

DeinHaus 4.0 – Ergänzender Bericht aus Teilprojekt „integrativer Raum und Licht“

Autoren:

Prof. Andreas Betz (Teilprojektleiter, Verantwortlicher für „Badezimmer“ und „Mobiliar“)

Prof. Mathias Wambsganß (Verantwortlicher für „Licht“)

Dipl.-Des. Lukas Beyerle, M.Sc. (arch.) (Mitarbeiter „Badezimmer“)

Elisabeth Löcker, M. A. (Mitarbeiterin „Licht“)

Julia Wiesinger, B. A. (Mitarbeiterin „Mobiliar“)

Forschungsvorhaben: DeinHaus 4.0 – Wohnkompetenzzentrum an den Standorten Freilassing und Rosenheim im Regierungsbezirk Oberbayern

Fördergeber: Bayerisches Staatsministerium für Gesundheit und Pflege

Projektpartner: Landkreis Berchtesgadener Land, Gesundheitsregion ^{plus} des Landkreises Rosenheim

Projektlaufzeit: 01.11.2019 – 31.12.2024

Zur besseren Lesbarkeit wird in diesem Dokument das generische Maskulinum verwendet. Die in dieser Arbeit verwendeten Personenbezeichnungen beziehen sich – sofern nicht anders kenntlich gemacht – auf alle Geschlechter.

In der vorliegenden Arbeit wurden KI-Technologien zur Unterstützung des Schreibprozesses eingesetzt. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die endgültige Verantwortung für die inhaltliche Richtigkeit, die kritische Reflexion und die Interpretation der Ergebnisse bei den Autoren dieser Arbeit liegt. Die KI diene lediglich als Werkzeug und nicht als Ersatz für das kritische und analytische Denken des Forschenden.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	1
1.1.	DeinHaus 4.0.....	1
1.2.	Forschungsfragen und Thesen.....	1
1.3.	Methoden.....	2
2.	Planungsgrundlage.....	4
2.1.	Amerang.....	4
2.2.	Freilassing.....	7
3.	Badezimmer.....	9
1.1.	Forschungsgegenstand.....	9
1.2.	Kontext und Forschungsbedarf.....	9
1.2.1.	Kontext Demographie, Architektur und Design.....	9
1.3.	Forschungsbedarf Architektur und Design.....	10
1.4.	Forschungsfeld.....	11
1.4.1.	Forschungsfeld und -Thema.....	11
1.5.	Forschungsfrage.....	12
1.6.	Methodik.....	12
1.6.1.	Recherche.....	12
1.6.2.	Konzeptentwicklung.....	13
1.6.3.	Fragebogenerhebung.....	13
1.6.4.	Beobachtungsstudien.....	13
1.7.	Recherche.....	14
1.7.1.	Lehrbuchgrundrisse.....	14
1.8.	Referenzierung.....	16
1.8.1.	Wanne raus, Dusche rein.....	16
1.8.2.	Boden-Decken-Stangen.....	17
1.8.3.	Barrierefreie Waschtische.....	17
1.8.4.	Duschsitze, -Hocker und -Stühle.....	18
1.8.5.	“Lisa Habitec” TU München.....	19
1.8.6.	Patentrecherche Klappwaschbecken.....	19
1.9.	Fazit Recherche.....	20
1.10.	Konzeptentwicklung.....	20
1.10.1.	Status-01.....	21
1.10.2.	Status-02.....	22
1.10.3.	Status-03.....	22
1.10.4.	Status-04.....	23

1.10.5.	Status-05	24
1.11.	Fragebogenerhebungen	28
1.11.1.	Inhalt	28
1.11.2.	Bezugnahme Forschungsfrage	28
1.11.3.	Forschungsdesign und Methodik	28
1.11.4.	Fragebogenerstellung und Datenerhebung	29
1.11.5.	Feldzugang und Stichprobe	29
1.11.6.	Ergebnisse	30
1.11.7.	Bewertung	40
1.12.	Beobachtungsstudien	41
1.12.1.	Inhalt	41
1.12.2.	Bezugnahme Forschungsfrage	41
1.12.3.	Forschungsdesign und Methodik	42
1.12.4.	Ergebnisse	45
1.12.5.	Bewertung	47
1.13.	Thesen	48
1.13.1.	Produktsemantik	48
1.13.2.	Räumliche Interaktion	49
1.13.3.	Funktionsintegration	49
1.14.	Ausblick	50
1.15.	Beobachtungsstudie (Vorstudie) zur aufbauenden Forschung	51
4.	Mobiliar	53
4.1.	Zieldefinition	53
4.2.	Planungsrichtlinien DIN Standard und Ergonomie	53
4.3.	Ausstattung der Wohnkompetenzzentren, Vorgehensweise	54
4.4.	Eingangsbereich	56
4.5.	Konzeptionierung eines modularen, barrierefreien Garderobensystems	57
4.5.1.	Theoretische Analyse Themen	57
4.5.2.	Ergebnis	59
4.6.	Weiterentwicklung des Garderobensystems für die Serienfertigung mit Prototypenbau	62
4.6.1.	Weiterentwicklung Basisaufbau und Module	62
4.6.2.	Bau und Montage der Prototypen	69
4.6.3.	Erkenntnisse aus der Montage des Prototyps	71
4.7.	Schranksysteme	72
4.8.	Barrierefreies Kochen	75
4.8.1.	Küchenkonzept Musterwohnungen	75
4.8.2.	Amerang grüne WHG	76

4.8.3.	Amerang gelbe WHG	78
4.8.4.	Musterwohnung Freilassing.....	81
4.8.5.	Erkenntnisse, Probleme und Schwierigkeiten	82
4.9.	Konzeptionierung und Entwicklung eines modularen Küchenarbeitstisches im Universal Design	84
4.9.1.	Theoretische Analysethemen	85
4.9.2.	Ergebnis	89
4.9.3.	Fazit.....	94
4.10.	Konzeptionierung eines Küchencontainers, gedacht als temporäre Übergangslösung.....	95
4.10.1.	Einführung.....	95
4.10.2.	Anforderungen.....	95
4.10.3.	Konzeptionierung.....	95
4.10.4.	Ergebnis	98
4.10.5.	Bewertung und Optimierungsvorschläge	100
4.11.	Evaluation Möbelsysteme	101
5.	Licht	113
5.1.	Stand der Forschung und der Technik	113
5.1.1.	visuelle Wirkung von Licht	113
5.1.2.	nicht-visuelle/melanopische Wirkungen von Licht.....	113
5.1.3.	Lichtbedarf im Alter	116
5.1.4.	Vorgaben zur Beleuchtung mit Tageslicht und Kunstlicht im Wohnungsbau.....	117
5.1.5.	Planungsempfehlungen für nicht-visuell wirksames Licht.....	118
5.1.6.	Lichttechnik.....	122
5.2.	Zieldefinition.....	123
5.3.	Bestandsuntersuchung	125
5.3.1.	Tageslichtversorgung	125
5.3.2.	Tageslichtautonomie	127
5.3.3.	Bestandsbeleuchtung	129
5.4.	Auswahl des Steuerungssystems.....	132
5.5.	Umsetzung in der Musterwohnung.....	136
5.5.1.	Raumbeleuchtung.....	137
5.5.2.	Möbelbeleuchtung.....	139
5.5.3.	Steuerung.....	142
5.5.4.	Kosten	143
5.6.	Evaluation	146
5.6.1.	Recherche	146
5.6.2.	Lichtmessungen	150
5.6.3.	Befragungen.....	159

6.	Fazit	186
6.1.	Bad	186
6.2.	Mobiliar	186
6.3.	Licht	187
6.4.	Zusammenfassung	188
7.	Danksagung	189
8.	Verzeichnisse	191
8.1.	Kurzformen	191
8.2.	Literaturverzeichnis	192
8.3.	Abbildungsverzeichnis	196
8.4.	Tabellenverzeichnis	202
9.	Weiterführende Links und Downloads	203
10.	Anhang	204

1. Einleitung

1.1. DeinHaus 4.0

Das Forschungsprojekt „DeinHaus 4.0 Oberbayern“ an der Technischen Hochschule Rosenheim (Fördergeber: Bayerisches Staatsministerium für Gesundheit und Pflege) widmete sich einer der drängendsten gesellschaftlichen Herausforderungen unserer Zeit: Der Frage, wie ein langes und selbstbestimmtes Leben im Alter bzw. bei körperlichen Einschränkungen in den eigenen vier Wänden realisiert werden kann. Das Projekt wurde sowohl an der TH-Rosenheim als auch an der TH-Deggendorf, sowie der OTH-Regensburg durchgeführt. Drei Hochschulen mit jeweils drei übergeordneten Themenfeldern: Therapie und Pflegewissenschaften, Digitale Assistenzsysteme, innovative Möblierungs- und Lichtkonzepte. Die gesellschaftliche Relevanz des Projekts ist dabei offenkundig: Angesichts der demografischen Entwicklung in Deutschland, die eine stagnierende Zahl junger Menschen einer wachsenden älteren Bevölkerung gegenüberstellt, wird der Bedarf an barrierefreiem Wohnraum immer dringlicher. Aktuell liegt der Anteil barrierefreier Wohnungen in Deutschland bei lediglich 2%, der Handlungsbedarf ist riesig (vgl. DESTATIS Statistisches Bundesamt, 2024).

„DeinHaus 4.0 Oberbayern“ gliederte sich in verschiedene Teilprojekte innerhalb der vorbeschriebenen Themenfelder. Der vorliegende Forschungsbericht thematisiert das Teilprojekt 05 „Integrativer Raum und Licht“ innerhalb dessen innovative Möblierungskonzepte, Raum-in-Raum-Systeme, sowie Licht- bzw. Beleuchtungslösungen entwickelt wurden. Die Ergebnisse wurden wahlweise in den beiden Musterwohnungen in Freilassing, im Landkreis Berchtesgadener Land, und Amerang, im Landkreis Rosenheim, oder in einem Forschungscontainer an der TH Rosenheim ausgestellt und erforscht, sowie im Rahmen zahlreicher Veranstaltungen der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Der methodische Part des Teilprojekts stellte eine Mischung aus kreativem Entwerfen und anwendungsbezogener quantitativ-qualitativer Erhebungsmethodik (Fragebogenerhebungen, Think-Aloud-Protokollanalyse) dar. Der vorliegende Bericht liefert einen detaillierten Überblick über die entstandenen Innovationen, von der ersten Idee über die Entwicklungs- und Testphase, bis hin zur abschließenden Evaluation.

1.2. Forschungsfragen und Thesen

Bad

Die ursprüngliche Forschungsfrage lautete wie folgt: „Kann ein zu entwickelndes Raum-in-Raum-System durch räumliche Interaktion und Funktionsintegration die Barrierefreiheit in Bestandsbauten erhöhen?“ Diese galt es im Laufe der Bearbeitungszeit durch den Passus „...mit transferierbarem Erkenntnisgewinn für den Neubau...“ zu ergänzen, da im Laufe der des Projekts die Potentiale des Systems für den Neubau offensichtlich wurden.

Mobiliar

Da kaum ein Gebäude, das älter als zehn Jahre ist, nach den Grundlagen der Barrierefreiheit geplant und gebaut wurde, liegt der Fokus auf der barrierefreien Ertüchtigung von Bestandsbauten. Die Entscheidung das Hauptaugenmerk auf Modularität zu legen, liegt auf der Hand. Modulare Möbelsysteme können seriell, nach Baukasten Prinzip kostengünstig produziert werden und ermöglichen eine effiziente Nachrüstung in Bestandsbauten. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass die Systeme sich den Bedürfnissen verschiedener Nutzer individuell anpassen lassen und somit auch Menschen mit Einschränkungen besser unterstützen können. Daher stellt sich folgende Forschungsfrage:

Wie kann integrativer, multifunktionaler Innenausbau in Bestandswohnungen gelingen und inwieweit können auf Modularität und Nachrüstung ausgelegte Möbelsysteme ihren Beitrag zu einem selbstbestimmten Leben im Alter leisten?

Licht

Der Untersuchungsschwerpunkt im Bereich Licht liegt auf dem Aspekt der nicht-visuellen Wirkungen. Visuelle Aspekte werden bei den Themen Ergonomie und Sicherheit (z. B. Sturzprävention) berücksichtigt, sind in der Forschung aber geringer gewichtet. Ein dritter Bereich umfasst die Lichtsteuerung von dynamischen Beleuchtungslösungen und wie diese vor allem von älteren Menschen bedient werden können, ohne ggfs. nachteilige Effekte zu erreichen.

Tageslicht synchronisiert die innere Uhr des Menschen auf den essenziellen Rhythmus von Tag und Nacht. Idealer Weise resultiert diese Lichtdosis aus einem Aufenthalt im Freien, bevorzugt während des Vormittags. Unser Leben spielt sich jedoch zunehmend in Innenräumen ab, insbesondere wenn durch Krankheit oder Alter die Mobilität im Freien eingeschränkt ist. Künstliche Beleuchtung kann diesen Umstand zumindest teilweise kompensieren. Daraus resultieren die folgenden Forschungsfragen:

1. Wie ist eine altersgerechte und melanopisch wirksame Beleuchtung zu konzipieren?
2. Welchen Beitrag kann Tageslicht im Innenraum leisten?
3. Können die theoretischen Anforderungen für alle Altersgruppen erfüllt werden?
4. Wie kann diese Beleuchtung altersgerecht gesteuert werden?
5. Werden die Lichtsituationen eines solchen Konzeptes von den Teilnehmenden akzeptiert?

1.3. Methoden

Bad

Recherche: Eine Literaturrecherche wurde durchgeführt, um zu überprüfen, ob das Bad ein tatsächliches Bestandsproblem darstellt. Hinzukommend wurden Studien der Deutschen Sanitärwirtschaft (vgl. Vereinigung Deutsche Sanitärwirtschaft [VDS], 2017a) und das aktuelle Marktangebot für barrierefreie Bäder analysiert. Konzeptentwicklung: Aufbauend wurden Entwurfskriterien abgeleitet und erste Skizzen und Modelle entwickelt. Marktübliche Produkte wie Duschklapsitz und barrierefreier Waschtisch wurden integriert, Mock-up-Studien unter Einbeziehung von Fachleuten durchgeführt. Fragebogenerhebung: Auf einem Fachkongress der Technischen Hochschule Rosenheim wurde der Prototyp ExpertInnen vorgestellt und evaluiert. Die Auswertung erfolgte durch eine Kombination aus quantitativer Excel-Codierung und qualitativer Analyse mit MaxQDA. Beobachtungsstudien: Der Prototyp wurde in mehreren Beobachtungsstudien mittels Alterssimulationsanzug und Think-aloud-Protokollanalyse untersucht, sowie fortlaufend modifiziert und weiterentwickelt.

Mobiliar

Planung, Anfertigung und Montage der hinsichtlich Barrierefreiheit modifizierten Erstausrüstung von Möbel- und Innenausbauten, mit dem zunächst primären Ziel bereits am Markt verfügbare Systeme zeigen zu können (Funktion Musterwohnung). Zeitgleiche Entwicklung von innovativen Ideen, deren Konzeptionierungsphase, dem anschließenden Bau von Prototypen, Anpassungen in den Musterwohnungen, sowie der abschließenden Überprüfung der verschiedenen Möbelsysteme in der Test- und Evaluationsphase mittels qualitativer und quantitativer Erhebungsmethoden im Rahmen eines Mixed Methods Forschungsdesigns hinsichtlich Akzeptanz, Umsetzbarkeit und Nachhaltigkeit.

Licht

Grundlage der Arbeit ist eine Recherche zum Stand von Forschung und Technik, die Analyse der jeweiligen Bestandssituation in den Musterwohnungen und darauf aufbauend die Planung einer lichttechnischen Intervention auf Basis eines „gealterten Auges“. Ziel ist, die Potentiale nachträglich installierter Lichtlösungen zu zeigen, Steuerungsmöglichkeiten in der konkreten Anwendung zu testen und abschließend die Akzeptanz für ein „smartes Steuerungssystem“ zu überprüfen.

In der Evaluationsphase werden Lichtmessungen durchgeführt und mit der Zieldefinition für verschiedene Altersgruppen abgeglichen. In Workshops werden Probanden informiert und anschließend die Zufriedenheit bzw. Akzeptanz und die eigene Bereitschaft zur Nutzung einer vergleichbaren Licht- und Steuerungslösung im eigenen häuslichen Umfeld abgefragt.

2. Planungsgrundlage

2.1. Amerang



Abbildung 1: Wohnkompetenzzentrum Amerang

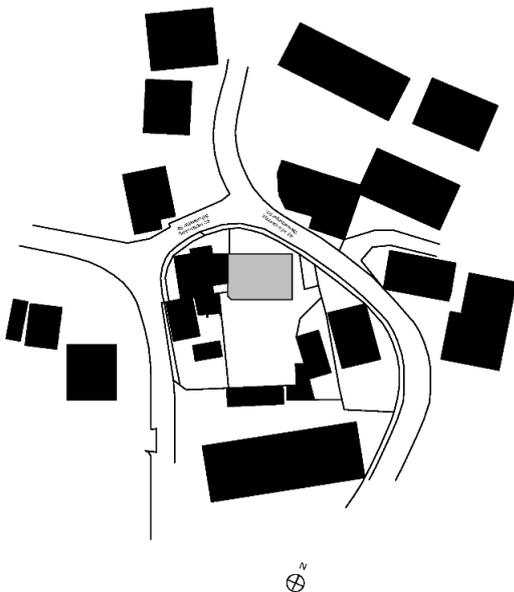


Abbildung 2: Lageplan

Zwei Musterwohnungen befinden sich in Amerang, ca. 25km nord-östlich von Rosenheim, in der Wasserburger Straße 5. Die Wohnungen sind im 1. Obergeschoss und erstrecken sich über die blau-weiß-gelben Fassadenabschnitte. Der Zugang erfolgt über den rückseitigen Innenhof an der Süd-Ostseite. Bei Bedarf steht ein Aufzug zur Verfügung.

Die kleinere „gelbe“ Wohnung entspricht einer 2-Zimmer-Wohnung mit ca. 75m² Nutzfläche (ohne Balkon) und ist rollatorgerecht. Die „grüne“ Wohnung mit 3 Zimmern und großer Küche ist ca. 90qm groß (ohne Terrasse) und rollstuhlgerecht. Die Raumhöhen betragen durchgängig ca. 2,70m.

Die Freisitze sind in den Innenhof und nach Süd-Osten ausgerichtet. Die Fenster, mit Ausnahme der Küchenfenster in der „gelben“ Wohnung, verfügen über manuell bedienbare Rollos. Die Brüstungshöhen betragen ca. 0,9m und die Fensterstürze ca. 0,4m.

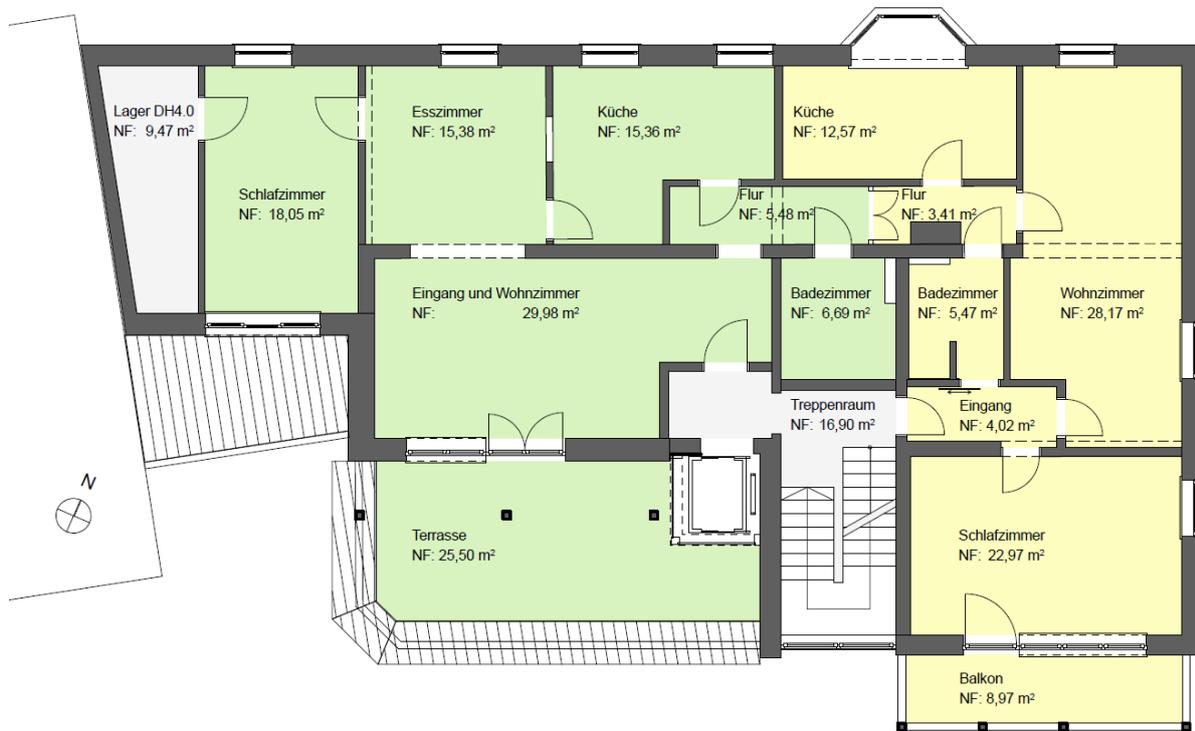


Abbildung 3: "grüne" Wohnung mit ca. 90m²; "gelbe" Wohnung mit ca. 75m²

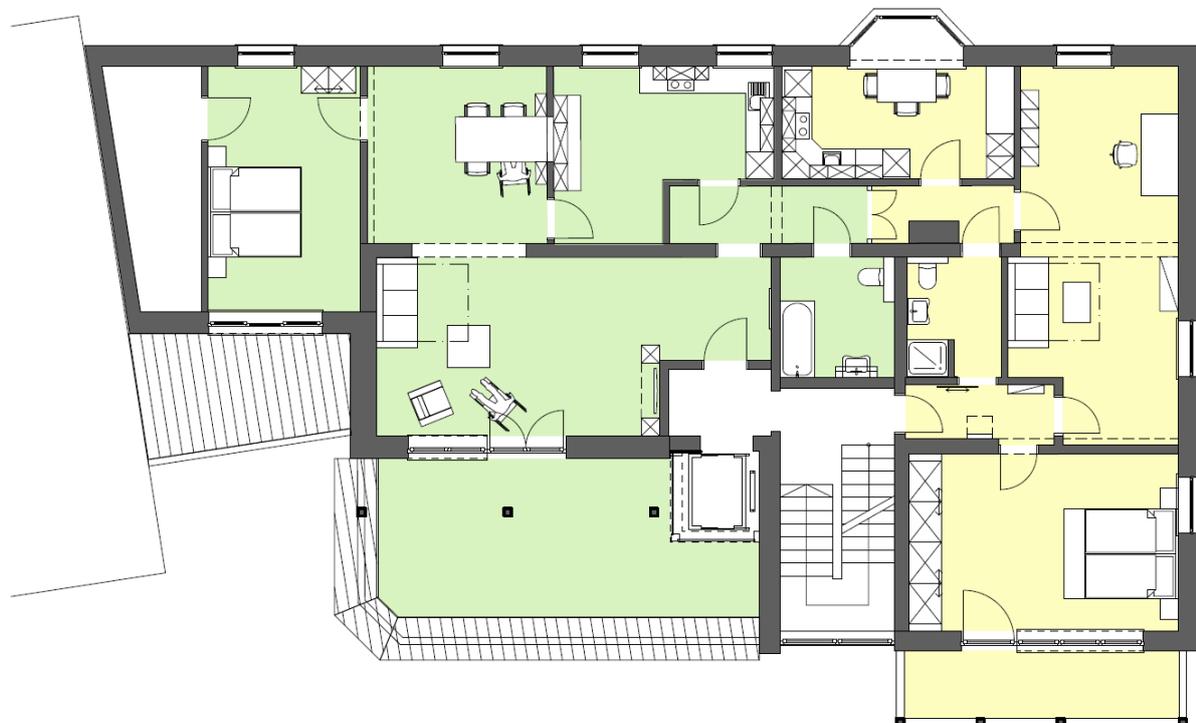


Abbildung 4: Grundrissplan mit Erstausrüstung Möblierung

Eine Vorgabe im Projekt lautete, die Wohnungen ohne Umbaumaßnahmen an die Bedürfnisse von Menschen mit körperlichen Einschränkungen anzupassen. Der Grundriss und die Lage von Küche und Badezimmer konnten daher nicht verändert werden. Die Zuordnung der Raumnutzung und die Erstausrüstung der Räume entstand in Zusammenarbeit mit den anderen Teilprojekten. Dabei wurde die Möglichkeit des Testwohnens sowie die Nutzung für Beratungen, Schulungen und Führungen für die gesamte Zielgruppe des Forschungsprojektes berücksichtigt. Grundsätzlich sind die Wohnungen autark nutzbar. Für Besichtigungszwecke ist eine Verbindung der beiden Nutzeinheiten über eine absperrbare Tür möglich.

Der Weg in die Küche der „gelben“ Wohnung führt vom Eingang durch das Wohnzimmer. Dort wäre anstelle des Arbeitsbereichs Platz für einen großen Esstisch. Das Schlafzimmer befindet sich im großen Raum Richtung Süden mit Zugang zum Balkon.

Das Licht in den Fluren wird über einen Bewegungsmelder ein- und ausgeschaltet. Die Wandschalter sind auf einer Höhe von 1,10m platziert. Die meisten Steckdosen im Innenraum sind auf einer Höhe von 0,30m oder in Kombination mit einem Lichtschalter auf 1,10m angebracht. Außerdem gibt es Steckdosen im Sockel- und Deckenkanal.

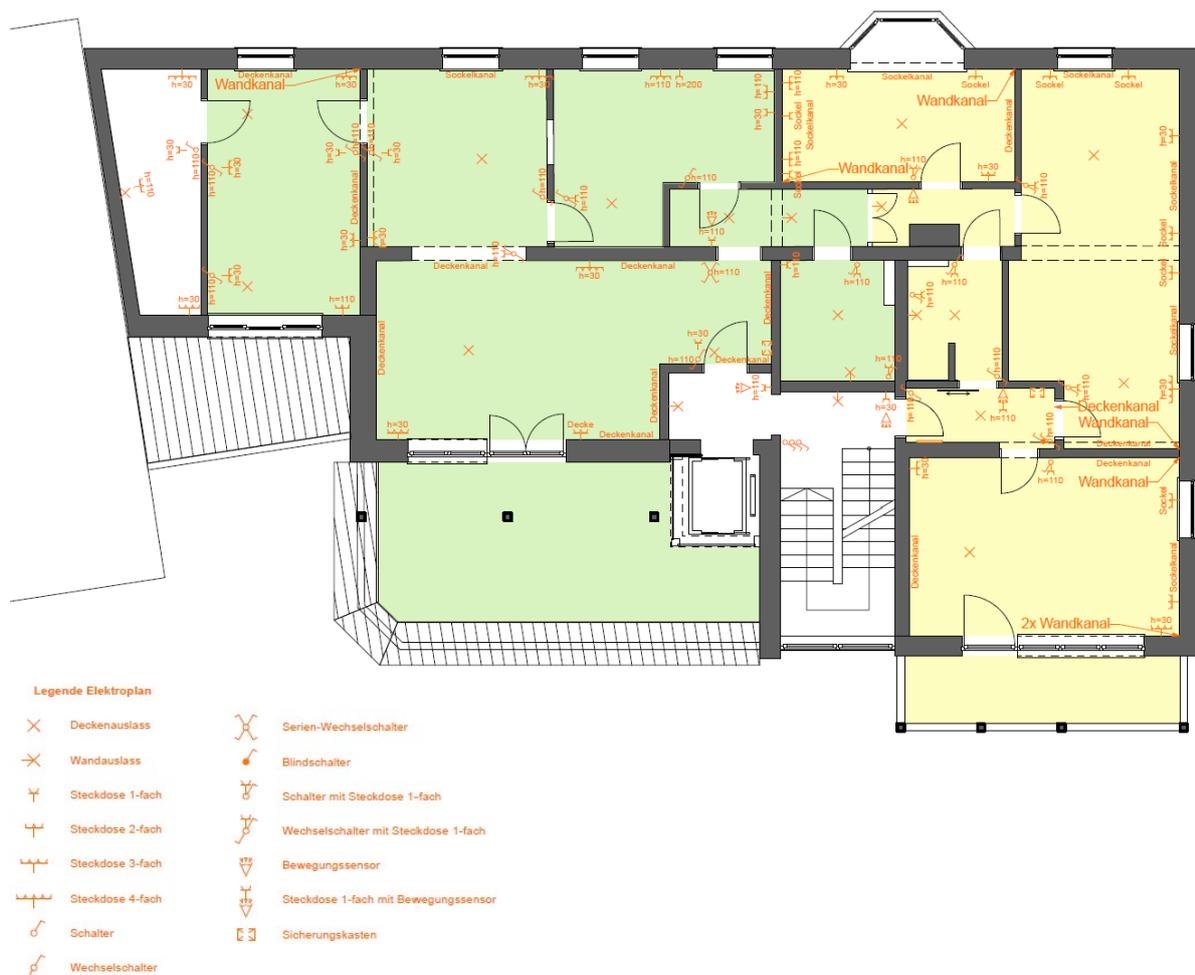


Abbildung 5: Elektroplan mit Legende

2.2. Freilassing



Abbildung 6: AWO Seniorenzentrum Freilassing

Die dritte Musterwohnung befindet sich im obersten Stock des im Jahr 2020 erbauten AWO Seniorenzentrums in der Münchner Straße 49 in Freilassing im Landkreis Berchtesgadener Land. Die zwei Zimmer-Wohnung ist ca. 55m² (ohne Balkon) groß und besteht aus Schlafzimmer, einem großzügigen offenen Küchen- Wohnbereich und einem Büro, welches nicht als Teil der Musterwohnung genutzt wird, sondern dem Forschungsprojekt als Arbeitsraum dient. Die Wohnung entspricht den in der DIN-18040-2 geforderten Bewegungsflächen und ist gemäß neuestem Standard, barrierefrei und rollstuhlgerecht.

