gepolsterten Liegen eingesetzt wird und unempfindlich gegenüber in Krankenhäusern eingesetzten Reinigungs- und Desinfektionsmitteln ist. Die Anforderung nach einer haptisch deutlich spürbaren

Textur konnte in dieser Version des Demonstrators aufgrund notwendiger Kompromisse in Bezug auf Material und Fertigung nicht erfüllt werden.

Ummantelung Die weiße äußere Ummantelung entspricht den spezifizierten Anforderungen, besteht aus einem angenehmen Material, behindert weder die induktive Ladung noch die Bluetooth-Kommunikation und ermöglicht die Ausführung der Gesten. Im Laufe der Entwicklung und Fertigung ergaben sich Komplikationen bei der Identifikation eines geeigneten Verfahrens zur nachhaltigen Versiegelung der Ummantelung. Bei der Versiegelung ist fertigungsbedingt eine Falz entstanden, welche sich ähnlich eines Äquators um die Handstücke einige Millimeter erhebt (vgl. Abbildung 17). Diese Falz stört bei der Interaktion nicht, sie bringt jedoch einige Nachteile mit sich. Zum einen bildet sie eine strukturelle Schwachstelle, welche anfällig für Risse ist. Handstücke mit gerissener Oberfläche können nicht mehr eingesetzt werden, da die entweichende Luft die Luftdruck-basierte Sensorik beeinträchtigen und ein Leck bilden kann, durch welches Flüssigkeiten und Keime ins Innere gelangen. Zum anderen kann die Falz ein erhöhtes Risiko für die Entwicklung eines Dekubitus an der Hand darstellen – insbesondere dann, wenn diese über einen längeren Zeitraum auf dem Handstück liegen sollte. Für eine Weiterentwicklung wurde ein alternatives Fertigungsverfahren identifiziert, welches ersten Prognosen zufolge eine haptisch spürbare Textur ermöglicht.

Software Die Software des Handstücks wurde von *CogniMed GmbH* in Zusammenarbeit mit Börge Kordts [2023] entwickelt. Diese ermöglicht die Kopplung des Geräts per Bluetooth mit einem Gegenstück. Über diese Verbindung werden gesammelte und ausgewertete Sensordaten sowie Steuerbefehle für die Aktorik übertragen. Die Lichtstreifen können für Lichteffekte angesteuert werden, der Vibrationsmotor ermöglicht taktiles Feedback unterschiedlicher Dauer und Muster. Der Audio-Buzzer ist für die Ausgabe von Warntönen und Fehlerzuständen vorgesehen. In einem begrenzten Umfang sind diese Aktoren für beliebige Aktionen nutzbar – spezielle Lichteffekte oder Vibrationsmuster können so einer Ein- oder Ausgabe zugeordnet werden.

Ladestationen Die Ladestationen sind mit jeweils zwei Ladevorrichtungen ausgestattet, in die je ein Handstück zur induktiven Ladung gelegt werden kann (vgl. Abbildung 17). Die Akkus der Handstücke sind auf eine durchgehende Benutzungsdauer von 12 Stunden ausgelegt, die Dauer bis zur vollständigen Aufladung ist geringer. Kombiniert mit einem energiesparenden Inaktivitätsmodus reichen zwei Handstücke im Wechsel für einen ganztägigen Betrieb pro Patient aus. Von Vorteil ist das Prinzip während pflegerischer Maßnahmen am Bett – das möglicherweise im Rahmen der Körperpflege störende Handstück kann zur Aufbewahrung in die Ladevorrichtung gelegt werden. Am vorderen Teil der Ladestation befindet sich die Mensch-Technik-Schnittstelle. Bis zu vier LEDs zeigen je Ladevorrichtung den Ladestand eines eingelegten Handstücks an und zwei Hardware-Knöpfe ermöglichen die Initiierung der Bluetooth-Kopplung sowie die Ausführung einer Suchfunktion.

In den Ladestationen sind Einplatinencomputer verbaut, welche als Schnittstelle zwischen der Bluetooth-basierten Kommunikation der Handstücke und den IP-basierten Protokollen des Ambient Reflection-Frameworks (vgl. Abschnitt 4.6) eingesetzt werden können.

Bluetooth-Kopplung Das Konzept sieht vor, dass die für den Patienten verantwortliche Pflegekraft die Kopplung eines Handstücks mit dem System durchführt. Da die Kopplung mutmaßlich mehrfach täglich (Tausch aufgrund eines niedrigen Akkustands,



Abbildung 17: Ein BIRDY-Demonstrator: zwei Handstücke mit der entsprechenden Ladestation (Bildquelle: Børge Kordts).

Körperpflege, Umlagern) durchgeführt wird, sollte diese einfach und schnell durchführbar sein. Dabei gibt es zwei zentrale Anwendungsfälle: 1) die initiale Kopplung eines Handstücks sowie 2) den Tausch zweier Handstücke im laufenden Betrieb. Bei der Verwendung zweier Handstücke ist die Bluetooth-Kopplung komplizierter als mit nur einem. So müssen für einen Tausch im laufenden Betrieb verschiedene Schritte sequenziell ausgeführt werden. (1) Das verbundene Handstück muss entkoppelt werden; (2) Das zu koppelnde Handstück muss eindeutig identifiziert werden; (3) Die Kopplung muss initiiert und durchgeführt werden. Wird ein Handstück auf die Ladevorrichtung gelegt, überträgt es über die Ladespule die Geräteerkennung. Wird das Gerät wieder entnommen und die Kopplungstaste gedrückt, nutzt das System die Kennung des zuletzt entnommenen Geräts für die Kopplung (nachdem es das zuvor verbundene Gerät entkoppelt hat). Damit benötigen sowohl initiale Kopplung als auch ein Tausch der Handstücke im laufenden Betrieb nur einen Tastendruck. Erfolgreich gekoppelte Geräte signalisieren diesen Zustand über einen Lichteffekt (und optional über taktiles Feedback).

Suchfunktion Die Suchfunktion entstammt einem praktischen Problem mit mobilen Geräten und insbesondere mit Bällen. Für kugelförmige Objekte besteht ein erhöhtes Risiko, dass sie von erhöhten Flächen herunterfallen und anschließend beispielsweise unter ein Möbelstück außerhalb des direkten Sichtbereichs rollen. Wird der entsprechende Knopf auf der Ladestation gedrückt, aktivieren sich die Aktoren des gekoppelten Handstücks und erleichtern nach einem Verlust dessen Auffinden.

Kalibrierung Eine zentrale Besonderheit von BIRDY ist, dass Nutzer ihn spielerisch beliebig bewegen können, ohne dass er für eine anschließende Nutzung als Interaktionsgerät einer Vorgabe entsprechend ausgerichtet werden muss. Um das zu gewährleisten, werden die Handstücke kalibriert. Kordts [2023] hat dafür ein zweistufiges Verfahren zur Kalibrierung konzipiert und realisiert. Um die durch Störquellen hervorgerufenen Fehler in den Sensordaten zu korrigieren, wird während der initialen Einrichtung eine Kalibrierung durchgeführt. Zusätzlich wird nach jedem Kopplungsvorgang die Referenzrichtung der Benutzung (typischerweise das Krankenbett) ermittelt. Dafür wird mittels der LEDs im Handstück ein festgelegtes Leuchtmuster angezeigt – anhand dessen wird das Objekt händisch ausgerichtet (beispielsweise am Fußende des Bettes). Ist dieser Vorgang ausgeführt, lässt sich das Gerät in beliebiger Orientierung nutzen, Neigegeben werden entsprechend der Referenzrichtung korrekt ausgewertet.

5.5 Zusammenfassung und Fazit

In diesem Kapitel wurde die Entwicklung des Interaktionsgerätes BIRDY als ein Teil der Mensch-Technik-Schnittstelle beschrieben. Die Anforderungen an das Gerät bezüglich der Haptik und Interaktion wurden auf Grundlage der Ergebnisse einer systematischen Studie mit 40 Teilnehmern zur Erfassung interaktionsbezogener Benutzerpräferenzen erhoben (siehe Abschnitt 5.1). Für die Haptik wurden die Parameter Form, Größe, Gewicht, Oberflächenbeschaffenheit und Komprimierbarkeit als wichtige Merkmale identifiziert. Für diese wurden in der Studie Objekte mit unterschiedlichen Ausprägungen dieser Parameter systematisch verglichen und die Präferenzen der Teilnehmer erfasst. Aus den Ergebnissen wurden hinsichtlich dieser Parameter Anforderungen an die Haptik des Interaktionsgerätes spezifiziert.

Weiterhin wurden in der Studie aufgabenbasiert erste mögliche Interaktion über ein ballförmiges Interaktionsgerät mit einem interaktiven System simuliert, um Erkenntnisse bezüglich erwartungskonformer Interaktionsformen und -gesten ableiten zu können.

Daraus resultierten zwölf Interaktionsgesten, welche nach Navigations- und Selektionsgesten kategorisiert wurden (siehe Darstellung in Abbildung 15). Im Rahmen einer Feasibility-Studie mit sechs geeigneten Intensivpatienten wurden diese auf einer Intensivstation hinsichtlich ihrer Ausführbarkeit überprüft (siehe Abschnitt 5.2). Für das finale Bedienkonzept wurde die Anzahl der Gesten mit Fokus auf niedrige Komplexität reduziert. Es wurden drei Interaktionsgesten (nach rechts bzw. links Neigen als Navigations- und Drücken als Selektionsgeste) festgelegt.

Es wurden 14 für die Interaktion relevante Anforderungen an BIRDY beschrieben, die sich auf die Haptik, die Steuerung und Interaktion sowie weitere Aspekte bezüglich Hygiene und des technischen Ansatzes beziehen (siehe Abschnitt 5.3). Im letzten Abschnitt wurde der finale Demonstrator anhand verschiedener Eigenschaften (Hardware, Ummantelung, Software, Ladestationen) und Funktionen (Kopplung, Suchfunktion, Kalibrierung) beschrieben (siehe Abschnitt 5.4).

Das in diesem Kapitel dargestellte Vorgehen bei der Entwicklung des Interaktionsgerätes BIRDY resultierte in einem funktionsfähigen Demonstrator, der die aufgestellten Anforderungen weitestgehend erfüllt. Sowohl Sensorik als auch Aktorik ermöglichen eine effektive und der Konzeption entsprechende Nutzung. Damit ist BIRDY geeignet

für die Interaktion mit dem in dieser Arbeit beschriebenen Assistiven System und kann in Studien zur Untersuchung der Anwendbarkeit im praktischen Alltag eingesetzt werden. Labor- und Feldstudien mit dem Gerät können Erkenntnisse über die Möglichkeiten und Grenzen des Systems liefern.

Bezüglich der Beantwortung der zweiten Forschungsfrage, wie die Mensch-Technik-Schnittstelle eines gebrauchstauglichen Assistiven Systems gestaltet sein kann, ist mit BIRDY als Eingabegerät ein weiterer Baustein dieser Schnittstelle beschrieben worden.

6 Design des Kompass-Menüs

Neben der zuvor beschriebenen Entwicklung von BIRDY wurde die Entwicklung der grafischen Benutzungsschnittstelle für die Patienten-Anwendung durchgeführt. Kern der Anwendung ist die im Rahmen dieser Arbeit entwickelten, speziell auf den Nutzungskontext adaptierten Menütechnik mit der Bezeichnung *Kompass-Menü*.

Im ersten Teil dieses Kapitels (siehe Abschnitt 6.1) werden die Eigenschaften des Kompass-Menüs mit Bezug auf die von Bailly et al. [2017] aufgestellte Taxonomie zu Menüeigenschaften adressiert.

Die Entwicklung der Menütechnik ist mit vielen Designentscheidungen verbunden, die mit Blick auf den Nutzungskontext und die Nutzergruppe getroffen wurden. Diese wurden systematisiert und den in den Grundlagen zu Menüs (siehe Abschnitt 2.5) beschriebenen Aspekten zugeordnet. In Abschnitt 6.2 werden drei die Menünutzung beeinflussende externe Faktoren diskutiert.

6.1 Eigenschaften des Menüs

Basierend auf der in Abschnitt 2.5 eingeführten Taxonomie der Menüeigenschaften von Bailly et al. [2017] (siehe Tabelle 1) werden im Folgenden die verschiedenen Eigenschaften des Kompass-Menüs gegliedert nach den Dimensionen *Menüelement*, *Menü* und *System* diskutiert. Zum besseren Verständnis wurde die von Bailly et al. [2017] gewählte Reihenfolge (nach ansteigender Abstraktion) verändert. Es werden zunächst die Eigenschaften der Dimension *Menü* diskutiert, anschließend folgt die Dimension *Menüelement* und zuletzt die Dimension *Menüsystem*.

Das Menü wurde explizit für den Intensivkontext entwickelt, folglich beziehen sich die verwendeten Beispiele meist auf das Patientensystem, in der das Kompass-Menü als eine zentrale Komponente integriert ist. Die Gestaltung des Patientensystems mit seinen Inhalten und Unteranwendungen wird in Kapitel 7 beschrieben, welches an den entsprechenden Stellen referenziert wird.

6.1.1 Dimension Menü

Die Dimension *Menü* beschreibt die logische Ebene einer Menütechnik, welche die Menüelemente beinhaltet und im Falle einer hierarchischen Menüstruktur Teil eines umfangreicheren Menüsystems sein kann. In der zugrundeliegenden Taxonomie werden der Dimension des Menüs die Teildimensionen *Geometrie* mit den Eigenschaften *Layout* und *Positionierung*, *Temporalität* mit den Eigenschaften *Vorschau* und *Anzeigedauer* von Untermenüs sowie *Semantik* mit den Eigenschaften *Begriffskonsistenz* und *Relevanz* des Menütitels [Bailly et al., 2017] zugeordnet.

Da sich die Teildimension *Temporalität* vorwiegend darauf bezieht, wann Menüs geöffnet bzw. geschlossen werden, wird diese nicht explizit betrachtet. Das Kompass-Menü ist kein flüchtiges, sondern ein permanentes Menü mit nur wenigen temporalen Aspekten. Diese beziehen sich insbesondere auf die Animation von Zustandsübergängen und werden im entsprechenden Abschnitt 6.1.4 beschrieben. Im Folgenden werden die Eigenschaften der Teildimensionen *Geometrie* und *Semantik* thematisiert.

Geometrie

Layout In Abschnitt 2.5.4 (Teilabschnitt Menü-Layout) wurden die von Bailly et al. [2017] beschriebenen unterschiedlichen Layout-Varianten (linear, Grid, kreisförmig sowie sonstige) vorgestellt.

Unter Berücksichtigung des Kontextes und der Menüinhalte (siehe Abschnitt 7.1.3) wurden die in Abbildung 18 abgebildeten Layout-Varianten als grundsätzlich geeignet identifiziert: je ein horizontales (a) und ein vertikales (b) lineares Layout, das Dropdown-Layout (c), das Grid-Layout (d), das Kreis-Layout (e) sowie das Karussell-Layout (f).

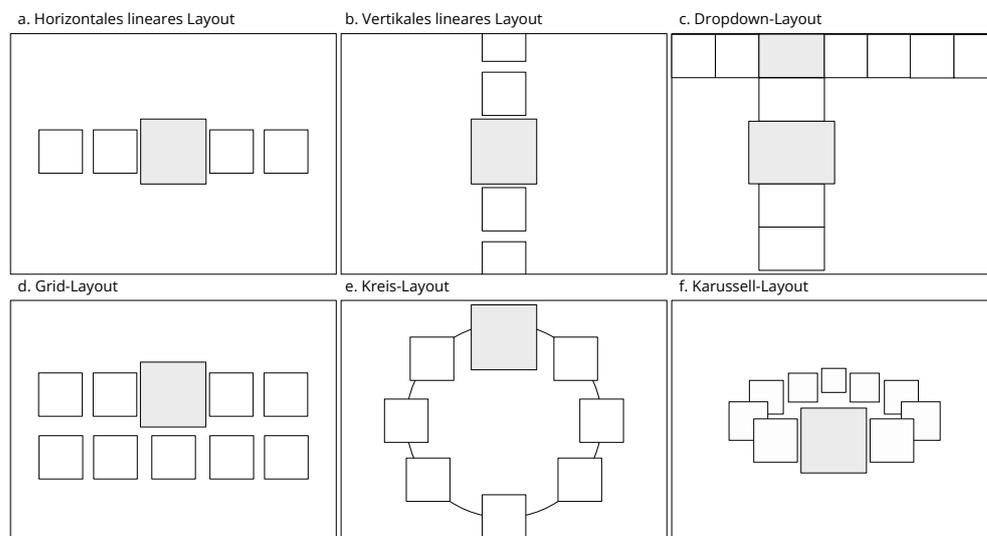


Abbildung 18: Varianten möglicher Menü-Layouts: je ein horizontales (a) und ein vertikales (b) lineares Layout, das Dropdown-Layout (c), das Grid-Layout (d), das Kreis-Layout (e) sowie das Karussell-Layout (f)

Lineare Layouts stellen Elemente nebeneinander (horizontale Variante) bzw. übereinander (vertikale Variante) dar. Im Dropdown-Layout werden Elemente wie im linearen horizontalen Layout zunächst nebeneinander dargestellt. Aus einem ausgewählten Element wird ein Untermenü vertikal ausgeklappt. Eine umgekehrte Variante (erst vertikales, dann horizontales Layout) ist ebenfalls möglich. Das Grid-Layout stellt die Elemente gitterförmig dar. Dabei werden die Elemente in unterschiedlichen Spalten und Zeilen dargestellt. Im Kreis-Layout sind die Elemente kreisförmig auf der x- und der y-Achse angeordnet. Das Karussell-Layout (als eine Variante des Kreis-Layouts) basiert ebenfalls auf einer kreisförmigen Anordnung der Elemente, jedoch auf der x- und z-Achse. Die Elemente werden nach hinten immer kleiner.

Bei der Festlegung auf ein Menü-Layout wurden die Varianten anhand der drei Kriterien *Übersichtlichkeit*, *Interaktion* und *Kompatibilität mit den Eingabemechanismen des Interaktionsgerätes BIRDY* bewertet und miteinander verglichen.

Übersichtlichkeit bedeutet für ein Menü-Layout, dass alle Elemente des Menüs überblickt werden können. Dabei muss ein Kompromiss gefunden werden: Es sollten möglichst viele Elemente dargestellt werden (Skalierbarkeit), ohne eine Informationsüberflutung zu bewirken.

Für ein Kommunikationssystem ist eine vielfältige Themenauswahl wichtig. Die Vielfalt steigt mit der Anzahl an Themen repräsentierenden Menüelementen. Das Ziel ist folglich, möglichst viele Menüelemente übersichtlich in einer Menüebene darzustellen. Ein Sekundärziel ist es, die Menütiefe so gering wie möglich zu halten (siehe auch Diskussion zu Breite und Tiefe in Abschnitt 6.1.3).

Während sich eine geringe Anzahl an Elementen mit den meisten der in Abbildung 18 dargestellten Layouts übersichtlich und erkennbar darstellen lassen, können mit einer steigenden Anzahl an Elementen oft nicht mehr alle gleichzeitig dargestellt werden. Um dennoch mehr Elemente in der Menüebene darzustellen, können Strategien wie beispielsweise das Scrolling eingesetzt werden. Die Übersichtlichkeit sinkt jedoch, wenn nicht alle Elemente zur gleichen Zeit dargestellt werden.

Im linearen Layout ist die darstellbare Anzahl an Menüelementen aufgrund der Eindimensionalität begrenzt. Damit ist die Skalierbarkeit simultan darstellbarer Elemente sowie die Gefahr der Informationsüberflutung in diesem Layout gering. Die horizontalen und vertikalen Varianten unterscheiden sich diesbezüglich nicht.

Das Dropdown-Layout ist eine Sonderform des horizontalen linearen Layouts, welches wie oben beschrieben nach Auswahl eines Elements eine weitere vertikale Menüebene darstellt. Im Dropdown-Layout lassen sich pro Ebene zwar nicht mehr Elemente als in einem linearen Layout darstellen, in zusätzlichen Untermenüs, die parallel dazu dargestellt werden, jedoch schon (dieser Mechanismus erhöht die Skalierbarkeit). Pfade in Untermenüs können durch diesen Mechanismus leicht nachverfolgt werden. Die Gefahr der Informationsüberflutung ist in diesem Layout aufgrund vieler gleichzeitig dargestellter Elemente erhöht.

Im zweidimensionalen Grid-Layout können mehr Elemente als im eindimensionalen linearen Layout angezeigt werden. Die Anzahl darstellbarer Elemente hängt unter anderem davon ab, wie groß die verfügbare Fläche zum Darstellen der Elemente ist. Diese Fläche kann im Grid-Layout grundsätzlich vollständig genutzt werden, damit hat dieses Layout eine maximale Skalierbarkeit. Die Gefahr der Informationsüberflutung ist in diesem Layout folglich hoch.

Im Kreis-Layout werden zwei Dimensionen (x- und y-Achse) genutzt. In diesem können mehr Elemente als in einem linearen Layout, aber weniger Elemente als im Grid-Layout dargestellt werden. Der auf dem Bildschirm verfügbare Platz wird aufgrund der Kreisform nicht vollständig genutzt. Die Skalierbarkeit ist daher höher als in linearen Layouts, diese und die Gefahr der Informationsüberflutung sind jedoch geringer als im Grid-Layout.

Auch in dem Karussell-Layout werden mit der x- und der z-Achse zwei Dimensionen zur Darstellung der Elemente genutzt. In diesem lassen sich viele Elemente darstellen, jedoch sind nur die vorderen vollständig sichtbar. Je weiter die Elemente im Hintergrund sind, desto weniger sind diese sicht- bzw. erkennbar. Bezüglich der Übersicht lässt sich zwar erkennen, dass noch weitere Elemente im Hintergrund vorhanden sind, der Nutzer kann jedoch nicht alle gleichzeitig überblicken.

Menüinteraktionen zur Auswahl eines bestimmten Menüelements sind von dem Aufwand und der Komplexität der *Interaktion* abhängig. Der Aufwand umfasst die maximal notwendigen Interaktionsschritte, um Elemente zu erreichen.

Für die Zielgruppe der Intensivpatienten bedeutet Interaktionsaufwand Anstrengung, die weitestgehend vermieden werden sollte. Folglich sollten dieser Aufwand und damit die Anzahl notwendiger Schritte bei der Bedienung des Systems möglichst gering gehalten werden. Gleichzeitig ist der Aufwand abhängig von der Anzahl unterschiedlicher Steuerbefehle. Mit deren Anzahl steigt die Komplexität der Interaktion. Diese sollte mit Blick auf die kognitiven Ressourcen von Intensivpatienten so gering wie möglich sein.

Ein lineares Layout kann mit drei Befehlen gesteuert werden: die Navigation in zwei Richtungen (für ein horizontales lineares Layout rechts/links oder für ein vertikales lineares Layout oben/unten) und die Selektion. In linearen Layouts ist der Interaktionsaufwand (der Navigation) maximal halb so hoch wie die Anzahl der Elemente. Erreichen lässt sich dies zum Beispiel durch eine Vorauswahl des mittleren Menüelements (für ein Menü mit 9 Elementen sind jeweils max. 4 Schritte zur Erreichung des ersten/letzten Elements notwendig) oder der Sprungfunktion. Die Sprungfunktion ist ein Mechanismus zur Reduzierung von Interaktionskosten in Menüs, die das erste und letzte Menüelement zu direkten Nachbar-Elementen macht. Ist das erste Element im Beispiel einer horizontal angeordneten Liste ausgewählt und der Navigationsbefehl Zurück wird getätigt, wird als Nächstes das letzte Element der Liste ausgewählt (und analog für die andere Richtung).

Das Dropdown-Layout nutzt eine weitere Dimension und erfordert damit vier Richtungen (rechts/links/oben/unten) und die Selektion. Damit hat dieses Layout eine höhere Komplexität als ein lineares Layout. Der Interaktionsaufwand entspricht dem des Grid-Layouts (siehe unten), da jeweils zwei Richtungen gleichzeitig genutzt werden können.

Das Grid-Layout nutzt ebenfalls zwei Dimensionen und damit vier Richtungen sowie die Selektion. Somit ist die Komplexität vergleichbar mit der des Dropdown-Layouts. Der Interaktionsaufwand ist durch die Möglichkeit, alle vier Richtungen gleichzeitig zu nutzen, jedoch geringer: In einem Menü mit neun Elementen (und einer 3×3 -Verteilung) werden durch eine Vorauswahl des zentralen Menüelements maximal zwei Schritte zur Erreichung aller Elemente benötigt. Für eine gerade Anzahl (beispielsweise 4×4) ohne zentrales Element steigt die Anzahl der notwendigen Schritte entsprechend geringfügig an.

Das Kreis-Layout bietet einen Kompromiss im Hinblick auf Aufwand und Komplexität. Es erfordert zur Navigation wie das lineare Layout nur zwei Richtungen (rechts/links) sowie die Selektion. Die Komplexität ist damit geringer als die der Dropdown- und Grid-Layouts. Aufgrund der Ähnlichkeit gelten die Aspekte des Kreis-Layouts ebenfalls für das Karussell-Layout.

Die Kompatibilität mit der Steuerung mittels BIRDY bezieht sich darauf, wie gebrauchstauglich die Menüs mit den für BIRDY gewählten Interaktionsgesten *Neigen nach links/rechts* und *Drücken* gesteuert werden können.

Horizontale lineare Layouts können angemessen mit den gewählten Interaktionsgesten gesteuert werden: Neigen nach links/rechts lässt sich erwartungskonform übertragen auf die Navigation zum vorigen/nächsten Element links/rechts neben dem aktuell ausgewählten.

Vertikale lineare Layouts verhalten sich weniger erwartungskonform als die horizontalen: Das Neigen nach links/rechts lässt sich übertragen auf die Navigation zu vorigen/nächsten Element über/unter dem aktuell ausgewählten. Hier ist eine Transferleistung zwischen links/rechts und oben/unten erforderlich.

In Dropdown-Layouts als eine Kombination eines horizontalen und vertikalen Layouts ist die Steuerung weniger erwartungskonform als in vertikalen linearen Layouts. Je nachdem, ob der horizontale oder der vertikale Teil des Layouts aktiv ist, bewirkt dieselbe Geste (rechts/links) die Navigation in eine andere Richtung (rechts/links oder oben/unten).

Für Grid-Layouts ist die Navigation mit den BIRDY-Gesten in der Zeile der aktuellen Auswahl erwartungskonform. Ein Wechsel in die nächsthöhere oder -tiefere Zeile kann durch einen Zeilensprung erreicht werden. In einem zweizeiligen Layout kann ausgehend vom letzten Element der ersten Zeile eine Navigation nach rechts dazu führen, dass als Nächstes das erste Element in der zweiten Zeile ausgewählt wird (und analog für die andere Richtung). Dieser Zeilensprung erfordert eine Transferleistung.

In einem Kreis-Layout kann ebenfalls angemessen mit den gewählten Interaktionsgesten navigiert werden (analog zum horizontalen linearen Layout). Die Kreisform des Layouts und die Kugelform von BIRDY sind zudem zusammenhängend, da die zweidimensionale Repräsentation einer dreidimensionalen Kugel ein Kreis ist. Kreis-Layouts haben aufgrund der geometrischen Form weder einen Anfang noch ein Ende. Das erste und letzte Element liegen daher „natürlich“ nebeneinander. Damit lässt sich – unabhängig von der Position des aktuell ausgewählten Elements – jederzeit sowohl nach rechts als auch nach links navigieren. Dies kann als ein deutlicher Vorteil dieses Layouts betrachtet werden.

Auch im Karussell-Layout lässt sich mit den gewählten Interaktionsgesten erwartungskonform navigieren. Wie auch das Kreis-Layout hat dieses weder einen Anfang noch ein Ende.

Layout	Übersichtlichkeit		Interaktion		Hohe Kompatibilität mit BIRDY
	Hohe Skalierbarkeit	Geringe Informationsüberflutung	Geringer Aufwand	Niedrige Komplexität	
Linear horizontal	×	✓	✓	✓	✓
Linear vertikal	×	✓	✓	✓	×
Dropdown	✓	×	×	×	×
Grid	✓	×	✓	×	×
Kreisform	✓	✓	✓	✓	✓
Karussell	×	✓	✓	✓	✓

Tabelle 14: Vergleich der Menü-Layouts linear (horizontal und vertikal), Dropdown, Grid, Kreisform und Karussell anhand der Kriterien Übersichtlichkeit, Interaktion und Kompatibilität mit BIRDY

Die vorangegangene Diskussion der Layout-Variante anhand der Kriterien Übersichtlichkeit, Interaktion und Kompatibilität mit BIRDY ist in Tabelle 14 zusammengefasst. Im direkten Vergleich erfüllt das kreisförmige Layout alle der fünf Kriterien. Das horizontale lineare sowie das Karussell-Layout erfüllen vier der fünf Kriterien, das ver-

tikale lineare Layout drei, das Grid-Layout zwei Kriterien und das Dropdown-Layout nur ein Kriterium.

Aufgrund dieser Ergebnisse wurde für die Gestaltung der Menütechnik ein kreisförmiges Layout gewählt.

Ein wichtiger Faktor bei der Gestaltung eines Menü-Layouts ist die Repräsentation der Menüelemente innerhalb dieses Layouts.

Repräsentation der Elemente Das *Gestaltgesetz der Ähnlichkeit* [Rock & Palmer, 1990] besagt, dass die menschliche Wahrnehmung zusammengehörige Elemente durch Ähnlichkeit erkennt. Für ein kreisförmiges Layout lässt sich Konsistenz und Ästhetik erkennen, wenn kreisförmige Repräsentationen der Elemente gewählt werden. Samp [2011] hat diesbezüglich einen Vergleich angestellt, indem er unterschiedliche geometrische Formen kreisförmig angeordnet hat (siehe Abbildung 19). Die Elementinhalte entsprachen dabei textuellen Befehlen. Für das Design des vom Autor entwickelten CRL-Menü (compact radial layout menu) wurden zunächst Kreise, Quadrate und Tortenstücke bevorzugt, da diese größer als die Rechtecke sind. Diese Formen eignen sich besser für Icons als dünne Rechtecke, da sie den vertikalen Raum nur in geringem Maße einschränken. Für das finale Design des CRL-Menüs wurden Kreise verwendet. Diese haben unabhängig vom Annäherungswinkel (mit einem Mauszeiger) immer die gleiche Größe [Samp, 2011]. In einem Vergleich der Anordnungen in Abbildung 19 wirken die Kreise und die Tortenstücke im Kreis-Layout strukturell einheitlicher als Rechtecke und Quadrate.

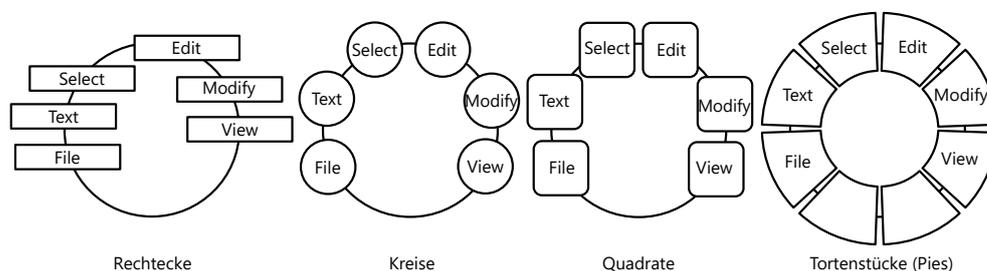


Abbildung 19: Vergleich der kreisförmigen Anordnung der unterschiedlichen geometrischen Formen Rechteck, Kreis, Quadrat und Kuchenstücke (nach Samp [2011])

Basierend auf diesen Erkenntnissen wird im Rahmen dieser Arbeit ein neuartiges Menü mit der Bezeichnung *Kompass-Menü* beschrieben. In diesem bestehen die Elemente jeweils aus einer textuellen und grafischen Repräsentation (Bezeichnung und Grafik). Für das Design des Kompass-Menüs wurde eine kreisförmige Darstellung der Grafik oberhalb der entsprechenden Bezeichnung gewählt. Dabei wurde das *Gestaltgesetz der Nähe* [Rock & Palmer, 1990] angewandt, um die Ästhetik zwischen Kreis-Layout und runden Elementen nicht durch unnötige Verbindungselemente zu beeinträchtigen (siehe Abbildung 27 und 28 auf Seite 139).

Positionierung Für in zeigerbasierten Schnittstellen verwendete Menüs ist die Positionierung des gesamten Menüs ein relevanter Faktor, da die relative Position des Menüs vom Punkt der Aktivierung (beispielsweise der Position des Cursors bevor das Menü geöffnet wird) die Performance der Nutzung beeinflusst [Bailly et al., 2017].

Für eine gestenbasierte Schnittstelle mit dem Kompass-Menü als dem zentralen grafischen Interaktionselement hat die Positionierung des gesamten Menüs vorwiegend ästhetische Auswirkungen. Innerhalb des zentralen Inhaltsbereichs (siehe Abbildung 25) ist das Menü sowohl vertikal als auch horizontal zentriert positioniert.

Die Positionierung des fokussierten Elements ist von Bedeutung. Diese hängt wesentlich mit einer Designentscheidung hinsichtlich des Fokuswechsels zusammen. Für den Fokuswechsel (angestoßen durch einen Vorwärts- oder Rückwärts-Befehl mittels Rechts- oder Links-Neigen-Geste) gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten: Entweder dreht sich das Menü, während der Ort des fokussierten Elements gleich bleibt (Variante B, analog zu einem Kompass) oder umgekehrt (Variante A, dem Zeiger einer analogen Uhr entsprechend). Beide Varianten sind in Abbildung 20 visualisiert.

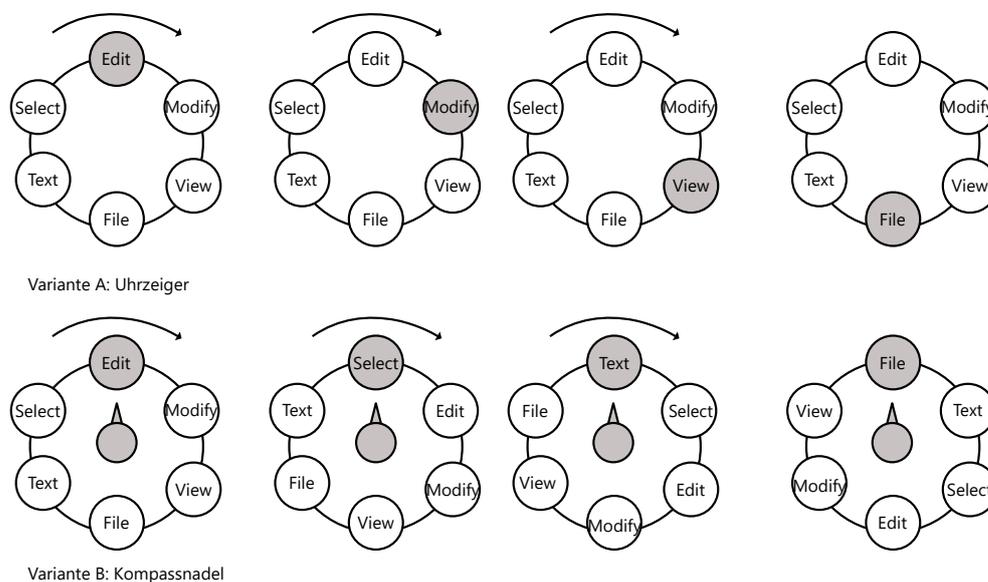


Abbildung 20: Vergleich der Varianten des Elementwechsels: In Variante A bewegt sich der Fokus wie von einem Uhrzeiger geführt im fixierten Kreis. Variante B ist gewissen Aspekten eines Kompasses nachempfunden, die Kompassnadel zeigt dabei stets nach oben auf das fokussierte Element. Ein Navigationsimpuls nach rechts wählt als Nächstes das Element links des aktuell fokussierten Elements an. In Variante B bleibt der Punkt, an dem das fokussierte Element dargestellt wird, wie eine nach Norden zeigende Kompassnadel an derselben Position. Stattdessen dreht sich der Menükreis mit.

Variante A scheint auf den ersten Blick naheliegend, entspricht sie doch der typischen (zeigerbasierten) Navigation durch eine lineare Liste. Im Detail betrachtet zeigt sich, dass das Mapping ab dem dritten Schritt von Variante A in Abbildung 20 nicht mehr erwartungskonform ist. Mit BIRDY als Eingabegerät wird die Navigationsgeste *nach rechts neigen* ausgeführt, das fokussierte Element verhält sich gegensätzlich und bewegt sich nach links.

Variante B ist gewissen Aspekten eines Kompasses nachempfunden, das fokussierte Element wird fixiert und stets an der gleichen Position (oben) dargestellt. Eine Art Kompassnadel zeigt dabei auf das fokussierte Element. Die Elemente drehen sich vergleichbar mit einem Kompass-Einstellring im bzw. gegen den Uhrzeigersinn. Ein

Navigationsimpuls nach rechts fokussiert als Nächstes das Element links des aktuell fokussierten Elements an. Die Dissonanz von Variante A tritt hier nicht auf.

Formative Tests haben gezeigt, dass eine sichtbare Transition des Fokus für ein Verständnis des veränderten Systemzustands notwendig ist. Ansonsten erhöht sich die Gefahr, dass der Nutzer die Veränderung des Systemzustands nicht wahrnimmt oder in Bezug auf das aktuell fokussierte Element die Orientierung verliert. Aufgrund dessen wurde eine Animation gestaltet, welche das Drehen des Kreises aussagekräftig vermittelt (siehe Abschnitt Animationen 6.1.4).

Eine weitere Designentscheidung betrifft die Positionierung des fokussierten Elements in der gewählten Variante B: Die kreisförmige Elementgrafik des fokussierten Elements ist am oberen Scheitelpunkt des Menükreises positioniert, um eine Parallele zur Lage der Hand auf dem Interaktionsgerät BIRDY (während der Interaktion) zu schaffen.

Die Bezeichnung des Elements wird in einer weiteren kreisförmigen Komponente im Zentrum des Menükreises in ihrer Langform dargestellt (siehe Abbildung 24). Dies hebt sowohl den visuellen als auch den textuellen Teil hervor, ist grundsätzlich konsistent zur Struktur der anderen Kreiselemente (Darstellung der Grafik oberhalb der entsprechenden Bezeichnung). Weiterhin liegt hier die Annahme zugrunde, dass Beobachter ihren Fokus zunächst auf den oberen und mittleren Teil des Bildschirms legen. Eine weitere Annahme ist, dass die Elemente wie bei einer analogen Uhr nacheinander im Uhrzeigersinn betrachtet werden.

Semantik innerhalb des Menüs

Bailly et al. [2017] beziehen sich in ihrer Taxonomie hinsichtlich der Semantik innerhalb des Menüs insbesondere auf Konsistenz in der Verwendung von Bezeichnungen sowie auf die Wahl relevanter Menütitel.

Der Menütitel wird in der Patienten-Anwendung in einer Titel- und Navigationsleiste (siehe Abbildung 25) dargestellt. Während der Gestaltung und Formulierung der Bezeichnungen wurde die semantische Konsistenz zwischen Menütiteln und Kategorien explizit berücksichtigt.

6.1.2 Dimension Menüelement

Menüelemente sind innerhalb eines Menüsystems die am häufigsten vorkommenden Komponenten. Sie repräsentieren in Menüs typischerweise einen Befehl oder eine Kategorie (für ein Untermenü).

Im Falle eines Kommunikationssystems entsprechen Befehle den Kommunikationsthemen, Untermenüs werden durch Kategorien repräsentiert.

Die Taxonomie umfasst in der Dimension der Menüelemente die Teildimension *visuelle Darstellung* mit den Eigenschaften Vermittlung von Informationen, Auffälligkeit und visueller Kontext. Weitere Teildimensionen sind die *Semantik* mit den Eigenschaften Bezeichnung und Länge der Bezeichnung sowie die *Geometrie* mit den Eigenschaften Distanz und Größe [Bailly et al., 2017].

Viele dieser Eigenschaften besitzen einen starken Bezug zu in zeigerbasierten Schnittstellen eingesetzten Menüs. Das lässt sich auf den Umstand zurückführen, dass die meisten in der Literatur beschriebenen Menüs für den Desktop-Einsatz und die Steuerung mittels Maus (und Tastatur) entwickelt wurden. Das Kompass-Menü ist nicht auf eine zeigerbasierte, sondern eine gestenbasierte Schnittstelle mit einer entsprechenden Steuerung ausgerichtet. Trotz der unterschiedlichen Ausrichtung lassen sich für viele der Eigenschaften und Erkenntnisse Bezüge zum in der vorliegenden Arbeit entwickelten Kompass-Menü ziehen.

Visuelle Darstellung

Die Menüelemente werden visuell durch eine grafische und eine textuelle Komponente repräsentiert (siehe Unterabschnitt Vermittlung von Informationen). Letztere wird im Folgenden Bezeichnung genannt. Elemente haben sowohl eine Kurz- als auch eine Langform einer Bezeichnung, wobei erstere für nicht-ausgewählte Elemente direkt unter der Grafik und letztere für ausgewählte Elemente im zentralen Mittelkreis dargestellt wird.

Vermittlung von Informationen Diese Fähigkeit ist eine zentrale Eigenschaft von Menüelementen. Typischerweise werden dafür textuelle und/oder visuelle Repräsentationen des dem Element zugrundeliegenden Befehls genutzt. Der Einsatz grafischer Elemente erhöht sowohl die Auffälligkeit (engl. saliency) als auch die Wiedererkennbarkeit von Elementen [Bailly et al., 2017].

Angesichts dessen sollte ein besonderer Fokus darauf gelegt werden, für die einzelnen Elemente prägnante, aber leicht verständliche Bezeichnungen (siehe Teilabschnitt *Semantik der Menüelemente*) und aussagekräftige grafische Repräsentationen für die Menüelemente einzusetzen.

Zunächst wurden für einen im Rahmen einer studentischen Qualifizierungsarbeit entwickelten Prototyp grafische Repräsentationen (engl. Picture Communication Symbols) des Unternehmens Tobii Dynavox aus dem *Boardmaker-Tool*¹ verwendet. Diese sind vorwiegend auf den häuslichen Kontext ausgerichtet und daher für den Weaning-Kontext nur bedingt geeignet. Burgsmüller [2018] hat im Rahmen der abschließenden Evaluation gezeigt, dass Studienteilnehmer (n=10) nur etwa 23 % der 62 für die Studie gewählten *Boardmaker*-Grafiken (siehe Abbildung 21) eindeutig zuordnen konnten.

Stattdessen wurden für die finalen Kommunikationsthemen der Patienten-Anwendung (siehe Abschnitt 7.1.3) individuelle grafische Repräsentation entwickelt. Das Design der Grafiken für das Kompass-Menü stammt von Markus Dresel², der iterativ zahlreiche Generationen von Entwürfen zeichnerisch umgesetzt hat. Die Entwürfe wurden in diversen interdisziplinären Workshops diskutiert und verfeinert. Daraus resultierten 50 Grafiken als Bestandteil der aktuellen Generation der Patienten-Anwendung. Eine Auswahl dieser Grafiken ist in Abbildung 22 dargestellt.

Auffälligkeit Das jeweils aktuell ausgewählte bzw. fokussierte Menüelement muss sich von den anderen Elementen eines Menüs abgrenzen, damit die Benutzer zu Beginn einer Interaktion einen Startpunkt bzw. einen visuellen Anker haben. Bezüglich der

¹<https://us.tobiidynavox.com/products/picture-communication-symbols-pcs> (abgerufen am 28.12.2022)

²Mitarbeiter des Instituts für Multimediale und Interaktive Systeme der Universität zu Lübeck (zum damaligen Zeitpunkt als wissenschaftliche Hilfskraft angestellt)

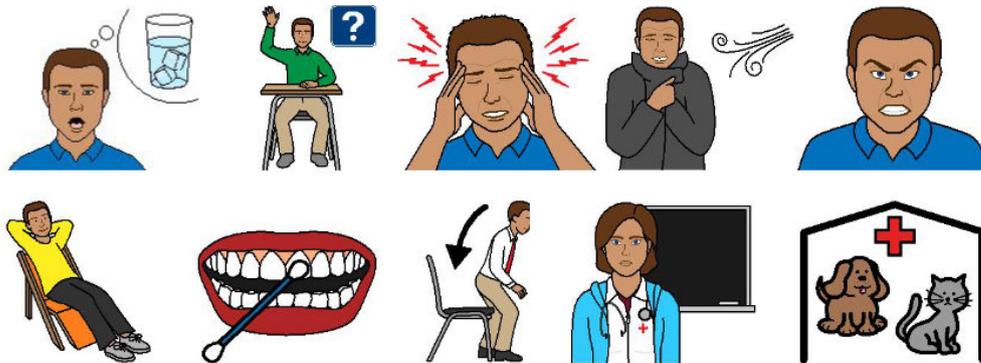


Abbildung 21: Exemplarische Auswahl von *Boardmaker*-Grafiken für den ersten Prototyp der Kommunikationsanwendung: aufgeteilt in von Probanden erkannt (obere Reihe) und nicht erkannt (unten). Weitere Details zur Studie wurden von Burgsmüller [2018] beschrieben.

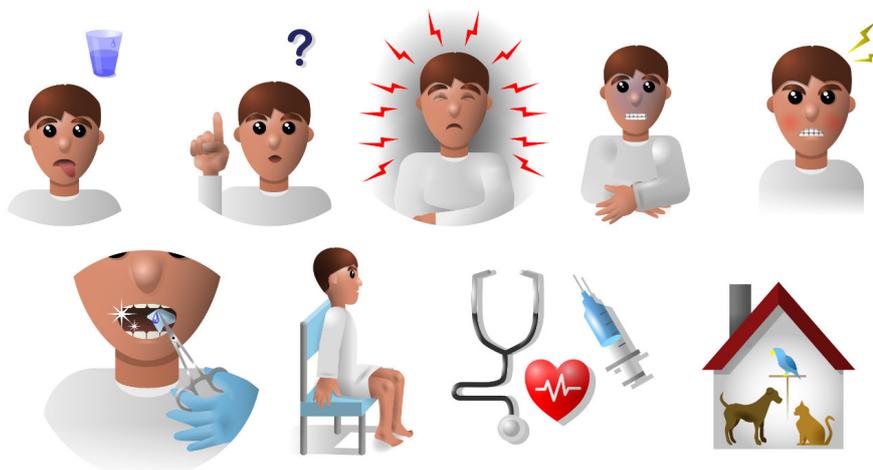


Abbildung 22: Auswahl der finalen Grafiken der Patienten-Anwendung: zum Vergleich wurden dieselben Themen wie in Abbildung 21 für diese Auswahl genutzt: Durst, Fragen, Schmerzen, Kälte, Wut (alle oben), Mundpflege, in einen Stuhl setzen, Fragen zur Therapie, Fragen zu Haustieren (Design von Markus Dresel, Institut für Multimediale und Interaktive Systeme).

••a > Etwas sagen > Körperliches Bedürfnis



Abbildung 23: Visuelle Darstellung der Menüelemente innerhalb des Menüs: Alle Menüelemente bestehen aus einer Grafik und einer Bezeichnung. Für nicht ausgewählte Elemente wird die Kurzform der Bezeichnung unterhalb der Grafik dargestellt, für das ausgewählte Element (oben) wird die Langform der Bezeichnung im zentralen Mittelkreis angezeigt. Die gestrichelte Umrandung der Menüpunkte *Ich möchte anders liegen* und *Badezimmer* dient als Indikator, dass die Auswahl dieser Elemente eine weitere Menüebene öffnet. Die Orientierung wird über die über der Kreisform dargestellten Breadcrumbs (siehe Seite 126) unterstützt, in denen der bisherige Pfad innerhalb des Menüs dargestellt wird.

visuellen Gestaltung unterscheidet sich das fokussierte Menüelement deutlich von den nicht-fokussierten Elementen (siehe Abbildung 23).

Das fokussierte Element ist auf der 12-Uhr-Position des Kreises positioniert, deutlich größer (50 % höherer Durchmesser als die nicht fokussierten Elemente; vgl. Abmessungen in Abschnitt Geometrie) und in einem kräftigeren Farbton gestaltet. Zusätzlich wird durch den visuellen Zeiger eine Verknüpfung zwischen der im Mittelkreis dargestellten Langform der Bezeichnung sowie der dazugehörigen Grafik (siehe nächster Teilabschnitt *Semantik der Menüelemente*) des fokussierten Elements gebildet. Für die Langform der Bezeichnung innerhalb des Mittelkreises wurde zur Wahrung eines angemessenen Kontrasts eine helle Schriftfarbe gewählt. Damit soll der Unterschied zwischen *fokussiert* und *nicht fokussiert* verdeutlicht werden, gleichzeitig soll das fokussierte Element als Blickfang wirken.

Eine weitere, die Auffälligkeit betreffende Designentscheidung ist der gestrichelte Rahmen um entsprechende Menüelemente (siehe Abbildung 23). Dieser dient als Indikator für ein Kategorieelement und symbolisiert, dass sich dahinter eine weitere Ebene des Menüs erstreckt (siehe Teilabschnitt 6.1.3). Während des Designprozesses

wurden verschiedene Indikator-Varianten (unter anderem andere geometrische Formen, animierte „Satelliten“, unterschiedliche Overlays) konzipiert und miteinander verglichen. Die gewählte Variante deutet eine weitere Ebene des Menüs an.

Semantik der Menüelemente

Semantisch sind Bailly et al. [2017] zufolge die verwendeten Begrifflichkeiten für Bezeichnungen bzw. Kategorien und Befehle insofern wichtig, als dass sie sich stark auf die Performance auswirken. Die Wahl der Befehle ist dabei herausfordernd, denn häufig suchen Benutzer nach Funktionen, ohne die Befehle zu kennen. Die Bezeichnungen sollten für die Zielgruppe möglichst verständlich sein und gleichzeitig präzise den zugrundeliegenden Befehl repräsentieren [Bailly et al., 2017]. Präzision kann durch Fachvokabular erreicht werden, welches Nutzern nicht vertraut sein könnte. Hier gilt es, einen akzeptablen Kompromiss zu finden. Erschwerend kommt hinzu, dass die Zeichenlänge der Bezeichnungen ein Faktor ist. Mit der Anzahl der Zeichen steigt zwar der Informationsgehalt, gleichzeitig beanspruchen lange Bezeichnungen mehr Bildschirmplatz und sind langsamer zu lesen [Bailly et al., 2017].

Im Kontext Intensivstation ist dieser Kompromiss herausfordernd, denn das verwendete Vokabular sollte so einfach, verständlich und zugänglich wie möglich sein. Fachvokabular kann nicht vorausgesetzt werden und wird vermieden. Gleichzeitig ist die Anzahl der darzustellenden Zeichen begrenzt.

Als Lösungsansatz wurden für die Elemente jeweils eine Kurz- und Langform der Bezeichnungen von Kategorien und Befehlen festgelegt. Die Kurzform einer Bezeichnung sollte kurz und prägnant sein (bzw. in Ausnahmefällen zwei Worte), die Langform kann (je nach Kontext) aus einem Satz oder mehreren Worten bestehen. Für das ausgewählte Menüelement wird jeweils die Langform dargestellt, für alle nicht ausgewählten Elemente die Kurzform.

Neben der textuellen Bezeichnungen und visuellen Repräsentationen wird für die Ausgabe des jeweils gewählten Elements neben der visuellen zusätzlich die auditive Modalität genutzt. Die Langform der Bezeichnung wird dabei durch eine Text-to-Speech-Engine auditiv ausgegeben.

Geometrie

Distanz Die Distanz häufig verwendeter Elemente zum Anfang des Menüs (bei zeigerbasierten Menüs wie einem vertikalen Dropdown-Menü das oben dargestellte und bei gestenbasierten Menüs das initial ausgewählte Element) hängt mit der Sortierung von Elementen zusammen und beeinflusst insbesondere im Anfängermodus die Effizienz bei der Nutzung, da die Menüs in der jeweils kulturell typischen Reihenfolge (in westlichen Regionen von oben nach unten und von links nach rechts) betrachtet werden. Typischerweise werden Menüelemente alphabetisch sortiert. Novizen tendieren während einer Suche dazu, Listen Element für Element durchzugehen [Bailly et al., 2017]. In Split Menüs werden zur Effizienzsteigerung die am häufigsten verwendeten Menüelemente im oberen Bereich als Duplikate angezeigt (um Verwirrungen aufgrund geänderter Reihenfolge zu vermeiden) [Bailly et al., 2017]. Ein Beispiel dafür ist das Menü zu Wahl der Schriftart innerhalb eines Microsoft Office-Programms.

Für die Nutzergruppe der Intensivpatienten werden die Elemente nicht alphabetisch sortiert, stattdessen wird die Sortierung mit Fokus auf möglichst geringe (mittlere) Zahl an Interaktionsschritten individuell angepasst. Dafür wurde gemeinsam mit den beteiligten Pflege-Experten eine initiale Reihenfolge erarbeitet, welche die Kommunikationsthemen basierend auf Erfahrungswissen und Literaturrecherchen nach Häufigkeit der Nutzung statisch sortiert. Dies dient ebenfalls der oben beschriebenen Verringerung der Distanz. Sollte sich diese Sortierung als nicht angemessen herausstellen, kann die Reihenfolge auf Basis weiterer Daten und Erkenntnisse optimiert werden. Überlegungen bezüglich einer dynamischen Sortierung nach individueller Auswahlhäufigkeit wurden mit Blick auf Konsistenz und Orientierung zurückgestellt. Im Regelbetrieb ließen sich Nutzungsdaten erheben, deren Analyse eine optimierte Sortierung erlaubt, die im Mittel die notwendigen Interaktionsschritte reduziert.

Größe Die Größe der einzelnen Menüelemente ist eine weitere geometrische Eigenschaft der Taxonomie. Größere Abmessungen der Elemente wirken sich sowohl auf deren schnellere Lokalisation als auch – vorwiegend für zeigerbasierte Schnittstellen – die weniger fehlerbehaftete Auswahl aus. Im Kontext der Nutzung – Liegen in einem Intensivbett mit einer daraus resultierenden weiteren Auge-Display-Distanz von 120 cm bis 140 cm – ist für eine deutliche Erkennbarkeit eine patientenindividuelle Anpassung notwendig.

Basierend auf Labortests wurde darauf geachtet, dass die Elemente (und weitere visuelle Komponenten wie Textlabel) aus der Auge-Display-Distanz von Personen mit normaler Sehkraft deutlich erkennbar sind. Die Schriftgrößen wurden mit einem Schriftgrößenrechner³ auf diese Distanzen abgestimmt (Einstellungen: Visus von 0,7; Display-Auflösung von 91 PPI; Konsultationstext; gute Beleuchtung). Der Sehwinkel von zehn Bogenminuten entspricht für die Spanne der Auge-Display-Distanz einer Schriftgröße von 30 px bis 34 px.

Für Personen mit verringerter Sehkraft lässt sich die Auge-Display-Distanz aufgrund des mobilen Displayständers (vgl. eingesetzte Technik in Abschnitt 4.4) physisch verringern.

Aus den Informationen zur Abmessung und Sehwinkel der Schrift bei der Auge-Display-Distanz ergibt sich eine platzbedingte Begrenzung der maximal darstellbaren Anzahl an Elementen pro Menüebene (siehe auch Diskussion zu Breite und Tiefe in Abschnitt 6.1.3).

Für die Form der Elemente wurden runde Grafiken mit einheitlichen Maßen gewählt. Der Kreisdurchmesser der Grafiken entspricht für das ausgewählte Element 270 px, für nicht ausgewählte Elemente 180 px. Das fokussierte Element wird wie zuvor beschrieben durch einen 50 % höheren Durchmesser zusätzlich hervorgehoben.

Für die Langform der Bezeichnung im Mittelkreis wurde die Schriftgröße von 34 px gewählt, für die Kurzform unter den nicht fokussierten Elementen die Schriftgröße von 30 px gewählt. Damit kann die Langform je nach Textzusammensetzung eine maximale Zeichenlänge von bis zu 60 Zeichen (mehrzeilig) und die Kurzform von bis zu 22 Zeichen (zweizeilig) umfassen.

³Schriftgrößenrechner von <https://www.leserlich.info/kapitel/zeichen/schriftgroesse.php> (abgerufen am 27.09.2022) auf Grundlage der DIN-Norm 1450

6.1.3 Dimension Menüsystem

Als dritte Dimension nach Menü und Menüelement beschreiben Bailly et al. [2017] in ihrer Taxonomie das Menüsystem mit den Teildimensionen *Semantik innerhalb des Menüsystems* sowie *Breite* und *Tiefe* des Menüs.

Semantik innerhalb des Menüsystems

In der Dimension des Menüsystems beeinflusst die Semantik maßgeblich die Effizienz der Exploration. Menüinhalte sinnvoll zu organisieren stellt eine Herausforderung dar. Die Organisation sollte für die Anwender erwartungskonform sein und gleichzeitig alle notwendigen Befehle abbilden, ohne überfordernd zu wirken. Um eine effiziente Menüstruktur zu definieren, sollten während des Designprozesses logische und kohärente Verknüpfungen zwischen Elementen identifiziert und diese in eine sinnvolle hierarchische Struktur eingeordnet werden [Bailly et al., 2017]. Dieser Aspekt wird unter Berücksichtigung der gesamten, für das Assistive System relevanten Inhalte in Kapitel 7 beschrieben. Die Menüstruktur des in der Patienten-Anwendung eingesetzten Kompass-Menüs wird einschließlich Informationen zu dem Entstehungsprozess in Teilabschnitt 7.1.3 vorgestellt.

Zwei weitere visuelle Komponenten beeinflussen die Semantik innerhalb des Menüsystems. Der Hierarchieindikator symbolisiert, dass ein markiertes Element eine weitere Menüebene öffnet. Die visuelle Gestaltung des Indikators wurde bereits in Abschnitt 6.1.2 thematisiert. Eine weitere Komponente ist die Titelleiste. Um die Orientierung innerhalb der Menüstruktur zu unterstützen, wird in der Titelleiste nicht alleine der Menütitel, sondern dem Entwurfsmuster der *Breadcrumbs*⁴ folgend auch der Pfad vom Hauptmenü zum aktuellen Menü⁵ dargestellt. Damit ist für den Benutzer ersichtlich, in welcher Verzweigung er sich innerhalb der Menüstruktur befindet (siehe Abbildung 23).

Breite und Tiefe

In Abschnitt 2.5.4 wurden bereits theoretische Grundlagen hinsichtlich Breite und Tiefe von Menüs diskutiert. Beide Ansätze weisen Vor- und Nachteile auf. Tiefe Menüs erfordern mehr Entscheidungen bei der Wahl des korrekten Kategorieelements und erhöhen die Kosten einer Fehlerkorrektur sowie die Unsicherheit, ob der gewählte auch der richtige Pfad ist. Durch weniger Elemente pro Hierarchieebene kann entweder der insgesamt benötigte Platz verringert oder die Größe der Elemente erhöht werden. Weiterhin kann sich die Informationsüberlast verringern und die Suche von Elementen vereinfachen. Breite Menüs mit vielen Elementen erfordern eine längere visuelle Suchzeit zur Identifikation des gesuchten Elements sowie den notwendigen Platz zur Darstellung der Elemente. Es sind jedoch weniger Interaktionsschritte als in tiefen Menüs notwendig, was Fehlerkorrekturen verringert.

Für die Strukturierung der Hierarchie des in dieser Arbeit beschriebenen Kompass-Menüs wurde dabei insbesondere dem von Lee & Raymond [1993] vorgestellten Ansatz

⁴<https://ui-patterns.com/patterns/Breadcrumbs> (abgerufen am 28.11.2022)

⁵<https://www.nngroup.com/articles/flat-vs-deep-hierarchy/> (abgerufen am 28.11.2022)

gefolgt, sich in Bezug auf die optimale Breite und Tiefe von den domänenspezifischen Anforderungen, Strukturen und Tätigkeiten leiten zu lassen. In diesem Kontext spielt die Erkennbarkeit der Inhalte eine wichtige Rolle. Diese muss auf der für das System gewählten Hardware (siehe Abschnitt 4.4) und der Auge-Display-Distanz (wie oben beschrieben etwa 120 cm bis 140 cm) gewährleistet sein. Darauf basierend wurde ein Menü-Design entwickelt, welches zwischen drei und neun Elemente pro Ebene beinhalten kann. Damit wird die Gefahr einer Überlastung mit zu vielen gleichzeitig dargestellten Wahlmöglichkeiten reduziert.

Die Anordnung der Elemente in der Kreisform ist ab drei Elementen sinnvoll (siehe Abbildung 24). Durch die Designentscheidung, innerhalb eines jeden Menüs (abgesehen vom Hauptmenü) ein Navigations-Element mit einer Zurück-Funktion zu ergänzen (siehe Abschnitt 6.2.4), treten die Fälle einer Menüebene mit nur einem oder zwei Elementen nicht auf. Eine Menüebene mit nur einem Zurück-Element erfüllt keinen Zweck und eine Menüebene mit zwei Elementen (wovon eines das Zurück-Element ist) kann mit der nächsthöheren Menüebene zusammengeführt werden. Eine Ebene mit zwei inhaltlichen Menüelementen wird folglich mindestens drei Elemente beinhalten.

Die maximale Anzahl der Menüelemente hängt von der Auge-Display-Distanz ab. Samp [2011] diskutiert unterschiedliche Varianten, um mit diesem Platzproblem umzugehen. Dazu gehören die *Verkleinerung der Elemente*, *Vergrößerung des Ringdurchmessers*, *Überlappung der Elemente* sowie die *Änderung der Menüstruktur* durch Ergänzung weiterer Ebenen. Diese werden nachfolgend diskutiert. Das Menü wurde in dem dieser Arbeit zugrundeliegenden Anwendungsfall für einen Monitor mit 23,8 Zoll-Bildschirmdiagonale und der zuvor beschriebenen Auge-Display-Distanz optimiert. Die Größe der einzelnen Elemente lässt sich nicht weiter verkleinern, ohne gleichzeitig die Erkennbarkeit einzuschränken (siehe Anforderung NFR-1-3).

Für den Ringdurchmesser, auf dem die Elemente positioniert sind, wurde eine Länge gewählt, damit bei bestmöglicher Erkennbarkeit möglichst viele Elemente innerhalb des sichtbaren Bereichs dargestellt werden können. Dieser Ringdurchmesser nutzt den verfügbaren Bildschirmplatz in der Höhe maximal aus und lässt sich nicht weiter vergrößern (siehe Abbildung 23). Die Positionierung der Elemente auf dem Kreisumfang ist dabei abhängig von ihrer Anzahl (siehe Abbildung 24). Nur das fokussierte Element befindet sich stets an derselben Position.