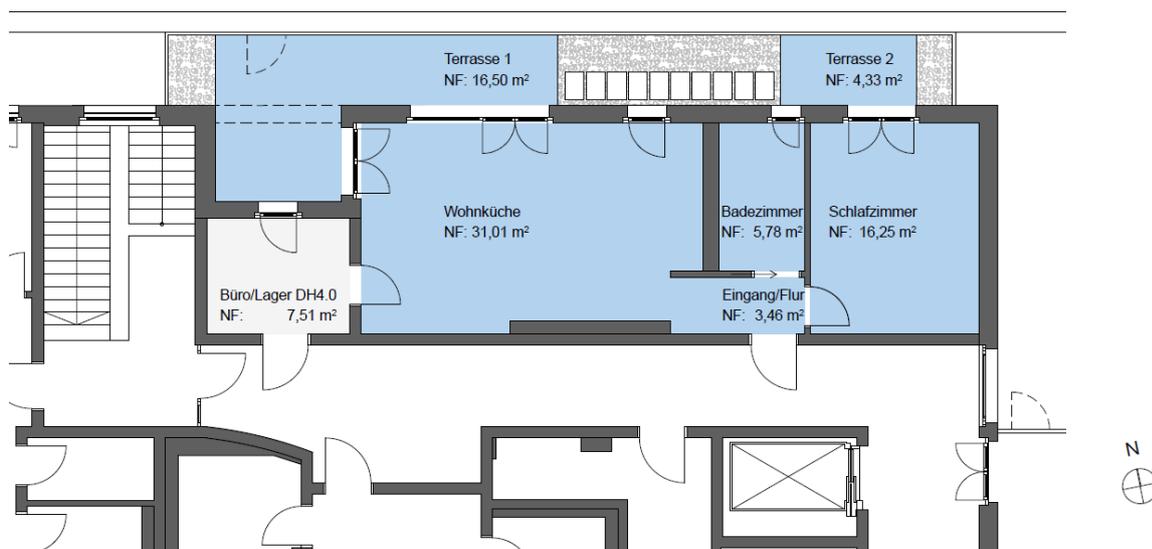


Abbildung 7: Grundriss Musterwohnung Freilassing mit ca. 55qm², unmöbliert

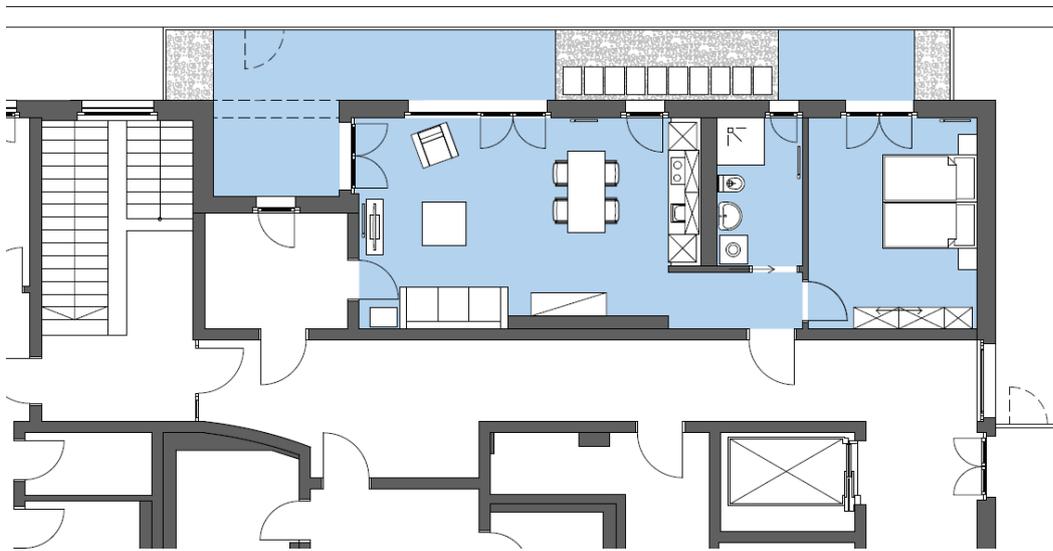
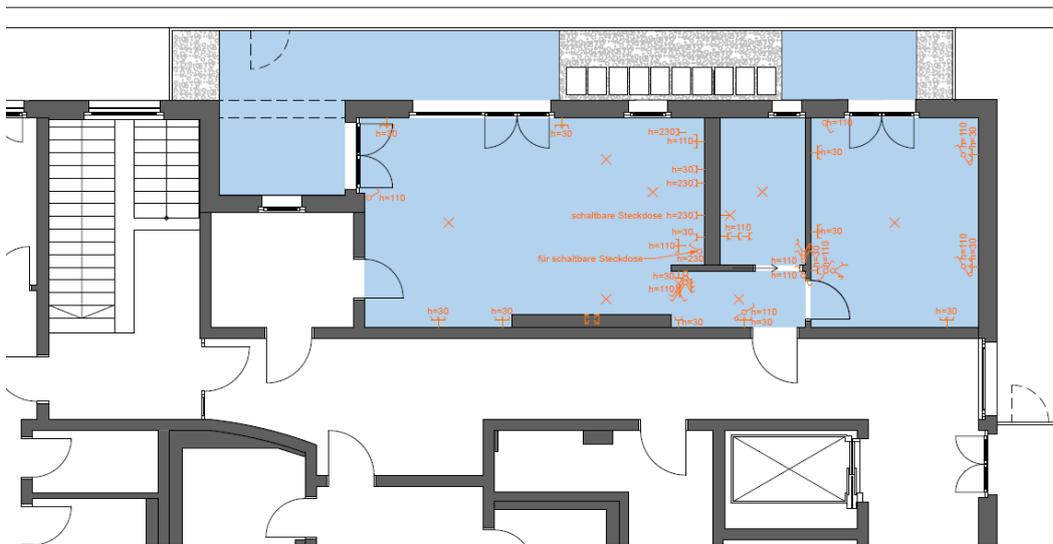


Abbildung 8: Grundrissplan möbliert mit Erstausrüstung



Legende Elektroplan

- ✕ Deckenauslass
- ✕ Wandauslass
- ⌋ Steckdose 1-fach
- ⌋ Steckdose 2-fach
- ⌋ Schalter
- ⌋ Wechselschalter
- ⌋ Serienschalter
- ⌋ Rollo-Schalter
- ☑ Sicherungskasten

Abbildung 9: Elektroplan mit Legende

3. Badezimmer

1.1. Forschungsgegenstand

Ein Forschungsfeld und -Thema des Teilprojekt-05 „Integrativer Raum“ (neben weiteren wie bspw. Lichtplanung und Mobiliar) stellt die praxisgeleitete Entwicklung eines Raum-In-Raum-Systems zur Erhöhung der Barrierefreiheit von Bädern im interdisziplinären Kontext Architektur und Design dar. Der konkrete Forschungsbedarf begründet sich durch die aktuelle demografische Entwicklung in Deutschland, in Kombination mit einem eklatanten Mangel an barrierefreiem Wohnraum (Kontext Architektur), sowie sich wandelnden Märkten und Zielgruppen, denen es mit Alters-Stigmatisierung vermeidenden Produkten respektive sogenannten Hilfsmitteln zu begegnen gilt (Kontext Design). Zielsetzung stellte die Entwicklung besagten Raum-In-Raum-Systems als Alternative zu gängigen Bad-Sanierungsmaßnahmen des Bestands unter besonderer Berücksichtigung der Aspekte räumlicher Interaktion und Funktionsintegration, mit Übertrag der gewonnenen Erkenntnisse auf den Neubau dar.

1.2. Kontext und Forschungsbedarf

1.2.1. Kontext Demographie, Architektur und Design

Kontext Demographie: Die demographische Entwicklung in Deutschland ist bekannt: Immer mehr alten stehen immer weniger junge Menschen entgegen, einhergehend mit schwindenden Bevölkerungszahlen. Jede zweite Person in Deutschland ist heute älter als 45, jede fünfte Person älter als 66 Jahre (DESTATIS Statistisches Bundesamt, 2024). Die aktuelle Entwicklung wird durch drei Komponenten bestimmt: Steigende Lebenserwartung, sinkende Geburtenraten und Wanderungssaldo. Migration scheidet aufgrund mittel- und langfristig kaum prognostizierbarer Zu- und Abwanderungstendenzen, sowie Ressentiments der Bevölkerung, als ausgleichender Faktor aus. In naher Zukunft wird es weniger Kinder, dafür immer mehr alte und sehr alte Menschen geben. (Vgl. Vries & Perry, 2007, S. 115) Mit zunehmender Lebenserwartung erhöht sich die Wahrscheinlichkeit körperlich geistiger Einschränkung (Mitnitski et al., 2015), die sich angesichts des beschriebenen demographischen Wandels zu einer zunehmend „universellen gesellschaftlichen Erfahrung“ (Bieling, 2022, S. 13) entwickelt. Die Gesellschaft der Zukunft ist somit nicht nur eine Gesellschaft der Alten, sondern auch der Eingeschränkten. Alter geht für viele Menschen mit einem Verlust von Autonomie, Mobilität und sozialer Teilhabe einher und führt zu einem stetig steigenden Hilfe- und Unterstützungsbedarf, einhergehend mit zunehmender Pflegebedürftigkeit (Schüz et al., 2011). Technische Assistenzsysteme können diesbezüglich unterstützend eingreifen, Selbstständigkeit erhalten und vor dem Hintergrund des allgemein bekannten Fachkräftemangels in der Pflege, professionell Pflegenden als auch pflegende Angehörige entlasten (Hergesell, 2021). Das Teilprojekt-05 „Integrativer Raum“ thematisiert daher neben design- und architekturenspezifischen Fragestellungen zwangsläufig auch die Themen Behinderung und Inklusion. Das entwickelte Raum-in-Raum-System als technische Assistenz kombiniert raumsparende Aspekte mit physischer Unterstützung innerhalb eines funktionsintegralen Ansatzes.

Kontext Architektur: Gesellschaftlicher Wandel steht zwangsläufig in Verbindung mit sich wandelnden (Wohnungs-) Märkten und Zielgruppen. Der beschriebenen demographischen Entwicklung stehen bis dato unzureichende Antworten der Architektur gegenüber: Lösungsstrategien beschränken sich vorwiegend auf barrierefreies Bauen nach DIN-Standards, mit quantitativ geringem Erfolg: Nur 2% des Gesamt-Gebäudebestands und nur 3% der Seniorenhaushalte in Deutschland gelten als barrierefrei gemäß DIN 18040 – Barrierefreies Bauen. 2018 verfügten über 85% der Seniorenhaushalte über keinen stufenlosen Zugang, selbst im Neubau war

dies noch 2011 in der Hälfte der Objekte der Fall (vgl. bfb, 2020). Hinzukommend belegen Untersuchungen den Wunsch älterer Menschen, selbstständig, so lange wie möglich in Ihrer vertrauten Umgebung zu leben, einhergehend mit konstant sinkender Umzugsbereitschaft in Relation zum Alter (vgl. Kremer-Preiß & Stolarz, 2003, S. 8). 2008 lebten 93% der SeniorInnen im „normalen Wohnungsbestand“, lediglich 7 % in alternativen Wohnformen wie Heimen, Betreutes Wohnen und sogenannten Altenwohnungen; alternative Wohnkonzepte, wie Senioren-Wohngemeinschaften und Mehrgenerationen-Wohnen erscheinen zahlenmäßig nicht relevant (Statista Research Department, 2011). Wohnen im Alter findet somit in den eigenen vier Wänden statt. Die genannten Zahlen und Fakten verdeutlichen den Forschungs- und Handlungsbedarf hinsichtlich Schaffung einer den zeitgemäßen baulichen Lebensumwelt des Bestands, eine kritische Reflektion der Lösungsstrategie „Barrierefrei nach DIN“ beinhaltend.

Kontext Design: Insbesondere in Städten ist die Lebensumwelt eine künstliche und maßgeblich bestimmt durch ein Wechselgefüge aus Architektur und Design. So sind design-assoziierte Rollatoren/Rollstühle in Ihrer Funktionsfähigkeit an ein entsprechendes bauliches Umfeld gebunden; ein Kernanliegen der DIN 18040 - Barrierefreies Bauen (vgl. Deutsches Institut für Normung, 2023). Design steht einerseits vor der Herausforderung dem demographischen Wandel durch zielgruppenorientierte Produkte Rechnung zu tragen und die Chancen eines Demographie bedingt wachsen den Marktes zu ergreifen. Andererseits gilt es einer Selbst- und Fremdstigmatisierung älterer Menschen, insbesondere durch sogenannte „Seniorenprodukte“ entgegenzuwirken, die als nahezu unverkäuflich gelten (vgl. Santermans, 2004, S. 106). Es müssen daher Alternativen zum „ignoranten“, die Bedürfnisse älterer Menschen ignorierenden und „expliziten“, die Bedürfnisse älterer Menschen augenscheinlich adressierenden Design entwickelt werden (vgl. Bieling, 2019, S. 60). Lösungsansätze wie „Universal-Design“ und „Design für Alle“ scheitern unter anderem an Ihrem Universalisierungsanspruch: Zu unterschiedlich die Bedürfnisse bspw. junger und alter, eingeschränkter und nicht eingeschränkter Menschen, zu vage die formulierten Entwurfskriterien zu wenig prozesshaft die Umsetzung (vgl. Bade, 2008).

1.3. Forschungsbedarf Architektur und Design

Forschungsbedarf Architektur: Der spezifische Forschungsbedarf des Teilprojekt-05 „Integrativer Raum“ hinsichtlich des architektonischen Aspekts begründet sich wie folgt: Der Wohnungsbestand in Deutschland gilt, wie dargestellt, als flächendeckend nicht barrierefrei im Sinne der DIN-18040. Zeitgleich spielen Um- und Neubauten im Sinne der DIN eine zahlenmäßig marginale Rolle. Die Sinnhaftigkeit zentraler Forderungen der DIN, bspw. das Vorsehen von Bewegungsflächen zur Schaffung eines Rollator-/Rollstuhlgerechten Lebensumfelds, kann jedoch in Anbetracht des demographischen Wandels nur bedingt in Frage gestellt werden. Somit gilt es im Rahmen des Projekts zum einen das „Scheitern“ der DIN-18040 kritisch zu hinterfragen, zum anderen gilt es Alternativen zu den bis dato gängigen, jedoch wenig populären Umbaumaßnahmen zu entwickeln (siehe: Kontext Architektur). Der Begriff des Scheiterns bezieht sich in diesem Kontext auf die vorbeschriebene, äußerst zaghafte Umsetzung der DIN-18040 in der baulichen Praxis. Die vorliegende Studie untersucht daher Potentiale der Bestandsertüchtigung von „innen heraus“ über das Thema Mobiliar und Design, mit dem übergeordneten Ziel der Vermeidung von aufwändigen Grundrissanpassungen in Bestandsbädern. Aufgrund überwiegend räumlicher DIN-Forderungen (Bewegungsflächen) und vor der Grundannahme eines statischen Grundriss standen hierbei aktiv raumbildende Eigenschaften eines zu entwickelnden Mobiliars im Vordergrund.

Forschungsbedarf Design: Das zu entwickelnde Raum-in-Raum System beschränkte sich nicht auf den räumlich-architektonischen Aspekt. Es galt ein Produkt zu entwickeln, dessen Funktionalität insbesondere die Bedürfnisse älterer Menschen adressiert und zeitgleich einer Antizipation als Seniorenprodukt entgegenwirkt. Nicht zuletzt, deshalb erfolgte die Entwicklung in Kooperation (auch) mit jungen Menschen, eine nach Bieling als „cross funktionale“- Entwurfsstrategie bezeichnete Vorgehensweise. Universal Design im Sinne eines „Produkts für

Alle“ ließ sich nur bedingt realisieren: Insbesondere Barrierefreiheit ist Gruppen- und Einschränkungsspezifisch, d.h. zielgruppenorientiert und individuell, statt universell zu betrachten (vgl. Bieling, 2019, S. 41–42). Die durch Park reduzierten Kriterien des Universal Design wie Zugänglichkeit, Entstigmatisierung und Berücksichtigung von Hilfsmitteln wurden im Laufe des Prozess zwar realisiert, dennoch entstand kein „Produkt für Alle“ (Vgl. Park, 2012).

1.4. Forschungsfeld

1.4.1. Forschungsfeld und -Thema

Forschungsfeld: Die Entwicklung eines nicht näher spezifizierten „Raum-In-Raum-Systems“ stellte einen Aspekt des Forschungsantrags Teilprojekt-05 dar. Zunächst galt es einen (Wohn-) Raum zu definieren, innerhalb dessen ein solches System sinnvoll erschien. Die Wahl fiel auf das Bad, aus folgenden Gründen: Forschungsrelevante Themen wie mangelnde Barrierefreiheit und Platzmangel wurden insbesondere im Falle des Bades bereits explizit untersucht. So geschehen im Rahmen einer 2017 durch die Vereinigung deutsche Sanitärwirtschaft e.V. in Auftrag gegebene Forsa-Studie mit 3000 Befragten, nachstehend wiedergegeben (vgl. VDS, 2017b). Demnach sind aktuell in Deutschland lediglich 17% des Gesamtbestands an Badräumen (46,20 Millionen) für ältere Menschen „voll und ganz bequem nutzbar“. In lediglich 6 von 36 Millionen erhobenen Wohnungen ist somit ein „altersgerechtes“ Bad vorhanden (Begrifflichkeiten wie „altengerecht“ und „voll [...] nutzbar“ werden in besagter Studie nicht konkretisiert). Zeitgleich stellt die „bequeme Nutzung in jeder Lebensphase“, mit 90% Zustimmung, das Hauptkriterium der Befragten an eine zeitgemäße Badgestaltung dar. 81% der Befragten zeigten sich mit Ihrem Bad zufrieden; bei den verbliebenen 19 % der unzufriedenen Befragten gaben 85% Platzmangel und 49% Renovierungsbedürftigkeit als Gründe der Unzufriedenheit an. Der generelle Wunsch nach mehr Platz im Bad findet in konstant steigenden Raumgrößen von 7,80 qm (2006) auf 9,10 qm (2017), sowie dem Trend zur bodengleichen Dusche von 7% (2011) auf 17% (2017) Ausdruck. Die Studie zeugt zudem von einem hohen Sanierungsstau: 17,7 von 46,2 Millionen Bädern wurden seit Ihrem Bau nicht saniert und sind durchschnittlich 19,5 Jahre alt. Die Investitionsbereitschaft der Befragten hinsichtlich einer Badsanierung liegt bei durchschnittlich 9.200,00 Euro. Somit ist insbesondere das Bad von mangelnder Barrierefreiheit, Raumknappheit und Sanierungsstau betroffen, bei zeitgleich hoher Investitionsbereitschaft der Betroffenen und dem Wunsch nach Nutzbarkeit über verschiedene Lebensphasen hinweg. Ein ideales Forschungsfeld der vorliegenden Arbeit. Raum-in-Raum-Systeme innerhalb des Badraums als Nasszelle gehen zwangsläufig mit erhöhten baukonstruktiv-technischen Anforderungen wie Wasserführung und Abdichtung einher. Das Forschungsumfeld einer technischen Hochschule erschien diesbezüglich prädestiniert. Die Wahl der Nasszelle als Forschungsfeld birgt zudem hohes Potential der Übertragung des Konzepts auf andere Wohnräume, inklusive kostensparenden technischen Downgradings: Was im Bad funktioniert, funktioniert auch und erst recht in anderen, nicht-feuchtebelasteten Räumen.

Forschungsthema: Der vorbeschriebene Forschungsbedarfs (siehe: Kontext und Forschungsbedarf), begründete das konkrete Forschungsthema: Die praxisgeleitete Entwicklung (vgl. Candy, 2006) eines (im Bestand nachrüstbaren) Raum-In-Raum-Systems für den Badraum, zur Herstellung bzw. Erhöhung der Barrierefreiheit gemäß DIN-18040 (vgl. Deutsches Institut für Normung, 2023). Dabei können die praxisgeleiteten Aspekte wie folgt umrissen werden: Das Forschungsfeld Badraum (Nasszelle) führte zu den bereits erwähnten technischen Fragestellungen, die sich in feuchtebelasteten Räumlichkeiten komplexer darstellen als in nicht-feuchtebelasteten Räumlichkeiten; Stichworte: Entwässerung, Abdichtung, Schimmel. Die geplante Implementierung in Bestand und Neubau stand zwangsläufig mit bestandstypischen Problemstellungen wie bspw. geringen Estrichaufbauten in Verbindung, die einer Schwellenlosigkeit des Systems (Barrierefreiheit) im Wege standen. Im Sinne einer rationalisierten Herstellung und Montage galt es ein sinnhaftes, seriell herstellbares „Baukastenkonzept“ zu konzipieren; vor dem Hintergrund heterogener Zielgruppen inklusive ästhetischer als auch funktionaler Individualisierungsoptionen. Zur Realisierung von Bewegungsflächen und

Funktionalitäten auf beengtem Raum wurde das beschriebene, auf Grundriss-Mobiliar-Interaktion basierende Konzept entwickelt. Dessen Funktionalitäten wurden innerhalb eines theoretischen Rahmens zunächst definiert und anschließend in kreative, am Prototypen zu testende Lösungsansätze transferiert. Dies unter Einbindung von ExpertInnen bspw. aus der Physiotherapie und den Gesundheitswissenschaften (Stakeholder-Einbezug). Die Entwicklung des Gesamtkonzepts folgte dem cross-funktionalen Gestaltungsansatz Bielings (vgl. Bieling, 2019, S. 59–62), eine kritische Reflektion stets beinhaltend.

1.5. Forschungsfrage

Die der vorliegenden Arbeit zugrunde liegende, ursprüngliche Forschungsfrage lautete wie folgt: „Kann ein zu entwickelndes Raum-in-Raum-System durch räumliche Interaktion und Funktionsintegration die Barrierefreiheit in Bestandsbauten erhöhen.“ Diese galt es im Laufe der Bearbeitungszeit durch den Passus „...mit transferierbarem Erkenntnisgewinn für den Neubau...“ zu ergänzen, da im Laufe der Bearbeitungszeit die Potentiale des Systems für den Neubau offensichtlich wurden. Diesbezüglich wird auf die sukzessive Integration des WC in das Gesamtsystem hingewiesen, die so nur im Neubau möglich ist (WC versetzen im Bestand i.d.R. nicht möglich). Die Bedeutung räumlicher Interaktion bzw. rauminteragierenden Mobiliars wurde bereits erläutert. Der Begriff der Funktionsintegration bezeichnet in der Konstruktionslehre das Ziel, mit möglichst wenigen Bauteilen möglichst viele Funktionen abzudecken. (Vgl. Academic, o. J.). Somit galt es Einzelfunktionen des Bades (auch zur Platzersparnis) zu bündeln, sowie physische Assistenzen, wie bspw. Haltegriffe, in das Gesamtkonzept zu integrieren. Herstellung bzw. Erhöhung von Barrierefreiheit setzt einerseits deren Definition und andererseits deren Messbarkeit voraus. Als Vorläufer des Begriffs „barrierefrei“, gelten die Begriffe „behindertengerecht“ und „behindertenfreundlich“ (Vgl. Bundesfachstelle Barrierefreiheit, o. J.). Eine Definition von Barrierefreiheit, bedingt somit stets auch eine Definition von Behinderung. Diese lässt sich als Wechselspiel aus Mensch und einstellungsbezogenen bzw. baulichen Barrieren beschreiben, welches Waldschmidt in der Konsequenz als spezifische „Problematisierung körperlicher Differenz“ bezeichnet. (Vgl. Waldschmidt, 2005, S. 24). Die Entstehung von Behinderung, bzw. deren Ausmaß (Messbarkeit) nach Waldschmidt, hängt maßgeblich davon ab, inwiefern körperliche Differenz durch Barriere einerseits sichtbar und andererseits zur physischen Problemstellung wird. Möchte man Barrierefreiheit messen, gilt es somit, das Ausmaß besagter „Problematisierung körperlicher Differenz“ zu erfassen und zu quantifizieren. Innerhalb des Projekts kam diesbezüglich ein Mixed-Methods-Ansatz zur Anwendung, siehe nachstehendes Kapitel Methodik

1.6. Methodik

1.6.1. Recherche

Der allgemein üblichen Vorgehensweise entsprechend, erfolgte zunächst eine Literaturrecherche. Zur Verifizierung der Hypothese, dass Bäder faktisch größer werden, das „zu kleine Bad“ vorwiegend ein Problem der Vergangenheit (des Bestands) darstellt und eine typische, verlässlich wiederkehrende Badtypologie nicht existiert, wurden typologische Badgrundrisse aus Neuferts Bauentwurfslehre in den Ausgaben 1970, 1982, 1992 analysiert und der Ausgabe von 2018 gegenüber gestellt. (Vgl. Neufert, 1970, 1982; Neufert & Neufert, 1992; Neufert & Kister, 2018). Ergänzend wurden wie erwähnt entsprechende Studien, bspw. der Vereinigung der Deutschen Sanitärwirtschaft gesichtet. (Vgl. VDS, 2017b). Parallel erfolgten Recherche und Auswertung thematisch verwandter Forschungsprojekte, im Sinne aufbauender Forschung, sowie eine Analyse des aktuellen Marktangebots, hinsichtlich barrierefreier Ertüchtigung von Bestandsbädern.

1.6.2. Konzeptentwicklung

Aufbauend auf Recherche und Ableitung von Entwurfskriterien, erfolgte eine erste Konzeptentwicklung im Rahmen von Skizzen und Modellen. Es entstanden zunächst zwei Varianten eines Raum-In-Raum Systems, basierend auf horizontaler als auch vertikaler Verschiebbarkeit, siehe Abbildungen. Man entschied sich zur Weiterverfolgung eines, auf horizontaler Verschiebbarkeit des Waschtischs basierenden, Konzepts innerhalb dessen folgende marktübliche Produkte im Sinne eines funktionsintegralen Entwurfsansatz berücksichtigt wurden: Duschklapsitz, barrierefreier Waschtisch, sowie Boden-Deckenstangen und Haltegriffe als physische Assistenzen. Insbesondere Waschtisch und Dusche wurden unter dem funktionsintegrativen Aspekt physischer Assistenz zunächst mittels einfacher Brettsperrholzkonstruktionen und unter Einbezug von PhysiotherapeutInnen und GesundheitswissenschaftlerInnen untersucht (Mock-up-Studien). Zunächst wurde das System ohne integriertes WC für den Bestand untersucht, welches zu einem späteren Zeitpunkt vor dem Hintergrund des Neubaus hinzukam (siehe Forschungsfrage). Dabei lag der Untersuchungsschwerpunkt auf den Aspekten Setzen und Aufrichten an WC und Duschklapsitz als entscheidende physische Assistenzen. Aus methodischer Sicht stellten die Untersuchungen eine einfache, explorative Testphase unter aktivem Einbezug des Forschenden dar, die mittels Audiomitschnitt aufgezeichnet wurde. Auf eine qualitative Auswertung der gewonnenen Daten (Transkription, Auswertung) wurde in diesem Fall aufgrund der Eindeutigkeit der getroffenen Aussagen (kein Interpretationsspielraum) verzichtet; die Ergebnisse im Nachgang zur rückblickenden Nachvollziehbarkeit stichpunktartig protokolliert.

1.6.3. Fragebogenerhebung

Ein Fachkongress der Technischen Hochschule Rosenheim zum Thema „Selbstbestimmtes Leben im Alter“ (Vgl. Technische Hochschule Rosenheim, 2023) bot die Möglichkeit, den Prototypen einer großen Anzahl an ExpertInnen vorzustellen und zielführendes Feedback mittels Fragebogenerhebung einzuholen. Im Vorfeld wurde ein zunächst rein quantitativ gehaltener Fragenbogen, orientiert am Leitfaden des Bibliotheksportals (vgl. Bibliotheksportal, 2016), konzipiert und einem Pretest mit Studierenden unterzogen. Auf Grundlage des Pretest sowie Feedback der Studierenden, wurde der bis dato quantitative Fragebogen um qualitative Elemente ergänzt. Das auf diese Weise optimierte Erhebungsinstrument kam auf besagtem Fachkongress zur Anwendung. Die Auswertung erfolgte im Rahmen einer Triangulation aus quantitativer und qualitativer Methodik: Quantitativ mittels Excel-Codierung und Überführung des gewonnenen Datenmaterials (Tabellencode-Maske) in tabellarische Darstellungen; qualitativ mittels Transkription der Freitextfelder, Übertrag in MaxQDA und kategorienbasierter Auswertung nach Kuckartz (vgl. Kuckartz, 2018). Qualitativ erhobene Daten wurden zudem durch einfache Abbildung von Häufigkeitsverteilungen (Auszählen), quantitativ abgebildet.