In Abbildung 24 wird dargestellt, wie sich die Darstellung des Menüs mit unterschiedlicher Anzahl von Menüelementen unterscheidet. Ein Menü mit zehn Elementen weist bereits Überlappungen auf. Neun Elemente mit kurzen Bezeichnungen sind noch ohne Überlappungen darstellbar. Sind Bezeichnungen länger, treten auch für diese Anzahl Überlappungen auf.

Überlappungen ermöglichen zwar eine höhere Anzahl an Elementen, jedoch auf Kosten der Erkennbarkeit und der Übersichtlichkeit [Samp, 2011]. Dazu kommt, dass sie die Ästhetik von Animationen beeinträchtigt. Aus diesen Gründen wurde sich für ein Design ohne Überlappungen entschieden.

Die Möglichkeit der Änderung der Menüstruktur durch die Ergänzung weiterer Ebenen erscheint als eine geeignete Option. Dabei sollte beachtet werden, dass die Menütiefe insgesamt auf nicht mehr als vier Ebenen erhöht werden sollte (siehe Diskussion in Abschnitt 2.5.4).

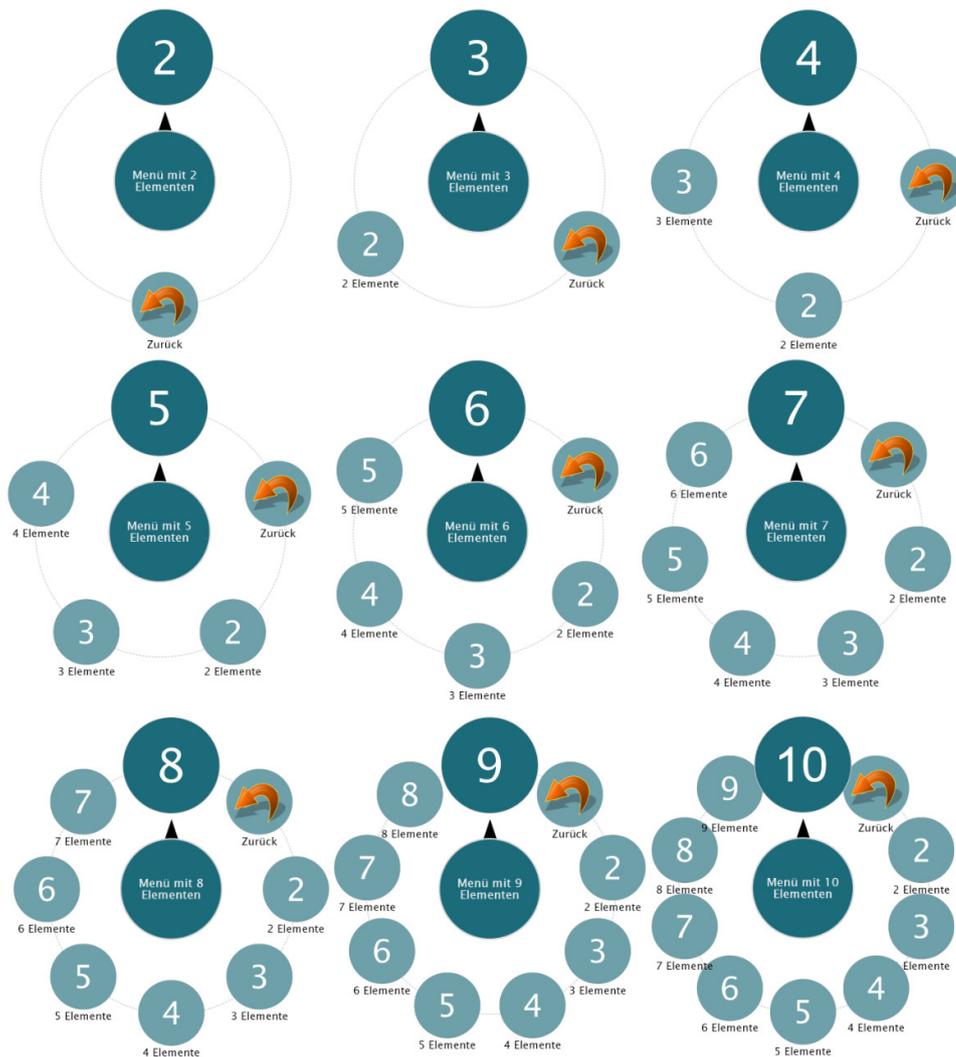


Abbildung 24: Vergleich der Anordnung der Menüelemente, für eine Anzahl von zwei bis zehn

Die maximale Menübreite wurde auf acht bis neun Elemente (abhängig von der Zeichenlänge der Kurzbezeichnung) festgelegt. Die maximale Tiefe innerhalb der Unterauswendungen liegt bei drei Ebenen, unter Berücksichtigung des Hauptmenüs bei vier Ebenen. In Abschnitt 7.1.3 wird die vollständige hierarchische Menüstruktur vorgestellt.

Für Fälle, in denen trotzdem eine größere Anzahl an Elementen dargestellt werden soll, als im Ring untergebracht werden können, schlägt Samp [2011] das Ring-Scrolling vor. Der Kreis ist dabei auf einer Seite offen, sodass eine beliebige Anzahl an versteckten Elementen pro Ebene verwendet werden kann. Dieses Prinzip wurde für die Anwendung der Mediengalerie (siehe Abschnitt 7.1.4) zur Darstellung der von Angehörigen mitgebrachten Medien aufgegriffen und in Form einer halbkreisförmigen Variante des Menüs adaptiert.

6.1.4 Animationen

Im Laufe des Designprozesses wurde die Hypothese aufgestellt, dass sinnvoll eingesetzte Animationen einen positiven Einfluss auf die User Experience und die Selbstbeschreibungsfähigkeit der Menütechnik haben. Die zentralen Animationen werden im Folgenden beschrieben.

Zunächst wurde die durch einen Navigationsbefehl initiierte Rotation des Kreises im oder gegen den Uhrzeigersinn um das Zentrum⁶ animiert. Ohne diese Animation ließ sich aus der Perspektive des Benutzers aufgrund fehlenden Feedbacks nicht jederzeit nachvollziehen, welche Veränderung der Navigationsbefehl bewirkt hat. Insbesondere wurde die Veränderung bezüglich der Hervorhebung des zuletzt und als nächstes fokussierten Elements animiert – neben der Bewegung auch die Transition von Farbe und Größe.

Eine weitere Animation wird zur Verdeutlichung des Hierarchieebenenwechsels⁷ durch die Selektion eines Kategorie- oder des Zurück-Elements eingesetzt (Diese Animation ist schrittweise in Abbildung 47 auf Seite 165 dargestellt). Zu Beginn der Animation ziehen sich die Menüelemente in Richtung des Mittelpunktes zusammen, um sich dann mit den Elementen des Zielmenüs wieder in ihre Ursprungsposition auszudehnen.

Wird ein Funktionselement selektiert, das keiner Teilanwendung entspricht, wird dieses für einige Sekunden hervorhoben⁸. Der Hintergrund wird in dem Fall eingetrübt (siehe Abbildung 32 auf Seite 144). Die Hervorhebung und Eintrübung sind animiert.

6.2 Einflussfaktoren

Die Interaktion mit Menütechniken wird nicht nur von ihren Eigenschaften, sondern auch von externen Faktoren beeinflusst. In diesem Abschnitt werden die drei zuvor (in Abschnitt 2.5) vorgestellten Faktoren aufgegriffen und jeweils mit Bezug zum Kompass-Menü diskutiert: der Nutzungskontext, die Benutzermerkmale sowie die Verhaltensmuster der Nutzer während der Menünutzung.

Abschließend wird in Abschnitt 6.2.4 auf das Verhalten des Menüs und die Steuerung eingegangen.

6.2.1 Nutzungskontext

Typische Menüs sind nicht die zentralen Objekte einer Aufgabe, sondern dienen den Benutzern als Instrumente bei der Erreichung von Zielen wie der Auswahl oder Manipulation von Objekten (siehe Abschnitt 2.3.2). Das Menü sollte sinnvoll in den Kontext der Hauptaufgabe integriert werden. Dabei sollten der Nutzungskontext, die Nutzergruppe und ihre Aufgaben sowie die eingesetzten Geräte berücksichtigt werden.

Im vorliegenden Fall des Kompass-Menüs wurden diese Aspekte in den vorigen Kapiteln (Nutzungskontext, Nutzergruppe und deren Aufgaben in Kapitel 3 sowie die

⁶Video der Animation Rotation des Kreises: <https://youtu.be/yeJun7ruPQg>

⁷Video der Animation Hierarchieebenenwechsel: <https://youtu.be/ctDyrE0cTEI>

⁸Video der Animation Selektion: <https://youtu.be/AISHYEuUmME>

eingesetzten Geräte in Kapitel 4 und 5) ausführlich analysiert und beschrieben. Aufgrund der eingeschränkten verbalen Kommunikationsfähigkeiten der Nutzergruppe der beatmeten Intensivpatienten unterstützt das System seine Benutzer insofern, als dass es ihnen die Auswahl eines Kommunikationsthemas aus einer endlichen Anzahl potenziell infrage kommender Themen⁹ ermöglicht. Die Auswahl wird über das Menü getroffen. Dieses wird (wie in Abschnitt 6.1.1 in Bezug auf die Temporalität beschrieben) nicht für die Bereitstellung von Zusatzfunktionen eingesetzt, sondern ist das Hauptobjekt der Aufgabe, indem es die Navigation innerhalb einer Hierarchie von Kommunikationsthemen und die Selektion des gewünschten Themas ermöglicht. Das ist ein typisches Merkmal interaktiver Systeme aus dem Bereich der Unterstützten Kommunikation (siehe Abschnitt 3.4.2).

Ein wichtiger Kontextfaktor ist die deutliche Erkennbarkeit des auf einem Bildschirm dargestellten Menüs aus dem Patientenbett. Das setzt eine ausreichende Mindestgröße für die grafischen Komponenten des Menüs voraus (siehe Diskussion zu Abmessungen in Abschnitt 6.1.2).

Die Wahl einer gestenbasierten anstatt einer zeigerbasierten Steuerung wurde in Abschnitt 4.3 begründet. Das Menü wurde auf eine Steuerung mit dem Interaktionsgerät BIRDY (siehe Kapitel 5) und seinen Steuergesten ausgerichtet. Grundsätzlich lassen sich für die Steuerung auch andere Geräte einsetzen, solange deren Eingabeereignisse sich konzeptionell mit den drei im vorigen Abschnitt beschriebenen Steuerbefehlen des Menüs vereinbaren lassen.

6.2.2 Benutzermerkmale

Benutzermerkmale während der Menünutzung sind das Nutzungsprofil, welches sich auf den Erfahrungsgrad des Benutzers bezieht, die Zielstrebigkeit sowie der Menünutzungspfad.

Der Erfahrungsgrad im Umgang mit einem System beeinflusst die Anforderungen an das Verhalten des Systems. Der Einsatz unterschiedlicher Nutzungsmodi ist ein bewährtes Mittel, um den teils widersprüchlichen Anforderungen von Nutzern mit unterschiedlichem Erfahrungsgrad im Umgang mit einem System zu begegnen. Dies trifft ebenfalls auf Menüs zu. Bezogen auf die Nutzergruppe der Intensivpatienten lassen sich daraus verschiedene Schlussfolgerungen ziehen. Bezüglich des Nutzungsprofils lassen sich die Nutzer zu Beginn den Novizen zuordnen, schrittweise erhöht sich der Erfahrungsgrad.

Dem in Abschnitt 4.1 beschriebenen Phasenmodell (siehe Abbildung 10) zufolge ist die Interaktion eines Patienten mit dem System wie folgt vorgesehen. Die ersten Berührungspunkte mit dem System haben Patienten in Phase 1 als passive Empfänger der Sprachansagen und Hintergrundmusik, ohne explizit mit dem System zu interagieren. In dieser Phase ist kein Menüsystem erforderlich. Sobald die verantwortlichen Pflegekräfte auf Basis des ermittelten RASS-Scores (siehe Abbildung 4) einen angemessenen Grad der Wachheit und gleichzeitig ausreichende Fähigkeiten zur Interaktion mit dem System feststellen, wird der Übergang in die interaktive Phase 2 initiiert.

⁹Die für die Patienten-Anwendung gewählten Themen werden in Abschnitt 7.1.3 und dort insbesondere in Abbildung 30 beschrieben.

Zu Beginn der erstmaligen Nutzung können alle Anwender als Novizen klassifiziert werden, die weder mit dem Interaktionsgerät BIRDY, der Interaktion mit dem System, noch mit dessen Funktionsumfang vertraut sind.

Diese Aspekte müssen folglich schnellstmöglich erlernt werden, um den Übergang aus dem Nutzungsprofil der Novizen zu dem von unerfahrenen Benutzern zu ermöglichen. Dies ist im Rahmen von Lernhilfen vorgesehen (Phase 2A). Nach erfolgreichem Abschluss eines Interaktions-Tutorials sollten die Nutzer ein elementares Verständnis der Interaktion haben. Auf dieser Grundlage wird ihnen die Nutzung einer im Funktionsumfang beschränkten Version der Kommunikationsanwendung (Phase 2B) ermöglicht. Der Funktionsumfang ist insofern begrenzt, als dass lediglich die Nutzung einer Hierarchieebene des Kompass-Menüs mit einem begrenzten Umfang an Elementen (Anzahl) ermöglicht wird.

Sobald eine sichere und zielstrebige Interaktion beobachtet werden kann, werden mit dem Übergang zu Phase 3 ein hierarchisch angeordnetes Menü freigeschaltet und der Funktionsumfang – sowohl in Bezug auf die Menüinteraktion als auch inhaltlich – erweitert. In dieser Phase sind die Benutzer weiterhin unerfahren. Sie verstehen die Interaktion, sind jedoch noch nicht mit dem zusätzlichen Funktionsumfang und dem Aufbau des Menüsystems vertraut. Mit diesen sollten sie frühzeitig im Rahmen von weiteren Lernhilfen vertraut gemacht werden.

6.2.3 Verhaltensmuster der Nutzer während der Menünutzung

Die Nutzer werden durch die Vertrautheit mit einer Menüstruktur geprägt und nutzen entweder *Pfade mit Umwegen*, *gerade Pfade ohne Umwege* oder *direkte Pfade* (beispielsweise durch Shortcuts). Unerfahrene Benutzer ohne ein mentales Modell des Systems werden so lange *Pfade mit Umwegen* nutzen, bis sie Inhalt, Organisation und Aufbau der Menüstruktur schrittweise verinnerlicht und ein mentales Modell aufgebaut haben. Anschließend werden sie (weitestgehend) *gerade Pfade ohne Umwege* nutzen (siehe Abschnitt 2.5.1). Mit jeder weiteren Systeminteraktion verfeinern sie schrittweise ihr mentales Modell des Systems.

In Bezug auf die Zielstrebigkeit wird (abgesehen von dem Optimalfall einer zielgerichteten Interaktion) zwischen *zielloser Exploration*, der *Suche nach Funktionen* und der *Suche nach Befehlen* unterschieden (siehe Abschnitt 2.5.1). Im Optimalfall *explorieren* die Nutzer eigenständig und ohne bestimmtes Ziel das System, um sich mit dessen Funktionsumfang vertraut zu machen. Der Einsatz von Lernhilfen zur Vermittlung der Grundfunktionen kann die Phase der Eingewöhnung verkürzen. Gegebenenfalls ist eine weitere Form der Unterstützung notwendig.

Findet keine Erkundung statt, werden die meisten Anwender vermutlich die Strategie *Suche nach Funktionen* nutzen, um Schritt für Schritt einen Teil des Funktionsumfangs kennenzulernen. In diesem Fall wäre für die Lernhilfen der Einsatz einer Strategie denkbar, welche noch nicht kennengelernte Funktionen hervorhebt. Die von Samp [2013] aufgestellten Designziele für den Übergang vom Novizen zu fortgeschrittenen Nutzungsmodi (*einfache Handhabung*, *Exploration anleiten*, *effektive visuelle Suche*, *effektive Navigation* und *Unterstützung für das Lernen der Menüinhalte*) fundieren diese Vorgehensweise.

Ein Expertenmodus (vgl. Abschnitt 2.5.2) ist für die Anwendung zum einen nicht notwendig und zum anderen in Bezug auf die Umsetzung nicht naheliegend. Expertenmodi zielen primär auf eine erhöhte Effizienz bei der Bedienung ab. Ob die durch Shortcuts erreichte Effizienzsteigerung im vorliegenden Kontext ins Gewicht fällt, ist zweifelhaft. Shortcuts für einen Expertenmodus würden weitere Interaktionsgesten mit BIRDY oder ein weiteres Eingabegerät erfordern. Das Set an Interaktionsgesten ist grundsätzlich erweiterbar, damit würde die Komplexität der Interaktion ansteigen. Vorstellbar wären interaktionsbezogene Shortcuts wie *Zurück in die vorige Menüebene* oder *Zurück ins Hauptmenü* mit zusätzlichen Gesten zu verknüpfen. Weiterhin ist die Nutzung durch die Dauer der Beatmung auf der Intensivstation begrenzt. In einem geringen Teil der Fälle findet eine Beatmung über Wochen statt, in der Regel sind dies Stunden oder Tage. In dieser Zeit lässt sich voraussichtlich nur in wenigen Fällen Expertise aufbauen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die in der Literatur beschriebenen Nutzungsmodi für Anfänger und Fortgeschrittene mit dem Phasenmodell auf Basis des RASS-Scores verknüpft werden können. Während in Phase 1 kein Menüsystem benötigt wird, ist in Phase 2B ein Anfängermodus mit begrenztem Funktionsumfang nutzbar. Sobald die Interaktion mit diesem vertraut ist, wird der Funktionsumfang in Phase 3 als Modus für Fortgeschrittene erweitert. Auf einen Expertenmodus wird, wie zuvor diskutiert, verzichtet.

6.2.4 Verhalten des Menüs und Steuerung

Das Menü sollte darauf ausgerichtet sein, dass die Auswahl von Elementen möglichst einfach gestaltet ist. Das umfasst insbesondere die zentralen Prozessschritte während der Nutzung: die *visuelle Lokalisation des gewünschten Menüelements*, die *Auswahl dieses Elements* und die *Aktivierung des Elements* (siehe Prozessmodell der Auswahl eines Elements innerhalb eines Menüsystems in Abbildung 5).

Die visuelle Lokalisation wird unterstützt durch textuelle und visuelle Komponenten der Menüelemente (siehe Abbildung 23). Der visuelle Indikator in Form einer gestrichelten Umrandung um das Menüelement signalisiert zudem, dass es sich bei diesem um ein Kategorieelement handelt.

Die Steuerung des Systems ist den Anforderungen entsprechend so einfach wie möglich gehalten und besteht aus drei Steuerbefehlen: zwei Navigationsbefehle und ein Selektionsbefehl. Aufgrund der gestenbasierten Steuerung ist standardmäßig ein Element vorausgewählt. Dieses ermöglicht eine Orientierung innerhalb des Menüs.

Die Auswahl eines Elements erfolgt über die Ausführung eines oder mehrerer Navigationsbefehle gefolgt von dem Selektionsbefehl *Auswahl*. Die Navigationsbefehle *nach links* bzw. *nach rechts* bewirken einen Wechsel zum vorigen bzw. nächsten Element. Dabei gibt es zwei erwartbare Varianten, wie das System auf die Navigationsbefehle reagiert. Angenommen, ein Benutzer führt einen Navigationsbefehl nach rechts aus. In Variante A dreht sich der Kreis nach rechts und das Element links vom aktuell fokussierten Element erhält den Fokus. In Variante B erwartet der Benutzer, dass die Richtung des Steuerbefehls auch der Richtung des Fokuswechsels entspricht und das Element rechts des aktuell gewählten als Nächstes fokussiert wird. Während der Entwicklung wurde aufgrund der Ergebnisse formativer Vergleiche unter HCI-Experten Variante B

gewählt. Für die Produktreife wäre es denkbar, die Nutzer zu Beginn einer Lernphase die entsprechende Variante wählen zu lassen (wie in einigen Videospiel-Tutorials).

Innerhalb einer hierarchischen Menüstruktur ist es möglich, zwischen den Hierarchieebenen zu wechseln. Die Menüelemente lassen sich in Kategorie- und Befehlselemente unterteilen. Die Selektion eines Kategorieelementes bewirkt eine Navigation in das entsprechende Untermenü, die Auswahl eines Befehlselements resultiert in einer elementspezifischen Aktion.

Um innerhalb der Menüstruktur in das übergeordnete Menü zu navigieren, muss der in jedem Menü angezeigte Menüpunkt *Zurück* (vgl. Abbildung 23) ausgewählt werden. Um schnell von einem weiter unten in der Hierarchie liegenden Menü ins Hauptmenü zu gelangen, wird ab einer Menütiefe von zwei bei der Selektion des Zurück-Elements nicht direkt in das übergeordnete Menü navigiert. Stattdessen wird mittels eines Modal-Fensters abgefragt, ob der Nutzer in das Haupt- oder das übergeordnete Menü navigieren möchte. Das kann die Anzahl der notwendigen Interaktionsschritte reduzieren, insbesondere wenn der Nutzer aus einer tieferen Ebene ins Hauptmenü navigieren möchte.

6.3 Zusammenfassung und Fazit

Im Rahmen dieses Kapitels wurde das neuartige, speziell für die Steuerung durch ein ballförmiges Interaktionsgerät innerhalb eines Bettes entwickelte Kompass-Menü eingeführt. Das Menü kann mittels der drei Befehle Navigation nach rechts und links sowie Selektion gesteuert werden.

Die Eigenschaften des Menüs sowie die während der Entwicklung getroffenen Designentscheidungen wurden anhand der Dimensionen *Menü* (siehe Abschnitt 6.1.1), *Menüelement* (siehe Abschnitt 6.1.2) und *Menüsystem* (siehe Abschnitt 6.1.3) beschrieben und diskutiert. Dabei wurden auch unterschiedliche Stadien und Iterationsschritte der Entwicklung ausgeführt. Zusätzlich wurden die zentralen Animationen des Kompass-Menüs vorgestellt (siehe Abschnitt 6.1.4).

Anschließend wurden die in der Literatur beschriebenen Einflussfaktoren auf den vorliegenden Kontext bezogen (siehe Abschnitt 6.2). Hinsichtlich des Nutzungsprofils lassen sich die Nutzer zu Beginn den Novizen zuordnen, nach und nach erhöht sich der Erfahrungsgrad. Lernhilfen können die Benutzer dabei unterstützen, sich mit der Interaktion und dem Funktionsumfang vertraut zu machen. Mit wachsender Erfahrung verändern sich dann auch die Verhaltensweisen während der Nutzung. Ziel ist es, dass die Benutzer selbstständig den Funktionsumfang explorieren und in Bezug auf die Interaktion möglichst schnell *gerade Pfade ohne Umwege* wählen. Ein Expertenmodus mit Shortcuts bietet sich aufgrund der vermeintlich kurzen Nutzungsdauer des Systems nicht an. Die mit einem solchen Modus erlangte Effizienzsteigerung ist im vorliegenden Kontext nicht erforderlich. Auf die Steuerbefehle nach links/rechts reagiert das System mit einem Wechsel zum vorigen/nächsten Menüelement (siehe Abschnitt 6.2.4). Der Auswahlbefehl bewirkt die Selektion eines Elements, die je nach Element in unterschiedlichen Reaktionen resultiert (beispielsweise das Hervorheben des Elements oder die Navigation in eine weitere Menüebene).

Ein Vergleich des Kompass-Menüs mit der aus vier Charakteristika bestehenden Definition von Menüs (siehe Seite 22), zeigt, dass dieses nur die ersten beiden der vier beschriebenen Charakteristika aufweist. Es ermöglicht dem Benutzer, Befehle aus einer begrenzten Anzahl von Elementen auszuwählen (Charakteristik 1). Die Elemente entsprechen wie in diesem Kapitel beschrieben den wählbaren Kommunikationsthemen. Weiterhin bietet das Kompass-Menü eindeutig eine Struktur für die visuelle Darstellung von Elementen (Charakteristik 2). Diese sind hierarchisch kategorisiert und angeordnet.

Eine nicht geltende Charakteristik ist die Flüchtigkeit des Menüs (Charakteristik 3). Dieser zufolge benötigen Menüs keinen permanenten Platz auf dem Bildschirm, da sie bei Bedarf erscheinen und sofort nach der Auswahl eines Elements wieder geschlossen werden. Das Kompass-Menü ist ein zentraler Teil des mit dem System verfolgten Ziels – der Auswahl eines Kommunikationsthemas aus einer Anzahl von Elementen (Charakteristik 1) – und wird daher permanent angezeigt.

Der vierten Charakteristik zufolge sind Menüs quasimodal: Die Anwendung wechselt nach Aktivierung des Menüs bis zum Ende des Auswahlprozesses in einen bestimmten Modus. Diese Charakteristik trifft auf das Kompass-Menü nur begrenzt zu. Das Menü ist durchgehend aktiviert, da es ein zentraler Teil des Auswahlsystems und der Anwendung ist. Quasimodal ist das Menü jedoch in Bezug auf die Auswahl eines Kommunikationselements. Das gewählte Menüelement wird visuell hervorgehoben und die Bezeichnung des Elements in ihrer Langform als Sprachansage auditiv wiedergegeben.

In Abschnitt 2.5 wurden zudem drei unterschiedliche Klassen benannt, denen Menüs zugeordnet und die teilweise miteinander kombiniert werden können: hierarchische Menüs, Kontextmenüs und Menüleisten. Das Kompass-Menü kann aufgrund seiner Hierarchie von Befehlen eindeutig der ersten Klasse (hierarchische Menüs) zugeordnet werden. Eigenschaften von Kontextmenüs enthält es nicht. In Bezug auf die Klasse Menüleisten finden sich sowohl dafür als auch dagegen sprechende Argumente. Das Hauptmenü des Kompass-Menüs könnte als eine kreisförmig angeordnete Menüleiste verstanden werden. Wie Menüleisten enthält dieses nur eine begrenzte Anzahl von Elementen, die den Zugriff auf hierarchische Menüs ermöglichen. Ein Gegenargument ist, dass Menüleisten typischerweise am Rand des Darstellungsbereichs platziert sind und nicht den Kern der Anwendung bilden.

Das auf den Kontext der Beatmungsentwöhnung sowie das Interaktionsgerät BIRDY adaptierte Kompass-Menü besteht aus einem kreisförmigen Layout. Dieses ist so gestaltet, dass das ausgewählte Element stets auf dem oberen Scheitelpunkt des Kreises fixiert ist und sich die kreisförmig angeordneten Menüelemente während einer Navigation zum nächsten Element entsprechend im Rahmen einer Animation verschieben.

Bezüglich der Beantwortung der zweiten Forschungsfrage, wie die Mensch-Technik-Schnittstelle eines gebrauchstauglichen Assistiven Systems gestaltet sein kann, wurde in diesem Kapitel mit dem Kompass-Menü eine weitere Komponente dieser Schnittstelle beschrieben. Der nächste Baustein zur Beantwortung der Frage ist die konkrete Gestaltung der das Kompass-Menü integrierenden Patienten-Anwendung.

Für die Beantwortung der dritten Forschungsfrage hinsichtlich der Gestaltung einer auf die Steuerung durch ein ballförmiges Interaktionsgerät adaptierten Menütechnik zur Unterstützung einer leicht erlernbaren Interaktion mit einer hierarchischen, auf die Benutzergruppe der Weaningpatienten angepassten Menüstruktur ist dieses Kapitel zentral. Die Gestaltung der Menütechnik sowie die zugrundeliegenden Designentschei-

dungen wurden umfassend beschrieben, noch fehlende Aspekte zur Beantwortung der Forschungsfrage sind die Integration in die der Patienten-Anwendung zugrundeliegenden Menüstruktur und dessen Inhalte sowie die Evaluation der Menütechnik.

7 Grafische Gestaltung des Assistiven Systems

Nachdem in den vorherigen Kapiteln das Gesamtsystemmodell des Assistiven Systems sowie mit dem Interaktionsgerät BIRDY und dem Kompass-Menü relevante Komponenten der patientenseitigen Mensch-Technik-Schnittstelle beschrieben wurden, wird in diesem Kapitel die grafische Gestaltung der Anwendungen für die Patienten und Pflegekräfte thematisiert. Die Entwicklung der ebenfalls zum Gesamtsystem gehörenden Medien-Anwendung wurde extern durchgeführt und war nicht Teil dieser Arbeit. Aufgrund des stärkeren Fokus auf die Interaktion des Patienten wird die Medien-Anwendung im weiteren Verlauf der Dissertation nicht weiter thematisiert.

Die grafische Gestaltung der Patienten-Anwendung (Abschnitt 7.1) wird anhand ihres Grundgerüsts, der Gestaltung ihrer den verschiedenen Bewusstseinsphasen des Patienten zugeordneten Teilanwendungen, der Menühierarchie und -inhalte sowie den Unteranwendungen in der dritten Phase beschrieben. Die Gliederung des Abschnitts, in dem die Gestaltung der Pflegenden-Anwendung beschrieben wird (Abschnitt 7.2), orientiert sich an deren Funktionsumfang.

7.1 Patienten-Anwendung

In diesem Abschnitt wird zwischen Teil- und Unteranwendungen differenziert. In den unterschiedlichen Phasen werden verschiedene Teilanwendungen dargestellt. Innerhalb dieser Teilanwendungen können spezifische Unteranwendungen eingebunden werden, welche auf unterschiedliche Bedürfnisse adaptiert sind (beispielsweise Freitexteingabe oder Schmerz-Assessment).

Im Folgenden wird zunächst das Grundgerüst mit der schematischen Aufteilung der verschiedenen Bereiche beschrieben. Anschließend wird die Gestaltung der den unterschiedlichen Phasen zugeordneten Teilanwendungen vorgestellt (Abschnitt 7.1.2). In Abschnitt 7.1.3 werden die Menühierarchie und die -inhalte vorgestellt. Darauf aufbauend werden in Abschnitt 7.1.4 die unterschiedlichen Unteranwendungen der Patienten-Anwendung hinsichtlich (1) Kommunikation, (2) Steuerung vernetzter Raumkomponenten, (3) Schmerz-Assessment, (4) Freitexteingabe, (5) Informationsdarstellung und (7) Darstellung von Medien beschrieben. Dabei wird insbesondere auf Anwendungsfälle eingegangen, in denen das Kompass-Menü sich nicht als Darstellungsform eignet.

7.1.1 Grundgerüst

Schematisch ist die Anwendung in drei Bereiche unterteilt: Der zentrale Inhaltsbereich wird oben von der Titel- und Navigationsleiste und rechts von der Informationsleiste begrenzt (siehe Abbildung 25). Diese Aufteilung ist unabhängig von den unterschiedlichen Teilanwendungen und Funktionsumfängen in den jeweiligen Phasen.

Die Titel- und Navigationsleiste ist für die Darstellung von Titel- und Hierarchieinformationen (in Form von Breadcrumbs) konzipiert.



Abbildung 25: Schematische Aufteilung des Bildschirms in der Patienten-Anwendung

In der seitlichen Informationsleiste werden neben einer persönlichen Ansprache basale Informationen wie Datum, Wochentag und Uhrzeit, Wetterdaten, der Name der aktuellen Pflegekraft und der Ort als Orientierungshilfe übersichtlich dargestellt.

Sobald Patienten aktiv mit dem System interagieren und es für die Kommunikation nutzen, wird in der Informationsleiste zusätzlich der Status zuletzt verschickter Nachrichten an die Pflegekraft angezeigt (vgl. Abschnitt Fernkommunikation/Klingel in 7.1.4).

Die Informationsleiste wird dauerhaft angezeigt, damit die Nutzer jederzeit die Basisinformationen erfassen können, auch ohne aktiv mit dem System zu interagieren.

In dem zentralen Inhaltsbereich werden das Kompass-Menü sowie die unterschiedlichen Teil- und Unteranwendungen dargestellt. Diese werden in den folgenden Abschnitten im Detail beschrieben.

7.1.2 Gestaltung der Teilanwendungen in den unterschiedlichen Phasen

Um die Funktionen in den unterschiedlichen Phasen des Weaningprozesses miteinander zu vereinen, wurden Teilanwendungen für die einzelnen Phasen (basierend auf der logischen Trennung anhand des Phasenmodells) gestaltet. Die Abbildungen 26, 27 und 28 zeigen die Ansichten der Phasen 1, 2B und 3.

In Phase 1 wird dem sedierten Patienten zu Beginn der Aufwachphase ein BIRDY in die Hand gelegt. Die grafische Oberfläche der Patienten-Anwendung (vgl. Abbildung 26) in Phase 1 ist schlicht gehalten, lediglich ein leicht pulsierendes Herz deutet auf ein interaktives System hin. Es wird ein dunkles Farbschema dargestellt, um Patienten durch einen hellen Bildschirm nicht zu stören.

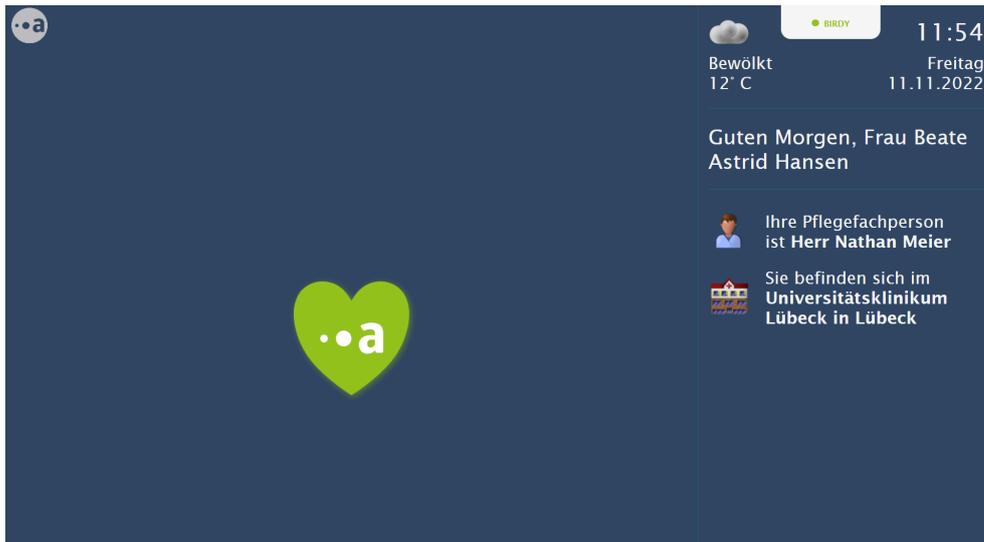


Abbildung 26: Darstellung basaler Informationen in Phase 1

Die zentralen Funktionen dieser Phase werden über die Audio-Schnittstelle bereitgestellt. Pflegekräfte können über die Pflegenden-Anwendung sowohl Sprachansagen als auch Hintergrundmusik konfigurieren und aktivieren, um Patienten durch verbale Informationen Orientierung zu bieten und durch beruhigende Hintergrundmusik Stress zu reduzieren. Die Sprachansagen werden mittels einer Sprachsynthese-Software von Readspeaker¹ aus Textbausteinen generiert und setzen sich aus einer persönlichen Ansprache, Ort und Datum sowie der aktuellen Zeit zusammen (*Guten Tag Frau Beate Astrid Hansen. Sie befinden sich im Universitätsklinikum Lübeck, heute ist Freitag, der 11.11.2022. Es ist nachmittags, 17:27 Uhr*). Die Pflegekraft kann Sprachansagen und Hintergrundmusik unter Nutzung der Smartphone-Anwendung hinsichtlich Dauer und Musikrichtung (Ambiente oder klassische Musik) konfigurieren (vgl. Abschnitt 7.2.4). Sobald BIRDY erste Bewegungen der Finger des Patienten erkennt, wird die zuständige Pflegekraft darüber informiert, dass sich dieser im Aufwachprozess befindet.

Sobald der Patient einen RASS-Score von -1 aufweist und die Pflegekraft ihm die Interaktion mit dem System zutraut, wird mit Phase 2A ein Tutorial bereitgestellt. In diesem kann der Patient die Interaktion mit BIRDY über Gesten und die Systemfunktionalitäten erlernen. Während der Patient das Tutorial durchläuft, beobachtet die Pflegekraft die Interaktion und gibt ggf. Hilfestellung. Wurde das Tutorial erfolgreich durchlaufen, wird Phase 2B freigeschaltet. Falls der Patient das Tutorial nicht erfolgreich durchläuft, kann es entweder sofort oder nach einiger Zeit wiederholt werden. Dann wird zunächst Phase 1 wieder aktiviert. Das Tutorial wurde bislang nur in einer frühen Version des Systems im Rahmen einer studentischen Qualifizierungsarbeit prototypisch umgesetzt und erfordert eine Angleichung des Designs an die restlichen Systemteile. Die Umsetzung dieses Teilsystems wird hier nicht vertiefend beschrieben.

In Phase 2B interagiert der Patient nach einem erfolgreichen Durchlauf des Tutorials mit dem Kompass-Menü. In dieser Phase kann der Patient das System erstmals als Kommunikationsunterstützung nutzen, indem er aus dem Kompass-Menü Bedürfnisse

¹<https://www.readspeaker.com> (abgerufen am 11.11.2022)

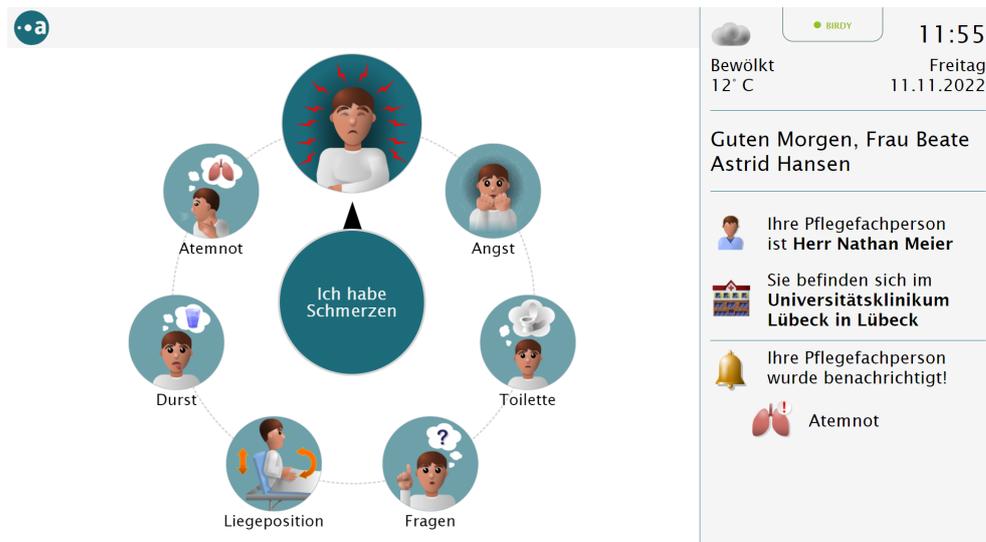


Abbildung 27: Unterstützte Kommunikation der Grundbedürfnisse und Darstellung basaler Informationen in Phase 2B

aus einem begrenzten Themenspektrum wählt (vgl. Abbildung 27) und die Pflegekraft direkt per Nachricht auf ihr Smartphone über das Bedürfnis informieren kann. Um den Einstieg zu erleichtern und unter Berücksichtigung potenzieller mentaler Beeinträchtigungen in dieser Phase wurde explizit darauf geachtet, die Komplexität so gering wie möglich zu halten und gleichzeitig sowohl basale Informationen als auch zentrale Kommunikationsthemen zu bieten. Die seitliche Informationsleiste bietet zudem im unteren Drittel einen Anzeigebereich, in dem die noch nicht bearbeiteten Nachrichten an die Pflegeperson angezeigt werden (vgl. Abbildung 27). Durch die Pflegekraft zur Kenntnis genommenen Nachrichten werden im Nachrichtenanzeigebereich der Seitenleiste in Form von Häkchen (den *Gelesen*-Indikatoren in Chat-Anwendungen nachempfunden) dargestellt.

Die zuvor erwähnte Sprachsynthese-Funktion wird in dieser Phase (und ebenfalls in Phase 3) eingesetzt, um – je nach Konfiguration mehr oder weniger detailliertes – Feedback zur Interaktion zu geben.

In der Teilanwendung für Phase 3 ist der volle Funktionsumfang des Systems nutzbar. Zur Darstellung der Funktionen wird das Kompass-Menü durch die hierarchische Darstellung von Kommunikationsthemen und Unteranwendungen erweitert. Es besteht in der Ebene des Hauptmenüs (siehe Abbildung 28) aus den Unteranwendungen Nahkommunikation (in einfacher Sprache *Etwas sagen*), Fernkommunikation (*Klingel*), Steuerung vernetzter Raumkomponenten (*Licht*), Informations-Dashboard (*Information*) und *Mediengalerie*. Bevor die Gestaltung der einzelnen Unteranwendungen beschrieben werden kann, ist ein Verständnis der darin enthaltenen Inhalte und der daraus resultierenden Herausforderungen im Zusammenhang mit der Darstellung innerhalb des Kompass-Menüs notwendig.

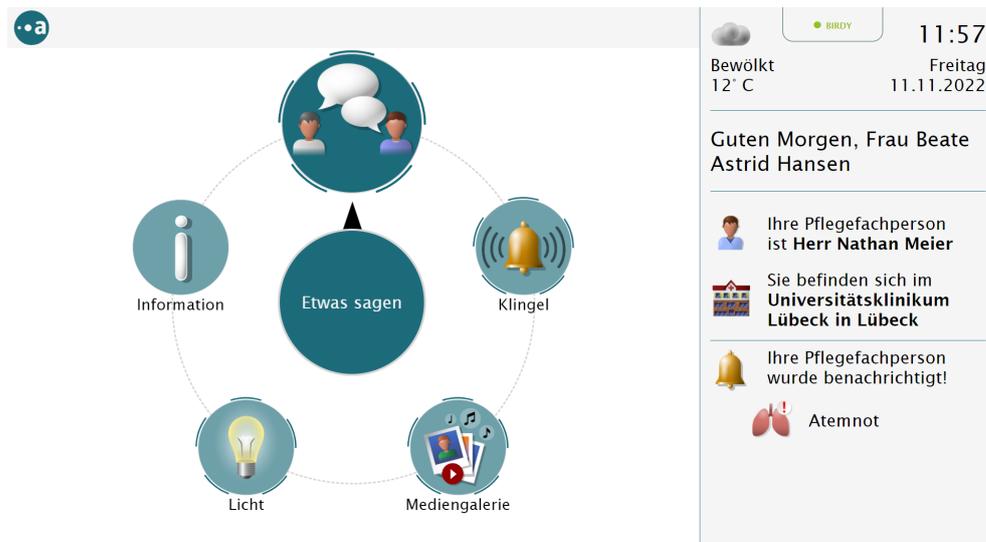


Abbildung 28: Oberste Menüebene ermöglicht die Auswahl unterschiedlicher Unteranwendungen in Phase 3

7.1.3 Menühierarchie und -inhalte

Kernstück der Patienten-Anwendung ist das hierarchische Kompass-Menü. Es ermöglicht die Auswahl der vorgefertigten Kommunikationsthemen und Unteranwendungen mit zusätzlichem Funktionsumfang. Von zentraler Bedeutung für die Gebrauchstauglichkeit des Systems sind die Inhalte, da diese die Navigation unterstützen und eine klare Informationsvermittlung ermöglichen.

Das Vorgehen zur Spezifikation der Anwendungsinhalte war mehrstufig. Zunächst wurden die Ergebnisse der in Kapitel 3 beschriebenen Datenerhebung (Hospitationen, Literaturrecherchen, Interviews) in Bezug auf relevante Kommunikationsthemen ausgewertet. Daraus wurden zunächst die wichtigsten Themen ausgewählt, die bereits im begrenzten Themenspektrum der Teilanwendung für Phase 2B genutzt werden (siehe Beschreibung im vorangegangenen Abschnitt).

Für die Teilanwendung der Nahkommunikation in Phase 3 wurde in einem interdisziplinären Workshop ein umfangreiches Spektrum an Kommunikationsthemen für eine möglichst vielfältige Kommunikation ausgearbeitet und in eine hierarchische Struktur mit geeigneten Kategorien überführt. Der in Abbildung 29 dargestellte Entwurf ist das Ergebnis des Workshops.

Über das Bedürfnis Kommunikation hinaus wurden zur Adressierung der übrigen Bedürfnisse weitere Themen und Inhalte für Unteranwendungen in Phase 3 spezifiziert. Das umfasst die Patientenbedürfnisse nach Informationen, Selbstbestimmtheit und sozialer Teilhabe, aber auch das Bedürfnis seitens der Pflegekräfte nach eindeutig kommunizierten Angaben über Schmerzstärke und -ort.

Diese Bedürfnisse werden mit unterschiedlichen Unteranwendungen adressiert. Mit dem Informations-Dashboard wird das Bedürfnis nach Informationen, mit der Steuerung vernetzter Raumkomponenten das nach Selbstbestimmtheit und mit der Mediengalerie das nach sozialer Teilhabe adressiert. Die Angaben zu Schmerzen können über



Abbildung 29: Zwischenergebnisse eines interdisziplinären Workshops zur Konzeption der Menüinhalte

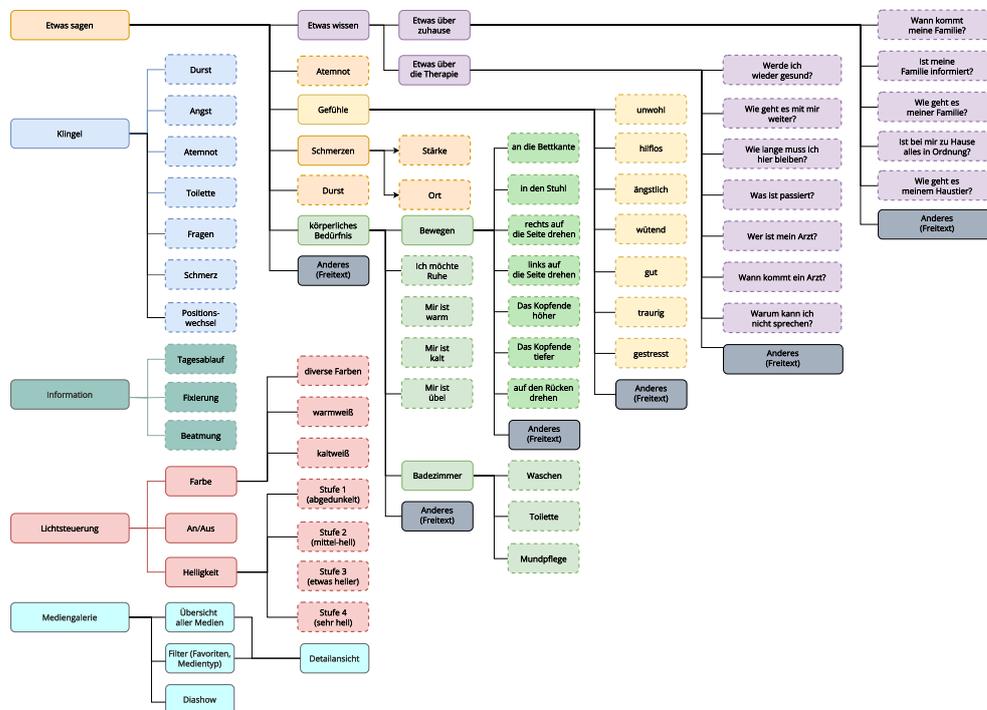


Abbildung 30: Hierarchische Darstellung der Menüinhalte der Patienten-Anwendung in Phase 3. Gestrichelte Umrandungen bilden die Blattknoten, die Freitexteingabe ist gesondert markiert.

die Unteranwendung Schmerz-Assessment gemacht werden. Details zu den Unteranwendungen werden im nachfolgenden Abschnitt beschrieben.

Eine Übersicht über die Hierarchie der finalen Menüinhalte ist in Abbildung 30 dargestellt.

Die Menüinhalte wurden unter Einbeziehung der Expertise von Pflegefachkräften sowie Pflegewissenschaftlern iterativ entwickelt. Vergleichbare Projekte [Fegbeutel et al., 2021, Goldberg et al., 2021] kommen zu ähnlichen Ergebnissen.

7.1.4 Unteranwendungen in Phase 3

Bereits im Rahmen der Konzeption hat sich herausgestellt, dass die Anforderungen und die daraus konzipierten Funktionen sich nicht konsistent in das Schema einer einzelnen Gesamtanwendung überführen lassen. Dafür wurde insbesondere das Phasenmodell entwickelt, in welchem der Funktionsumfang des Assistiven Systems in drei Phasen den mentalen Fähigkeiten der Patienten zugeordnet wurde. Innerhalb von Phase 3 mit dem vollständigen Funktionsumfang des Systems lassen sich verschiedene gestalterische Anforderungen und Einschränkungen nicht in ein universelles Layout integrieren.

Das kreisförmige Layout des Kompass-Menüs hat sich insbesondere für die Auswahl von Kommunikationsthemen oder Befehle als geeignet herausgestellt. Sowohl die Themen der Nahkommunikation, als auch die der Fernkommunikation lassen sich gebrauchstauglich darstellen, auch die Steuerung vernetzter Raumkomponenten ließ sich nahtlos integrieren.

Für die in Abschnitt 4.2 konzipierten Anwendungsfälle des Schmerz-Assessments, die Freitexteingabe, das Informations-Dashboard und die Medienübersicht hat sich die Menütechnik als nur bedingt geeignet oder ungeeignet herausgestellt. Im Folgenden werden die Herausforderung der Anwendungsfälle jeweils näher beschrieben.

Eine kreisförmig angeordnete Schmerzsкала wurde während der Konzeption von beteiligten Domänenexperten als unangemessen bewertet. Die Menüelemente niedriger und hoher Schmerz sind den Experten zufolge in einer Kreisform zu dicht beieinander, entsprechen sie doch gegensätzlichen Werten auf gängigen Schmerzsкаlen. In der Literatur werden vorwiegend lineare Schmerzsкаlen beschrieben.

Wird der Kompromiss zwischen Komplexität und dem Spektrum möglicher Kommunikationsthemen berücksichtigt, finden sich im Einzelfall beliebig viele Themen, die mit dem gewählten Spektrum nicht kommuniziert werden können. Um diese Szenarien zu adressieren, wurde die Freitexteingabe konzipiert.

In gängigen Informations-Dashboards werden die darin enthaltenen Informationen in der Regel so dargestellt, dass möglichst viele Informationen überblickt werden können. Zentral ist dabei die Nutzung des vorhandenen Bildschirmplatzes und die Reduzierung notwendiger Interaktionsschritte auf ein Minimum. Das Kompass-Menü ermöglicht in seiner zuvor beschriebenen Umsetzung jeweils die Darstellung eines Informationsaspekts, jedoch nicht den Überblick über mehrere Aspekte.

Das Kompass-Menü ist Form-bedingt auf acht bis neun darstellbare Menüelemente pro Ebene begrenzt (siehe Abschnitt 6.1.3). Für die Übersicht der von Angehörigen mitgebrachten Medienelemente ist das Kompass-Menü nur eingeschränkt geeignet. Es ist zu erwarten, dass Angehörige mehr als die darstellbare Anzahl an Medien mitbringen. Eine Begrenzung der mitgebrachten Medien auf die darstellbare Anzahl ist dabei keine zufriedenstellende Lösung.

Als Lösungsansatz zur Auflösung der zuvor beschriebenen Einschränkungen wurden thematisch und logisch voneinander getrennte Unteranwendungen konzipiert, die eine individuelle Darstellungsweise bzw. zusätzliche Schnittstellen-Elemente erlauben. Im Gesamtkonzept der Anwendung wurde das Konzept der Modularisierung angewandt, damit die Unteranwendungen voneinander unabhängig und erweiterbar sind.

Die so entstandenen unterschiedlichen Unteranwendungen hinsichtlich (1) Kommunikation, (2) Steuerung vernetzter Raumkomponenten, (3) Schmerz-Assessment, (4) Freitexteingabe, (5) Informationsdarstellung und (7) Darstellung von Medien werden nachfolgend beschrieben.

Kommunikation

Die Unterstützung der Kommunikation zwischen Patienten und Pflegekräften (bzw. anderen Kommunikationspartnern) ist die zentrale Funktion des Systems. Wie bereits in Abschnitt 4.2 eingeführt, wurden mit der Fern- und der Nahkommunikation unterschiedliche Unteranwendungen für zwei verschiedene Kommunikations-Szenarien entwickelt.

Die Anwendung der Fernkommunikation (im folgenden Klingel genannt) adressiert Szenarien, in denen Patienten ein Bedürfnis kommunizieren möchten, während sich die entsprechende Pflegekraft nicht im selben Raum befindet (oder ihre Aufmerksamkeit anderweitig gebunden ist).

Signalisiert ein Patient beispielsweise über die Klingel, dass er anders liegen möchte, kann sich die Pflegekraft direkt Unterstützung für die Umlagerung organisieren, bevor sie zum Patientenbett geht. Zur Vermeidung unbeabsichtigter Nachrichten an die Pflegekraft wurde eine Abfrage zur Bestätigung dieser Nachricht eingebunden (vgl. Abbildung 31, oben).

Um eine schnelle Auswahl von Kommunikationsthemen zu ermöglichen, wurde das Spektrum möglicher Themen für die Fernkommunikation auf die häufigsten Bedürfnisse reduziert und damit auf Hierarchieebenen verzichtet (Themen siehe Abbildung 30). Eine Patientenrufanlage soll die Fernkommunikation explizit nicht ersetzen. Es besteht jedoch ein gewisses Risiko, dass diese von Patienten als Ersatz wahrgenommen wird. Dieser Aspekt wäre im Rahmen einer Feldstudie zu untersuchen.

Die Teilanwendung der Nahkommunikation wurde für Szenarien konzipiert, in denen Patienten mit Personen kommunizieren möchten, die sich im näheren räumlichen Umfeld ihres Bettes aufhalten. Dabei wird angenommen, dass diese den Bildschirm einsehen können. Die Personen können sowohl dem therapeutischen und ärztlichen Krankenhauspersonal angehören, aber auch Angehörige oder Besucher sein. Dementsprechend wurden die Kommunikationsthemen für diese Anwendung konzipiert. Abbildung 30 verdeutlicht die hierarchisch angeordneten Kommunikationsthemen. Insgesamt umfasst die Unteranwendung 35 Kommunikationsthemen sowie sieben Kategorie-Elemente. Dazu kommen die Unteranwendungen Schmerz-Assessment und Freitexteingabe (siehe folgende Teilabschnitte), die ebenfalls in diesen Hierarchie-Zweig integriert wurden.

Innerhalb der Hierarchie navigieren die Anwender zu dem gewünschten Kommunikationsthema (beispielsweise *Ich möchte Ruhe* in Abbildung 32) und bestätigen die Auswahl. Damit wird das gewählte Element für einige Sekunden fokussiert und die im zentralen Menükreis dargestellte Langform der Bezeichnung des Menüelements von der Sprachsynthese-Engine vorgelesen.

7 Grafische Gestaltung des Assistiven Systems

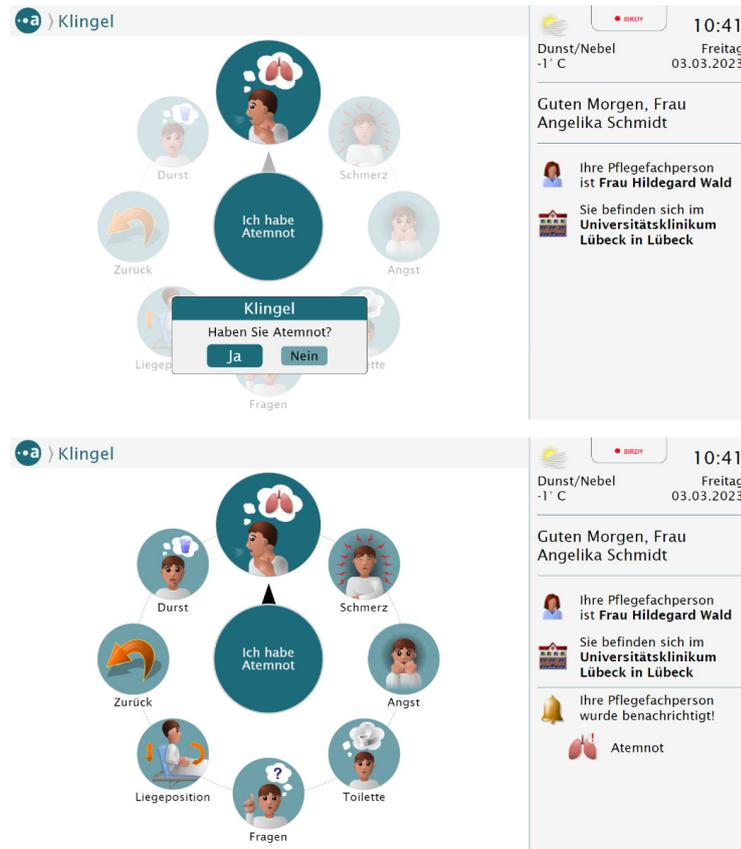


Abbildung 31: Die Unteranwendung Klingel enthält eine Abfrage zur Bestätigung, dass die Nachricht wirklich gesendet werden soll (oben). Nachdem dies abgeschickt wurde, wird die entsprechende Nachricht in der Seitenleiste dargestellt (unten).

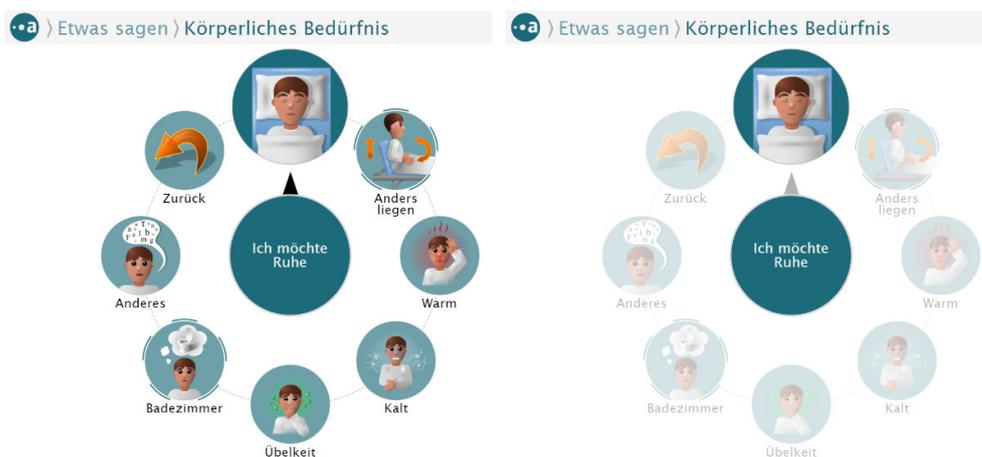


Abbildung 32: Die Auswahl des Menüpunktes *Ich möchte Ruhe* bewirkt ein kurzzeitiges Ausblenden der anderen Menüelemente, um auf das gewählte zu fokussieren (rechts). Zusätzlich wird der mittig dargestellte Satz von der Sprachsynthese-Engine vorgelesen.



Abbildung 33: Die verschiedenen Ansichten des Lichtmenüs: Überblick (oben links), Ausführung der Funktion Licht an- oder ausschalten (oben rechts) sowie die Möglichkeiten in den Untermenüs Helligkeit (unten links) und Farbe (unten rechts)

Steuerung vernetzter Raumkomponenten

Die Steuerung vernetzter Raumkomponenten wurde am Beispiel einer smarten Beleuchtung umgesetzt. Diese Unteranwendung ermöglicht dem Anwender die Interaktion mit beispielsweise einer Lampe auf seinem Nachttisch. Der Funktionsumfang ist auf das Wesentliche reduziert, integriert wurden das *Ein- und Ausschalten* sowie die Veränderung von Farbe und Helligkeit. Wie bereits beschrieben, lassen sich diese Funktionen in das Kompass-Menü und die gewählte Menüstruktur integrieren. In entsprechenden Untermenüs sind verschiedene Funktionen zur Anpassung von Farben und Helligkeitsstufen auswählbar. Die grafische Umsetzung ist in Abbildung 33 dargestellt.

Neben der Beleuchtungssteuerung sind als weitere Integrationen beispielsweise die Anpassung der Raumtemperatur, der Verdunkelung sowie das Öffnen bzw. Schließen des Fensters möglich.

Schmerz-Assessment

Diese Unteranwendung ermöglicht es Patienten, ihre Schmerzen differenziert mitzuteilen. Sie ermöglicht den Anwendern die sequenzielle Auswahl ihrer Schmerzstärke sowie des Schmerzortes (vgl. Abbildung 34).