1.6.4. Beobachtungsstudien

Der auf Grundlage vorbeschriebener Erhebungen entwickelte Prototyp, wurde im Anschluss einer ersten Testphase unterzogen. Im Rahmen offener, teilstrukturierter Beobachtungen, sowie unter Anwendung der Think-Aloud Methode, hier in der „Concurrent Think-Aloud-Variante“ (Vgl. Kochinka, 2010) (Testende verbalisieren unmittelbar während des Tests Ihre Gedanken), erfolgten Selbsttests der Forschenden mittels Alters-Simulationsanzug. Konkret handelte es sich dabei um teilnehmende, leitfadengestützte Beobachtungsstudien geskripteter Testszenarien im Laborkontext, unter vollständiger Teilnahme des Forschenden. (Vgl. Gold, 1958). Der Fokus lag naheliegend auf der Interaktion zwischen Testenden und Prototypen als „nicht menschlichem Akteur“, anschaulich beschrieben von Latour (vgl. Latour, 2015). Die Testreihe wurde mittels Video- und Audioaufnahmen protokolliert und im Nachgang in Beobachtungsprotokolle, zur fortlaufenden Optimierung des Prototypen, überführt. Insgesamt wurden zwei Beobachtungsstudien

durchgeführt. Zunächst galt es den funktionalen Optimierungsbedarf des Prototypen zu ermitteln (1. Studie) um aufbauend die Sinnhaftigkeit der vorgenommenen Modifikationen zu verifizieren (2. Studie)

1.7. Recherche

1.7.1. Lehrbuchgrundrisse

“Der Miet- und Eigentumsbestand in Bayern basiert größtenteils auf Lehrbuchgrundrissen der 70er- 90er Jahre, welche dem demographischen Wandel, der zunehmenden Anzahl von Pflegebedürftigen und den daraus resultierenden veränderten Raum- und Wohnbedürfnissen nicht mehr gerecht werden“ (Auszug aus dem Forschungsantrag, DeinHaus4.0)

Lehrbuchplanung ist Neufert Planung! Dessen „Lehrbuchgrundrisse“ sollten daher mit Fokus auf das Kapitel Bad, anhand der Ausgaben von 1970, 1982 und 1992 einer genaueren Betrachtung unterzogen werden. Bezüglich der Entwicklung von Raumgrößen, erfolgte schließlich der Abgleich mit der Ausgabe von 2019 (vgl. Neufert, 1970, 1982; Neufert & Neufert, 1992; Neufert & Kister, 2018).

Die nachstehenden Ausführungen beschreiben die Entwicklung der Badeinrichtung, der Grundrisstypologien, besagter Raumgrößen, sowie deren Relation zu den heutigen Anforderungen barrierefreien Bauens. Die Kapitel wurden gesichtet, interpretiert und beschrieben. Die Entwicklung der Raumgrößen wurde anhand der vermaßten Mustergrundrisse und derer gemittelter Durchschnittsquadrometerzahl tabellarisch abgebildet. Aufgrund des in der Forschungsfrage enthaltenen Aspekts der Funktionsintegration (siehe: Forschungsfrage), sowie des übergeordneten Themas Mobiliar erschien es zunächst naheliegend, den Aspekt der Badeinrichtung zu untersuchen. 1970 wurde das Bad mit den auch heute üblichen Sanitärgegenständen wie WC, Waschbecken, Dusche und Wanne ausgestattet. Ausführungsarten, Abmessungen und Anordnung jedoch variierten in den verschiedenen Ausgaben erheblich, bis das Kapitel Badeinrichtung ab 2019 schließlich nicht mehr vorkam. Badewanne: In der frühen Ausgabe (1970) fand sich eine große Anzahl verschiedenster freistehender, teils exotisch anmutender Wannentypen. Interessant bezüglich der Thematik Barrierefreiheit: Insbesondere für ältere Menschen wurde noch 1982 die „Spar- bzw. Winkelwanne“ angepriesen, eine dreieckige Eckbadewanne mit 40 cm Bau- und somit auch Einstiegshöhe! In der Ausgabe von 1992 fand sich schließlich nur noch der Typus der Einbaubadewanne. Tatsächlich dürfte sich diese bereits im Laufe der 1970er Jahre zum Standard entwickelt haben, wie zeitgenössische Fotos belegen. Heute gilt die Entfernung dieses Wannentypus bzw. dessen Ersatz durch bodengleiche Duschen als gängige Sanierungsmaßnahme des altersgerechten Umbaus, der hinzukommend durch die Pflegekassen bezuschusst wird (vgl. Verbund Pflegehilfe, o. J.).

Das heute marktübliche und später beschriebene „Wanne raus, Dusche rein“-Prinzip, stellte den entscheidenden Ausgangspunkt des entstandenen Raum-In-Raum-Systems dar. Waschbecken: Analog zur Wanne fand sich auch hier in der Ausgabe von 1970 eine große variantenreiche Anzahl verschiedener, frei an der Wand montierter Typen. In der Ausgabe von 1982 bereits, hielten in Schrankkombinationen integrierte bzw. durch Ablagen miteinander verbundene Waschtische Einzug. Kompakte, funktionsintegrale Ansätze wie Kombination aus Ober- / Unterschränken, Waschtisch und Ablage sind vorrangig. Dusche: In den Ausgaben 1970 und 1982 waren die heute wegen ihrer Einstiegshöhe negativ assoziierten Duschwannen vorherrschend. 1982 wurde bereits eine sogenannte „flache Einbaubrausewanne“ thematisiert, ein Vorläufer der heute gängigen, bodengleichen Dusche. 1992 wurde die Dusche unter der Rubrik „Bäder-Einrichtungen“ (merkwürdigerweise) nicht mehr erwähnt. 2019 wiederum stellte diese erneut einen klaren Bestandteil der Badeinrichtung dar.

Toiletten und Bidets: Abgesehen von der sukzessiven Entwicklung des WC vom Stand zum Hänge-WC, vom Flach- zum Tiefspüler sowie der Entwicklung von Spülkasten-Unterputzsystemen sind zum WC keine weiteren

Ausführungen erforderlich. Das Bidet blieb zwischen den Ausgaben 1970 und 1992 fester Bestandteil der Badeinrichtung und war in der Ausgabe von 2019 kaum noch existent. Grundrisstypen: Badgrundrisse der verschiedenen Ausgaben orientieren sich zwangsläufig am vorgesehenen bzw. verbauten Mobiliar. Während sich in den Ausgaben von 1970 und 1982 noch drei verschiedene Einbau-Wannentypen verschiedener Abmessungen fanden, reduzierte sich deren Anzahl 1992 und 2019 auf einen einzelnen standardisierten Typus. Die heute gängige „Neufert-Wanne“ misst 1,70 x 0,75 m, oftmals einhergehend mit einer entsprechenden Kantenlänge des Raumes. In den Grundrissen der 1992er Ausgabe hielt das Urinal im privaten Wohnraum Einzug, verbunden mit zwangsläufiger Zunahme der Raumgrößen. In den Ausgaben vor 1992 galten zudem Bäder mit schlauchartiger Geometrie als legitimes Mittel der Grundrissgestaltung. Unter dem Aspekt der DIN 18040-2 betrachtet, verheerend. Es fanden sich in diesen frühen Ausgaben allerdings auch interessante raumsparende Ansätze. So scheute man sich bspw. nicht, Dusche und Waschbecken auf einer gemeinsamen Grundfläche zu organisieren, siehe Abbildung. Eine maßgebliche Inspiration für das später entstandene Konzept, siehe Folgeausführungen! Ebenso galten bodengleiche Duschen als selbstverständlich zu nutzende Bewegungsfläche. Dies jedoch in weit radikalerer Form als heute üblich: So erfolgte der Raumzugang in einigen Grundrissbeispielen tatsächlich über die Dusche! Ebenso wurden Duschen wie selbstverständlich als „Durchgangsraum“ zwischen Schlafräumen genutzt (siehe Abbildung). Auf diese Weise lassen sich Grundrisse mit WC, Dusche und Waschbecken (sog. Brausebäder) auf 1,80 qm organisieren. Raumeinsparung durch bodengleiche Dusche war somit bereits in den siebziger Jahren ein bewährtes Prinzip, allerdings nicht vor dem Hintergrund der Barrierefreiheit (Schwellenvermeidung) sondern der Platzersparnis. Ebenfalls interessant erscheint das Prinzip des Waschbeckens als simple Klappvorrichtung über der Badewanne (bei Nutzung einer einzelnen, gemeinsamen Armatur), siehe Abbildung. Auch dies eine maßgebliche Inspiration des später entstandenen Konzepts, neu interpretiert auch in heutigen Kinderwaschbecken.

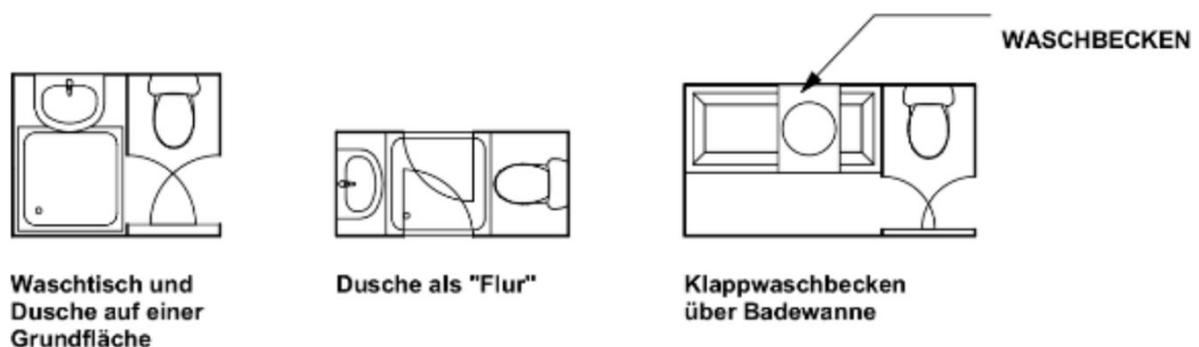


Abbildung 10: Inspirationen des späteren Konzepts, Beispielgrundrisse, Neufert

Quelle: In Anlehnung an Neufert, 1970, S. 56

Raumgrößen: Neufert unterscheidet in allen genannten Ausgaben bezüglich der Raumtypen zwischen WC (WC und Waschbecken) Brausebad (WC, Waschbecken, Dusche) und Bad (WC, Waschbecken, Dusche, Wanne u.w.). Die generelle Zunahme der Raumgrößen ist nicht nur aufgestiegene Anforderungen der NutzerInnen (Komfort), bzw. ein anderes Planungsverständnis zurückzuführen. Auch das Hinzukommen stetig neuer Ausstattungsgegenstände spielt eine entscheidende Rolle. In den Ausgaben 1970/82 waren bspw. Urinale nicht vorgesehen, ab 1992 war dies sehr wohl der Fall. Während in den Ausgaben 1970/82 noch wahlweise Dusche

oder Wanne vorgesehen waren, wurden Grundrisse in der Folge häufig mit beidem, d. h. sowohl mit Dusche als auch mit Wanne, bestückt. In der aktuellen Version von 2019 ist zusätzlicher Platz für Waschmaschine und Trockner vorzusehen. Für die vorliegende Recherche wurden die Durchschnittsgrößen der beschriebenen drei Typen WC, Brausebad und Bad ermittelt und in Relation zum Mindestplatzbedarf eines barrierefreien Umbaus gesetzt.

Baujahr	WC	Brausebad	Bad
1970/82	1,40 qm	2,51 qm	3,58 qm
1992	1,72 qm	3,32 qm	4,32 qm
2019	1,89 qm	4,08 qm	5,93 qm
Steigerung qm	35 %	62 %	65 %

Tabelle 1: Entwicklung der Raumgrößen für Bad und WC (1970-2019)

Der erwähnte durchschnittliche Mindestplatzbedarf zur Schaffung eines „pflegegerechten“ Bades, wurde 2020 in einer Bachelorarbeit herausgearbeitet: Demnach sind im Fall Brausebad 5,91 m², im Fall des Bades 7,87 m² erforderlich (Schipp, 2020, S. 45). Aus naheliegenden Gründen ist für das Projekt vor allem das Brausebad relevant. Nachstehender Größenvergleich verdeutlicht den Status der baulichen Situation. Anzumerken an dieser Stelle: Die Durchschnittsgrößen der Ausgabe von 2019 gelten explizit als Mindestmaß; Neufert empfiehlt grundsätzlich die Anwendung der DIN 18040-2 (vgl. Deutsches Institut für Normung, 2023).

Vergleich Durchschnittsgröße Brausebäder - Mindestanforderungen barrierefreien Umbaus (5,91 qm)

Ausgabe 1970/82: 2,51 m²: In Relation zu den Mindestanforderungen: 136% zu klein.

Ausgabe 1992: 3,32 m²: In Relation zu den Mindestanforderungen: 77 % zu klein.

Ausgabe 2019: 4,08 m²: In Relation zu den Mindestanforderungen: 44 % zu klein.

1.8. Referenzierung

1.8.1. Wanne raus, Dusche rein

Den heutigen Standard in der vorwiegend räumlichen Ertüchtigung von Bestandsbädern stellt der Ersatz der Einbauwanne durch eine bodengleiche Dusche dar, sofern diese aufgrund der Fußbodenaufbauhöhe zu realisieren ist. Fällt diese (Bodenaufbauhöhe) zu gering aus, wird zwangsläufig die Entstehung einer sogenannten „Restschwelle“ in Kauf genommen (vgl. Stefanie Hutschenreuter, o. J.). Hauptgrund des Verbaus stellt die Tatsache dar, dass Wannen für ältere Menschen sukzessive schwerer zu betreten (hoher Rand), damit schwerer zu nutzen und tendenziell gefährlich sind (Sturzgefahr). Die Vorteile bezüglich einer Befahrbarkeit mittels Rollator oder Rollstuhl liegen auf der Hand.

Hinzukommend geht es abhängig von der Ausführungsvariante darum, durch Entfall der Wanne das Platzangebot zu erhöhen und zeitgleich Bewegungsflächen zu realisieren (vgl. Nullbarriere.de, Barrierefrei Planen, Bauen,

Wohnen, 2023). Bodengleiche Duschen werden in der Regel als offene als auch geschlossene Systeme angeboten: Offene Systeme in Form von überfließbaren, planebenen Duschboards bzw. extraflachen Duschtassen, teils mit einseitiger Glastrennwand; geschlossene Systeme in identischer Bauweise, jedoch als allseitig geschlossene Duschkabinen, in der Regel mit Schiebe- oder Schwenktüren versehen. Während bei geschlossenen Systemen ein offensichtliches Raum-In-Raum-System entsteht, verfolgen offene System die Strategie des „Unsichtbar-Machens“ der Dusche.



Abbildung 11: Ersatz Einbauwanne durch "bodengleiche" Dusche

Quelle: <http://www.benosan.at/wanne-raus-dusche-rein/>

1.8.2. Boden-Decken-Stangen

Bezüglich der funktionalen, nicht räumlichen Ertüchtigung von Bestandsbädern im Sinne physischer Assistenzen (Griffe, Haltestangen), existieren auf dem Markt sogenannte Boden-Deckenstangen verschiedener Varianten und Ausführungsqualitäten. Diese lassen sich werkzeugfrei und flexibel, ähnlich Baustützen (Sprieße), im Raum positionieren und mit diversen Haltegriffen, Stehhilfen etc. bespielen (siehe Folgeseite). Deren Sinnhaftigkeit auch hinsichtlich einer individuellen Ertüchtigung des Baderaums wurde unter anderem in Gesprächen mit ExpertInnen bestätigt. Boden-Deckenstangen kommen zum einen aufgrund ihrer freien Positionierbarkeit zum Einsatz, die ein kraftschlüssiges Vorsehen bspw. von Haltegriffen vor dem WC ermöglichen (frontales Ziehen zum Aufstehen). Zum anderen ermöglichen sie physische Assistenzen in Bereichen nicht tragfähiger Bausubstanz, die der sonst gängigen Dübel-Montage entgegenstehen. Hintergrund stellt die im Bestand übliche Ausführung von Vorsatzschalen in Gipskartonbauweise dar, die ein Montieren bspw. von Stütz-Klapp-Griffen verunmöglichen. Innerhalb des Konzepts lassen sich Haltegriffe frei und bausubstanz-unabhängig positionieren.

1.8.3. Barrierefreie Waschtische

Wie mehrfach erwähnt, ist gemäß DIN 18040-2 zwischen Barrierefrei und Barrierefrei R-Standard (Rollstuhl) zu differenzieren (vgl. Deutsches Institut für Normung, 2019). Bereits im einfachen Barrierefrei-Standard, ist eine Nutzung des Waschtischs in sitzender Position, mit entsprechender Beinfreiheit bzw. Unterfahrbarkeit zu bedenken. Hintergrund: Alltägliche Verrichtungen (Zahnpflege, Rasur etc.) erfolgen häufig auf dem Rollator sitzend und stellen daher einen festen Bestandteil der Evaluation des Prototypen dar. Selbstredend ist besagte Unterfahrbarkeit im Falle der Rollstuhlnutzung (R-Standard) erst recht erforderlich und gemäß DIN auch

zwingend vorgesehen (vgl. Deutsches Institut für Normung, 2019). Handelsübliche Waschtische ermöglichen diese vorwiegend durch flachgehaltene Bauweisen (geringe Tiefe) in Kombination mit sogenannten Raumsparsyphons, die eine entsprechende Beinfreiheit gewährleisten.

Aufgrund abweichender Höhenverhältnisse zwischen R- und Nicht-R-Standard (OK-Waschtisch, OK-FFB) sowie unterschiedlicher Körpergrößen der NutzerInnen empfiehlt sich eine generelle Höhenverstellbarkeit des Waschtischs, die seitens Markt wahlweise manuell (fix, mechanisch) oder elektrisch (stufenlos verfahrbar) angeboten wird. Analog zu anderen Sanitärgegenständen, sind auch vor dem Waschtisch gemäß DIN die entsprechenden Bewegungsflächen vorzusehen bzw. durch rauminteragierende Maßnahmen zu ermöglichen. Hinzukommend sollte dieser zum Heranziehen aus sitzender Position im Rollstuhl/ am Rollator bzw. zum sich Einhalten in stehender Position mit entsprechenden physischen Assistenzen versehen sein (keine DIN-Forderung). Diesbezüglich existieren auf dem Markt funktionsintegrale Lösungen, die bspw. horizontale Aussparungen sowohl zum Heranziehen und Einhalten als auch zur Aufnahme von Handtüchern vorsehen. Unmittelbar am Waschtisch sind gemäß DIN 18040-2 Ablageflächen zur umstandslosen Nutzung in sitzender Position zu berücksichtigen (Erreichbarkeit, sitzende Position).



Abbildung 12: Boden-Deckenstangen und barrierefreier Waschtisch

Quellen: <https://www.sanitaetshaus-24.de/badehilfen-und-toilettenhilfen/haltegriffe/hepro-haltestange-gripo-detail.html>;

<https://www.obadis.com/de/hewi-mineralguss-waschtisch-950-19-071dx-65x58cm-mit-haltegriff-65cm-2-haken-weiss-weiss-tiefmatt.html?src=billiger&soluteclid=b086720b16b54ac9a00707c06d17cded>

1.8.4. Duschsitze, -Hocker und -Stühle

Ein im Bedarfsfall nachrüstbarer Duschsitz in Verbindung mit Stützklappgriffen, stellt ein Kernanliegen der DIN im sogenannten R-Standard dar. Hintergrund ist die zwingende Notwendigkeit des Duschens in sitzender Position, für Rollstuhlfahrende. Obgleich in vielerlei Hinsicht nicht unproblematisch (siehe Bewertung), erfreuen sich Duschklapsitze auch bei Nicht-Eingeschränkten Menschen großer Beliebtheit, wie Bieling bezugnehmend auf ein historisches Beispiel von Ami Hamraie aus den 1950er Jahren schreibt (vgl. Bieling, 2019, S. 46). Demnach wurden die an einer amerikanischen Universität für Rollstuhlfahrende, verbauten Sitze, zu einem Großteil von Nicht-Eingeschränkten Menschen genutzt, was sich durch deren unerwartet hohen Wartungsbedarf bemerkbar machte (vgl. Hamraie, 2015). Besagte Beliebtheit der Duschklapsitze über verschiedene Zielgruppen hinweg, bestätigte sich auch innerhalb des Projekts. Marktseitig finden sich diverse Varianten von Duschsitzen, sowohl in

nachrüstbaren (Wandmontage), als auch einhängbaren Varianten (horizontaler Griffstange). Darüber hinaus existiert ein breites Angebot von Duschhockern und -Stühlen, als Alternative im Sinne mobilen Mobiliars.



Abbildung 13: Varianten von Duschsitzen

Quelle: <https://www.pflegehilfe.org/duschklapsitze>

1.8.5. “Lisa Habitec” TU München

Wie eingangs erwähnt fanden innerhalb der Recherchephase die Forschungsprojekte „LISA“ (2010-2012) und „LISA-HABITEC“ (2014- 2016) der TU München, durchgeführt am Lehrstuhl für Baurealisierung und Baurobotik, besondere Beachtung (vgl. Linner, Guettler, Bock & Georgoulas, 2015). Im Rahmen besagter Projekte entstanden verschiedene Möblierungskonzepte (Raum-In-Raum Systeme), mit integrierten, vorwiegend physischen Assistenzfunktionen für Bestand und Neubau. Forschungsgegenstand als auch Methodik, sowie damit einhergehende Potentiale aufbauender Forschung, begründen die hohe Relevanz der LISA-Projekte für das Teilprojekt-05 „Integrativer Raum“, die sich in zwei Phasen gliederten: Projekt LISA (2010-2012) mit Entwicklung eines Garderoben-Prototypen (Life Center); Folgeprojekt LISA-habitec (2014-2016) mit der Entwicklung weiterer Prototypen für Bad, Wohn- und Schlafzimmer, sowie Einrichtung und externe Evaluation einer Modellwohnung.

1.8.6. Patentrecherche Klappwaschbecken

Im Laufe der Bearbeitungszeit wurde eine umfassende Patentrecherche zum Thema „Klappwaschbecken“ durchgeführt, um Möglichkeiten zur weiteren Verbesserung der Platzersparnis des Prototypen zu identifizieren. Die Auswertung von insgesamt acht relevanten Patenten bildete die Grundlage dieser Analyse. Ziel war es, bestehende technische Lösungen zu verstehen und Anregungen für die Entwicklung eines innovativen Prototypen zu gewinnen, um diesen in das Horizontalsystem zu integrieren. Die Recherche begann mit dem systematischen Durchsehen der Patente, um die verschiedenen Ansätze zur Konstruktion von Klappwaschbecken zu identifizieren und deren Funktionsweisen zu analysieren. Es zeigte sich, dass die meisten Patente auf ähnlichen Mechanismen basieren, jedoch Unterschiede in der Anbringung sowie den verwendeten Materialien aufweisen. Die evaluierten Patente reichten von einfachen Klappmechanismen bis hin zu komplexeren Systemen. Ein bedeutendes Ergebnis der Analyse war die Erkenntnis, dass die Umsetzung der innovativen Ansätze, die in den Patenten vorgeschlagen werden, technisch überaus aufwendig ist. Insbesondere wurde ein generelles Potenzial für Klappwaschbecken im Kontext des barrierefreien Bauens erkannt. Produkte, die in Bewegungsflächen hineinragen oder weniger Platz beanspruchen, könnten erheblich zur Verbesserung der Zugänglichkeit in Wohn- und Geschäftsräumen beitragen. Beispielsweise ist das klappbare Waschbecken eine interessante Lösung für kleinere Badezimmer oder Räume mit eingeschränkten Platzverhältnissen. Die Möglichkeit, das Waschbecken

bei Bedarf hochzuklappen, eröffnet neue Gestaltungsspielräume, die insbesondere für Menschen mit körperlichen Einschränkungen von Vorteil sind. Die Forschung hat deutlich gemacht, dass in diesem Bereich ein hohes Innovationspotenzial steckt, das es zu nutzen gilt, um eine breitere Akzeptanz und Anwendung im Bauwesen zu fördern. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass trotz der Herausforderungen bei der technischen Umsetzung der Klappwaschbecken erhebliche Chancen bestehen, diese Produkte weiterzuentwickeln und spezifisch auf die Bedürfnisse der barrierefreien Bauweise abzustimmen. Die gewonnenen Erkenntnisse sollten in die weitere Konzeptentwicklung einfließen (Ausblick) um intelligente, platzsparende Lösungen für zukünftige Prototypen zu schaffen. Der erforderliche zusätzliche Forschungsaufwand jedoch, überstieg zunächst die zeitlichen und personellen Kapazitäten des Teilprojekt-05.

1.9. Fazit Recherche

Rückblickend resultierten aus der Analyse historischer Lehrbuchgrundrisse zwei wesentliche Kerngedanken des Raum-in-Raum-Systems: Die Organisation von Dusche und Waschtisch auf einer gemeinsamen Grundfläche, später ergänzt durch WC, sowie einer Überstatt bloßer Verlagerung von Sanitärgegenständen. Mittels Aus- und Bewertung spezifischer Referenzprodukte des Marktes, sowie der „LISA“-Forschungsprojekte, konnten Entwurfskriterien abgeleitet und in Nutzungsanforderungen überführt werden. Ergänzt durch konstruktive Inspirationen sowie Aspekten der Modularität und des Grundrisskontext, galt es in der darauf aufbauenden Konzeption, die gewonnenen Erkenntnisse in ein tragfähiges Konzept zu transferieren

1.10. Konzeptentwicklung

In Bestandsbädern soll auf der Grundfläche der vormaligen Einbaubadewanne ein raumhohes, individuell anpassbares und konfigurierbares Raum-in-Raum-System verbaut werden. Innerhalb des Systems lassen sich durch einen horizontal verschiebbaren Waschtisch alle im Bad erforderlichen Funktionalitäten (Dusche, Waschtisch, WC) auf einer Grundfläche von nur 2,20 qm barrierefrei abbilden. Berechnet man die daraus resultierende Platzersparnis, ergibt im Bestand durch Entfall des vormaligen Waschbeckens eine Flächeneinsparung von 0,80 qm, mit entsprechenden Potentialen für den Neubau. Dies wird ermöglicht durch die Mehrfachnutzung von Bewegungsflächen (vor Waschtisch/ in der Dusche) sowie Überlagerung von Sanitärgegenständen (WC, Waschtisch). Hinzukommend können aktive physische Assistenzen im Bereich WC, Waschtisch und Dusche realisiert werden: Dabei assistiert der verfahrbare Waschtisch (Heranfahren und Ziehen) beim Setzen und Aufrichten an WC und Waschtisch (auf Rollator sitzend) und ermöglicht hinzukommend eine individuell einstellbare Breite der Duschkabine, einhergehend mit erhöhter Seitenstabilisierung beim Betreten sowie aktiven Assistenzen analog WC und Waschtisch. Das Platzangebot des Bestandsbades lässt sich durch den Entfall des vormaligen Waschbeckens sowie Bündelung von Funktionen auf einer Grundfläche maßgeblich erhöhen; im Neubau ließe sich der Raumzuschnitt systemoptimiert und damit (noch) effizienter gestalten, Barrierefreiheit auf ein Minimum an Platzbedarf reduzierend (Wohnungsbau).

Das Gesamtsystem ist mit individuell konfigurierbarer Zusatzausstattung wie Duschklapsitzen, Stauraumelementen und Haltegriffen/-stangen beispielbar, beinhaltet ein integriertes circadianes Beleuchtungskonzept (biologisch wirksames Licht) und lässt sich darüber hinaus mit vielfältigen Oberflächen und Dekoren realisieren. Hinzukommend kann es auf Grundlage bewährter Modulbauweisen seriell und modular hergestellt, konfiguriert, angeliefert und eingebaut werden (hoher Vorfertigungsgrad). Grundsätzlich handelt es sich um einen individuell beplankbaren, selbsttragenden Aluminiumrahmen mit deckenseitig integriertem Schienensystem. Individuelle Problemstellungen vor Ort wie bestehende Installationen und Fenster, lassen sich durch frei gestaltbaren Leitungsverzug (Vorsatzschalenbauweise), sowie wahlweise brüstungs- und raumhohe Bauweisen berücksichtigen. Be- und Entwässerung erfolgen über eine zentrale Armaturbox sowie eine

gemeinsame Entwässerungswanne mit darüber liegendem, zu Reinigungszwecken herausnehmbaren Perforationsboden. Diese (Entwässerungswanne) wird analog zu bestehenden Systemen (Duschboards) auf Grundfläche der vormaligen Wanne verbaut (Rohboden) und individuell (je nach Position Bestandsablauf) angeschlossen. Sofern sinnvoll, wurden bewährte Produkte des Marktes in das Gesamtkonzept integriert: Boden-Deckenstangen erweisen sich insbesondere im Bestand als vorteilhaft (individuelle physische Assistenz, werkzeugfreie Montage etc.). Ein etwaiger Nachteil des fixen Standorts, einer Realisierung von Bewegungsflächen potenziell „im Wege stehend“, wurde durch Integration in die Verfahrbarkeit des Systems ausgeräumt. Hinzukommend wurde innerhalb der Dusche die Brausestange als belastbare physische Assistenz ausgeführt, eine ebenfalls marktgängige Maßnahme. Der seitens DIN 18040-2 geforderte (zielgruppenübergreifend beliebte) Duschklappsitz wurde in den Duschbereich integriert, der Waschtisch barrierefrei und an gängigen Produkten orientiert (Höhe, Unterfahrbarkeit, Ablage) ausgeführt. Die Armaturbox als Kombination aus Zulauf und physischer Assistenz, individuelle Haltegriffe bzw. als solche nutzbaren Geometrien (Armatur-Öffnung) wurden individuell entwickelt, ausgeführt und getestet (siehe Folgeausführungen).

1.10.1. Status-01

Der Grundgedanke des entstandenen Konzepts orientierte sich wie beschrieben an den Wanne-Raus-, Dusche-Rein-Konzepten des Marktes; zeitgleich galt es, ein Raum-in-Raum-System im Sinne einer individuell einbaubaren, am Modulbau orientierten Box mit hohem Vorfertigungsgrad zu entwickeln. Die ursprüngliche Inspiration entstammte dabei der Beobachtung verfahrbarer Regalschränke. Zunächst wurde auf Grundfläche des sonst üblichen „Restraumes“ der Dusche das Waschbecken integriert und horizontal verfahrbar gestaltet. Inspiriert durch die Neufert-Grundrisse wurden Dusche und Waschtisch mit gemeinsam zu nutzender Armatur und gemeinsamem Ablauf auf einer Grundfläche organisiert (Waschbecken entwässert in Duschablauf). Die räumliche Interaktion des Waschtisches ermöglicht darüber hinaus eine platzsparende Mehrfachnutzung der Bewegungsfläche vor Waschtisch bzw. in der Dusche. Aufgrund von DIN-Forderungen sowie zielgruppenübergreifender Nachfrage wurde ein Duschklappsitz gegenüber der Armatur vorgesehen. Mittels Verfahren wird der Duschaum freigegeben, der nach Nutzung nass und damit nicht betretbar wäre. Zu diesem Zweck wurde in der ersten Konzeption ein integrierter „Ziehharmonikaboden“ vorgesehen (stauchbarer Bodenbelag unter Waschtisch), der nach erneutem Verfahren Trockenheit und Betretbarkeit gewährleistet. Das Raum-in-Raum-System stellt zu diesem Zeitpunkt eine einseitig offene Box aus Boden und Decke sowie drei raumhohen Vorsatzschalen dar (Raumbildung).