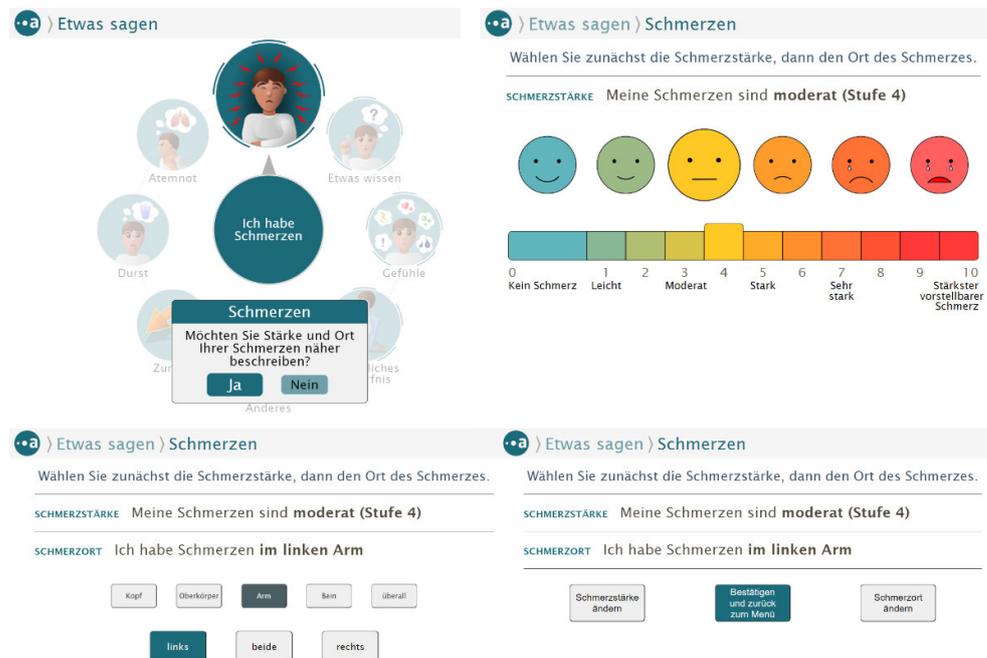


Abbildung 34: Die verschiedenen Ansichten des Schmerz-Assessments: Beim Aufruf des Menüpunktes *Schmerzen* wird ein Pop-up-Fenster dargestellt, um das unbeabsichtigte Öffnen der Unteranwendung zu vermeiden (oben links). In dieser lassen sich zunächst die Schmerzstärke (oben rechts) und anschließend der Schmerzort (unten links) einstellen. Die gemachten Angaben lassen sich über ein Kontextmenü korrigieren oder bestätigen (unten rechts)

Die grafische Darstellung der Schmerzskala orientiert sich an einer Kombination der etablierten Schmerzskalen *Smiley Analog Scale* (Bestimmung des Schmerzes anhand eines entsprechenden Smileys) und *Numeric Rating Scale* (Bestimmung des Schmerzes anhand einer numerischen Skala von 0 bis 10). Ergänzt wird die Skala von einem aufeinander abgestimmten Farbschema und textuellen Bezeichnungen der Schmerzstärke.

Der Schmerzort wird zweistufig ausgewählt, zunächst der Bereich des Körpers und anschließend die Seite. Zusätzlich lässt sich jeweils auswählen, wenn die Schmerzen *überall* bzw. *auf beiden Seiten* lokalisiert sind.

Die formative Evaluation eines Anwendungsprototyps mit insgesamt zehn Teilnehmern (sieben HCI-Experten und drei Pflegewissenschaftler) anhand von Design- und Usability-Heuristiken ergab neben Anmerkungen zu kleinerem Optimierungspotential positive Bewertungen hinsichtlich der Einfachheit und Gebrauchstauglichkeit. Weitere Details zu den Ergebnissen der Evaluation wurden in Kopetz & Jochems [2022] beschrieben. Die Entwicklung dieser Unteranwendung baut auf diversen studentischen Vorarbeiten auf [Burgsmüller, 2018, Kakkar, 2019].

Freitexteingabe

Die Freitexteingabe wurde zunächst als eine simple, an einer Bildschirmtastatur orientierten Variante umgesetzt (vgl. Abbildung 35). Diese Form der Bildschirmtastatur besitzt ein gewohntes Layout. Von Nachteil ist, dass sie entsprechend viele Interaktionsschritte benötigt, um ein Thema zu formulieren. Für den in Abbildung 35 dargestellten Wunsch *Fenster auf* sind ohne etwaige Fehlerkorrekturen und einschließlich Ausführung der Sprachausgabe 168 Interaktionsschritte notwendig.

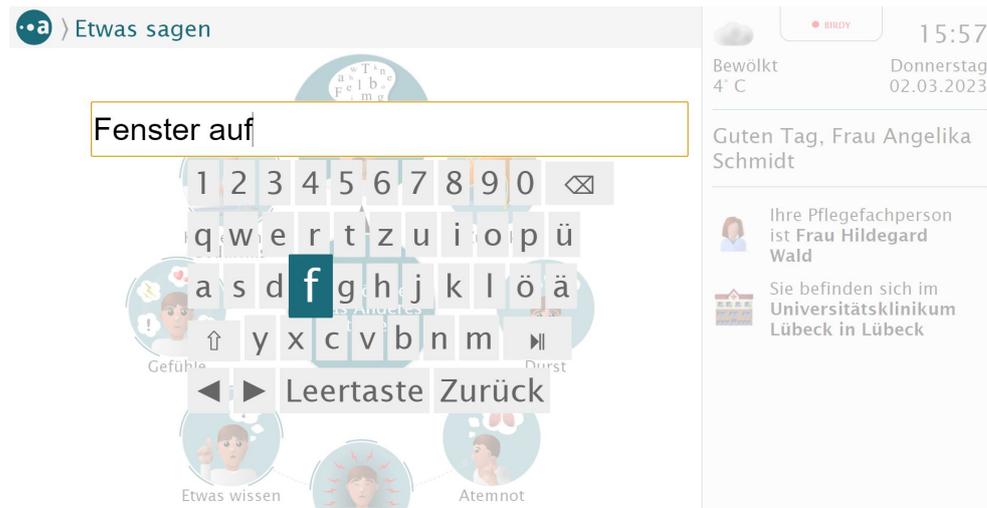


Abbildung 35: Die aktuelle Version der Freitexteingabe ermöglicht die Eingabe von Freitexten auf Kosten einer hohen Zahl an Interaktionsschritten

Hinsichtlich einer Verringerung der notwendigen Interaktionsschritte sind zukünftig noch Optimierungen möglich, wie beispielsweise eine auf die Wahrscheinlichkeit der folgenden Buchstaben optimierten Tastatur.

Informations-Dashboard

Basale Informationen werden in der Seitenleiste der Patienten-Anwendung dargestellt. Der Informationsbedarf der Patienten geht oft darüber hinaus. In dieser Unteranwendung werden in logisch voneinander getrennten Bereichen unterschiedliche Informationen dargestellt. Exemplarisch wurden in drei Bereichen Informationen zum Tagesablauf, zur Fixierung und zur Form der Beatmung prototypisch umgesetzt (vgl. Abbildung 36 oben).

Letztere stellt basierend auf Daten aus dem Patientenprofil dar, in welcher Form der Patient beatmet wird. Je nach Beatmungsform werden Informationen über die Beatmung mittels Trachealkanüle oder oraler Intubation (vgl. Abbildung 36 unten links und rechts) dargestellt. Informationen über die Fixierung werden nur angezeigt, wenn der Patient fixiert ist. Die Informationen zum Tagesablauf erfordern eine individualisierte Anpassung. Beide Aspekte können durch die Pflegekraft in der Pflegenden-Anwendung konfiguriert werden (vgl. Abschnitt 7.2.4).

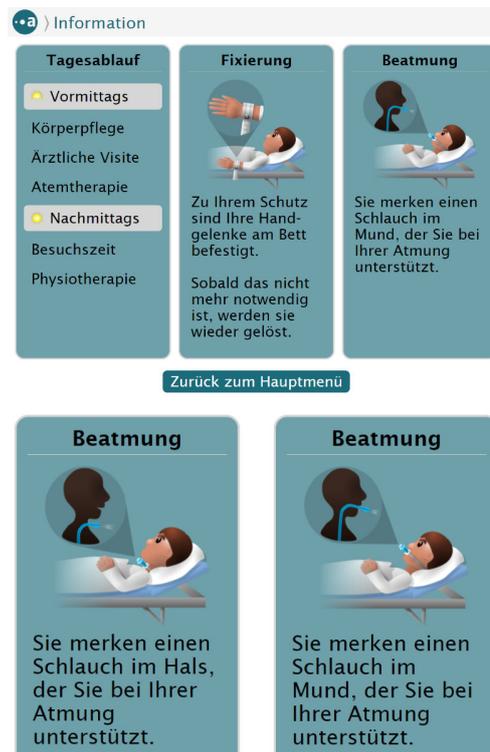


Abbildung 36: Die Ansicht des Info-Dashboards mit den drei darstellbaren Bereichen Tagesablauf, Fixierung und Beatmung (oben), sowie die unterschiedlichen Informationen zur und Visualisierung der Beatmungsformen (unten links und rechts)

Diese statische Darstellungsform wurde gewählt, um möglichst viel Platz auf dem Bildschirm auszunutzen und gleichzeitig die Anzahl der Interaktionsschritte zum Ansehen der Informationen minimal zu halten. Für die exemplarische Darstellung wurden nur die drei oben beschriebenen Aspekte realisiert.

Mediengalerie

Um die Teilhabe am Leben ihrer Angehörigen zu fördern, können in der Mediengalerie von Angehörigen mitgebrachte Bilder, Videos oder Sprachnachrichten abgerufen werden. Um dies zu ermöglichen, wurde ein Konzept für die Mediengalerie entwickelt und realisiert, welches sich technisch und gestalterisch in die Gesamtanwendung integrieren lässt [Tschochner, 2020]. Dabei wurde das von Samp [2011] beschriebene Ring-Scrolling (siehe Abschnitt 6.1.3) mit dem Layout einer Halbkreisvariante des Kompass-Menüs umgesetzt. Mit diesem lassen sich beliebig viele Medienelemente darstellen.

Der Funktionsumfang dieser Unteranwendung ist vielfältig. In der zentralen Menüebene lassen sich die Medienelemente filtern, jeweils nach Medientyp oder favorisierten Elementen (vgl. Abbildung 37, oben links). Außerdem lässt sich die Diashow direkt starten. Nur wenn die Anzahl der Menüelemente nicht mehr darstellbar sind, wird statt des Kompass-Menüs die Halbkreisvariante eingesetzt. Die sieben Funktionen der (zuvor beschriebenen) zentralen Menüebene (vgl. Abbildung 37, oben links) werden daher

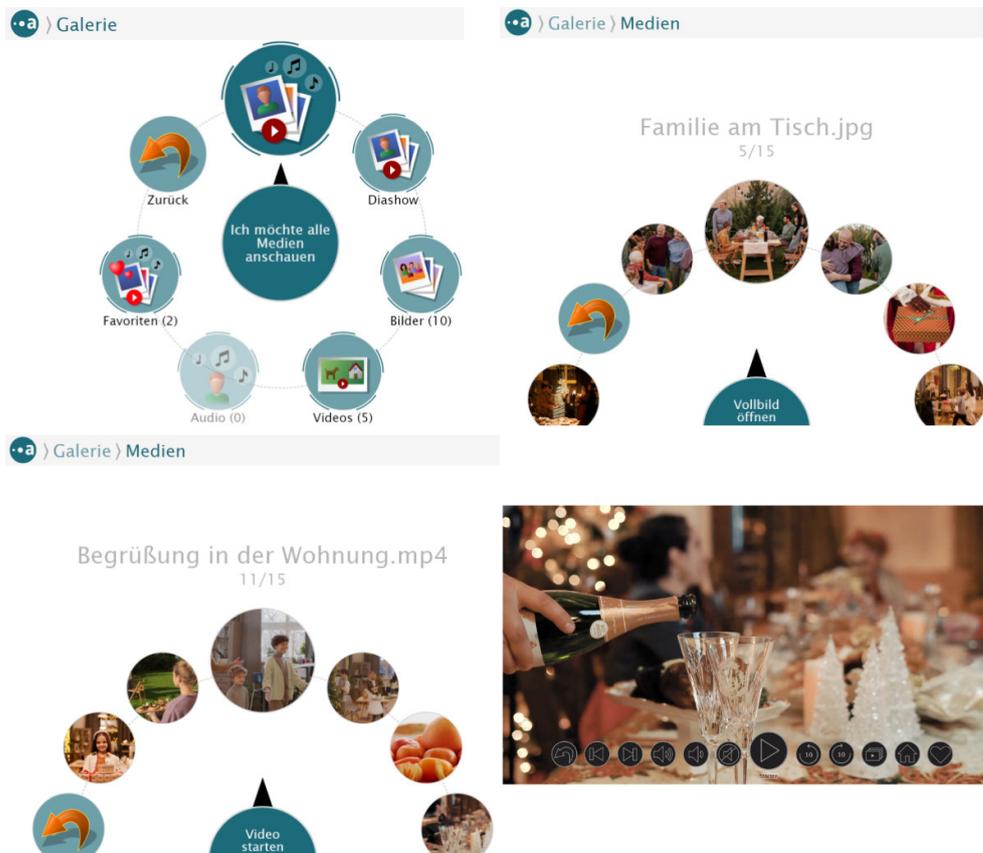


Abbildung 37: Die verschiedenen Ansichten der Mediengalerie: Die Filteroptionen in der zentralen Menüebene (oben links), die Anzeige aller Medien in der Halbkreisvariante des Menüs, während ein Bild (oben rechts) bzw. ein Video (unten links) angewählt ist sowie die Detailansicht eines Videos über die komplette Bildschirmbreite (unten rechts)

im kreisförmigen Kompass-Menü dargestellt. Menükategorien ohne Inhalt werden ausgegraut dargestellt (vgl. Audio in Abbildung 37, oben links). Für die Darstellung der Medienübersicht (vgl. Abbildung 37, oben rechts; hier werden insgesamt 15 Elemente sowie das *Zurück*-Element dargestellt) wird die Halbkreisvariante eingesetzt.

Eine zentrale Herausforderung dieser Unteranwendung war die Reduzierung der Interaktionskosten zum Erreichen des Zurück-Elements. Um die Interaktionskosten zur Auswahl des Zurück-Elements gering zu halten, wurde das Zurück-Element als letztes sichtbares Element am linken Halbkreisbereich fixiert (siehe Abbildung 37, unten links). Es bleibt damit im Sichtbereich und ermöglicht es dem Benutzer, das Element mit maximal drei Interaktionsschritten zu erreichen.

Die Selektion eines Medienelements öffnet die Vollbild-Ansicht. Innerhalb dieser werden am unteren Bildrand in einem horizontalen Kontextmenü verschiedene, der jeweiligen Medienform angepasste Funktionen dargestellt.

Viele der zuvor beschriebenen Funktionen in der Patienten-Anwendung werden durch die Pflegekräfte in deren mobilen Anwendung beeinflusst. Die Ausgestaltung dieser Pflegenden-Anwendung wird im folgenden Abschnitt beschrieben.

7.2 Pflegenden-Anwendung

Die Pflegenden-Anwendung bietet den zuständigen Pflegekräften Funktionen zur Einrichtung, Verknüpfung und Konfiguration der Patienten-Anwendung und wurde für die Nutzung auf einem Android-Smartphone entwickelt. Um die von Patienten gesendeten Nachrichten der Fernkommunikation den richtigen Empfängern zuordnen zu können, melden sich Pflegekräfte mit personalisierten Accounts über eine Login-Maske in der Pflegenden-Anwendung an. Die Anwendung bietet im Wesentlichen folgenden Funktionsumfang:

- Kopplung der Systemkomponenten zu einem Ensemble
- Verändern und Auflösen von Ensembles
- Empfang und Beantwortung von Nachrichten der Fernkommunikation
- Konfiguration der Patienten-Anwendung und BIRDY
- Fernsteuerung der Patienten-Anwendung.

7.2.1 Kopplung der Systemkomponenten zu einem Ensemble

Eine Besonderheit des Gesamtsystems ist die Zusammenstellung der Geräte zu einem Geräteverbund bzw. Ensemble (vgl. Ambient Reflection in Abschnitt 4.6). Diese Zusammenstellung bzw. Koppelung der Geräte erfolgt semi-automatisch durch die entsprechende Pflegekraft.

Im Kopplungsprozess werden Ein- und Ausgabegeräte bzw. Systemkomponenten wie BIRDY, Patientenbildschirm und smarte Beleuchtung zu einem Ensemble verknüpft und so einem Patienten (bzw. seiner als Fallnummer bezeichneten eindeutigen Krankenhaus-ID) eindeutig zugeordnet. Um diesen Prozess für die Benutzer möglichst einfach zu gestalten, sind die zu verknüpfenden Ein- und Ausgabegeräte jeweils mit einem QR-Code versehen, in dem die jeweilige Geräte-ID codiert ist.

Die QR-Codes können im *Patienten verknüpfen*-Dialog der Pflegenden-Anwendung über die Smartphone-Kamera gescannt werden (vgl. Abbildung 38, unten links und mittig). Kann der gelesene QR-Code einer im System gespeicherten Geräte-ID zugeordnet werden, wird das Gerät automatisch der Liste zu verknüpfender Geräten hinzugefügt und das Smartphone gibt vibrotaktil Feedback. Ansonsten werden Fehlermeldungen ausgegeben (vgl. Abbildung 38, unten mittig). Der Liste hinzugefügte Geräte können bei Bedarf über den entsprechenden Button wieder entfernt werden. Nachdem alle verwendeten Ensemble-Komponenten hinzugefügt wurden, kann der Kopplungsprozess und die Ensemble-Bildung mittels des Speichern-Dialogs abgeschlossen werden.

7.2.2 Verändern und Auflösen von Ensembles

Die einem Patienten zugeordneten Ensemble-Geräte lassen sich nachträglich im Profil des Patienten verändern, beispielsweise wenn ein Gerät ausgetauscht werden muss (vgl. Abbildung 39, links). Über das Profil kann das Ensemble zudem über den entsprechenden Button aufgelöst werden (vgl. Abbildung 39, rechts).

7 Grafische Gestaltung des Assistiven Systems

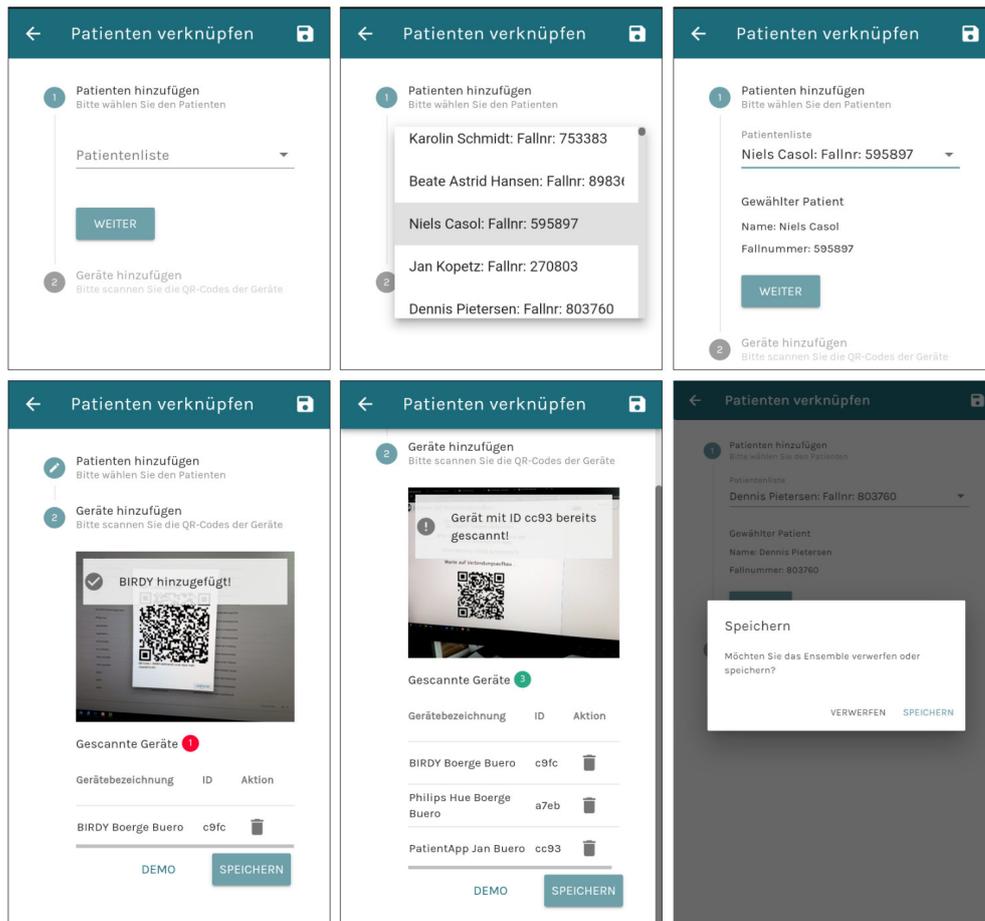


Abbildung 38: Die Ensemble-Bildung umfasst zwei Schritte: die Auswahl des Patienten (oben links, mittig und rechts) sowie das Scannen der QR-Codes zu verknüpfender Geräte (unten links und mittig). Wird während der Ensemble-Bildung der Zurück-Button gedrückt, wird ein Speicher-Dialog eingeblendet (unten rechts).

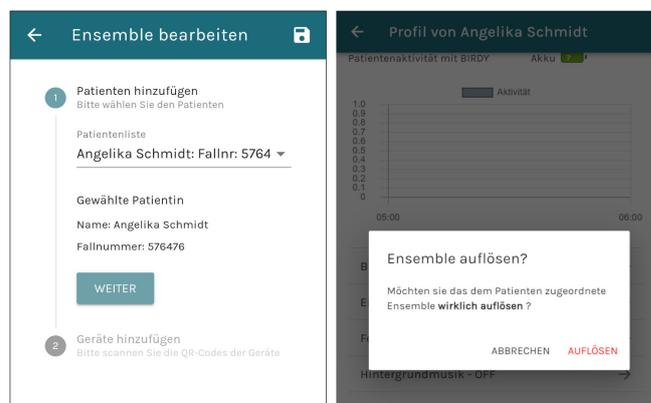


Abbildung 39: Bestehende Ensembles zu bearbeiten verläuft nach dem gleichen Schema wie deren Erstellung. Die Auflösung eines Ensembles muss in einem separaten Pop-up-Fenster bestätigt werden.

7.2.3 Empfang und Beantwortung von Nachrichten

Patienten können (in Phase 2B und Phase 3) über die Patienten-Anwendung ihre Bedürfnis-Nachrichten verschicken, die dann in der Hauptansicht der Pflegenden-Anwendung angezeigt werden. Diese Nachrichten bewirken im Smartphone der zuständigen Pflegekräfte entsprechende Benachrichtigungen (einschließlich Vibrationsalarm).

Pflegekräfte können dafür individuell verwalten, welche Ensembles in ihren Zuständigkeitsbereich gehören, um nicht von Nachrichten aus anderen Zuständigkeitsbereichen abgelenkt zu werden. Der Pflegekraft selbst zugeordnete Patienten werden im Reiter *Meine Patienten* angezeigt (vgl. Abbildung 40, links). Nur von diesen werden Push-Nachrichten angezeigt. Im Reiter *Alle Patienten* werden entsprechend die Nachrichten aller Patienten angezeigt, sodass auch andere Pflegekräfte einen Überblick über die Nachrichten erhalten.

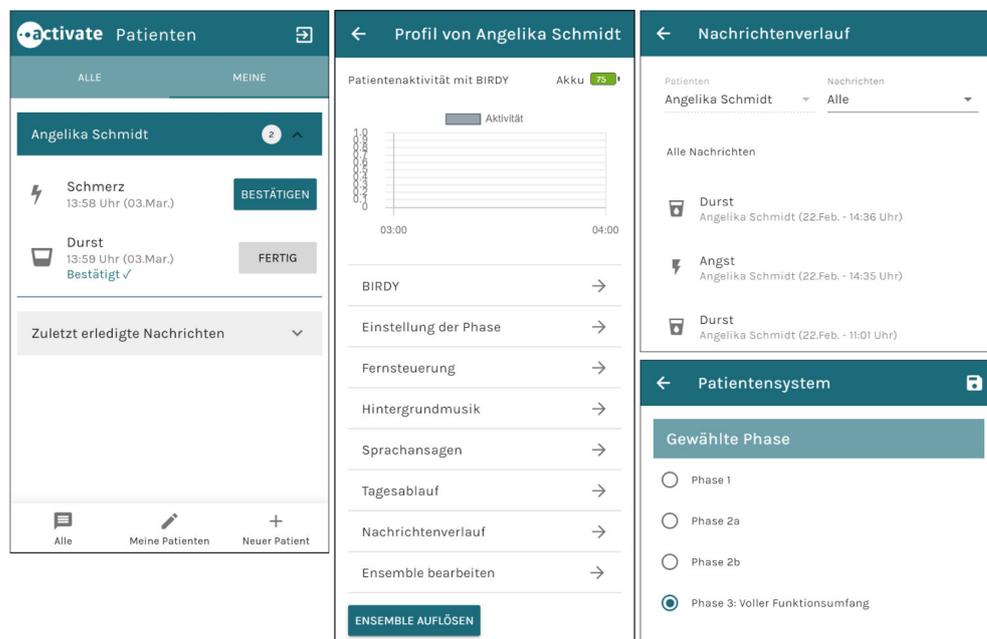


Abbildung 40: Die Start-Ansicht der Pflegenden-Anwendung bietet pro Patient eine Übersicht über die eingegangenen Mitteilungen, die jeweils bestätigt und abgeschlossen werden können (links). Das Profil eines Patienten wird mittig dargestellt. Rechts oben ist der Nachrichtenverlauf einschließlich Filterfunktionen und rechts unten die Ansicht zur Umschaltung der in der Patienten-Anwendung angezeigten Phase abgebildet.

Über die Fernkommunikation gesendete Nachrichten können die Status *Neu*, *Bestätigt* und *Erledigt* haben. Nachrichten mit dem Status *Neu* können von einer Pflegekraft bestätigt werden, um dem Absender mitzuteilen, dass die Nachricht angekommen ist und zur Kenntnis genommen wurde. Damit wird die Unsicherheit des Patienten darüber gemindert, ob jemand sein Bedürfnis wahrgenommen hat. Erledigte Bedürfnis-Nachrichten können in der Pflegenden-Anwendung als *Erledigt* markiert und so aus der Übersicht der offenen Nachrichten ausgeblendet werden. Der gesamte Nachrichtenverlauf lässt sich in der Ansicht über den Button *Alle* einsehen (vgl. Abbildung 40, rechts oben).

7.2.4 Konfiguration der Patienten-Anwendung und BIRDY

Nach erfolgreichem Kopplungsprozess kann eine Pflegekraft die Patienten-Anwendung im Patientenprofil konfigurieren (vgl. Abbildung 40, mittig).

Im Patientenprofil wird eine Grafik über den zeitlichen Verlauf der Bewegungsaktivitäten dargestellt, die über BIRDY erkannt werden (vgl. Abbildung 40, oben mittig).

Basierend auf den Fähigkeiten und Bedürfnissen des jeweiligen Patienten lässt sich festlegen, welche Funktionalität in der Patienten-Anwendung zur Verfügung steht. So können Pflegekräfte die in der Patienten-Anwendung angezeigte Phase (vgl. Phasenmodell in Abbildung 10) schnell und einfach umschalten (vgl. Abbildung 40, rechts unten). Die Umschaltung ist sowohl aus einer niedrigen in eine höhere Phase als auch umgekehrt möglich. Somit werden auch Fälle berücksichtigt, in denen sich der Zustand oder die Fähigkeiten eines Patienten verschlechtern und die Pflegekraft den Funktionsumfang einer niedrigeren Phase für geeigneter hält.

Für die Phase 1 können Pflegekräfte in der Anwendung die Hintergrundmusik und Sprachansagen konfigurieren und aktivieren. Dazu kann zudem die Audiowiedergabelautstärke angepasst werden (vgl. Abbildung 41, links). Zusätzlich lässt sich konfigurieren, ab welcher Anzahl von Bewegungen pro Minute der Patienten eine Benachrichtigung an die Pflegenden-Anwendung verschickt werden soll. Bei einer neuen Benachrichtigung erhalten Pflegekräfte eine *Push-Notification* mit Vibrationsfeedback, auch wenn die Anwendung auf dem Smartphone nicht geöffnet ist.

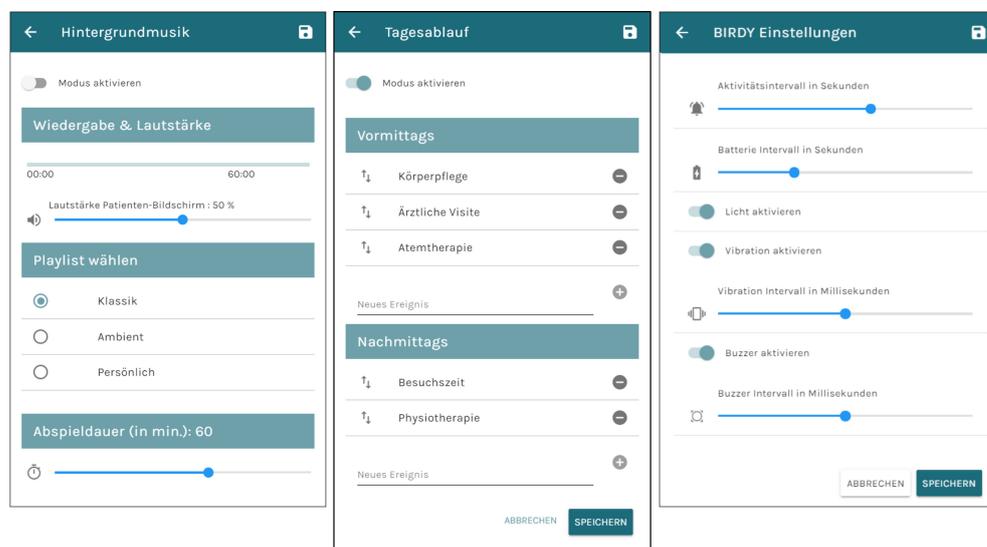


Abbildung 41: Die Ansicht für die Konfiguration der Hintergrundmusik (links), des Tagesablaufs (Mitte) und der Ausgabe-Einstellungen von BIRDY (rechts)

Darüber hinaus kann in der Pflegenden-Anwendung der im Informations-Dashboard der Patienten-Anwendung dargestellte, individuelle Tagesablauf (vgl. Abbildung 41, mittig) des Patienten konfiguriert werden.

7.2.5 Fernsteuerung der Patienten-Anwendung

Mithilfe der Fernsteuerung kann eine Pflegekraft die Anwendung eines Patienten echtzeitnah steuern. Sie muss dabei nicht auf die Eingabe mit BIRDY zurückgreifen. Dies könnte in Szenarien notwendig sein, wenn Patienten beispielsweise bei der Auswahl eines Menüpunktes oder der Rückkehr in ein anderes Untermenü Unterstützung benötigen.

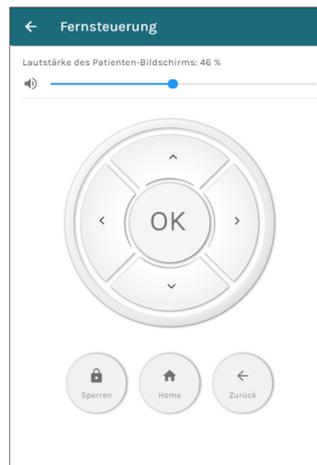


Abbildung 42: Die Fernsteuerung in der Pflegenden-Anwendung ermöglicht die Steuerung der Patienten-Anwendung. Als Schnellwahlbefehle wurden *Sperrern*, *Zurück zum Hauptmenü* und *Zurück* eingebunden. Auch die Lautstärke der Anwendung lässt sich anpassen.

Die Fernsteuerungsbefehle umfassen die Navigationsbefehle sowie den Selektionsbefehl. Weiterhin wurden *Sperrern*, *Zurück zum Hauptmenü* und *Zurück* in Form von Schnellwahloptionen eingebunden. Auch die Lautstärke der Patienten-Anwendung lässt sich in dieser Ansicht anpassen.

Der Sperrern-Button wurde integriert, um auf der Patienten-Anwendung den Sperrbildschirm zu aktivieren. Diese Funktion wurde im Rahmen der Patienten-Anwendung als Ansatz zur Vermeidung ungewollter Eingaben diskutiert, befindet sich jedoch in einem frühen Entwicklungsstadium.

7.3 Zusammenfassung und Fazit

In diesem Abschnitt wurde die grafische Gestaltung der Anwendungen für die Patienten und die Pflegekräfte beschrieben.

Das Grundgerüst der Patienten-Anwendung besteht aus dem zentralen Inhaltsbereich, einer Titel- und Navigationsleiste sowie einer seitlichen Informationsleiste (siehe Abschnitt 7.1.1). Aufbauend auf dem im Rahmen der Konzeption eingeführten Phasenmodell wurde die Anwendung in drei den Phasen zugeordneten Teilanwendungen aufgeteilt (siehe Abschnitt 7.1.2). Die Ansicht der Phase-1-Teilanwendung ist in einem dunklen Farbschema gehalten. Es werden basale Informationen grafisch in der Seitenleiste dargestellt, die Sprachansagen und die Hintergrundmusik werden über die Audioausgabe via Lautsprecher oder Kopfhörer ausgegeben. In Phase 2B interagiert

der Patient nach erfolgreichem Durchlauf des Tutorials erstmals mit dem Kompass-Menü. Um den Einstieg zu erleichtern, wurde unter Berücksichtigung potenzieller mentaler Beeinträchtigungen in dieser Phase explizit darauf geachtet, die Komplexität so gering wie möglich zu halten und gleichzeitig sowohl basale Informationen als auch zentrale Kommunikationsthemen zu bieten. Letztere basieren auf den zuvor identifizierten, wichtigsten Bedürfnissen der Zielgruppe. Die dritte Phase umfasst den vollen Funktionsumfang des Assistiven Systems mit allen Untieranwendungen: die Nah- und Fernkommunikation, das Schmerz-Assessment, die Freitexteingabe, das Informations-Dashboard, die Steuerung vernetzter Raumkomponenten sowie die Mediengalerie.

Die unterschiedlichen Untieranwendungen der Phase 3 werden in Abschnitt 7.1.4 thematisiert. Die Untieranwendungen Nah- und Fernkommunikation sowie die Steuerung vernetzter Raumkomponenten mit ihren (hierarchischen) Inhalten lassen sich nahtlos in das kreisförmige Layout des Kompass-Menüs integrieren. In anderen Anwendungsfällen hat sich das Kompass-Menü jedoch als nur bedingt geeignet oder ungeeignet herausgestellt. Herausforderungen treten auf beim Schmerz-Assessment (lineare Schmerzskalen), der Freitexteingabe (Tastatureingabe), dem Informations-Dashboard (effiziente Nutzung des verfügbaren Bildschirmplatzes bei niedrigem Interaktionsaufwand) sowie der Mediengalerie (große Menge an Elementen auf einer Menüebene). Diese Herausforderungen wurden in verschiedenen Lösungsansätzen adressiert. Daraus ergeben sich die entsprechenden Untieranwendungen, deren grafische Gestaltung jeweils vorgestellt wurde.

Um das Verständnis des Zusammenspiels mit der Patienten-Anwendung zu erleichtern, wurde die grafische Gestaltung der Pflegenden-Anwendung anhand ihres Funktionsumfangs in den verschiedenen Ansichten vorgestellt (siehe Abschnitt 7.2). Dafür wurden die Ansichten zur Ensemble-Bildung und -Veränderung, der umfangreichen Konfigurationsmöglichkeiten, des Empfangs und der Beantwortung von Patientennachrichten sowie die Fernsteuerung der Patienten-Anwendung beschrieben.

Die Anwendungen für Patienten und Pflegekräfte sind nahtlos aufeinander abgestimmt. Sie ermöglichen den Patienten die Kommunikation, das Abrufen von Information, die Betrachtung mitgebrachter Medien sowie die Steuerung der smarten Umgebungsbeleuchtung und den Pflegekräften die Konfiguration, Einrichtung und Fernsteuerung der Patienten-Anwendung sowie die Beantwortung von durch die Patienten gesendete Nachrichten. Insbesondere die Umschaltung der Phase wird über die Pflegenden-Anwendung gesteuert, sowohl aus einer niedrigen in eine höhere als auch umgekehrt. Damit werden Fälle berücksichtigt, in denen sich der Zustand oder die Fähigkeiten eines Patienten verschlechtern und die Pflegekraft den Funktionsumfang einer niedrigeren Phase für geeigneter hält.

Eine zentrale Komponente der Patienten-Anwendung ist das Kompass-Menü, welches mittels BIRDY die Navigation innerhalb der kontextspezifischen Inhalte der Patienten-Anwendung sowie deren Selektion ermöglicht. Für Untieranwendungen, welche die Auswahl von Kommunikationsthemen oder Befehlen (Lichtsteuerung) ermöglichen, eignet sich das Kompass-Menü. Darüber hinaus wurden auch Lösungsansätze für Anwendungsfälle beschrieben, in denen das Kompass-Menü sich nicht als Darstellungsform eignet und für die alternativen Darstellungsformen gewählt wurden.

Bezüglich der Beantwortung der zweiten Forschungsfrage, wie die Mensch-Technik-Schnittstelle eines gebrauchstauglichen Assistiven Systems gestaltet sein kann, wurde in diesem Kapitel die konkrete Ausgestaltung des Assistiven Systems beschrieben, welcher zur Erfüllung der in Abschnitt 3.6 spezifizierten Anforderungen konzipiert und realisiert wurde. Zur abschließenden Beantwortung der Forschungsfrage muss noch die Gebrauchstauglichkeit des Systems aufgezeigt werden.

Für die Beantwortung der dritten Forschungsfrage hinsichtlich der Gestaltung einer auf die Steuerung durch ein ballförmiges Interaktionsgerät adaptierten Menütechnik zur Unterstützung einer leicht erlernbaren Interaktion mit einer hierarchischen, auf Weaningpatienten angepassten Menüstruktur wurde in diesem Kapitel ein weiterer Baustein ergänzt. Die auf die Benutzergruppe der Weaningpatienten angepasste Menüstruktur sowie der Bezug zu den Unternwendungen wurde umfassend beschrieben. Als letzter Schritt zur Beantwortung der Forschungsfrage steht die Evaluation der Integration des Kompass-Menüs in das Assistive System aus.

8 Realisierung des Gesamtsystems

Für die Evaluation des Systems wurde ein Demonstrationssystem realisiert, welches in diesem Kapitel beschrieben wird. Dieses lauffähige Gesamtsystem ist auf Basis der in den vorigen Kapiteln beschriebenen Konzepten umgesetzt worden. Dem Datenaustausch liegt eine IP-basierte Vernetzung der verschiedenen Systemteile via WLAN zugrunde.

Nachfolgend werden in Abschnitt 8.1 zunächst der Backend-Server des Systems bestehend aus dem Full-Stack Web-Framework *Feathers.js* und einer Datenbank beschrieben. Anschließend wird die Realisierung der Patienten-Anwendung in Abschnitt 8.2 und die der Pflegenden-Anwendung in Abschnitt 8.3 thematisiert.

Das System wurde überwiegend mit der Programmiersprache JavaScript entwickelt. Die Frontends der Anwendungen wurden mit dem progressiven JavaScript-Framework *VueJS*¹ realisiert. Für die Realisierung des Backend-Servers wurde das JavaScript-Framework *Feathers.js* auf Basis von *node.js* im Zusammenspiel mit einer Datenbank basierend auf *MariaDB*² verwendet.

8.1 Backend-Server

Der Backend-Server besteht aus einer angepassten Instanz des *Feathers.js*-Frameworks und der Datenbank.

8.1.1 Feathers.js

Feathers.js ist ein „Full-Stack Web-Framework für die Erstellung von APIs und Echtzeitanwendungen mit TypeScript oder JavaScript. *Feathers.js* kann mit jeder Backend-Technologie interagieren, unterstützt viele Datenbanken und arbeitet mit jeder Frontend-Technologie wie React, VueJS, Angular, React Native, Android oder iOS“³. Das Grundgerüst des Frameworks bilden Services, Datenbank-Adapter und Hooks.

Services sind dabei Klassen-Instanzen, die für APIs gängige CRUD-Methoden implementieren. *Feathers.js* bietet für die gängigen Methoden *find*, *get*, *create*, *update*, *patch*, *remove*, *setup* und *teardown* eine generalisierte Implementierung, die sich individuell an die eigenen Anforderungen adaptieren lassen. Zusätzlich lassen sich individuelle Methoden definieren. Die internen, auf Datenverkehr der API lauschenden Event-Listener ermöglichen die Echtzeitfähigkeit.

Mithilfe der Datenbank-Adapter ermöglicht das Framework die Interaktion mit und Ausführung von Operationen auf den gängigen Datenbanken.

Hooks sind anpassbare Middleware-Funktionen, die unabhängig von Transportprotokollen und Diensten um, vor, nach oder bei Fehlern einer Dienstmethode registriert werden können, ohne den ursprünglichen Code zu ändern. Dies ermöglicht eine flexible und modulare Anwendungslogik.

¹<https://github.com/vuejs/vue> (abgerufen am 07.03.2023)

²<https://mariadb.org> (abgerufen am 07.03.2023)

³<https://feathersjs.com/> (abgerufen am 07.03.2023)

Im vorliegenden Kontext wird das Framework flexibel als API und für den Echtzeitaustausch des Datenverkehrs eingesetzt. Es dient als Schnittstelle zur *MariaDB*-Datenbank und ermöglicht die Authentifizierung der Nutzer an den verschiedenen Frontend-Anwendungen. Durch die Echtzeitfähigkeit kann die Pflegenden-Anwendung genutzt werden, um Konfigurationen zu senden, die direkte Wirkung zeigen. Die verschiedenen Daten, die innerhalb des Gesamtsystems ausgetauscht werden, werden in zehn verschiedenen *Realtime-Channels* inhaltlich und logisch voneinander getrennt. Die verschiedenen Channels sind in Tabelle 15 dargestellt.

Channel	Daten
Ensemble	Verknüpfte UUIDs der Komponenten und ID des Patienten
Data	Personenbezogene Daten
Logging	Logdaten
Ensemble-Config	Konfigurationsdaten für das entsprechende Ensemble (Tagesablauf, etc.)
Messaging	Nachrichten zwischen Patient und Pflegekraft
Media	Medien und deren Metadaten
Global Config	Daten über das Krankenhaus (Ort, Bezeichnung, Wetter-API-Key)
StaffMemberSystemConfig	Patientenindividuelle Konfigurationen des Pflegepersonals (Schwellwerte der Benachrichtigungen)
SmartDeviceInfoMessage	Kalibrierungs- Batterie-, Aktivitäts- und Verbindungsnachrichten
Control	Fernsteuerungsanweisungen, Lautstärke, Hintergrundmusik, Atemtherapie

Tabelle 15: Realtime-Channels von Feathers.js: die verschiedenen Daten werden über die logisch voneinander getrennten *Realtime-Channels* ausgetauscht

Der Nachrichtenaustausch zwischen Patienten und Pflegenden wird beispielsweise über den Channel *Messaging* durchgeführt. Die entsprechenden Abfragen der Datenpunkte werden in Abbildung 43 gezeigt, dargestellt wird anhand eines UML-API-Diagramms ein exemplarisch gewählten Teil der API. Die Daten werden je nach API-Operation aus der Datenbank abgerufen bzw. darin gespeichert.

8.1.2 Datenbank

Die Datenbank ist im Rahmen des BMBF-Projektes ACTIVATE sowie gemeinsam mit Borge Kordts, Franziska Tschochner und Marven Kummerfeld iterativ entwickelt worden. Das Schema der Datenbank, in der erforderliche Daten aus den Systemteilen persistent gespeichert werden, ist in Abbildung 44 dargestellt.

Daten von Patienten und Pflegefachkräften stehen durch die Referenzierung der jeweiligen IDs als Fremdschlüssel der zwei Tabellen *Patient* und *StaffMember* mit diesen in Verbindung. In *StaffMemberPatient* werden Zuständigkeiten einer Pflegekraft für einen oder mehrere Patienten sowie ein Aktivitätsschwellwert gespeichert. *StaffMemberSystemConfig* dient zur Konfiguration der Benachrichtigungseinstellung bei Bewegungsereignissen von zugeordneten Patienten. Metadaten von Medieninhalten werden in der Tabelle *Medium* verwaltet. Die möglichen Werte für Medienkategorien und Medientypen sind durch die Daten in *MediumType*, *MediumTypeMapping* und *Category* vorgegeben. Bei der Erstellung eines Ensembles mittels der Pflegenden-Anwendung werden die verwendeten Geräte aus Tabelle *SmartDevices* mit einem neuen Eintrag in Tabelle *Ensembles* verknüpft. Metadaten von SmartDevices sind zudem in den Tabellen *DeviceType* und *DeviceCategory* gespeichert. Bei der Auflösung eines Ensembles

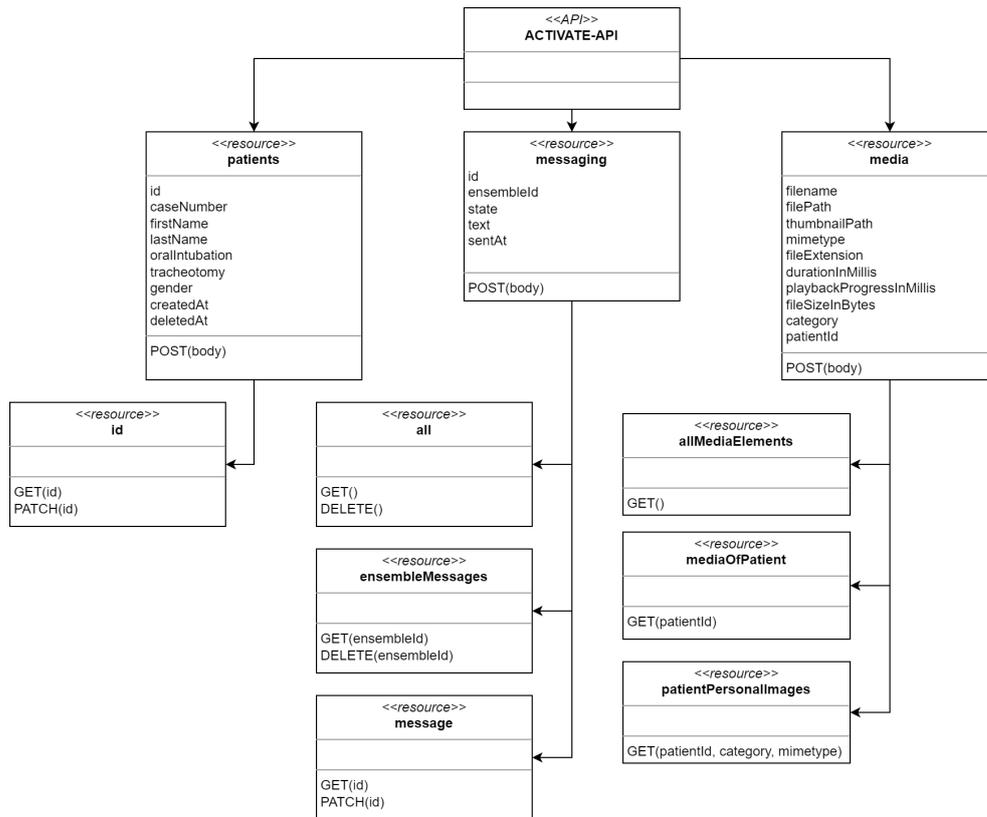


Abbildung 43: Teil eines UML-API-Diagramms der Feathers.js-API. Exemplarisch wurden einige Abfragen für die Datenpunkte *patients*, *messaging* und *media* dargestellt.

bleibt der Eintrag in der Datenbank bestehen, aber der *EnsembleStateType* wird auf *deleted* gesetzt.

8.1.3 Kopplungsprozess

Der Kopplungsprozess wurde für die Benutzer so einfach und robust wie möglich gestaltet, während im Hintergrund Mechanismen zur Vermeidung von Fehlern eingesetzt werden. Wie bereits in Abschnitt 7.2 beschrieben, umfasst die Kopplung neben der Zusammenstellung der Ensemble-Geräte auch die Zuordnung zu dem Patienten, der als Benutzer des Systems vorgesehen ist. Dessen Daten müssen vorher bereits in der Datenbank vorhanden sein.

Jedes Ensemble muss zwingend jeweils ein Gerät der Gerätekategorien *Interaction Devices* und *Ambient Applications* umfassen. Geräte der Kategorie *Smart Lights* sind optional. Im Rahmen des Kopplungsprozesses wird überprüft, ob Geräte der notwendigen Gerätekategorien bereits gescannt wurden. Ist dies nicht der Fall und eine Pflegekraft versucht das Ensemble dennoch anzulegen, wird eine entsprechende Fehlermeldung angezeigt.

Für die Kopplung von Geräten zu einem Ensemble können aus Sicherheitsgründen nur im System registrierte Geräte gewählt werden. Deren Registrierung erfolgt durch

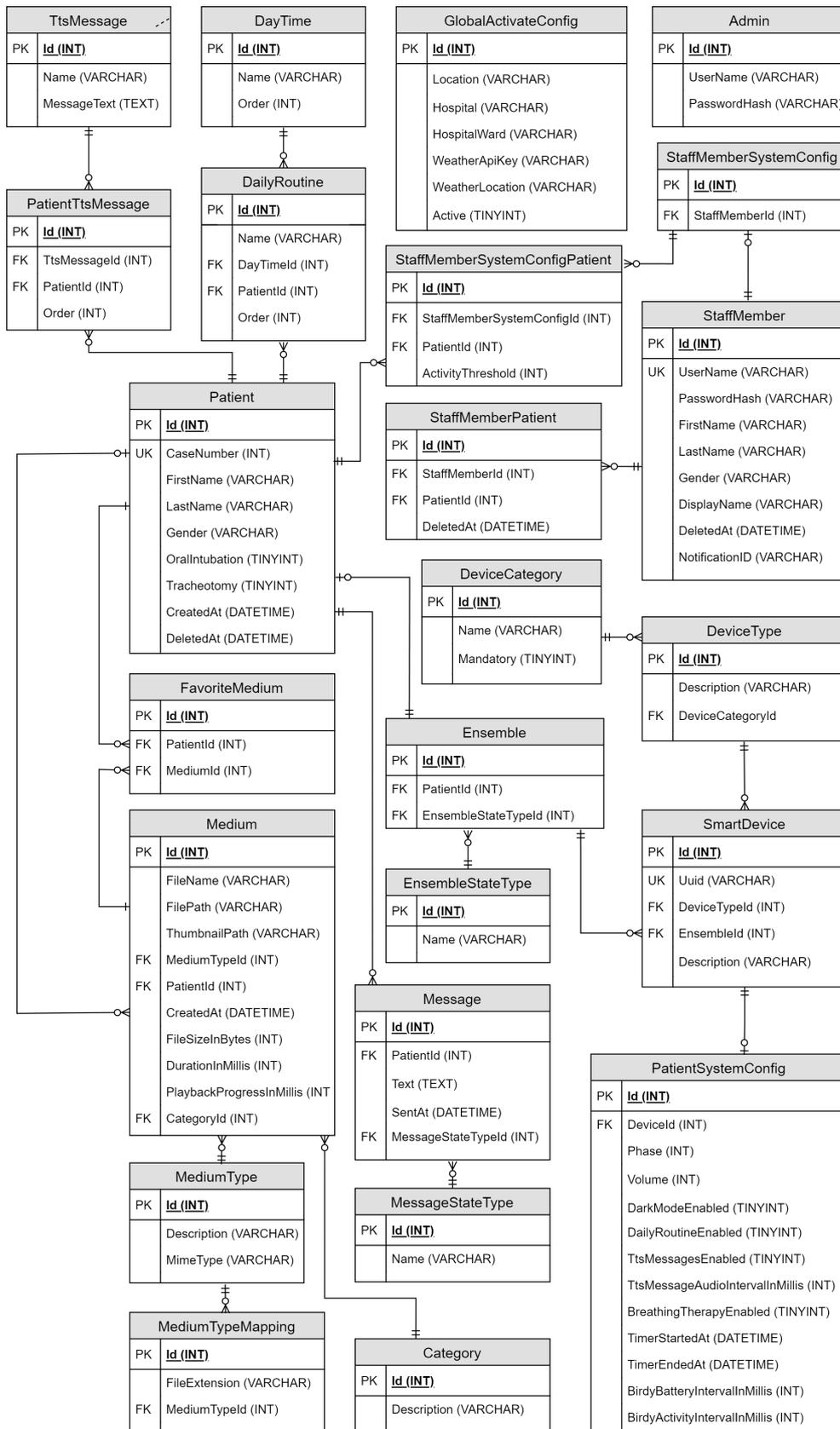


Abbildung 44: Datenbankstruktur des Gesamtsystems

autorisiertes Personal mittels der Administrations-Anwendung. Scannt eine Pflegekraft in der Pflegenden-Anwendung den QR-Code eines nicht-autorisierten Geräts, wird eine Fehlermeldung angezeigt. Auch Geräte, deren IDs bereits einem aktiven Ensemble zugeordnet sind, können nicht hinzugefügt werden (einschließlich entsprechender Fehlermeldung).

Sobald der Kopplungsprozess erfolgreich durchgeführt wurde, wird ein Ensemble-Datenobjekt auf dem entsprechenden Ensemble-Kanal des Feathers-Servers hinzugefügt. Die auf diesen Kanal lauschenden Komponenten initiieren zum einen die eigentliche Verbindung der zugeordneten Geräte mittels Ambient Reflection, zum anderen wird die Patienten-Anwendung durch die Daten in ihren initialen Zustand versetzt, in dem jedoch bereits die relevanten Informationen dargestellt werden.

8.2 Patienten-Anwendung

Für die Erstellung und Verwaltung der Anwendung wurde das von VueJS bereitgestellte Kommandozeilenprogramm (CLI) verwendet.

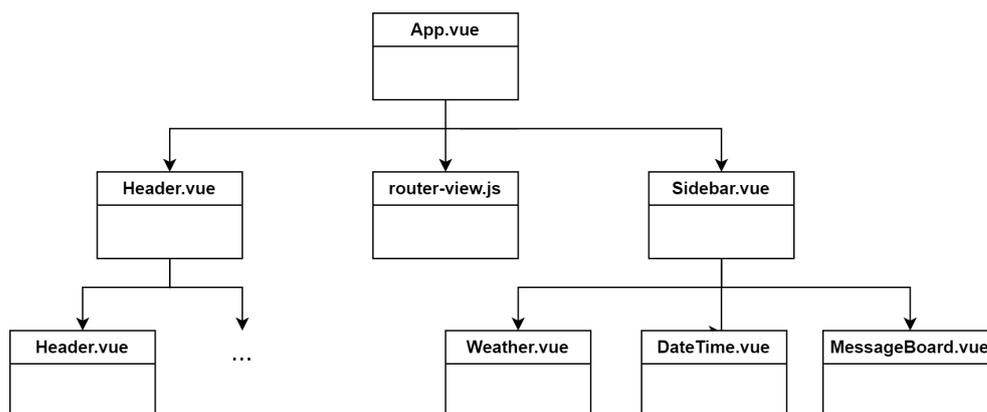


Abbildung 45: Aufbau der Vue-Komponenten in Form eines Komponentendiagramms

Die Struktur der Anwendung ist in Abbildung 45 dargestellt. Initial wird die Datei *App.vue* geladen, in der das Grundgerüst aus Titel- und Navigationsleiste, Informationsleiste und dem zentralen Inhaltsbereich implementiert ist. Die im zentralen Inhaltsbereich dargestellten Ansichten werden über das Router-Plugin gesteuert (vgl. Abschnitt 8.2.3). Den einzelnen Routen sind neben den Ansichten auch die darzustellenden Text-Label der Breadcrumbs zugeordnet.

In Abbildung 46 ist ein Teil der Struktur für die Anwendung in Phase 3 dargestellt. Ausgehend von der darzustellenden Route (die der Route zugeordnete Phase wird von der Pflegekraft über die Pflegenden-Anwendung ausgewählt) wird die Datei *Home3.vue* geladen, in der (vereinfacht dargestellt) die Komponenten verschiedener im Hauptmenü angezeigter Unteranwendungen instanziiert werden. Innerhalb der Komponenten werden weitere Teilkomponenten instanziiert, beispielsweise das Kompass-Menü (*CircleMenu.vue*). Dieses lädt wiederum aus dem Vuex-Store die Daten für die auf der aktuellen Menüebene darzustellenden Elemente (*MenuItems*). Nach einem

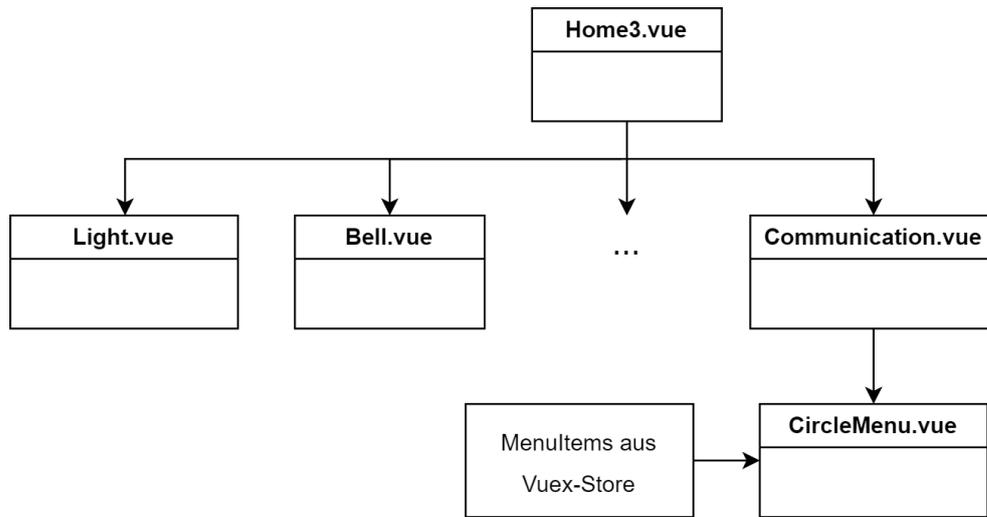


Abbildung 46: Ausschnitt des Komponentendiagramms für Phase 3 (vereinfacht dargestellt). Die darzustellenden Komponenten werden geladen. Für die Komponente *Communication.vue* wird das Kompass-Menü eingesetzt, dafür wird die entsprechende Komponente *CircleMenu.vue* eingebunden. Diese liest die darzustellenden Inhalte aus dem Vuex-Store der Anwendung aus.

Ebenenwechsel wird die Ansicht der neuen Ebene geladen, welche wiederum die Kompass-Menü-Komponente instanziiert. Auf diese Art sind alle Ansichten innerhalb der Anwendung miteinander verknüpft.

Externe Steuerbefehle und Daten werden über zwei Schnittstellen empfangen. Die Schnittstelle zu Ambient Reflection wird in Abschnitt 8.2.1, die Schnittstelle zum Feathers.js-Server in Abschnitt 8.2.2 und die in der Anwendung eingesetzten Plugins werden in Abschnitt 8.2.3 beschrieben.

8.2.1 Schnittstelle zu Ambient Reflection

Um die Patienten-Anwendung als Ambiente Anwendung im Sinne von *Ambient Reflection* (siehe Abschnitt 4.6) nutzen zu können, wurde der von Kordts [2023] entwickelte und bereitgestellte *Virtual Device Deamon* sowie die dazugehörige JavaScript-API verwendet. Diese ermöglichen eine Brücke zwischen der Webanwendung im Browser und dem auf den Netzwerk-Protokollen UPnP oder DPWS basierenden Reflection-Framework [Kordts, 2023].

Der Daemon kann beim Hochfahren des genutzten Rechensystems automatisch gestartet werden und läuft während des Systembetriebs dauerhaft im Hintergrund. Der Daemon erstellt dafür bei der Ausführung eine Instanz eines virtuellen Smarten Objekts. Zudem lässt er sich nutzen, um der Patienten-Anwendung benötigte Zugangsdaten für den mittels Feathers realisierten und für das Assistive System genutzten Kommunikationsservers mitzuteilen. Hierzu wird die Zusatzkonfiguration des Daemons genutzt [Kordts, 2023].

Der Daemon lädt zum einen die auf dem Dateisystem des PCs gespeicherten, individuellen Identifikations- und Login-Daten und empfängt zum anderen durch Reflection übertragene Events und Daten. Diese umfassen die Interaktionsgesten zur Steuerung der Anwendung und zur Darstellung bzw. Weiterverarbeitung bestimmter Status- und Zustandsdaten. Zu letzteren gehören Informationen über den Verbindungsstatus von Reflection und BIRDY, Batterielade- und Kalibrierungszustand von BIRDY sowie von BIRDY erfasste Aktivitätsdaten (Erfassung ausgeführter Bewegungen, um das Aufwachen eines Patienten zu detektieren). Diese sind insbesondere für den prototypischen Betrieb notwendig.

8.2.2 Schnittstelle zu Feathers.js

Mittels verschiedener Plugins wird der Datenaustausch mit Feathers unterstützt. Nachdem eine durch die Authentifizierung autorisierte Verbindung aufgebaut wurde, werden initial die dem Benutzer des Systems zugeordneten Daten abgerufen. Dazu werden verschiedene Socket-Verbindungen mit den logisch voneinander getrennten Echtzeitkanälen aufgebaut und die abgerufenen Daten im Vuex-Speicher (siehe Plugins in Abschnitt 8.2.3) der Patienten-Anwendung gespeichert. Weiterhin werden Listener angelegt, die neue Daten auf den Kanälen abrufen und verarbeiten.

Zur Übertragung von Daten an Feathers (beispielsweise im Rahmen des Versendens von Nachrichten der Fernkommunikation) werden individuelle Funktionen genutzt, die mittels Vuex-Actions aufgerufen werden.

8.2.3 Plugins

Für die Nutzung ergänzender Funktionalitäten wurden Plugins hinzugefügt. Diese sind in Tabelle 16 abgebildet.

Plugin	Funktion
verschiedene clientseitige Feathers-Plugins	Die von Feathers bereitgestellten Plugins vereinfachen die Authentifizierung, den Aufbau einer Web-Socket-Verbindung und den Vue-Feathers-Datenaustausch.
vuex	Ergänzt das Projekt um einen single source of truth-Speicher, welcher das einfache Verwalten globaler Zustände ermöglicht. Dies umfasst insbesondere Daten, die in mehreren Teilen der App benötigt werden.
router	Das Plugin ermöglicht das Anlegen von und Navigieren zwischen mehreren (Unter-)Seiten innerhalb der Anwendung.
hooper	Der für die Nutzung in Vue.js optimierte Karussell-Slider wird für die Vollbild-Darstellung der Medien innerhalb der Mediengalerie eingesetzt.
howler	Die Bibliothek stellt Funktionen für die Wiedergabe von Audiodateien bereit und wird für die Wiedergabe der Hintergrundmusik eingesetzt.
vue-moment	Die standardisierte Bibliothek vereinfacht den Umgang mit und die Darstellung von Zeit und Datum.
vue-keyboard	Die virtuelle Tastatur wird in einer angepassten Version für die Freitexteingabe genutzt.
xml2js	Die Bibliothek vereinfacht die Umwandlung von XML zu JavaScript-Objekten.

Tabelle 16: Eingesetzte Vue-CLI-Plugins und ihre jeweiligen Funktionen

Vuex ist ein Plugin für Vue.js-Anwendungen, welches Pattern und eine Library für das Zustandsmanagement vereint⁴. Mittlerweile wurde die Library in *Pinia* umbenannt. Vuex erfüllt die Aufgabe als zentraler Speicher für alle Komponenten innerhalb einer Anwendung. Dessen Regeln sollen sicherstellen, dass Zustände gespeicherter Datenpunkte nur in einer vorhersehbaren Weise verändert werden. Dafür werden die Kernkonzepte *State*, *Getters*, *Mutations*, *Actions* und *Modules* eingesetzt⁵. Innerhalb der Anwendung wird Vuex für alle sich dynamisch verändernden Daten genutzt. Neben der Speicherung der von Feathers abgerufenen Daten werden auch die in der Informationsleiste dargestellten Informationen (Wetter, Uhrzeit, Nachrichten, etc.), die Generierung der Breadcrumbs und das Zuordnen der richtigen Menüelemente innerhalb eines Menüs mittels Vuex gesteuert.

Das Routing zwischen den einzelnen URLs der Ansichten wird mittels der Konfiguration des *Vue Router*-Plugins ermöglicht. Die möglichen Routen entsprechen den in Abschnitt 7.1.3 beschriebenen Hierarchieebenen. Den Routen sind jeweils die Titel der Ansichten zugeordnet, um daraus dynamisch die entsprechenden Breadcrumbs in der Titelzeile zu generieren. Das Routing durch die innerhalb der Hierarchie erreichbaren Pfade wird durch die Interaktion des Anwenders mit dem System oder die Fernsteuerung der Pflegenden-Anwendung initiiert. Zwischen den verschiedenen Phasen ist kein Wechsel durch den Anwender vorgesehen, daher kann das entsprechende Routing nur über die Befehlsimpulse aus der Pflegenden-Anwendung angestoßen werden.

Die restlichen Plugins ermöglichen die Nutzung der in Tabelle 16 genannten externen Komponenten.

8.2.4 Animationen

Die Animationen wurden eigens für das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Kompass-Menü gestaltet und mit CSS-Transitions und -Animations realisiert. Da die Animationen durch von Nutzerinteraktionen angestoßenen Zustandsänderungen ausgelöst werden, wurden die Klassen-basierten Animations- und Transitionstechniken von VueJS genutzt.

Die Interaktivität der Animationen werden unter anderem eingesetzt, um die Zustandsübergänge zwischen einzelnen Menüebenen zu verdeutlichen. Die Menükomponente wird initial mit ihren Elementen hinter dem Mittelkreis initialisiert, lädt Text- sowie Bildkomponenten und breitet sich animiert in die volle Aufspannung aus. Vor dem Übergang in eine andere Menüebene (die Menükomponente wird mit den darzustellenden Daten neu initialisiert) zieht sich das Kompass-Menü wieder in den Mittelpunkt zusammen, lädt die neuen Menüdaten und breitet sich wieder aus (vgl. Abbildung 47). Damit wirkt der Übergang nahezu fließend.

8.3 Pflegenden-Anwendung

Für die Erstellung und Verwaltung der Anwendung wurde ebenfalls das von VueJS bereitgestellte Kommandozeilenprogramm (CLI) verwendet. Strukturell ist die

⁴<https://github.com/vuejs/vuex> (abgerufen am 11.03.2023)

⁵<https://vuex.vuejs.org/guide/plugins.html> (abgerufen am 11.03.2023)

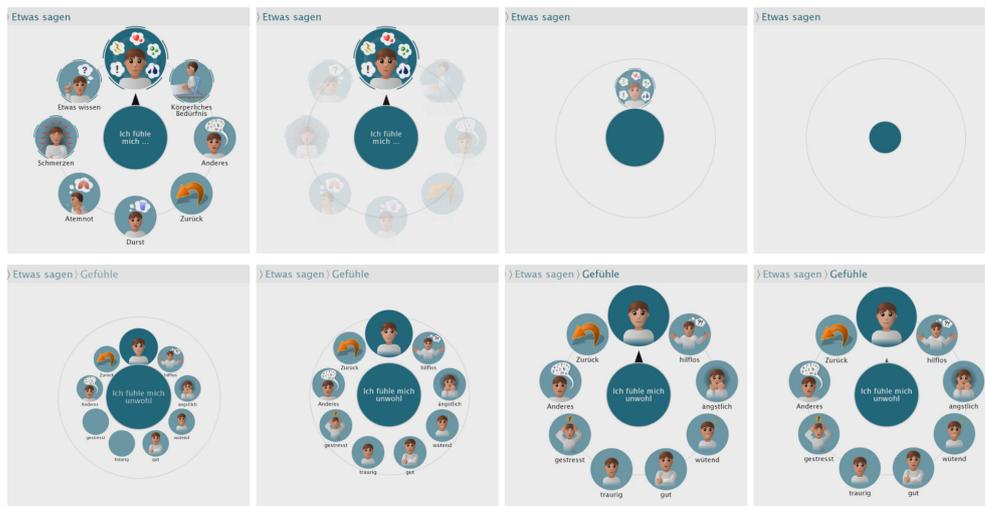


Abbildung 47: Die zentralen Frames der Animation des Menüebenenwechsels: das Menü zieht sich nach der Auswahl des Untermenüs hinter den Mittelkreis zusammen, um sich mit den Daten der gewählten Menüebene wieder zu auszubreiten.

Pflegenden-Anwendung nach dem gleichen Prinzip wie die Patienten-Anwendung aufgebaut (vgl. Abbildung 45).

Die Anwendung ist als Progressive Web App⁶ implementiert. Diese verhalten sich ähnlich wie native Anwendungen, werden jedoch als moderne Webanwendungen entwickelt. Damit lassen sich über den Webbrowser Geräteschnittstellen wie beispielsweise die Kamera-API für den QR-Code-Reader oder die Notification-API für das Vibrationsfeedback nach einem erfolgreich gescannten QR-Code einbinden. Auch der Empfang von Push-Notifications eingehender Nachrichten von Patienten lässt sich darüber realisieren.

Anders als die individuell eingerichteten Patienten-Anwendungen sind die Smartphones als Plattformen der Pflegenden-Anwendung nicht personenbezogen zugeordnet, sondern für die dem Patienten zugeordnete Pflegekraft vorgesehen. Davon ausgehend wurde eine Authentifizierungsschnittstelle implementiert, über die sich die Pflegekräfte mit ihren Login-Daten anmelden. Die serverseitige Überprüfung der Logindaten mit den Datenbankeinträgen erfolgt über die Feathers.js-Schnittstelle (analog zum in Abschnitt 8.2.2 beschriebenen Datenaustausch der Patienten-Anwendung mit der Feathers.js-API).

Das Routing zwischen den einzelnen URLs der Ansichten wird wie in der Patienten-Anwendung mittels der Konfiguration des *Vue Router*-Plugins (siehe Beschreibung in Abschnitt 8.2.3) ermöglicht. Die Routen entsprechen den in Abschnitt 7.2 beschriebenen Ansichten.

Die in der Pflegenden-Anwendung veränderten Daten werden nach deren Speicherung über die entsprechende Schnittstelle an den Feathers.js-Server übermittelt, von dem die Daten in die Datenbank geschrieben und die weiteren Anwendungen (Patienten-Anwendung, Ambient Reflection) übertragen werden.

⁶<https://web.dev/progressive-web-apps/> (abgerufen am 07.03.2023)

8.4 Zusammenfassung und Fazit

In diesem Kapitel wurde die Realisierung des Backend-Servers (siehe Abschnitt 8.1) sowie der Patienten-Anwendung (siehe Abschnitt 8.2) und der Pflegenden-Anwendung (siehe Abschnitt 8.3) beschrieben. Der Backend-Server besteht aus einer angepassten Instanz des Feathers.js-Frameworks und der Datenbank. Das API-Framework Feathers.js ermöglicht den Austausch von Daten in Echtzeit und über Datenbank-Adapter auch die Persistierung dieser Daten. Die verwendeten Realtime-Channels sowie Abfragen für verschiedene Datenpunkte der API wurden vorgestellt. Diese Daten werden in der MariaDB-Datenbank des Systems gespeichert, die anhand ihrer Datenbankstruktur beschrieben wurde. Ein zentraler, von der Pflegenden-Anwendung initiiertes Prozess ist die initiale Kopplung eines Geräteverbands. Anhand seiner Besonderheiten und Sicherheitsaspekten wurde der Prozess beschrieben.

Für die Patienten-Anwendung wurden anhand von Komponentendiagrammen die Struktur und die Kommunikation mit Ambient Reflection und Feathers.js mittels der entsprechenden Schnittstellen dargestellt. Zudem wurden die in der Anwendung verwendeten externen Plugins und die Umsetzung der Animationen beschrieben. Für die Pflegenden-Anwendung wurden die Möglichkeiten durch die Umsetzung als eine Progressive Web App sowie die Umsetzung von Authentifizierung und Routing vorgestellt.

Der Backend-Server ermöglicht den angestrebten Datenaustausch zwischen den verschiedenen Komponenten des Gesamtsystems, die Datenbank ermöglicht das Speichern und Abrufen von Daten. Entsprechend der Beschreibungen im vorigen Kapitel wurden die Anwendungen für die Patienten und die Pflegenden realisiert.

Das Ergebnis ist ein lauffähiger Demonstrator bestehend aus Backend-Server, BIRDY, Patienten-Anwendung, Pflegenden-Anwendung sowie den entsprechenden Komponenten des Reflection-Frameworks. Der Demonstrator wurde im Labor-Setting hinsichtlich Stabilität getestet und optimiert. Er bietet eine geeignete technische Grundlage für die systematische Evaluation des Assistiven Systems mit besonderem Fokus auf das Kompass-Menü.

9 Evaluation

In den vorigen Kapiteln wurde die Entwicklung eines umfangreichen Assistives Systems beschrieben, dessen Funktionsumfang den zuvor spezifizierten Anforderungen entspricht. Für dessen Evaluation gibt es aufeinander aufbauende Ansätze: die Evaluation im Labor hinsichtlich der Anwendbarkeit und Gebrauchstauglichkeit des Systems und darauf aufbauend die Evaluation des Nutzens und der Wirkung im Feld. Der endgültige Nutzen und die Effektivität des realisierten Gesamtsystems lässt sich erst im Rahmen einer Feldstudie unter realistischen Bedingungen und mit der Zielgruppe beatmeter Intensivpatienten untersuchen.

Der Fokus dieser Dissertation liegt auf der Entwicklung einer gebrauchstauglichen Anwendung basierend auf dem Kompass-Menü, welches in Laborstudien untersucht werden kann. Dazu wurden zwei umfangreiche Laborstudien konzipiert und durchgeführt. Ziel der Nutzerstudie war die Evaluation der Gebrauchstauglichkeit des Assistiven Systems mit besonderem Fokus auf das Kompass-Menü. Ziel der Expertenstudie war die Bewertung des Kompass-Menüs anhand aus der Literatur abgeleiteten Kriterien sowie dessen Integration in die Patienten-Anwendung.

In Rahmen der beiden Studien stand die Bewertung der Gebrauchstauglichkeit des Assistiven Systems im Fokus (siehe Abschnitt 2.2). Basierend auf den zu Beginn der Arbeit aufgestellten Forschungsfragen 2 und 3 wurden für die beide Studien jeweils Teilforschungsfragen aufgestellt, die Teilaspekte der aufgestellten Forschungsfragen adressieren. Diese beziehen sich auf das Erlernen der Interaktion mit dem System, die Effektivität bezüglich der Nutzung der Kommunikationskomponenten, die Bewertung der für das Kompass-Menü getroffenen Design-Entscheidungen sowie die Gebrauchstauglichkeit und User Experience.

Das Kapitel ist folgendermaßen gegliedert. Zunächst wird die Nutzerstudie zur Evaluation der Integration des Kompass-Menüs (Abschnitt 9.1) und anschließend die Expertenstudie zur Evaluation der Design-Entscheidungen (Abschnitt 9.2) beschrieben. Die bei den beiden Erhebungen gewählte Reihenfolge hat es ermöglicht, während der Nutzerstudie erfasste Auffälligkeiten in die Expertenstudie mit aufzunehmen. Einige Ergebnisse beider Studien sind miteinander vergleichbar. Diese Ergebnisse werden in Abschnitt 9.3 vorgestellt und diskutiert. Vor dem abschließenden Fazit werden in Abschnitt 9.4 die Limitation der Studien thematisiert.

9.1 Benutzerstudie zur Evaluation der Integration des Kompass-Menüs in die Patienten-Anwendung

Im Rahmen der Benutzerstudie standen die Interaktion mit dem System und die Durchführung typischer Systemaufgaben im Vordergrund. Damit wurden das Erlernen der Interaktion, die Nutzbarkeit für Kommunikation sowie die Gebrauchstauglichkeit des Assistiven Systems untersucht. In diesem Abschnitt werden zunächst Studiendesign und Ziele (Abschnitt 9.1.1) einschließlich spezifischer, für die Studie formulierter Forschungsfragen beschrieben, gefolgt von der Methodik (Abschnitt 9.1.2). Dabei wird auf das Setting und die Prozedur, die eingesetzten Instrumente sowie die Stichprobe eingegangen. In Abschnitt 9.1.3 wird die Vorgehensweise bei der Auswertung

der erhobenen Daten vorgestellt, bevor in Abschnitt 9.1.4 die Ergebnisse anhand der aufgestellten Forschungsfragen beschrieben und diskutiert werden.

9.1.1 Studiendesign und Ziele

Ziel der Nutzerstudie ist die Evaluation der Gebrauchstauglichkeit des Assistiven Systems mit besonderem Fokus auf das Kompass-Menü.

Basierend auf Nutzungsszenarien der Patienten-Anwendung führen die Teilnehmer Aufgaben aus, um das System anschließend auf Basis ihrer Erfahrungen mit diesem zu bewerten. In der Studie wird ein Mixed-Methods-Design angewandt, in dem qualitative und quantitative Methoden kombiniert werden. Während der Aufgabendurchführung werden objektive Leistungsdaten und in anschließenden Befragungen subjektive Einschätzungen der Teilnehmer erfasst.

Zur Charakterisierung der Nutzergruppe werden zudem verschiedene Daten aufgenommen. Neben demografischen Daten sowie solchen zur Techniknutzung und interaktionsbezogenen Technikaffinität werden Daten zur Gesundheit der Teilnehmer erhoben. Zudem wird ein Kognitionstest durchgeführt, um mögliche Zusammenhänge zwischen dessen Ergebnissen und den objektiven Leistungsdaten zu untersuchen.

Die zweite, zu Beginn der Dissertation formulierte Forschungsfrage bezieht sich auf die Gebrauchstauglichkeit des Systems. Gebrauchstauglichkeit setzt sich aus den Kriterien Effektivität, Effizienz und Zufriedenstellung zusammen, die sich unterschiedlich messen lassen. Die Voraussetzung für eine effektive Nutzung eines Systems ist ein Verständnis der Interaktionsmöglichkeiten, die das System bietet. Um dieses Verständnis für die neuartigen Komponenten des Assistiven System zu ermöglichen, wurde die Interaktion im Rahmen einer Lernphase geübt.

Ziel dieser Erhebung war die Beantwortung folgender, der zweiten Forschungsfrage dieser Dissertation untergeordneten und für diese Studie formulierten Unterforschungsfragen.

1. Wie effektiv lernen die Teilnehmer die Interaktion und welche Erkenntnisse lassen sich daraus für die systemunterstützte Lernhilfen ableiten?

Zur Beantwortung der Frage werden Erkenntnisse in Bezug auf benötigte Schritte, die Dauer der Lernphase und die Anzahl der aufgetretenen Fehler untersucht.

2. Können die Studienteilnehmer das System für eine effektive Kommunikation der angezeigten Inhalte nutzen?

Zur Beantwortung dieser Frage führen die Teilnehmer typische Aufgaben mit dem System durch. Dabei werden objektive, leistungsbezogene Daten hinsichtlich Erfolgsrate, Bedarf nach Hilfestellung, Dauer der Durchführung und Fehlern erhoben.

Um die individuellen Erfahrungen und Meinungen der Teilnehmer miteinzubeziehen, wurde die nachfolgende Teilfrage formuliert.

- 2.1 Wie erleben die Teilnehmer die Interaktion hinsichtlich der Perzeption und Exekution?

Mittels Fragen hinsichtlich der Handlungsregulation und Wahrnehmung [Norman, 1986] werden Schlussfolgerungen hinsichtlich der Ausführbarkeit von Systemhandlungen und Erkennbarkeit von Systemfunktionen möglich.

3. Wie bewerten die Studienteilnehmer die Gebrauchstauglichkeit und User Experience des Systems?

Zur Beantwortung der Frage werden im Anschluss an die Durchführung der Aufgaben subjektive Daten in Form von Fragebögen erhoben und ausgewertet. Neben standardisierten Items zu Gebrauchstauglichkeit und User Experience werden für die Studie konstruierte Items zur eigenen Handlungssicherheit während der Interaktion abgefragt.

Von besonderem Interesse sind Fälle, in denen Schwierigkeiten bei der Durchführung der Aufgaben mit dem Assistiven System auftreten. Denkbar wäre beispielsweise, dass Menschen mit eingeschränktem räumlichen Vorstellungsvermögen oder gesundheitlichen Beeinträchtigungen Probleme im Umgang mit dem System aufweisen und dieses dementsprechend bewerten. Um in diesen Fällen Rückschlüsse auf mögliche Ursachen ziehen zu können, werden im Rahmen der Studie Daten über die kognitive Leistungsfähigkeit und die Gesundheit der Teilnehmer erhoben.

4. Lassen sich Zusammenhänge zwischen kognitiven Alterseffekten und der Effektivität sowie des Nutzererlebens der Systemnutzung erkennen?

Um diese Frage zu beantworten, werden objektive und subjektive Daten zu möglichen Alterseffekten der Teilnehmer erhoben. Dazu gehören ein zu Beginn der Studie durchgeführter Kognitionstest sowie Selbstauskünfte bezüglich der Gesundheit.

Die Auswertungen von Kognitionstest und Gesundheitszustand werden mit der Erfolgsrate der Aufgabendurchführung und den subjektiven Bewertungen der Handlungssicherheit, der Gebrauchstauglichkeit sowie der User Experience verglichen.

9.1.2 Methodik

Setting und Prozedur

Die Studie fand im COPICOH-Health-Lab der Universität zu Lübeck statt. Der Laboraufbau ist in Abbildung 48 dargestellt. Im Bett liegend führten die Teilnehmer mit BIRDY in der Hand die Aufgaben aus. Der Bildschirm mit dem Assistiven System stand am Fußende des Bettes, befestigt an dem adaptiven Rollständer. Auf dem großen Bildschirm im rechten Teil des Bildes wurden situativ relevante Informationen zur Studie (beispielsweise Animationen der Steuerungsgesten) dargestellt. Die Kamera zur Aufzeichnung der Aufgabendurchführung wurde hinter dem Kopfende des Bettes oben in der Traverse befestigt, um sowohl die Handbewegungen zur Ausführung der Gesten als auch die Systemreaktion auf dem Bildschirm aufzeichnen zu können. Außerhalb des Bildausschnittes befand sich ein Stehtisch, an dem die Teilnehmer die Fragebögen ausgefüllt und den Kognitionstest bearbeitet haben.



Abbildung 48: Laboraufbau der Nutzerstudie im COPICOH-Health-Lab der Universität zu Lübeck (nachgestellt). Die zentralen Komponenten wurden hervorgehoben: Auf dem Tisch steht die Ladestation, auf dem Bett liegt der aktive BIRDY und am Fußende des Bettes befindet sich der auf dem Rollständer montierte Bildschirm.

Der Ablauf der Studie ist in Abbildung 49 schematisch dargestellt. Der detaillierte Ablauf einschließlich der auszuführenden Aufgaben findet sich auf dem Beobachtungsbogen in Anhang C.1.

Nach der Begrüßung, der Aufklärung über die Rechte und die Datenverarbeitung wurden zunächst demografische Daten erhoben, gefolgt von einem festgelegten Zeitraum zur Bearbeitung des Kognitionstest. Anschließend wurden die Teilnehmer mittels Präsentationsfolien auf einem weiteren Bildschirm bezüglich des Assistiven Systems und seinen Funktionen sowie den Zielen und notwendigen Bedingungen der Studie informiert. Dazu zählte, dass die Aufgaben im Bett liegend gelöst werden und dass der Ellenbogen während der Steuerung in Kontakt mit der Bettoberfläche bleiben sollte. Bevor sich die Teilnehmer ins Bett legten, wurden sie instruiert, ihre Intentionen und Gedanken während der Aufgabendurchführung der Methode des Lauten Denkens entsprechend laut auszusprechen. Anschließend bekamen die Teilnehmer das bereits kalibrierte Interaktionsgerät BIRDY in die Hand gelegt. Insgesamt wurden für die Studie vier unterschiedliche BIRDYs eingesetzt, diese wurden bei niedrigem Batteriestand oder technischen Problemen durchgetauscht.

Die Erprobung des Assistiven Systems umfasste eine Lernphase und eine zweiteilige Aufgabenphase. Letztere wurde durch eine Phase der Exploration unterbrochen. Die gesamte Erprobung wurde mittels Videokamera und Audio-Recorder aufgezeichnet.

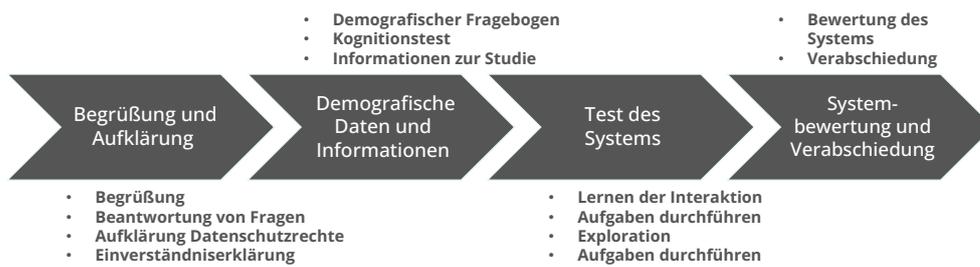


Abbildung 49: Die vier Phasen des Ablaufs der Benutzerstudie.

Zu Beginn der Lernphase wurde den Studienteilnehmern die Steuerung mittels der drei Gesten (Drücken sowie nach rechts und links neigen) anhand von kurzen Videosequenzen demonstriert. Für das Erlernen der Interaktion sollten sie innerhalb einer eigens dafür konstruierten Menüebene des Kreismenüs jeweils drei Navigationsaufgaben in Folge fehlerfrei durchführen. Anschließend sollten die Teilnehmer Interviewfragen zur Steuerung und dem ersten Eindruck des Systems (siehe Beobachtungsprotokoll in Anhang C.1) beantworten.

Zu Beginn der Aufgabenphase sollten die Teilnehmer zwei Aufgaben mit dem Assistiven System in Phase 2 durchführen. Diese umfassten das Versenden von Nachrichten an eine (fiktive) Pflegekraft außerhalb des Raumes. Im Anschluss daran wurde Phase 3 mit dem vollen Funktionsumfang aktiviert. Den Teilnehmern wurden wesentliche Informationen über den Funktionsumfang mitgeteilt, dann hatten sie einige Minuten Zeit (die Dauer war durch die Teilnehmer frei wählbar) zur Exploration, um sich selbstständig mit dem Funktionsumfang vertraut zu machen. Anschließend wurden den Teilnehmern insgesamt elf weitere Aufgaben gestellt. Im Rahmen der Aufgabendurchführung sollten die Teilnehmer verschiedene Interviewfragen zu den Themen Orientierung, Hierarchie, Verständnis und Erkennbarkeit von GUI-Elementen und Anwendbarkeit beantworten.

Abschließend füllten die Teilnehmer Fragebögen zur Bewertung von Gebrauchstauglichkeit, Handlungssicherheit und User Experience des Systems aus.

Instrumente

Im Rahmen der Studie wurden verschiedene objektiv messbare und subjektive Daten erhoben. Neben demografischen Daten wurden Leistungs-, Interview- und Fragebogendaten erhoben. Diese werden im Folgenden erläutert.

Demografische Daten Zur Charakterisierung der Stichprobe wurden verschiedene demografische Daten der Teilnehmer erfasst. Diese umfassen allgemeine Daten wie Alter, Geschlecht, höchster Bildungsabschluss und letzter Beruf, sowie Erfahrungen mit Intensivstationen und mit Situationen, in denen das Sprechen beschränkt war. Außerdem wurden altersbedingte Einschränkungen abgefragt. Dazu zählen neben einigen Items des Fragebogens der *World Health Organisation* (WHO) zur Lebensqualität (WHO-QOL-100) das Tragen einer Sehhilfe sowie eine Einschätzung zum subjektiven Rückgang von mit dem Alter korrelierenden Fähigkeiten (siehe Anhang C.1).

Techniknutzung und -affinität Zusätzlich wurden einige dem CLS-Fragebogen entnommenen Items zur Techniknutzung und die Technikaffinität erhoben (siehe Anhang

C.1). Bei dem Fragebogen zur Erfassung von Technikaffinität (ATI) handelt es sich um eine eindimensionale, kurze Skala zur Bewertung der Affinität zur Technologie-Interaktion [Franke et al., 2019]. Der Fragebogen besteht aus neun Items.

Würfeltest des IST 2000-R Anschließend füllten die Teilnehmer den *IST 2000R-Würfeltest* (siehe Anhang C.1) von Liepmann [2007] aus. Hierbei handelt es sich um eine standardisierte Testreihe, mit der das allgemeine Intelligenzniveau sowie die Struktur der Intelligenz erfasst wird. Das Verfahren besteht aus unterschiedlichen Modulen mit jeweils verschiedenen Untertests zu den Bereichen figurale, verbale und numerische Intelligenz sowie zwei Tests zur Merkfähigkeit.

Beim *Würfeltest* handelt es sich um ein Testverfahren zur Messung des räumlichen Vorstellungsvermögens (aus dem Modul der figuralen Intelligenz). Der Test besteht aus 20 Aufgaben, die innerhalb eines begrenzten Zeitraums von neun Minuten beantwortet werden müssen. Es handelt sich um einen sogenannten Power-Test. Jede Aufgabe besteht aus einem Würfel, auf dem sechs verschiedene Muster abgebildet sind, von denen jeweils nur drei sichtbar sind. Die Aufgabe der Testperson besteht darin, aus fünf vorgegebenen Referenzwürfeln denjenigen zu finden, der sich nur in seiner Position von dem abgebildeten Würfel unterscheidet. Der Würfel kann gedreht, gekippt oder sowohl gedreht als auch gekippt werden.

Beobachtung der Leistungsdaten Für die Trainingsphase und jede der 12 Interaktionsaufgaben wurden basierend auf der direkten Beobachtung bzw. der retrospektiven Durchsicht der Videoaufzeichnung verschiedene objektive Leistungsdaten ausgewertet. Dazu zählen die Anzahl der Fehler, wobei unterschieden wurde, ob diese auf eine fehlerhafte Ausführung der Geste, eine fehlerhafte Verwendung einer Geste oder technische Probleme zurückzuführen ist. Des Weiteren wurde die Dauer der Durchführung erhoben. Für jede Aufgabe wurde zudem festgehalten, ob Hilfestellung in Anspruch genommen und ob die Phase/Aufgabe erfolgreich ausgeführt wurde. Probleme während der Studie wurden zudem mittels eines Problemprotokolls festgehalten. Das Beobachtungsprotokoll ist in Anhang C.1 dargestellt.

Semistrukturiertes Interview Während und nach der Durchführung der Aufgaben wurden den Teilnehmern Interviewfragen gestellt. Thematisch bezogen sich die Interviewfragen auf den ersten Eindruck, die Menügestaltung und die Anwendbarkeit des Assistiven Systems.

Im Anschluss an die Lernphase wurde der erste Eindruck in Bezug auf den Schwierigkeitsgrad der Steuerung, etwaige Unklarheiten bei der Steuerung sowie die Spürbarkeit der Vibration erhoben. Eine erste Frage zur Menügestaltung bezog sich auf die Erkennbarkeit des selektierten Elements. Nach jeder durchgeführten Aufgabe wurden die Teilnehmer zudem nach Anmerkungen gefragt, ggf. direkt mit Bezug auf Fehler oder Probleme während der Durchführung. Weitere Fragen bezogen sich auf die Verständlichkeit von Menüpunkten, die Erkennbarkeit sowie die Orientierung innerhalb des Menüs.

Im Anschluss an die Aufgabendurchführung wurden Interviewfragen zur Menügestaltung gestellt: hinsichtlich der wahrgenommenen Hierarchieebenen, der Erkennbarkeit des Hierarchieindicators, der Lesbarkeit und Erkennbarkeit von Texten und Grafiken sowie der Passung von Texten und Grafiken. Zuletzt wurden Fragen zur Bedienbarkeit gestellt und ob Aspekte der Kommunikation in dem System fehlten. Der Wortlaut der Interviewfragen ist auf dem Beobachtungsbogen in Anhang C.1 dargestellt.

Um Rückschlüsse auf die mentalen Aktivitäten der Teilnehmer während der Systeminteraktion ziehen zu können, wurden Fragen zur Handlungsregulation definiert. Mögliche Probleme oder Unsicherheiten während der Ausführung von Interaktionsaufgaben mit einem System lassen sich spezifischen Handlungsprozessschritten der Ein- und Ausgabe (aus dem Handlungsmodell von Norman [1986]) zuordnen. Um das zu überprüfen, wurden unterschiedliche Fragen gestellt. Diese beziehen sich einerseits auf die Ausführung (exekutiv) und andererseits auf die Wahrnehmung von Systemzuständen (perzeptiv) und lassen sich im Rahmen der Auswertung diesen Themen zuordnen.

System Usability Scale, Handlungssicherheit und User Experience Im Anschluss an die Interviewfragen wurde die Gebrauchstauglichkeit mittels der *System Usability Scale* (SUS) von Brooke et al. [1996] erfasst. Der Fragebogen ist ein bewährtes Instrument zur Messung der Gebrauchstauglichkeit. Dieser besteht aus zehn Items mit fünf Antwortmöglichkeiten für die Befragten, von *stimme voll zu* bis *stimme überhaupt nicht zu*. Inhaltlich werden Komplexität, Benutzbarkeit, Einfachheit, Sicherheit und Erlernbarkeit abgefragt.

Zusätzlich zum SUS wurden drei selbst formulierte Items zur Handlungssicherheit abgefragt:

1. Ich weiß, wie ich mit dem System beliebige Menüpunkte anwählen kann.
2. Ich habe mich in der Lage gefühlt, die Aufgaben zu lösen.
3. Ich bin mir sicher, dass ich Fehler bei der Navigation zu einem beliebigen Menüpunkt erkennen würde.

Abschließend wurde mittels der Kurzversion des *User Experience Questionnaire* (UEQ-S) von Laugwitz et al. [2008] die User Experience aufgenommen. Dieser Fragebogen umfasst acht Gegensatzpaare von Eigenschaften, die ein Produkt haben kann. Auf einer siebenteiligen Abstufung sollen die Teilnehmer ihre Zustimmung wählen. Aufgrund des zeitlichen Umfangs der Studie wurde die kurze Version *UEQ-S* ausgewählt. Mit dieser lassen sich Aussagen über die hedonische und die pragmatische Qualität des Systems treffen.

Charakterisierung der Stichprobe

Für die Studie wurden ältere Erwachsene rekrutiert, um – mit Blick auf eine zukünftige Feldstudie mit Intensivpatienten sowie das hohe Durchschnittsalter dieser Patienten – hinderliche Faktoren in Bezug auf altersbedingte Erscheinungen frühzeitig erkennen zu können. Von insgesamt 26 Studieninteressierten haben vier den Termin nicht wahrgenommen und somit nicht an der Studie teilgenommen. Die übrigen 22 Teilnehmer haben die Studie abgeschlossen.

Als Einschlusskriterien wurden ein Alter von mindestens 60 Jahren sowie die gesundheitliche Befähigung zur selbstständigen Anreise und Teilnahme an der Studie festgelegt. Ausgeschlossen wurden Personen, die keine ausreichende Fähigkeit zur sinnhaften verbalen Kommunikation in deutscher Sprache besitzen, die nicht fähig sind, die in den Fragebögen verankerten Fragen angemessen zu beantworten oder die nicht ohne Hilfe der Studienleitung anreisen bzw. an der Studie teilnehmen konnten. Die Gewinnung freiwilliger Studienteilnehmer erfolgte gemeinschaftlich mit den Mit-

arbeitern des Instituts für Multimediale und Interaktive Systeme (IMIS) mittels Online- und Offline-Werbung für die interessierten Zielpersonen (beispielsweise über Flyer an von Senioren frequentierten Orten, Mailverteiler der Universität zu Lübeck und dem UKSH, Seniorenakademie Lübeck, Seniorenbeirat Lübeck, etc.) sowie durch Kollegen und Bekannte.

Das Durchschnittsalter der Teilnehmer lag bei 68,5 Jahren. Die Standardabweichung (SD) lag bei 6,95. Zwei der Teilnehmer waren zum Zeitpunkt der Studie noch 59 Jahre alt, erreichen im laufenden Kalenderjahr der Studie jedoch das Alter von 60 Jahren. Insgesamt 59,1 % der Teilnehmer waren jünger als 70 Jahre, 36,36 % waren zwischen 70 und 80 Jahren alt. Der älteste Teilnehmer war 81 Jahre alt.

Insgesamt waren 54,55 % der Teilnehmer weiblich (45,45 % männlich). Der höchste Bildungsabschluss von 45,45 % der Teilnehmer war das Studium, 36,36 % haben die mittlere Reife bzw. Realschule abgeschlossen. 9,09 % gaben Abitur und jeweils 4,45 % Promotion und Fachabitur an. Bezüglich ihres (letzten) Berufs gaben 22,72 % der Teilnehmer an, Ärzte zu sein. Insgesamt 13,63 % waren (ehemalige) Krankenpflegekräfte, 9,09 % der Teilnehmer sind ehemalige Pharma-Referenten. Weitere, nicht mehrfach genannte Berufsgruppen sind Lehrer, medizinische Fachangestellte, medizinisch-technische Assistenz, medizinisch-technische Laborassistentin/Disponent, Selbstständiger, Biologisch-technischer Assistent, Laborleiter, Industriekaufmann, Betreuungskraft im Pflegeheim und Biologe.

Insgesamt 95,45 % der Teilnehmer gaben an, eine Sehhilfe zu nutzen. Von diesen nutzten 52,38 % eine Brille. Insgesamt 28,57 % trugen eine Gleitsichtbrille, 14,29 % eine Lesebrille. Kontaktlinsen wurden von 4,76 % verwendet. Insgesamt 57,14 % der Teilnehmer gaben an weitsichtig zu sein, einer davon war stark weitsichtig (durchschnittlich +8 Dioptrien). Insgesamt 28,57 % waren kurzsichtig, bei 14,29 % verblieb es unklar.

59,09 % der Teilnehmer teilten mit, bereits Erfahrungen mit Intensivstationen gemacht zu haben, davon 57,14 % beruflich und 42,86 % als Patient (ein Teilnehmer sowohl beruflich als auch als Patient). Insgesamt 22,73 % der Teilnehmer hatten bereits Erfahrungen in Situationen gemacht, in denen sie nicht sprechen konnten. Ein Proband ist *nie intubiert, aber orientierungslos* gewesen. Er berichtete von einem *Ohnmachtsgefühl; konnte nicht ausdrücken, was ich wollte*. Einen anderen Teilnehmer *hat [es] nicht gestört*. Ein Proband hat *beruflich mit nicht sprechfähigen Patienten* gearbeitet, die *Kommunikation lief über Fotos, z. B. Schmerzskala, Getränke, Angehörige*. Ein weiterer Proband berichtete von Erfahrungen während einer *Kehlkopfentzündung (keine Stimme)*. Die *Kommunikation [erfolgte] mit „Händen und Füßen“*. Ein weiterer Proband berichtete davon, *kurz nach [der] OP für 3 Tage erblindet* zu sein und war *unfähig, [sich] mitzuteilen*.

Basierend auf den Ergebnissen der Items des WHO-Fragebogens zur Lebensqualität lässt sich die Stichprobe als gesund bezeichnen. Insgesamt liegt der Mittelwert der Items bei 3,75 (SD = 0,46), wobei die Skala von 1 (sehr unzufrieden) bis 5 (sehr zufrieden) reicht. Auf die Frage, inwiefern die Studienteilnehmer an sich selbst einen Rückgang von Fähigkeiten bemerken, den sie mit dem Alter verbinden, wurden vielfältige Antworten gegeben. Zwölf Teilnehmer nannten eine Verschlechterung *visueller Fähigkeiten*, jeweils elf Teilnehmer nannten reduzierte *Motorik* und ein reduziertes *Hörvermögen*. Einen Rückgang des *Erinnerungsvermögens* gaben sechs Teilnehmer

an, fünf berichteten von einem reduzierten *Lernvermögen*. Vier Teilnehmer beschrieben verringerte *Belastbarkeit*, drei nannten einen Rückgang der *Kraft*. Jeweils zwei Teilnehmer beschrieben reduzierte *Haptik* und ein verringertes *Gleichgewicht*. Ein Teilnehmer nannte *sportliche Fähigkeiten*, ein weiterer berichtete von einem Rückgang von *Orientierung, Konzentration und Aufmerksamkeit*.

Im Durchschnitt wurden 41,55 % der Würfeltest-Aufgaben korrekt beantwortet. Der Median liegt bei 40 %. Das schwächste Testergebnis liegt bei 10 % richtig gelöster Aufgaben, das stärkste bei 80 %.

Die Technikaffinität der Stichprobe ist mit einem Durchschnittswert von 3,9 (SD = 0,96; Skala von 1 bis 6) erhöht. Franke et al. [2019] beschreiben für die deutsche Bevölkerung einen Durchschnittswert von 3,5. Die erhöhte Tendenz lässt sich auch in den Angaben zu Gerätenutzung und den Tätigkeiten bei der Gerätenutzung erkennen. Auf einer vierstufigen Skala (*nie, selten, gelegentlich, oft*, kodiert mit 1 – 4) wurde die Häufigkeit der Nutzung abgefragt. Smartphones (M = 3,91; SD = 0,43) und Computer (M = 3,59; SD = 0,8) werden oft genutzt, Tablets nur gelegentlich (M = 2,77; SD = 1,19). Die häufigsten Tätigkeiten sind E-Mail (M = 3,86; SD = 0,35), andere Kommunikationsmittel (M = 3,91; SD = 0,29) und gezielte Informationssuche (M = 3,82; SD = 0,5). Die seltensten Tätigkeiten sind Programmieren (M = 1,05; SD = 0,21) und Spielen (M = 1,77; SD = 1,02). Alle Tätigkeiten zusammengefasst liegen bei M = 2,8, die Geräte werden somit gelegentlich für die Tätigkeiten genutzt.

9.1.3 Datenauswertung

Während der Durchführung der Studie wurde der Beobachtungsbogen vom Versuchsleiter weitestgehend ausgefüllt. Felder, die aufgrund von Zeitmangel nicht sofort ausgefüllt werden konnten, sind im Nachgang auf Basis der Audio- und Videoaufzeichnungen ergänzt worden. Die Aufzeichnung der Interview-Teile wurde mittels Trint¹ und Whisper² mit Unterstützung studentischer Hilfskräfte transkribiert und ausgewertet. Daraus wurden für jeden Teilnehmer jeweils ein Probandenprotokoll erstellt. Die handschriftlich ausgefüllten Frage- und Beobachtungsbögen wurden in Tabellendokumente übertragen und ausgewertet. Mit Microsoft Excel und R-Studio³ wurde die quantitative und statistische Auswertung der Daten durchgeführt. Die qualitative Auswertung der Interviewdaten wurde mit Microsoft Excel in Form einer thematischen Analyse nach Braun & Clarke [2006] durchgeführt.

Die Antworten auf die Interviewfragen wurden drei Hauptthemen zugeordnet: Exekution, Perzeption und Expertise. Davon ausgehend wurden auf Basis einer ersten Sichtung der Antworten Low-Level-Codes erstellt, die einer Zwischenebene von Middle-Level-Codes zugeordnet wurden. Ausgehend von diesen Low-Level-Codes wurden die Antworten anschließend ausgewertet und Summen aus der Anzahl der Erwähnungen gebildet. Die Auswertung wurde von zwei unabhängigen Ratern durchgeführt, deren Interrater-Reliabilität sehr hoch ist (Cohens Kappa $\kappa = 0,89$). In Anhang C.2 ist das Codingschema der thematischen Analyse mit den Top-, Middle- und Low-Level-Codes sowie für letztere jeweils eine Definition und ein Beispiel dargestellt.

¹<https://trint.com/> (abgerufen am 07.05.2023)

²<https://github.com/openai/whisper> (abgerufen am 07.05.2023)

³<https://posit.co/products/open-source/rstudio/> (abgerufen am 07.05.2023)

9.1.4 Ergebnisse

Die Ergebnisse werden im Folgenden den entsprechenden Forschungsfragen (vgl. Abschnitt 9.1.1) zugeordnet und diskutiert.

Forschungsfrage 1: Interaktion erlernen

Für die Beantwortung der Forschungsfrage, wie effektiv die Teilnehmer die Interaktion erlernen und welche Erkenntnisse sich daraus für die systemunterstützten Lernhilfen ableiten lassen, werden die benötigten Versuche, die Dauer der Lernphase und die Anzahl der währenddessen aufgetreten Fehler beschrieben. Zusätzlich werden Hinweise zum Verständnis von GUI-Elementen (Hervorhebung des aktuell ausgewählten Elements, Orientierungshilfen) ausgewertet, um Erkenntnisse in Bezug auf für die Lernhilfen relevante Design-Implikationen zu gewinnen.

Effektivität des Trainings Um die Trainingsphase erfolgreich abzuschließen, mussten drei einfache Navigationsaufgaben in Folge fehlerfrei durchgeführt werden. Alle Teilnehmer haben diese Trainingsphase erfolgreich absolviert, lediglich 9,09 % von ihnen benötigten dabei eine Hilfestellung. Durchschnittlich benötigten die Teilnehmer 5,68 Versuche ($SD = 2,9$). Dabei wurden durchschnittlich 1,5 Aufgaben pro Proband fehlerhaft durchgeführt ($SD = 1,26$). Am häufigsten wurden Fehler gemacht, die der Ausführung zugeordnet werden können ($M = 1,32$; $SD = 0,99$). Zumeist wurde dabei unbeabsichtigt über das Ziel hinaus navigiert, indem beispielsweise unbeabsichtigt eine Geste doppelt ausgeführt wurde. Seltener wurden falsche Gesten durchgeführt ($M = 0,23$; $SD = 0,69$). In wenigen Fällen konnten explizit technische Probleme für die gemachten Fehler identifiziert werden ($M = 0,09$; $SD = 0,29$), hier traten nach einem technischen Neustart keine weiteren Fehler auf.

Hinsichtlich der Bewertung des Schwierigkeitsgrads der Steuerung ergab die Auswertung einen Durchschnittswert von $M = 2,0$ ($SD = 1,19$; auf einer Skala von 1 bis 10; 1 entspricht leicht, 10 entspricht schwer). Durchschnittlich brauchten die Teilnehmer für die Trainingsphase 120,1 Sekunden ($SD = 100,1$ Sekunden). Der Median liegt bei 74,5 Sekunden. Der schnellste Teilnehmer benötigte 30 Sekunden, der langsamste 382 Sekunden. Die zuvor aufgezeichnete Referenzdauer liegt bei 28 Sekunden, die ausführende Person war zuvor bereits mit der Steuerung vertraut.

Eine hohe Erfolgsrate und ein niedriger Bedarf nach Hilfestellung während der Lernphase sowie der als niedrig empfundene Schwierigkeitsgrad der Steuerung weisen auf eine insgesamt einfach zu erlernende Steuerung hin. Die beobachteten Fehler deuten darauf hin, dass sich Benutzer bei erstmaliger Nutzung zunächst auf die ungewohnte Steuerung einstellen müssen. Sobald die Teilnehmer mit dem Prinzip der Gestensteuerung sowie den Systemrückmeldungen vertraut waren, konnte das System überwiegend problemlos gesteuert werden. Die Dauer zum Erlernen der Steuerung kann insgesamt als gering angesehen werden.

In einigen Fällen konnten die Fehler bei der Aufgabendurchführung auf technische Probleme der Gestenerkennung zurückgeführt werden. Die betroffenen Teilnehmer waren leicht verunsichert, wenn das Systemverhalten nicht erwartungsgemäß war. Das zeigt, dass die Gestenerkennung noch robuster werden muss, bevor sie außerhalb von Studien eingesetzt werden kann.

Damit wurde der erste Teil der Forschungsfrage hinsichtlich der Effektivität des Trainings insofern beantwortet, als dass alle Teilnehmer die Interaktion erfolgreich erlernen konnten. Mit der benötigten Durchschnittszeit von 2 Minuten lässt sich das Training zudem als effizient einstufen, sie entspricht nur dem Vierfachen der Referenzzeit.

Design-Implikationen Zur Unterstützung der Orientierung innerhalb des Menüs wurden verschiedene GUI-Elemente (Breadcrumbs, Hervorhebung des ausgewählten Elements, eine grob gestrichelte Umrandung um die betreffenden Menüelemente als Indikator für weitere Unterebenen) eingesetzt. Das aktuell ausgewählte Element konnten alle Teilnehmer korrekt erkennen. Als Indikatoren wurden am häufigsten die Position des ausgewählten Elements (20-mal), die grafische Darstellung (18-mal), die auf das Element deutende Kompassnadel (17-mal) sowie die Vergrößerung im Gegensatz zu den anderen Menüelementen (15-mal) und die Darstellung des Textlabels (15-mal) genannt.

Die Frage, ob sich die Teilnehmer orientieren können (wo innerhalb des Menüs sie sich befinden), haben 72,73 % der Teilnehmer positiv beantwortet. Besonders hilfreich waren laut den Teilnehmern die Breadcrumbs als Orientierungshilfe. Die Anzahl der Hierarchieebenen, aus denen das Menü besteht, konnten 63,63 % der Teilnehmer korrekt benennen. Insgesamt 22,73 % konnten die Bedeutung des Indikators für weitere Unterebenen korrekt identifizieren.

Die Darstellung des ausgewählten Elements sei für das Verständnis der Interaktion relevant und angemessen hervorgehoben. Die Breadcrumbs seien ebenfalls aussagekräftig, der Hierarchieindikator ist hingegen laut den Probanden in der gewählten Gestaltung nicht selbsterklärend.

Für die Lernhilfen lassen sich aus den zuvor beschriebenen Ergebnissen verschiedene Erkenntnisse ableiten. Die Interaktion mit dem System schrittweise zu erlernen hat sich bewährt. Dennoch benötigte ein geringer Teil der Teilnehmer Unterstützung. Eine Option, um noch mehr Sicherheit für die Interaktion zu erlangen, ist das Üben der Gestenausführung. Diese sollten die Teilnehmer im Rahmen der Studie nicht explizit üben, sondern nur implizit im Zuge der Aufgabendurchführung. Eine Pflegekraft sollte – während ein Patient die Interaktion mit dem System erlernt – präsent sein, um Unterstützung zu leisten und Sicherheit zu geben sowie die Interaktionsfähigkeiten des Patienten beurteilen zu können.

Neben der Interaktion mit dem System sollten den Patienten auch die subtileren Komponenten des Menüs und ihre Funktionen explizit vorgestellt werden. Dazu zählen die Breadcrumbs in der Titelleiste, aber insbesondere der Hierarchieindikator. Es lässt sich vorläufig davon ausgehen, dass das *aktuell ausgewählte Element* nicht gesondert eingeführt werden muss, da dies von allen Teilnehmern als solches erkannt wurde. Damit wurde auch der zweite Teil der Forschungsfrage hinsichtlich der Design-Implikationen zu möglichen Lernhilfen beantwortet.

Forschungsfrage 2: Effektive Nutzung der Kommunikationskomponenten

Für die Beantwortung der Forschungsfrage, ob die Teilnehmer das Assistive System für eine effektive Kommunikation der angezeigten Inhalte nutzen können, wird auf Basis der System-Interaktionsaufgaben die Erfolgsrate, die Fehlerrate, der Bedarf nach

Hilfestellung sowie die Dauer der Durchführung beschrieben. Die erhobenen Daten sind in Tabelle 17 und Tabelle 18 dargestellt.

Aufgabe		Durchführung		Dauer der Durchführung (in s)			
ID	Beschreibung	Erfolgreich	Hilfestellung	M	SD	Baseline	Faktor
1	Klingel: Angst	100 %	18 %	44.14	40.21	7	6.3
2	Klingel: Durst	100 %	14 %	30.50	30.02	7	4.4
4	Mitteilen: gestresst	100 %	18 %	57.64	39.89	17	3.4
5	Zurück ins vorige Menü	100 %	0 %	16.64	7.94	4	4.2
6	Mitteilen: Kopfteil höher	100 %	9 %	55.14	25.89	20	2.8
7	Zurück ins Hauptmenü	100 %	9 %	33.77	22.91	12	2.8
8	Mitteilen: Schmerzen im Bein	100 %	14 %	79.59	39.44	33	2.4
9	Mitteilen: Wissen, wie es weitergeht	100 %	14 %	47.59	18.85	21	2.3
10	Licht einschalten	100 %	0 %	58.77	25.14	21	2.8
11	Lichtfarbe ändern	100 %	5 %	39.45	22.69	10	3.9
12	Medien anschauen	100 %	0 %	47.95	18.56	18	2.7
Gesamt		100 %	9 %	46.47	26.51	15.45	3.0

Tabelle 17: Objektiv erhobene Daten ($n = 22$) bezüglich der Systemnutzung, unterteilt nach Aufgabe: Erfolgsrate, Anteil der Teilnehmer, die Hilfestellung erhalten haben, sowie Daten zur Dauer der Ausführung in Sekunden (s) bestehend aus Mittelwerten (M), Standardabweichung (SD), die durch den Versuchsleiter aufgestellte Baseline und der Faktor. Dieser Faktor stellt das Verhältnis der mittleren Ausführungszeit zur Baseline dar.

Tabelle 17 stellt die Erfolgsrate, den Anteil benötigter Hilfestellungen sowie die durchschnittlich benötigte Dauer der Durchführung in Sekunden bezogen auf die einzelnen Aufgaben dar. Die Erfolgsrate der Teilnehmer liegt für alle Aufgaben bei 100 %. Durchschnittlich wurde in 9,1 % der gestellten Aufgaben eine Hilfestellung nötig. Am häufigsten wurde diese bei den ersten Aufgaben gegeben (Aufgabe 1 und 4 mit jeweils 18,2 %, Aufgabe 2 mit 13,6 %). Auch für die Aufgaben 8 und 9 benötigten einige Teilnehmer eine Hilfestellung. Die Gründe waren dabei unterschiedlich. Am häufigsten wurden Hinweise zur Gestensteuerung gegeben (neunmal) – vorwiegend während der ersten vier Aufgaben. Hinweise zur Orientierung innerhalb der Anwendung wurden gegeben (achtmal), nachdem die Teilnehmer ein falsches Menüelement ausgewählt hatten, weil sie unsicher waren oder Hilfe bei der Identifikation der korrekten Menüebene benötigten. Selten (sechsmal) bedurfte einer der Teilnehmer einen Hinweis zur Aufgabenstellung – oftmals war die genaue Aufgabenstellung nicht mehr im Gedächtnis präsent.

Um einen Vergleichswert für die Dauer der Aufgabendurchführung zu haben, wurde vom Versuchsleiter für jede Aufgabe eine Baseline aufgestellt. Ziel war es, mit der Baseline eine Referenzzeit für die Ausführung einer Aufgabe aufzustellen. Erwartungsgemäß liegt die Dauer der Aufgabendurchführung über der vom Versuchsleiter aufgestellten Baseline. Durchschnittlich liegt das Verhältnis von Dauer zu Baseline (dieser Faktor ergibt sich aus der Division des Mittelwertes durch die Baseline) bei einem Faktor von 3,0. Dieser Faktor verringert sich stetig mit steigender Aufgaben-ID. Die Ausnahme bildet Aufgabe 11, hier ist der Faktor größer als bei Aufgabe 10 und unterbricht damit die stetige Verringerung. Das lässt sich darauf zurückführen, dass die

Teilnehmer Gesprächsbedarf bezüglich der Anpassung der Lichtfarben innerhalb des Versuchslabors hatten und sich dadurch oftmals der Aufgabenteil der anschließenden Navigation ins Hauptmenü verzögerte. Die Verringerung des Faktors lässt sich vermutlich auf Gewöhnungseffekte bezüglich der Interaktion mit dem Assistiven System zurückführen.

Die Standardabweichung wird im Verhältnis zum Mittelwert der Durchführungsdauer kontinuierlich geringer. Während erstere bei den Aufgaben 1 und 2 noch fast ebenso hoch war wie der Mittelwert, reduziert sich die Standardabweichung im weiteren Verlauf (mit Ausnahme von Aufgabe 7) auf etwa die Hälfte des Mittelwertes. Die Verringerungen der Verhältnisse deuten darauf hin, dass es einen Lerneffekt bei den Teilnehmern gab, sie vertrauter mit der Ausführung wurden und damit auch weniger Zeit benötigten.

Fehlinteraktionen	M	SD
Gesamt	0.62	0.99
Gesten	0.41	0.80
Pfad	0.21	0.54

Tabelle 18: Ergebnisse bzgl. der Fehlinteraktionen pro Aufgabe: Durchschnittswerte der Fehlinteraktionen zusammengefasst für alle 22 Teilnehmer und elf Aufgaben ($n = 242$), aufgeteilt in Gesten- und Pfadbezug

Zusammengefasst wurden in allen Aufgaben durchschnittlich $M = 0,62$ Fehler pro Aufgabe ($SD = 0,99$) beobachtet (siehe Tabelle 18). Eine Interaktion wurde als fehlerhaft gewertet, wenn entweder eine Geste nicht korrekt ausgeführt oder nicht auf dem optimalen Pfad interagiert wurde. Überwiegend können die beobachteten Fehlinteraktionen auf die Durchführung der Gesten bezogen werden ($M = 0,41$; $SD = 0,8$).

Eine Geste wurde als nicht korrekt ausgeführt gewertet, wenn die Patienten-Anwendung nicht die erwartete Systemreaktion ausgegeben hat. Das kann drei verschiedene Ursachen haben: Im ersten Fall wurde eine Geste von dem Interaktionsgerät aufgrund einer falsch ausgeführten Bewegung des Benutzers korrekterweise nicht als Geste erkannt. Zwei weitere Fälle sind auf technische Störungen zurückzuführen. Die Bewegung ist zwar vom Benutzer korrekt ausgeführt worden, die Sensoren des Interaktionsgerätes haben diese jedoch fälschlicherweise nicht als korrekt erkannt. Oder die Geste wurde aufgrund eines Verbindungsfehlers zur Patienten-Anwendung nicht korrekt übertragen. Die beiden letzten Fälle entsprechen Falsch-Negativ-Werten, die nicht ausgeschlossen werden können – insbesondere, weil weder die Gestenerkennung des Interaktionsgerätes noch die Datenübertragung innerhalb des Systems als absolut verlässlich bewertet werden kann. In 4,55 % der durchgeführten Aufgaben wurden explizit korrekte Interaktionen ohne resultierende Systeminteraktion beobachtet, die eindeutig auf technische Probleme zurückzuführen waren. Das Gerät hat zwischenzeitlich keine Gesten erkannt, beispielsweise aufgrund von Verbindungsproblemen oder einer Veränderung der Handposition. In diesen Fällen wurde eine Neukalibrierung durchgeführt, bzw. es wurde – wenn diese keine Besserung brachte – ein anderes Gerät eingesetzt.

Es wurden durchschnittlich sehr wenige Fehlinteraktionen pro Aufgabe ($M = 0,21$; $SD = 0,54$) in Bezug auf den Pfad beobachtet. Eine Interaktion wurde als Fehlinteraktion mit Pfadbezug gewertet, wenn eine Abweichung vom optimalen Pfad vorlag.

Pfadfehler können auf unterschiedliche Umstände zurückzuführen sein. Die Benutzer haben den optimalen Pfad nicht oder zu spät erkannt. Die Navigation in die andere Richtung war angenehmer und sie haben aufgrund dessen zusätzliche Interaktionsschritte als akzeptabel bewertet. In einigen Fällen haben die Teilnehmer die Aufgabenstellung vergessen und sind in Folge vom optimalen Pfad abgewichen.

Weiterhin wurden Ergebnisse der Interview-Auswertungen für die Beantwortung der Forschungsfrage genutzt. Die Items zur Handlungssicherheit wurden durchschnittlich mit einem hohen Zustimmungswert ($M = 4,65$; $SD = 0,43$; Skala von 1 bis 5) beantwortet. Die Teilnehmer sind demzufolge optimistisch, dass sie die Anwahl beliebiger Menüpunkte beherrschen, dass sie die gestellten Aufgaben lösen konnten und auch, dass sie Fehler bei der Navigation zu einem beliebigen Menüpunkt erkennen würden.

Auf die Frage, ob sie das System verwenden könnten, um sich mitzuteilen, wenn sie nicht sprechen könnten, gaben alle Teilnehmer eine positive Antwort. Zwar können die Teilnehmer dies nicht auf eine reale Beatmungssituation beziehen, es zeigt jedoch, dass sie sich eine erfolgreiche Benutzung des Systems zutrauen würden.

Die Teilfrage, wie die Teilnehmer die Interaktion hinsichtlich der Perception und Exekution erleben, wurde durch die Ergebnisse einer thematischen Analyse der Antworten auf die Interviewfragen adressiert. Diese Ergebnisse sind in Abbildung 50 dargestellt.

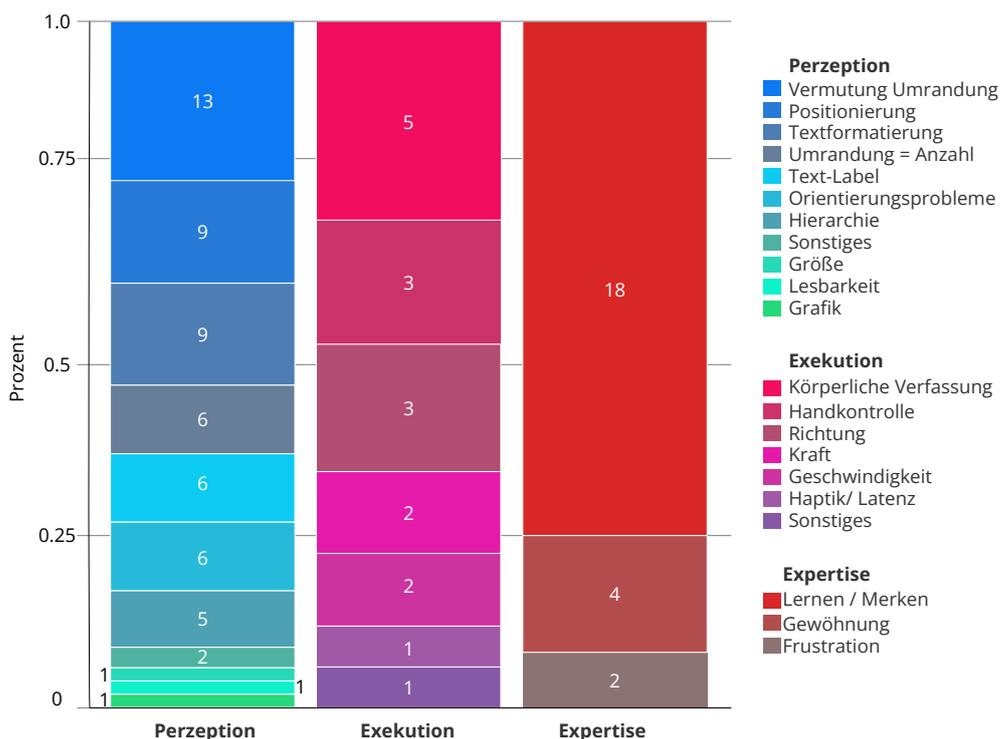


Abbildung 50: Ergebnisse der thematischen Analyse der Interview-Antworten eingeteilt in die Hauptthemen Perception, Exekution und Expertise. Auf der y-Achse wird der relative Anteil, innerhalb der eingefärbten Themenblöcke die absolute Anzahl an Themennennungen angezeigt.

Hinsichtlich der Perception (linker Balken in Abbildung 50) bezogen sich 13 Antworten auf eine Vermutung hinsichtlich der gestrichelten Umrandung der Elemente (in der

Grafik bezeichnet als Thema *Vermutung Umrandung*) als Hierarchieindikator (siehe auch Abbildung 23 auf Seite 123). Die Vermutungen waren vielfältig, am häufigsten (sechsmal) wurde angemerkt, dass es sich bei der Umrandung um *die Anzahl der Elemente* (in Abbildung 50 das Thema *Umrandung = Anzahl*) in dem entsprechenden Untermenü handeln könnte. Das stützt die im vorigen Teilabschnitt (Forschungsfrage 1) aufgestellte Schlussfolgerung, dass dessen Funktionsweise explizit eingeführt werden sollte. Jeweils neunmal wurden die Themen *Positionierung* und *Textformatierung* genannt. Dabei wurden insbesondere die Position des ausgewählten Elements sowie der Titelzeile (Antwort-ID 23: [...] *an der Schrift da oben*) benannt. Bezüglich der Textformatierung wurde überwiegend die hervorhebende Formatierung der aktuellen Ebene innerhalb der in der Titelleiste dargestellten Breadcrumbs angeführt.

Jeweils sechsmal wurden die Themen *Text-Label* und *Orientierungsprobleme* angemerkt. Hinsichtlich der Text-Label wurde die erkennbaren textuellen Elemente benannt (beispielsweise Kategorie-Elemente in Antwort-ID 27: *Körperliches Bedürfnis, anders liegen*). Keine dieser Antworten ließ auf Probleme beim Verständnis der Text-Label schließen. Bei den Orientierungsproblemen konnten die Teilnehmer entweder keine der Indikatoren erkennen oder haben explizit gesagt, dass sie sich nicht orientieren können (Antwort-ID 66: [...] *kann ich nicht priorisieren. Habe ich eh Probleme mit Priorisierungen [...]*). Die Erfolgsrate der Aufgabendurchführung zeigt jedoch, dass den Teilnehmern trotz ihrer Probleme eine erfolgreiche Interaktion mit dem System möglich war. Bezüglich der *Hierarchie* (fünf Nennungen) wurde häufig von Ebenen gesprochen, insbesondere im Zusammenhang mit der Frage, ob die Teilnehmer wüssten, wo innerhalb des Menüs sie sich befinden (Antwort-ID 47: [...] *maximal vier Ebenen [...]*). *Sonstige* Themen (insgesamt zwei) bezogen sich auf *echte Fotos der Pflegekräfte* (Antwort-ID 47) anstatt des dargestellten Icons sowie dass die Titelleiste *nicht gebraucht wird* (Antwort ID 50).