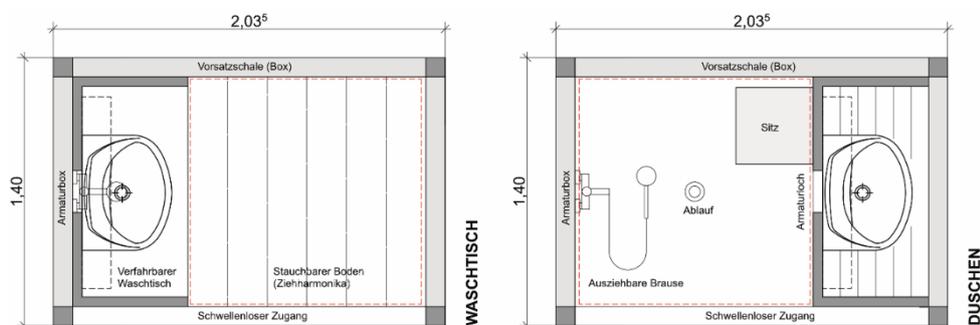


Abbildung 14: Grundrissdarstellung, Konzeptstatus-01

1.10.2. Status-02

In der zweiten Variante wurden zunächst links- und rechtsseitige VSG-Verglasungen als Spritzschutz vorgesehen, der vormalig integrierte, „Ziehharmonika-Boden“ durch eine zentrale Entwässerungswanne (Waschbecken entwässert in Duschablauf), mit darüber liegendem, perforiertem und reversiblen Bodenbelag (Reinigung) ersetzt. Beim Verfahren des Waschtischs sorgt eine unterseitige Gummilippe (ähnlich absenkbarer Türdichtung), für ein zusätzliches Abziehen des durch die Perforation ohnehin kaum nass werdenden Bodenbelags. Wie bereits in der ersten Variante stellt das Waschtischmodul eine seitlich geschlossene, horizontal verfahrbare Box mit rückwärtig montiertem Duschklapsitz dar (Organisation Dusche/ Waschtisch auf einer Grundfläche, Spiegeln von Bewegungsfläche). Im Deckenbereich finden sich nun die bereits erwähnten LED-Paneele, inklusive circadianer Farbtemperatursteuerung. Das Konzept wurde zu diesem Zeitpunkt in konkrete CAD-Zeichnungen. Angedacht (obgleich im Plan nicht sichtbar) und diskutiert wurde eine „Verengung“ des Duschraums durch verschiedene Einstellungsbreiten. Das Raum-in-Raum- System stellt zu diesem Zeitpunkt eine zweiseitig offene Box aus Boden und Decke sowie zweier mobiler Raumtrennungen (Verglasung) und zwei raumhohen Vorsatzzschalen dar (Raumbildung).

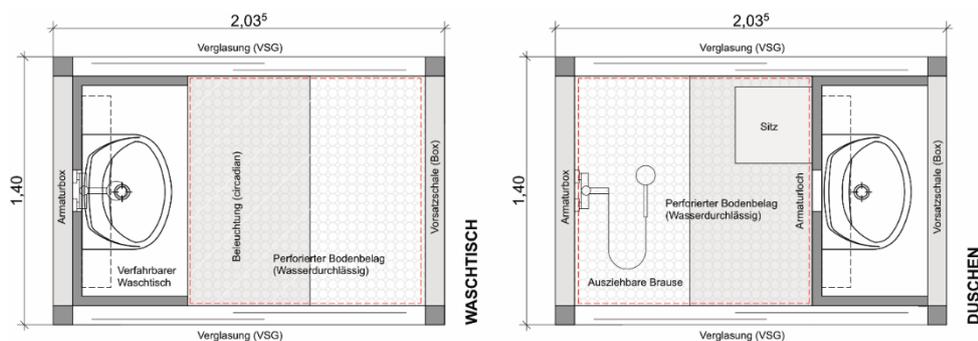


Abbildung 15: Grundrissdarstellung, Konzeptstatus-02

1.10.3. Status-03

In der dritten Variante wurden die vormaligen VSG-Verglasungen raumseitig durch einen Duschvorhang und fensterseitig durch brüstungshohe Vorsatzzschalen ersetzt, einen dreiseitig umlaufenden Leitungsverzug ermöglichend. Der Duschklapsitz im Bereich der Dusche wurde lotrecht zur- statt gegenüber der Armatur vorgesehen und entscheidend: Ein zusätzlicher Duschklapsitz gegenüber dem Waschtisch wurde in das Konzept integriert. Hintergrund war der Gedanke an etwaige Nutzungsszenarien, innerhalb derer Personen auf dem Sitz Platz nehmen und durch ein heranfahbares Waschbecken (Elektrifizierung), tägliche Hygienemaßnahmen (Zahnreinigung, Rasur) im Sitzen verrichten können. Ein zunächst ungeklärte Wasserversorgung des Waschtischs wurde dabei in Kauf genommen. Die bisherigen Modifikationen des Konzepts (Wanne, Gummilippe, LED-Paneele), wurden beibehalten. Das Raum-in-Raum-System stellt zu diesem Zeitpunkt eine einseitig offene Box aus Boden und Decke mit einer raumhohen und zwei brüstungshohen Vorsatzzschalen dar (Raumbildung).

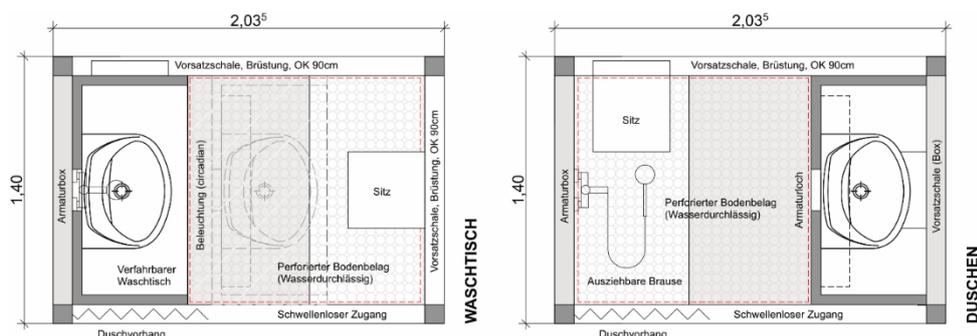


Abbildung 16: Grundrissdarstellung, Konzeptstatus-03

1.10.4. Status-04

Die vierte Variante stellt jene dar, welche im Rahmen der finalen Version des Prototypenbaus Realität wurde. Konzeption und Integration physischer Assistenzen erfolgten wie erwähnt durch Mock-Up-Studien und aktiven Stakeholder-Einbezug (PhysiotherapeutInnen). Die entscheidenden Modifikationen gestalteten sich wie folgt: Im gesamten System wurden sowohl vertikale als auch horizontale physische Assistenzen in Form von Haltestangen, Aussparungen und Griffen integriert. Anstelle des vormaligen zweiten Sitzes gegenüber dem Waschtisch wurde im Rahmen der Prototypenmodifikationen ein WC platziert, eine Idee die im Rahmen intensiver Forschungsarbeit mit ProbandInnen entwickelt wurde. Durch Verschieben des Waschtisches lassen sich nun einerseits Sanitärgegenstände überlagern zeitgleich assistiert der Waschtisch durch Heranfahren (Elektrifizierung) und physische Assistenzen beim Setzen und Wiederaufrichten vom WC. Im Bereich der Dusche dient die Verfahrbarkeit der Kabineneinstellung und damit der individuellen seitlichen Stabilisierung auf dem Duschklapsitz. Der naheliegende Gedanke „Barrierefrei heißt groß, im Sinne von viel Raum“ wurde auf diese Weise kritisch hinterfragt. Sinnvoller erwies sich eine bedarfsorientierte Vergrößerung (Betreten) und Verkleinerung (Stabilisierung) des Raums. Analog zum WC unterstützen physische Assistenzen das Setzen als auch Aufrichten im Bereich des Duschklapsitzes und analog bei der Nutzung des Waschtisches, die häufig auf dem Rollator sitzend erfolgt. Das Raum-in-Raum-System stellt in der finalisierten Version eine einseitig offene Box aus Boden und Decke mit einer raumhohen und zwei brüstungshohen Vorsatzschalen dar (Raumbildung). Der beschriebene Status-04 des Konzepts wurde in eine Werkplanung zum Prototypenbau transferiert. Mit Verbau des WC erfolgte der konzeptionelle Schritt in Richtung Neubau, da von dessen Versetzbarkeit im Bestand nur bedingt ausgegangen werden kann (Fallrohrsituation, Gefälle).

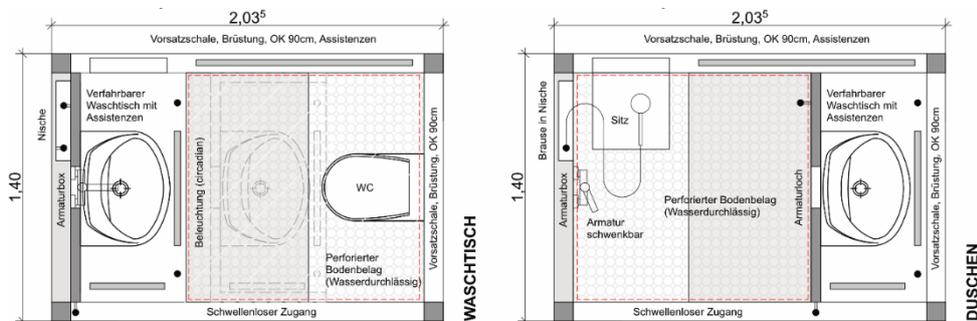


Abbildung 17: Grundrissdarstellung, Konzeptstatus-04

1.10.5. Status-05

Im Ergebnis entstand innerhalb des Forschungscontainers der nachstehend durch Bild und Planmaterial dargestellte Prototyp, zu dessen Bau folgende Materialien und Produkte verwendet wurden: BSH-Holzrahmenkonstruktion, Fichte, Querschnitte 80/80 mm – 220/120 mm, innenseitige Beplankung mit 8,00 mm HPL-Vollkernplatte, Farbe: weiß, anthrazit. Außenseitige Beplankung (Si-Anforderung, Aussteifung die im realen Einbau entfiel, da nicht freistehend): 3-Schichtplatte, Fichte, 22 mm, Duschboard: Vorgefertigtes PU-Schaum-Duschboard mit Punktablauf (individuell konfigurierbar), Aufbauhöhe 60 mm (im Prototyp aus konstruktiven Gründen mit unterseitigem XPS, 50 mm Aufbau), Beleuchtung: LED-Deckenpaneele, 15 mm mit individuell steuerbarer Farbtemperatur (Fernbedienung), Waschbecken: Einbauwaschbecken, 600 x 140 x 480 mm, Duschklapsitze, Kunststoff, 355x370 mm, Vertikale physische Assistenzen und Verschiebestange: Rundstahl, 30mm/ 22mm, Armatur: Badewannen-Unterputzarmatur mit schwenkbarem Wanneneinlauf (verbaut in Armaturbox); in Status-04 verbautes WC: Tiefspül-WC für Wandmontage, weiß. Nachstehende Abbildung zeigt den finalen Grundriss des Prototypen (Konzeptstatus-04).



Abbildung 18: Prototyp in Position Waschtisch und Dusche

PLANMATERIAL

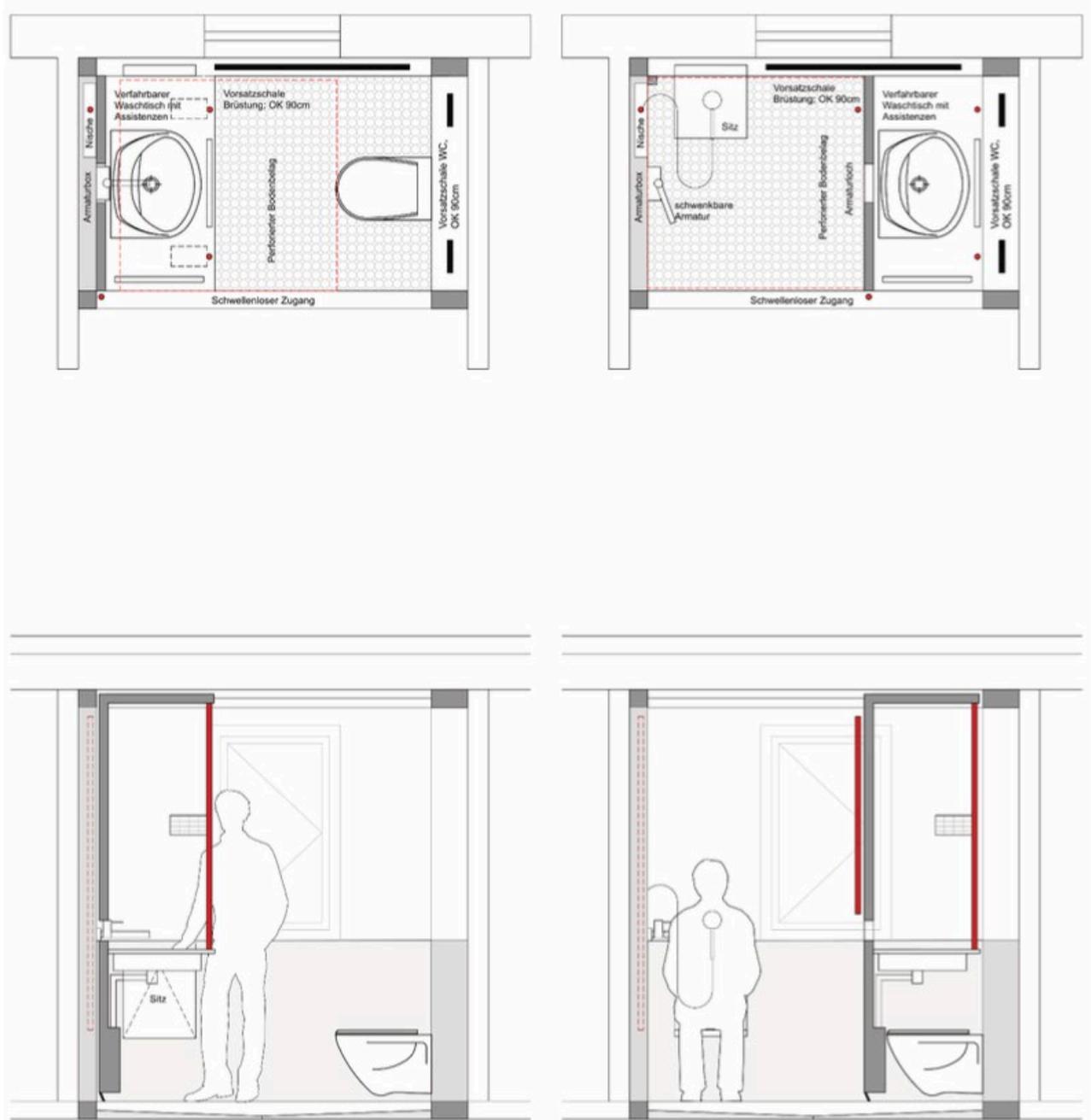


Abbildung 19: Grundriss und Schnitt; Position Waschtisch und Dusche barrierefrei

PLANMATERIAL

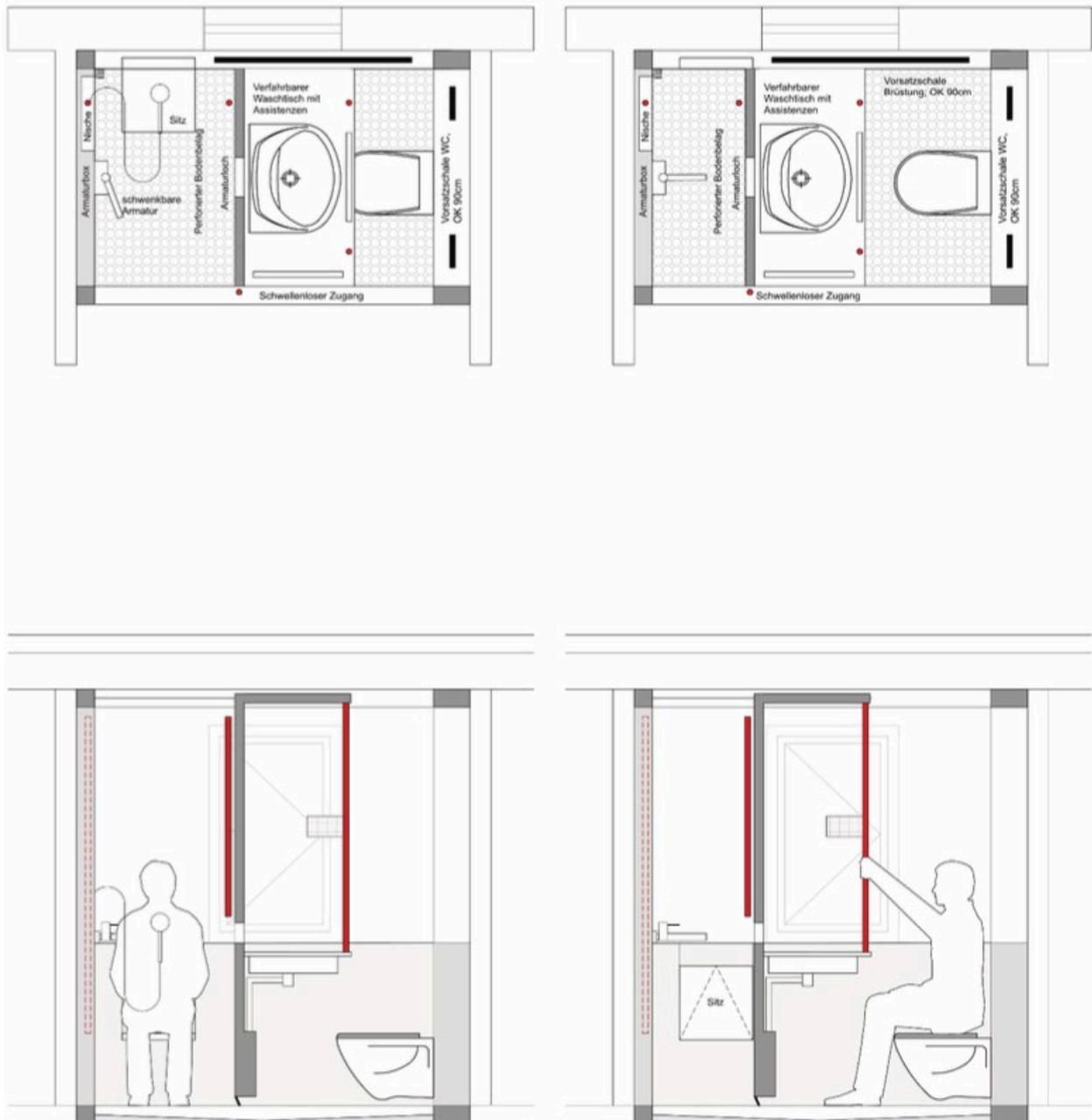


Abbildung 20: Grundriss und Schnitt; Position Dusche verengt und Assistenz WC

SELBSTTESTS



Abbildung 21: Selbsttests im Prototyp (ohne Alterssimulationsanzug)

1.11. Fragebogenerhebungen

1.11.1. Inhalt

Die fortgeführte Evaluation des Konzepts erfolgte durch eine triangulierte quantitativ-qualitativ gehaltene Fragenbogenerhebung (mixed-methods) auf Grundlage des Prototypen. Der zunächst rein quantitativ gehaltene Erhebungsbogen, wurde auf Grundlage der Feedbackgespräche des Pretests (n=19) durch qualitative Elemente ergänzt und zur aufbauenden Befragung von Fachpublikum verwandt (n=60). Der Fokus lag dabei auf dem subjektiven Ersteindruck des Prototypen, auf Grundlage einer Präsentation durch den Forschenden. Modifikation und Fortentwicklung des Konzepts, erfolgten aufbauend durch qualitativ gehaltene Selbsttests im Alterssimulationsanzug (siehe: Beobachtungsstudien). Die Methodik zu Vorgehensweise und Auswertung des quantitativen Parts basierte auf einem Leitfaden des Bibliotheksportals (vgl. Bibliotheksportal, 2016), die des qualitativen erneut auf dem vorgeschriebenen Procedere Kuckartz' (vgl. Kuckartz, 2018). Im Folgenden werden die Bezugnahme zur Forschungsfrage, Forschungsdesign, Fragebogenerstellung und Methodik, Feldzugang und Stichprobe, sowie die konkreten Ergebnisse anhand von Grafiken und kategorienbasiert ausgewerteten Summaries dargestellt.

1.11.2. Bezugnahme Forschungsfrage

Eine Bewertung des Potentials zur Erhöhung der Barrierefreiheit durch das System, ist aufgrund des Erhebungssettings zunächst relativ zu betrachten: Im Rahmen des vorgeschriebenen Pretests (n=19) erhielten alle TeilnehmerInnen die Möglichkeit, die Funktionalitäten des Prototyps aktiv zu testen, nicht jedoch in der darauf aufbauenden Erhebung unter Fachpublikum (n=60). Eine subjektive Bewertung des Gesamteindrucks, als auch der Funktionalitäten des Prototyps, erfolgte somit vorwiegend auf Grundlage der durch den Forschenden gehaltenen Präsentation und nur bedingt auf empirischen Tests. Hinzukommend relativiert der Laborkontext (Forschungscontainer) die Aussagekraft der Erhebungen, bezüglich des Faktors räumlicher Interaktion, der stets ein Zusammenspiel aus konkretem Einbauort und weiteren Sanitärgegenständen (Matrix) bedingt.

1.11.3. Forschungsdesign und Methodik

An die im Folgeabschnitt detailliert beschriebene quantitative Fragebogenerstellung mit qualitativer Optimierung (mixed-methods), schlossen sich die konkreten Erhebungen innerhalb zweier Termine im Forschungscontainer an (Studierende, Fachpublikum Kongress, n=79). In beiden Fällen erfolgte zunächst eine 20-minütige Präsentation und Vorführung des Prototypen mit ausführlichen Informationen zu Entstehungshintergrund und Zielsetzung. Die Möglichkeit eines Selbsttests bestand, wie erwähnt, lediglich im Rahmen des zunächst rein quantitativen Pretests (n=19), wurde jedoch aufgrund beengter Platzverhältnisse von nur wenigen TeilnehmerInnen wahrgenommen. Im Anschluss an Präsentation, Vorführung und (teilweise) Selbsttest fand in beiden Fällen das Ausfüllen der Erhebungsbögen vor Ort statt. Im Rahmen des Pretests (n=19), wurde zudem mündliches Feedback der TeilnehmerInnen hinsichtlich der Verständlichkeit der Fragestellungen sowie des erforderlichen Zeitaufwands zur Bearbeitung eingeholt, welches unmittelbar in die Optimierung einfluss. Im Anschluss erfolgte sowohl die quantitative als auch qualitative Auswertung und Interpretation der Ergebnisse auf Grundlage der Forschungsfrage (siehe Folgekapitel).

1.11.4. Fragebogenerstellung und Datenerhebung

Innerhalb des Erhebungsbogens wurden die folgenden drei Themenkomplexe adressiert: 1) Der Erst- bzw. Gesamteindruck des Prototyps bezüglich Gestaltung (Farbe, Material), potenzieller Zielgruppen (alle Altersgruppen vs. „Seniorenprodukt“) und stigmatisierender Aspekte (Wahrnehmung physische Assistenzen). 2) Die Funktionalitäten des Prototyps bezüglich Verfahrbarkeit, Individualisierungsoptionen (Stangen, Sitze), Sinnhaftigkeit (insbesondere für ältere Menschen), Nutzbarkeit von Einzelelementen (Waschtisch), Stauraum, Beleuchtung und Reinigung sowie 3) denkbare Implementierungen und Nutzungskontexte (privat, öffentlich, Pflegeszenarien). Der Erhebungsbogen bestand aus insgesamt 17 Einzelfragen, deren Formulierung auf Grundlage der Forschungsfrage erfolgte. Es erfolgte wie beschrieben zunächst der Pretest eines vorwiegend quantitativ gehaltenen Fragebogens (Ordinalskala) mit Studierenden (n=19), eine qualitative Einzelfrage („Ich würde den Ersteindruck des Prototyps mit folgenden (weiteren) Adjektiven beschreiben“) beinhaltend. Das Feedback der TeilnehmerInnen (Verständlichkeit, Zeitaufwand etc.) fiel einhellig positiv aus. Einzig der Wunsch die getroffene Wahl des „Kreuzchens“ innerhalb der Ordinalskalen von 1-5 (1: „stimme gar nicht zu“ – 5: „stimme voll und ganz zu“) zu begründen, kam wiederholt zur Sprache. Aufgrund dessen wurden in Vorbereitung der zweiten Erhebung, alle quantitativ gehaltenen Fragen um ein entsprechendes Freitextfeld „Anmerkungen“ ergänzt. Dessen rege Nutzung im Rahmen der zweiten Erhebungsrunde, bestätigte die Richtigkeit der Vorgehensweise. Die qualitative Einzelfrage des Pretests (Adjektivabfrage) verfolge das Ziel, den gewünschten „Charakter“ des Prototyps zu ermitteln. Die Auswertung der Erhebungsbögen erfolgte im Rahmen des erwähnten Mixed-Methods-Triangulationsansatzes. Zunächst zur Auswertung der quantitativ gehaltenen Fragen: Es erfolgte die Nummerierung der 79 Fragebögen sowie der Transfer der 17 Einzelfragen in einen Codeplan. Dabei wurden die 17 Einzelfragen mit sinnhaften Kürzeln (F1, F2 usw.) versehen, ein späteres Auszählen und Abbilden der Häufigkeitsverteilung erleichternd.

Im Anschluss wurde der Codeplan in eine zuvor erstellte Excel-Tabellencodemasken übertragen. Über die Formelfunktion des Programms lassen sich Häufigkeitsverteilungen und Durchschnittswerte abbilden und vergleichsweise umstandslos in grafische Darstellungen wandeln (siehe Abbildungen). Es folgt die textliche Interpretation der Ergebnisse auf Grundlage der Forschungsfrage zur Hypothesenbildung. Die Auswertung der qualitativ gehaltenen Fragen (Freitextfeld Anmerkungen) erfolgte im Rahmen einer inhaltlich strukturierenden, qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (vgl. Kuckartz, 2018). Einzelaussagen wurden zunächst transkribiert, d. h. im Wortlaut in Microsoft Word übertragen und auf Grundlage des zuvor erstellten Codeplans gesammelt. Es folgte die Glättung, sowie deren Import in die Datenanalysesoftware MaxQDA. Der sonst übliche Folgeschritt einer Codierung des Materials, anhand einer vorgeschalteten deduktiven Oberkategorienbildung, entfiel aufgrund des naturgemäß kategorienbasierten Fragebogensettings. Aufgrund begrenzter Antwortmöglichkeiten bzw. geringer Interpretationsspielräume innerhalb der Fragestellungen, entstanden keine induktiven Subkategorien. Es erfolgte die anschließende kategorienbasierte Auswertung im Rahmen der Summaris, die theoretisch eine erneute quantitative Interpretation (Auszählung) nach Bortz zulassen (vgl. Bortz & Döring, 2006). Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass sich die Aussagekraft des qualitativen Parts in engen Grenzen bewegt, da zu erheblichen Anteilen Einzelaussagen (n=1/79) getroffen und gewertet wurden, die eine erneute quantitative Auswertung ad absurdum führen. Der qualitative Part stellt somit eine Ergänzung, jedoch keinen wesentlichen, aussagekräftigen Bestandteil der Erhebung dar (Inspiration, Denkanstöße).

1.11.5. Feldzugang und Stichprobe

Die Rekrutierung von ca. ein Viertel der StudienteilnehmerInnen (n=19), erfolgte über den Studiengang Pflegewissenschaften und Gesundheitsmanagement der TH-Rosenheim. Drei Viertel der TeilnehmerInnen (n=60) wurden unter den Besuchern eines fachbezogenen Kongress der Hochschule rekrutiert (vgl. Technische Hochschule Rosenheim, 2023). Bei allen TeilnehmerInnen konnte somit von einem direkten oder zumindest

indirekten Bezug zur forschungsrelevanten Fragestellungen ausgegangen werden. Neben dem Alter der Befragten, wurden auch deren Berufe erfasst. Die TeilnehmerInnen des Kongress setzten sich demzufolge aus Pflegenden, ArchitektInnen, Heimpersonal (Leitung und Angestellte), ProfessorInnen, WohnberaterInnen sowie Angehörigen des Gesundheits- und Pflegemanagements zusammen. Insgesamt wurden wie erwähnt 79 Personen befragt, der Altersdurchschnitt lag bei 34,88 Jahren. Vor dem Hintergrund der insbesondere für ältere Menschen relevanten Forschungsfrage, wäre ein höherer Altersdurchschnitt wünschenswert gewesen. Dies war aus versicherungstechnischen Gründen, aufgrund des Werkstattsettings (Sturz- und Verletzungsgefahr), nicht möglich. Die rege Teilnahme, sowie das hohe Interesse insbesondere junger Menschen, kann jedoch insofern als positiv gewertet werden, als sich positive Rückschlüsse auf die gelungene Konzeption eines „nicht stigmatisierenden“ und dennoch klar an ältere Menschen adressierten Prototypen ziehen lassen. Der geringe Anteil tatsächlich „alter“ Menschen unter den Befragten, lies sich zudem durch den bereits beschriebenen „Trichtereffekt“ gebündelter Expertise bspw. von teilnehmenden WohnberaterInnen kompensieren.