Hinsichtlich der Exekution (mittlerer Balken in Abbildung 50) bezogen sich fünf Antworten auf das Thema *körperliche Verfassung*. Die Teilnehmer waren sich unsicher, ob die körperliche Verfassung der Patienten (physisch oder kognitiv) für die Nutzung des Systems geeignet wäre. Die Themen *Handkontrolle* und *Richtung* wurden je dreimal genannt. Hinsichtlich der Handkontrolle wurde sich auf versehentliche Neigung während des Drückens bezogen und dass das Neigen auf die vom Körper abgeneigte Seite einer Person einfacher fällt. Bezogen auf die Neigegesten und die daraus resultierende Drehung des Menüs hätten drei der Teilnehmer ein invertiertes Mapping erwartet. Jeweils zweimal wurden die Themen *Kraft* (beim Drücken des Interaktionsgerätes) und *Geschwindigkeit* (der Systemreaktion) erwähnt. Jeweils einmal wurden die Themen *Haptik/Latenz* (Antwort-ID 4: *reagiert sehr langsam oder zu schnell*) und *Sonstiges* (Antwort-ID 39: Teilnehmer wünscht sich *lebendigere Strichmännchen* anstatt der verwendeten Grafiken) angegeben.

Hinsichtlich der Expertise (rechter Balken in Abbildung 50) bezogen sich die meisten Antworten auf die Themen *Lernen / Merken* (18-mal) und *Gewöhnung* (viermal). Die Teilnehmer gaben dabei vorwiegend an, dass die neue Interaktionsform Übung bis zur Gewöhnung erfordere. Von frustrierenden Erfahrungen während der Nutzung wurde sehr selten gesprochen (zweimal). Diese Anmerkungen lassen sich auf technische Probleme während der Aufgabendurchführung zurückführen.

In Bezug auf die Beantwortung der zweiten für die Studie aufgestellte Forschungsfrage, ob die Studienteilnehmer das System für eine effektive Kommunikation der angezeigten

Inhalte nutzen können, lassen sich folgende Schlüsse ziehen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Teilnehmer der Studie das System eindeutig für eine effektive Kommunikation der in den Aufgabenstellungen spezifizierten Inhalte und Themen nutzen können. Die Erfolgsrate lag bei der Durchführung der Aufgaben bei 100 % und insgesamt war nur wenig Hilfestellung (durch den Studienleiter) notwendig. Aus dem sich mit steigender Aufgabenzahl verringernden Verhältnisses zwischen Durchschnittsdauer und Baseline lässt sich zudem schlussfolgern, dass die Teilnehmer mit steigender Vertrautheit mit der Interaktion auch effizienter interagieren. Die niedrige Fehlerrate deutet ebenfalls darauf hin, dass die Interaktion mit dem System grundsätzlich unproblematisch funktioniert.

In Bezug auf die Teilfrage, wie die Teilnehmer die Interaktion hinsichtlich der Perzeption und Exekution erleben, lässt sich Folgendes schlussfolgern. Die Ergebnisse der thematischen Analyse zeigen, dass während der Interaktion mit dem System insgesamt nur wenige Hürden bezüglich Perzeption und Exekution erlebt wurden. Vergleichsweise häufig wurde in Bezug auf die Expertise thematisiert, dass die neue Interaktionsform Übung und Gewöhnung erfordert. Optimierungen an der zugrundeliegenden Vernetzung sowie eine robustere Gestenerkennung würden die Fehlerrate mit hoher Wahrscheinlichkeit weiter verringern. Auch die optimistische Selbsteinschätzung zur eigenen Handlungssicherheit und Nutzbarkeit in einer kommunikationsbeschränkten Situation verstärkt diese Tendenz.

Forschungsfrage 3: Gebrauchstauglichkeit und User Experience

Für die Beantwortung der Forschungsfrage, wie die Studienteilnehmer die Gebrauchstauglichkeit und User Experience des Systems bewerten, wurden die Angaben der Teilnehmer auf den standardisierten Skalen *System Usability Score* und *User Experience Questionnaire* sowie auf diese Gütekriterien bezogene Freitextantworten ausgewertet.

Die Ergebnisse der SUS-Items werden in einem Wert zwischen 0 – 100 zusammengefasst. Das System wurde von den Teilnehmern mit einem durchschnittlichen SUS-Wert von $M = 88,18$ ($SD = 10,1$) bewertet, was auf der Skala einer sehr guten bis exzellenten Gebrauchstauglichkeit entspricht.

Die Ergebnisse des UEQ-S sind in Abbildung 51 dargestellt. Es wurde ein exzellenter User Experience-Gesamtwert ermittelt ($M = 2,39$; $SD = 0,93$). Die pragmatische Qualität liegt durchschnittlich bei $M = 2,43$ ($SD = 0,7$), die hedonische Qualität bei $M = 2,35$ ($SD = 1,33$). Daraus lässt sich im Sinne des UEQ-S auf eine exzellente Usability und eine ebenfalls exzellente Stimulation durch die Interaktion ableiten.

Die Lesbarkeit der Textelemente, die Erkennbarkeit der Grafiken und die Passung von Bildern und Texten bewerteten jeweils 100 % der Teilnehmer als positiv.

Hinsichtlich der dritten Forschungsfrage der Studie, wie die Studienteilnehmer die Gebrauchstauglichkeit und User Experience des Systems bewerten, lassen sich folgende Schlussfolgerung ziehen. Die exzellenten Ergebnisse hinsichtlich Gebrauchstauglichkeit und User Experience bestätigen das im Rahmen der vorigen Abschnitte gezeigte, positive Gesamtbild. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die Anwendung für einen Test durch die Zielgruppe der beatmeten Intensivpatienten unter realistischen Bedingungen geeignet ist.

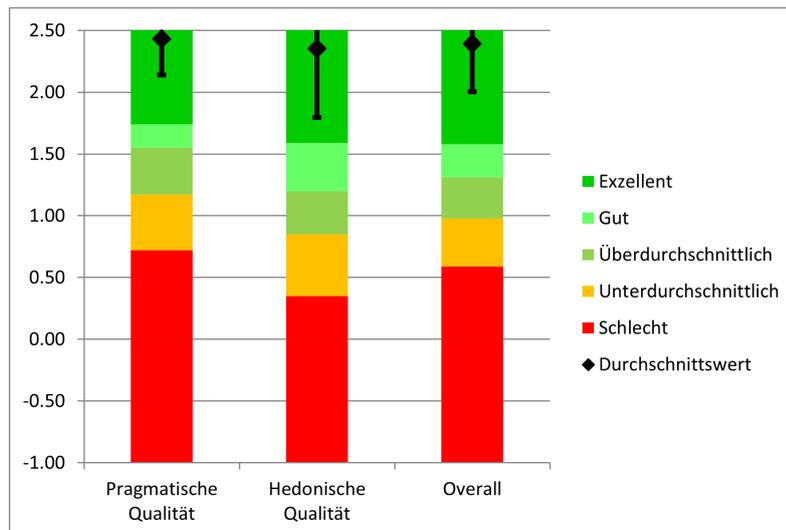


Abbildung 51: Ergebnisse der Auswertung des UEQ-S in der Benutzerstudie: Sowohl die pragmatische, die hedonische als auch die gesamte Qualität wurden als exzellent bewertet

Forschungsfrage 4: Zusammenhänge zwischen kognitiven Alterseffekten und der Effektivität sowie des Erlebens der Systemnutzung

Für die Beantwortung der Forschungsfrage, inwiefern sich Zusammenhänge zwischen kognitiven Alterseffekten und Effektivität sowie Nutzererleben der Systemnutzung zeigen lassen, wurden die Daten miteinander korreliert. Zunächst wurde die Effektivität der Systemnutzung anhand der Erfolgsraten bei der Aufgabendurchführung betrachtet. Alle Teilnehmer konnten alle Aufgaben erfolgreich durchführen, folglich liegt die Effektivität der Systemnutzung bei 100 %. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass in der Stichprobe keine Fälle mit Problemen in Bezug auf die Systemnutzung aufgetreten sind, für die sich Zusammenhänge mit den kognitiven Leistungs- und Gesundheitsdaten untersuchen lassen.

Für die Untersuchung von Zusammenhängen mit dem Nutzererleben wurden die Ergebnisse des Würfeltests und der Angaben zum Gesundheitszustand anhand der WHO-Items (siehe Charakterisierung der Stichprobe auf Seite 173) mit den Bewertungen der Handlungssicherheit, des SUS und des UEQ-S (siehe vorangegangener Abschnitt) korreliert. Dabei konnten keine statistisch signifikanten Korrelationen gezeigt werden (für alle $p >, 05$).

Das lässt sich vermutlich auf die WHO-Werte zurückführen. Die Teilnehmer der Stichprobe fühlten sich relativ gesund und es liegt eine geringe Diversität der gesundheitlichen Vorbedingungen vor. Insbesondere gab es nur eine geringe Varianz der Stichprobe bezüglich der WHO-Werte ($SD = 0,46$). Unter diesem Aspekt konnten keine Korrelationen mit den betrachteten Maßen festgestellt werden.

Damit wurde die vierte Forschungsfrage beantwortet, es konnten insgesamt keine statistisch signifikanten Zusammenhänge zwischen kognitiven Alterseffekten und der Effektivität oder dem Erleben der Systemnutzung gezeigt werden.

9.2 Expertenstudie

Im Rahmen einer weiteren Studie bewerteten HCI-Experten zum einen die in Bezug auf das Kompass-Menü getroffenen Design-Entscheidungen und zum anderen die Integration des Kompass-Menüs in die Patienten-Anwendung. Die Studie unterscheidet sich im Ablauf nur geringfügig von der in Abschnitt 9.1 beschriebenen Nutzerstudie, die zentralen Unterschiede bestehen in den verwendeten Instrumenten und erhobenen Daten.

In diesem Abschnitt werden zunächst Studiendesign und Ziele einschließlich der Forschungsfragen beschrieben (Abschnitt 9.2.1), gefolgt von der für die Studie gewählten Methodik (Abschnitt 9.2.2). Dabei wird auf das Setting und die Prozedur, die eingesetzten Instrumente sowie die Stichprobe eingegangen. In Abschnitt 9.2.3 wird die Vorgehensweise bei der Auswertung der erhobenen Daten vorgestellt, bevor in Abschnitt 9.2.4 die Ergebnisse beschrieben und diskutiert werden.

9.2.1 Studiendesign und Ziele

Schwerpunkt dieser Studie ist die Bewertung des Kompass-Menüs und dessen Integration in die Patienten-Anwendung. Die teilnehmenden Experten sollten ähnlich wie bei der zuvor beschriebenen Benutzerstudie die Steuerung des Systems erlernen und basierend auf typischen Nutzungsszenarien des Systems Aufgaben ausführen. Verändert wurde im Vergleich zur Benutzerstudie insbesondere der Fokus, der auf der Bewertung des Systems durch Experten anhand spezifischer Kriterien liegt. Thematisch bezieht sich die Bewertung auf die Bedienbarkeit, die Orientierungshilfen und die Erlernbarkeit. Diese Kriterien basieren auf den in Abschnitt 2.5.5 beschriebenen Designzielen für Menüs. Als weitere Aspekte werden die Animationen, die Interaktion sowie Gebrauchstauglichkeit, Anwendbarkeit, User Experience und Ästhetik bewertet.

Auf Basis dieser Bewertungskriterien wurde als Ziel der Studie die Beantwortung der folgenden Forschungsfragen spezifiziert.

1. Wie bewerten die Experten im Rahmen der Entwicklung getroffene Design-Entscheidungen bezüglich der Designziele für Menüs?
2. Wie bewerten die Experten die Patienten-Anwendung in Bezug auf die Aspekte Gebrauchstauglichkeit, Anwendbarkeit, User Experience und Ästhetik?

Zur Beantwortung der Fragen wurde ein vierteiliger Online-Fragebogen konzipiert, der eine Vielzahl an Items zu den oben genannten Kriterien beinhaltet. Zusätzlich wurden standardisierte Items zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit, User Experience und Ästhetik eingesetzt.

9.2.2 Methodik

Setting und Prozedur

Wie die zuvor in Abschnitt 9.1 beschriebene Studie fand auch diese im COPICOH-Health-Lab der Universität zu Lübeck statt. Das Setting und der Ablauf der Studie waren nahezu identisch, letzterer ist in Abbildung 52 dargestellt. Der Laboraufbau

war komplett identisch zu der zuvor beschriebenen Studie (siehe auch Abbildung 48). Im Folgenden wird daher vorwiegend auf die Unterschiede zu der Nutzerstudie eingegangen.

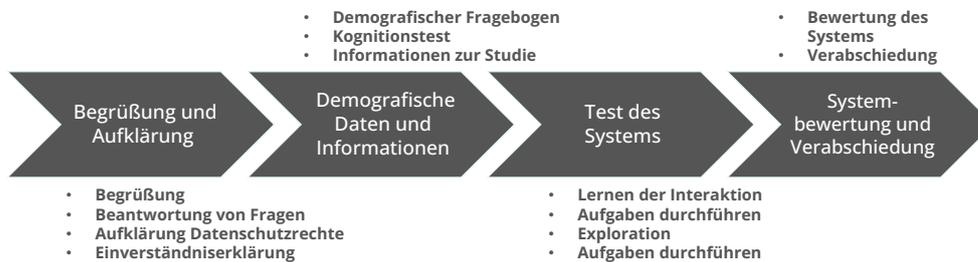


Abbildung 52: Ablauf der Evaluation mit HCI-Experten

Nach einer Begrüßung und Aufklärung wurden demografische Daten erhoben und Kognitionstests durchgeführt. Die Erhebung der Daten der Kognitionstests diente dem Vergleich mit den Werten der Stichprobe der Nutzerstudie (siehe Abschnitt 9.3).

Bis einschließlich der kurzen Befragung nach der Lernphase war der Ablauf identisch zur vorigen Studie. Anschließend führten die Experten die Aufgaben aus der vorigen Studie aus (kurz unterbrochen durch die Explorationphase), um das Prinzip zu verstehen und sich umfassend mit dem Funktionsumfang der Anwendung vertraut zu machen. Dabei wurden keine Leistungsdaten hinsichtlich der Aufgabendurchführung erhoben. In Abhängigkeit davon, wie umfassend sie das System bereits exploriert haben, wurden zur Vermeidung von Redundanzen Aufgaben übersprungen. Nach Beendigung der Aufgabendurchführung sollten die Experten zur Bewertung des Kompass-Menüs den dritten Fragebogenteil beantworten. Währenddessen lagen die Experten im Bett, um sich für die Beantwortung von Fragen ggf. noch mit dem entsprechenden Aspekt des Systems vertraut zu machen.

An einem Tisch füllten die Experten den abschließenden vierten Fragebogenteil aus. Anschließend wurden sie verabschiedet.

Instrumente

Aufgrund der Expertise der Teilnehmer wurde der Fokus der Evaluation auf subjektive Bewertungen gelegt. Diese wurden mittels eines während der Studie ausgefüllten, vierteiligen Fragebogens (Demografische Daten (1), erster Eindruck (2) sowie Bewertung des Menüs (3 und 4)) mit insgesamt 80 Items erhoben. Details zu den einzelnen Fragebogen-Items (einschließlich der konkreten Formulierung der Fragen) sind in Anhang D dargestellt. Die vier Teile werden im Folgenden inhaltlich beschrieben.

Teil 1: Demografische Daten

Zur Charakterisierung der Experten wurden verschiedene demografische Daten erfasst. Diese umfassen Alter, Geschlecht und Beruf sowie die Berufserfahrung seit dem Abschluss des Studiums in Jahren. Anschließend führten die Experten den in Abschnitt 9.1.2 beschriebenen 9-minütigen Würfeltest durch.

Teil 2: Erster Eindruck

In diesem Teil wurden Daten zum ersten Eindruck bezüglich des Schwierigkeitsgrads der Steuerung und der Vibrationsstärke des Interaktionsgerätes erhoben. Die Experten konnten vor Beantwortung der Fragen erneute Interaktionen durchführen.

Teil 3 und 4: Bewertung des Menüs

In diesen Teilen bewerteten die Experten anhand verschiedener Fragebogen-Items die Bedienbarkeit (in Bezug auf die visuelle Darstellung, den Auswahlmechanismus und die visuelle Struktur) sowie die Orientierungshilfen und Erlernbarkeit des Menüs. Die Fragen wurden basierend auf den von Samp [2013] beschriebenen Richtlinien und Designzielen zur Menügestaltung (vgl. Abschnitt 2.5.5) formuliert.

Animationen Weiterhin wurden Items zu den drei zentralen Animationen *Elementwechsel* (Rotation des Kreises nach rechts/links), *Wechsel der Hierarchieebene* (Zusammenziehen in den Mittelpunkt und wieder ausdehnen) und *Auswahl eines Blattknoten-Elements* (temporäres Hervorheben des Elements und Eintrüben der restlichen Elemente) erstellt. Die Experten sollten bewerten, inwiefern diese beim Verständnis des Systemzustands helfen und inwiefern sie diese als passend empfinden.

Interaktion Hinsichtlich der Interaktion und der Interaktionskosten wurden acht weitere Items erstellt. Die Experten sollten beurteilen, inwiefern *die Gesten des Eingabegeräts zu den Reaktionen des Menüs passen, das kreisförmige Menü-Layout des Kompass-Menüs und die Ballform des Eingabegeräts zusammenpassen und das System zum Ausprobieren einlädt*. Weiterhin sollten sie evaluieren, inwiefern *die Interaktion mit dem System Spaß bringt, die Bestätigungsdialoge Sicherheit bei der Bedienung geben* und inwiefern *die Bestätigungsdialoge die Verhinderung von Fehlinteraktionen ermöglichen*. Bezüglich der Interaktionskosten sollten sie bewerten, inwiefern sie *die Anzahl der notwendigen Interaktionsschritte zur Erreichung der Menüelemente als angemessen empfinden* und sich *diese nicht weiter verringern ließen*.

Zusätzlich wurden die eingehend in Abschnitt 2.5.6 beschriebenen Kriterien aus dem Modell zur Leistungsevaluation von Menüs (vgl. Tabelle 2) bezüglich der beiden Faktoren Gebrauchstauglichkeit und Anwendbarkeit eingesetzt.

Gebrauchstauglichkeit, User Experience und Ästhetik Hinsichtlich der Gebrauchstauglichkeit wurde die *System Usability Scale* von Brooke et al. [1996] und für die Bewertung der User Experience der *User Experience Questionnaire* (UXQ) von Laugwitz et al. [2008] eingesetzt. Um die Ästhetik des Systems zu bewerten, wurden die Items der Kurzfassung des *Visual Aesthetics of Websites Inventory*-Fragebogens (VisAWI-S) von Moshagen & Thielsch [2010] verwendet.

Anwendbarkeit Die drei zentralen Kriterien der Anwendbarkeit im Modell von Bailly et al. [2017] sind die Angemessenheit bzw. Eignung für Anwendungen, Geräte und Benutzerklassen. Die daraus für die Evaluation abgeleiteten Fragen zielen darauf ab, ob die Experten das Menü so einschätzen, dass es für diese(s), aber auch für andere Anwendungen/Geräte/Benutzerklassen adäquat geeignet ist bzw. eingesetzt werden könnte.

Abschließend sollten die Experten Freitextfragen beantworten, bezüglich positiver und verbesserungswürdiger Aspekte, alternativer Anwendungskontexte für das System (oder Teile dessen) sowie Anwendungsfällen, in denen das System (oder Teile dessen) ungeeignet bzw. nicht nutzbar ist.

Teilnehmer der Expertenstudie

Für diese Studie wurden sechs Experten mit Fachkenntnis im HCI-Bereich rekrutiert. Als Einschlusskriterien wurden ein Masterabschluss Medieninformatik, mindestens ein Jahr Berufserfahrung und die Möglichkeit einer Vor-Ort-Evaluation festgelegt. Die Rekrutierung wurde unter ehemaligen Studierenden durchgeführt, zu denen Kontaktmöglichkeiten bestanden.

Das Durchschnittsalter lag bei 30,17 Jahren ($SD = 3,62$) und 67 % waren männlich (33 % weiblich). Durchschnittlich hatten die Teilnehmer 3,17 Jahre Berufserfahrung ($SD = 1,57$). Die Technikaffinität war mit einem Durchschnittswert von 5,0 ($SD = 0,6$; Skala von 1 bis 6) erwartungsgemäß hoch.

Im Durchschnitt wurden 70,83 % der Würfeltest-Aufgaben korrekt beantwortet. Der Median liegt bei 70 %. Das schwächste Testergebnis liegt bei 45 % richtig gelöster Aufgaben, das stärkste bei 95 %.

9.2.3 Datenauswertung

Die Daten wurden nach Abschluss der Studie als Tabelle aus dem Online-Fragebogen-System Limesurvey anonymisiert heruntergeladen. Mit Microsoft Excel und R-Studio⁴ wurde die deskriptive Datenauswertung durchgeführt. Die Antworten auf die Freitextfragen wurden der thematischen Analyse nach [Braun & Clarke, 2006] thematisch geordnet und Summen aus den Nennungen gebildet. Die Studie umfasste wenige Freitext- und keine Interviewfragen, aufgrund dessen wurden – anders als in der Nutzerstudie – keine fragenübergreifenden Themen gebildet.

9.2.4 Ergebnisse

Nach der Lernphase wurden die Experten zu ihrem ersten Eindruck der Interaktion befragt. Zunächst sollten sie den Schwierigkeitsgrad der Steuerung bewerten (auf einer Skala von 1 bis 10, 1 entspricht leicht, 10 entspricht schwer). Die Auswertung ergab einen sehr niedrigen durchschnittlichen Schwierigkeitsgrad von $M = 1,67$ ($SD = 0,82$).

Weiterhin sollten die Experten bewerten, wie sie die gewählte Vibrationsstärke als Feedback nach der Ausführung einer Geste empfinden (auf einer Skala von 1 bis 10, 1 entspricht schwach, 10 entspricht stark). Für die Geste Neigen wurde der Durchschnittswert $M = 5,83$ ($SD = 2,32$), für das Drücken der Durchschnittswert $M = 5,67$ ($SD = 2,42$) ermittelt. Beide Werte entsprechen einer mittleren Vibrationsstärke, wobei die Neigen-Geste leicht stärker empfunden wurde. Die Experten sollten die gewählte Vibrationsstärke beurteilen (auf einer Skala von 1 bis 7, 1 = zu schwach, 4 = genau richtig, 7 = zu stark). Für die Geste Neigen ergab sich ein Durchschnittswert von $M = 3,67$ ($SD = 0,52$) und für die Geste Drücken ein Durchschnittswert von $M = 3,83$ ($SD = 0,75$). Für beide Gesten liegt die Vibrationsstärke somit im Bereich *genau richtig* mit leichter Tendenz zu *zu schwach*. Tendenziell könnte die Vibrationsstärke also etwas erhöht werden.

⁴<https://posit.co/products/open-source/rstudio/> (abgerufen am 07.05.2023)

Einige Experten kommentierten Steuerung und Vibration. Ein Teilnehmer hätte während der Neigen-Geste eine Scrolling-Interaktion, ein weiterer bezüglich des Neigens eine invertierte Steuerung erwartet. Das Neigen des Interaktionsgerätes in Richtung des Körpers wurde als eine mögliche Quelle für Interaktionsprobleme thematisiert. Zwei Teilnehmer könnten sich unterschiedliche Vibrationsmuster für die verschiedenen Gesten vorstellen (zwei kurze Vibrationen oder ggf. adaptiert auf die Dauer der Animationen), um diese voneinander unterscheidbar zu machen. Zwei Kommentare bezogen sich auf die Vibrationsstärke, diese wurde als ggf. zu schwach für die Zielgruppe angesehen, auch im Hinblick auf mögliche Gewöhnungseffekte.

Forschungsfrage 1: Bewertung der Design-Entscheidungen

Die Design-Entscheidungen in Bezug auf das Kompass-Menü wurden anhand von 39 Items bewertet, wobei ein hoher Grad der Zustimmung einer positiven Bewertung entspricht. Der vollständige Fragebogen mit dem Wortlaut sowie den Bewertungen aller Items befindet sich in Anhang D. Für diese Ergebnisdarstellung wurden die Items in Tabelle 19 zu Kategorien zusammengefasst. Für die Werte der zugrundeliegenden Items wurden Mittelwerte gebildet. Diese reduzierte Darstellung wurde gewählt, da die Bewertung der Items insgesamt auf einem hohen Niveau lag.

ID	Items	Kategorie	M	SD
1	15-16	Visuelle Darstellung	5,5	0,41
2	17-18	Auswahlmechanismus	4,67	1,14
2.1	17	Dieser ist einfach.	5,83	0,41
2.2	18	Dieser ist vertraut/bekannt.	3,5	1,87
3	19-21	Visuelle Struktur	5,17	0,66
4	22-30	Anleitung	5,33	0,83
5	31-34	Erlernbarkeit	5,88	0,23
6	35-36	Animation Elementwechsel	5,92	0,20
7	37-38	Animation Ebenenwechsel	5,33	1,03
8	39-40	Animation Auswahl Blattknoten	6	0
9	41-46	Interaktion	5,89	0,33
10	47-48	Interaktionskosten	5,67	0,52
11	59-64	Anwendbarkeit	5,5	0,68

Tabelle 19: Expertenbewertungen der Menüeigenschaften in Form von Durchschnittswerten der Item-Kategorien ($n = 6$ Experten). Jede Kategorie besteht aus zwei bis neun Items. Diese Items repräsentieren jeweils eine Aussage, zu der die Teilnehmer den Grad ihrer Zustimmung auf einer sechsstufigen Likert-Skala ($1 =$ stimmt gar nicht, $2 =$ stimmt weitgehend nicht, $3 =$ stimmt eher nicht, $4 =$ stimmt eher, $5 =$ stimmt weitgehend, $6 =$ stimmt völlig) angegeben haben. Hohe Werte entsprechen einem hohen Grad der Zustimmung. Der gesamte Fragebogen mit Wortlaut sowie Bewertungen der einzelnen Items befindet sich in Anhang D.

Aus Tabelle 19 lässt sich ablesen, dass die Bewertungen der unterschiedlichen Kategorien sehr positiv bis exzellent waren. Bis auf eine Ausnahme haben die Experten

den Aussagen mindestens weitgehend zugestimmt. Die Ausnahme bildet die Kategorie Auswahlmechanismus (ID 2 in Tabelle 19). Aus diesem Grund wurden in der Tabelle die einzelnen Items dieser Kategorie mit aufgeführt (ID 2.1 und 2.2). Die Teilnehmer stehen der Aussage, dass der Auswahlmechanismus *vertraut/bekannt* ist (ID 2.1), im Durchschnitt betrachtet neutral ($M = 3,5$, $SD = 1,87$) gegenüber. Einen hohen Grad der Zustimmung erhielt die Aussage, dass der Auswahlmechanismus *einfach ist* (ID 2.2). Teilnehmer, die den Auswahlmechanismus als *vertraut/bekannt* bewerteten, könnten diese Eigenschaft aufgrund von Erfahrungen im Gaming-Bereich sowie dem Umgang mit Controllern von Spielkonsolen positiv bewertet haben. Auch diejenigen, die den Mechanismus nicht als vertraut bewerteten, empfanden ihn als einfach.

Damit lässt sich die Teilforschungsfrage beantworten, wie die Teilnehmer die im Rahmen der Entwicklung getroffenen Design-Entscheidungen bezüglich der von Samp [2013] beschriebenen Designziele für Menüs (siehe Abschnitt 2.5.5) bewerten. Die für das Kompass-Menü getroffenen Design-Entscheidungen wurden durchweg positiv bewertet und damit bestätigt.

Forschungsfrage 2: Gebrauchstauglichkeit, Anwendbarkeit, UX und Ästhetik

Die Ergebnisse der SUS-Items werden in einem Wert zwischen 0 und 100 zusammengefasst. Die Teilnehmer bewerteten das System mit einem durchschnittlichen SUS-Wert von $M = 85,0$ ($SD = 2,74$), was auf der Skala einer sehr guten bis exzellenten Gebrauchstauglichkeit entspricht.

Neben der Gebrauchstauglichkeit wurde die Anwendbarkeit von Bailly et al. [2017] als zweiter wichtiger Faktor für die Leistungsbewertung von Menüs beschrieben (siehe Abschnitt 2.5.6). Der Mittelwert der aus sechs Items bestehenden Kategorie Anwendbarkeit ist in Tabelle 19 dargestellt (letzte Zeile).

Die Items bezüglich der Eignung für die Patienten-Anwendung, das Interaktionsgerät BIRDY und die Benutzerklasse der Weaningpatienten haben einen hohen Grad der Zustimmung erhalten (Details siehe Tabelle in Anhang D), woraus sich eine positive Bewertung der Anwendbarkeit ableiten lässt.

In Abbildung 53 sind die Ergebnisse des UEQ-S dargestellt. Es wurde ein exzellenter User Experience-Gesamtwert ermittelt ($M = 1,90$; $SD = 1,03$). Die pragmatische Qualität liegt durchschnittlich bei $M = 2,25$ ($SD = 0,75$), die hedonische Qualität bei $M = 1,56$ ($SD = 1,33$). Daraus lässt sich im Sinne des UEQ-S eine exzellente Usability und eine gute Stimulation durch die Interaktion ableiten.

Die Ergebnisse der Items der *Short-Visual Aesthetics of Websites Inventory*-Skala (VisAWI-S) liegen bei einem Durchschnittswert von $M = 6,17$ ($SD = 0,61$) auf einer Skala von 1 bis 7. Die allgemeine Ästhetik der Patienten-Anwendung wurde von den Experten folglich insgesamt als gut bis sehr gut bewertet.

Mit diesen Ergebnissen wurde die zweite Forschungsfrage, wie die Experten die Patienten-Anwendung in Bezug auf die Aspekte Gebrauchstauglichkeit, Anwendbarkeit, User Experience und Ästhetik bewerten, beantwortet. Die Bewertungen der Experten bezüglich der genannten Aspekte sind durchweg positiv. Hervorheben lässt sich, dass die beiden Faktoren zur Leistungsbewertung von Menüs (Gebrauchstauglichkeit und Anwendbarkeit) für das Kompass-Menü positiv bewertet wurden.

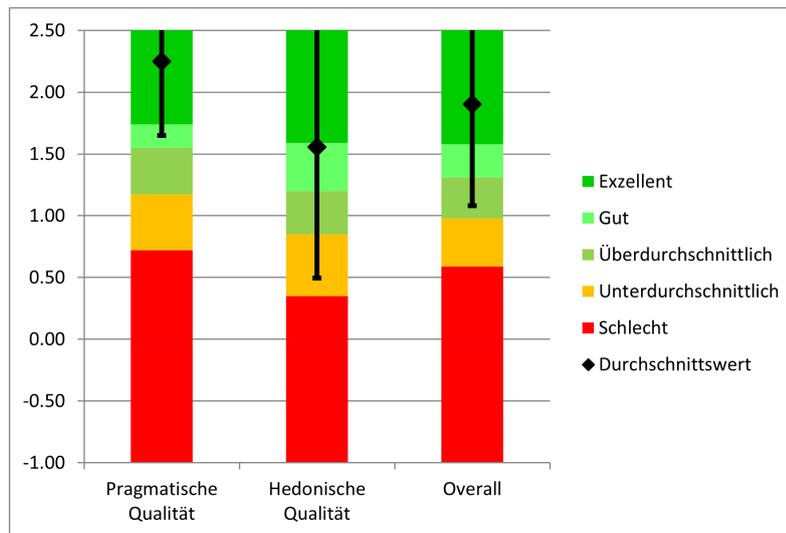


Abbildung 53: Ergebnisse der Auswertung des UEQ-S für die Stichprobe der Experten: Die pragmatische und die gesamte Qualität wurden als exzellent bewertet, die hedonische Qualität als gut.

Qualitatives Feedback

Über die Freitextfelder haben die Teilnehmer qualitatives Feedback gegeben. Dieses wird unabhängig von einer Forschungsfrage im Folgenden beschrieben und diskutiert.

Am häufigsten wurden Vorschläge für Optimierungen (elfmal) angeregt: So sollte der *Unterschied zwischen den Menüzweigen Etwas sagen und Klingel klar(er) vermittelt* werden; das *Text-Label nicht ausgewählter Elemente* könnte etwas *prägnanter* dargestellt werden und der *Farbkontrast* sollte *etwas höher* sein. In drei Anmerkungen wurden Animationen zur Vermittlung der Hierarchie thematisiert: Die *Animation des Ebenenwechsels* könnte beispielsweise *auf die Richtung der Navigation innerhalb der Menühierarchie abgestimmt* werden. In den Pop-up-Fenstern der Bestätigungsdialoge sollten die Optionen zudem *eindeutiger dargestellt* werden. Einige *Icons* wirkten auf einen Teilnehmer zudem *etwas inkonsistent und unruhig*. Gleichzeitig war er sich unsicher, ob eine erhöhte Konsistenz aufgrund notwendiger Kompromisse die Aussagekraft reduzieren würde.

Die Breadcrumbs wurden in sechs Anmerkungen thematisiert: Diese wurden meist als *hilfreich* oder *klar* beschrieben. Vier Anmerkungen bezogen sich auf den Hierarchieindikator: Dieser wurde entweder übersehen oder nicht mit der korrekten Bedeutung assoziiert. Ähnliche Ergebnisse wurden bereits in der eingangs beschriebenen Nutzerstudie gefunden. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass dieser Hierarchieindikator Optimierungspotential aufweist.

Drei Kommentare bezogen sich auf die Zurück-Funktion. Wäre der Menüpunkt *Zurück* stets vorausgewählt, ließe sich die Anzahl notwendiger Interaktionsschritte verringern. Einem Kommentar zufolge sollte der Zurück-Button zudem visuell stärker von den inhaltlichen Menüpunkten abgegrenzt werden, um die Unterscheidbarkeit zwischen Inhalt und Navigation zu verbessern. Diese Einschätzung deckt sich allerdings nicht

mit den Ergebnissen der Nutzerstudie, in der der Zurück-Button mehrfach als besonders gut erkennbar hervorgehoben wurde.

Weiterhin wurde die Positionierung des Labels des ausgewählten Elements kritisch gesehen (dreimal): Die Teilnehmer hätten das Label nicht in der Kreismitte, sondern unter dem Menüpunkt erwartet.

In Bezug auf die Anmerkungen wäre eine Anpassung der Menügestaltung zu untersuchen, in der die Kurzform der Bezeichnung des ausgewählten Elements nicht ausgeblendet, sondern zusätzlich zu der im zentralen Element angezeigten Langform unterhalb der Grafik angezeigt wird.

Zwei Anmerkungen gab es zu einem Fragebogen-Item (*Das Menü ist platzsparend gestaltet*) mit Bezug zu der Menüeigenschaft *platzsparend*: Das Menü sei zwar *nicht platzsparend, aber platzeffizient* gestaltet und *platzsparend sei im Kontext nicht das entscheidende Kriterium*. Weitere Anmerkungen bezogen sich darauf, dass *eine halbe Kugel anstelle eines Balls auch ausreichen würde* und dass *eine Scrolling-Geste die notwendigen Interaktionsschritte weiter verringern könnte*. Diese Anmerkungen könnten in zukünftigen Entwicklungen untersucht werden.

Auf die Frage, was an dem System als positiv gesehen wird und beibehalten werden sollte, wurden erfreulicherweise viele Aspekte genannt, auf die hier nicht speziell eingegangen wird. Die Teilnehmer konnten sich folgende weitere Kontexte für das System (bzw. Teile dessen) vorstellen: allgemeine Infotainment-Systeme; Einsatz des Kompass-Menüs in Fahrzeug-Systemen; generell in Systemen für Menschen mit permanenten Einschränkungen; BIRDY als Interaktionsgerät für Situationen, in denen Touch nicht optimal ist (beispielsweise in der Küche); Menüsteuerung in Kontexten mit nur wenigen verschiedenen Interaktionsformen. Folgende Anwendungsfälle wurden genannt, in denen das System nicht geeignet/nutzbar ist: *Texteingaben; (Notfall-)Kontexte, in denen schnelle Eingaben notwendig sind; überall dort, wo eine direkte Selektion möglich ist; wenn man freie Hände braucht oder wenn es etwas rauer zugeht*.

Viele der Aspekte des qualitativen Feedbacks sind Rückmeldungen, die in Weiterentwicklungen des Systems aufgegriffen werden können.

9.3 Vergleich der Studienergebnisse

Das Assistive System wurde im Rahmen einer Nutzerstudie mit dem Fokus auf die Integration des Kompass-Menüs in das Assistive System und einer Expertenstudie mit dem besonderen Fokus auf die getroffenen Design-Entscheidungen für das Kompass-Menü untersucht. In beiden Studien wurden vergleichbare Ergebnisse erhoben. Im Folgenden werden die Studienergebnisse miteinander verglichen. In Tabelle 20 sind diese Vergleichswerte dargestellt.

Bezüglich des Würfeltests konnte gezeigt werden, dass die Experten erwartungsgemäß eine höhere Erfolgsquote als die Stichprobe der älteren Erwachsenen aufweist. Die Maximalwerte sind dabei in beiden Stichproben hoch. Daraus lässt sich folgende potenzielle Ursachen ableiten. Möglicherweise befähigt die berufliche Domäne der Experten oder das Informatikstudium zu einer erfolgreicher mentalen Rotation der Würfel. Weitere mögliche Ursachen sind Alterseffekte. Für einen ebenfalls die mentale Rotation beinhaltenden Kognitionstest (Redrawn Vandenberg & Kuse Mental Rotation

Vergleichskriterium	Stichprobe			
	Bezeichnung	Werte	Experten	Senioren
Erfolgsrate des Würfeltests	M		70,83%	41,55%
	SD		18,82%	14,75%
	Min		45%	10%
	Max		95%	80%
Schwierigkeitsgrad der Steuerung	M		1,67	2,0
	SD		0,82	1,19
Vibrationsstärke Neigen	M		5,83	5,38
	SD		2,32	2,56
Vibrationsstärke Drücken	M		5,67	5,33
	SD		2,42	2,65
Gesamtwert des SUS	M		85,0	88,18
	SD		2,74	10,1
Gesamtwert des UEQ-S	M		1,90	2,39
	SD		1,03	0,93

Tabelle 20: Vergleich der Ergebnisse von Experten- (n = 6) und Nutzerstudie (n = 22) bezüglich der Erfolgsrate des Würfeltests (M = Mittelwert, SD = Standardabweichung, Min = Minimalwert, Max = Maximalwert), des empfundenen Schwierigkeitsgrads der Steuerung (Skala von 1 bis 10; ein niedriger Wert entspricht einem geringen Schwierigkeitsgrad), der jeweils für Neigen und Drücken wahrgenommenen Vibrationsstärke (Skala von 1 bis 10; ein niedriger Wert entspricht einer geringen Stärke), des Gesamtwerts des SUS (Werte über 85 entsprechen einer exzellenten Bewertung) sowie des Gesamtwerts des UEQ-S (Werte über 1,58 entsprechen einer exzellenten Bewertung).

Test [Peters et al., 1995]) konnten vergleichbare Korrelationen zwischen Alter und Erfolgsquote gezeigt werden [Maylor et al., 2007].

Den Schwierigkeitsgrad der Steuerung bewerteten sowohl die Experten als auch die Senioren vergleichbar gering, folglich kann von einer leichten oder einfachen Steuerung gesprochen werden. Die empfundene Vibrationsstärke ist sowohl für Neigen als auch für Drücken in beiden Stichproben vergleichbar, sie liegt jeweils leicht über dem mittleren Wert. Die Standardabweichungen zeigen jedoch eine deutliche Streuung sowohl bei den der Experten als auch in der Stichprobe der Senioren. Ähnlich sind die SUS-Bewertungen. Beide Gruppen bewerteten die Gebrauchstauglichkeit als exzellent. Auffällig ist, dass die Standardabweichung für die Stichprobe der Senioren höher ist als für die der Experten. Exzellente Werte können in beiden Stichproben für den UEQ-S gezeigt werden. Die Bewertung der Senioren ist dabei höher als die der Experten.

Insgesamt sind die Ergebnisse in Bezug auf den geringen Schwierigkeitsgrad der Steuerung, die Vibrationsstärke und die positive Bewertung von Gebrauchstauglichkeit und User Experience sehr ähnlich. Das lässt auf eine hohe Validität der Ergebnisse schließen.

9.4 Limitationen

Aufgrund der begrenzten Stichprobengröße der Nutzerstudie können deren Ergebnisse nicht als repräsentativ für die Bevölkerung betrachtet werden. Damit weisen diese eine limitierte Aussagekraft hinsichtlich der Verallgemeinerung der Ergebnisse auf.

Insbesondere ist es wichtig, das System in weiteren Studien mit der Zielgruppe der Weaningpatienten zu testen. Unabhängig davon konnte mit den Ergebnissen der Studie gezeigt werden, dass das System einen fortgeschrittenen Reifegrad besitzt und für den Einsatz im Rahmen einer Feldstudie geeignet ist.

Studien mit experimentellem Design weisen oft Limitationen auf, wie beispielsweise die mangelnde Kontrolle von Störfaktoren oder das Fehlen einer Kontrollgruppe. Diese Einschränkungen können die Aussagekraft kausaler Zusammenhänge beeinflussen. In einem Vergleich mit der aktuellen Situation von Weaningpatienten, die aufgrund fehlender, effektiver Werkzeuge stark in Bezug auf die Kommunikation eingeschränkt sind, zeigen die Ergebnisse der in dieser Arbeit durchgeführten Studien klare Tendenzen auf. Gesunde ältere Erwachsene konnten das System mit nur wenig Übungsbedarf für eine effektive Kommunikation nutzen. In einem nächsten Schritt sollte untersucht werden, ob dies ebenfalls für Weaningpatienten gilt.

Ein Teil der erhobenen Daten basiert zudem auf subjektiven (Selbst-)Einschätzungen der Teilnehmer. In selbstberichteten Daten lässt sich nicht ausschließen, dass die Ergebnisse durch Erinnerungsverzerrungen oder soziale Erwünschtheit beeinflusst werden. Um diese Faktoren abzuschwächen, wurden zusätzlich objektive Leistungsdaten (beispielsweise die Erfolgsquote bei der Durchführung der Aufgaben) erhoben, welche im Falle der Nutzerstudie die positiven Ergebnisse der subjektiven Erhebungen stützen.

Belastbare Daten hinsichtlich der angestrebten Wirkung des Assistiven Systems würden sich im Rahmen einer Feldstudie mit Weaningpatienten und einem auf einer Experimental- und Kontrollgruppe basierenden Studiendesign gewinnen lassen.

9.5 Zusammenfassung und Fazit

In diesem Kapitel wurde die Evaluation des im Rahmen der Dissertation entwickelten, in ein Assistives System zur Unterstützung der Bedürfnisse von Weaningpatienten integrierten Kompass-Menüs beschrieben. Diese Evaluation ist der letzte Baustein zur Beantwortung der dieser Arbeit zugrundeliegenden Forschungsfragen 2 und 3. In der Evaluation wurden zwei Studien beschrieben, in denen auf Grundlage aufgabenbasierter Nutzungstests mit einem besonderen Fokus auf das integrierte Kompass-Menü unter anderem die Gebrauchstauglichkeit und Anwendbarkeit des Assistiven Systems erhoben wurde.

In der ersten Studie mit 22 älteren Erwachsenen wurden qualitative und quantitative Methoden kombiniert, um verschiedene studienspezifische Forschungsfragen hinsichtlich der Bewertung des Assistiven Systems zu beantworten (siehe Abschnitt 9.1). Diese bezogen sich auf das Erlernen der Interaktion, die Nutzbarkeit für Kommunikation, die Gebrauchstauglichkeit und User Experience sowie auf Zusammenhänge zwischen kognitiven Alterseffekten und der Effektivität sowie dem Erleben der Systemnutzung. Die Beantwortung der studienspezifischen Forschungsfragen wurde im Ergebnisabschnitt der Studie ausführlich diskutiert. Die Teilnehmer erlernten die Interaktion schnell und konnten die Aufgaben ausnahmslos durchführen. Im Rahmen der Auswertung konnten äußerst positive Tendenzen hinsichtlich der Gebrauchstauglichkeit und Anwendbarkeit gezeigt werden.

Die zweite Studie war eine Expertenevaluation mit 6 HCI-Experten (siehe Abschnitt 9.2). Diese führten verschiedene Aufgaben durch, um sich mit dem Funktionsumfang des Systems vertraut zu machen und bewerteten anschließend dieses sowie das integrierte Kompass-Menü auf Basis verschiedener Kriterien. Die Kriterien wurden unter anderem aus zwei in der Literatur beschriebenen Design-Spaces [Bailly et al., 2017, Samp, 2013] abgeleitet. Bewertet wurden die während der Entwicklung getroffenen Design-Entscheidungen, die Gebrauchstauglichkeit, die Anwendbarkeit, die User Experience und die Ästhetik. Im Ergebnisabschnitt der Studie wurden die studien-spezifischen Forschungsfragen in einer ausführlichen Diskussion beantwortet. Die Bewertungen der Design-Entscheidungen waren überwiegend äußerst positiv. Bis auf eine Ausnahme (*Auswahlmechanismus ist vertraut/bekannt*) haben die Teilnehmer den Aussagen weitgehend zugestimmt. Die für das Kompass-Menü getroffenen Design-Entscheidungen auf Basis der von Samp [2013] beschriebenen Designziele für Menüs wurden durchweg positiv bewertet und damit bestätigt.

Die Faktoren Gebrauchstauglichkeit, Anwendbarkeit, User Experience und Ästhetik wurden jeweils als sehr gut bis exzellent bewertet. Hervorheben lässt sich, dass die beiden Faktoren zur Leistungsbewertung von Menüs (Gebrauchstauglichkeit und Anwendbarkeit) für das Kompass-Menü positiv bewertet wurden. Aus dem qualitativen Feedback lassen sich kleinere Optimierungen ableiten. Insbesondere der Hierarchieindikator könnte gestalterisch optimiert werden, sodass er möglichst ohne explizite Erklärung als solcher erkannt wird.

Ein Vergleich der Ergebnisse beider Studien ergab keine auffälligen Unterschiede (siehe Abschnitt 9.3). Sowohl der Schwierigkeitsgrad der Steuerung als auch die Gebrauchstauglichkeit und User Experience des Systems wurden ähnlich leicht bzw. positiv bewertet. Daraus lässt sich eine hohe Validität der Ergebnisse schlussfolgern.

Limitationen der Studien werden in Abschnitt 9.4 beschrieben. Die geringe Stichprobengröße, das experimentelle Design und die (teilweise) aus subjektiven Selbsteinschätzungen bestehende Datenbasis können als Limitationen betrachtet werden. In einer Feldstudie mit Weaningpatienten und einem auf einer Experimental- und Kontrollgruppe basierenden Studiendesign könnten belastbare Daten hinsichtlich der Gebrauchstauglichkeit für die Zielgruppe und insbesondere die Wirkung der Intervention durch das Assistive System untersucht werden.

Aus den zuvor beschriebenen Ergebnissen lassen sich diverse Erkenntnisse ableiten. Die getroffenen Design-Entscheidungen im Rahmen der Gestaltung von Kompass-Menü und Patienten-Anwendung bilden die Grundlage für das leicht erlernbare, einfach zu bedienende und – für die Stichprobe der durchgeführten Nutzerstudie – gebrauchstaugliche Assistive Systems. Gesunde ältere Erwachsene waren ohne umfangreiche Schulungen in der Lage, die Funktionen des Systems korrekt zu nutzen und es hinsichtlich seiner Kernfunktionalität – Kommunikation der Bedürfnisse von Weaningpatienten – einzusetzen. Darüber hinaus konnten auch die Funktionen zur Adressierung weiterer spezifischer Patientenbedürfnisse weitestgehend problemlos genutzt werden. Anhand der Bewertungen von HCI-Experten wurde gezeigt, dass die getroffenen Design-Entscheidungen auf Grundlage der Literatur entnommener, spezifisch auf die Gestaltung von Menüs bezogener Kriterien sinnvoll sind. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass das resultierende System von den Experten als für den Kontext der Anwendung, des Interaktionsgerätes BIRDY sowie die Nutzergruppe als geeignet betrachtet wurde.

Für die finale Beantwortung der zweiten und dritten Forschungsfrage dieser Dissertation werden die Ergebnisse beider Studien im nachfolgenden, abschließenden Kapitel aufgegriffen.

10 Zusammenfassung und Ausblick

Im Folgenden werden die im Rahmen dieser Dissertation vorgestellten Ergebnisse zusammengefasst und eingeordnet. Das umfasst insbesondere auch die Adressierung der in Abschnitt 1.2 herausgestellten Forschungsfragen. Abschließend wird im Ausblick auf potenzielle Weiterentwicklungen des Systems und die Übertragbarkeit auf andere Domänen eingegangen.

10.1 Zusammenfassung der Arbeit

Im Kontext der Beatmungsentwöhnung auf Intensivstationen besteht seitens der Patienten und des beteiligten Klinikpersonals der Bedarf nach einer effektiven Kommunikation. Im Rahmen dieser Arbeit wurde untersucht, inwiefern sich dieser Bedarf durch ein auf den Kontext adaptiertes interaktives System erfüllen lässt. Dazu wurde einem menschenzentrierten Entwicklungsprozess folgend die Mensch-Technik-Schnittstelle eines Assistiven Systems zur Unterstützung kommunikativer und weiterer Bedürfnisse beatmeter Weaningpatienten entwickelt und in dieser Arbeit vorgestellt. Die Eingabe erfolgt über das neuartige, ballförmige Interaktionsgerät BIRDY, welches eigens für den Intensivkontext und dieses Assistive System entwickelt und dabei auf die spezifischen Anforderungen der Nutzung im Intensivbett adaptiert wurde. Zentrales Element der auf einem Display ausgegebenen grafischen Benutzungsschnittstelle des Systems zur Darstellung der Anwendungsinhalte ist das im Rahmen dieser Dissertation entwickelte Kompass-Menü. Dabei handelt es sich um eine neuartige, auf die spezifischen Bedürfnisse der Nutzergruppe sowie das Eingabegerät BIRDY und den Nutzungskontext adaptierte Menütechnik.

Zunächst wurden in Kapitel 2 die wesentlichen, für das Verständnis dieser Arbeit notwendigen Grundlagen beschrieben. Hilfsmittel zur Unterstützung lassen sich generell den *Assistiven Technologien*, solche zur Unterstützung der Kommunikation dem Bereich der *Unterstützten Kommunikation* zuordnen. Als wichtiges Gütekriterium Assistiver Systeme gilt die Gebrauchstauglichkeit, die insbesondere bei der Gestaltung von Mensch-Technik-Schnittstellen berücksichtigt werden sollte und anhand ihrer Komponenten beschrieben wird. Sie bildet ein zentrales Kriterium bei der Evaluation des im Rahmen der Dissertation entwickelten Assistiven Systems. Ein klassisches Konzept interaktiver Systeme im Bereich der Unterstützten Kommunikation ist die Darstellung von Kommunikationsthemen geordnet nach im jeweiligen Kontext typischen Kategorien, aus der die Benutzer ihr Kommunikationsbedürfnis auswählen. Ein geeigneter und oft in vergleichbaren Systemen eingesetzter Interaktionsstil ist der des menübasierten Auswahlsystems, der ebenfalls für das in dieser Arbeit beschriebene System verwendet wird. Dem Interaktionsstil können verschiedene Ausprägungen zugeordnet werden, sogenannte Menütechniken. Um die Beschreibung der Entwicklung einer Menütechnik nachvollziehen zu können, sind Kenntnisse über die Besonderheiten von Menütechniken, relevanten Einflussfaktoren und Eigenschaften notwendig. Im Rahmen dessen wurden zudem die für die Evaluation des Kompass-Menüs verwendeten Designempfehlungen und Faktoren zur Leistungsbewertung eingeführt. Weiterhin wurden existierende Eingabemethoden, ihre Merkmale und bestehende Eingabeparadigmen beschrieben, die im Verlauf der Arbeit zur Diskussion infrage kommender Eingabege-

räte und Interaktionskonzepte hinsichtlich der Fähigkeiten und Beeinträchtigungen der Zielgruppe verwendet wurden.

Das Assistive System wurde einem menschenzentrierten Entwicklungsprozess folgend entwickelt. Dieser iterative Prozess sieht nach einer initialen Planungsphase die Beschreibung und Analyse des Nutzungskontextes, das Festlegen von Nutzungsanforderungen, die Erarbeitung von Gestaltungslösungen und die Evaluation der Gestaltung vor.

Forschungsfrage 1: Anforderungen an das Assistive System

Die erste Forschungsfrage lautet: Welche spezifischen Nutzeranforderungen an ein Assistives System zur Unterstützung beatmeter Weaningpatienten können aus einer Analyse des Nutzungskontextes abgeleitet werden?

Zur Beantwortung dieser Forschungsfrage wurde eine umfassende Beschreibung und Analyse des Nutzungskontextes durchgeführt, die in der Spezifikation von Nutzungsanforderungen resultierte.

Zunächst wurde die interdisziplinär durchgeführte, auf unterschiedlichen Methoden basierende Datenerhebung (Beobachtungen, qualitative Studien und systematische Literaturrecherchen) als Grundlage für die anschließenden Analysen beschrieben. Die Analysen bilden die Basis für die Anforderungen an das Assistive System.

Im Rahmen einer Aufgabenanalyse wurden zum einen Aufgaben des Pflegepersonals und zum anderen der Prozess der Beatmungsentwöhnung anhand eines Modells beschrieben. Es wurde herausgearbeitet, dass sich die Fähigkeiten und Bedürfnisse der Patienten in Abhängigkeit von dem jeweiligen Wachheitsgrad verändern. Diese Fähigkeiten und Bedürfnisse innerhalb der Phasen des Weanings sollten bei der Entwicklung berücksichtigt werden.

In einem weiteren Schritt der Analyse wurden die zentralen Nutzergruppen der Weaningpatienten, das Intensivpflegepersonal sowie die Angehörigen charakterisiert und auf dieser Grundlage Personas der Nutzergruppen entwickelt. Beatmete Weaningpatienten sind eine heterogene Nutzergruppe. Die Bedürfnisse der Patienten im Weaningprozess wurden als zentrale Gemeinsamkeit der Benutzergruppe identifiziert. Es konnten darüber hinaus verschiedene Dimensionen charakteristischer Merkmale herausgearbeitet werden, die als Grundlage für die Gestaltung der Patienten-Personas genutzt wurde. Die Benutzergruppe des Intensivpflegepersonals ist neben der körperlichen Pflege zuständig für das Sammeln von Informationen über den Zustand sowie die Bedürfnisse und Probleme der Patienten. Bestehende kommunikative Hürden erschweren eine effektive Erfassung der Patientenbedürfnisse. Die dritte relevante Benutzergruppe ist die der Angehörigen, die insbesondere die Bedürfnisse der Patienten nach sozialer Teilhabe, aber auch therapeutische Maßnahmen unterstützen können. Alle drei Benutzergruppen würden von effektiveren Kommunikationsmöglichkeiten der Patienten profitieren. Auf Basis der erhobenen Daten sowie den Nutzeranalysen wurden zwölf Personas entwickelt, welche während der Gestaltung und Entwicklung des Systems als Stellvertreter der entsprechenden Nutzergruppen eingesetzt wurden.

Darüber hinaus wurden Kontextfaktoren der Intensivpflege beschrieben. Dabei wurde auf die drei für den Kontext wichtigen Aspekte *Hilfsmittel zur Überwachung des*

Patientenzustands, bestehende Hilfsmittel zur Unterstützung der Kommunikation sowie die Hygienebestimmungen in Krankenhäusern eingegangen, aus denen sich bedeutsame nicht-funktionale Anforderungen ableiten ließen.

Aufbauend auf den erhobenen Daten und beschriebenen Analysen wurden mit der Szenario-Methode in narrativer Form relevante Situationen im Weaningkontext synthetisiert. In insgesamt 24 Problem- und Lösungsszenarien konnten einerseits problematische Situationen und andererseits Ansätze zur Verbesserung der Situationen mithilfe eines Assistiven Systems dargestellt werden. Die Szenarien bilden eine wichtige Basis für die Spezifikation der Anforderungen.

Auf Grundlage der zuvor beschriebenen Analyseschritte wurde in Abschnitt 3.6 als ein erstes Teilergebnis der Arbeit 29 funktionale und sieben nicht-funktionale Nutzeranforderungen spezifiziert, die an ein Assistives System zur Unterstützung von Intensivpatienten während der Phase der Beatmungsentwöhnung gestellt werden. Diese bilden einen wissenschaftlichen Beitrag in Form einer allgemein nutzbaren Grundlage für die Entwicklung eines solchen Assistiven Systems. Bei der Spezifikation wurden die Qualitätskriterien von Software-Anforderungen berücksichtigt.

Damit wurde die erste Forschungsfrage beantwortet, welche spezifischen Nutzeranforderungen an ein Assistives System zur Unterstützung beatmeter Intensivpatienten sich aus einer Analyse des Nutzungskontextes Intensivstation ableiten lassen.

Forschungsfrage 2: Gestaltung der Mensch-Technik-Schnittstelle eines gebrauchstauglichen Assistiven Systems

Die zweite Forschungsfrage lautet: Wie kann die Mensch-Technik-Schnittstelle eines gebrauchstauglichen Assistiven Systems gestaltet sein, welches die spezifizierten Anforderungen erfüllt?

Auf Basis der umfangreichen Anforderungen wurde ein gebrauchstaugliches Assistives System für den Nutzungskontext Intensivmedizin entwickelt.

Basierend auf den gesammelten Erkenntnissen und den zuvor beschriebenen Anforderungen wurde im Zuge dieser Dissertation ein auf den Kontext abgestimmtes Gesamtkonzept in Form eines Systemmodells aufgestellt. Das Systemmodell fundiert auf einem Dreiphasenmodell, welches darauf abzielt, die Systemfunktionen bestmöglich den Fähigkeiten der Patienten in den verschiedenen Bewusstseinsphasen zuzuordnen. Letzteres Modell sieht für das System in drei aufeinander folgenden Phasen der Wachheit und Ansprechbarkeit eine schrittweise Erweiterung des Funktionsumfangs vor. Das Systemmodell umfasst die verschiedenen Kontexte, Teilsysteme und -anwendungen des Systems. Dieses besteht aus einer stationären Patienten-Anwendung, einer Smartphone-Anwendung für Pflegekräfte und einer Medien-Anwendung für Besucher. Der Funktionsumfang der Patienten-Anwendung umfasst die Auswahl verschiedener Kommunikationsthemen, das Versenden von Nachrichten an die Pflegekraft, das Abrufen von Informationen und der von Angehörigen mitgebrachten Medien sowie die Steuerung von Raumkomponenten (exemplarisch anhand einer Nachttischlampe umgesetzt). Pflegekräfte nutzen die Smartphone-Anwendung zur Konfiguration und Einrichtung der Patienten-Anwendung sowie dem Empfang und der Beantwortung von Nachrichten der Patienten. Die Medien-Anwendung ermöglicht es, von Besuchern und Angehörigen mitgebrachte Medien in das System zu übertragen.

Die Wahl der Schnittstellen-Plattform für die Smartphone-Anwendung der Pflegekräfte und die Medien-Anwendung fiel auf eine mobile und eine Desktop-Plattform. Für die Patienten-Anwendung wurde aufgrund des speziellen Kontextes und der vielfältigen zu berücksichtigenden Faktoren (insbesondere Desinfizierbarkeit, Kraftaufwand und Präzision in Bezug auf konkrete Eingabemethoden) zunächst eine systematische Analyse bestehender Interaktionskonzepte durchgeführt.

Dabei hat sich die Gestensteuerung als besonders geeignet herausgestellt. Es konnten keine im Handel verfügbaren Interaktionsgeräte gefunden werden, welche den Anforderungen des Kontexts genügten. Aufgrund dessen wurde ein Interaktionsgerät speziell für den Nutzungskontext entwickelt. Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine empirische Studie durchgeführt, aus deren Ergebnissen anschließend wichtige Anforderungen hinsichtlich der haptischen Gestaltung sowie der gestenbasierten Interaktion abgeleitet wurden. Der darauf aufbauende und von einem externen Unternehmen entwickelte Demonstrator des Interaktionsgerätes BIRDY wurde umfassend beschrieben.

Kern der Patienten-Anwendung ist die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte, auf den Kontext und das Interaktionsgerät adaptierte Menütechnik mit der Bezeichnung Kompass-Menü (Fokus der dritten Forschungsfrage). Mit dem Kompass-Menü als zentrale Komponente wurde die Patienten-Anwendung mit den zuvor beschriebenen Funktionen in einem iterativen Entwicklungsprozess gestaltet und umgesetzt. Gesteuert wird die Anwendung durch zwei Navigationsgesten (Neigen nach rechts/links) und einer Selektionsgeste (Drücken) des Interaktionsgerätes. In dieser Arbeit wurden zudem die Menühierarchie und -inhalte, die verschiedenen Untieranwendungen sowie die nahtlose Abstimmung mit der Anwendung für Pflegekräfte ausführlich beschrieben und diskutiert. Die verschiedenen Systemteile sowie ein Backend-Server für die Speicherung und den Austausch verschiedener Daten wurden mittels Webtechnologien realisiert.

Damit wurden die zuvor in Abschnitt 3.6 spezifizierten funktionalen (FR) und nicht-funktionalen (NFR) Anforderungen durch die Beschreibung der Konzeption (Kapitel 4) und der konkreten Ausgestaltung des Systems (Kapitel 7) erfüllt. Im Folgenden wird der Funktionsumfang mit Bezug zu den entsprechenden Anforderungen zusammengefasst.