1.11.6. Ergebnisse

Die Ergebnisse des quantitativen Parts werden anhand von Diagrammen dargestellt, die des qualitativen Parts mittels Wiedergabe der Ergebnisse einer tabellarischen, kategorienbasierten Auswertung. Bezüglich des quantitativen Parts erfolgt an dieser Stelle der Hinweis auf die zugrunde liegende Tabellencodierung auf Grundlage der Erhebungsbögen; für den qualitativen Part auf die transkribierten Einzelaussagen, sowie die zur Auswertung erstellten Summarys-Grids. In Vorbereitung der sich anschließenden Interpretation der Ergebnisse bezüglich der Forschungsfrage, werden jeweils die qualitativen den quantitativen Ergebnisse gegenübergestellt. Die Darstellung erfolgt in der Reihenfolge der Fragen des Erhebungsbogens. Wie erwähnt enthielt der vorwiegend quantitative Erhebungsbogen des Pretest eine qualitative Einzelfrage: „Ich würde den Ersteindruck des Prototypen mit folgenden (weiteren) Adjektiven beschreiben“. Produkte wirken bspw. „sportlich“, „elegant“, futuristisch“. Die mit dem Produkt assoziierten Eigenschaften (Charaktere) können als zentral für dessen (marktwirtschaftlichen) Erfolg- bzw. Misserfolg gewertet werden. Die Ergebnisse vorbeschriebener Fragestellung werden in nachstehender Grafik verdeutlicht. Die statistische Auswertung einer Einzelfrage erschien in diesem Kontext nicht angebracht. Auf den ersten Blick wird deutlich, dass der Prototyp vor allem mit positiven Adjektiven wie „innovativ“ und „platzsparend“ charakterisiert wird. Positiv vor allem auch vor dem Hintergrund einer gänzlich offenen Fragestellung, die negatives Feedback schonungslos offenlegt. Ein „innovatives“ Bad, dürfte in den Augen vieler KonsumentInnen einem „althergebrachten“ vorzuziehen sein.

F1 Gestaltung: „Die Gestaltung (Farben, Material) des Produkts empfinde ich als modern, ansprechend, zeitgemäß.“

Qualitativer Part: Die Gesamterscheinung des Systems wird überwiegend sehr positiv bewertet (super, genial, hell, zeitlos, modern) (n=5/79). Dennoch wird eine Verwendung (auch) alternativer und vor allem kontrastreicherer Materialien angeregt (n=4/79). Vereinzelt wird die Frage nach (zusätzlichem) Stauraum aufgeworfen (n=2/79), eine generelle Implementierung des Systems in Typologien wie Tiny-Häusern als ideal erachtet (n=1/79).



Abbildung 22: Quantitative Auswertung, F1 Gestaltung

Quantitativer Part und Interpretation: Generell ist eine hohe Zustimmung zum positiven Ersteindruck des Prototypen bzgl. Material und Farbgebung zu verzeichnen; die Erhebungsbögen enthalten lediglich eine Negativbewertung. Besagter positiver Ersteindruck wird im qualitativen Part bestätigt. Es erfolgt der (erneute) Hinweis auf zu geringe Kontraste, der bereits in der Pretestphase zur Sprache kam. Fazit: Kontraste erhöhen!

F2 Altersgruppen: „Es handelt sich auf den ersten Blick um ein Produkt, das für alle Altersgruppen attraktiv sein kann.“

Qualitativer Part: Das System wird ganz überwiegend als ideal zur Implementierung in Typologien wie Tiny-Häusern bewertet (n=7/79). Es wird auf eine zwingende Höhenverstellbarkeit der Sanitärgegenstände (Körpergrößen) hingewiesen (n=2/79), die Positionierung von Spiegel und Armatur vereinzelt als unvorteilhaft bewertet (n=2/79). Einzelne Befragte bewerten das System als nicht geeignet für ältere Eingeschränkte (zu kompliziert), Kinder und Übergewichtige sowie als vorwiegend geeignet für Mobilitätseingeschränkte (jeweils: n=1/79).

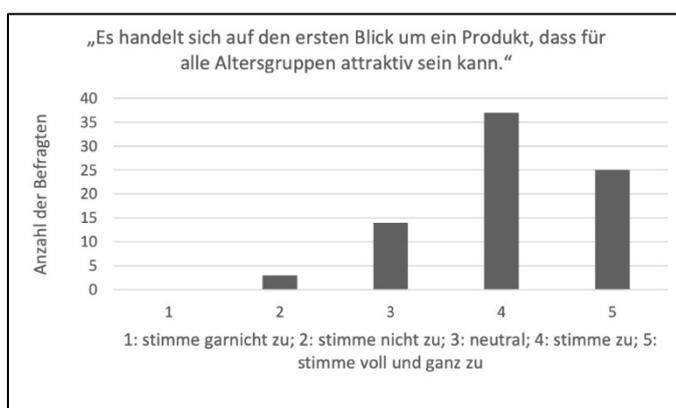


Abbildung 23: Quantitative Auswertung, F2 Altersgruppen

Quantitativer Part und Interpretation: Generell ist eine hohe Zustimmung bzgl. der Frage nach Attraktivität für verschiedene Altersgruppen zu verzeichnen, eine offensichtlich gelungene Dekonstruktion von Behinderung und Vermeidung stigmatisierender Assoziationen widerspiegelnd. Der qualitative Part stützt die genannten Thesen insofern, als er entscheidend den generellen Verbau in Kleinraumtypologien favorisiert, vorwiegend assoziiert mit Zielgruppen jenseits des Behinderungsstigmas.

F3 Seniorenprodukt: „Es handelt sich auf den ersten Blick um ein Produkt für ältere Menschen, ein ‘Seniorenprodukt’.“

Qualitativer Part: Der Prototyp wird als ideal zur Implementierung in Kleinraumtypologien bewertet (n=3/79), ein zielgruppenübergreifendes Potential (alt/jung) bestätigt (n= 3/79). Haltegriffe und Duschklapsitze wecken teilweise Assoziationen zu Alter und Hilfebedürftigkeit (n=2/79).

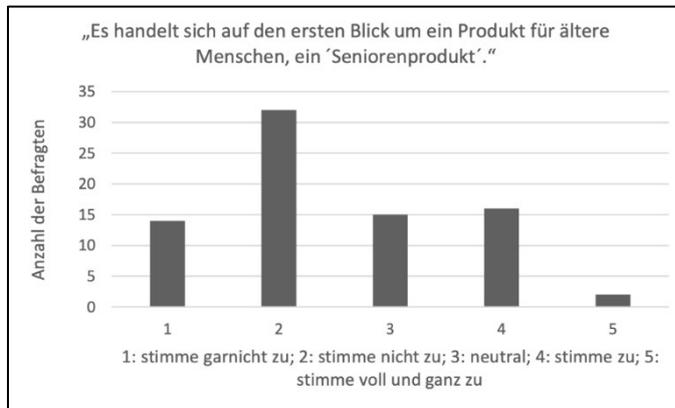


Abbildung 24: Quantitative Auswertung, F3 Seniorenprodukt

Quantitativer Part und Interpretation: Generell ist eine hohe Zustimmung im Sinne der Verneinung einer Assoziation „Seniorenprodukt“, mit relevantem Anteil an neutraler und zustimmender Wertung (Bejahung) zu verzeichnen. Dennoch bestätigen die Ergebnisse die aus F2 abgeleitete Hypothese eines für alle Menschen attraktiven Produkts. Dies im Sinne einer fokussierten Nachfrage, das Thema Stigmatisierung gezielt adressierend. Analog F2 erfolgt im qualitativen Part erneut die Verknüpfung mit „jungen“ Typologien (Kleinraumwohnung, Studierendenwohnung).

F4 Intuition: „Die Funktionsweise des Produkts erscheint mir intuitiv (Verschieben unmittelbar einleuchtend)“

Qualitativer Part: Einige Befragte vermuten Erklärungsbedarf im Vorfeld der Nutzung, einer intuitiven Bedienbarkeit im Wege stehend (n=4/79). Ebenso scheint ein „Mitdenken“ bei der Nutzung (Sitz hochklappen beim Verschieben, Armatur richtig einstellen) erforderlich (n=2/79). Dennoch wird die Funktionsweise als überwiegend positiv und sinnhaft (platzsparend, leicht bedienbar) bewertet (n=3/79).

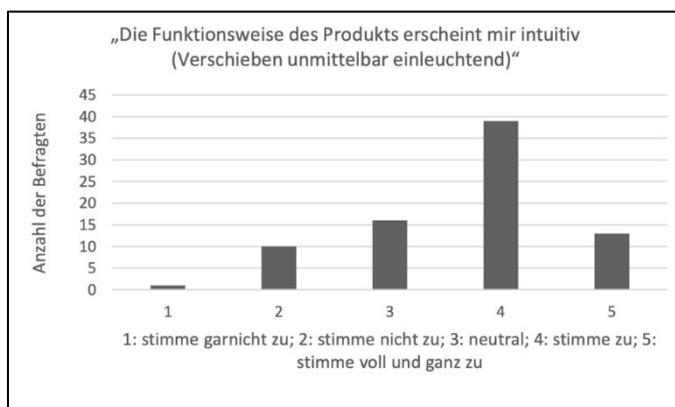


Abbildung 25: Quantitative Auswertung, F4 Intuition

Quantitativer Part und Interpretation: Generell ist eine überwiegend hohe Zustimmung zur intuitiven Bedienbarkeit des Prototypen zu verzeichnen, die sich aus mehreren Gründen als elementar bzgl. der Sinnhaftigkeit des Konzepts darstellt: Eine nicht-intuitive Handhabung läuft Gefahr, die Barrierefreiheit im

doppelten Sinne zu verringern: Nicht- Nutzbarkeit aufgrund Nicht-Verstehens, Außenwahrnehmung durch Dritte als „nicht kundig“, „überfordert“. Auch im qualitativen Part wird die Bedeutung des intuitiven Aspekts/ des Vermeidens eines Erklärungsbedarfs in den Vordergrund gestellt.

F5 Verfahrbarkeit (+): „Die Verfahrbarkeit des Schlittens empfinde ich generell als positiv (innovativ, originell, sinnhaft).“

Qualitativer Part: Die Verfahrbarkeit des Schlittens wird generell sehr positiv bewertet („tolle Idee“, „gut durchdacht“) (n=3/79). Manche der Befragten befürchten ein unkontrolliertes Verfahren des Schlittens, das als beängstigend/ problematisch wahrgenommen wird (n=2/79). Einzelne Befragte bewerten den „Zwang“ zum Verfahren sowie eine evtl. niedrige Verfahrensgeschwindigkeit als nachteilig (jeweils: n=1/79).

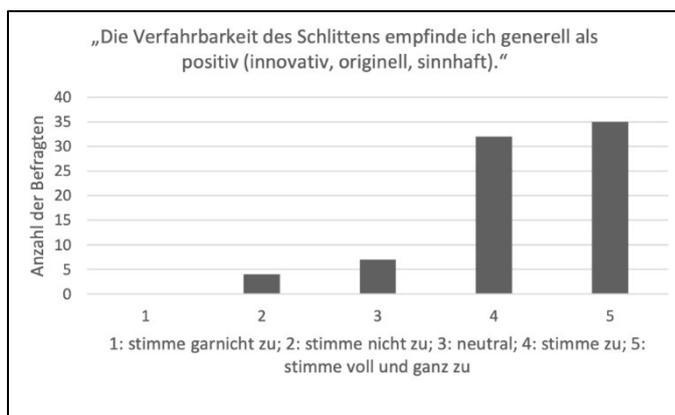


Abbildung 26: Quantitative Auswertung, F5 Verfahrbarkeit (+)

Quantitativer Part und Interpretation: Generell ist eine überwiegend sehr hohe Zustimmung bzgl. der positiven Wahrnehmung der Verfahrbarkeit zu verzeichnen. Dies ist insofern von hoher Relevanz, als das Verfahren den Produktcharakter des Konzepts sehr maßgeblich prägt (Aha-Effekt beim Verschieben).

F6 Verfahrbarkeit (-): „Die Verfahrbarkeit des Schlittens empfinde ich generell als negativ (unnötig, wenig sinnhaft).“

Qualitativer Part: Einzelne Befragte äußern Skepsis bzgl. Reinigung und Wartung des Systems. Die Abziehlippe wird als positiv bewertet, dennoch wird die notwendige Rutschhemmung des Bodens (Seifenreste) in Frage gestellt. Erneut wird das System als ideal zur Implementierung in Kleinraumtypologien bewertet, die physischen Assistenzen als gut durchdacht empfunden (jeweils: n=1/79)

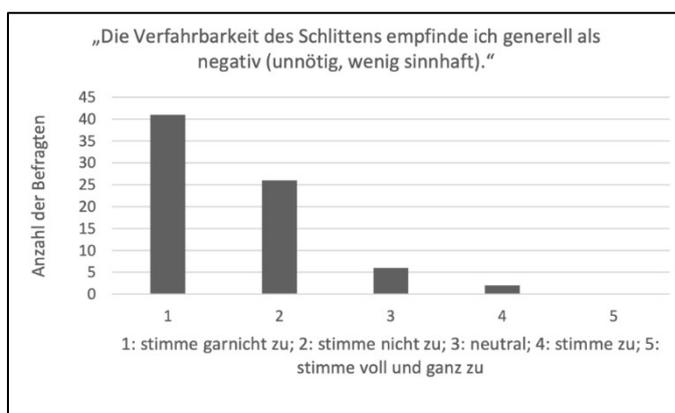


Abbildung 27: Quantitative Auswertung, F6 Verfahrbarkeit (-)

Quantitativer Part und Interpretation: Generell ist erneut eine überwiegend sehr hohe Zustimmung bzgl. der positiven Wahrnehmung der Verfahrbarkeit zu verzeichnen, nun im Sinne der Verneinung einer negativen Bewertung. Es handelt sich somit um eine die Hypothesen von F5 bestätigende „Umkehrfrage“, ähnlich F3, dessen Balkendiagramm aussagekräftig nach links spiegelnd. Eine Bezugnahme zum qualitativen Part stellt sich aufgrund dessen geringer Aussagekraft (nur Einzelaussagen) als nicht zielführend dar.

F7 Implementierung, privat: „Ich sehe eine Implementierung des Produkts im privaten Bereich (bspw. Haus, Wohnung).“

Qualitativer Part: Für die Mehrheit der Befragten waren diesbezüglich die Kostenfrage (n=5/79), als auch Typologie (Wohnsituation) und Badgröße entscheidend (n=4/79). Einzelne Befragte favorisierten den Einbau in Kleinraumtypologien, bewerten den „Zwang“ zum Verfahren als (zu) umständlich, stellen die Eignung für älter Menschen in Frage (zu ungeduldig) und sehen das System als prädestiniert für eine Modulbauweise an (jeweils: n=1/79).

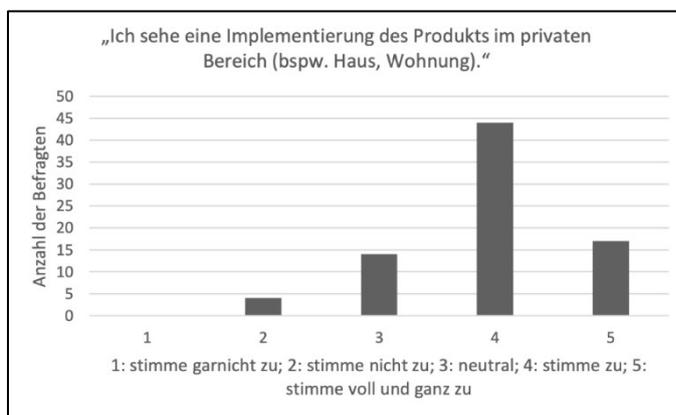


Abbildung 28: Quantitative Auswertung, F7 Implementierung

Quantitativer Part und Interpretation: Generell ist eine sehr hohe Zustimmung bzgl. einer Implementierung im privaten Bereich zu verzeichnen. Dies ist insofern entscheidend, als damit ein Kernauftrag des Projekts „Erhöhung der Barrierefreiheit im (privaten!) Bestand“ positiv adressiert wird. Im qualitativen Part wird zudem auf die damit verbundene Kostenfrage, als auch Fragestellungen des individuellen Einbaus (Wohnsituation) verwiesen.

F8 Implementierung, öffentlich: „Ich sehe eine Implementierung des Produkts im öffentlichen Bereich (bspw. Hotel, Schwimmbad)“

Qualitativer Part: Die Befragten fokussieren sich stark auf die im Fragebogen genannten Beispiele denkbarer Einbauorte (Hotel, Schwimmbad), statt auf den öffentlichen Bereich im Allgemeinen. Ein Verbau in Schwimmbädern wird ausgeschlossen (n=3/79) im Hotelkontext jedoch als denkbar bewertet (n=2/79). Generell wird eine private statt öffentliche Nutzung präferiert (n=2/79). Einzelne Befragte sehen die Kostenfrage als entscheidend an, bewerten den „Zwang“ zum Verfahren als (zu) umständlich und fürchten Erklärungsbedarf im Vorfeld der Nutzung (mangelnde Intuitivität) (jeweils: n=1/79).

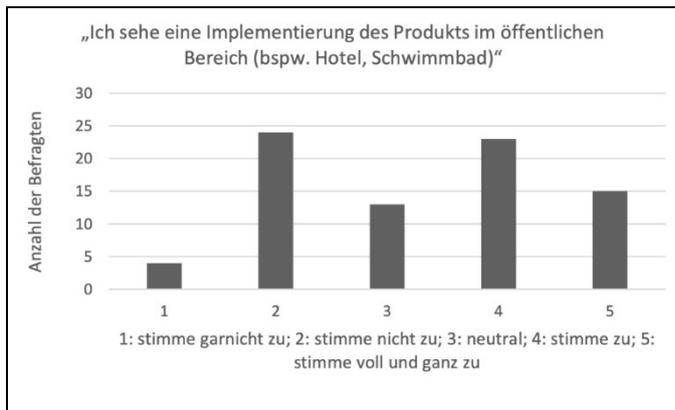


Abbildung 29: Quantitative Auswertung, F8 Implementierung

Quantitativer Part und Interpretation: Generell ist bzgl. einer Implementierung im öffentlichen Bereich ein geteiltes Stimmungsbild zu verzeichnen. Zustimmung als auch Nichtzustimmung zur Fragestellung befinden sich auf annähernd gleichem Niveau, mit leichter Tendenz in Richtung Zustimmung. Der qualitative Part lässt Rückschlüsse auf eine präferierte Nutzung im Hotelkontext zu, dennoch stellt sich die Aussagekraft beider Teile als begrenzt im Sinne eines „Jeins“ dar.

F9 Privater Wohnbereich: „Ich könnte mir vorstellen, das Produkt in meinem privaten Wohnbereich zu verwenden.“

Qualitativer Part: Die Mehrheit der Befragten befindet das Systems in Ihrer aktuellen Lebensphase als nicht erforderlich/ gewünscht (n=3/79). Einzelne Befragte bewerten Ihren Badraum als zu klein.



Abbildung 30: Quantitative Auswertung, F9 Privater Wohnbereich

Quantitativer Part und Interpretation: Generell ist eine eindeutig hohe Zustimmung bzgl. einer Verwendung im privaten Bereich zu verzeichnen. Analog F3 handelt es sich um eine ergänzende fokussierte Nachfrage zu F8, die Thematik „Nutzung“ im privaten Kontext gezielt adressierend. Erneut entscheidend: Die klar erkennbare Bezugnahme zum Kernauftrag des Projekts „Erhöhung der Barrierefreiheit zuhause, im (privaten!) Bestand“. Ablesbar auch die individuelle, persönliche Attraktivität des Konzepts (explizit „mein“, und kein beliebiger privater Wohnbereich) für die Bewertenden. Im qualitativen Part wird erneut auf die damit verbundene Kosten- als auch Einbaufrage (Wohnsituation) verwiesen.

F10 Individualisierbarkeit: „Die individualisierbare Ausstattung des Produkts (Storage, Sitze, Waschtisch) überzeugt mich.“

Qualitativer Part: Einzelne Befragte (nur Einzelmeinungen) bemängeln zu wenig Stauraum und verweisen auf eine evtl. problematische Bedienbarkeit bei halbseitiger Lähmung. Hinzukommend stellt sich die Frage nach der Anpassbarkeit des Systems an sich ändernde Bedürfnisse. Die Einbindung in den Badgrundriss (Vorraum, /Türe) sollte zwingend dargestellt werden, eine elektrische Bedienbarkeit wird präferiert (jeweils: n=1/79).



Abbildung 31: Quantitative Auswertung, F10 Individualisierbarkeit

Quantitativer Part und Interpretation: Generell ist eine durchweg hohe Zustimmung zur individualisierbaren Ausstattung zu verzeichnen, die Sinnhaftigkeit einer individuellen Konfiguration des Systems sowie einer Modulbauweise bestätigend. Auch eine Anpassbarkeit des Bades an sich ändernde Bedürfnisse, statt Planung eines „Altenbades“ von vornherein, wird somit indirekt als sinnvoll bestätigt (individualisierbares Bad im Allgemeinen). Im qualitativen Part erfolgt neben weniger relevanten Einzelmeinungen der wichtige Hinweis zur Darstellung des Systems im Gesamtkontext Bad (Integration im Raum).

F11 Integrierte Stangen-01: „Die integrierten Stangen des Systems wecken Assoziationen zum Thema Alter/Behinderung.“

Qualitativer Part: Die Befragten empfinden das Griffstangensystem in der Gesamterscheinung als teilweise moderner als herkömmliche Griffe (n=3/79). Alter und Behinderung werden mitunter, als „normal“ ergo nicht Stigma behaftet, wahrgenommen (n=2/79). Der funktionsintegrale Aspekt (Körbe, Beispielbarkeit mit diversen Assistenzen) wird als positiv, obgleich ungewohnt (n=2/79), physische Assistenzen im Allgemeinen als zwingend erforderlich bewertet (n=1/79).

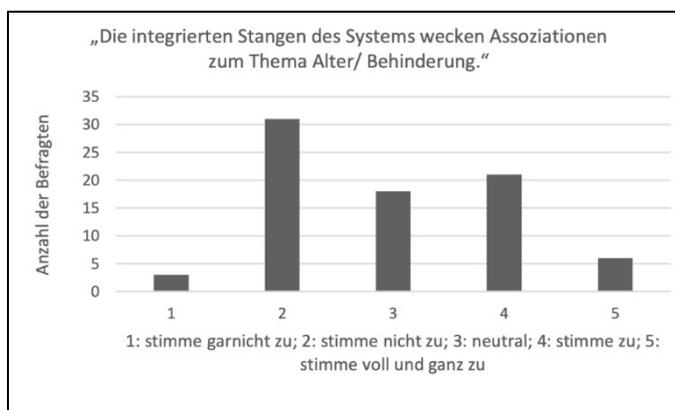


Abbildung 32: Quantitative Auswertung, F11 Integrierte Stangen

Quantitativer Part und Interpretation: Generell ist bzgl. des stigmatisierenden Aspekts der integrierten Stangen (physische Assistenz) ein geteiltes Stimmungsbild zu verzeichnen, obgleich Neutralität und Nichtzustimmung in Summe überwiegen. Das Urteil bezüglich gezielt abgefragter Assoziationen zu einstellungsbedingten Barrieren, Assoziationen mit Hilfebedürftigkeit und Abweichung vom Normalkonstrukt fällt somit gemischt aus. Im Qualitativen ist eine tendenziell geringe Bezugnahme zur konkreten Fragestellung zu verzeichnen.

F12 Integrierte Stangen-02: „Die integrierten Stangen des Systems sollten nur als Zusatzausstattung erhältlich sein.“

Qualitativer Part: Die integrierten Stangen des Systems werden generell positiv bewertet (Teil des Designs, gute Idee, sinnhaft) n=3/79, ebenso der Aspekt der Nachrüstbarkeit und Erweiterung (Zusatzausstattung) (n=2/79). Einzelne Befragte sehen die integrierten Stangen nur im Bereich Wand/ Vorsatzschale als optional an und erkennen zudem ein zielgruppenübergreifendes Potential auch für jüngere Menschen (Reha), bzw. altersvorsorgend(präventiv) (n=1/79).

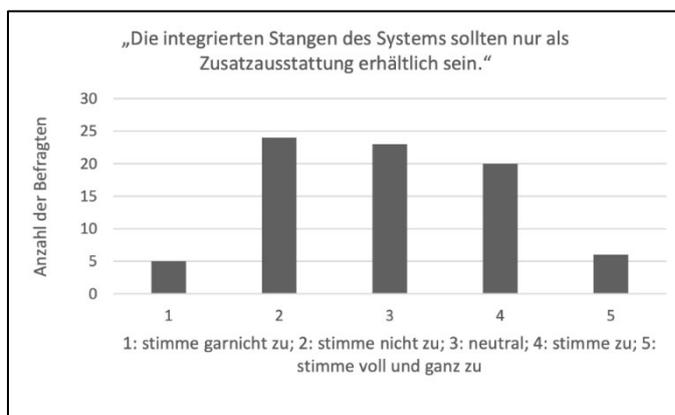


Abbildung 33: Quantitative Auswertung, F12 Integrierte Stangen

Quantitativer Part und Interpretation: Generell ist bzgl. der Frage nach dem Aspekt der als Zusatzausstattung erhältlichen Stangen (physische Assistenz) ein nahezu tendenzfreies Stimmungsbild zu verzeichnen. Zustimmung, Neutralität und Nichtzustimmung halten sich annähernd die Waage. Bemerkenswert vor dem Hintergrund der so klar zustimmenden Bewertungen bei „F10 Individualisierbarkeit“, die im wesentlichen gleichen Aspekte (Anpassungsfähigkeit des Bades) adressierend.

F13 Duschklapsitz: „Ich fände einen Duschklapsitz auch in meiner Dusche attraktiv (Rasur, Nägel schneiden).“

Qualitativer Part: Duschklapsitze werden als „noch“ nicht erforderlich und ggf. Für Besuch sinnvoll erachtet (n=2/79). Generell wird eine moderne, dezente Gestaltung favorisiert und angeregt, Analogien zu den bekannten „touch to open“ Schubladen sowie Integration in die elektrische Verfahrbarkeit des Systems anzustreben (n=2/79). Hingewiesen wird auf die Montagehöhe des Sitzes sowie die erforderliche Rutschhemmung des Bodenbelags. Hinzukommend wird die Frage nach der Verfügbarkeit von Sitzen mit integrierten Klapplehnen (Markt) thematisiert. (n=1/79)

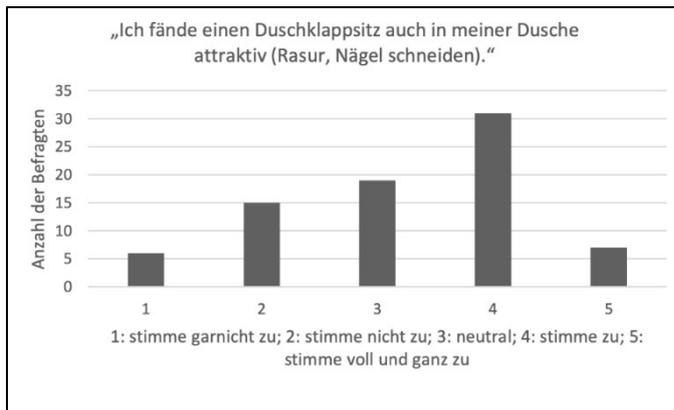


Abbildung 34: Quantitative Auswertung, F13 Duschklappsitz

Quantitativer Part und Interpretation: Generell ist bzgl. der Frage nach Attraktivität des „Altenprodukts“ für die Befragten eine deutliche Zustimmung mit gewissem Neutralanteil und insgesamt wenig Nichtzustimmung erkennbar.

F14 Ältere Menschen: „Die gezeigten Funktionalitäten für ältere Menschen erscheinen mir nachvollziehbar und sinnvoll.“

Qualitativer Part: Einzelne Befragte weisen auf die Notwendigkeit des Mitdenkens bei der Nutzung und damit verbundenen Problemen (Demenz) hin (Position Sitz/ Armatur beim Verschieben). Ebenfalls zu bedenken gegeben wird das Szenario der Rollatornutzung sowie die Montagehöhe von Sitz und Toilette. Darüber hinaus sollte das System zwingend elektrifiziert werden und eine Lösung für etwaigen Stromausfall berücksichtigt werden (jeweils: n=1/79).

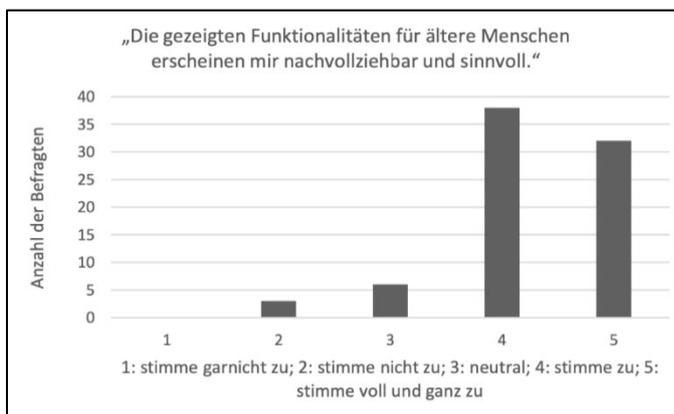


Abbildung 35: Quantitative Auswertung, F14 Ältere Menschen

Quantitativer Part und Interpretation: Generell ist eine einhellig hohe Zustimmung zur Sinnhaftigkeit der gezeigten Funktionalitäten für ältere Menschen und damit zu einem zentralen Aspekt des Konzepts zu verzeichnen. Es handelt sich zudem um das eindeutigste Ergebnis der Gesamtbefragung! Die Bewertung erfolgte wie erwähnt auf Grundlage der konkreten Vorführung der Funktionen durch den Forschenden. Die im qualitativen Part enthaltene (negative) Kritik beinhaltet lediglich Einzelwertungen mit geringer Aussagekraft, die genannten Hinweise wurden entweder bereits zum Erhebungszeitpunkt bzw. in der Folge berücksichtigt.