Die Patienten-Anwendung besteht aus Teilanwendungen, die an die unterschiedlichen kognitiven Fähigkeiten der Patienten angepasst sind. In der Teilanwendung für Phase 1 wird die auditive und visuelle Ausgabe von Basisinformationen sowie das Abspielen von Hintergrundmusik ermöglicht (FR-1-1 und FR-1-2 in Tabelle 6). In den Teilanwendungen für Phase 2B und 3 wird die Kommunikation verschiedener Themen ergänzt (FR-2-1 und FR-2-2). Das Themenspektrum der kommunikativen Inhalte in Phase 3 ist deutlich umfangreicher und in einer hierarchischen Menüstruktur aufgebaut (FR-2-3, FR-2-5). Zudem ist eine Freitexteingabe (FR-2-4) und Kommunikation von Schmerzstärke und -ort (FR-2-6) möglich. In weiteren Untieranwendungen wird die Fernkommunikation (FR-3-1 bis FR-3-3), die Nutzung einer Mediengalerie (FR-4-1 bis FR-4-3), das Abrufen basaler und zusätzlicher Informationen (FR-5-1 bis FR-5-4) sowie die Steuerung von Raumkomponenten am Beispiel einer smarten Beleuchtung ermöglicht (FR-6-1 und FR-6-2). Auf die Anforderungen bezüglich Mehrsprachigkeit (FR-7-1 und FR-7-2 in Tabelle 7) und Systemhilfen (FR-8-1 und FR-8-2) wird später gesondert eingegangen.

Die Pflegenden-Anwendung erfüllt mit ihrem Funktionsumfang zur Konfiguration des Patienten-Systems (FR-9-1 und FR-9-2) und dem Senden von Feedback-Nachrichten (FR-9-3) die spezifizierten Anforderungen. Mediendaten Angehöriger werden über die Medien-Anwendung in das System übertragen (FR-9-4), welche in Kapitel 4 beschrieben, aber außerhalb dieser Dissertation realisiert wurde.

Die grafische Mensch-Technik-Schnittstelle des Patienten-Systems wird auf einem mobilen Display dargestellt (NFR-1-1). Die Audioausgabe erfolgt je nach Situation über Lautsprecher oder Kopfhörer (NFR-1-2). Während der Entwicklung der grafischen Komponenten wurde insbesondere auf die Erkennbarkeit der Informationen, einfache Sprache und geringe kognitive Komplexität (NFR-1-3 bis NFR-1-5) geachtet. Das System und seine Komponenten entsprechen den Hygienebestimmungen eines Krankenhauses (NFR-1-6) und können mit ggf. bestehenden körperlichen Einschränkungen der Zielgruppe bedient werden (NFR-1-7).

Nicht erfüllt wurden die Anforderungen FR-7-1 und FR-7-2 (Mehrsprachigkeit). Diese wurden während der Entwicklung aufgrund der niedrigen Priorität für die Nutzerstudien und der im Rahmen dessen kontrollierbaren Stichprobe zukünftigen Weiterentwicklungen des Systems zugeordnet. Zum Erlernen der Interaktion mit dem System wurde in Phase 2A ein Tutorial konzipiert (FR-8-1). Die Ausgestaltung der Teilanwendung für Phase 2A befindet sich zum aktuellen Zeitpunkt in einer frühen Phase und wurde mit Blick auf die Nutzerstudien mit dem System nicht abschließend realisiert. In Weiterentwicklungen des Systems lässt sich auf diese Vorarbeiten aufbauen. Nicht vollständig realisiert wurde die Protokollierung von Interaktionen mit dem System (FR-9-5). Es wurden Vorarbeiten zur Erfassung und Verarbeitung der Interaktionen geleistet. Die vollständige Realisierung erfordert ein Konzept zur Berechnung und Visualisierung der Daten.

Um die Gebrauchstauglichkeit sowie Grenzen des Systems zu untersuchen, wurden zwei Laborstudien durchgeführt. Aufgrund der Vulnerabilität der Zielgruppe der Weaningpatienten wurden diese stattdessen mit Stellvertretern und HCI-Experten durchgeführt. Als Stellvertreter wurden ältere Erwachsene gewählt, um mit Blick auf das hohe Durchschnittsalter von Intensivpatienten hinderliche Faktoren in Bezug auf altersbedingte Erscheinungen frühzeitig erkennen zu können.

Im Rahmen der ersten Studie wurden von 22 älteren Erwachsenen mit der Patienten-Anwendung verschiedene Aufgaben durchgeführt. In der Studie wurden qualitative und quantitative Methoden kombiniert, um studienspezifische Forschungsfragen hinsichtlich des Erlernens der Interaktion, der Nutzbarkeit für die Kommunikation, der Gebrauchstauglichkeit und der User Experience zu beantworten. Gebrauchstauglichkeit und Anwendbarkeit bewerteten die Teilnehmer als sehr gut. Gesunde ältere Erwachsene waren ohne umfangreiche Schulungen in der Lage, die Funktionen des Systems korrekt zu nutzen und es hinsichtlich seiner Kernfunktionalität – Kommunikation der Bedürfnisse von Weaningpatienten – einzusetzen.

An der zweiten Studie nahmen sechs HCI-Experten teil, die eine kriterienbasierte Expertenevaluation des Systems durchführten. Zunächst absolvierten sie verschiedene Aufgaben, um sich mit den Funktionen der Patienten-Anwendung vertraut zu machen. Anschließend bewerteten sie das Kompass-Menü sowie das Assistive System anhand aus der Literatur abgeleiteter Kriterien. Dabei wurden die im Rahmen der Entwicklung getroffenen Design-Entscheidungen, die Gebrauchstauglichkeit, die Anwendbarkeit,

die User Experience und die Ästhetik bewertet. In dieser Studie konnten ebenfalls positive Ergebnisse hinsichtlich der Bewertung des Systems gezeigt werden.

Mit der Entwicklung und Dokumentation der Gestaltung und Evaluation des Assistiven Systems zur Unterstützung kommunikativer und weiterer Bedürfnisse von Weaning-Patienten, welches die zuvor spezifizierten Anforderungen erfüllt, wurde die zweite Forschungsfrage weitestgehend beantwortet. Im Rahmen der Evaluationen bewerteten die Teilnehmer die Gebrauchstauglichkeit des Assistiven Systems als hoch. Eine abschließende Untersuchung der Gebrauchstauglichkeit für die spezifische Zielgruppe und im Kontext der Beatmungsentwöhnung auf einer Intensivstation kann im Rahmen einer umfassenden Feldstudie durchgeführt werden.

Forschungsfrage 3: Gestaltung der Menütechnik

Die dritte Forschungsfrage lautet: Wie kann eine Menütechnik gestaltet sein, welche in ihren Eigenschaftsausprägungen die folgenden Voraussetzungen erfüllt?

- i) Unterstützung einer leicht erlernbaren Interaktion mit einer hierarchischen, auf die Benutzergruppe der Weaningpatienten angepassten Menüstruktur
- ii) Adaption auf die Steuerung durch ein ballförmiges Interaktionsgerät

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurde die iterative Entwicklung einer neuartigen Menütechnik mit der Bezeichnung Kompass-Menü sowie die Ergebnisse der angeschlossenen Evaluation beschrieben. Die Gestaltung der Menütechnik wurde anhand der Ausprägungen ihrer verschiedenen Dimensionen Element, Menü und Menüsystem zugeordneten Eigenschaften konzipiert. Die zugrundeliegende Taxonomie der Menüeigenschaften wurde der Literatur entnommen. Ein herausragendes charakteristisches Merkmal des Kompass-Menüs ist das kreisförmige Layout mit der einer Kompassnadel ähnelnden zentralen Komponente, die namensgebend für die Menütechnik war.

In der Benutzerstudie mit älteren Erwachsenen konnte die leichte Erlernbarkeit der Interaktion sowohl anhand objektiv als auch subjektiv erfasster Daten gezeigt werden. Alle Studienteilnehmer konnten sowohl die Trainingsphase zum Erlernen der Interaktion als auch die anschließend gestellten Interaktionsaufgaben mit dem in die Patienten-Anwendung integrierten Kompass-Menü erfolgreich abschließen. Der Großteil der Teilnehmer erkannte den überwiegenden Teil der realisierten Konzepte zur Unterstützung der Orientierung – die einzige Ausnahme bildet der *Hierarchieindikator*.

In der Studie konnte gezeigt werden, dass die Steuerung des Systems mit dem ballförmigen Interaktionsgerät BIRDY durch das Kompass-Menü unterstützt wird. Die Teilnehmer nutzten BIRDY erfolgreich für die Durchführung der Aufgaben. Der Schwierigkeitsgrad der Steuerung wurde von den Teilnehmern dabei als leicht bewertet.

In der zweiten Evaluation bewerteten HCI-Experten die Bedienbarkeit des Menüs. In der Literatur wurden Richtlinien, Empfehlungen und Designziele für die Gestaltung von Menüs beschrieben. Daraus wurden Bewertungskriterien abgeleitet, anhand derer die Experten das Kompass-Menü in Bezug auf visuelle Darstellung, den Auswahlmechanismus, die visuelle Struktur, die Orientierungshilfen und die Erlernbarkeit bewerteten. Dazu beurteilten sie die im Kompass-Menü eingesetzten Animationen, sowie die Interaktion, die Gebrauchstauglichkeit, die User Experience, die Ästhetik und

die Anwendbarkeit des Systems. Die Bewertungen der Experten lassen auf eine sehr gute bis exzellente Gebrauchstauglichkeit und Bedienbarkeit der Patienten-Anwendung und des Kompass-Menüs schließen.

Die beschriebenen Ergebnisse erlauben die Schlussfolgerung, dass das Kompass-Menü in seinen Eigenschaftsausprägungen die beiden Voraussetzungen (i) und (ii) unterstützt. Dies beantwortet die dritte Forschungsfrage.

10.2 Ausblick

Mit der Beantwortung der Forschungsfragen konnte das Potenzial des entwickelten Assistiven Systems und besonders der entwickelten Menütechnik gezeigt werden. Die in dieser Dissertation gewonnenen Erkenntnisse bieten eine Vielzahl an potenziellen Forschungs- und Entwicklungsmöglichkeiten. Neben der Realisierung bislang nicht umgesetzter Funktionalitäten konnten während der Entwicklung sowie aus den Ergebnissen der Evaluationen einige Aspekte hinsichtlich der Optimierung bestehender Funktionalitäten abgeleitet werden. Zur Entlastung der Pflegekräfte bietet sich zudem die Automatisierung einzelner Aspekte der Anwendung an. Die Übertragbarkeit in andere Domänen stellt den Abschluss der Diskussion dar.

Nicht umgesetzte Funktionalitäten

Mit Blick auf einen potenziellen Regeleinsatz sollten die weiteren, bislang nicht priorisiert verfolgten Anforderungen der *Mehrsprachigkeit des Systems* sowie die Möglichkeit der *Auswertung protokollierter Systeminteraktionen* umgesetzt werden. Angesichts der vermehrten kommunikativen Hürden fremdsprachiger Patienten, die neben den auf die Beatmungssituation zurückzuführenden Einschränkungen zusätzlich eine Sprachbarriere überwinden müssen, würde ein mehrsprachiges System die Zugänglichkeit erhöhen.

Die Erhebung und die Auswertung protokollierter Patienteninteraktion mit dem System könnte weiteres Optimierungspotenzial aufzeigen. Beispielsweise lässt sich der Interaktionsaufwand für häufig ausgewählte Themen reduzieren, indem auf Basis der Nutzungsauswertung die Reihenfolge von Menü-Elementen verändert wird. Zudem könnten sich Bedien- und Sensorfehler effizienter auswerten und adressieren lassen.

Durch das zugrundeliegende Ambient-Reflection-Framework zur dynamischen Vernetzung von Ein- und Ausgabegeräten besteht grundsätzlich die Möglichkeit der Generierung von Anleitungen sowie die Einbindung von Tutorials. Eine Weiterentwicklung der Patienten-Anwendung in Bezug auf Lernhilfen ist insbesondere mit Blick auf einen Regeleinsatz des Systems erforderlich. Im Rahmen dessen könnten Ansätze des erfahrungsbasierten Lernens eingesetzt werden, um schrittweise zunächst die Interaktionsgesten von BIRDY, anschließend die Interaktion mit dem Kompass-Menü mit generischen Inhalten abseits des Intensivkontextes und in weiteren Schritten die Interaktion mit kontextspezifischen Menüinhalten geübt werden.

Auch die Steuerung des Assistiven Systems über weitere, gestenbasierte Eingabegeräte ist im Ambient-Reflection-Framework vorgesehen und bereits in ersten Labortests untersucht worden [Kordts, 2023]. Die Steuerung des Systems wurde in einer systema-

tischen Studie neben BIRDY mit verschiedenen Alternativen gestenbasierter Geräte getestet. In der Studie wurden der Leap-Motion-Controller¹, der Litho-Controller² sowie der Kai-Controller³ getestet. Es konnte gezeigt werden, dass sich neben BIRDY besonders der Litho-Controller für weitere Untersuchungen hinsichtlich eines Einsatzes im Intensivkontext eignet [Kordts, 2023].

Optimierung bestehender Funktionalitäten

Im Rahmen der abschließend beschriebenen Evaluationsstudien hat sich herausgestellt, dass die für das Kompass-Menü gewählte Repräsentation von Kategorie-Elementen in der hierarchischen Menüstruktur Optimierungspotential aufweist. Viele Studienteilnehmer konnten den eingesetzten Hierarchieindikator nicht als solchen erkennen. Unklar ist, ob dies an der gewählten Form der Repräsentation (gestrichelte Umrandung) oder dessen Akzentuierung (Farbe, Linienstärke etc.) liegt. Die Repräsentation von Kategorie-Elementen ist insbesondere für die Orientierung und die Erkennbarkeit von Interaktionsmöglichkeiten ein relevanter Faktor. Samp [2011] beschreibt unterschiedliche Entwurfsvarianten eines Hierarchieindikators. Im Rahmen der Entwicklung des *Compact Radial Layouts* wurden beispielsweise die Varianten einer orthogonal nach außen führenden Linie, ein Pfeil sowie eine Umrandung des entsprechenden Elements angeführt [Samp, 2011, Abbildung 3.20]. Darauf aufbauend lässt sich untersuchen, inwiefern diese oder alternative Gestaltungsvarianten auf das Kompass-Menü übertragbar sind.

Für das Informations-Dashboard der Patienten-Anwendung wurden exemplarisch die Themen Tagesablauf, Beatmungsform und Fixierung ausgewählt. Die Integration weiterer Informationen in zusätzlichen Bereichen erfordert eine Anpassung der angewandten Konzepte hinsichtlich der Erweiterbarkeit. Diese ließe sich durch verschiedene Ansätze erreichen, beispielsweise über mehrere, mittels Pagination⁴ verbundene Ansichten oder eine Integration in das kreisförmige Layout des Kompass-Menüs.

Automatisierung

Die Interaktion zwischen Pflegekräften und Patienten ist ein maßgeblicher Teil der Arbeit einer Pflegekraft. Die pflegerischen Kompetenzen des Fachpersonals können dabei nicht ersetzt werden, schließlich ist es eben diese sorgfältige und patientennahe Pflege, welche den Genesungsprozess maßgeblich beeinflussen kann. Vielmehr sollte eine mögliche Automatisierung auf die Entlastung der Pflegekräfte abseits der patientennahen pflegerischen Tätigkeiten abzielen.

Innerhalb des Assistiven Systems weist insbesondere das Freischalten weiterer Systemfunktionalitäten Potenzial für Automatisierungen auf. Im Rahmen der Arbeit wurde dieser Übergang zwischen den verschiedenen, den Bewusstseinsphasen des Patienten zugeordnete Phasen (vgl. Abschnitt 4.1) mit unterschiedlichem Funktionsumfang zunächst als eine manuell durch die Pflegekraft durchgeführte Tätigkeit realisiert. Da-

¹<https://www.ultraleap.com/product/leap-motion-controller/>, (abgerufen am 10.05.2023)

²<https://www.litho.cc>, (abgerufen am 10.05.2023)

³<https://kai.vicara.co> (abgerufen am 10.05.2023)

⁴<https://ui-patterns.com/patterns/Pagination> (abgerufen am 25.02.2023)

bei sollten für einen Phasenübergang die Fähigkeiten des entsprechenden Patienten beurteilt werden. Relevant ist dabei, ob dieser die für die Interaktion erforderlichen kognitiven, sensorischen und motorischen Fähigkeiten mitbringt. Grundsätzlich wäre diesbezüglich auch ein (teil-)automatisierter Übergang vorstellbar, sobald eine Beurteilung der Fähigkeiten des Patienten durch technische Systeme verlässlich durchgeführt werden kann.

Sobald Aspekte der Beurteilung technisch möglich sind, eröffnen sich weitere Varianten. Orientiert an Billings Stufen der Automation [Billings, 1997] bildet die manuelle Steuerung den niedrigsten Grad der Automation. Die vollautomatisierte Steuerung wäre dementsprechend der höchste Grad. Dazwischen wären verschiedene Teilautomatisierungsgrade denkbar. Ein vollautomatisierter Stufenübergang würde voraussetzen, dass technisch eine mindestens ebenso effektive Beurteilung der Fähigkeiten möglich ist. Inwiefern dies realistisch ist und umgesetzt werden kann, müsste zunächst untersucht werden.

Ein fortgeschrittenes Tutorialsystem könnte die notwendigen Fähigkeiten für eine Interaktion vermitteln und durch konkrete Aufgaben den Lernerfolg überprüfen, um zumindest einen teilautomatisierten Stufenübergang zu ermöglichen. Das System könnte die zuständige Pflegefachkraft über die Tutorial-Ergebnisse informieren und eine Entscheidungsunterstützung bezüglich Stufenübergängen anbieten.

Von diesem Ausgangspunkt aus ergeben sich verschiedene Fragestellungen: Wie kann ein Lösungsansatz zur technischen Beurteilung von Fähigkeiten aussehen? Werden in der Literatur bereits Ansätze zum technischen und ggf. (teil-)automatisierten Assessment von Fähigkeiten oder spezifischer Zustände im medizinischen Kontext beschrieben? Welche Chancen, Risiken und Herausforderungen ergeben sich aus dem Ansatz des automatisierten Assessments? Diese könnten als Startpunkt für künftige Forschung in diesem Bereich genutzt werden.

Weiteres Automatisierungspotenzial bietet sich durch die Erweiterung der Steuerung von Raumkomponenten. Neben der exemplarisch umgesetzten Beleuchtungssteuerung wären Automatisierungsprozesse hinsichtlich weiterer Funktionalitäten vorstellbar. Dazu zählen die Anpassung der Raumtemperatur, der Verdunkelung sowie das Öffnen bzw. Schließen des Fensters. Auch Automatisierungen in aufgrund von Sicherheitsanforderungen zum jetzigen Zeitpunkt (noch) nicht automatisierbaren Funktionsbereichen (beispielsweise die automatisierte Ausrichtung des Patientenbettes an dessen Bedürfnisse) bieten weiteres Forschungspotenzial.

Übertragung des Ansatzes auf andere Domänen und Kontexte

Die für die Patienten-Anwendung gewählten Kommunikationsthemen wurden vorwiegend mit Blick auf die Bedürfnisse von Weaningpatienten im Umgang mit dem pflegerischen Personal gewählt. Kommunikative Szenarien bezüglich der Interaktion mit weiteren Berufsgruppen (ärztliches Personal, Physiotherapie, Logopädie, Ergotherapie, Sozialdienst, Seelsorger etc.) wurden dabei nicht berücksichtigt. Für zukünftige Weiterentwicklungen des Systems könnten diese jedoch an Relevanz gewinnen. Der modulare Aufbau der Patienten-Anwendung unterstützt dabei eine einfache Erweiterung der Menühierarchie.

Aufgrund der im Rahmen der Entwicklung berücksichtigten nicht-funktionalen Anforderungen (leichte Sprache, einfache Bedienbarkeit und Einhaltung von Krankenhaus-hygienebestimmungen) kommen weitere Nutzungsszenarien im Gesundheitswesen infrage. Prinzipiell lässt sich das Assistive System auf andere Einsatzzwecke im Klinikum oder auf andere Bereiche wie stationäre Pflegeeinrichtungen übertragen, indem das System auf entsprechende Kontexte und Nutzungsszenarien angepasst wird. Beispielsweise könnten Patienten auch nach der Verlegung von einer Intensivstation auf eine reguläre Station weiterhin das vertraute Interaktionsgerät BIRDY zur Steuerung eines Infotainmentsystems am Bett nutzen.

Auch außerhalb des klinischen oder ambulanten Settings wäre der Einsatz eines adaptierten Systems denkbar: Menschen mit Beeinträchtigungen, denen aufgrund ihrer Situation die Nutzung sonstiger Interaktionsgeräte oder Systeme der *Unterstützten Kommunikation* nicht möglich ist, könnten von der niedrigen Komplexität des Systems profitieren.

Das Kompass-Menü lässt sich zudem auf Kontexte außerhalb der Gesundheitsdomäne übertragen. Insbesondere in Systemen, in denen Eingabegeräte mit nur wenigen Interaktionsoptionen genutzt werden, könnten mit der Übersichtlichkeit und Einfachheit des Kompass-Menüs dessen Stärken vorteilhaft eingesetzt werden. Wenn die verfügbare Aufmerksamkeitsspanne zum Erlangen des Überblicks kurz ist, kann die Übersichtlichkeit des Kompass-Menüs einen vorteilhaften Faktor gegenüber sonstigen Layouts darstellen. Darüber hinaus kann die einfache Steuerung durchgeführt werden, ohne dass die visuelle Aufmerksamkeit permanent auf das Display oder das Eingabegerät gerichtet werden muss. Beispielsweise wäre die Anwendung in Fahrzeug- oder allgemeinen Infotainment-Systemen, Videospiele oder Menüs von Videospielekonsolen, (Smart-)TV-Oberflächen, Smart-Home-Anwendungen oder Smarte Umgebungen denkbar. Weitere mögliche Anwendungsdomänen wären große Präsentationsbildschirme (in Ausstellungen oder auf Messen) oder gestenbasierte Anwendungen der Virtuellen oder Augmentierten Realität.

Für das realisierte Interaktionsgerät BIRDY sind ebenfalls Einsatzmöglichkeiten außerhalb des beschriebenen Assistiven Systems und der Gesundheitsdomäne denkbar. Ein erster Schritt wurde mit einer Untersuchung des Potenzials von BIRDY als Interaktionsgerät für 3D-Manipulationen im Bereich der Augmentierten Realität gemacht [Schmeier et al., 2021]. Ausgehend von den zuvor in dem Ausblick beschriebenen Anwendungskontexten könnten im Rahmen einer systematischen Untersuchung weitere Einsatzgebiete erhoben werden.

Abkürzungsverzeichnis

AAC	Augmentative and Alternative Communication
ACTIVATE	Name eines BMBF-geförderten Forschungsprojekts
ACT-R	Adaptive Control of Thought-Rational
AiO-PC	All-in-One-Personal-Computer
ALS	Amyotrophe Lateralsklerose
API	Application Programming Interface
AR	Augmented Reality
AT	Assistive Technologie
ATI	Affinity for Technology Interaction
BCI	Brain-Computer-Interface
BIRDY	Ball-shaped Interactive Rehabilitation Device
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BPMN	Business Process Model and Notation
CHI	ACM Conference on Human Factors in Computing Systems
CLI	Command Line Interfaces
CLS	Computer Literacy Scale
COPICOH	Center for Open Innovation in Connected Health
CRL-Menü	Compact Radial Layout-Menü
CRUD	Create, Read, Update, Delete
CSS	Cascading Style Sheets

DIN	Deutsches Institut für Normung
DM	direkte Manipulation
DPWS	Devices Profile for Webservices
EEG	Elektroenzephalografie
EN	Europäische Norm
FR	Functional Requirement
GERT	Gerontologischer Testanzug
GUI	Graphical User Interfaces
HCI	Human Computer Interaction
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ID	Identifier
IMIS	Institut für Multimediale und Interaktive Systeme
IP	Internet Protokoll
IST	Intelligenz-Struktur-Test
ISO	International Organization for Standardization
ITS	Intensivstation
js	Javascript
LS	Lösungsszenario
M	Mittelwert
MAX	Maximum
MFA	Medizinischer Fachangestellter
MIN	Minimum
MTA	Medizinisch-technischer Assistent
MTLA	Medizinisch-technischer Laborassistent

MOCS	Manually Operated Communication System
N/A	nicht anwendbar
NFR	Non-Functional Requirement
NUI	Natural User Interfaces
PS	Problemszenario
px	Pixel
QR-Code	Quick Response Code
RASS-Skala	Richmond Agitation-Sedation-Skala
REST	Representational State Transfer
RKI	Robert Koch-Institut
SBT	Spontaneous Breathing Trial
SD	Standardabweichung
SGD	Speech-generating Devices
SODL	Smart Object Description Language
SUS	System Usability Scale
TUI	Tangible User Interfaces
UEQ-S	User Experience Questionnaire
UI	User Interface(s)
UPnP	Universal Plug and Play
UKSH	Universitätsklinikum Schleswig-Holstein
UUID	Universally Unique Identifier
URL	Universally Unique Identifier

UX	User Experience
VAS	Visuelle Analogskala
VESA	Video Electronics Standards Association
VisAWI	Visual Aesthetics of Websites Inventory
VR	Virtual Reality
VUI	VoiceUser Interfaces
VSST	Visual Sequential Search Test
WHO	World Health Organization
WIMP	Windows, Icons, Menus, Pointers
WUI	Wearable User Interfaces
XML	Extensible Markup Language
INT	Integer

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Darstellung der Vorgehensweise	7
Abbildung 2:	Wechselseitige Interaktion zwischen Mensch und Maschine	10
Abbildung 3:	Gebrauchstauglichkeit im Nutzungskontext	14
Abbildung 4:	Das von Stigberg [2020] aufgestellte Schnittstellen-Modell	17
Abbildung 5:	Prozessmodell der Auswahl eines Elements innerhalb eines Menüsystems	26
Abbildung 6:	Gesamt-Chirurgischer Weaning-Prozess modelliert in BPMN-Notation	49
Abbildung 7:	Primary Persona Hassan Ycegühl	60
Abbildung 8:	Kommunikationsgeräte der i-Serie von Tobii Dynavox	65
Abbildung 9:	Primary Persona Klaus Kleinschmidt	69
Abbildung 10:	Phasenmodell	80
Abbildung 11:	Gesamtmodell der Komponenten des Assistiven Systems	82
Abbildung 12:	Datenflüsse zwischen den verschiedenen Teilsystemen des Assistiven Systems	91
Abbildung 13:	Die finalen acht Studienobjekte	97
Abbildung 14:	Ablauf der Studie	98
Abbildung 15:	Mögliche Gestenausführungen mit BIRDY	103
Abbildung 16:	Explosionsgrafik des BIRDY-Handstücks	108
Abbildung 17:	BIRDY-Demonstrator	110
Abbildung 18:	Varianten möglicher Menü-Layouts	114
Abbildung 19:	Vergleich der kreisförmigen Anordnung unterschiedlicher geometrischer Formen	118
Abbildung 20:	Vergleich der Varianten des Elementwechsels	119
Abbildung 21:	Exemplarische Auswahl von <i>Boardmaker</i> -Grafiken für den ersten Prototyp der Kommunikationsanwendung	122
Abbildung 22:	Finale Grafiken der Patienten-Anwendung	122
Abbildung 23:	Visuelle Darstellung der Menüelemente innerhalb des Menüs	123
Abbildung 24:	Darstellung der Menüelemente nach Anzahl	128
Abbildung 25:	Schematische Aufteilung der Patienten-Anwendung	137
Abbildung 26:	Darstellung in Phase 1	138
Abbildung 27:	Darstellung in Phase 2B	139
Abbildung 28:	Darstellung in Phase 3	140
Abbildung 29:	Zwischenergebnisse eines interdisziplinären Workshops zur Konzeption der Menüinhalte	141
Abbildung 30:	Hierarchische Darstellung der Menüinhalte	141
Abbildung 31:	Ansichten der Untieranwendung Klingel	144
Abbildung 32:	Auswahl eines Menüpunktes	144
Abbildung 33:	Die verschiedenen Ansichten des Lichtmenüs	145
Abbildung 34:	Die verschiedenen Ansichten des Schmerz-Assessments	146
Abbildung 35:	Ansicht der Freitexteingabe	147
Abbildung 36:	Die Ansicht des Info-Dashboards	148

Abbildung 37: Ansichten der Mediengalerie	149
Abbildung 38: Ensemble-Bildung und Ensemble bearbeiten	151
Abbildung 39: Ensemble bearbeiten und auflösen	151
Abbildung 40: Pflegenden-Anwendung: Patientenprofil, Nachrichtenverlauf	152
Abbildung 41: Pflegenden-Anwendung: Konfiguration von Hintergrundmusik, Tagesablauf und BIRDY	153
Abbildung 42: Pflegenden-Anwendung: Fernsteuerung	154
Abbildung 43: Teil eines UML-API-Diagramms der Feathers.js-API	159
Abbildung 44: Datenbankstruktur	160
Abbildung 45: Komponentendiagramm Vue-Komponenten	161
Abbildung 46: Ausschnitt des Komponentendiagramms für Phase 3	162
Abbildung 47: Die zentralen Frames der Animation des Menüebenenwechsels	165
Abbildung 48: Laboraufbau der Nutzerstudie	170
Abbildung 49: Die vier Phasen des Ablaufs der Benutzerstudie.	171
Abbildung 50: Ergebnisse der thematischen Analyse	180
Abbildung 51: Ergebnisse des UEQ-S in der Benutzerstudie	183
Abbildung 52: Ablauf der Evaluation mit HCI-Experten	185
Abbildung 53: Auswertung des UEQ-S	190
Abbildung 54: Negative Persona Hans Dietrich	230
Abbildung 55: Supplemental Persona Hans Dietrich	230
Abbildung 56: Primary Persona Annika Elle-Sonnecken	231
Abbildung 57: Primary Persona Elenor Spring	231
Abbildung 58: Primary Persona Olga Boschinski	232
Abbildung 59: Secondary Persona Egon Müller	232
Abbildung 60: Served Persona Hildegard Wald	233
Abbildung 61: Primary Persona Michaela Dose	233
Abbildung 62: Served Persona Ursula Müller	234
Abbildung 63: Served Persona Dagmar Hansen	234

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Taxonomie zu Menüeigenschaften	28
Tabelle 2:	Modell zur Leistungsevaluation von Menüs	33
Tabelle 3:	Aufgaben des Intensivpflegepersonals nach Larsen [2016]	46
Tabelle 4:	RASS-Sedierungsskala nach Larsen [2016]	47
Tabelle 5:	Tätigkeiten im 6-stufigen Prozessmodell des Pflegeprozesses	56
Tabelle 6:	Anforderungen an das Assistive System Teil 1	74
Tabelle 7:	Anforderungen an das Assistive System Teil 2	75
Tabelle 8:	Demografische Daten der Stichprobe	96
Tabelle 9:	Die acht Studienobjekte und ihre charakteristischen Merkmalsausprägungen	98
Tabelle 10:	Ergebnisse des vollständigen Paarvergleichs	100
Tabelle 11:	Merkmalsausprägungen der Objekte geordnet nach den Präferenzen der Teilnehmer	101
Tabelle 12:	Wahl des bevorzugten Objekts	102
Tabelle 13:	Für die Interaktion relevante Anforderungen an BIRDY	107
Tabelle 14:	Kriterienbasierter Vergleich der Menü-Layouts	117
Tabelle 15:	Realtime-Channels von Feathers.js	158
Tabelle 16:	Vue-CLI-Plugins	163
Tabelle 17:	Ergebnisse der Nutzerstudie bezüglich der Systemnutzung	178
Tabelle 18:	Ergebnisse bzgl. der Fehlinteraktionen	179
Tabelle 19:	Ergebnisse der Expertenbewertungen der Menüeigenschaften	188
Tabelle 20:	Vergleich der Ergebnisse beider Studien	192
Tabelle 21:	Übersicht über die erstellten Personas	229
Tabelle 22:	Übersicht über die 16 Themen der Szenarien	235
Tabelle 23:	Codingschema der thematischen Analyse	270

Literaturverzeichnis

Literaturverzeichnis

- Abuatiq, A. (2015). Patients' and health care providers' perception of stressors in the intensive care units. *Dimensions of Critical Care Nursing*, 34(4), 205–214.
- Appert, C. (2017). *From Direct manipulation to Gestures*. Habilitation à diriger des recherches, Paris-Sud XI. URL <https://theses.hal.science/tel-01557524>.
- Appert, C., Beaudouin-Lafon, M. & Mackay, W. E. (2004). Context matters: Evaluating Interaction Techniques with the CIS Model. In *People and Computers XVIII — Design for Life*. S. 279–295. URL <https://hal.inria.fr/inria-00538434>.
- Augstein, M. & Neumayr, T. (2019). A Human-Centered Taxonomy of Interaction Modalities and Devices. *Interacting with Computers*, 31(1), 27–58. URL <https://doi.org/10.1093/iwc/iwz003>.
- Bailly, G., Lecolinet, E. & Nigay, L. (2007). Wave Menus: Improving the Novice Mode of Hierarchical Marking Menus. In Baranauskas, C., Palanque, P., Abascal, J. & Barbosa, S. D. J. (Hrsg.), *Human-Computer Interaction – INTERACT 2007*, Lecture Notes in Computer Science. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 475–488.
- Bailly, G., Lecolinet, E. & Nigay, L. (2008). Flower menus: a new type of marking menu with large menu breadth, within groups and efficient expert mode memorization. In *Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces, AVI '08*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, S. 15–22. URL <https://doi.org/10.1145/1385569.1385575>.
- Bailly, G., Lecolinet, E. & Nigay, L. (2017). Visual Menu Techniques. *ACM Computing Surveys*, 49(4), 1–41. URL <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3002171>.
- Bailly, G. & Malacria, S. (2020). Command Selection. In Vanderdonckt, J., Palanque, P. & Winckler, M. (Hrsg.), *Handbook of Human Computer Interaction*. Cham: Springer International Publishing, S. 1–35. URL https://doi.org/10.1007/978-3-319-27648-9_19-1.
- Bailly, G. & Oulasvirta, A. (2014). Toward optimal menu design. *Interactions*, 21(4), 40–45. URL <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2617814>.
- Baxter, S., Enderby, P., Evans, P. & Judge, S. (2012a). Barriers and facilitators to the use of high-technology augmentative and alternative communication devices: a systematic review and qualitative synthesis. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 47(2), 115–129.
- Baxter, S., Enderby, P., Evans, P. & Judge, S. (2012b). Interventions Using High-Technology Communication Devices: A State of the Art Review. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 64(3), 137–144. URL <https://www.karger.com/Article/FullText/338250>, publisher: Karger Publishers.
- Billings, C. E. (1997). *Aviation automation: the search for a human-centered approach*. Human factors in transportation series. Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates Publishers. Book Title: Aviation automation : the search for a human-centered approach.

- Bingold, T., Lefering, R., Zacharowski, K., Waydhas, C. & Scheller, B. (2014). Elf-Jahre-Kerndatensatz in der Intensivmedizin. *Der Anaesthetist*, 63(12), 942–950. URL <https://doi.org/10.1007/s00101-014-2389-5>.
- Braun, V. & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative research in psychology*, 3(2), 77–101.
- Brooke, J. et al. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, 189(194), 4–7.
- Bryant, D. P. & Bryant, B. R. (2011). *Assistive Technology for People with Disabilities*. Boston: Pearson, 2 Auflage.
- Burgsmüller, S. (2018). *Konzeption und Entwicklung einer Kommunikationsunterstützung für künstlich beatmete Intensivpatienten*. Masterarbeit, Universität zu Lübeck.
- Burgsmüller, S., Vandereike, A.-K., Kopetz, J. P., Sengpiel, M. & Jochems, N. (2018). Study of Desirable Characteristics of a Communication Device for Intensive Care Patients. In *Student Conference Proceedings 2018*. Lübeck, Germany: Infinite Science Publishing, S. 12 – 16.
- Burmeister, D. (2018). *Selbstreflexive Geräteverbände in Smarten Umgebungen*. Doktorarbeit, Universität zu Lübeck, Lübeck, Germany.
- Buxton, W. (1983). Lexical and pragmatic considerations of input structures. *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*, 17(1), 31–37. URL <https://doi.org/10.1145/988584.988586>.
- Callahan, J., Hopkins, D., Weiser, M. & Shneiderman, B. (1988). An Empirical Comparison of Pie vs. Linear Menus. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '88*. New York, NY, USA: ACM, S. 95–100. URL <http://doi.acm.org/10.1145/57167.57182>, event-place: Washington, D.C., USA.
- Campbell, J. P. (1996). Speaker Recognition. In Jain, A. K., Bolle, R. & Pankanti, S. (Hrsg.), *Biometrics: Personal Identification in Networked Society*. Boston, MA: Springer US, S. 165–189. URL https://doi.org/10.1007/0-306-47044-6_8.
- Card, S. K., Mackinlay, J. D. & Robertson, G. G. (1990). The design space of input devices. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '90*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, S. 117–124. URL <https://doi.org/10.1145/97243.97263>.
- Carrière, B. (2013). *Der große Ball in der Physiotherapie: Theorie und Anwendung in Klinik und Praxis*. Springer-Verlag. Google-Books-ID: XECpBgAAQBAJ.
- Carruthers, H., Astin, F. & Munro, W. (2017). Which alternative communication methods are effective for voiceless patients in Intensive Care Units? A systematic review. *Intensive and Critical Care Nursing*, 42, 88–96. URL <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0964339716300623>.
- cben (2017). Lärm auf der Intensivstation. *Pflegezeitschrift*, 70(7), 61–61. URL <https://doi.org/10.1007/s41906-017-0141-x>.

- Chaudhary, U., Birbaumer, N. & Ramos-Murguialday, A. (2016). Brain–computer interfaces for communication and rehabilitation. *Nature Reviews Neurology*, 12(9), 513–525. URL <http://www.nature.com/articles/nrneurol.2016.113>.
- Cohen, M. H., Cohen, M. H., Giangola, J. P. & Balogh, J. (2004). *Voice User Interface Design*. Addison-Wesley Professional. Google-Books-ID: PI_n2EcJfT0C.
- Cook, A. M. & Polgar, J. M. (2014). *Assistive Technologies- E-Book: Principles and Practice*. Elsevier Health Sciences. Google-Books-ID: ODWaBQAAQBAJ.
- Cooper, A., Reimann, R., Cronin, D. & Noessel, C. (2014). *About Face: The Essentials of Interaction Design*. John Wiley & Sons.
- Costello, J. M., Patak, L. & Pritchard, J. (2010). Communication vulnerable patients in the pediatric ICU: Enhancing care through augmentative and alternative communication. *Journal of Pediatric Rehabilitation Medicine*, 3(4), 289–301.
- da Silva, L. F., Parreira Junior, P. A. & Freire, A. P. (2022). Mobile User Interaction Design Patterns: A Systematic Mapping Study. *Information*, 13(5), 236. URL <https://www.mdpi.com/2078-2489/13/5/236>.
- Dachselt, R. & Hübner, A. (2007). Virtual Environments: Three-dimensional menus: A survey and taxonomy. *Computers and Graphics*, 31(1), 53–65. URL <https://doi.org/10.1016/j.cag.2006.09.006>.
- Destatis (2017). *Gesundheit: Grunddaten der Krankenhäuser 2016*. Nummer 2120611167004 in Fachserie 12 Reihe 6.1.1. Statistisches Bundesamt (Destatis).
- Destatis (2018). *Gesundheit: Grunddaten Der Krankenhäuser 2017*. Nummer 2120611177004 in Fachserie 12 Reihe 6.1.1. Statistisches Bundesamt (Destatis).
- Destatis (2020). *Gesundheit: Grunddaten Der Krankenhäuser 2018*. Nummer 2120611177004 in Fachserie 12 Reihe 6.1.1. Statistisches Bundesamt (Destatis).
- Destatis (2021). *Gesundheit: Grunddaten Der Krankenhäuser 2019*. Nummer 2120611177004 in Fachserie 12 Reihe 6.1.1. Statistisches Bundesamt (Destatis).
- Dettenkofer, M., Frank, U., Just, H.-M., Lemmen, S. & Scherrer, M. (Hrsg.) (2018). *Praktische Krankenhaushygiene und Umweltschutz*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. URL <http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-40600-3>.
- De la Torre, F. & Cohn, J. F. (2011). Facial Expression Analysis. In Moeslund, T. B., Hilton, A., Krüger, V. & Sigal, L. (Hrsg.), *Visual Analysis of Humans: Looking at People*. London: Springer, S. 377–409. URL https://doi.org/10.1007/978-0-85729-997-0_19.
- DIN EN ISO 9241-11 (2018). Leitlinien für die Individualisierung von Software.
- DIN EN ISO 9241-110 (2020). Grundsätze der Dialoggestaltung.
- DIN EN ISO 9241-14 (1998). Ergonomics requirements for office work with visual display terminals (VDTs) – part 14: Menu dialogues.
- DIN EN ISO 9241-171 (2008). Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 171: Leitlinien für die Zugänglichkeit von Software.

- DIN EN ISO 9241-210 (2020). Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme.
- Dix, A., Finlay, J. E., Abowd, G. D. & Beale, R. (2003). *Human-Computer Interaction*. Harlow, England ; New York: Pearson, 3 Auflage.
- El-Soussi, A. H., Elshafey, M. M., Othman, S. Y. & Abd-Elkader, F. A. (2015). Augmented alternative communication methods in intubated COPD patients: Does it make difference. *Egyptian Journal of Chest Diseases and Tuberculosis*, 64(1), 21–28. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0422763814001563>.
- Elsahar, Y., Hu, S., Bouazza-Marouf, K., Kerr, D. & Mansor, A. (2019). Augmentative and Alternative Communication (AAC) Advances: A Review of Configurations for Individuals with a Speech Disability. *Sensors*, 19(8), 1911. URL <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/8/1911>, number: 8 Publisher: Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- Emery, F. & Trist, E. (1960). Management Science Models and Techniques, vol. 2. C. Churchman, & M. Verhulst, *Socio-technical systems*, 83–97.
- Fegbeutel, C., Jäger, C., Schilling, T., Schäfer, K.-H. & Haverich, A. (2021). Evaluation eines Kommunikationscomputers im intensivmedizinischen Verlauf von deutsch- und nicht-deutschsprachigen herz-, thorax-, transplantations- und gefäßchirurgischen Patienten. URL https://www.eventclass.org/contxt_czp2021/online-program/sequential.
- Fitts, P. M. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, 47(6), 381–391. Place: US Publisher: American Psychological Association.
- Foley, J. D., van Dam, A., Feiner, S. K. & Hughes, J. F. (1990). *Computer graphics: principles and practice (2nd ed.)*. USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.
- Francone, J., Bailly, G., Lecolinet, E., Mandran, N. & Nigay, L. (2010). Wavelet menus on handheld devices: stacking metaphor for novice mode and eyes-free selection for expert mode. In *Proceedings of the International Conference on Advanced Visual Interfaces, AVI '10*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, S. 173–180. URL <https://doi.org/10.1145/1842993.1843025>.
- Franke, T., Attig, C. & Wessel, D. (2018). A Personal Resource for Technology Interaction: Development and Validation of the Affinity for Technology Interaction (ATI) Scale. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 0(0), 1–12. URL <https://doi.org/10.1080/10447318.2018.1456150>.
- Franke, T., Attig, C. & Wessel, D. (2019). A Personal Resource for Technology Interaction: Development and Validation of the Affinity for Technology Interaction (ATI) Scale. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 35(6), 456–467. URL <https://doi.org/10.1080/10447318.2018.1456150>, publisher: Taylor & Francis _eprint: <https://doi.org/10.1080/10447318.2018.1456150>.

- Garry, J., Casey, K., Cole, T. K., Regensburg, A., McElroy, C., Schneider, E., Efron, D. & Chi, A. (2016). A pilot study of eye-tracking devices in intensive care. *Surgery*, 159(3), 938–944.
- Gavrila, D. M. (1999). The Visual Analysis of Human Movement: A Survey. *Computer Vision and Image Understanding*, 73(1), 82–98. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1077314298907160>.
- George, R. & Blake, J. (2010). Objects, containers, gestures, and manipulations: Universal foundational metaphors of natural user interfaces. *CHI 2010*, 10–15.
- Goldberg, M., Hochberg, L., Carpenter, D., Isenberger, J., Heard, S. & Walz, J. (2017a). Principles of Augmentative and Alternative Communication System Design in the ICU Setting. *UMass Center for Clinical and Translational Science Research Retreat*. URL https://escholarship.umassmed.edu/cts_retreat/2017/posters/27.
- Goldberg, M., Hochberg, L., Carpenter, D., Isenberger, J., Heard, S. & Walz, J. (2017b). Testing a Novel Manual Communication System for Mechanically Ventilated ICU Patients. *UMass Center for Clinical and Translational Science Research Retreat*. URL https://escholarship.umassmed.edu/cts_retreat/2017/posters/28.
- Goldberg, M. A., Hochberg, L. R., Carpenter, D. & Walz, J. M. (2021). Development of a Manually Operated Communication System (MOCS) for patients in intensive care units. *Augmentative and Alternative Communication*, 37(4), 261–273. URL <https://doi.org/10.1080/07434618.2021.2016958>, publisher: Taylor & Francis _eprint: <https://doi.org/10.1080/07434618.2021.2016958>.
- Groza, H. L., Sebesi, S. B. & Mandru, D. S. (2017). Age Simulation Suits for Training, Research and Development. In *International Conference on Advancements of Medicine and Health Care through Technology; 12th - 15th October 2016, Cluj-Napoca, Romania*, IFMBE Proceedings. Springer, Cham, S. 77–80. URL https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-52875-5_17.
- Gugenheimer, J., Stemasov, E., Sareen, H. & Rukzio, E. (2018). FaceDisplay: Towards Asymmetric Multi-User Interaction for Nomadic Virtual Reality. In *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. Montreal QC Canada: ACM, S. 1–13. URL <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3173574.3173628>.
- Happ, M., Roesch, T. & Kagan, S. (2005). Patient communication following head and neck cancer surgery: A pilot study using electronic speech-generating devices. *Oncology Nursing Forum*, 32(6), 1179–1187.
- Happ, M. B., Garrett, K., Thomas, D. D., Tate, J., George, E., Houze, M., Radtke, J. & Sereika, S. (2011). Nurse-patient communication interactions in the intensive care unit. *American Journal of Critical Care: An Official Publication, American Association of Critical-Care Nurses*, 20(2), e28–40.
- Happ, M. B., Roesch, T. K. & Garrett, K. (2004). Electronic voice-output communication aids for temporarily nonspeaking patients in a medical intensive care unit: a feasibility study. *Heart & Lung*, 33(2), 92–101. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147956303002036>.

- Hayward, V., Astley, O. R., Cruz-Hernandez, M., Grant, D. & Robles-De-La-Torre, G. (2004). Haptic interfaces and devices. *Sensor Review*, 24(1), 16–29. URL <https://doi.org/10.1108/02602280410515770>, publisher: Emerald Group Publishing Limited.
- Henkel, A., Hussels, B., Kopetz, J. P., Krotsetis, S., Jochems, N. & Balzer, K. (2018). Nutzer- und Aufgabenanalyse für ein sozio-technisches System zur Unterstützung der Kommunikation und Reorientierung beatmeter Patientinnen und Patienten in Intensivstationen: Ergebnisse und methodische Herausforderungen. In Boll, S., Hein, A., Heuten, W. & Wolf-Ostermann, K. (Hrsg.), *Zukunft der Pflege : Tagungsband der 1. Clusterkonferenz 2018 - Innovative Technologien für die Pflege*. BIS-Verl. der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, S. 201–206.
- Herczeg, M. (2018). *Software-Ergonomie: Theorien, Modelle und Kriterien für gebrauchstaugliche interaktive Computersysteme, 4. Auflage*. De Gruyter Oldenburg.
- Hesselmann, T., Flöring, S. & Schmitt, M. (2009). Stacked Half-Pie menus: navigating nested menus on interactive tabletops. In *Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, ITS '09*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, S. 173–180. URL <https://doi.org/10.1145/1731903.1731936>.
- Hick, W. E. (1952). On the Rate of Gain of Information. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 4(1), 11–26. URL <https://doi.org/10.1080/17470215208416600>, publisher: SAGE Publications.
- Hinckley, K., Jacob, R. J. K. & Ware, C. (2004). *Input/Output Devices and Interaction Techniques (2004)*. URL <https://www.microsoft.com/en-us/research/publication/inputoutput-devices-interaction-techniques-2004/>.
- Hinckley, K. & Wigdor, D. (2012). Input Technologies and Techniques (2012). In *Human Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies, and Emerging Applications, Third Edition*. CRC Press, S. 95–132. URL <https://www.microsoft.com/en-us/research/publication/input-technologies-techniques/>, section: 6.
- Howes, A. (1994). A model of the acquisition of menu knowledge by exploration. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '94*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, S. 445–451. URL <https://doi.org/10.1145/191666.191820>.
- Hyman, R. (1953). Stimulus information as a determinant of reaction time. *Journal of Experimental Psychology*, 45, 188–196. Place: US Publisher: American Psychological Association.
- Iosa, M., Picerno, P., Paolucci, S. & Morone, G. (2016). Wearable inertial sensors for human movement analysis. *Expert Review of Medical Devices*, 13(7), 641–659. URL <https://doi.org/10.1080/17434440.2016.1198694>, publisher: Taylor & Francis _eprint: <https://doi.org/10.1080/17434440.2016.1198694>.

- Ishii, H. & Ullmer, B. (1997). Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms. In *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human factors in computing systems*, CHI '97. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, S. 234–241. URL <https://doi.org/10.1145/258549.258715>.
- Jacoby, R. H. & Ellis, S. R. (1992). Using virtual menus in a virtual environment. In *In Proceedings of SPIE, Visual Data Interpretation*. S. 39–48.
- Jaimes, A. & Sebe, N. (2007). Multimodal human-computer interaction: A survey. *Computer Vision and Image Understanding*, 108(1-2), 116–134. URL <https://doi.org/10.1016/j.cviu.2006.10.019>.
- Jakobsen, M. R. & Hornæk, K. (2007). Transient visualizations. In *Proceedings of the 19th Australasian conference on Computer-Human Interaction: Entertaining User Interfaces*, OZCHI '07. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, S. 69–76. URL <https://doi.org/10.1145/1324892.1324905>.
- Jalaliniya, S., Smith, J., Sousa, M., Büthe, L. & Pederson, T. (2013). Touch-less interaction with medical images using hand and foot gestures. In *Proceedings of the 2013 ACM conference on Pervasive and ubiquitous computing adjunct publication*, UbiComp '13 Adjunct. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, S. 1265–1274. URL <https://doi.org/10.1145/2494091.2497332>.
- Kakkar, R. (2019). Entwicklung einer interaktiven Anwendung zur Kommunikation von Schmerzen im Intensivkontext.
- Kammer, D., Keck, M., Freitag, G. & Wacker, M. (2010). Taxonomy and overview of multi-touch frameworks: Architecture, scope and features. In *Workshop on Engineering Patterns for Multitouch Interfaces*.
- Kaptelinin, V. & Czerwinski, M. (2007). Beyond the Desktop Metaphor in Seven Dimensions. In *Beyond the Desktop Metaphor: Designing Integrated Digital Work Environments*. MIT Press, S. 335–354. URL <https://ieeexplore.ieee.org/document/6289740>, conference Name: Beyond the Desktop Metaphor: Designing Integrated Digital Work Environments.
- Karray, F., Alemzadeh, M., Abou Saleh, J. & Nours Arab, M. (2008). Human-Computer Interaction: Overview on State of the Art. *International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems*, 1(1), 137–159. URL https://www.exeley.com/in_jour_smart_sensing_and_intelligent_systems/doi/10.21307/ijssis-2017-283.
- Kiger, J. I. (1984). The depth/breadth trade-off in the design of menu-driven user interfaces. *International Journal of Man-Machine Studies*, 20(2), 201–213. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020737384800188>.
- King, T. W. (1999). *Assistive Technology: Essential Human Factors*. Allyn & Bacon. Google-Books-ID: Gk5RAAAAMAAJ.
- Kippnich, M., Skazel, T., Klingshirn, H., Gerken, L., Heuschmann, P., Haas, K., Schutzmeier, M., Brandstetter, L., Weismann, D., Reuschenbach, B., Meybohm, P. & Wurmb, T. (2023). Analyse des Weaningprozesses bei Intensivpatienten im Hinblick auf Dokumentation und Verlegung in weiterbehandelnde Einheiten.

- Medizinische Klinik - Intensivmedizin und Notfallmedizin*, 118(4), 269–276.
URL <https://doi.org/10.1007/s00063-022-00941-5>.
- Knote, R., Janson, A., Söllner, M. & Leimeister, J. M. (2019). Classifying Smart Personal Assistants: An Empirical Cluster Analysis. In *Proceedings of the 52rd Annual Hawaii International Conference on System Sciences*. S. 2024 – 2033. URL <https://kobra.uni-kassel.de/handle/123456789/11915>, publisher: University of Hawaii at Manoa, Hamilton Library, ScholarSpace.
- Kopetz, J. P., Burgsmüller, S., Vandereike, A.-K., Sengpiel, M., Wessel, D. & Jochems, N. (2019). Finding User Preferences Designing the Innovative Interaction Device “BIRDY” for Intensive Care Patients. In Bagnara, S., Tartaglia, R., Albolino, S., Alexander, T. & Fujita, Y. (Hrsg.), *Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018)*, Advances in Intelligent Systems and Computing. Springer International Publishing, S. 698–707.
- Kopetz, J. P. & Jochems, N. (2022). Supporting Pain Management for Mechanically Ventilated Intensive Care Patients Using a Novel Communication Tool. In Black, N. L., Neumann, W. P. & Noy, I. (Hrsg.), *Proceedings of the 21st Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2021)*, Lecture Notes in Networks and Systems. Cham: Springer International Publishing, S. 650–657.
- Kopetz, J. P., Kordts, B., Henkel, A. & Jochems, N. (2018). Requirements for a Novel Interaction Device for Patients in Intensive Care. In *Tagungsband MuC 2018*. URL <http://dl.gi.de/handle/20.500.12116/16730>.
- Kordts, B. (2023). *Selbstreflexive Smarte Umgebungen im Intensivkontext*. Doktorarbeit, Universität zu Lübeck, Lübeck, Germany.
- Kordts, B., Gerlach, B. & Schrader, A. (2022). Self-Organizing and Self-Explaining Pervasive Environments by Connecting Smart Objects and Applications. *Technologies*, 10, 15. URL <https://www.mdpi.com/2227-7080/10/1/15>, publisher: Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- Kordts, B., Kopetz, J. P., Henkel, A., Schrader, A. & Jochems, N. (2019). Requirements and Interaction Patterns for a Novel Interaction Device for Patients in Intensive Care. *i-com*, 18(1), 67–78. URL <https://www.degruyter.com/view/j/icom.2019.18.issue-1/icom-2019-0004/icom-2019-0004.xml>.
- Kordts, B., Kopetz, J. P. & Schrader, A. (2021). A Framework for Self-Explaining Systems in the Context of Intensive Care. In *2021 IEEE International Conference on Autonomic Computing and Self-Organizing Systems (ACSOS)*. Washington DC, USA: IEEE. URL <https://doi.org/10.1109/ACSOS52086.2021.00040>.
- Laerkner, E., Egerod, I. & Hansen, H. P. (2015). Nurses’ experiences of caring for critically ill, non-sedated, mechanically ventilated patients in the Intensive Care Unit: A qualitative study. *Intensive and Critical Care Nursing*, 31(4), 196–204. URL <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0964339715000075>.
- Lakomkin, E., Weber, C., Magg, S. & Wermter, S. (2018). Reusing Neural Speech Representations for Auditory Emotion Recognition. *arXiv:1803.11508 [cs]*. URL <http://arxiv.org/abs/1803.11508>, arXiv: 1803.11508.

- Larsen, R. (2016). *Anästhesie und Intensivmedizin für die Fachpflege*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 9 Auflage. URL <https://www.springer.com/de/book/9783662504437>.
- Laugwitz, B., Held, T. & Schrepp, M. (2008). Construction and evaluation of a user experience questionnaire. In *HCI and Usability for Education and Work: 4th Symposium of the Workgroup Human-Computer Interaction and Usability Engineering of the Austrian Computer Society, USAB 2008, Graz, Austria, November 20-21, 2008. Proceedings 4*. Springer, S. 63–76.
- Lee, E. S. & Raymond, D. R. (1993). Menu-driven systems. *Encyclopedia of Microcomputers*, 11, 101–127.
- Liepmann, D. (2007). *Intelligenz-Struktur-Test 2000 R: IST 2000 R*. Hogrefe.
- Lorah, E. R., Parnell, A., Whitby, P. S. & Hantula, D. (2015). A Systematic Review of Tablet Computers and Portable Media Players as Speech Generating Devices for Individuals with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45(12), 3792–3804. URL <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2314-4>.
- Maringelli, F., Brienza, N., Scorrano, F., Grasso, F. & Gregoretti, C. (2013). Gaze-controlled, computer-assisted communication in Intensive Care Unit: "Speaking through the eyes". *Minerva Anestesiologica*, 79(2), 165–175.
- Martinez-Millana, A., Bayo-Monton, J.-L., Lizondo, A., Fernandez-Llatas, C. & Traver, V. (2016). Evaluation of Google Glass Technical Limitations on Their Integration in Medical Systems. *Sensors*, 16(12), 2142. URL <https://www.mdpi.com/1424-8220/16/12/2142>, number: 12 Publisher: Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- Maylor, E. A., Reimers, S., Choi, J., Collaer, M. L., Peters, M. & Silverman, I. (2007). Gender and Sexual Orientation Differences in Cognition Across Adulthood: Age Is Kinder to Women than to Men Regardless of Sexual Orientation. *Archives of Sexual Behavior*, 36(2), 235–249. URL <https://doi.org/10.1007/s10508-006-9155-y>.
- Mewes, A., Saalfeld, P., Riabikin, O., Skalej, M. & Hansen, C. (2016). A gesture-controlled projection display for CT-guided interventions. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 11(1), 157–164. URL <https://doi.org/10.1007/s11548-015-1215-0>.
- Michael Isfort (2017). Personalsituation in der Intensivpflege - Permanent 'am Limit'. *BibliomedPflege*, 2017(04), 22–27. URL <https://www.bibliomed-pflege.de/zeitschriften/pflegenintensiv/heftarchiv/ausgabe/artikel/pi-4-2017-das-intensivtagebuch-bruecke-zur-erinnerung/33646-permanent-am-limit/>.
- Miglietta, M. A., Bochicchio, G. & Scalea, T. M. (2004). Computer-assisted communication for critically ill patients: a pilot study. *The Journal of Trauma*, 57(3), 488–493.

- Mört, D. & Lothar, U. (2015). Körperpflege. In *Intensivpflege und Anästhesie*. Stuttgart: Thieme, 3., überarbeitete und erweiterte Auflage Auflage.
- Moshagen, M. & Thielsch, M. T. (2010). Facets of visual aesthetics. *International journal of human-computer studies*, 68(10), 689–709.
- Müller, A., Weiß, B., Spies, C. D., S3-Leitliniengruppe, Ralf, B., Andreas, B., Rolf, B., Stephan, B., Hartmut, B., Peter, D., Süha, D., Ingolf, E., Rahel, E., Verena, E., Ingo, F., Stephan, F., Andreas, F., Lars, G., Bernhard, G., Wolfgang, H., Irene, H., Hans-Jürgen, H., Johannes, H., Ralf, H., Uwe, J., Christine, J., Kristin, K. M., Paul, K., Stefan, K., Matthias, K., Matthias, K., Andreas, M., Anika, M., Maritta, O., Christian, P., Bernd, R., Michael, S., Rainhild, S., Peter, S., Monika, S., Reinhard, S., Jens, S., Stefan, S., Gerhard, S., Claudia, S., Robert, S., Uwe, T., Peter, T., Michael, T., Frank, W., Christian, W., Björn, W. & Guido, W. (2015). Analgesie, Sedierung und Delirmanagement – Die neue S3-Leitlinie „Analgesie, Sedierung und Delirmanagement in der Intensivmedizin“ (DAS-Leitlinie 2015). *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*, 50(11/12), 698–703. 698.
- Nassif, A. B., Shahin, I., Attili, I., Azzeh, M. & Shaalan, K. (2019). Speech Recognition Using Deep Neural Networks: A Systematic Review. *IEEE Access*, 7, 19143–19165. Conference Name: IEEE Access.
- Neil, T. (2014). *Mobile Design Pattern Gallery: UI Patterns for Smartphone Apps*. Ö'Reilly Media, Inc.". Google-Books-ID: Qw5pAwAAQBAJ.
- Neimy, H. & Fossett, B. (2022). Augmentative and Alternative Communication (AAC) Systems. In Leaf, J. B., Cihon, J. H., Ferguson, J. L. & Weiss, M. J. (Hrsg.), *Handbook of Applied Behavior Analysis Interventions for Autism: Integrating Research into Practice*, Autism and Child Psychopathology Series. Cham: Springer International Publishing, S. 375–401. URL https://doi.org/10.1007/978-3-030-96478-8_20.
- Nilsen, M. L., Sereika, S. M., Hoffman, L. A., Barnato, A., Donovan, H. & Happ, M. B. (2014). Nurse and Patient Interaction Behaviors' Effects on Nursing Care Quality for Mechanically Ventilated Older Adults in the ICU. *Research in Gerontological Nursing*, 7(3), 113–125.
- Noda, K., Yamaguchi, Y., Nakadai, K., Okuno, H. G. & Ogata, T. (2015). Audio-visual speech recognition using deep learning. *Applied Intelligence*, 42(4), 722–737. URL <https://doi.org/10.1007/s10489-014-0629-7>.
- Norman, D. (2007). The next UI breakthrough: command lines. *Interactions*, 14(3), 44–45. URL <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1242421.1242449>.
- Norman, D. A. (1986). Cognitive Engineering. In *User Centered System Design*. Boca Raton: CRC Press, 0 Auflage, S. 31–62. URL <https://www.taylorfrancis.com/books/9781482229639/chapters/10.1201/b15703-3>.
- Norman, K. L. (1991). *The Psychology of Menu Selection: Designing Cognitive Control at the Human/computer Interface*. Intellect Books. Google-Books-ID: Li9ixNhMwUUC.