F15 Nutzbarkeit: „Die Nutzbarkeit des Waschtisches (Armatur, Ablage, Körbe) überzeugt mich.“

Qualitativer Part: Generell attestieren die Befragten dem Waschtisch zu wenig Stauraum und Ablageflächen (n=3/79). Einzelne Befragte (nur Einzelmeinungen) weisen darauf hin, Höhenverstellbarkeit als auch korrekte Positionierung (Abstand) des Waschtischs vor dem WC zu überdenken (teils als zu nah empfunden), gefolgt von der Anregung, die Kanten des Waschtischs abzurunden. Die Körbe wurden von einzelnen Befragten als ungeeignet bewertet sowie die Frage nach deren Höhenverstellbarkeit in den Raum gestellt. Hinzukommend wird die Frage Händewaschen nach Toilettengang thematisiert, da die Armaturbox vom Verfahren Richtung WC in der Wand verbleibt (jeweils: n=1/79).

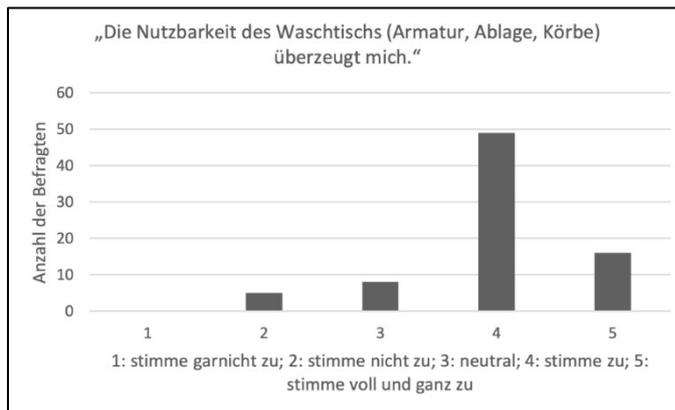


Abbildung 36: F15 Nutzbarkeit

Quantitativer Part und Interpretation: Generell ist eine einhellig hohe Zustimmung zur Nutzbarkeit des Waschtischs und damit zu einem weiteren zentralen Aspekt des Konzepts zu verzeichnen. Der funktionsintegrale Aspekt des Korb-Storage systems in Verbindung mit den Griffstangen (Barriere Abbau durch Kaschieren von Assistenzen), sorgt für den Abbau von Barrieren.

F16 Beleuchtung: „Das Beleuchtungskonzept mit verschiedenen Modi (morgens/abends) spricht mich an.“

Qualitativer Part: Einzelne Befragte (nur Einzelmeinungen) präferieren eine Automatisierung des Beleuchtungskonzepts sowie eine zusätzliche Spiegelbeleuchtung und generell mehr Lichtquellen, abhängig von Position/Vorhandensein des Fensters. Das circadiane Morgenlicht (bläulich) wird als unangenehm empfunden, generell wird natürliches Licht bevorzugt (jeweils: n=1/79).

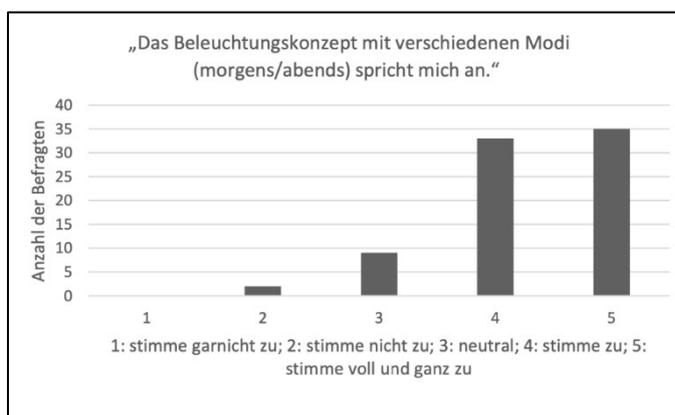


Abbildung 37: Quantitative Auswertung, F16 Beleuchtung

Quantitativer Part und Interpretation: Generell ist eine einhellig hohe Zustimmung zur Frage nach der Attraktivität des Beleuchtungskonzepts zu verzeichnen. Die oftmals unterschätzte Bedeutung des Faktors Licht/Beleuchtung wird diesbezüglich auf 2 Ebenen deutlich: Der gesundheitlich-biologischen (circadianes Licht, Farbspektrum), als auch der Inszenierung eines Produkts durch bestimmte Lichtstimmungen (Präsentation des Prototypen in verschiedenen Lichtmodi). Die Aussagekraft der qualitativen Parts stellt sich aufgrund von wenigen Einzelmeinungen begrenzt dar, obgleich Automatisierung und Spiegelbeleuchtung höchst sinnhaft erscheinen.

F17 Reinigung: „Die Reinigung (Putzen) des Systems stelle ich mir gut machbar vor.“

Qualitativer Part: Die Mehrheit der Befragten bewertet die Reinigung als nicht/ nur bedingt machbar, für ältere Menschen (n=3/79) bzw. als generell schwierig und aufwändig (n=2/79), insbesondere in Teilbereichen (Nischen, Ecken, Griffe) (n=5/79). Darüber hinaus werden Bedenken bzw. der Themen Abfluss, Schimmel und Luftfeuchtigkeit geäußert (n=2/79). Einzelne Befragte bewerten die Abziehlippe positiv, äußern jedoch Skepsis bzgl. der Rutschhemmung Bodens (n=1/79).

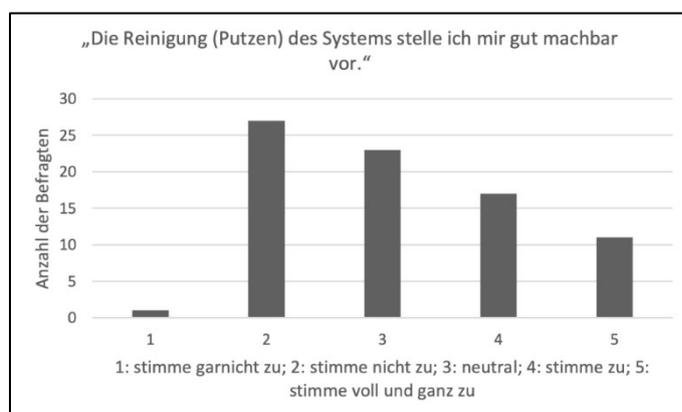


Abbildung 38: Quantitative Auswertung, F17 Reinigung

Quantitativer Part und Interpretation: Generell ist bzgl. der Reinigung des Systems große Skepsis zu verzeichnen. So wird die Frage nach einer gut machbaren Reinigung zu einem erheblichen Anteil nicht bejaht, gepaart mit viel Neutralität als auch einem großen Anteil an Zustimmung. Somit entsteht ein geteiltes Meinungsbild, spezifische Schwächen des Systems bzgl. Reinigung widerspiegelnd (Körperhaltung, Handling). Klare Skepsis auch im qualitativen Part mit entscheidenden Hinweisen zu Problemstellungen (Gebrechlichkeit, Frequenz, Zugänglichkeit etc.). Insbesondere bezüglich des Reinigungsaspekts besteht somit weiterer Entwicklungsbedarf.

1.11.7. Bewertung

Die ausgewerteten (quantitativ) und interpretierten (qualitativen) Ergebnisse der Fragenbogenerhebung in Kombination mit persönlichen Gesprächen vor Ort stellen sich zusammenfassend wie folgt dar: Der Prototyp wird insgesamt nahezu einhellig positiv wahrgenommen und bewertet. Die Befragten zeigten sich durchweg interessiert und neugierig, folgten aufmerksam den Erläuterungen des Forschenden und stellten zahlreiche Nachfragen, die wiederum in inspirierende, obgleich nicht ausgewertete Gruppendiskussionen mündeten. Bedenken bestehen bezüglich der (nicht ausreichenden) Kontrastierung, die durch die Wahl alternativer Materialien/Farbgebung umstandslos erhöht werden kann. Durchweg bestätigt wurde die hohe Attraktivität des Konzepts für verschiedene Altersgruppen und der damit verbundenen Erhöhung der Barrierefreiheit, bekräftigt durch den Mehrfachhinweis auf Potentiale zum Verbau in „jungen Typologien“ (Studierendenwohnheim) und der klaren Verneinung der Assoziation „Seniorenprodukt“. Auch die horizontale Verschiebbarkeit des Waschtischs, als prägendes Element des Konzepts, wird durchweg positiv bewertet. Kritische Stimmen bezüglich

eines erforderlichen „Mitdenkens“ im Rahmen der Nutzung (Armaturn und Sitz zurückstellen beim Verfahren), wurden im Zuge der Optimierung des Prototyps berücksichtigt, der befürchtete Erklärungsbedarf vor Erstnutzung im Rahmen einer gesonderten Think-Aloud-Protokollanalyse untersucht. Eine Implementierung wird klar im privaten und weniger im öffentlichen Bereich verortet, stets verbunden mit der (wenig überraschenden) Frage nach Anschaffungskosten und Realisierbarkeit in den jeweiligen (privaten) Badräumen. Die funktionalen Individualisierungsoptionen überzeugten die Befragten, gestalterische (Individualisierung-Optionen), wie verschiedene Materialien und Farben, konnten aus naheliegenden Gründen nicht abgefragt werden. Das integrierte Griffstangensystem wurde als nicht-stigmatisierend, die Duschklapsitze als altersgruppenübergreifend attraktiv, die Nutzbarkeit des Waschtischs als gut bewertet. Vereinzelt wurde der Wunsch nach mehr Stauraum genannt, der sich bspw. durch Verbau eines konventionellen Aliberts im Bereich des Spiegels umsetzen ließe, dies jedoch mit einhergehenden Nachteilen bezüglich Rollstuhlfahrenden (Nicht-Erreichbarkeit, sitzende Position). Nahezu einhellig als sinnvoll bewertet wurden die vorgestellten Funktionalitäten für die (eigentliche) Zielgruppe älterer Menschen. Auch das Beleuchtungskonzept wurde insgesamt sehr positiv aufgefasst, obgleich es in Folgeprototypen erweitert, bzw. neu organisiert werden sollte, um die aktuelle Verdunkelung des Raums in der Mittelposition zu vermeiden. Skeptisch betrachtet wird die Reinigung des Systems. Hier besteht nach wie vor Forschungs- und Entwicklungsbedarf, insbesondere einer effizienten und körperlich weniger herausfordernden (älter Menschen) Reinigung der Entwässerungswanne.

1.12. Beobachtungsstudien

1.12.1. Inhalt

Wie erwähnt, kamen im Rahmen der Evaluation von Gestaltungslösungen sowohl quantitative als auch qualitative Erhebungsmethoden (mixed-methods) zur Anwendung. Im Folgenden werden auf den Funktionalitätsaspekt abstellende Selbsttests des Prototyps mittels Alterssimulationsanzug beschrieben, die sowohl durch den Forschenden als auch ProbandInnen an zwei Terminen innerhalb des Forschungscontainers durchgeführt wurden (Laborkontext). Datenerhebung und Auswertung erfolgten im Rahmen einer Think-Aloud-Protokollanalyse (siehe Methodik). Einerseits galt es im Prototyp, umgesetzte Gestaltungslösungen empirisch zu testen, andererseits konnten funktionale Schwachstellen des Prototyps nun identifiziert und entsprechende Modifikationen vorgenommen werden. Diese (Modifikationen) wurden zum zweiten Termin im Sinne fortlaufender Optimierung des Konzepts sowie erneuter Hypothesengenerierung und -Bestätigung ebenfalls getestet. Die Testreihe wurde mittels Video- und Audioaufnahmen aufgezeichnet, in Beobachtungsprotokolle transferiert und ausgewertet. Bezugnahme zur Forschungsfrage, Methodik und Ergebnisse werden nachstehend beschrieben und in ein abschließendes Fazit überführt.

1.12.2. Bezugnahme Forschungsfrage

Die Bezugnahme zur Forschungsfrage begründet sich wie folgt. Eine Erhöhung der Barrierefreiheit durch ein Raum-In-Raum System, bedingt dem Begriff folgend zwei Räume, bestehend aus Badraum und zu integrierender Box. Wie dargelegt bewegt sich die kombinierte Untersuchung des eigentlichen Badraums (Raum in den die Box eingebaut wird) dabei zwangsläufig im Bereich des Spekulativen. Umso entscheidender die bestmögliche Funktionalität des Raum-In-Raum Systems (Box) als beherrschbarer Einzelfaktor, bezüglich der Vermeidung von Barrieren. Räumliche Interaktion (Verschieben) und Funktionsintegration (physische Assistenz) stellten aufgrund konkreter Bezugnahme zur Forschungsfrage den Fokus der verschiedenen Testszenarien dar. Ein dem Prototypen vorgelagertes Podest von 120 cm Tiefe, simulierte einerseits eine idealisierte Matrix und andererseits eine

Mindestfläche für den etwaigen Transfer auf den Kontext Neubau (Forschungsfrage), orientiert an den Bewegungsflächen der DIN 18040-2 (vgl. Deutsches Institut für Normung, 2019).

1.12.3. Forschungsdesign und Methodik

Die beiden Erhebungen fanden, wie erwähnt, an zwei aufeinander folgenden Terminen im April und Juni 2023, innerhalb des Forschungscontainers (Laborkontext) statt. Die Durchführung erfolgte durch den Forschenden selbst (anleitend als auch testend) sowie zwei Probandinnen (wissenschaftliche Mitarbeiterinnen). Das Durchschnittsalter betrug 38,28 Jahre. Bei allen Teilnehmenden konnte, bedingt durch deren Profession, von einem direkten Bezug zur forschungsrelevanten Fragestellungen ausgegangen werden (Projektmitarbeit, Pflegewissenschaften, Physiotherapie, Architektur). Die zum Einsatz gekommene Think-Aloud-Methode sieht vor, ProbandInnen aufzufordern bei der Erfüllung einer vorgegebenen Aufgabe, Ihre Gedanken und Emotionen fortlaufend zu verbalisieren, um die spezifischen Problemstellungen eines Artefakts zu identifizieren (vgl. Reegen, 2020, S. 75).

Es existieren verschiedene Varianten der Methode, vorwiegend unterschieden nach dem Zeitpunkt Ihres Einsatz (Unmittelbares Verbalisieren vs. Verbalisieren im Nachgang), die naturgemäß verschiedenartige Protokolle („concurrent“ und „retrospective“) nach sich ziehen (vgl. Reegen, 2020, S. 78). Verwendet wurde die sogenannte Introspektion, sprich unmittelbare Verbalisierung der Emotionen und Gedankengänge während des Handelns; die Protokollerstellung erfolgte „concurrent“, obgleich im Nachgang durch den Forschenden, anhand der Videoaufzeichnungen. Vorsichtig formuliert handelt es sich bei der Think-Aloud-Methode um eine durch den Faktor „lautes Sprechen“ modifizierte Variante einer teilstrukturierten, teilnehmenden Beobachtung, mit annähernd deckungsgleichem Procedere, gemessen an der durch Kochinka beschriebenen Vorgehensweise. Die Teilnahme des Forschenden in diesem Fall, kann nach Gold als „mäßig“, sprich wechselnd zwischen passiv beobachtend und aktiv testend beschrieben werden, die teilstrukturierte Vorgehensweise (einfacher explorativ gehaltener Leitfaden) orientierte sich an gängigen Standards (vgl. Gold, 1958). Festzuhalten bleibt, dass für die zur Anwendung gekommene Think-Aloud-Methode, keine standardisierte Vorgehensweise existiert (vgl. Yom, Wilhelm & Gauert, 2007). Ein erneut nach Helfferich im SSPSS- Verfahren erstellter Leitfaden (vgl. Helfferich, 2009) sah die folgenden Testszenarien vor:

1) Verschieben des Schlittens mit/ ohne Rollator, 2) Duschvorgang mit Rollator in 2 Größenvarianten der Dusche*, 3) Waschtischnutzung mit Rollator, 4) WC-Nutzung mit Rollator. (*Einstellung-01 mit Breite 1,20m; Einstellung-02 mit Breite: 0,90m)

Im Rahmen der ersten Erhebung galt es innerhalb eines explorativ/ deskriptiven Verfahrens funktionale Schwachstellen des Prototyps zu identifizieren und Hypothesen zu bilden (induktive Vorgehensweise). In der zweiten Erhebungsphase und nach Modifikation des Konzepts, folgte der Hypothesen-Testende Part. (Eine Hypothese in diesem Fall könnte bspw. lauten: „Ein Versetzen von Griff A nach links, würde Stehenden mehr Stabilität bieten.“). Der Hypothesen-Test kann dabei theoretisch quantitativ erfolgen (deduktive Vorgehensweise), eine entsprechende separate Untersuchung, erschien aufgrund der geringen TeilnehmerInnenzahl (n=3) jedoch nicht sinnvoll (vgl. Konrad, 2010, S. 480). Dennoch orientieren sich die gewonnen Erkenntnisse (auch) an einfach auszuzählenden Tatsachen. So empfanden 3/3 ProbandInnen die vertikalen Griffstangen als „zu rutschig“. In den Ergebnissen (Folgeausführungen), wird ein qualitativer Gesamteindruck wiedergegeben. Die konkrete Vorgehensweise orientiert an Buber gliederte sich in:

1) Vorbereitung, 2) Untersuchungsvorbereitung, 3) Untersuchung und 4) Auswertung, nachstehend stichpunktartig beschrieben. (Hinweis: Differenzierung zwischen erster TR-01 und zweiter Testreihe TR-02).

1) Vorbereitungsphase und 2) Untersuchungsvorbereitung (TR-01, TR-02): Unterzeichnen der Einverständniserklärungen, Aufklärungsgespräch durch den Forschenden, Anlegen des Alterssimulationsanzugs,

Einweisung der ProbandInnen im Sinne von Handlungsanweisungen/ Instruktionen (Testszenarien Skript), Vereinbarung von Verhaltensregeln bei Zwischenfragen/ auftretenden Komplikationen. 3) Untersuchung und 4) Auswertung (TR-01, TR-02): Durchspielen der Testszenarien auf Grundlage des Leitfadens, Dokumentation mittels Videoaufzeichnung. Auswertung der Videoaufzeichnungen durch den Forschenden mit Schwerpunkt Hypothesenbildung zu Schwachstellen des Prototyps (TR-01) und Hypothesentest nach Modifikation (TR-02). Protokolle: Siehe Anhang. Transfer Erkenntnisse aus Gesprächen mit ExpertInnen des Verein Stadteilarbeit: Folgende Erkenntnisse und Anregungen besagter Gespräche flossen in Prototyp und qualitative Testphase (mit) ein. 1) Verwendung von Standard-Sanitärtechnik aufgrund gängiger, vertrauter Bedienbarkeit (intuitives Verständnis) 2) Vorsehen von Duschklapsitzen (obgleich kritisch bewertet), bei zeitgleicher Formulierung von Lösungsstrategien hinsichtlich spezifischer Schwachstellen (Transfer, Seitenstabilität); 3) Integration eines zweiten Duschsitzes (Testreihe-01) in Vorbereitung des Verbaus eines WC (Testreihe-02); 4) Simulation des Add-on-Charakters der Duschklapsitze sowie zusätzlichen Stauraums (Pflege) durch systemintegrierte Schalen (anthrazit); 5) Test der vorangestellten Hypothese einer zwingenden Notwendigkeit zur Elektrifizierung beim Verschieben (zeitgleiches Rollator Handling, Bedienkräfte) 6) Vorsehen physischer Assistenzen (Integration Griffstangen, Aussparungen) am Waschtisch/ in der Dusche/ beim Verfahren (Setzen/ Aufrichten), inkl. Abweichung von Normstandards (bspw. kein L-Griff in Dusche). 7) Ertüchtigung von Standard-Sanitärausstattung zur physischen Assistenz (Belastbare Duschbrausestange: 8) Entwicklung und Einbau eines höhenverstellbaren, modularen, sicher verfahrbaren und gut erreichbaren Storage-Systems am Waschtisch, alternativ zu Spiegelschränken (Körbe). 9) Vorsehen einer den Duschaum verengenden Position-02 (obgleich kritisch bewertet), mit Fokus Transfer und Seitenstabilität Duschklapsitz (Hypothesen-Test). 10) Einbezug der Nutzung eines Rollators in alle Testszenarien (Verschieben, Parken, Wenden, Sitzen auf Rollator).

Hypothesenbildung zu Schwachstellen des Prototyps (TR-01) und Hypothesentest nach Modifikation (TR-02). Protokolle: Siehe Anhang. Transfer Erkenntnisse aus Gesprächen mit ExpertInnen des Verein Stadteilarbeit: Folgende Erkenntnisse und Anregungen besagter Gespräche flossen in Prototyp und qualitative Testphase (mit) ein. 1) Verwendung von Standard-Sanitärtechnik aufgrund gängiger, vertrauter Bedienbarkeit (intuitives Verständnis) 2) Vorsehen von Duschklapsitzen (obgleich kritisch bewertet), bei zeitgleicher Formulierung von Lösungsstrategien hinsichtlich spezifischer Schwachstellen (Transfer, Seitenstabilität); 3) Integration eines zweiten Duschsitzes (Testreihe-01) in Vorbereitung des Verbaus eines WC (Testreihe-02); 4) Simulation des Add-on-Charakters der Duschklapsitze sowie zusätzlichen Stauraums (Pflege) durch systemintegrierte Schalen (anthrazit); 5) Test der vorangestellten Hypothese einer zwingenden Notwendigkeit zur Elektrifizierung beim Verschieben (zeitgleiches Rollator Handling, Bedienkräfte) 6) Vorsehen physischer Assistenzen (Integration Griffstangen, Aussparungen) am Waschtisch/ in der Dusche/ beim Verfahren (Setzen/ Aufrichten), inkl. Abweichung von Normstandards (bspw. kein L-Griff in Dusche). 7) Ertüchtigung von Standard-Sanitärausstattung zur physischen Assistenz (Belastbare Duschbrausestange: 8) Entwicklung und Einbau eines höhenverstellbaren, modularen, sicher verfahrbaren und gut erreichbaren Storage-Systems am Waschtisch, alternativ zu Spiegelschränken (Körbe). 9) Vorsehen einer den Duschaum verengenden Position-02 (obgleich kritisch bewertet), mit Fokus Transfer und Seitenstabilität Duschklapsitz (Hypothesen-Test). 10) Einbezug der Nutzung eines Rollators in alle Testszenarien (Verschieben, Parken, Wenden, Sitzen auf Rollator).

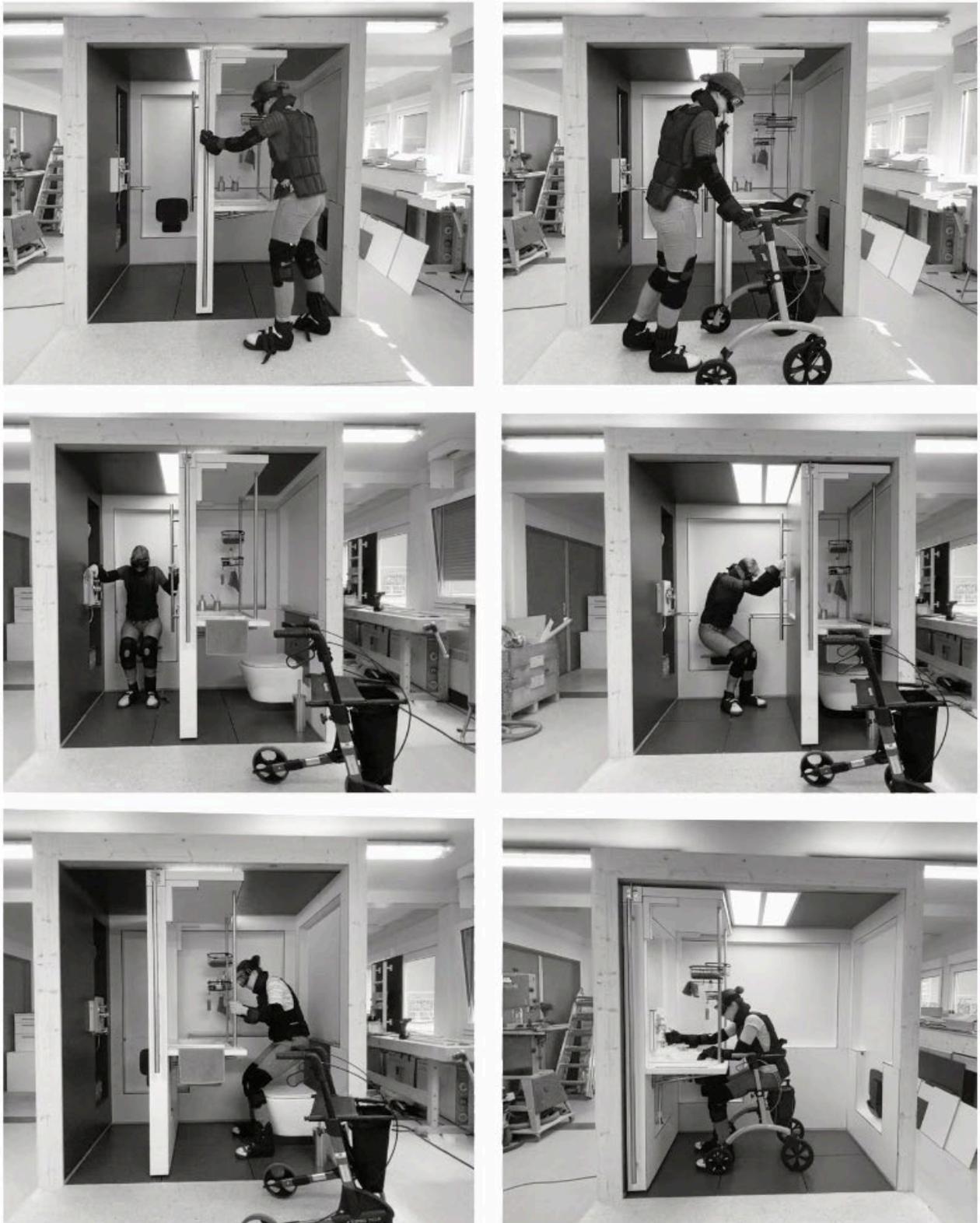


Abbildung 39: Selbsttest im Prototypen mit Alterssimulationsanzug

1.12.4. Ergebnisse

In den folgenden Ausführungen werden die Erkenntnisse der ersten Testreihe (TR-01), darauf basierende Modifikationen des Prototyps, sowie aufbauende Erkenntnisse der zweiten Testreihe (TR-02) in komprimierter Form dargestellt. Vertiefende Informationen sind beiliegenden Protokollen und Videomaterial zu entnehmen (Anhang). Wie dargelegt lag der Fokus auf der Identifikation intuitiver Bedienbarkeit und funktionaler Schwachstellen, die nachstehend auf Grundlage der Kategorien des Leitfadens beschrieben werden.

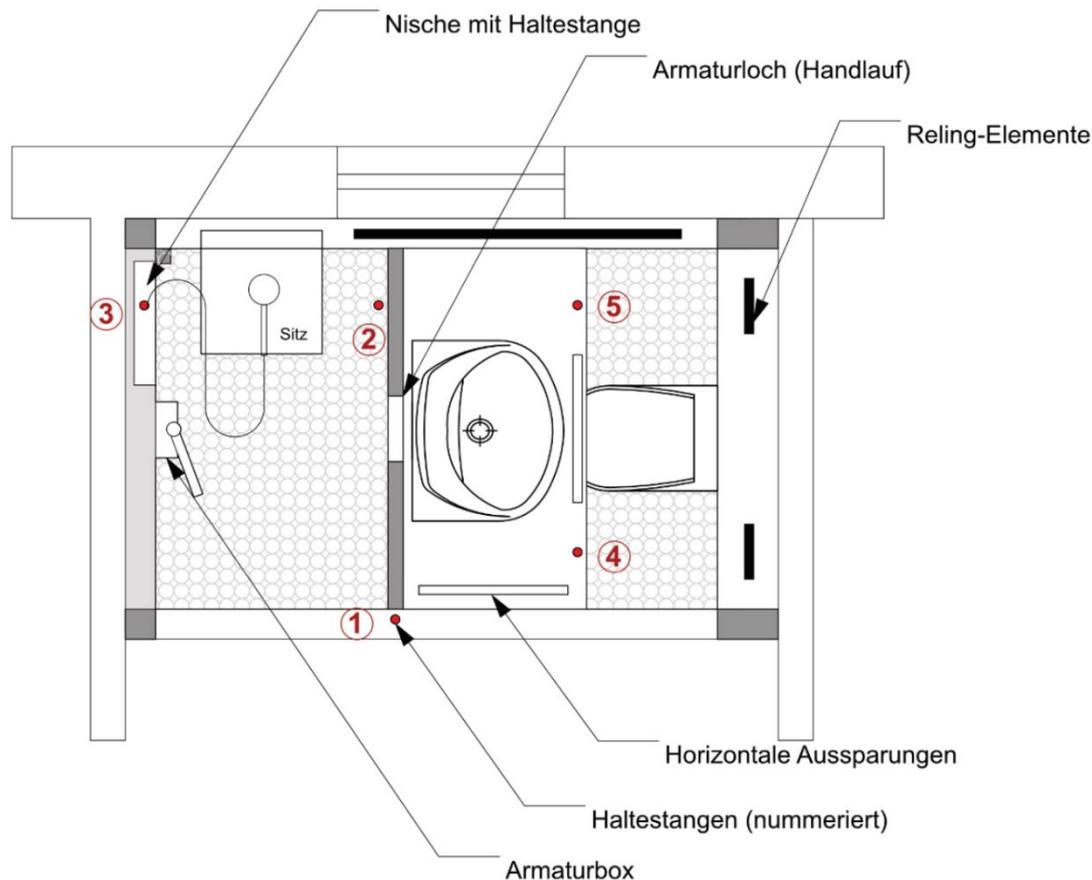


Abbildung 40: Übersicht/ Nummerierung der Haltestangen

Szenario-01, Verschieben des Waschtischs ohne Rollator

TR-01: Das Verschieben nach links mittels Greifen von Stange-04 und horizontaler Aussparung vor Waschtisch wird positiv (Sicherheitsgefühl), das Verschieben nach rechts negativ bewertet (Unsicherheitsgefühl). Stange-01 wird als zu glatt, der Schlitten als (zu) leichtgängig empfunden. Die Hypothese vertikal (zu) glatter Stangen bestätigt sich, die Leichtgängigkeit des Schlittens verschärft Unsicherheitsgefühle und ist zeitgleich Kriterium der DIN 18040-2 (Bedienkräfte), einhergehend mit funktionalen Widersprüchen. Relevante Modifikationen: Stange-01 und -02 werden mit vertikalen Stabilität schaffenden Holzelementen versehen und in diesem Zuge gekürzt, Elektrifizierung erforderlich. TR-02: Die vertikale Stabilität beim Greifen stellt sich nun als maßgeblich erhöht dar, allerdings besteht die Gefahr des rückwärtigen „Durchrutschens“ (Elemente mit Vorderkante Schlitten abschließen lassen!). Zudem ist nun ein gezieltes statt intuitives Greifen erforderlich.

Szenario-02, Verschieben des Waschtischs mit Rollator TR-01: Die Instabilität des Rollators in Kombination mit der Instabilität des Schlittens vermittelt ein hohes Unsicherheitsgefühl. Relevante Modifikationen: Analog „Szenario-01 „Verschieben des Schlittens ohne Rollator“: Vertikale Holzelemente, Elektrifizierung TR-02: Analog „Szenario-01 „Verschieben des Schlittens ohne Rollator: Erhöhung vertikaler Stabilität mit Problematik rückwärtigen Durchrutschens; Subjektives Sicherheitsgefühl beim Verschieben (dennoch) erhöht.

Szenario-03, Parken des Rollators, Betreten und Verlassen der Dusche, Einstellung-01. TR-01: Beim Betreten und Drehen zum Duschklapsitz wird die Brüstung, beim Setzen und Aufrichten die Armaturbox mitverwendet (glatt, scharfkantig, schlecht greifbar). Der hervorstehende Wasserhahn verleitet zum Festhalten (statt zum Wegklappen). Stange-03 (Brausestange) ist zu weit fensterseitig montiert und führt zum „Einzwicken“ des Handgelenks bei Verwendung zum Aufrichten. Alleiniges Aufrichten über Stange-03 stellt sich als unvorteilhaft dar (Körper in der Nische). Die Nicht-Sichtbarkeit von Stange-01 beim Verlassen der Dusche erweist sich als nachteilig. Stange ist wie erwähnt zu glatt. Das Armaturloch zur Verwendung als Handlauf ist beim Betreten der Dusche zu weit vom Einstieg entfernt. Relevante Modifikationen: Horizontaler Handlauf auf Brüstung, Versetzen von Stange-03, Erweiterung der Armaturlochs zur besseren Erreichbarkeit, Holzelemente (auch) auf Stange-02, Ersatz der Armaturbox durch vielseitig greifbare Variante (physische Assistenz). TR-02: Erweiterung des Armaturlochs führt zu besserer Nutzbarkeit als Handlauf (Erreichbarkeit) beim Betreten- und zur Verbesserung der Sichtbarkeit von Stange-01 beim Verlassen der Dusche (weiter Vortreten möglich). Der horizontale Handlauf im Brüstungsbereich verbessert maßgeblich Setzen und Aufrichten im Bereich Duschklapsitz, insbesondere in Kombination mit Stange-02, erfordert jedoch zusätzliche Horizontalstabilisierung (analog Holzelemente). Rückwand Dusche und Schlitten sind teilweise zu weit entfernt für Aufrichten unter Verwendung Armaturbox und Stange-02: Das Aufrichten erfolgt daher tendenziell über Armaturloch und Stange-02 bzw. Handlauf und Stange-02 und niemals unter alleiniger Verwendung von Stange-03, wie beschrieben. Die versetzte Stange-03 (Brausestange), lässt sich nun problemlos (kein Einzwicken) zum Aufrichten verwenden.

Szenario-04, Parken des Rollators, Betreten und Verlassen der Dusche, Einstellung-02, TR-01: Aus der Verengung des Duschraums resultiert zwangsläufig eine erhöhte Seitenstabilität bei Nutzung des Duschklapsitzes (Sturz nach links und rechts nicht mehr möglich), sowie eine verbesserte Positionierung auf dem Duschklapsitz mittels Stange-02 (Transfer). Die Nicht-Sichtbarkeit von Stange-01 beim Verlassen der Dusche erweist sich sicherneut als nachteilig, das Armaturloch zur Verwendung als Handlauf ist beim Betreten der Dusche zu weit vom Einstieg entfernt. Stange-02 und Stange-03 erweisen sich in Kombination als praktikabel zum Setzen, nicht jedoch zum Aufrichten, das tendenziell über Armaturloch und Stange-02 stattfindet, die als zu glatt empfunden wird. Relevante Modifikationen: Analog „Szenario-03, Parken des Rollators, Betreten und Verlassen der Dusche, Einstellung-01“ TR-02: Aus der Verengung des Duschraums resultiert zwangsläufig eine erhöhte Seitenstabilität bei Nutzung des Duschklapsitzes. Die Positionierung auf dem Duschklapsitz (Transfer) erfolgt nun bevorzugt über Armaturbox und -Loch, ebenso das Aufrichten. Auffallend: Stange-02 wird tendenziell nicht mehr verwendet bzw. lediglich vereinzelt zum Aufrichten in Kombination mit der Armaturbox. Dabei erfolgt der Hinweis auf einen erhöhten Kraftaufwand beim Aufrichten (Optimierungsbedarf, Ergonomie). Das Betreten des Duschraums erfolgt aufgrund der räumlichen Verengung nun bevorzugt unter Nutzung von Stange-01 und Armaturbox (Stabilisierung), statt Stange-01 und erweitertem Armaturloch.

Szenario-05 Parken des Rollators, Betreten und Verlassen des WC TR-01: Das Durchspielen von Szenario-05 gestaltete sich im Vergleich zum vorherigen Szenario wesentlich einheitlicher und unauffälliger bezüglich der UCM (ähnliche Vorgehensweise bei allen ProbandInnen). Beim Parken des Rollators und anschließendem Positionieren vor dem WC wird von allen ProbandInnen die Brüstung im Bereich Duschklapsitz mitverwendet (Einhalten an Stange-04 und Brüstung). Diese erweist sich dabei als glatt, scharfkantig und schlecht greifbar, analog Armaturbox TR-01. Das Herablassen auf den Duschklapsitz (WC-Simulation) erfolgt problemlos über Stange 04- und -05, beim Aufrichten über besagte Stangen jedoch wird ein teilweise erhöhter Kraftaufwand thematisiert. Die linksseitig montierte Gitterbox wird als störend beim Betreten des WC-Bereichs empfunden.

Relevante Modifikationen: Montage WC, Demontage Gitterbox, Horizontaler Handlauf auf Brüstung, Motorisierung für aktive Assistenz beim Aufrichten (in Aussicht). TR-02: Horizontale Handläufe im rückwärtigen Brüstungsbereich werden intuitiv und unmittelbar beim Betreten und teilweise auch beim Herablassen auf WC verwendet. Das Aufrichten erfolgt ausschließlich über Stange-04 und 05, zur aktiven Assistenz (Verringerung Kraftaufwand) wird eine Motorisierung geplant. Horizontale Aussparungen am Waschtisch werden nur zur stehenden Stabilisierung verwandt. Es erfolgt keine Nutzung des fensterseitigen horizontalen Handlaufs (zu weit entfernt); Stange-05 wird beim Betreten als zu glatt empfunden; Holzelemente sind auch hier ratsam. Demontage der linksseitigen Gitterbox gut und sinnvoll (keine Behinderung mehr beim Betreten und Aufrichten).

Szenario-06 Parken des Rollators, Positionieren vor und Verlassen des Waschtischs TR-01: Die Kante des Einbauwaschtischs (Erhabenheit) wird am Unterarm als unangenehm empfunden (Unterbauwaschbecken naheliegend). Stange-04 und 05 werden als tendenziell beengend, die Gitterboxen in sitzender Position als zu hoch positioniert empfunden. Stange-04 wird als störend bzw. nachteilig beim Verwenden der Ablage empfunden (Herumgreifen erforderlich). Relevante Modifikationen: Montage WC, Veränderung Position Gitterboxen (Modifikation Stangen nicht kurzfristig abbildbar), Handlauf fensterseitig. TR-02: Das WC auf der Bewegungsfläche schränkt den Bewegungsradius ein und erfordert teilweise erneutes Aufstehen und Versetzen des Rollators. Dennoch ist die Funktionsfähigkeit durch Unterfahrbarkeit des Waschtisch gegeben (Neubau). Hinzukommend verhindert nun das WC das Wegrutschen des Rollators nach hinten (vorteilhaft). Gitterboxen sind in veränderter Position einwandfrei zu bedienen, die Problematik von Stange-05 bezüglich Erreichbarkeit der Ablage bleibt bestehen. Der fensterseitige, horizontale Handlauf erweist sich in Kombination mit Stange-05 als zusätzlich vorteilhaft beim Aufrichten.

1.12.5. Bewertung

Wie eingangs beschrieben, erfolgte die Datenerhebung unter den simulierten Bedingungen eines Laborkontext: Alterssimulationsanzug, Funktionalitäten simulierender Prototyp, (kein Wasseranschluss, keine elektrische Verfahrbarkeit), Forschungscontainer statt realer Wohnung (fehlende räumliche Matrix). Auswertung und Protokollerstellung erfolgten zudem ausschließlich durch den Forschenden, entsprechende Unschärfe zwangsläufig inkludierend (subjektive Interpretation). Selbstredend wäre der Einbezug von ProbandInnen höheren Alters vor dem Hintergrund der Validität wünschenswert gewesen. Dies war aus versicherungstechnischen Gründen (Unfallrisiko, Werkstattkontext) nicht möglich. Inwiefern sind die Ergebnisse somit zu relativieren? Mittels Alterssimulationsanzug lassen sich körperliche Einschränkungen realistisch und mit entsprechender Validität der Ergebnisse abbilden (vgl. Filz, 2008) zeitgleich erhöhen diese die Empathie gegenüber älteren Menschen. Einerseits lässt sich somit wertvoller Input bezüglich des Entwurfsprozess generieren, andererseits führt der Aspekt der Empathie unter Umständen zum Abbau von Vorurteilen/ falschen Vorstellungen der Forschenden. Die Stichprobe mit insgesamt nur drei ProbandInnen, inklusive des Forschenden, fiel im Vergleich zu vorherigen Tests klein aus. Festzustellen ist aber auch, dass sich die Anzahl intuitiver Nutzungsarten im Bereich der Dusche überschaubar und im Falle der Szenarien an WC und Waschtisch nahezu einheitlich darstellt. Eine Elektrifizierung des Systems ist aus Gründen der sicheren Bedienbarkeit und tatsächlicher Barrierefreiheit (manuelles Schieben schafft Barriere) dringend erforderlich. Die Greifbarkeit der vertikalen Stangen konnte entschieden verbessert werden, muss aber dennoch weiter optimiert werden (Durchrutschen). Die Erweiterung des Armaturlochs erwies sich als zielführend (bessere Erreichbarkeit, Sichtbarkeit Stange-01), ebenso das Versetzen von Stange-03 (kein Einzwicken beim Greifen). Die Umgestaltung der Armaturbox unterstützt maßgeblich die intuitive Nutzung im Bereich der Dusche (Setzen, Aufrichten, Stützen), ebenso die bestehenden, bzw. hinzukommenden horizontalen physischen Assistenzen (Reling), die sich in allen Szenarien als sinnvoll erwiesen. Der nicht DIN-konforme Einbau des WC in der Bewegungsfläche vor Waschtisch, relativiert die strengen Maßgaben der DIN insofern, als lediglich Einbußen in dessen Funktionalität entstehen (Nutzungskomfort), die generelle Funktionalität jedoch erhalten bleibt. Der DIN folgend dürfte kein

WC auf der Bewegungsfläche vor WC verbaut werden, um den Wendekreis eines Rollators zu gewährleisten. In verschiedenen Tests wurde deutlich, dass sich Rollatoren umstandlos auch unter dem unterfahrbaren Waschtisch wenden lassen. Somit muss im Falle des Prototypen von Bewegungsfläche „vor“ und „unter“ dem Waschtisch gesprochen werden, siehe Abbildung.

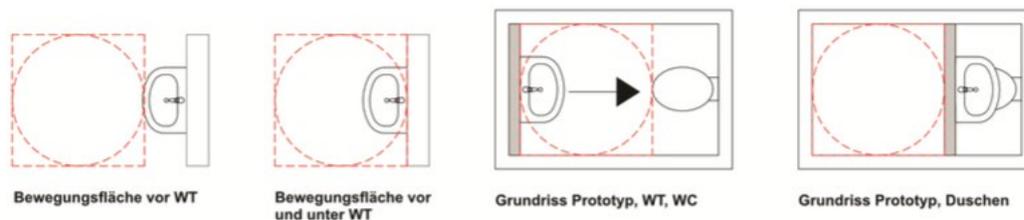


Abbildung 41: Bewegungsfläche vor und unter Waschtisch

1.13. Thesen

Forschungsfrage: „Kann ein zu entwickelndes Raum-in-Raum-System durch räumliche Interaktion und Funktionsintegration die Barrierefreiheit in Bestandsbauten (mit transferierbarem Erkenntnisgewinn für den Neubau) herstellen bzw. erhöhen?“

1.13.1. Produktsemantik

Das entwickelte Raum-in-Raum-System kann einen nachgewiesenen Beitrag zur Erhöhung der Barrierefreiheit in Bestand und Neubau, hinsichtlich der Vermeidung altersstigmatisierender Produkt-Assoziationen leisten.

Spezifische Barrieren wurden im Rahmen der Fragebogenerhebungen am Prototypen untersucht (quantitativ/qualitativ). Vereinfacht formuliert stand dabei die Entwicklung und subjektive (quantitativ/qualitative) Bewertung eines kreativen Produktvorschlags durch Fachpublikum (Stakeholder) im Vordergrund. Innerhalb der Testphase des Prototypen mittels Fragebogenerhebung, fand die nun quantitativ messbare (!) Bewertung des Aspekts altersstigmatisierender Barriere im Sinne von Produkt-Assoziationen (subjektive Bewertung von Erscheinungsbild und Funktionalität) auf Grundlage des Erhebungssettings (Präsentation) statt. Erfolg und Misserfolg beabsichtigter Assoziationen (kein Seniorenprodukt), ließen sich mittels Ordinalskalen quantitativ abbilden, qualitative Freitextfelder ermöglichten die Generierung weiterer, die Gesamtbewertung stützende Daten. Die Ergebnisse zeugen sehr eindeutig von einer Erhöhung der Barrierefreiheit durch ein explizit für ältere und von Einschränkungen betroffene Menschen gestaltetes Produkt, das aber als solches nicht wahrgenommen wird. Der Prototyp wurde auf quantitativer Ebene von der überwiegenden Mehrheit der Befragten als „modern und ansprechend“, „für alle Altersgruppen attraktiv“ und explizit mit „kein Seniorenprodukt“ bewertet, gestützt durch individuelle Bewertungen des qualitativen Parts (Freitextfelder). Besonders interessant: Physische Assistenzen (Griffstangen) als eindeutiges Hilfsmittel weckten explizit „keine Assoziationen zum Thema Alter und Hilfebedürftigkeit“. Aufgrund der vorbeschriebenen Aspekte kann konstatiert werden, dass sich mittels des Raum-In-Raum-Systems altersstigmatisierende Barrieren im Sinne negativer Produkt-Assoziationen auf vielschichtiger Ebene verringern, Barrierefreiheit erhöhen lässt sowie ein adäquater Produktvorschlag vor dem Hintergrund sich wandelnder Märkte formuliert werden konnte, dem Stigma „Seniorenprodukt“ erfolgreich entgegenwirkend.

1.13.2. Räumliche Interaktion

Die Verfahrbarkeit des Raum-in-Raum-Systems bietet durch Überlagerung von Sanitärgegenständen ein hohes ausbaufähiges Potential systeminterner Platzersparnis, sowie maßgebliche Vorteile bezüglich physischer Assistenzen und Barriere-reduzierenden, produktsemantischen Alleinstellungsmerkmalen.

In der Variante der eigenständigen Moduleinheit (ohne räumliche Matrix) erwies sich das System als barrierefreies, obgleich Typologie-gebundenes „Raumwunder“. Hinzukommend könnte die bisherige Systemgröße von 2,20 qm in einer nicht-barrierefreien Variante noch deutlich unterschritten werden, alternative Implementierungen ermöglichend (Potentiale aufbauender Forschung). Die Sinnhaftigkeit der durch räumliche Interaktion (Verfahrbarkeit) abgebildeten physischen Assistenzen (neben weiteren, nicht an räumliche Interaktion gebundenen), konnte in der qualitativen Testphase mittels Alterssimulationsanzug empirisch erfahren und belegt, sowie durch die beschriebene Optimierung auf Grundlage intuitiver Nutzungsweise, kontinuierlich fortentwickelt werden. Schlussendlich wurden alle Funktionalitäten einem Fachpublikum von 60 Personen präsentiert (Erklärung und Vorführung) und nahezu einhellig als „nachvollziehbar und sinnvoll“ für ältere Menschen erachtet, siehe vorbeschriebene Fragebogenerhebung. Als mindestens ebenso bedeutsam, erwies sich die Verfahrbarkeit des Waschtischs, als zentrales Alleinstellungsmerkmal des Systems. Der „Aha-Effekt“ beim Verschieben des Waschtischs, dem Erkennen der „versteckten“ Dusche, wurde durch alle Stakeholder kontinuierlich und durchweg positiv bewertet (empirische, nicht belegte Erfahrung). Dieser Eindruck wird gestützt durch die Fragebogenerhebungen, innerhalb derer die Verfahrbarkeit mit hoher Übereinstimmung als intuitiv, originell und sinnhaft bewertet wurde. Insbesondere auch durch räumliche Interaktion, konnte somit dem Stigma „Seniorenprodukt“ durch Schaffung eines originellen, „coolen“ und durchweg positiv aufgefassten Produkt, jenseits der Stützstrumpfästhetik, erfolgreich entgegengewirkt werden.

1.13.3. Funktionsintegration

Im Bestand ist eine räumliche Erhöhung der Barrierefreiheit durch Verbau einer kompakten „Box“ zu verzeichnen (Platzersparnis), im Neubau forciert durch Berücksichtigung des WC, begleitet durch nachweislich sinnhafte Integration von physischen Assistenzen und individuellem Zubehör; der entscheidende funktionsintegrative Aspekt jedoch ist (erneut) in der produktsemantischen Funktionalität zu verorten.

Bezüglich der Organisation von Dusche und Waschtisch auf einer Grundfläche konnten mittels Selbsttests im Alterssimulationsanzug räumliche Vorteile durch Planung einer kompakten Box sowie Entfall des Bestandswaschbeckens empirisch nachgewiesen werden (Bewegungsflächen). Für den Neubau wurde der funktionsintegrative Aspekt durch Vorsehen des WCs optimiert (Überlagerung), zusätzliche Raumersparnis generiert und die Verfahrbarkeit des Waschtischs (räumliche Interaktion) bezüglich der Integration weiterer Funktionalitäten (physische Assistenz) legitimiert. Im Bestand lässt sich hinsichtlich einer Erhöhung der Barrierefreiheit zum einen der Installationsmehrwert durch die Integration der Waschtischfunktion mittels Armaturbox hervorheben (1 Anschluss, 2 Funktionen), einen potenziellen Verbau des Systems erleichternd. Zum anderen lässt sich ein Mehrwert der Box bezüglich physischer Assistenz im Bereich der Dusche abbilden, die Barrierefreiheit nachweislich erhöhend (Verengung der Dusche). Der Aspekt einer Trocknung des Bodens beim Verfahren des Waschtischs stellt einen weiteren, bedeutenden funktionsintegrativen Aspekt dar, die zuverlässige Nutzbarkeit des Systems gewährleistet. Sinnhaftigkeit als auch Barriere reduzierende Funktionen der integrierten Assistenzen sowie des Zubehörs ließen sich vorrangig auf Grundlage der Prototypentests belegen. Profane Nutzungsoptionen des barrierefreien Badraums können somit erfüllt und durch die vorbeschriebenen Aspekte optimiert werden. Erneut entscheidend, insbesondere bezüglich einer Dekonstruktion von Barrieren, ist die Art und Weise, „wie“ dies geschieht, bzw. wie Artefakt und Nutzende durch Dritte wahrgenommen werden. Der „Coolness“-Faktor, die Antizipation eines explizit für alte Menschen gestalteten Produkts maßgeblich positiv beeinflussend, stellt eine integrierte und vor allem zentrale Funktionalität des Systems dar. Im Rahmen der Fragebogenerhebung wurden unter anderem spontan mit dem System assoziierte Begrifflichkeiten abgefragt,

wobei das Adjektiv „innovativ“ sehr eindeutig hervorstach (vermutlich auch aufgrund des funktionsintegrativen Aspekts). Die Übergänge einer Erhöhung der Barrierefreiheit gestalteten sich aufgrund des funktionsintegrativen Aspekts fließend: So stellte bspw. die eigens entwickelte Armaturbox eine zunächst rein technisch sinnvolle Maßnahme dar (Anschluss-Situation), die physische Assistenz aber vor allem produktsemantische Funktionalitäten in sich integriert, in dem diese als innovativ, schlau und damit attraktiv wahrgenommen wird. Darüber hinaus führt der funktionsintegrative Aspekt zu fließenden Übergängen zwischen Barriere-definierenden Faktoren des Kaschierens (Integrierte Stangen), als auch Markierens oder Inszenierens. So bspw. beim explizit als „Hilfsmittel“ fungierenden Waschtischs, dessen Heranfahen an das WC nun offenkundig als positiv und völlig jenseits des Behinderungstigmas aufgefasst wird. Aufgrund der vorbeschriebenen Aspekte kann konstatiert werden, dass sich mittels des funktionsintegrativen Aspekts des Raum-in-Raum-Systems Barrieren auf vielschichtiger Ebene verringern lassen und Barrierefreiheit erhöhen lässt.

1.14. Ausblick

Im Folgenden wird ein Ausblick aufbauender Forschung des Raum-in-Raum-Systems sowie der entstandene Mehrwert für Forschungsprojekte ähnlich gelagerter Kontexte formuliert. Hinsichtlich des Aspekts räumlicher Interaktion muss zum einen die denkbare (nochmalige) Verkleinerung des Raum-in-Raum-Systems erwähnt werden. Ausgehend von herkömmlichen Bewegungsflächen (VDI-Standard) ließe sich das System wesentlich kleiner und bspw. als (nicht barrierefreie) Fertignasszelle für Campingmobile konzipieren; die Überlagerung von Waschtisch und WC bietet dabei eindeutige räumliche Vorteile. Boden-Deckenstangen in verfahrbarer Variante lassen sich auch in weiteren Anwendungskontexten denken und erforschen. Bezüglich des aktuellen Systems sowie einer derzeit laufenden Elektrifizierung stellt sich die Frage, inwiefern die bisher zum manuellen Verschieben des Schlittens verwendete Stange für weitere physische Assistenzen im Bad dienlich sein kann, bspw. als aktive Unterstützung beim Gehen. Eindeutig hoher Forschungsbedarf besteht bei der intuitiven Verständlichkeit der Verschiebbarkeit des Waschtischs, die bis dato als nicht gegeben betrachtet werden muss! Hier gilt es, zielführende intuitive Nutzungsanreize zu entwickeln, obgleich durch die aktuell stattfindende Elektrifizierung und entsprechende Steuerungstechnik die Verständlichkeit des Systems stark zunehmen dürfte. Bezüglich des Aspekts der Funktionsintegration lassen sich weitere, zielgruppenspezifische Funktionalitäten entwickeln, wie bspw. eine in Gesprächen angeregte Liege auf der Rückwand des Waschtischs zur Pflege eingeschränkter Kinder. Diesen Vorschlag brachte während der Präsentationen die Mutter eines Kindes ein, dass täglich geduscht werden muss, was die Familie in Ihrem bisherigen Bad vor große räumliche Schwierigkeiten stellt. Ebenso möglich wäre eine individuelle Berücksichtigung von links- oder rechtsseitiger Lähmung nach Schlaganfall (individuelle Konfiguration). Die integrierten Griffstangen ließen sich analog zu den Boden-Deckenstangen des Marktes mit individuellen Gadgets wie Griffen, Ablage und Stehhilfen (außen liegende Stange) bespielen. Denkbar wäre zudem eine großzügige Erweiterung des Systems durch Integration der Waschmaschine als bis dato (letztes) additives Element sowie die weitere Forcierung des über- statt verlagernden Aspekts von Mobiliar zum (weiteren) Platzgewinn. Hoher Forschungs- und Handlungsbedarf besteht gemäß Evaluation hinsichtlich der integrierten Entwässerungswanne, deren Reinigung von der Mehrheit der Befragten als tendenziell schwierig bewertet wurde. Diesbezüglich wird aktuell (Demonstrator-02) eine Entwässerung mittels einer einzelnen Linear-Rinne und entsprechend angepasstem Ablauf des Waschtischs realisiert. Die Armaturbox des Systems als Kombination aus physischer Assistenz und Zulauf (Waschtisch-Dusche), beinhaltet Potentiale aufbauender Forschung insofern, als sie einen fließenden (obgleich unbeabsichtigten) Übergang zum Universal Design verkörpert, ähnliche und bestehende Konzepte (barrierefreier Waschtisch mit Griffmulden) erweiternd. Neben der beschriebenen, optimierten Entwässerung werden im Demonstrator-02 aktuell folgende Modifikationen vorgenommen: Elektrifizierung im Sinne einer automatisiert verfahrenen Schlittens, „mitfahrende“ Armatur, um das Händewaschen auf dem WC-Sitz zu ermöglichen, aktiv beim Aufstehen von WC unterstützender Waschtisch. Hinsichtlich aufbauender Forschung, stellen ProbandInnenstudien und daraus resultierende Modifikationen des Demonstrator-02, die entscheidenden

Aspekte dar. Darüber hinaus sind die bis dato noch spärlich beleuchteten Aspekte von Anlieferung und Montage zu untersuchen. Last but not least wäre das erneute Aufgreifen des Gedankens eines klappbaren Waschbeckens innerhalb des Systems denkbar (weiter Platzersparnis). Dies bedingt jedoch einen erneuten Wechsel des Fokus auf den Bestand und damit der Variante des Systems ohne WC.



Abbildung 42: Demonstrator-02 in Aluminiumbauweise, elektrifiziert

1.15. Beobachtungsstudie (Vorstudie) zur aufbauenden Forschung

In den letzten Wochen des Forschungsprojekts wurde der elektrifizierte Demonstrator-02 einer Vorstudie, basierend auf der unter "1.12 Beobachtungsstudien" beschriebenen Vorgehensweise (Think-Aloud-Methodik) unterzogen. Die Studie erfolgte erneut im Alterssimulationsanzug, jedoch aus Zeitgründen als reiner Selbsttest des Forschenden (keine weiteren ProbandInnen/ BeobachterInnen anwesend). Die konkrete Vorgehensweise wurde in den vorherigen Kapiteln eingehend erläutert. Fokus der Untersuchung stellte der nun automatisierte Waschtisch dar, weitere Funktionen des Demonstrators-01 insbesondere Dusche und Zubehör (Duschklappsitz, Assistenzen), wurden nicht baulich abgebildet und konnten daher auch nicht untersucht werden. Für die elektrifizierte Variante ließen sich innerhalb des Tests die nachstehend beschriebenen Ergebnisse erzielen, entsprechende Potentiale aufbauender Forschung beinhaltend (Ausblick). Zunächst wurde ein bis dato nicht

untersuchter bzw. erkannter Aspekt deutlich: In der elektischen Variante bietet das System ein hohes Potential aktiver physische Assistenz nicht nur in- sondern vor allem auch außerhalb der eigentlichen "Box". So assistiert der verfahrbare Schlitten aktiv beim sich Bewegen bspw. von links nach rechts und geleitet sicher vom Bereich der Dusche zum WC und umgekehrt. Beim Setzen und Wiederaufrichten am WC erwies sich die Verfahrbarkeit des Schlittens als vorteilhaft beim Einnehmen einer ergonomisch vorteilhaften Position zum Setzen, sowie selbstredend beim nun elektrisch unterstützten Aufstehen, bei dem der Schlitten nach vorne verfährt. Durch die im Demonstrator-02 abgeändert geplante Be- und Entwässerung mittels getrennter Armaturen (eine statisch im Duschrom, eine "mitfahrend" am Waschtisch) ließen sich theoretisch sowohl das Händewaschen nach dem Toilettengang, als auch Schminken, Rasieren etc. auf dem WC sitzend realisierend. Diesbezüglich erwiesen sich erneut die bereits in der Testphase Demonstrator-02 als einengend empfundenen vertikalen Haltestangen als hinderlich. Ein Problem das sich wahlweise durch Kürzen bzw. Alternative Formgebungen der Haltestangen lösen ließe. Ebenso wäre insbesondere beim Aufstehen vom WC mehr vertikale Stabilität an den bis dato als glatt empfundenen Stangen notwendig, ein Problem das im Demonstrator-01 erfolgreich durch die an den Stangen vorgesehenen Holzelemente gelöst werden konnte. Bezüglich der Betätigung des verfahrbaren Schlittens wäre wahlweise eine Sprachsteuerung oder aber eine körpergrößen-unabhängige Auslösevorrichtung ratsam (kein fixer Knopf), der sich eventuell in die vorbeschriebenen Holzelemente integrieren ließe.