- Oczenski, W. (2017). *Atmen - Atemhilfen*. Thieme Verlag, 10., überarbeitete und erweiterte Auflage Auflage. URL <https://www.thieme-connect.de/products/ebooks/book/10.1055/b-004-140689>.
- Olaronke, I., Ikono, R., Gambo, I., Ojerinde, O. & Olaleke, J. (2018). Prospects and Problems of Brain Computer Interface in Healthcare. *Current Journal of Applied Science and Technology*, 29, 1–17.
- Park, S., Bokijonov, S. & Choi, Y. (2021). Review of Microsoft HoloLens Applications over the Past Five Years. *Applied Sciences*, 11(16), 7259. URL <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/16/7259>, number: 16 Publisher: Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- Payen, J.-F., Bru, O., Bosson, J.-L., Lagrasta, A., Novel, E., Deschaux, I., Lavagne, P. & Jacquot, C. (2001). Assessing pain in critically ill sedated patients by using a behavioral pain scale. *Critical care medicine*, 29(12), 2258–2263.
- Perelman, G., Serrano, M., Raynal, M., Picard, C., Derras, M. & Dubois, E. (2015). The Roly-Poly Mouse: Designing a Rolling Input Device Unifying 2D and 3D Interaction. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '15*. New York, NY, USA: ACM, S. 327–336.
- Peters, M., Laeng, B., Latham, K., Jackson, M., Zaiyouna, R. & Richardson, C. (1995). A redrawn Vandenberg and Kuse Mental Rotations Test: Different versions and factors that affect performance. *Brain and Cognition*, 28(1), 39–58. Place: Netherlands Publisher: Elsevier Science.
- Pierre-Yves, O. (2003). The production and recognition of emotions in speech: features and algorithms. *International Journal of Human-Computer Studies*, 59(1), 157–183. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1071581902001416>.
- Preece, J., Rogers, Y. & Sharp, H. (2019). *Interaction design: beyond human-computer interaction*. Chichester: Wiley, fifth edition Auflage. OCLC: 903427599.
- Preim, B. & Dachsel, R. (2010). *Interaktive Systeme. Bd. 1: Grundlagen, Graphical User Interfaces, Informationsvisualisierung*. eXamen.press. Berlin Heidelberg: Springer, 2. auflage Auflage. OCLC: 690911888.
- Preim, B. & Dachsel, R. (2015). *Interaktive Systeme. Bd. 2: User Interface Engineering, 3D-Interaktion, Natural User Interfaces*. eXamen.press. Berlin: Springer Vieweg, 2. aufl Auflage. OCLC: 908550988.
- Päivi, M. (2011). *Gaze Interaction and Applications of Eye Tracking: Advances in Assistive Technologies: Advances in Assistive Technologies*. IGI Global. Google-Books-ID: HuWeBQAAQBAJ.
- Rabiner, L. R. & Juang, B. H. (1993). *Fundamentals of speech recognition*. Englewood Cliffs, N.J.: PTR Prentice Hall. OCLC: 26674087.
- Raskin, J. (2000). *The humane interface: new directions for designing interactive systems*. USA: ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co.

- Rautaray, S. S. & Agrawal, A. (2015). Vision based hand gesture recognition for human computer interaction: a survey. *Artificial Intelligence Review*, 43(1), 1–54. URL <https://doi.org/10.1007/s10462-012-9356-9>.
- Robles-De-La-Torre, G. (2006). The importance of the sense of touch in virtual and real environments. *IEEE MultiMedia*, 13(3), 24–30. Conference Name: IEEE MultiMedia.
- Rock, I. & Palmer, S. (1990). The Legacy of Gestalt Psychology. *Scientific American*, 263(6), 84–90. URL <https://www.scientificamerican.com/article/the-legacy-of-gestalt-psychology>.
- Rodriguez, C. & Rowe, M. (2010). Use of a speech-generating device for hospitalized postoperative patients with head and neck cancer experiencing speechlessness. *Oncology Nursing Forum*, 37(2), 199–205.
- Rodriguez, C., Rowe, M., Koepfel, B., Thomas, L., Troche, M. S. & Paguio, G. (2012). Development of a communication intervention to assist hospitalized suddenly speechless patients. *Technology and Health Care*, 20(6), 519–530. URL <https://content.iospress.com/articles/technology-and-health-care/thc00695>, publisher: IOS Press.
- Rodriguez, C., Rowe, M., Thomas, L., Shuster, J., Koepfel, B. & Cairns, P. (2016). Enhancing the Communication of Suddenly Speechless Critical Care Patients. *American Journal of Critical Care*, 25(3), e40–e47. URL <https://doi.org/10.4037/ajcc2016217>.
- Rosson, M. B. & Carroll, J. M. (2012). Scenario-Based Design. In *Human Computer Interaction Handbook*. CRC Press, 3 Auflage. Num Pages: 20.
- Samp, K. (2011). *The design and evaluation of graphical radial menus*. PhD Thesis, National University of Ireland, Galway.
- Samp, K. (2013). Designing Graphical Menus for Novices and Experts: Connecting Design Characteristics with Design Goals. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '13*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, S. 3159–3168. URL <https://doi.org/10.1145/2470654.2466432>.
- Samp, K. & Decker, S. (2010). Supporting menu design with radial layouts. In *Proceedings of the International Conference on Advanced Visual Interfaces*. S. 155–162.
- Schindler, A. W., Schindler, N., Enz, F., Lueck, A., Olderog, T. & Vagts, D. A. (2013). ICU personnel have inaccurate perceptions of their patients' experiences. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, 57(8).
- Schmeier, B., Kopetz, J. P., Kordts, B. & Jochems, N. (2021). Manipulating Virtual Objects in Augmented Reality Using a New Ball-Shaped Input Device. In *12th Augmented Human International Conference, AH2021*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, S. 1–8. URL <https://doi.org/10.1145/3460881.3460935>.

- Schröder, M., Heylen, D. K. J. & Poggi, I. (2006). Perception of non-verbal emotional listener feedback. In *Speech Prosody 2006*. TUD-press, S. 43–46. URL <https://research.utwente.nl/en/publications/perception-of-non-verbal-emotional-listener-feedback>.
- Sengpiel, M. & Jochems, N. (2015). Validation of the Computer Literacy Scale (CLS). In *Human Aspects of IT for the Aged Population. Design for Aging*, Lecture Notes in Computer Science. Springer, Cham, S. 365–375. URL https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-20892-3_36.
- Sessler, C. N., Gosnell, M. S., Grap, M. J., Brophy, G. M., O’Neal, P. V., Keane, K. A., Tesoro, E. P. & Elswick, R. (2002). The Richmond Agitation–Sedation Scale: validity and reliability in adult intensive care unit patients. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 166(10), 1338–1344.
- Sharma, A. & Abrol, P. (2013). Eye Gaze Techniques for Human Computer Interaction: A Research Survey. *International Journal of Computer Applications*, 71(9), 18–25. URL <http://research.ijcaonline.org/volume71/number9/pxc3888738.pdf>.
- Shneiderman, B., Plaisant, C., Cohen, M., Jacobs, S., Elmqvist, N. & Diakopoulos, N. (2016). *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*. Boston: Pearson, 6 Auflage.
- Simion, E. (2014). Augmentative and Alternative Communication – Support for People with Severe Speech Disorders. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 128, 77–81. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814022125>.
- Soliz, E. & Paley, W. B. (2003). A re-interpretation of marking menus: The usage of gestalt principles as cognitive tools. *ACM UIST’03, poster*.
- Stigberg, S. K. (2020). Human Computer Interfaces Reconsidered: A Conceptual Model for Understanding User Interfaces. In *Human-Computer Interaction. Design and User Experience: Thematic Area, HCI 2020, Held as Part of the 22nd International Conference, HCII 2020, Copenhagen, Denmark, July 19–24, 2020, Proceedings, Part I*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, S. 160–171. URL https://doi.org/10.1007/978-3-030-49059-1_12.
- Tan, D. & Nijholt, A. (2010). Brain-Computer Interfaces and Human-Computer Interaction. In Tan, D. S. & Nijholt, A. (Hrsg.), *Brain-Computer Interfaces: Applying our Minds to Human-Computer Interaction*, Human-Computer Interaction Series. London: Springer, S. 3–19. URL https://doi.org/10.1007/978-1-84996-272-8_1.
- Taylor, P. (2009). *Text-to-Speech Synthesis*. Cambridge University Press.
- Trappe, H.-J. (2020). Effekte von Musik in der Intensivmedizin. *Medizinische Klinik - Intensivmedizin und Notfallmedizin*.
- Tsay, S.-F., Mu, P.-F., Lin, S., Wang, K.-W. K. & Chen, Y.-C. (2013). The experiences of adult ventilator-dependent patients: A meta-synthesis review. *Nursing & health sciences*, 15(4), 525–533.

- Tschochner, F. (2020). *Erweiterung der ACTIVATE-Anwendung um Interaktionsmuster zur Navigation durch komplexe Informations- und Menüstrukturen*. Masterarbeit, Universität zu Lübeck.
- Vandereike, A.-K., Burgsmüller, S., Kopetz, J. P., Sengpiel, M. & Jochems, N. (2018). Interaction Paradigms of a Ball-Shaped Input Device for Intensive Care Patients. In *Student Conference Proceedings 2018*. Lübeck, Germany: Infinite Science Publishing.
- Villarreal-Narvaez, S., Vanderdonckt, J., Vatavu, R.-D. & Wobbrock, J. O. (2020). A Systematic Review of Gesture Elicitation Studies: What Can We Learn from 216 Studies? In *Proceedings of the 2020 ACM Designing Interactive Systems Conference*. Eindhoven Netherlands: ACM, S. 855–872. URL <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3357236.3395511>.
- von Haken, R., Groß, M., Plaschke, K., Scholz, M., Engelhardt, R., Brobeil, A., Martin, E. & Weigand, M. (2010). Delir auf der Intensivstation. *Der Anaesthetist*, 59(3), 235–247. URL <https://doi.org/10.1007/s00101-009-1664-3>.
- Wang, L., Li, X., Yang, Z., Tang, X., Yuan, Q., Deng, L. & Sun, X. (2016). Semi-recumbent position versus supine position for the prevention of ventilator-associated pneumonia in adults requiring mechanical ventilation. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, (1), CD009946.
- Waterworth, J. & Chignell, M. (1991). A Model of Information Exploration. *Hypermedia*, 3, 35–58.
- Wendt, O., Quist, R. W. & Lloyd, L. L. (2011). Definitions, History, and Legal Aspects of Assistive Technology. In *Assistive Technology: Principles and Applications for Communication Disorders and Special Education*. BRILL.
- Wickens, C. D., Hollands, J. G., Banbury, S. & Parasuraman, R. (2015). *Engineering Psychology and Human Performance*. New York: Psychology Press, 4 Auflage.
- Wigdor, D. & Wixon, D. (2011). *Brave NUI World: Designing Natural User Interfaces for Touch and Gesture*. Elsevier.
- Witt, H., Nicolai, T. & Kenn, H. (2007). The WUI-Toolkit: A Model-Driven UI Development Framework for Wearable User Interfaces. In *27th International Conference on Distributed Computing Systems Workshops (ICDCSW'07)*. S. 43–43. ISSN: 1545-0678.
- Wobbrock, J. O. & Kientz, J. A. (2016). Research contributions in human-computer interaction. *Interactions*, 23(3), 38–44. URL <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2907069>.
- Yin, J., Hinchet, R., Shea, H. & Majidi, C. (2021). Wearable Soft Technologies for Haptic Sensing and Feedback. *Advanced Functional Materials*, 31(39), 2007428. URL <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/adfm.202007428>, eprint: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/adfm.202007428>.
- Zaga, C. J., Berney, S. & Vogel, A. P. (2019). The Feasibility, Utility, and Safety of Communication Interventions With Mechanically Ventilated Intensive Care

- Unit Patients: A Systematic Review. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 28(3), 1335–1355. URL https://pubs.asha.org/doi/full/10.1044/2019_AJSLP-19-0001, publisher: American Speech-Language-Hearing Association.
- Zagler, W. L. (2013). Rehabilitationstechnik — Assistive Technologie. In Fialka-Moser, V. (Hrsg.), *Kompendium Physikalische Medizin und Rehabilitation: Diagnostische und therapeutische Konzepte*. Vienna: Springer, S. 245–258. URL https://doi.org/10.1007/978-3-7091-0467-5_17.
- Zhao, S., Agrawala, M. & Hinckley, K. (2006). Zone and polygon menus: using relative position to increase the breadth of multi-stroke marking menus. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '06. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, S. 1077–1086. URL <https://doi.org/10.1145/1124772.1124933>.
- Zierau, N., Engel, C., Söllner, M. & Leimeister, J. M. (2020). *Trust in Smart Personal Assistants: A Systematic Literature Review and Development of a Research Agenda*. SSRN Scholarly Paper ID 3920577, Social Science Research Network, Rochester, NY. URL <https://papers.ssrn.com/abstract=3920577>.

Anhänge

Auf den folgenden Seiten werden die Anhänge zu den Ergebnissen der Persona-Methode (Anhang A), den Ergebnissen der Szenario-Methode (Anhang B), den Unterlagen für die abschließende Nutzerstudie (Anhang C.1) und den Unterlagen für die Expertenevaluation (Anhang D) dargestellt.

A Ergebnisse der Persona-Methode

A.1 Übersicht über die Personas

Nr	Name	Persona-Typ	Benutzerklasse	Geschlecht	Alter	Aufnahmegrund	ITS-Fachrichtung	Delirium	PC-Erfahrung	Sprache	Körperliche Einschränkungen	Patientenbedürfnisse
1	Klaus Klein Klein Klein	Primary	Patient	männlich	62	Notfall	Innere	Fraglich	Ja	Deutsch	Kurzsichtig (Brillenträger)	Kommunikation
2.1	Hans Dietrich (2.1)	Negative	Patient	männlich	94	Notfall	Innere	Fraglich	Nein	Deutsch	Körperlich sehr schwache Person	schwer zu ermitteln
2.2	Hans Dietrich (2.2)	Primary	Patient	männlich	94	Notfall	Innere	Fraglich	Nein	Deutsch	Fixierung	schwer zu ermitteln, Unruhe/Sicherheit
3	Annika Elle-Sonnecken	Primary	Patient	weiblich	32	Notfall	Chirurgie	Ja (vorübergehend)	Ja	Deutsch	Fixierung, kurzsichtig (trägt Kontaktlinsen oder Brille)	Durst, Kommunikation, Information
4	Hassan Ycegütlü	Primary	Patient	männlich	54	Geplant	Chirurgie	Nein	Ja	Deutsch, Türkisch	keine	Schmerz, Aufmerksamkeit
5	Elenor Spring	Primary	Patient	weiblich	62	Geplant	Innere	Nein	Ja	Deutsch	Fortschreitende Muskelschwäche (AML)	Angst, Atemnot
6	Olga Boschinski	Primary	Patient	weiblich	64	Geplant	Chirurgie	Ja (länger anhaltend)	Nein	Polnisch - Deutsch	Fixierung, Alterssichtigkeit (Lesebrille notwendig)	Positionswechsel (Unruhe)
7	Hildegard Wald	Primary	Pflegekraft	weiblich	62	N/A	N/A	N/A	Wenig	Deutsch	N/A	N/A
8	Michaela Dose	Served	Pflegekraft	weiblich	28	N/A	N/A	N/A	Ja	Deutsch	N/A	N/A
9	Ursula Müller	Customer	Angehörige	weiblich	66	N/A	N/A	N/A	Wenig	Deutsch	N/A	N/A
10	Dagmar Hansen	Customer	Angehörige	weiblich	56	N/A	N/A	N/A	Ja	Deutsch	N/A	N/A
11	Egon Müller	Secondary	Patient	männlich	68	Notfall	Chirurgie	Nein	Wenig	Deutsch	Kurzsichtig, gehbeeinträchtigt (sitzt im Rollstuhl), chronisch-obstruktive Bronchitis	Kommunikation, Linderung der Angst

Tabelle 21: Übersicht über die erstellten Personas (N/A = nicht anwendbar, ITS = Intensivstation)

A.2 Personas

Patient Hans Dietrich (Negative)

94 Jahre • dement • lebt seit 6 Monaten im Pflegeheim • erkennt seine eigenen Kinder nicht mehr



Persona 2.1: internistischer Notfall - für Assistives System ungeeignet

Grund für Intensivstation mit künstl. Beatmung

Obere GI-Blutung (Magenblutung)

Aspiration bei der Narkose-Einleitung durch ein erneutes Bluterbrechen, so dass Blut unkontrolliert in die Lunge gekommen ist

Lungenversagen (ARDS) mit Langzeitbeatmung

Weaningsituation

Wacht schnell auf, blickt ins Leere und wirkt abwesend

Es ist nicht nachvollziehbar, was er versteht und ob er darauf reagiert

Kann gezielten Aufforderungen keine Folge leisten (z.B. Händedruck)

Kommunikation

Die Demenz erschwert schon außerhalb der situativen Einschränkung die Kommunikation

Reagiert auch auf Angehörige nicht

Nutzungspotenzial

Könnte BIRDY zwar in der Hand halten

Gezielte Steuerung eines Systems ist nicht zu erwarten

Die Reaktion auf Systemausgaben wie Bilder, Geräusche, Stimmen, Vibrationen etc. ist ungewiss



Biographie

1,80m bei 75kg

Leidet an schwerer Alzheimer-Demenz

Erkennt Dinge des täglichen Lebens, vertraute Personen oder örtliche Gegebenheiten nicht mehr

Hat keine Computererfahrung

Krankheitsbedingt muss er an die Aufnahme von Nahrung und Flüssigkeit erinnert werden und braucht dabei pflegerische Unterstützung

Der Zusammenhalt seiner Familie ist trotz allem stark

Abbildung 54: Negative Persona Hans Dietrich

Patient Hans Dietrich (Supplemental)

94 Jahre • dement • lebt seit 6 Monaten im Pflegeheim • erkennt seine eigenen Kinder nicht mehr



Persona 2.2: internistischer Notfall - bedingt für Assistives System geeignet

Grund für Intensivstation mit künstl. Beatmung

Obere GI-Blutung (Magenblutung)

Aspiration bei der Narkose-einleitung durch ein erneutes Bluterbrechen, so dass Blut unkontrolliert in die Lunge gekommen ist

Lungenversagen (ARDS) mit Langzeitbeatmung

Weaningsituation

Wacht schnell auf und hat einen ausgeprägten Bewegungsdrang

Versucht mit den Händen nach allem im Bewegungsradius zu greifen – zum Eigenschutz werden seine Handgelenke fixiert

Reagiert auch auf Angehörige nicht adäquat, blickt die Person ohne Augenkontakt an

Kommunikation

Die Demenz erschwert schon außerhalb der situativen Einschränkung die zielgerichtete Kommunikation

Lautiert pausenlos unverständliche Silben wie „Hi hi hi“

Folgt keinen Aufforderungen

Nutzungspotenzial

Hat BIRDY in der Hand und nestelt daran herum, ohne gezielt zu verstehen, was er damit machen soll

Bilder und Filme erregen deutlich seine Aufmerksamkeit.

Auf vertraute Stimmen (Ehefrau) reagiert er, indem er in seinem agitierten Verhalten inne hält.

Eine passive Nutzung (Bilder, Filme, Stimmen) scheint möglich, eine aktive Nutzung nicht.



Biographie

1,80m bei 75kg

Leidet an schwerer Alzheimer-Demenz

Erkennt Dinge des täglichen Lebens, vertraute Personen oder örtliche Gegebenheiten nicht mehr

Hat keine Computererfahrung

Krankheitsbedingt muss er an die Aufnahme von Nahrung und Flüssigkeit erinnert werden und braucht dabei pflegerische Unterstützung

Der Zusammenhalt seiner Familie ist trotz allem stark

Abbildung 55: Supplemental Persona Hans Dietrich



Patientin Annika Elle-Sonnecken (Primary)

32 Jahre • verheiratet • eine 4-jährige Tochter • Produktionsleiterin beim Fernsehen

Persona 3: chirurgischer Notfall – für Assistives System geeignet

Grund für Intensivstation mit künstl. Beatmung

Autounfall - dadurch instabiler Thorax
Maschinelle Beatmung für mindestens 8 Wochen
Tracheotomie (Lufttröhrenschnitt) wird angelegt

Weaningsituation

Wird schnell wach, war jedoch zunächst in einem vorübergehenden, hyperaktiven Delirium (starke Unruhe mit Bewegungen des ganzen Körpers, Angst, Zittern, Halluzinationen, Schwitzen)
Aufgrund einer möglichen Eigengefährdung wurden die Hände fixiert

Kommunikation

Verspürt ein starkes Durstgefühl, kann dieses aber nicht kommunizieren
Möchte unbedingt wissen, wo sie sich befindet und was passiert ist

Nutzungspotenzial

Gezielte Steuerung des Systems durch das Delir zunächst nicht möglich
Profitiert von einer visuellen/ auditiven Vermittlung von Informationen (zunächst passiv)
Kann das Assistive System nach und nach vollumfänglich nutzen
Benötigt ihre Sehhilfe für die Bedienung und Steuerung

Biographie

1,70m bei 56kg
Kurzsichtig, trägt meist Kontaktlinsen
Lebt in einem Vorort einer Großstadt und fährt viel Auto
Organisationstalent
Arbeitet viel mit digitalen Medien und Anwendungen

Lebensfroher und energiegeladener Mensch – besitzt viel Humor und denkt grundsätzlich positiv
Ihr Motto „Ich schaffe das!“ bzw. „Geht nicht – gibts nicht!“ erzählt sie jedem, der es wissen möchte



Abbildung 56: Primary Persona Annika Elle-Sonnecken



Patientin Elenor Spring (Primary)

62 Jahre • geschieden • zwei erwachsene Kinder • Fröhrentnerin

Persona 5: geplante internistische Aufnahme - Notfall Intensivaufnahme – anfangs für Assistives System geeignet

Grund für Intensivstation mit künstl. Beatmung

Erstdiagnose AML (Amyotrophe Lateralsklerose) – eine unheilbare, fortschreitende Muskelerkrankung
Nach ausführlichen Gesprächen und aufgrund des raschen Fortschreitens der Muskelschwäche mit zunehmender Schluckstörung stimmen alle einem Lufttröhrenschnitt zu

Weaningsituation

Wacht nach einem kurzen Eingriff schnell wieder adäquat auf
Bekommt aufgrund von Sekretverlegung Luftnot und Angst.
Schnelles Handeln behebt die Luftnot, die Angst nicht gehört (und wahrgenommen zu werden bleibt).

Kommunikation

Nonverbale Kommunikation wie Lippenlesen, Kopfnicken bzw. – schütteln auf Ja-/Nein-Fragen gestaltet sich schwieriger als erwartet
Die Vorstellung, bei Problemen wie Luftnot nicht wahrgenommen werden zu können, macht ihr Angst.

Nutzungspotenzial

Die Nutzung von BIRDY fällt aufgrund der Handschwäche schwer, jede Bewegung ist mühsam.
Nutzt das System, um Fotos und Videos ihrer Kinder zu sehen – sie freut sich, darüber in Kontakt zu bleiben.
Die fortschreitende Krankheit macht die Nutzung von BIRDY irgendwann unmöglich – eine alternative Steuerung wird benötigt

Biographie

1,64m bei 62kg
Lebensfroh und energetischer Natur
Die Muskelschwäche breitet sich nach und nach in ihr aus
Wenn es ihr mal nicht so gut geht, lässt sie sich meist nichts anmerken

Hat ein gutes Verhältnis zu ihren Kindern
Erfahren im Umgang mit Laptop und Smartphone – wichtig ist ihr, dass es funktioniert



Abbildung 57: Primary Persona Elenor Spring

Patientin Olga Boschinski (Primary)

64 Jahre • verheiratet • zwei erwachsene Kinder (40 & 43 J.) • arbeitet als Küchenhilfe



Grund für Intensivstation mit künstl. Beatmung
Hüft-OP aufgrund starker Schmerzen bei fortschreitender Arthrose

Es gab intraoperative Probleme (starke Blutung), daher erhält sie eine Nachbeatmung auf der Intensivstation bis zur erneuten OP am nächsten Tag

Weaningsituation
Wacht nach der Operation schnell wieder auf – ist jedoch sehr unruhig und versteht nicht, wo sie ist.

Macht beim CAM-ICU-Test viele Fehler (Handrücken nach Aufforderung), daher wird ein Delirium (Zittern, Schwitzen, Angst, Panik in den Augen) diagnostiziert

Wird an den Händen fixiert um eine Selbstgefährdung zu vermeiden

Wird nach 2 Tagen extubiert, das Delir hält noch länger an

Persona 6: Geplante chirurgische Aufnahme – anfangs während des Delirs für Assistives System ungeeignet – danach geeignet

Kommunikation
Es besteht eine situative und eine sprachliche Kommunikationshürde
Ihr Mann ist oft zu Besuch und versucht zu unterstützen

Nutzungspotenzial
Sie wirft BIRDY zunächst ständig aus dem Bett, später behält sie BIRDY in den Händen – kann ihn aber aufgrund stark zitternder und schwitzender Hände nicht sinnvoll nutzen

Die polnischen Informationen des Systems bewirken eine positive Reaktionen

Ihr Mann nutzt das Assistive System, um ihr auf polnisch die Situation zu erklären – die Aufzeichnung wird mehrmals täglich abgespielt

Steht der Bildschirm günstig, benötigt sie keine Sehhilfe



www.f1online.de/1986584

Biographie

<p>1,61m bei 65kg</p> <p>Altersweitsichtig – trägt eine Lesebrille</p> <p>Spricht polnisch und kann kaum deutsch</p> <p>Fürsorglich, fleißig und selten krank</p> <p>Kümmert sich viel um ihre Enkelkinder</p>	<p>Trinkt täglich etwa ein Glas Wodka</p> <p>Der katholische Glaube ist ihr wichtig, singt in einem Kirchenchor</p> <p>Bisher kaum Erfahrungen im Umgang mit digitalen Systemen</p>
--	---

Abbildung 58: Primary Persona Olga Boschinski

Patient Egon Müller (Secondary)

68 Jahre • verheiratet • keine Kinder • Seit 10 Jahren Frührentner



Grund für Intensivstation mit künstl. Beatmung
ist beim Transport zur Physiotherapie von einem PKW erfasst worden

Hat dabei eine Ruptur der Leber und eine Fraktur der rechten Unterarms und des Handgelenkes erlitten

Weaningsituation
Nach der OP wacht er schnell auf

Das Weaning gestaltet sich aber aufgrund der fortgeschrittenen chronisch-obstruktive Bronchitis (COPD) schwierig und er wird nach einer frustrierten Extubation am 4 Tag tracheotomiert

Er toleriert nur kurze Phasen der Spontanatmung und reagiert dabei mit Angst, Panik und Ungeduld

Persona 4: Chirurgischer Notfall – für Assistives System geeignet

Kommunikation
Verstärkt werden seine Gefühle der Angst, Panik und Ungeduld durch das Unvermögen schriftlich (linke Hand gelähmt, rechte Hand frakturiert und durch einen Gips ruhiggestellt) oder durch Tippen auf die Buchstabentafel zu kommunizieren

Nutzungspotenzial
Er kann den BIRDY nicht mit seinen Händen bedienen. Eine Fuß- oder Augensteuerung ist physisch möglich, sollte aber nicht einfach umsetzbar sein, da Herrn Müller die nötige Geduld / psychische Ressourcen zum Erlernen fehlen.

Aufgrund seiner starken Kurzsichtigkeit muss das Eingabefeld / der Bildschirm des Assistiven Systems individuell positionierbar (rechts-links-Rückenlage, Nähe zu den Augen) sein.



Biographie

<p>1,72 m bei 98 kg</p> <p>Hatte vor 10 Jahren einen Schlaganfall und ist seitdem links halbseitig gelähmt</p> <p>Lebt zu Hause, ist auf Unterstützung eines Pflegedienstes und seiner Frau angewiesen</p>	<p>Hat eine eher ungeduldige Wesensart</p> <p>Es war für ihn mühsam, mit seiner körperlichen Einschränkung Aktivitäten und Bewegungsabläufe neu zu erlernen</p> <p>Wenig Erfahrung mit Computern und Smartphones</p>
--	--

Abbildung 59: Secondary Persona Egon Müller



Pflegerkraft Hildegard Wald (Served)

57 Jahre • verheiratet • zwei erwachsene Söhne (36 & 38 J.) • examinierte Krankenschwester

Persona 7: als skeptische Krankenschwester bedingt für Assistives System geeignet



Pflegealltag

Ist mit Leidenschaft bei ihrer täglichen Arbeit, hat die bestehenden Prozesse verinnerlicht.

Aufgrund des Personalmangels kann sie die Patienten nicht in dem Maße pflegen, wie sie es gerne möchte.

Einstellung gegenüber Technik

Computer, Smartphones, Navigationsgeräte und anderen technischen „Spielkram“ lehnt sie in ihrem Alltag ab

Einzelne Programme, die für den Stationsalltag nötig sind, kann sie bedienen

Ihr Motto „so viel wie nötig, so wenig wie möglich“ prägt ihren Umgang mit Technik

Nutzungspotenzial

„Wozu so etwas?“ „Bisher konnten wir auch immer alles verstehen, was die Patienten wollten!“

Sieht das Projekt und die Umsetzung kritisch, hat viele Argumente dagegen, sieht keinen Vorteil in der Anwendung und betont den zusätzlichen Aufwand, den das Gerät für die Pflege bedeuten könnte.

Fragt nach:

- Mehraufwand für die Pflege?
- Wer kümmert sich um das Gerät?
- Was passiert mit den Daten?
- Was sagt die Hygiene?

Steht dem Projekt jedoch nicht generell abweisend gegenüber, gibt die Unterstützung die nötig ist und hat nichts dagegen, wenn sich andere aktiv daran beteiligen.

Biographie

Naturverbunden

Lebt in einem Einfamilienhaus in der Nähe der Klinik

Geht gerne ins Theater und in klassische Konzerte

Kümmert sich viel um ihre vier Enkelinnen im Alter zwischen 4 und 14 Jahren

Veränderungen gegenüber ist sie sehr zurückhaltend

Abbildung 60: Served Persona Hildegard Wald



Pflegerkraft Michaela Dose (Primary)

28 Jahre • ledig • keine Kinder • Fachkrankenschwester für Intensivpflege

Persona 8: für Assistives System geeignet



Pflegealltag

Als Praxisanleiterin gibt sie ihr Wissen an jüngere Kolleginnen weiter

Hat als Hygienebeauftragte einen Blick für kritische Situationen

Sie erkennt ineffiziente Prozesse und würde gerne an deren Optimierung mitwirken

Einstellung gegenüber Technik

Mit Computer, Smartphone, etc. aufgewachsen

Dadurch sehr fit im Umgang mit allen elektronischen Geräten

Hat ein großes Interesse an hilfreichen Neuerungen und Weiterentwicklungen

Ist immer auf dem neusten Stand der Technik

Nutzungspotenzial

„Sehr gut! – Finde ich super die Idee!“ „Wie kann ich helfen?“

Ist dem Projekt gegenüber sehr offen und aufgeschlossen

Sieht ein großes Potential in der Entwicklung

Sie hat schon weitere Ideen für die Anwendung

Freut sich auf den ersten Prototyp und möchte gerne aktiv bei den Tests für das System dabei sein

Biographie

Lebt in einer Großstadt

Sportlich sehr aktiv

Ist viel auf Reisen und kennt „die ganze Welt“

Diskutiert gerne mit Freunden über Gott und die Welt

Politisch interessiert

Sieht sich selbst als sehr aktiven Menschen, der etwas erleben und bewegen möchte

Abbildung 61: Primary Persona Michaela Dose



Angehörige Ursula Müller (Served)

67 Jahre • 40 Jahre verheiratet • Witwe • keine Kinder • Seit kurzem Rentnerin

Persona 9: für Assistives System eher ungeeignet

Situation

Ihre Mutter befindet sich auf der internistischen Intensivstation

Durch eine ausgeprägte Pneumonie wurde eine mehrtägige maschinelle Beatmungstherapie eingeleitet, für die die Patientin in ein künstliches Koma versetzt wurde

Möchte ihre Mutter so oft es geht besuchen

Einstellung gegenüber Technik

Wenig PC-Erfahrungen, nutzt noch ein Handy mit reiner Telefonfunktion

Hat Hemmungen im Umgang und keine Vorstellung über Funktionsweise von modernen technischen Systemen

Angst, etwas „kaputt“ zu machen, was sie nicht versteht

Nutzungspotenzial

Äußerst fraglich, ob sie digitale Medien auf einem USB-Stick mitbringen könnte, sie bräuchte definitiv Hilfe dabei

Möglicherweise könnte sie von einem „Erklär-Video“ und einem einfachen Handhabungsprospekt profitieren, die den Umgang und die Möglichkeiten des Assistiven Systems Schritt für Schritt und bebildert erklärt



Biographie

Lebt in einem Einfamilienhaus Ehemalige Bäckerei-Fachverkäuferin Ist sehr fürsorglich und um ihre Mutter bemüht Versucht, alles allein zu schaffen, nimmt nicht gerne Hilfe an	Ist eher der häusliche Typ Bleibt im Urlaub zuhause Liest gerne im Garten Bücher
---	--

Abbildung 62: Served Persona Ursula Müller



Angehörige Dagmar Hansen (Served)

56 Jahre • geschieden, seit 5 Jahren in fester Partnerschaft • erwachsener Sohn (26 J.) • Sekretärin

Persona 10: für Assistives System geeignet

Situation

Besucht ihren Lebenspartner Guido (67 Jahre) auf der herzchirurgischen Intensivstation

Dieser muss nach einer geplanten Herz-Operation noch über Tage maschinell nachbeatmet werden, weshalb er ein Tracheostoma erhält

Sie kann nur nach der Arbeit und am Wochenende zum Besuch kommen

Einstellung gegenüber Technik

Der Umgang mit Office-Anwendungen gehört zu ihrem beruflichen Alltag, sie ist fit im Umgang mit Technik

Privat nutzt sie meist ein Tablet

Unterwegs (Bahnfahrten, Urlaub) liest sie auf dem E-Book-Reader

Nutzungspotenzial

Könnte für ihren Partner digitale Medien auf einem USB-Stick mitbringen

Versteht die Anwendung schnell und kann ihren Partner bei der Nutzung unterstützen

Der Hinweis, dass auf der Homepage des Krankenhauses hilfreiche Informationen und Erklärvideos zu finden sind, reicht ihr aus, um selbstständig aktiv zu werden und sich über das Assistive System zu informieren



Biographie

Arbeitet in einer Rechtsanwaltskanzlei Wohnt in einer Mietswohnung in einer Kleinstadt Ist mit ihrem Lebenspartner oft und gerne auf Reisen, überwiegend mit der Bahn oder dem Schiff	Dominant, kann sich gut durchsetzen Lernt schnell „Was nicht passt, wird passend gemacht!“
---	--

Abbildung 63: Served Persona Dagmar Hansen

B Ergebnisse der Szenario-Methode

B.1 Übersicht über die Problem- und Lösungsszenarien

Insgesamt wurden 16 Problem- und 18 Lösungsszenarien erstellt, die in 16 den Personas zugehörigen Themen kategorisiert wurden. Eine Übersicht über die zugehörigen Themen ist in Tabelle 22 abgebildet. Die jeweils ersten drei Themen wurden in Abschnitt 3.5, die übrigen werden auf den folgenden Seiten dargestellt.

Thema	Beschreibung
1a	Informationsdefizit
1b	(Re)Orientierungsdefizit
1c	Informations- und Kommunikationsdefizit
2a	(Re)Orientierung, Kontaktaufnahme und Erkennen von Reaktionen
2b	(Re)Orientierung, Kontaktaufnahme und ungezielte Bewegungen
3a	Unruhe
3b	Erinnerung an und Verständnis von Informationen
3c	Kommunikationsdefizit des Bedürfnisses Positionswechsel
4a	Allgemeine Kommunikations- und Informationsdefizite
4b	Kommunikation des Bedürfnisses Durst
5a	Angst, Stress und fehlendes Feedback auf Betätigung der Klingel
5b	Problem Luftnot kommunizieren
6	Sprachbarriere
7	Fehlende Information über Wachheit eines anderen Patienten
10	Fehlende Kommunikationsmöglichkeiten und infolgedessen fehlende Informationen
11	Fehlende Bedienmöglichkeiten des Assistiven System

Tabelle 22: Übersicht über die 16 Themen der Szenarien

B.2 Kontaktaufnahme bei Demenz, (Re)Orientierung und Drang nach Bewegung von Klaus Dietrich

Thema 2a: (Re)Orientierung, Kontaktaufnahme und Erkennen von Reaktionen

Problemszenario

Herr Dietrich hatte eine Magenblutung. Durch Bluterbrechen ist Blut in die Lunge gekommen, sodass eine längere Beatmungszeit nötig war. Bekannt ist, dass Herr Dietrich eine fortschreitende Demenz hat und selbst die eigenen Kinder nicht mehr erkennt.

Herr Dietrich macht nach Beendigung der Narkose schnell die Augen auf. Er liegt mit geöffneten Augen im Bett, ohne eine Reaktion zu zeigen. Auf Betrachter wirkt er geistig abwesend und ins „Leere blickend“. Eigenbewegungen finden nicht statt.

Lösungsszenario

Über das Assistive System wird Herrn Dietrich für ihn erwartungsgemäß angenehme Hintergrundmusik (beispielsweise basierend auf einer biografischen Anamnese) in geringer Lautstärke abgespielt. Diese wird automatisch nach konfigurierter Zeit (z.B. 60 Minuten) beendet und kann durch das Personal erneut gestartet werden. Zudem erhält er akustische Informationen, um seine Orientierung zu fördern (siehe Basisinformationen aus Lösungsszenario in Abschnitt 3.5.1).

Mit Beginn des Weaning-Prozesses werden neben den Ansageintervallen auch Musikauswahl, Wiedergabeintervalle und Lautstärke konfiguriert.

Die verantwortliche Pflegende erhält auf dem mobilen Endgerät die Informationen, dass die Musikwiedergabe nach 60 Minuten beendet wurde und dass dem Patient die Basisinformationen im jeweiligen Intervall wiedergegeben werden. Die genauen Informationen kann die Pflegekraft anwählen und detailliert ansehen und ggf. nachjustieren.

Thema 2b: (Re)Orientierung, Kontaktaufnahme und ungezielte Bewegungen

Problemszenario

Herr Dietrich hatte eine Magenblutung. Durch Bluterbrechen ist Blut in die Lunge gekommen, sodass eine längere Beatmungszeit nötig war. Bekannt ist, dass Herr Dietrich eine mittelschwere Alzheimer-Demenz hat und einen ausgeprägten Bewegungsdrang hat.

Nach Beendigung der Narkose wird Herr Dietrich schnell wach und zeigt unmittelbar den bekannten ausgeprägten Bewegungsdrang. Mit seinen Händen greift er nach allem, was sich in seinem Bewegungsradius befindet.

Um eine Selbstgefährdung auszuschließen, erfolgt eine Handfixierung. Trotz Fixierung ist Herr Dietrich extrem unruhig und sehr aktiv im Bett.

Lösungsszenario

Über die Informationsgabe und Musiktherapie durch das Assistive System (vgl. Szenario 2.1) gewinnt Herr Dietrich an Sicherheit.

Es erfolgt eine zusätzliche, individualisierte Information zu der Fixierung. Diese Zusatzinformation ist in die Ansage der Basisinformationen integriert und wird durch die Pflegekraft bei der Aktivierung des Assistiven Systems eingeschaltet.

Zusätzlich ist die Information zur Fixierung auch in der Benutzungsoberfläche für den Patienten (auch Angehörige) in Textform einsehbar. (Beispiel für eine Standardansage: „Herr Dietrich, ihre Hände sind fixiert, damit sie sich nicht gefährden, die Fixierung wird gelöst, sobald sie ruhiger und wacher sind“)

B.3 Unruhe, Verstehen und Kommunikationsdefizit hinsichtlich des Positionswechsels von Annika Elle-Sonnecken

Thema 3a: Unruhe

Problemszenario

Frau Elle-Sonnecken hatte einen Verkehrsunfall. Aufgrund mehrerer Rippenbrüche muss eine Beatmung über mindestens 8 Wochen erfolgen. Daher erfolgt ein Luftröhrenschnitt für die Beatmung.

Nach Reduzierung der sedierenden Medikamente wacht Frau Elle-Sonnecken schnell auf. Sie ist zittrig, unruhig, wirkt ängstlich und scheint das Gesagte nicht zu verstehen. Aufgrund ihrer unkontrollierten Bewegungen und Aktivität im Bett erfolgt eine Fixierung, um einer Eigengefährdung vorzubeugen. Mehrfach muss sie neu gebettet werden, da sie ständig durchgeschwitzt ist.

Der Besuch ihres Mannes scheint sie zu beruhigen. Bei seiner Anwesenheit entspannt sie sich, versucht jedoch ständig zu sprechen. Als ihr Mann von der 4-jährigen Tochter erzählt, „leuchten“ ihre Augen.

Lösungsszenario

Da Frau Elle-Sonnecken positiv auf die Besuche ihres Mannes reagiert, wird er von den Pflegenden aufgefordert, Aufnahmen/Videos/Fotos auf einem USB-Stick mitzubringen.

Über ein Programm auf einem Stations-Laptop können die Medien sicher von dem USB-Stick in das Assistive System importiert werden. Das

System bietet eine intuitive Menüführung (digitale Kompetenz berücksichtigen). Über die Mobilanwendung kann die Pflegekraft den Wiedergabemodus konfigurieren (beispielsweise eine Diashow von max. 10 Bildern).

Neben den Basisinformationen (analog zu Szenario 1a) kann Frau Elle-Sonnecken Mediendaten über einen Menüpunkt öffnen und so die Aufnahmen ihres Mannes und ihrer Tochter abspielen. Sie hat die Möglichkeit manuell durch die Mediendateien zu gehen oder beispielsweise eine Diashow zu starten. Optional kann dies auch durch die Pflegekraft (de-)aktiviert werden.

Thema 3b: Erinnerung an und Verständnis von Informationen

Problemszenario

Frau Elle-Sonnecken hatte einen Verkehrsunfall. Aufgrund mehrerer Rippenbrüche muss eine Beatmung über mindestens 8 Wochen erfolgen. Daher erfolgt ein Luftröhrenschnitt für die Beatmung.

Nach Beendigung der Narkose wacht Frau Elle-Sonnecken schnell auf. Sie ist zittrig, unruhig, wirkt ängstlich und scheint das Gesagte nicht zu verstehen und/oder nicht zu erinnern. Aufgrund ihrer unkontrollierten Bewegungen und Aktivität im Bett erfolgt eine Fixierung, um einer Eigengefährdung vorzubeugen.

Sie versucht zu verstehen, was genau in diesem Moment los ist, warum ihre Hände fest gemacht sind und was für ein Tag ist, sie erinnert nur, dass sie einen Unfall hatte. Aufgrund der Räumlichkeit, die sie wahrnimmt, vermutet sie sich in einem Krankenhaus.

Diese Ungewissheit macht ihr Angst und löst Unruhe in ihr aus. Die Pflegekraft kommt an ihr Bett und sagt zu ihr: *Frau Elle-Sonnecken, Sie wissen doch, dass die Kanüle in ihrem Hals erstmal drin bleiben muss, bis Ihre Lunge wieder voll arbeitet. Das hab ich ihnen doch schon mehrfach erklärt.*

Lösungsszenario

Basisinformationen (analog zu Szenario 1) und Informationen zur Handfixierung (analog zu Szenario 2.2) werden gegeben.

Zusätzlich erfolgt eine standardisierte Information zu der Beatmungstherapie. Diese zusätzliche Information ist in die Ansage integriert und wird durch die Pflegekraft bei der Aktivierung des Assistiven Systems zugeschaltet.

Zusätzlich ist die Information zur Beatmungstherapie auch in der Maske einsehbar und optional eine Timeranzeige sichtbar (Patientenbildschirm), sofern von der Pflegekraft hinzugeschaltet.

Thema 3c: Kommunikationsdefizit des Bedürfnisses Positionswechsel

Problemszenario

Frau Elle-Sonnecken hatte einen Verkehrsunfall. Aufgrund mehrerer Rippenbrüche muss eine Beatmung über mindestens 8 Wochen erfolgen. Daher erfolgt ein Luftröhrenschnitt für die Beatmung.

Frau Elle-Sonnecken ist schon seit einigen Tagen wach, aber dennoch beatmet. Sie weiß mittlerweile, was passiert ist und zeigt keine selbstgefährdenden Verhaltensweisen mehr, sodass die Hände nun frei beweglich sind. Sie wurde erst vor wenigen Minuten von 2 Pflegenden auf die rechte Körperhälfte gelegt.

Anfänglich verspürte sie die Entlastung des Rückens, aber jetzt merkt sie einen unangenehmen Druck auf die rechte Schulter. Deshalb möchte sie gerne ihre Position wechseln, eigene Versuche bleiben erfolglos und sie wird unruhig. Sie klingelt nach der zuständigen Pflegekraft.

Als diese an ihr Bett tritt, versucht sie durch Zeigen auf die Schulter verständlich zu machen, dass sie anders liegen möchte. Die Pflegekraft kann diese Geste aber nicht deuten und versteht ihr Anliegen nicht.

Lösungsszenario

Sie klingelt nach der zuständigen Pflegekraft.

Um dies zu tun, wählt sie in der grafischen Oberfläche des Assistiven Systems den Menüpunkt „Klingeln/Kommunikation“ an und bestätigt ihre Anwahl. Sobald die Pflegekraft das Zimmer betreten hat und sich nach Frau Elle-Sonnecken erkundigt, wählt Letztgenannte den entsprechenden Menüpunkt für die unterstützte Kommunikation an, um die Umlagerung zu kommunizieren.

Auf dem Bildschirm werden die fünf möglichen Liegepositionen (Rücken, Rechts, Links, Bauch, sitzend) dargestellt. Frau Elle-Sonnecken kann auf dem Bildschirm zeigen, wie sie liegen möchte. Hierzu benutzt Frau Elle-Sonnecken das Eingabegerät, um in einer Maske die gewünschte Position auszuwählen. In der Maske sind sowohl Symbole, als auch Texte dargestellt. Optional wird über eine zusätzliche Sprachausgabe die ausgewählte Liegeposition (angewählter Menüpunkt) beschrieben.

B.4 Kommunikations- und Informationsdefizite von Hassan Ycegühl

Thema 4a: Allgemeine Kommunikations- und Informationsdefizite

Problemszenario

Herr Ycegühl hat einen geplanten herzchirurgischen Eingriff. Obwohl er wach ist, erfolgt die Extubation aufgrund eines Notfalles bei einem anderen Patienten verspätet.

Herr Ycegühl wird schnell wach, reagiert adäquat und versucht so gut es mit dem Beatmungsschlauch geht mittels Kopf- und Augenbewegungen mit der im Raum anwesenden Pflegekraft zu kommunizieren. Diese ist aber auf etwas anderes fixiert und bemerkt sein Bemühen nicht.

Das Kommunikations- und Informationsdefizit wirkt sich so aus, dass Herr Ycegühl mit Ungeduld, Unverständnis und Misstrauen reagiert. Das Pflegeziel sollte sein, dass er ausreichend informiert ist. Ein Lösungsansatz wäre, seine Nah-Kommunikation zu unterstützen.

Lösungsszenario

Er versucht mit der im Raum anwendenden Pflegekraft zu kommunizieren.

Hierzu wählt Herr Ycegühl im Menü des Assistiven Systems die unterstützte Kommunikation. In einer Maske kann Herr Ycegühl Texte schreiben (buchstabenbasiert mit einer automatischen Wortvervollständigung oder symbolbasiert), die auf dem Bildschirm ausgegeben werden, und diese optional vorlesen lassen, sodass eine Ausgabe über die Lautsprecher des Systems erfolgt.

Thema 4b: Kommunikation des Bedürfnisses *Durst*

Problemszenario

Herr Ycegühl hat einen geplanten herzchirurgischen Eingriff. Obwohl er schnell wach wird, erfolgt die Extubation verspätet aufgrund eines Notfalles bei einem anderen Patienten. Er reagiert adäquat und versucht so gut es mit dem Beatmungsschlauch geht mittels Kopf- und Augenbewegungen zu kommunizieren.

Er verspürt ein trockenes, kratzendes Gefühl im Hals und versucht die Pflegekraft - in den Momenten, wenn sie im Raum ist - mit dem Blick zu fixieren und in Richtung Nachtschrank zu blicken. Die Pflegekraft versteht ihn nicht und es steht kein Getränk in der Nähe, auf das er deuten könnte. Die Pflegekraft versucht Herrn Ycegühl zu beruhigen, indem sie ihm erklärt, dass der Beatmungs-Schlauch so bald wie möglich entfernt

wird. Er wird zunehmend unruhig und ungeduldig, weil er sein Bedürfnis nicht ausdrücken und stillen kann.

Das Kommunikationsdefizit wirkt sich so aus, dass Herr Ycegühl mit Unruhe, Ungeduld, und Unverständnis reagiert. Ein Lösungsansatz wäre, ihm die Möglichkeit zu geben, sein Durstgefühl mitzuteilen.

Lösungsszenario

Er wird zunehmend unruhig und ungeduldig, weil er sein Bedürfnis nicht ausdrücken und stillen kann.

Auf der Suche nach einer Möglichkeit, sich mitzuteilen, bemerkt er ein ballförmiges Objekt in seiner Hand und das Display am Bett. Er erkennt, dass die Interaktion mit dem Objekt etwas auf dem Display bewirkt. Nachdem er erkannt hat, wie die Bedienung funktioniert, sieht er ein Wasserglas-Symbol auf dem Display.

Herr Ycegühl wählt das Symbol „Wasserglas“ aus. Die Pflegefachkraft sieht, dass eine Aktivierung des Symbols „Wasserglas“ stattgefunden hat. Auf dem Display ist das Symbol hervorgehoben und auf dem Smartphone der Pflegefachkraft erfolgt ein schriftlicher Hinweis, zusätzlich vibriert das Smartphone. Die Pflegefachkraft fragt Herrn Ycegühl, ob er Durst habe. Dies bestätigt er durch Kopfnicken.

Die Pflegefachkraft erklärt ihm, dass er im Moment noch nicht trinken kann, bietet jedoch an, den Mund mit einem feuchten Mundpflegestäbchen auszuwischen.

B.5 Kommunikationsdefizit Luftnot und fehlendes Feedback auf Betätigung der Klingel von Elenor Spring

Thema 5a: Angst, Stress und fehlendes Feedback auf Betätigung der Klingel

Problemszenario

Frau Spring liegt über ein Tracheostoma (künstlicher Atemweg durch einen Luftröhrenschnitt) beatmet auf der Intensivstation und wacht schnell auf. Sie weiß, was geschehen ist und wo sie sich befindet. Im Moment des Aufwachens befindet sich keine Person in ihrem Sichtfeld.

Durch den frisch angelegten Atemweg und ihre Muskelschwäche kann sie ihren Kopf nicht stark heben und drehen. Sie fühlt sich zunehmend durch die Situation beunruhigt. Gerne würde sie wissen, ob eine Pflegekraft in ihrer Nähe ist und für sie da ist.

Die Patientin fühlt mit den Händen einen festen Gegenstand (Klingel), den sie intuitiv drückt. Da die Situation für die Patientin sich nicht verändert und sie nicht weiß, ob das Drücken eine Konsequenz haben wird steigt die Angst dennoch weiter und triggert zusätzlich die Luftnot. Erschwerend

kommt hinzu, dass sich langsam Sekret in ihrer Lunge ansammelt, das sie nicht mehr abhusten kann und zu Atemnot führt.

Angst und Unruhe führen zu enormen Stress für die Patientin.

Lösungsszenario 1

Gerne würde sie wissen, ob eine Pflegekraft in ihrer Nähe ist und für sie da ist.

Die Patientin fühlt mit den Händen einen festen Gegenstand (BIRDY), den sie intuitiv drückt. Da die Situation für die Patientin sich nicht verändert und sie nicht weiß, ob das Drücken eine Konsequenz haben wird steigt die Angst dennoch weiter und triggert zusätzlich die Luftnot. Erschwerend kommt hinzu, dass sich langsam Sekret in ihrer Lunge ansammelt, das sie nicht mehr abhusten kann und zu Atemnot führt.

Die zuständige Pflegefachkraft wird über die Aktivierung von BIRDY auf dem Smartphone informiert. Die Pflegekraft bestätigt, dass sie gesehen hat, dass mit BIRDY interagiert wurde. Dies wird auf dem Display von Frau Spring angezeigt. Das beruhigt sie ein wenig.

Lösungsszenario 2

Gerne würde sie wissen, ob eine Pflegekraft in ihrer Nähe ist und für sie da ist.

Frau Spring hat bereits erste Erfahrungen in der Interaktion mit dem Assistiven System gesammelt. In ihrer Lunge sammelt sich langsam Sekret an, das sie nicht mehr abhusten kann und zu Atemnot führt. Über das Assistive System wählt Sie auf dem Display das Symbol „Atemnot“ aus und benachrichtigt dadurch die Pflegekraft. Dadurch, dass sie nach kurzer Zeit angezeigt bekommt, dass das Bedürfnis wahrgenommen wurde, beruhigt sie sich etwas.

Thema 5b: Problem Luftnot kommunizieren

Problemszenario

Frau Spring liegt über ein Tracheostoma (künstlicher Atemweg durch einen Lufröhrenschnitt) beatmet auf der Intensivstation und wacht schnell auf. Sie weiß, was geschehen ist und wo sie sich befindet. Im Moment des Aufwachens befindet sich eine Pflegekraft im Zimmer, die das Geschehen gleich mitbekommt und sich der Patientin zuwendet mit den Worten: *Frau Spring, da sind sie ja wieder.*

Dennoch verspürt sie eine Unruhe und zunehmende Angst, denn Sekret sammelt sich langsam in ihrer Lunge an, welches nicht abgehustet werden kann und in zunehmender Luftnot resultiert. Noch ist es nur ein Gefühl,

welches keine Auswirkung auf die Messinstrumente (z.B. SpO₂-Sensor) hat, die Pflegekraft kann deshalb nicht zuordnen, warum ihre Patientin so unruhig ist.

Die Pflegekraft versucht, über dichotome Fragen das Bedürfnis von Frau Spring herauszufinden. Bis sie das Thema Luftnot herausgefunden hat, hat sie bereits einige Fragen gestellt, die Frau Spring mit minimalen Kopfbewegungen verneint hat. Während diesem langwierigen Prozedere wachsen bei der Patientin das Gefühl von Frustration, Angst und Luftnot.

Lösungsszenario

Noch ist es nur ein Gefühl, dass keine Auswirkung auf die Messinstrumente (z.B. SpO₂-Sensor) hat, die Pflegekraft kann deshalb nicht zuordnen, warum ihre Patientin so unruhig ist.

Die Pflegekraft bittet Frau Spring, mittels des Assistiven Systems ihr Bedürfnis mitzuteilen. Frau Spring öffnet dafür die Anwendung der unterstützten Kommunikation und wählt als Kommunikationsthema *Luftnot* aus. Dadurch wird die Kommunikation effizienter und die Pflegekraft kann direkt intervenieren.

B.6 Kommunikationsdefizit in Zusammenhang mit einer Sprachbarriere von Olga Boschinski

Thema 6: Sprachbarriere

Problemszenario

Frau Boschinski kommt für eine Hüft-OP. Aufgrund von Problemen im OP erfolgt eine längere Nachbeatmung inkl. Re-OP.

Mit Beendigung des Narkosemedikaments wacht Frau Boschinski schnell auf. Ihr Blick ist klar und sie fixiert Personen die am Bett stehen. Nach kurzer Zeit versucht Frau Boschinski zu sprechen, was aufgrund des Tubus nicht möglich ist.

Obwohl ihr gesagt wird, dass sprechen nicht möglich ist, versucht sie es weiterhin. Dabei wird sie zunehmend unruhiger. Angst und Panik sind deutlich in ihrem Gesichtsausdruck zu erkennen.

Sie scheint die Worte nicht zu verstehen die gesagt werden. Es ist bekannt, dass Frau Boschinski primär polnisch spricht.

Lösungsszenario

... Sie scheint die Worte nicht zu verstehen die gesagt werden. Es ist bekannt, dass Frau Boschinski primär polnisch spricht.

BIRDY registriert erste Bewegungen. In der Grundeinstellung wurde das Assistive System auf Polnisch umgestellt, da bekannt ist, dass Frau Boschinski besser polnisch als deutsch verstehen kann. Orientierende Basisinformationen zu Ort, Zeit, Wetter erhält Frau Boschinski nun im 15-minütigen Takt in polnischer Sprache.

Für einen Orientierungstest (CAM-ICU) gibt die zuständige Pflegefachkraft Frau Boschinski eine Hand. Über das Assistive System wird der Test nun als polnische Audioausgabe mit deutschem Untertitel ausgegeben. Da Frau Boschinski offensichtlich hört, jedoch den Test nicht adäquat besteht, wird ein Delirium diagnostiziert.

Das Assistive System bleibt aktiviert und gibt weiterhin in regelmäßigen Abständen orientierende Informationen.

B.7 Überforderung von Pflegekraft Hildegard Wald

Thema 7: Fehlende Information über Wachheit eines anderen Patienten

Problemszenario

Frau Wald ist erfahrene Pflegekraft auf der Intensivstation. Im Frühdienst hat sie zwei Patienten in zwei verschiedenen, räumlich getrennten Zimmern. Patient A übernimmt sie kreislaufstabil, beatmet und sediert ohne geplantes Weaning. Patient B befindet sich seit wenigen Stunden im Weaning, wird aber nur langsam wach, benötigt aber in dieser Schicht aufgrund der fehlenden Vorhersehbarkeit besondere Aufmerksamkeit.

Die Pflegende notiert die aktuellen Vitalwerte in der Patientendokumentation, als plötzlich ein sog. 3-Sterne Alarm (höchste Priorität) bei Patient A ausgelöst hat. Sofort sucht sie das Zimmer des Patient A auf und findet eine Notfallsituation vor, die Kreislaufsituation hat sich drastisch verschlechtert und bedarf sofortiger Intervention. Der diensthabende Arzt und ein weiterer Pflegekollege unterstützen Sie in der Notfall-Situation.

Frau Walds ganze Aufmerksamkeit wird nun hier benötigt, um ihren Patienten am Leben zu erhalten. Dennoch weiß sie, dass im Nachbarzimmer jederzeit ihr anderer Patient aufwachen könnte, das Wissen übt einen großen Stress auf sie aus und überfordert sie in ihren Handlungsmöglichkeiten. Dennoch kann sie die Notfallsituation nicht verlassen. Es dauert rund 40 min, bis Patient A wieder stabil ist und sie kurz zu Patient B ins Zimmer gucken kann.

Lösungsszenario

Frau Wald wird auch während der Notfallsituation und den lebensrettenden Maßnahmen über ihr mobiles Endgerät in geeigneter Form (akustisch, visuell oder mittels Vibration) über die ersten Bewegungen von Patient B informiert [Vision: Patientenzuordnung (da alle Patienten haben ein As-

sistives System haben), d.h. Sie kann über das gegebene Signal erkennen, welcher Patient BIRDY aktiviert hat]. Dies ermöglicht es Ihr, eine andere Pflegekraft dazuzurufen und diese zu bitten, nach Patient B zu schauen, bzw. für die Zeit, in der Sie den Notfallpatienten betreut, das Endgerät an ihre Kollegin weiterzugeben.

B.8 Kommunikations- und Informationsdefizite der Angehörigen Dagmar Hansen

Thema 10: Fehlende Kommunikationsmöglichkeiten und infolgedessen fehlende Informationen

Problemszenario

Frau Hansen besucht ihren Lebensgefährten auf der Intensivstation, wo er nach einer geplanten Herz-OP noch künstlich nach-beatmet wird. Aufgrund der verlängerten Beatmungszeit möchte Frau Hansen dringend von ihrem Lebensgefährten wissen, was der Arzt bei der morgendlichen Visite gesagt hat, wie die Therapie fortgeführt wird.

Frau Hansen stellt viele geschlossene Fragen, ob der Arzt da war, ob die Therapie benannt wurde, diese kann der Patient durch leichtes Nicken beantworten. Leider führen die Fragen aber inhaltlich nicht weiter und sowohl Frau Hansen, als auch der Patient werden zunehmend ungeduldig und gestresst. Die Kommunikation bricht ab, da keine inhaltliche Verständigung über den Therapiefortgang möglich ist.

Lösungsszenario

Leider führen die Fragen aber inhaltlich nicht weiter.

Daher öffnet der Patient mittels BIRDY die Maske für die unterstützte Kommunikation des Assistiven Systems und kann dort in einem entsprechenden Menüpunkt das Thema „Therapie/Visite“ auswählen. Durch die dort angebotenen Textbausteine und Symbole kann er Frau Hansen über die geplante Therapie aufklären.

Des Weiteren kann der Patient Frau Hansen mittels des Assistiven Systems über den groben Tagesablauf und möglicherweise den Planungsablauf der anstehenden pflegerischen Maßnahmen informieren, da diese Informationen in einem entsprechenden Menüpunkt hinterlegt sind.

B.9 Körperliche Einschränkungen des Patienten Egon Müller

Thema 11: Fehlende Bedienmöglichkeiten des Assistiven System

Problemszenario

Herr Müller ist kognitiv wach, ansprechbar und orientiert (kein Delir). Durch seine körperliche Eingeschränktheit (linke Hand gelähmt, rechte Hand frakturiert und mit einem Gips ruhiggestellt) ist er nicht in der Lage seine Bedürfnisse, wie Durst, Schmerz, Atemnot, Umpositionierung, Erläuterungs- und Erklärungswünsche, schriftlich oder durch Tippen auf eine Buchstabentafel zu kommunizieren.

Er ist daher auf eine gut geschulte Fachpflegekraft angewiesen, die seine Bedürfnisse durch Lippenlesen und Ja-Nein-Fragen wahrnimmt. Wenn diese Art der Kommunikationstechniken nicht zum Erfolg (Verstehen der Bedürfnisse) führen, löst dies bei Herrn Müller Frustration, Stress und Ungeduld aus und führt bei der zuständigen Pflegekraft ebenfalls zu frustrierten Gefühlen.

Lösungsszenario 1

Herr Müller ist kognitiv wach, ansprechbar und orientiert (kein Delir). Durch seine körperliche Eingeschränktheit (linke Hand gelähmt, rechte Hand frakturiert und mit einem Gips ruhiggestellt) ist er nicht in der Lage seine Bedürfnisse, wie Durst, Schmerz, Atemnot, Umpositionierung, Erläuterungs- und Erklärungswünsche, schriftlich oder durch Tippen auf eine Buchstabentafel zu kommunizieren.

Um seine Bedürfnisse vermitteln zu können, wird Herrn Müller das Assistive System bereitgestellt. Aufgrund der Umstände kann Herr Müller BIRDY nicht verwenden, um das System zu steuern. Daher wird beim Einrichten des Assistiven Systems speziell für ihn ein Augensteuerungssystem bereitgestellt.

Beim Bereitstellen des Systems wird das Patientenarmband (ein Barcode gibt Auskunft über die Fallnummer) gescannt, um eine Zuordnung des Patienten zum Bettplatz zu erstellen. Hierzu wird auch das Eingabegerät - in diesem Fall das Augensteuerungssystem gescannt (Ein Barcode gibt Auskunft über die Geräte-ID). So wird das Augensteuerungssystem mit der Patienten-Anwendung gekoppelt, sodass Herr Müller nun die Möglichkeit hat das Assistive System zu benutzen, um seine Bedürfnisse zu kommunizieren.

Lösungsszenario 2

Herr Müller ist kognitiv wach, ansprechbar und orientiert (kein Delir). Durch seine körperliche Eingeschränktheit (linke Hand gelähmt, rechte Hand frakturiert und mit einem Gips ruhiggestellt) ist er nicht in der

Lage seine Bedürfnisse, wie Durst, Schmerz, Atemnot, Umpositionierung, Erläuterungs- und Erklärungswünsche, schriftlich oder durch Tippen auf eine Buchstabentafel zu kommunizieren.

Um seine Bedürfnisse vermitteln zu können, wird Herrn Müller das Assistive System bereitgestellt. Aufgrund der Umstände kann Herr Müller BIRDY nicht verwenden, um das System zu steuern. Daher wird beim Einrichten des Assistiven Systems speziell für ihn ein Augensteuerungssystem bereitgestellt. Zudem erfordert seine Kurzsichtigkeit die Positionierung der Bildschirme in der Nähe der Augen, sodass ihm jeweils für die Seiten- und die Rückenlage Bildschirme bereitgestellt werden.

Basierend auf seinen Profildaten (aus dem KIS) wird das Krankenhauspersonal bei der Bereitstellung des Assistiven Systems (nach dem Scannen des Patientenarmbands) darauf hingewiesen, dass BIRDY nicht geeignet ist. Des Weiteren wird das Augensteuerungssystem automatisch vermittelt und ist direkt für Herrn Müller verfügbar. Eine Neuvermittlung erfolgt ebenfalls automatisch, sobald eine Änderung im Profil auftritt oder geeignete Geräte in den Raum gestellt werden.

Das System reagiert auf die Blickrichtung (re-li-Rückenlage) von Herrn Müller und spricht je nach Lage den Bildschirm an, der sich im Blickfeld von Herrn Müller befindet.

C Nutzerstudie

C.1 Durchführung der Nutzerstudie

Die Unterlagen zur Durchführung und Datenerhebung der Nutzerstudie setzen sich aus folgenden Dokumenten zusammen:

1. Informationen zur Studie und Einwilligungserklärung (7 Seiten)
2. Beobachtungsbogen (6 Seiten)
3. Fragebogen (6 Seiten)
4. Würfeltest (2 Seiten)



Informationen für Studieninteressierte
Studie zur Testung eines prototypischen Assistenzsystems
zur Unterstützung der Kommunikation von Intensivpatienten
entwickelt im Forschungsprojekt ACTIVATE

Sehr geehrte Dame, sehr geehrter Herr,

wir möchten Sie einladen, an einer Studie teilzunehmen, die die Universität zu Lübeck durchführt.

Bitte lesen Sie diese Information sorgfältig durch.

Die Intensivtherapie und –pflege ist eine wesentliche Säule der erfolgreichen Behandlung kritisch kranker Menschen, birgt jedoch auch hohe Belastungen für alle Beteiligten, wobei die Kommunikation zwischen Patienten und den medizinischen und pflegerischen Fachkräften und Angehörigen sehr wichtig ist. Im Forschungsprojekt ACTIVATE haben wir ein neuartiges Gerät entwickelt, das beatmeten Patienten in der Aufwachphase dabei helfen soll, auf einfache Weise Informationen zu erhalten und sich selbst mitteilen zu können. Dadurch soll die Kommunikation mit dem Krankenhauspersonal oder den Angehörigen unterstützt werden. Wir benötigen bei der Entwicklung des Gerätes Ihre Unterstützung, indem Sie das System anhand einiger Aufgaben testen und anschließend bewerten, ob die Steuerung und Nutzung praktikabel ist.

Wie ist der Ablauf der Studie?

Zunächst werden wir einige demografische Daten, Erfahrungen im Umgang mit technischen Geräten und einige weitere Daten über Sie Informationen erfassen. Dazu zählen

- Technik-Affinität und Erfahrungen mit Computern
- Alter in Jahren (nicht Geburtsdatum), Geschlecht
- Höchster Bildungsabschluss, (letzter) Beruf
- Informationen zur Sehschwäche
- Erfahrungen mit einer Intensivstation
- Auszug aus dem WHO-Fragebogen zur Lebensqualität
- und ein Würfeltest.

Als Nächstes werden Sie sich in ein Bett legen und die Steuerung des oben genannten Systems ausprobieren. Sobald Sie diese beherrschen, werden Sie eine Reihe an Aufgaben durchführen, um die

Funktionen des Systems zu testen. Anschließend werden Ihnen in einem kurzen Interview einige Fragen zum System gestellt. Zum Schluss bewerten Sie die Gebrauchstauglichkeit des Systems anhand eines standardisierten Fragebogens.

Ihre Daten werden nicht zusammen mit Ihrem Namen (anonymisiert) dokumentiert und ausgewertet. Das Gespräch während der Studie wird mit einem Audioaufnahmegerät aufgenommen, damit der Studienleiter im Nachgang die Korrektheit/Vollständigkeit seiner Mitschrift überprüfen kann. Nach dieser Überprüfung wird die Aufzeichnung gelöscht. Außerdem wird der Aufgabenteil der Studie auf Video aufgezeichnet, damit die Durchführung der Aufgaben im Nachgang ausgewertet werden kann (in Bezug auf Dauer, Erfolg, Unklarheiten, mögliche technische Probleme). Nach der Auswertung wird die Aufzeichnung gelöscht. Um die Studie realistisch zu gestalten, werden wir Sie bitten, sich in unser Klinikbett zu legen. In dem Bett werden Sie zunächst die Steuerung des Interaktionsgerätes lernen und dann eine Reihe an Aufgaben mit dem technischen System durchführen. Dabei sollen Sie Ihre Gedanken laut aussprechen (Methode lautes Denken). Zum Schluss füllen Sie einen weiteren Fragebogen aus und bewerten das technische System.

Was passiert mit den Ergebnissen?

Die Ergebnisse aller Studienteilnehmer werden zusammengefasst. Hierbei wird ausgewertet, wie gebrauchstauglich die Bedienung ist und wie erfolgreich die Aufgaben durchgeführt wurden. Diese Ergebnisse werden in Fachzeitschriften und bei Kongressen sowie in regionalen Medien veröffentlicht. Gern schicken wir Ihnen auf Wunsch auch persönlich einen Ergebnisbericht.

Datenschutzrechtliche Informationen

Für die Datenverarbeitung verantwortlich ist der Studienleiter Jan Kopetz M.Sc., Universität zu Lübeck. Die Datenerhebung erfolgt zum Zweck des oben genannten Studienziels. Die Ergebnisse der Studie werden in anonymisierter Form veröffentlicht. Wir sichern Ihnen zu, dass alle beteiligten Personen die Bestimmungen des Datenschutzgesetzes einhalten werden. Die Daten sind vor fremdem Zugriff geschützt. Die Teilnahme an dieser Studie ist freiwillig. Sie können jederzeit ohne Angabe von Gründen die Teilnahme an der Studie beenden. Wenn Sie die Studienteilnahme abbrechen, haben Sie das Recht, die Löschung Ihrer bis dahin gesammelten Daten zu verlangen. Die Möglichkeit der Löschung ist aufgrund der im Nachgang erfolgenden Anonymisierung nur bis zum Ende der Studie (26.02.) möglich.

Wer ist bei Fragen ansprechbar?

Wir stehen Ihnen jederzeit gerne für Rückfragen zur Verfügung. Bitte wenden Sie sich an:

Jan Kopetz, M.Sc. (Studienleitung) Tel. 0451 / 3101 5130, kopetz@imis.uni-luebeck.de oder

Prof. Dr. Nicole Jochems, Tel. 0451 / 3101 5110, jochems@imis.uni-luebeck.de

Wenn Sie teilnehmen möchten, bestätigen Sie Ihre Einwilligung bitte auf dem beiliegenden Blatt (Einwilligungserklärung) durch Ihre Unterschrift. Als Aufwandsentschädigung erhalten Sie für die Teilnahme einen Betrag von 20,- €, der Ihnen im Nachgang von der Universität auf Ihr Konto überwiesen wird.

Wir freuen uns, dass Sie diese Studie durch Ihre Teilnahme zu unterstützen!



UNIVERSITÄT ZU LÜBECK
INSTITUT FÜR MULTIMEDIALE
UND INTERAKTIVE SYSTEME

Prof. Dr. Nicole Jochems
Jan Kopetz, M.Sc.
Sekretariat: Frau Anja Minzloff
Tel. +49 451 3101 5110
Fax +49 451 3101 5104

Universität zu Lübeck
Institut für Interaktive und Multimediale
Systeme (IMIS)
Ratzeburger Allee 160, 23562 Lübeck

Einwilligungserklärung für Studieninteressierte
Studie zur Testung eines prototypischen Assistenzsystems
zur Unterstützung der Kommunikation von Intensivpatienten
entwickelt im Forschungsprojekt ACTIVATE

KOPIE für Studieninteressierte

Ich bin über die Inhalte der Studie und deren Ablauf ausreichend aufgeklärt worden.

Ich habe den Informationsbogen gelesen und verstanden. Ich hatte die Möglichkeit, Fragen zu stellen, und habe zufriedenstellende und vollständige Antworten erhalten.

Ich hatte ausreichend Zeit, mich zur Teilnahme an dieser Studie zu entscheiden. Ich weiß, dass ich während der Studie jederzeit und ohne Angabe von Gründen diese Zustimmung widerrufen kann, ohne dass mir daraus Nachteile entstehen. Falls ich meine Teilnahme widerrufe, kann ich bis zum Ende der Erhebungsphase der Studie (am 26.02.2023) eine Löschung aller meiner bisher erhobenen Daten verlangen.

Ich wurde über meine Datenschutzrechte informiert. Mit der Erhebung, Verarbeitung und Speicherung meiner Daten, sowie der Übermittlung im Rahmen der Studie bin ich einverstanden.

Durch die Teilnahme an dem Forschungsprojekt entstehen mir keine Kosten oder sonstigen Verpflichtungen. Ich habe eine Kopie des Informationsbogens und dieser Einwilligungserklärung erhalten.

Ich erkläre hiermit meine freiwillige Teilnahme an dieser Studie.

Teilnehmer/-in:

Name, Vorname (Blockschrift)

Geb.-Datum

Ort, Datum

Unterschrift



UNIVERSITÄT ZU LÜBECK
INSTITUT FÜR MULTIMEDIALE
UND INTERAKTIVE SYSTEME

Prof. Dr. Nicole Jochems
Jan Kopetz, M.Sc.
Sekretariat: Frau Anja Minzloff
Tel. +49 451 3101 5110
Fax +49 451 3101 5104

Universität zu Lübeck
Institut für Interaktive und Multimediale
Systeme (IMIS)
Ratzeburger Allee 160, 23562 Lübeck

Einwilligungserklärung für Studieninteressierte
Studie zur Testung eines prototypischen Assistenzsystems
zur Unterstützung der Kommunikation von Intensivpatienten
entwickelt im Forschungsprojekt ACTIVATE

Für die Studienleitung

Ich bin über die Inhalte der Studie und deren Ablauf ausreichend aufgeklärt worden.

Ich habe den Informationsbogen gelesen und verstanden. Ich hatte die Möglichkeit, Fragen zu stellen, und habe zufriedenstellende und vollständige Antworten erhalten.

Ich hatte ausreichend Zeit, mich zur Teilnahme an dieser Studie zu entscheiden. Ich weiß, dass ich während der Studie jederzeit und ohne Angabe von Gründen diese Zustimmung widerrufen kann, ohne dass mir daraus Nachteile entstehen. Falls ich meine Teilnahme widerrufe, kann ich bis zum Ende der Erhebungsphase der Studie (am 26.02.2023) eine Löschung aller meiner bisher erhobenen Daten verlangen.

Ich wurde über meine Datenschutzrechte informiert. Mit der Erhebung, Verarbeitung und Speicherung meiner Daten, sowie der Übermittlung im Rahmen der Studie bin ich einverstanden.

Durch die Teilnahme an dem Forschungsprojekt entstehen mir keine Kosten oder sonstigen Verpflichtungen. Ich habe eine Kopie des Informationsbogens und dieser Einwilligungserklärung erhalten.

Ich erkläre hiermit meine freiwillige Teilnahme an dieser Studie.

Teilnehmer/-in:

Name, Vorname (Blockschrift)

Geb.-Datum

Ort, Datum

Unterschrift

ID ____ Beobachtungsbogen Benutzerstudie Menü Datum: _____

- Begrüßung, Ablauf, 12 Aufgaben, Fragen? Beginn Uhrzeit _____
- Teilnahme- / Datenschutzerklärung
- Fragebogen A (Technik, Soziodemografisch)
- Würfeltest Timer gestartet (mit Alarm)
- Projektvorstellung, was bietet das System
- Konzept Lautes Denken vorstellen
- Teilnehmer legt sich ins Bett (30° Oberkörper-Hochlage prüfen)
- Start der Videoaufzeichnung
- Start der Audioaufnahme. Uhrzeit: _____
- Lernphase starten (Menü Lernphase öffnen)**
- Bildschirm gut erkennbar? Ja Nein → Näher ran Distanz: _____
- Info dass neben Kopf stehend, um Bildschirm auch einsehen zu können – nicht irritieren lassen
- BIRDY starten, kalibrieren und Funktion prüfen ID ____ Batteriestand ____
- BIRDY in die Hand geben

Aufgaben: im Lernmenü immer abwechselnd 3/2 nach rechts/links mit Auswahl

Einschränkung: Ellenbogen nicht anheben, an **LAUTES DENKEN erinnern**

Ziel 3x in Folge fehlerfrei, Max. 10 min.

Anz. Fehler (I zu weit, früh, II: falsche Geste	Anzahl benötigter Aufg. (I für fertig, darüber – für falsch, + für korrekt)	Gesamtdauer Training	Hilfestellung	Erfolgreich
Ausführung: Geste: Davon Technik:			<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Notizen (z.B. dass und welche falsche Geste):				

- Interviewfragen Uhrzeit: _____
- 1. Auf Skala 1-10: Wie bewerten Sie den Schwierigkeitsgrad der Steuerung?
- 2. Gab es Unklarheiten bei der Steuerung? Inwiefern?
- 3. Auf Skala 1-10: Wie stark spüren Sie die Vibration von BIRDY? Drücken ____ Neigen ____
- 4. Welches Element erkennen Sie als das aktuell ausgewählte? Woran machen Sie das fest?
- 5. Haben Sie weitere Anmerkungen zu ihren ersten Eindruck?
- Abbruch (falls Interaktion nicht geschafft) (Danke, auch wertvolle Erkenntnis)

ID ____ Beobachtungsbogen Benutzerstudie Menü Datum: _____

Aufgabenphase starten (Phase 2 öffnen)

Hier werden die häufigsten Themen von Bedürfnissen angezeigt.

Ziel: möglichst einfach wichtige Bedürfnisse mitteilen können.

Bedienung üben wie eben gelernt (Hinweis nochmal auf Lautes Denken).

Szenario: Pflegekraft ist gerade nicht im Raum, Sie wollen ihr etwas mitteilen. Nutzen Sie dafür das technische System.

Uhrzeit: _____

Aufgabe 1 stellen (Angst) (OPf: 2x Navigation nach rechts, 2x Anwahl, weil Bestätigung)

Aufgabe: Auswahl des Menüpunkts "Angst", um die Pflegekraft darüber zu informieren

Anz. Fehlinteraktion	Dauer der Durchführung	Hilfestellung	Erfolgreich
Geste:		<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Ja
Pfad:		<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Nein

Probleme/Anmerkungen? Nein Ja Uhrzeit: _____

Aufgabe 2 stellen (Durst) (OPf: 3x Navigation nach rechts, 2x Anwahl, weil Bestätigung)

Aufgabe: Auswahl des Menüpunkts "Durst"

Anz. Fehlinteraktion	Dauer der Durchführung	Hilfestellung	Erfolgreich
Geste:		<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Ja
Pfad:		<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Nein

Probleme/Anmerkungen? Nein Ja Uhrzeit: _____

Klingelnachrichten über die Smartphone-App bestätigen, Sinn erklären

Übergang zu Phase 3 durchführen.

Unterschiede und neue Funktionen erklären: was bleibt – Klingel (von eben), was ist neu:

Mehr Kommunikationsthemen, auch ausgerichtet auf

"Sie haben jetzt einige Minuten Zeit, sich mit dem System vertraut zu machen, das können Sie völlig selbstständig machen, gerne auch fragen. **Seien Sie neugierig.** Sie selbst bestimmen, wie lange diese Phase dauert und wann Sie mit den Aufgaben weiter machen wollen. Sagen Sie mir Bescheid, wenn Sie soweit sind"

Exploration starten Uhrzeit Beginn: _____ Ende: _____

Ggf. Licht wieder ausschalten

ID _____ Beobachtungsbogen Benutzerstudie Menü Datum: _____

Aufgabe 3 stellen (Wahl Menüpunkt Schmerzen Klingel)

Ausgangslage Phase 3 herstellen

Sie möchten der **nicht im Raum stehenden Pflegekraft** mitteilen, dass Sie Schmerzen haben. Welchen Menüpunkt würden Sie auswählen?

Erfolgreich? Ja Nein

Begründung für Entscheidung Uhrzeit: _____

Aufgabe 4 stellen (Nah: gestresst mitteilen)

Sie möchten der neben ihrem Bett stehenden Pflegekraft mitteilen, dass Sie sich gestresst fühlen. Nutzen Sie das System, um dies mitzuteilen. (OPf: 1x Auswahl, 3x rechts, 1x Auswahl, 3x links, 1x Auswahl)

Anz. Fehlinteraktion	Dauer der Durchführung	Hilfestellung	Erfolgreich
Geste:		<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Ja
Pfad:		<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Nein

Probleme/Anmerkungen? Nein Ja Uhrzeit: _____

Aufgabe 5 stellen (Zurück ins vorige Menü)

Navigieren Sie wieder zurück in das vorige Menü. (OPf: 2x rechts, 2x Auswahl)

Anz. Fehlinteraktion	Dauer der Durchführung	Hilfestellung	Erfolgreich
Geste:		<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Ja
Pfad:		<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Nein

Probleme/Anmerkungen? Nein Ja Uhrzeit: _____

Aufgabe 6 stellen (Kopfteil des Bettes höher stellen)

Sie möchten der neben ihrem Bett stehenden Pflegekraft mitteilen, dass Sie das Kopfteil des Bettes etwas höher stellen soll. Nutzen Sie das System, um dies mitzuteilen.

(OPf: 3x links/rechts, 1x Auswahl, 1x rechts, 1x Auswahl, 4x links, 1x Auswahl)

Anz. Fehlinteraktion	Dauer der Durchführung	Hilfestellung	Erfolgreich
Geste:		<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Ja
Pfad:		<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Nein

Probleme/Anmerkungen? Nein Ja Uhrzeit: _____

ID _____ Beobachtungsbogen Benutzerstudie Menü Datum: _____

Brillenträger? Nein Ja Falls ja: Brille absetzen.

Können Sie etwas lesen? Ja Nein

Falls ja, bitte versuchen, Elemente in rechter Leiste vorzulesen? Korrekt Ja Nein

Brille wieder aufsetzen

Können Sie sich orientieren, wo Sie sich innerhalb des Menüs befinden? Uhrzeit _____

Woran machen Sie das fest?

Aufgabe 7 stellen (Zurück ins Hauptmenü)

Navigieren Sie zurück ins Hauptmenü. **Sagen Sie vor jedem Schritt, was Sie als nächstes machen würden** (OPf: 3x rechts, 1x Auswahl, 1x links, 1x Auswahl)

Anz. Fehlinteraktion	Dauer der Durchführung	Hilfestellung	Erfolgreich
Geste:		<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Ja
Pfad:		<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Nein

Probleme/Anmerkungen? Nein Ja Uhrzeit: _____

Aufgabe 8 stellen (Moderate Schmerzen im linken Bein)

Sie möchten der neben ihrem Bett stehenden Pflegekraft mitteilen, dass sie moderate Schmerzen im linken Bein haben. Kehren Sie dann zurück zum Menü (**Opf: 1x Auswahl, 1x rechts, 1x Auswahl, 3x rechts, 1x Auswahl, 1x rechts, 1x Auswahl, 1x links, 2x Auswahl**)

Anz. Fehlinteraktion	Dauer der Durchführung	Hilfestellung	Erfolgreich
Geste:		<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Ja
Pfad:		<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Nein

Probleme/Anmerkungen? Nein Ja Uhrzeit: _____

Aufgabe 9 stellen (Wissen, warum sprechen nicht möglich)

Sie möchten der neben ihrem Bett stehenden Pflegekraft mitteilen, dass sie wissen möchten, wie es in Bezug auf die Therapie mit ihnen weitergeht bzw. was die nächsten Schritte sind. (**OPf: 2x rechts, 2x Auswahl, 2x rechts, 1x Auswahl**)

Anz. Fehlinteraktion	Dauer der Durchführung	Hilfestellung	Erfolgreich
Geste:		<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Ja
Pfad:		<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Nein

Probleme/Anmerkungen? Nein Ja Uhrzeit: _____

ID _____ Beobachtungsbogen Benutzerstudie Menü Datum: _____

Aufgabe 10 stellen (Licht einschalten)

Sie möchten etwas Licht am Bett haben und es einstellen. (Kehren Sie ins Hauptmenü und öffnen Sie das Lichtmenü und schalten es ein) (Opf: 3x links, 1x Auswahl, 1x links, 1x Auswahl, 3x links/rechts, 2x Auswahl)

Anz. Fehlinteraktion	Dauer der Durchführung	Hilfestellung	Erfolgreich
Geste:		<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Ja
Pfad:		<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Nein

Probleme/Anmerkungen? Nein Ja Uhrzeit: _____

Aufgabe 11 stellen (Lichtfarbe ändern und ins Hauptmenü)

Ändern Sie die Lichtfarbe auf warmweiß. Kehren Sie anschließend ins Hauptmenü zurück. (Opf: 1x rechts, 1x Auswahl, 3x rechts, 1x Auswahl, 2x links, 1x Auswahl, 1x links, 1x Auswahl)

Anz. Fehlinteraktion	Dauer der Durchführung	Hilfestellung	Erfolgreich
Geste:		<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Ja
Pfad:		<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Nein

Probleme/Anmerkungen? Nein Ja Uhrzeit: _____

Aufgabe 12 stellen (Medien der Angehörigen anschauen)

Ihnen wurde von der Pflegekraft gesagt, dass eine Freundin Ihnen Fotos mitgebracht hat und Sie sich diese über das System anschauen können. Öffnen Sie das Foto, auf dem der Eiffelturm zu sehen ist. (Opf: 2x rechts, 2x Auswahl, 4x links, 1x Auswahl)

Anz. Fehlinteraktion	Dauer der Durchführung	Hilfestellung	Erfolgreich
Geste:		<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Ja
Pfad:		<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Nein

Probleme/Anmerkungen? Nein Ja Uhrzeit: _____

Interviewfragen (Uhrzeit: _____)

1. Das Menü ist ja hierarchisch bzw. baumartig aufgebaut: Was glauben Sie, aus wie vielen Hierarchieebenen das Menü besteht? Woran machen Sie das fest?
2. Was glauben Sie bedeuten diese grob gestrichelte Umrandung um die Menüpunkte?
3. Wie würden Sie die Lesbarkeit der Textelemente bewerten?
4. Wie würden Sie die Erkennbarkeit der Grafiken bewerten?
5. Passten für Sie die Bilder zu den Texten? Falls nicht, wo ist es Ihnen aufgefallen?
6. Unabhängig von den zuvor ausgeführten Aufgaben: glauben Sie, Sie könnten das System verwenden, um sich mitzuteilen, wenn Sie nicht sprechen könnten?
7. Fehlen Ihnen Aspekte der Kommunikation?

ID ____ Beobachtungsbogen Benutzerstudie Menü Datum: _____

Fragebogen B

Videoaufzeichnung beendet um _____

Probandengeld Formular

Ist Ihnen im Ablauf oder während der Studie irgendetwas aufgefallen, was nicht gepasst hat oder gibt es etwas, dass Sie vor dem Ende noch mitteilen möchten?

Audioaufzeichnung beendet Ende Uhrzeit _____

Verabschiedung

Licht im Lichtmenü wieder auf Blau und dann ausschalten

BIRDY aufladen und dann ausschalten Batteriestand nach Studie: _____

Daten sichern und zuordnen (Audio, Video, Ipad-Fragebögen)

Problemprotokoll

Folgende Probleme sind aufgetreten

Nach Ende jeder Aufgabe mit Problemen BIRDY-Ausrichtung prüfen

ID _____

Benutzerstudie Menü

Datum: _____

Fragebogen A: VOR DEM TEST

Zur besseren Einordnung der Ergebnisse würden wir Sie gern besser kennenlernen und Sie zu Ihren Erfahrungen mit Computern und ihren demografischen Daten befragen. Anschließend

A1: Technikaffinität (Affinity for Technology Interaction)

Im Folgenden geht es um Ihre Interaktion mit technischen Systemen. Mit ‚technischen Systemen‘ sind sowohl Apps und andere Software-Anwendungen als auch komplette digitale Geräte (z.B. Handy, Computer, Fernseher, Auto-Navigation) gemeint.

Bitte geben Sie den Grad Ihrer Zustimmung zu folgenden Aussagen an.	stimmt gar nicht	stimmt weitgehend nicht	stimmt eher nicht	stimmt eher	stimmt weitgehend	stimmt völlig
01 Ich beschäftige mich gern genauer mit technischen Systemen.	<input type="checkbox"/>					
02 Ich probiere gern die Funktionen neuer technischer Systeme aus.	<input type="checkbox"/>					
03 In erster Linie beschäftige ich mich mit technischen Systemen, weil ich muss.	<input type="checkbox"/>					
04 Wenn ich ein neues technisches System vor mir habe, probiere ich es intensiv aus.	<input type="checkbox"/>					
05 Ich verbringe sehr gern Zeit mit dem Kennenlernen eines neuen technischen Systems.	<input type="checkbox"/>					
06 Es genügt mir, dass ein technisches System funktioniert, mir ist es egal, wie oder warum.	<input type="checkbox"/>					
07 Ich versuche zu verstehen, wie ein technisches System genau funktioniert.	<input type="checkbox"/>					
08 Es genügt mir, die Grundfunktionen eines technischen Systems zu kennen.	<input type="checkbox"/>					
09 Ich versuche, die Möglichkeiten eines technischen Systems vollständig auszunutzen.	<input type="checkbox"/>					

ID _____

Benutzerstudie Menü

Datum: _____

A2: Erfahrung mit Computersystemen

Wie oft nutzen Sie die folgenden Geräte?	nie	selten	gelegentlich	oft
Computer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tablet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Smartphone/Handy	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Falls sie keine der Technologien verwenden, gehen Sie bitte direkt zu Abschnitt A3.

Wie oft nutzen sie ein/en Computer/Tablet/Smartphone für folgende Tätigkeiten?	nie	selten	gelegentlich	oft
Textverarbeitung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tabellenkalkulation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Präsentationserstellung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bildbearbeitung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Programmieren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Spielen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
E-Mail	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Andere Kommunikationsmittel (WhatsApp, Videotelefonie ...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Internet-Surfen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gezielte Informationssuche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Online-Einkäufe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Online-Banking	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A3: Zur Person

Alter: _____ Jahre

Geschlecht: Männlich Weiblich Divers

Höchster Bildungsabschluss: _____

Was ist (/war zuletzt) ihr Beruf? _____

Nutzen Sie eine Sehhilfe? Nein Ja, und zwar _____ Dioptrin: _____

Welche Erfahrungen haben Sie bereits mit Intensivstationen gemacht?

Nicht zutreffend

ID _____

Benutzerstudie Menü

Datum: _____

Welche Erfahrungen haben Sie mit Situationen gemacht, in denen Sie nicht sprechen konnten?

Nicht zutreffend

Auszug an Fragen aus dem Lebensqualität-Fragebogen der WHO

Beziehen Sie die folgenden Fragen auf die letzten zwei Wochen.

Wie zufrieden sind Sie mit Ihrer Gesundheit?				
Sehr unzufrieden <input type="checkbox"/>	Unzufrieden <input type="checkbox"/>	Weder zufrieden noch unzufrieden <input type="checkbox"/>	Zufrieden <input type="checkbox"/>	Sehr zufrieden <input type="checkbox"/>
Wie sehr sind Sie auf medizinische Behandlung angewiesen, um das tägliche Leben zu meistern?				
Überhaupt nicht <input type="checkbox"/>	Ein wenig <input type="checkbox"/>	Mittelmäßig <input type="checkbox"/>	Ziemlich <input type="checkbox"/>	Äußerst <input type="checkbox"/>
Wie gut können Sie sich konzentrieren?				
Überhaupt nicht <input type="checkbox"/>	Ein wenig <input type="checkbox"/>	Mittelmäßig <input type="checkbox"/>	Ziemlich <input type="checkbox"/>	Äußerst <input type="checkbox"/>
Wie zufrieden sind Sie mit Ihrer Fähigkeit, alltägliche Dinge erledigen zu können?				
Sehr unzufrieden <input type="checkbox"/>	Unzufrieden <input type="checkbox"/>	Weder zufrieden noch unzufrieden <input type="checkbox"/>	Zufrieden <input type="checkbox"/>	Sehr zufrieden <input type="checkbox"/>
Wie stark fühlen Sie sich durch Erschöpfung belastet?				
Überhaupt nicht <input type="checkbox"/>	Ein wenig <input type="checkbox"/>	Mittelmäßig <input type="checkbox"/>	Ziemlich <input type="checkbox"/>	Äußerst <input type="checkbox"/>
Wie würden Sie Ihr Gedächtnis beurteilen?				
Sehr schlecht <input type="checkbox"/>	Schlecht <input type="checkbox"/>	Mittelmäßig <input type="checkbox"/>	Gut <input type="checkbox"/>	Sehr gut <input type="checkbox"/>
Wie stark sind Sie durch Probleme mit den Händen (Tastsinn, Greifen, etc.) beeinträchtigt?				
Überhaupt nicht <input type="checkbox"/>	Ein wenig <input type="checkbox"/>	Mittelmäßig <input type="checkbox"/>	Ziemlich <input type="checkbox"/>	Äußerst <input type="checkbox"/>

Nachdem Sie diese Fragen beantwortet haben:

Inwiefern würden Sie sagen, dass Sie an sich selbst einen Rückgang von Fähigkeiten bemerken, den Sie mit Ihrem Alter verbinden? Beispiele könnten Erinnern, Lernen, Wahrnehmen, aber auch Sehen, Hören, Spüren, oder Bewegungen sein.

Nicht zutreffend

ID ____

Benutzerstudie Menü

Datum: _____

Wenn Sie fertig sind, sagen Sie bitte Bescheid. Als nächstes folgt ein Würfeltest.

ID _____

Benutzerstudie Menü

Datum: _____

Fragebogen B: NACH DEM TEST

B2: System Usability Scale und Handlungssicherheit

Bitte geben Sie den Grad Ihrer Zustimmung zu folgenden Aussagen an.		stimmt gar nicht	stimmt weitgehend nicht	stimmt eher nicht	stimmt weitgehend	stimmt völlig
System Usability Scale						
01	Ich denke, dass ich das System gerne häufig benutzen würde (in einer Beatmungssituation).	<input type="checkbox"/>				
02	Ich fand das System unnötig komplex.	<input type="checkbox"/>				
03	Ich fand das System einfach zu benutzen.	<input type="checkbox"/>				
04	Ich glaube, ich würde die Hilfe einer technisch versierten Person benötigen, um das System benutzen zu können.	<input type="checkbox"/>				
05	Ich fand, die verschiedenen Funktionen in diesem System waren gut integriert (= zueinander passend).	<input type="checkbox"/>				
06	Ich denke, das System enthielt zu viele Inkonsistenzen (=Unstimmigkeiten).	<input type="checkbox"/>				
07	Ich kann mir vorstellen, dass die meisten Menschen den Umgang mit diesem System sehr schnell lernen.	<input type="checkbox"/>				
08	Ich fand das System sehr umständlich zu nutzen.	<input type="checkbox"/>				
09	Ich fühlte mich bei der Benutzung des Systems sehr sicher.	<input type="checkbox"/>				
10	Ich musste eine Menge lernen, bevor ich anfangen konnte, das System zu verwenden.	<input type="checkbox"/>				
Handlungssicherheit						
11	Ich weiß, wie ich mit dem System beliebige Menüpunkte anwählen kann.	<input type="checkbox"/>				
12	Ich habe mich in der Lage gefühlt, die Aufgaben zu lösen.	<input type="checkbox"/>				
13	Ich bin mir sicher, dass ich Fehler bei der Navigation zu einem beliebigen Menüpunkt erkennen würde.	<input type="checkbox"/>				

ID ____

Benutzerstudie Menü

Datum: _____

B3: User Experience Questionnaire

Um das Produkt hinsichtlich der Benutzererfahrung zu bewerten, füllen Sie bitte den nachfolgenden Fragebogen aus. Er besteht aus Gegensatzpaaren von Eigenschaften, die das Produkt haben kann. Abstufungen zwischen den Gegensätzen sind durch Felder dargestellt. Durch Ankreuzen eines dieser Felder können Sie Ihre Zustimmung zu einem Begriff äußern.

Bitte geben Sie nun Ihre Einschätzung des Produkts ab.

Kreuzen Sie bitte nur ein Feld pro Zeile an.

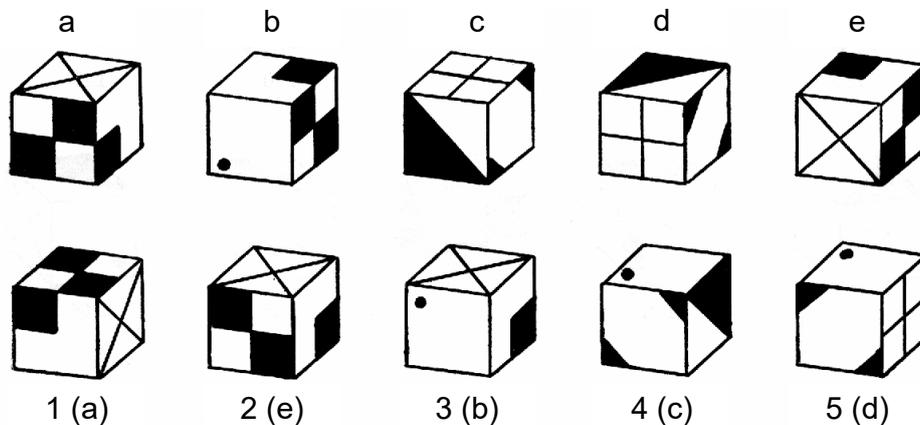
behindernd	<input type="checkbox"/>	unterstützend						
kompliziert	<input type="checkbox"/>	einfach						
ineffizient	<input type="checkbox"/>	effizient						
verwirrend	<input type="checkbox"/>	übersichtlich						
langweilig	<input type="checkbox"/>	spannend						
uninteressant	<input type="checkbox"/>	interessant						
konventionell	<input type="checkbox"/>	originell						
herkömmlich	<input type="checkbox"/>	neuartig						

Wie haben Sie von der Studie erfahren? _____

Würfeltest (9 Min.)

Jetzt werden Ihnen 5 Würfel vorgegeben, die Würfel a, b, c, d, e. Auf jedem Würfel sind sechs verschiedene Zeichen. Drei davon kann man sehen. Jede der Aufgaben 1 – 20 zeigt Ihnen einen der vorgegebenen Würfel in veränderter Lage. Sie sollen herausfinden, um **welchen** der vorgegebenen Würfel es sich handelt. Der Würfel kann gedreht, gekippt oder gedreht und gekippt worden sein. Dabei kann natürlich auch ein neues Zeichen sichtbar werden.

Für die Lösung der Aufgaben haben Sie 9 Min. Zeit.

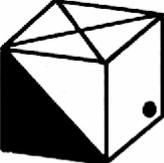
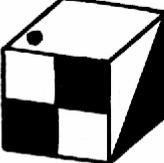
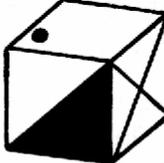
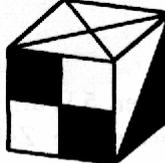
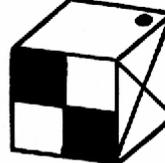
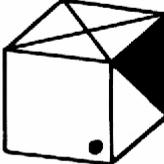
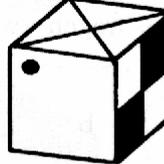
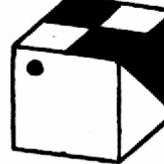
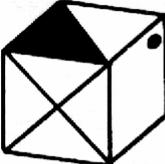
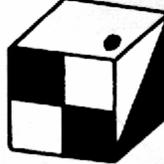
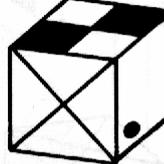
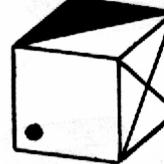
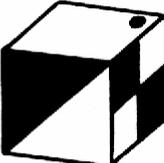
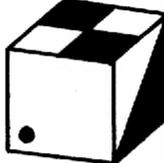
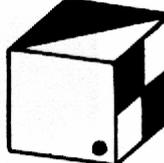
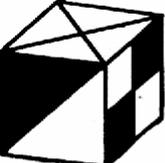
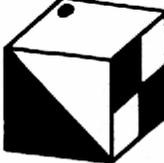
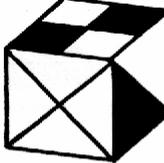
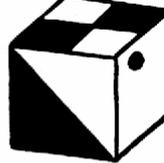


Dieses Beispiel zeigt **an erster Stelle den Würfel a** in veränderter Lage. Bei dem **zweiten Würfel handelt es sich um den Würfel e**, bei dem **dritten Beispiel um den Würfel b**. **Das vierte Beispiel zeigt den Würfel c**, **das fünfte den Würfel d**.

Hinweise:

- Die vorgegebenen Würfel a, b, c, d, e sind verschiedene Würfel. Sie tragen zwar die gleichen Zeichen, aber in verschiedener Lage.
- Die Zuordnung geht immer, es gibt keine Variante, die nicht einem der Würfel a, b, c, d, e entspricht.
- Sie können die Aufgaben in beliebiger Reihenfolge durchführen.
- Der Test ist nicht darauf ausgelegt, in der vorgegebenen Zeit komplett erfolgreich gelöst zu werden.

VPNR

a	b	c	d	e
				
				
1 ()	2 ()	3 ()	4 ()	5 ()
				
6 ()	7 ()	8 ()	9 ()	10 ()
				
11 ()	12 ()	13 ()	14 ()	15 ()
				
16 ()	17 ()	18 ()	19 ()	20 ()

Halt! Überprüfen Sie die Aufgaben auf dieser Seite noch einmal und warten Sie auf weitere Anweisungen!

C.2 Auswertung der Nutzerstudie

TOP TOP Level Code	Top Level Code	Middle Level Code	Low Level Code	Definition	Beispiel	
Usability	Execution	Umsetzung/Ausführung	Haptik/Latenz	Vibration, Rückmeldung der Ausführung (sowohl visuell als auch haptisch)	Sie reagiert sehr langsam oder zu schnell.	
			Kraft	Druck der Hand zum BIRDY	Denn man drückt ja mit der Faust eher ein bisschen zusammen, wenn man bewegt, die Kugel.	
		Auswahl	Geschwindigkeit	Bewegungsgeschwindigkeit bei der Gestenausführung	(...) wie schnell das System reagiert.	
			Handkontrolle	Beweglichkeit, Lage der Hand	Und was ein bisschen schwerer war, ist die Drehung, mehrer Hand nach rechts weil die Drehung nach links wenn es da oben weiter nachlässig (Proband meint kognitiv), muss man sich das fragen.	
	Perception/Evaluation	Orientierung	Körperliche Verfassung	Körperliche Einschränkungen bei der Nutzung	Also dies ging nicht so ganz daraus hervor, dass auf diesem Symbol dieses warmweiß kommt.	
			Unsicher	Keine Sicherheit bzgl. Der korrekten nächsten Aktion	Hätte ich erwartet, dass er mit der Rechts Bewegung nach rechts geht.	
			Richtung	Verwechslung von Links und Rechts bei der Gestenausführung	Da ich nicht wusste, auf welcher Ebene das ist, habe ich mich einfach stückweise zurück getastet.	
			Fehlende Optionen	Nicht finden oder vermissen der korrekten Optionen	Da oben, Diese drei Schriften, Eben, Die könnten farblich unterschiedlicher sein, Die sind ein bisschen Also erst mal anders liegen, Dann kommen körperliche Bedürfnisse und dann kommt "etwas sagen". Das sind die drei Ebenen jetzt hier.	
			Lesbarkeit	Wie gut kann Schrift erkannt werden	Bild ist schön scharf	
			Hierarchie	Hierarchische Zusammenhänge erwähnt		
Erfahrung	Gewöhnung	Erfassbarkeit	Bilderkenntlichkeit	Erkennbarkeit der Bilder	Nb, da ist die stimmliche Unterstützung noch mal eine Hilfe bei dem Ganzen.	
			Passung Text/Bild	Wie passen Text und Bilder zusammen	Steht auch dort Schwarz, in tieferem Schwarz als das andere.	
		Usability	Perception/Evaluation	Akustische Signale	Wurden akustische Signale erwähnt	Vielleicht die unterschiedlichen Bereiche, die man zum Beispiel beim Licht heller, farblich blaßla.
				Textformatierung	Wurden Hervorhebungen/Farben in Bezug auf die Textformatierung genannt	Vielleicht, wie viele Punkte darunter zu finden sind.
		Erfahrung	Gewöhnung	Umrandung	Es wurde eine Interpretation der Umrandung beschrieben	Weil natürlich größer erscheint [...]
				Umrandung = Anzahl	Die Umrandung wird als Anzahl der darunter liegenden Optionen interpretiert	Der Frosch (...) steht oben
		Erfahrung	Frustration	Größe	Wurde die Größe als Faktor der Orientierung genannt?	(...) an einem Bild [...]
				Position	Wurde die Positionierung von GUI-Elementen als Faktor der Orientierung genannt?	Und in der Mitte eben noch die die Schriftform.
		Sonstiges	Sonstiges	Bild	Wurde die Grafik als Faktor der Orientierung genannt?	Und zweitens ja, der der Pfeil zeigt auf die Ente
				Text/Label	Wurde das Label als Faktor der Orientierung genannt?	Konnte sich nicht orientieren. Proband fand keine Indikatoren bzw. konnte sie nicht gut lesen.
Sonstiges	Sonstiges	Pfeil	Wurde der Pfeil als Faktor der Orientierung genannt?	Ich hab aus meiner Erinnerung genommen, was da steht.		
		Orientierungsprobleme	Wenn es Schwierigkeiten bei der Orientierung gibt	Wenn man das erst mal ein, zwei Mal gesehen hat, dann weiß man, worauf es ankommt.		
Sonstiges	Sonstiges	Lernen / Merken	Wird von Lerneffekten oder gemerkten Inhalten berichtet?	Ich habe den Ball nicht richtig bewegt, trotzdem wurde navigiert.		
		Gewöhnung	Wird von Gewöhnungseffekten gesprochen	Nicht gegenderte Strichmännchen		
Sonstiges	Sonstiges	Frustration	Wird von Frustrierenden Erfahrungen gesprochen			
		Sonstiges	Alles sonstige			

Tabelle 23: Codingschema der thematischen Analyse mit den verwendeten Top, Middle und Low Level Codes sowie jeweils einer Definition und eines Beispiels

D Durchführung der Expertenevaluation

Die Unterlagen zur Durchführung und Datenerhebung der Expertenevaluation setzen sich aus folgenden Dokumenten zusammen:

1. Beobachtungsbogen (6 Seiten)
2. Item-Übersicht des Fragebogens (2 Seiten)

ID ____ Beobachtungsbogen Expertenstudie Menü Datum: _____

Begrüßung, Ablauf, 12 Aufgaben, Fragen? Beginn Uhrzeit _____

Teilnahme- / Datenschutzerklärung

Fragebogenteil A (bis nach ATI)

Würfeltest Timer gestartet (mit Alarm)

Projektvorstellung, was bietet das System

Konzept Lautes Denken vorstellen

Teilnehmer legt sich ins Bett (30° Oberkörper-Hochlage prüfen)

Lernphase starten (Menü Lernphase öffnen)

Bildschirm gut erkennbar? Ja Nein → Näher ran Distanz: _____

BIRDY starten, kalibrieren und Funktion prüfen ID ____ Batteriestand ____

BIRDY in die Hand geben

Aufgaben: im Lernmenü immer abwechselnd 3/2 nach rechts/links mit Auswahl

Einschränkung: Ellenbogen nicht anheben, an **LAUTES DENKEN erinnern**

Ziel 3x in Folge fehlerfrei, Max. 10 min.

Anz. Fehler (I zu weit, früh, II: falsche Geste	Anzahl benötigter Aufg. (I für fertig, darüber – für falsch, + für korrekt)	Gesamtdauer Training	Hilfestellung	Erfolgreich
Ausführung: Geste: Davon Technik:			<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Notizen (z.B. dass und welche falsche Geste):				

Interviewfragen Uhrzeit: _____

Siehe Limesurvey Steuerung

Abbruch (falls Interaktion nicht geschafft) (Danke, auch wertvolle Erkenntnis)

ID _____ Beobachtungsbogen Expertenstudie Menü Datum: _____

Aufgabenphase starten (Phase 2 öffnen)

Hier werden die häufigsten Themen von Bedürfnissen angezeigt.

Ziel: möglichst einfach wichtige Bedürfnisse mitteilen können.

Bedienung üben wie eben gelernt (Hinweis nochmal auf Lautes Denken).

Szenario: Pflegekraft ist gerade nicht im Raum, Sie wollen ihr etwas mitteilen. Nutzen Sie dafür das technische System.

Uhrzeit: _____

Aufgabe 1 stellen (Angst) (OPf: 2x Navigation nach rechts, 2x Anwahl, weil Bestätigung)

Aufgabe: Auswahl des Menüpunkts "Angst", um die Pflegekraft darüber zu informieren

Anz. Fehlinteraktion	Dauer der Durchführung	Hilfestellung	Erfolgreich
Geste:		<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Ja
Pfad:		<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Nein

Probleme/Anmerkungen? Nein Ja Uhrzeit: _____

Klingelnachrichten über die Smartphone-App bestätigen, Sinn erklären

Übergang zu Phase 3 durchführen.

Unterschiede und neue Funktionen erklären: was bleibt – Klingel (von eben), was ist neu:

Mehr Kommunikationsthemen, auch ausgerichtet auf

"Sie haben jetzt einige Minuten Zeit, sich mit dem System vertraut zu machen, das können Sie völlig selbstständig machen, gerne auch fragen. **Seien Sie neugierig.** Sie selbst bestimmen, wie lange diese Phase dauert und wann Sie mit den Aufgaben weiter machen wollen. Sagen Sie mir Bescheid, wenn Sie soweit sind"

Exploration starten Uhrzeit Beginn: _____ Ende: _____

Ggf. Licht wieder ausschalten

ID ____ Beobachtungsbogen Expertenstudie Menü Datum: _____

Aufgabe 2 stellen (Nah: gestresst mitteilen)

Sie möchten der neben ihrem Bett stehenden Pflegekraft mitteilen, dass Sie sich gestresst fühlen. Danach zurück ins vorige Menü. (OPf: 1x Auswahl, 3x rechts, 1x Auswahl, 3x links, 1x Auswahl)

Anz. Fehlinteraktion	Dauer der Durchführung	Hilfestellung	Erfolgreich
Geste: Pfad:		<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein

Probleme/Anmerkungen? Nein Ja Uhrzeit: _____

Aufgabe 3 stellen (Kopfteil des Bettes höher stellen)

Sie möchten der neben ihrem Bett stehenden Pflegekraft mitteilen, dass Sie das Kopfteil des Bettes etwas höher stellen soll. Danach zurück ins Hauptmenü.

(OPf: 3x links/rechts, 1x Auswahl, 1x rechts, 1x Auswahl, 4x links, 1x Auswahl)

Anz. Fehlinteraktion	Dauer der Durchführung	Hilfestellung	Erfolgreich
Geste: Pfad:		<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein

Probleme/Anmerkungen? Nein Ja Uhrzeit: _____

Aufgabe 4 stellen (Moderate Schmerzen im linken Bein)

Sie möchten der neben ihrem Bett stehenden Pflegekraft mitteilen, dass sie moderate Schmerzen im linken Bein haben. Kehren Sie dann zurück zum Menü (OPf: 1x Auswahl, 1x rechts, 1x

Auswahl, 3x rechts, 1x Auswahl, 1x rechts, 1x Auswahl, 1x links, 2x Auswahl)

Anz. Fehlinteraktion	Dauer der Durchführung	Hilfestellung	Erfolgreich
Geste: Pfad:		<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein

Probleme/Anmerkungen? Nein Ja Uhrzeit: _____

ID _____ Beobachtungsbogen Expertenstudie Menü Datum: _____

Aufgabe 5 stellen (Wissen, warum sprechen nicht möglich)

Sie möchten der neben ihrem Bett stehenden Pflegekraft mitteilen, dass sie wissen möchten, wie es in Bezug auf die Therapie mit ihnen weitergeht bzw. was die nächsten Schritte sind. **(OPf: 2x rechts, 2x Auswahl, 2x rechts, 1x Auswahl)**

Anz. Fehlinteraktion	Dauer der Durchführung	Hilfestellung	Erfolgreich
Geste:		<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Ja
Pfad:		<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Nein

Probleme/Anmerkungen? Nein Ja Uhrzeit: _____

Aufgabe 6 stellen (Licht einschalten)

Sie möchten etwas Licht am Bett haben und es einstellen. (Kehren Sie ins Hauptmenü und öffnen Sie das Lichtmenü und schalten es ein) **(OPf: 3x links, 1x Auswahl, 1x links, 1x Auswahl, 3x links/rechts, 2x Auswahl)**

Anz. Fehlinteraktion	Dauer der Durchführung	Hilfestellung	Erfolgreich
Geste:		<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Ja
Pfad:		<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Nein

Probleme/Anmerkungen? Nein Ja Uhrzeit: _____

Aufgabe 7 stellen (Lichtfarbe ändern und ins Hauptmenü)

Ändern Sie die Lichtfarbe auf warmweiß. Kehren Sie anschließend ins Hauptmenü zurück. **(OPf: 1x rechts, 1x Auswahl, 3x rechts, 1x Auswahl, 2x links, 1x Auswahl, 1x links, 1x Auswahl)**

Anz. Fehlinteraktion	Dauer der Durchführung	Hilfestellung	Erfolgreich
Geste:		<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Ja
Pfad:		<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Nein

Probleme/Anmerkungen? Nein Ja Uhrzeit: _____

ID _____ Beobachtungsbogen Expertenstudie Menü Datum: _____

Aufgabe 8 stellen (Medien der Angehörigen anschauen)

Ihnen wurde von der Pflegekraft gesagt, dass eine Freundin Ihnen Fotos mitgebracht hat und Sie sich diese über das System anschauen können. Öffnen Sie das Foto, auf dem der Eiffelturm zu sehen ist. **(Opf: 2x rechts, 2x Auswahl, 4x links, 1x Auswahl)**

Anz. Fehlinteraktion	Dauer der Durchführung	Hilfestellung	Erfolgreich
Geste:		<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Ja
Pfad:		<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Nein

Probleme/Anmerkungen? Nein Ja Uhrzeit: _____

restliche **Interviewfragen bis SUS** (Uhrzeit: _____)

Aus Bett aussteigen

Fragebogenteil B

Verabschiedung

Licht im Lichtmenü wieder auf Blau und dann ausschalten

BIRDY aufladen und dann ausschalten Batteriestand nach Studie: _____

Daten sichern und zuordnen (Audio, Video, Ipad-Fragebögen)

Problemprotokoll

Folgende Probleme sind aufgetreten

Nach Ende jeder Aufgabe mit Problemen BIRDY-Ausrichtung prüfen

Anhänge

Ab-schnitt	ID	Fragebogen-Items	Antwort-Skala	M	SD
1	1	Demografische Daten (Alter, Geschlecht, Beruf, Berufserfahrung)			
		Interaktionsbezogene Technikaffinität (ATI)		5.00	0.60
	2	Ich beschäftige mich gern genauer mit technischen Systemen.	A1-6	5.50	0.55
	3	Ich probiere gern die Funktionen neuer technischer Systeme aus.		5.33	0.52
	4	In erster Linie beschäftige ich mich mit technischen Systemen, weil ich muss.		5.00	0.63
	5	Wenn ich ein neues technisches System vor mir habe, probiere ich es intensiv aus.		4.83	0.75
	6	Ich verbringe sehr gern Zeit mit dem Kennenlernen eines neuen technischen Systems.		5.00	0.63
	7	Es genügt mir, dass ein technisches System funktioniert, mir ist es egal, wie oder warum.		4.83	0.75
	8	Ich versuche zu verstehen, wie ein technisches System genau funktioniert.		4.67	0.82
	9	Es genügt mir, die Grundfunktionen eines technischen Systems zu kennen.		4.83	0.98
	10	Ich versuche, die Möglichkeiten eines technischen Systems vollständig auszunutzen.		5.00	1.10
11	Würfeltest des IST 2000R			71%	19%
2		Erster Eindruck			
	12	Wie bewerten Sie den Schwierigkeitsgrad der Steuerung mittels BIRDY?	C1-10	1.67	0.82
	13.1	Wie stark spüren Sie die Vibration von BIRDY für die Geste Neigen?	D1-10	5.83	2.32
	13.2	Wie stark spüren Sie die Vibration von BIRDY für die Geste Drücken?	D1-10	5.67	2.42
	14.1	Wie bewerten Sie die gewählte Intensität der Vibration für die Geste Neigen?	E1-7	3.67	0.52
	14.2	Wie bewerten Sie die gewählte Intensität der Vibration für die Geste Drücken?	E1-7	3.83	0.75
3		Bedienbarkeit des Menüs		5.11	0.74
		Die visuellen Darstellungen der Befehle sind ...	A1-6	5.50	0.41
	15	lesbar		5.83	0.41
	16	eindeutig/verständlich		5.17	0.41
		Der Auswahlmechanismus ist ...		4.67	1.14
	17	einfach		5.83	0.41
	18	vertraut/bekannt		3.50	1.87
		Die visuelle Struktur vermittelt klar die Konzepte der ...		5.17	0.66
	19	Menü-Elemente		5.83	0.41
	20	Menü-Ebenen		5.83	0.41
	21	Menü-Hierarchie (Tiefe)		3.83	1.17
		Anleitung		5.33	0.83
		Das Menü ...	A1-6		
	22	verringert die Informationslast.		5.67	0.52
	23	fördert die Exploration.		5.33	0.82
	24	erlaubt eine gute Orientierung.		5.67	0.52
	25	ermöglicht die Exploration der verschiedenen Ebenen.		5.83	0.41
	26	ermöglicht es, den Inhalt schnell zu durchsuchen.		4.83	0.98
	27	ermöglicht eine direkte Navigation zwischen allen Menüstrukturen und -elementen.		5.33	1.21
	28	die Hierarchie lässt sich um weitere Ebenen und Elemente erweitern.		5.83	0.41
	29	ist platzsparend gestaltet.		3.83	2.14
	30	ist konsistent in Bezug auf globale visuelle Aspekte wie Element-Orte (engl. element location), Größen und Farben.		5.67	0.52
		Erlernbarkeit		5.88	0.23
	31	Es fällt mir leicht, die Bedienung des Systems zu erlernen.	A1-6	6.00	0.00
	32	Es fällt mir leicht, neue Funktionen durch Try and Error zu erkunden.		6.00	0.00
	33	Es fällt mir leicht, mir Namen und Verwendung von Befehlen (bzw. Menüpunkten) zu merken.		5.83	0.41
	34	Die Durchführung von Aufgaben mit dem System ist einfach.		5.67	0.52
		Animationen		5.75	0.41
		Die Animation des Elementwechsels (Rotation des Kreises nach rechts/links) ...	A1-6	5.92	0.20
	35	hilft mir beim Verständnis des Systemzustands.		5.83	0.41
36	empfinde ich als stimmig/passend.	6.00		0.00	
	Die Animation des Wechsels der Hierarchieebene (Zusammenziehen in den Mittelpunkt und wieder ausdehnen) ...	5.33		1.03	
37	hilft mir beim Verständnis des Systemzustands.	5.33	1.03		
38	empfinde ich als stimmig/passend.	5.33	1.03		
	Die Animation der Auswahl eines Blattknoten-Elements (temporäres Hervorheben des Elements und eintrüben der restlichen Elemente) ...	6.00	0.00		
39	hilft mir beim Verständnis des Systemzustands.	A1-6	6.00	0.00	
40	empfinde ich als stimmig/passend.	6.00	0.00		

Ab-schnitt	ID	Fragebogen-Items	Antwort-Skala	M	SD	
3		Interaktion		5.83	0.33	
	41	Die Gesten des Eingabegeräts passen zu den Reaktionen des Menüs.	A1-6	6.00	0.00	
	42	Das kreisförmige Menü-Layout und Ballform des Eingabegeräts passen zusammen.		5.83	0.41	
	43	Das System lädt zum Ausprobieren ein.		5.83	0.41	
	44	Die Interaktion mit dem System macht Spaß.		5.83	0.41	
	45	Die Bestätigungsdialoge geben Sicherheit bei der Bedienung.		6.00	0.00	
	46	Die Bestätigungsdialoge ermöglichen die Verhinderung von Fehlinteraktionen.		5.83	0.41	
	47	Die Anzahl der notwendigen Interaktionsschritte zur Erreichung der Menüelemente ... empfinde ich als angemessen.	A1-6	5.67	0.52	
48	lassen sich nicht noch weiter verringern.	5.67		0.52		
4		Usability und Anwendbarkeit				
		System Usability Score (SUS)		85	2.74	
	49	Ich denke, dass ich das System gerne häufig benutzen würde (in einer Beatmungssituation).	SUS1-5	4.00	0.00	
	50	Ich fand das System unnötig komplex.		1.50	0.55	
	51	Ich fand das System einfach zu benutzen.		4.00	0.00	
	52	Ich glaube, ich würde die Hilfe einer technisch versierten Person benötigen, um das System benutzen zu können.		1.00	0.00	
	53	Ich fand, die verschiedenen Funktionen in dem System wurden gut integriert.		4.00	0.00	
	54	Ich denke, das System enthielt zu viele Inkonsistenzen (Zusammenhanglosigkeiten bzw. Widersprüche bei der Benutzung).		1.00	0.00	
	55	Ich kann mir vorstellen, dass die meisten Menschen den Umgang mit dem System sehr schnell lernen.		3.83	0.41	
	56	Ich fand das System sehr umständlich zu nutzen.		1.17	0.41	
	57	Ich fühlte mich bei der Benutzung des Systems sehr sicher.		4.00	0.00	
	58	Ich musste eine Menge lernen, bevor ich anfangen konnte das System zu verwenden.		1.17	0.41	
			Anwendbarkeit		5.50	0.68
	59	Das Menü ist für die in dieser Studie getesteten Anwendung adäquat geeignet.	A1-6	5.67	0.52	
	60	Das Menü könnte auch für andere Anwendungen adäquat eingesetzt werden (ggf. mit Anpassungen).		5.33	0.52	
	61	Das Menü ist für die Kombination aus BIRDY und 24"-Display adäquat geeignet.		5.83	0.41	
	62	Das Menü könnte mit anderen Kombinationen von Ein- und Ausgabegeräten adäquat eingesetzt werden (ggf. mit Anpassungen).		5.00	1.55	
	63	Das Menü ist für die vorgesehene Benutzerklasse adäquat geeignet.		5.67	0.52	
	64	Das Menü könnte auch durch andere Benutzerklassen adäquat eingesetzt werden (ggf. mit Anpassungen).		5.50	0.55	
			User Experience Questionnaire (UEQ)		1.90	1.03
	65	behindernd unterstützend	UEQ1-7	6.50	0.84	
	66	kompliziert einfach		6.33	0.52	
	67	ineffizient effizient		5.83	1.17	
	68	verwirrend übersichtlich		6.50	0.84	
	69	langweilig spannend		5.17	1.17	
	70	uninteressant interessant		5.50	1.38	
71	konventionell originell	5.83		1.60		
72	herkömmlich neuartig	6.33		1.21		
		Visual Aesthetics of Websites Inventory (VisAWI)		6.17	0.79	
73	Auf der Seite passt alles zusammen	B1-7	6.17	0.41		
74	Das Layout ist angenehm vielseitig.		6.00	1.10		
75	Die farbliche Gesamtgestaltung wirkt attraktiv.		6.00	1.10		
76	Das Layout ist professionell.		6.50	0.55		
Ab-schluss	77	Was ist gut an dem System und sollte beibehalten werden?	Freitext			
	78	Was könnte an dem System noch verbessert werden?				
	79	Fallen Ihnen noch weitere Kontexte ein, in denen man das System (oder Teile) nutzen könnte?				
	80	Welche Anwendungsfälle fallen Ihnen ein, in denen das System nicht geeignet/nutzbar ist?				

Antwort Skalen

A1-6	stimmt gar nicht / weitgehend nicht / eher nicht / eher / weitgehend / völlig
B1-7	stimme gar nicht zu / nicht zu / eher nicht zu / neutral / eher zu / stimme zu / voll zu
C1-10	1 (leicht) / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 (schwer)
D1-10	1 (schwach) / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 (stark)
E1-7	1 (zu schwach) / 2 / 3 / 4 (genau richtig) / 5 / 6 / 7 (zu stark)
SUS1-5	lehne stark ab / lehne ab / neutral / stimme zu / stimme stark zu
UEQ1-7	1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7