Abbildung 43: Selbsttest im Alterssimulationsanzug am Demonstrator-02

4. Mobiliar

4.1. Zieldefinition

Für die Ausstattung der Musterwohnungen ergaben sich folgende übergeordnete Ziele:

- Integrativer, multifunktionaler Ausbau und ergonomische Wohnraumanpassung der Musterwohnungen mit dem Hauptaugenmerk auf Modularität und Nachrüstung von unterstützenden Assistenzsystemen.
- Integration bereits erhältlicher technischer Assistenzsysteme, und Wohnumfeld verbessernden Maßnahmen/Interventionen, um bauliche Möglichkeiten von Barrierefreiheit interaktiv darstellen zu können.
- Entwicklung, Umsetzung und Evaluation niedrigschwelliger Umbaumaßnahmen.

4.2. Planungsrichtlinien DIN Standard und Ergonomie

Eine wichtige Grundlage zur Planung von barrierefreien Wohnungen oder der Ertüchtigung von Bestandbauten stellt die DIN 18040-2 Barrierefreies Bauen - Planungsgrundlagen - Teil 2: Wohnungen dar.

Die Norm zeigt, unter welchen technischen Voraussetzungen Gebäude und bauliche Anlagen barrierefrei sind. Sie gilt für die barrierefreie Planung, Ausführung und Ausstattung von Wohnungen sowie Gebäuden mit Wohnungen und deren Außenanlagen, die der Erschließung und wohnbezogenen Nutzung dienen. Den Bedürfnissen von Menschen mit motorischen und sensorischen Einschränkungen entsprechend, werden Mindestabmessungen für Durchgänge, Bewegungs- und Rangierflächen in Bezug auf die Nutzung von Gehilfen, Rollatoren und Rollstühlen festgelegt. Dabei wird unterschieden zwischen dem Basisstandard „barrierefrei nutzbaren Wohnungen“ und dem erweiterten Standard „barrierefrei und uneingeschränkt mit dem Rollstuhl nutzbare Wohnungen (gekennzeichnet mit R)“.

Die Grundrisse der Musterwohnungen wurden im Rahmen des Forschungsprojektes hinsichtlich ihrer Bewegungsflächen nach DIN Standard analysiert und entsprechend platzoptimiert möbliert.

Der DIN entsprechend ist die gelbe Wohnung der Musterwohnungen in Amerang für Rollstuhlfahrer nicht geeignet oder nur eingeschränkt nutzbar. Teilweise ist auch die Anwendung eines Rollators in den engen Fluren erschwert. In den Wohnräumen selbst ergibt sich aufgrund großzügiger Bewegungsflächen kein Problem. Die grüne Musterwohnung ist in ihrer Raumgestaltung großzügig und kann aufgrund geeigneter Bewegungsflächen von 1,50 m durchaus von Menschen die auf einen Rollstuhl angewiesen sind genutzt werden.

Funktion	Basisstandard	R-Standard
Fortbewegung im Flur	120cm Flurbreite	120cm Flurbreite
Rangierfläche im Flur	-	150cm x 150cm
Rangierfläche in - Wohnräumen - Schlafräumen - Küchen - auf Freisitzen	120cm x 120cm	150cm x 150cm
Nutzung von Möbeln / Einrichtung mit aufwendigen Bewegungsabläufen	120cm tief entlang Küchenzeile	150cm tief entlang Küchenzeile
	120cm tief entlang Einstiegsseite Bett 90 cm tief entlang der zweiten Längsseite	150cm tief entlang Einstiegsseite Bett 120cm entlang der zweiten Längsseite
Nutzung sonstiger Möbel	90 cm tief vor dem Möbel	150cm tief vor dem Möbel
Bewegungsflächen an Türen	-	120cm x150cm bzw. 150cm x 150cm

Alle Bewegungsflächen an Möbeln und die Rangierflächen dürfen sich überlagern.

Abbildung 44: Übersicht notwendiger Bewegungsflächen

Quelle: DIN 18040-2

Um eine für den Menschen angepasste, barrierefreie Wohnumgebung zu schaffen, ist es unumgänglich neben den notwendigen Bewegungsflächen, wie sie die DIN 18040 vorschreibt, auch die menschliche Anatomie im Zusammenhang mit ergonomischen Kriterien als Grundlage mit in die Planung miteinzubeziehen.

In der DIN 33402 „Ergonomie – Körpermaße des Menschen“ sind darüber hinaus Messverfahren, Werte und Bewegungsräume normativ festgehalten, die dem Planer wichtige Informationen über Körpermaße und ihrer Variabilität geben. Auf Grundlage dieser Norm sind die im Raumpilot bemaßten Inhalte entstanden. (Joher & Loch, 2014, S. 14–15) Mit Hilfe dieser Abbildungen entstehen universelle Gestaltungsvorlagen für sämtliche Wohn- und Lebensbereiche in Bezug auf für den Menschen angepasste Höhen, Breiten und Tiefen. Diese Maßeinheiten sind unabdingbar für die Gestaltung eines dem Menschen angepassten Wohnraumes.

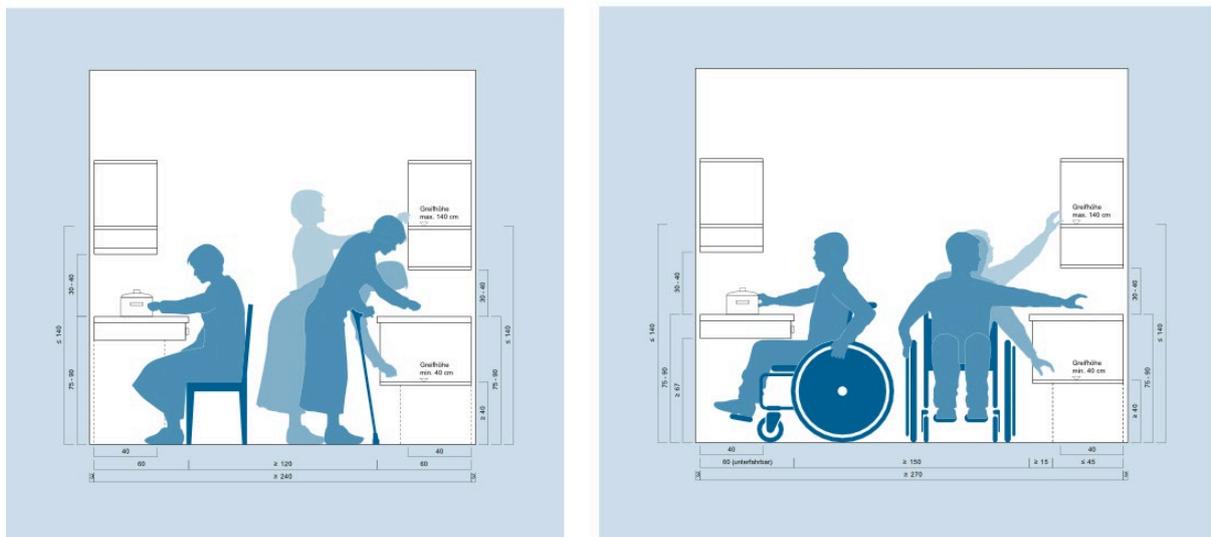


Abbildung 45: Empfohlene Arbeitshöhen für ältere Menschen (links), für Rollstuhlfahrer (rechts)

Quelle: Raumpilot Grundlagen, Wohnen, S.210/211

Die Ausstattung der Musterwohnungen erfolgte unter bestmöglicher Berücksichtigung der in der DIN-18040-2 geforderten Bewegungsflächen. Alle in den Musterwohnungen umgesetzten Möbelsysteme (Küche, Schränke, Garderobe, Regale) entsprechen aktuellen ergonomischen Standards.

4.3. Ausstattung der Wohnkompetenzzentren, Vorgehensweise

Neben des bereits erwähnten Raum-In-Raum-Systems zur barrierefreien Ertüchtigung von Bestandsbädern, konzentrierte sich das Teilprojekt "Integrativer Raum" auf die bedarfs- und bedürfnisgerechte Ausstattung der restlichen Wohnbereiche wie z.B. Schlafen, Küche, Wohnzimmer und Erschließung in den drei Wohnkompetenzzentren Amerang und Freilassing mit modularen, flexibel anpassbaren Möbelsystemen, sowie gängigen Assistenzsystemen, die die eine Nachrüstung in Bestandswohnungen erlauben, möglichst ohne massiv in die gebaute Gebäudekonstruktion eingreifen zu müssen. Die Vorgehensweise gliederte sich in mehrere Phasen, die teilweise aufgrund des zeitlichen Rahmens parallel erfolgten:

Erstens: Planung, Anfertigung und Montage der hinsichtlich Barrierefreiheit modifizierten Erstausrüstung von Möbel- und Innenausbauten, mit dem zunächst primären Ziel bereits am Markt verfügbare Systeme zeigen zu können (Funktion Musterwohnung). Zweitens: Zeitgleicher Entwicklung von innovativen Ideen, deren Konzeptionierungsphase, dem anschließenden Bau von Prototypen, Anpassungen in den Musterwohnungen, sowie drittens der abschließenden Überprüfung der verschiedenen Möbelsysteme in der Test- und Evaluations-

phase mittels qualitativer und quantitativer Erhebungsmethoden im Rahmen eines Mixed Methods Forschungsdesigns hinsichtlich Akzeptanz, Umsetzbarkeit und Nachhaltigkeit.

Die Ausstattung der Musterwohnungen erfolgte nach folgenden Standards:

- Amerang gelbe Wohnung: größtenteils neu und in mittlerem Qualitäts-Standard.
- Amerang grüne Wohnung: Erhaltung des Bestandes mit möglichst niederschwelligen baulichen Eingriffen. Ziel: kostengünstige Lösungen im Bestand
- AWO Freilassing : neu und mit hochwertigerem Qualitäts-Standard.

Die Planung der Ausstattung erfolgte in regem fachlichem Austausch mit den anderen Teilprojekten des Forschungsprojektes DH 4.0.

Die zuvor gewonnenen Ergebnisse, insbesondere der Teilprojekte TP1 und TP2 aus verschiedenen Bedarf- und Bedürfnisanalysen, Experteninterviews und Gesprächen mit Fokusgruppen, sowie Literatur Recherchen zum Thema Barrierefreies Wohnen/ Mobiliar, ermöglichten die Vorplanung zur wissenschaftlich basierten Grundausstattung der Musterwohnungen. Im interdisziplinären Team mehrerer Teilprojekte, wurden die Grundrisse der Musterwohnungen analysiert und unter weitestgehender Berücksichtigung der in der DIN-18040-2 geforderten Bewegungsflächen, die Möblierung festgelegt, sowie die Anforderungen an die verschiedenen Möbelsysteme (Küche, Schränke, Garderobe, Regale) formuliert und definiert. Anschließend erfolgte die Detailplanung (CAD basierte Werkplanungen), Fertigung in den Laboren der TH Rosenheim und Montage der Möbelsysteme in den drei Wohnkompetenzzentren durch das Teilprojekt TP 5a.

Insgesamt wurden drei Schrank- und Küchensysteme geplant und umgesetzt. Darunter zwei Neubauküchen, optimiert hinsichtlich Barrierefreiheit und rollstuhlgerechter Nutzung gemäß neuestem Stand. Die Küchen zeichnen sich durch unterfahrbare, höhenverstellbare Arbeitsplatten aus. Für die Nutzung des Stauraums unterhalb der Arbeitsplatte erfolgte die Entwicklung spezieller Rollcontainer. Zusätzlich wurde die Ausstattung mit weiteren gängigen nachrüstbaren Hilfsmitteln (Ausschwenkbeschläge für die Oberschränke, Haltestangen etc.) verbessert. Des Weiteren entstand eine niedrighschwellige Erweiterung einer Bestandsküche mit einem rollstuhlgerechten unterfahrbaren Arbeitsbereich. Die Ausstattung der Schranksysteme erfolgte ebenfalls mit verschiedenen gängigen nachrüstbaren Assistenzsystemen wie Kleiderliftern, Hosen-, und Tablarauszüge, sowie Haltestangen. Für das Treppenhaus, entstanden aus Brandschutztechnischen Gründen, reversible Halbstufen, welche mit wiederlösbaren Magnetblechen befestigt wurden und mittels eines Umschaltmagneten jederzeit auf- und abgebaut werden können.

Erkenntnisse und Schwierigkeiten, die sich während der Planungs- und Ausstattungsphase ergaben und für die keine standardisierten Lösungen gefunden werden konnten, führten zu neuen, innovativen Lösungsansätzen. In Zusammenarbeit mit Studentischen Hilfskräften wurden einige Ideen in Form von Konzepten und Prototypen umgesetzt. So entstand der Entwurf eines alters- und rollstuhlgerechten, modularen Esstisch, zum anderen das Konzept eines Garderobensystems, das sich aufgrund der modularen Bauweise an die Bedürfnisse verschiedener Nutzer, sowie an unterschiedliche Grundrissituationen anpassen kann. Für die Musterwohnungen Amerang und Freilassing wurden drei verschiedene Prototypen des Systems angefertigt. Des Weiteren entstand das Konzept und ein Prototyp eines mobilen Küchencontainers, mit dem Ziel eine temporäre Lösung zu entwickeln, die kompakt und mobil nutzbar ist, den Bedürfnissen älterer Menschen und Personen mit eingeschränkter Mobilität gerecht wird und ihnen bei Bedarf als Übergangslösung eine selbstständige Nutzung der Küche ermöglicht.

Im Folgenden werden die in den Musterwohnungen angewandten Lösungen näher dargestellt.

4.4. Eingangsbereich

Die Grundausstattung im Eingangsbereich der gelben Musterwohnung in Amerang bestand zunächst aus einem wandmontierten Klappsitz, einem Holzbrett mit Kleiderhaken auf verschiedenen Höhen und einem kleinen wandmontierten Kippregal für zwei Paar Schuhe.

Gerade hier zeigt sich das klassische Problem einer unzureichenden Barrierefreiheit in Bestandswohnungen. Der Eingangsbereich und die Verkehrswege fallen zugunsten der restlichen Wohnräume beengt aus. Mit einer typischen Gangbreite von unter 1.20 m, ist der Eingangsbereich zu schmal für die meisten klassischen Garderobensysteme, wie Regale oder Einbaumöbel.

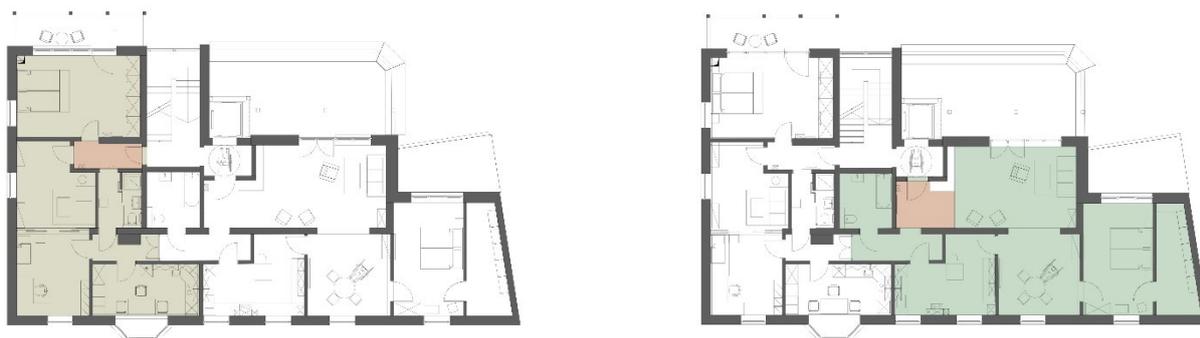


Abbildung 46: Grundrisse Wohnkompetenzzentren Amerang

Die Musterwohnung in Freilassing entspricht den in der DIN 18040-2 geforderten Bewegungsflächen. Einen tatsächlichen Eingangsbereich, als „separaten“ Raum gibt es nicht. Die Wohnung wird ebenfalls über einen 1.20 m breiten Gang betreten, der gerade genug Platz bietet, damit ein Rollstuhlfahrer ohne Umstände das Schlafzimmer sowie das Bad benutzen kann. Eine Garderobe, die hier ihren Platz finden soll, muss ebenfalls schmal sein, damit sie den Bewohner in seiner Bewegungsfreiheit nicht einschränkt.

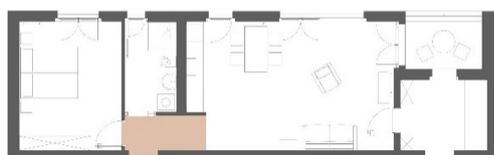


Abbildung 47: Grundriss Musterwohnung Freilassing

Enge, schmale Eingangsbereiche, die die Mindestanforderungen an Bewegungsfläche der DIN meist nicht erfüllen, erschweren im Alter das Ankommen und Verlassen der Wohnung. Des Weiteren fällt im Alter das Be- und Entkleiden von Jacken und Schuhen, sowie das Bücken, das sich Hinsetzen und Aufstehen und das Heben der Arme oftmals schwer. Hinzu kommt häufig eine Einschränkung der Beweglichkeit, die zusammen mit einer verminderten Sehkraft und einer eingeschränkten Hörfähigkeit zu einer generellen Unsicherheit und somit zu einer erhöhten Sturzgefahr führt.



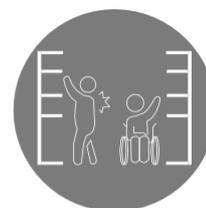
Bücken



Hinsetzen | Aufstehen



Sturzgefahr



Greifbereiche

Abbildung 48: Problembereiche im Eingang

Während der Erstausrüstung der Musterwohnungen entstand deshalb die Idee, ein modulares Garderobensystem zu entwerfen, welches in engen Eingangsbereichen funktionieren soll und sich darüber hinaus an die Bedürfnisse verschiedener Nutzer anpassen lässt. Gemeinsam mit studentischen Hilfskräften erfolgte die Entwicklung der Idee in Form einer theoretischen Konzeptionierung. In einer weiteren Arbeit fand die konstruktive Ausarbeitung anhand eines Prototypen statt. Anschließend wurden drei finale Prototypen des Systems für die Musterwohnungen Amerang und Freilassing angefertigt.

Im Folgenden werden die zwei Studienarbeiten näher vorgestellt. Auszüge aus den Studienarbeiten wurden gekürzt übernommen.

4.5. Konzeptionierung eines modularen, barrierefreien Garderobensystems

(Studienarbeit Julia Wiesinger)

Das Ziel der Arbeit bestand darin, ein Konzept für ein multifunktionales Garderobensystem zu entwickeln, das sich generationsübergreifend den Bedürfnissen verschiedener Nutzer anpassen kann und den Anforderungen einer breiten Vielfalt an Menschen gerecht wird. Als Modulsystem soll die Garderobe in verschiedenen Grundrissituationen anwendbar und erweiterbar sein. Ausgestattet mit der Möglichkeit zur Nachrüstung von Unterstützungssystemen, soll sie auch für Menschen mit Pflege- und Unterstützungsbedarf barrierefrei funktionieren. Die Arbeit umfasste Marktanalysen, Grundrissuntersuchungen sowie die Analyse von Funktionsbereichen und des Stauraumbedarfs. Basierend darauf erfolgte die Erstellung eines detaillierten Anforderungsprofils, auf das die Konzeptionierung und eine schrittweise, logische Herleitung eines Entwurfs folgte. Die Arbeit bildete die Grundlage für eine weitere Ausarbeitung und den Bau von Prototypen.

4.5.1. Theoretische Analysethemen

Marktrecherche und die Vor- & Nachteile herkömmlicher Garderobenprodukte

Das Angebot an Produkten für den Eingangsbereich ist weitreichend und vielfältig. Sucht man jedoch gezielt nach barrierefreien Garderobensystemen, erzielt man keine Ergebnisse. Bei einer Marktanalyse wurden deshalb herkömmliche Produkte auf ihre Vor- und Nachteile bezüglich Barrierefreiheit, Modularität und Anpassungsfähigkeit, sowie Stauraum- und Platzbedarf in engen Eingangssituationen untersucht. Die meisten Garderobenprodukte lassen sich in drei Kategorien einteilen:

Einzel Produkte, die für sich alleinstehen oder miteinander kombiniert werden können, brauchen meistens nicht besonders viel Platz und funktionieren gut in kleinen, engen Eingangsbereichen. Überwiegend bieten solche Produkte nicht besonders viel Stauraum. Es kann „erweitert“ werden, indem weitere Produkte hinzu gekauft werden. Sind die Produkte einmal befestigt, ist eine nachträgliche individuelle Anpassung und damit eine universelle und barrierefreie Nutzung meist nicht möglich.

Einbauschränke und Kombi-Schranksysteme sind überwiegend in einer dafür vorgesehenen Nische im Raum fest integriert und bieten durch ihre für gewöhnlich geschlossenen Fronten eine cleane, aufgeräumte Optik. Der Vorteil solcher Systeme liegt darin, dass sie viel Stauraum bieten. Sie brauchen jedoch viel Platz (Kleiderbügeltiefe 60cm) und sind für enge und schmale Räume nicht geeignet. Für Rollstuhlfahrer, aber auch für ältere Menschen sind die unteren und oberen Bereiche meist schwer zugänglich und damit nur eingeschränkt nutzbar. Auch hier ist eine nachträgliche Anpassung, sowie barrierefreie, universelle Nutzung nicht möglich.

Regalsysteme zeichnen sich durch eine offene Gestaltung aus und sind meist modular gestaltet. Der Kunde kann sich die Aufteilung je nach Bedarf selbst zusammenstellen und häufig ist auch eine nachträgliche Anpassung

teilweise möglich. Dennoch besteht auch hier der Nachteil, dass die meisten Regalsysteme zu tief und damit nicht besonders platzsparend sind.

Sie finden ihren Einsatz daher überwiegend in großzügigen Eingangsbereichen, die den entsprechenden Platz dafür bieten. Auch hier sind obere und untere Bereiche für ältere Menschen sowie für Rollstuhlfahrer nur schwer zugänglich.

Die Marktrecherche und Analyse herkömmlicher Garderobenprodukte zeigte, dass kein auf dem Markt erhältliches Produkt den Anforderungen bezüglich einer barrierefreien, modular anpassbaren, universellen Nutzung entspricht. Daraus ergibt sich ein hohes Marktpotenzial für ein modular anpassbares und barrierefreies Garderobensystem.

Analyse der Funktionsbereiche

Um die Mindestausstattung der Garderobe definieren und ein möglichst präzises Anforderungsprofil erstellen zu können, erfolgte als nächstes eine Analyse der Funktionsbereiche sowie des Stauraumbedarfs. Zum einen, um festlegen zu können, welche „Dinge“ in der Garderobe verstaut werden müssen und wie viel Platz dafür vorgesehen werden muss. Zum anderen, um besser verstehen zu können, welche Funktionen das System insgesamt zu erfüllen hat.

Es konnten vier Funktionsbereiche festgelegt werden. Zum einen dient das Garderobensystem dem Be- und Entkleiden. Zum anderen muss es Stauraum bieten, um Jacken und Schuhe verstauen zu können. Des Weiteren sollte das System Ablageflächen bieten, um einen schnellen Zugriff auf täglich benutzte Dinge wie Schlüssel, Geldbeutel etc. zu gewährleisten und zuletzt sollte die Garderobe im Sinne eines barrierefreien, universellen Gestaltens, Menschen mit Unterstützungsbedarf eine Hilfestellung bei Aktivitäten rund ums Anziehen, Hinsetzen, Aufstehen und Festhalten leisten.

Vorteile modularer Möbel

Um einer breiten Vielfalt an Menschen mit unterschiedlichen Fähigkeiten und Bedürfnissen gerecht zu werden, ist die Flexibilität und Anpassungsfähigkeit für universelle Produkte ein wichtiger Faktor. Stellt man die Fähigkeit sich anzupassen als eine Anforderung an ein Möbel, liegt es nahe, das Produkt als eine Art Baukastenprinzip zu betrachten. Mit einer festen Grundkonstruktion und frei austauschbaren Modulen, können sich die jeweiligen Nutzer das System nach Belieben selbst zusammenstellen, austauschen, erweitern, verändern und anpassen. Der Vorteil modularer Möbelkonzepte besteht also in der Fähigkeit sich dem Bedarf seines Benutzers mit überschaubarem Montageaufwand anzupassen. Einfachheit ist hierfür ein wichtiges Merkmal. Eine modulare Möbelplanung setzt eine verständliche, logische Konstruktion und eine einfache, intuitive Bedienung voraus, sodass ein selbstständiges Um- und Anbauen der Module von Menschen mit unterschiedlichen Fähigkeiten ermöglicht wird. Das System muss selbsterklärend sein. Mit einer Ausführung der Module in verschiedenen Farben und Materialien kann auch der individuelle Gestaltungsanspruch berücksichtigt werden. Dies ermöglicht den Wohn- und Lebensraum nach eigenen Vorlieben und Wünschen zu gestalten. Modulare Möbel implizieren meist auch Multifunktionalität. Ein multifunktionales Möbelsystem kann aufgrund seiner Wandlungsfähigkeit mehrere Funktionen erfüllen, die sonst unterschiedliche Einzelmöbel übernehmen würden. In engen Wohnraumsituationen trägt Multifunktionalität deshalb zu einem gut durchdachten Wohnumfeld bei und ist ein Zugewinn an Komfort. Ein weiterer Vorteil dieser Systeme ist, dass durch eine modulare Bauweise die Langlebigkeit von Produkten gesteigert werden kann. Indem das System aus mehreren austauschbaren Teilen besteht, können Einzelteile bei Bedarf, ersetzt werden, ohne dass dies einen Einfluss auf den Rest des Systems hat. Eine zunehmend älter werdende Gesellschaft und die mangelhafte Barrierefreiheit in Bestandswohnungen verdeutlicht die Notwendigkeit, dass sich die Art, wie wir unsere Umwelt, Produkte und Möbel gestalten

verändern muss. Eine angepasste Umwelt- und Produktgestaltung gehört zu den Rahmenbedingungen, die die Selbstständigkeit und Selbstbestimmung der Menschen mit Beeinträchtigungen ermöglichen. Universal Design kann hier als ein Lösungsansatz von vielen gesehen werden und fordert Produkte, die sich den Bedürfnissen vielfältiger Benutzer mit unterschiedlichen Fähigkeiten anpassen, um eine Ausgrenzung und Stigmatisierung zu vermeiden. In der Möbelplanung lässt sich diese Flexibilität und Anpassungsfähigkeit durch eine modulare Bauweise erreichen.

Anforderungsprofil

Nach der Ermittlung der Grundlagen konnte ein präzises Anforderungsprofil formuliert werden.

Die Zielgruppe des Garderobensystems wird im Sinne des Universal Designs eine breite Vielfalt an Menschen unterschiedlichen Alters und Fähigkeiten sein. Das System wird daher aus einer erweiterbaren Grundkonstruktion mit austauschbaren Modulbauteilen bestehen. Um eine optimale Handhabung zu gewährleisten und den Benutzern ein selbstständiges An- und Umbauen der Module ohne aufwändige Montage zu ermöglichen sollte das System einfach, intuitiv und selbsterklärend gestaltet sein.

Häufig benutzte Gegenstände wie Jacken und Schuhe, sollten sich auf einer ergonomisch optimal angepassten Greifhöhe befinden. Untere und obere Bereiche, die von Menschen mit motorischen Einschränkungen häufig nur unzureichend benutzt werden können, werden ausgespart, auch um Platz für das Durchschwenken der Füße eines Rollstuhlfahrers zu schaffen. Die Anpassungsfähigkeit des Systems erlaubt eine individuelle Einstellung der Höhen und ermöglicht somit auch Menschen, die auf einen Rollstuhl oder Rollator angewiesen sind eine optimale Nutzung. Damit das System auch für Menschen mit Unterstützungsbedarf funktioniert, soll es des Weiteren eine klappbare Sitzgelegenheit und Haltestangen geben.

Damit die Garderobe in engen, schmalen Eingangsbereichen funktioniert, wird der Stauraum auf ein Minimum reduziert und kann jedoch aufgrund der modularen Bauweise nach Bedarf erweitert werden. Des Weiteren soll die Garderobe über einen Spiegel verfügen, wahlweise mit integrierter Beleuchtung. Es wird eine zeitlose, wohnliche Gestaltung angestrebt, die sich optimal in den privaten Wohnraum integriert. Eine Voraussetzung dafür ist die Wahl robuster und langlebiger, sowie optisch und haptisch ansprechender Materialien.

4.5.2. Ergebnis

Das Konzept, das aufbauend auf das Anforderungsprofil entwickelt wurde, besteht aus einer Grundkonstruktion mit wand-montierten Griffstangen. Sie können einerseits zum Festhalten genutzt werden können, andererseits können mittels spezieller Ver-binder, die unterschiedliche Module ein-gehängt werden. Die Haltestangen sind in einem ergonomisch passenden Raster durch-gängig mit Bohrungen versehen, um die Module individuell auf unterschiedlichen Höhen einstellen zu können. Zu den kon-zipten Modulen, aus denen der spätere Nutzer, sein auf sich zugeschnittenes System zusammenstellen kann, gehört ein Schuh-modul, eine Ablage, eine Kleiderstange mit Haken und Halter für Krücken oder Gehstöcke. Des Weiteren wurden verschiedene Modelle von Spiegeln, sowie ein Klappsitz vorgesehen, der sich ebenfalls nach Bedarf in das Grund-system einhängen lässt.

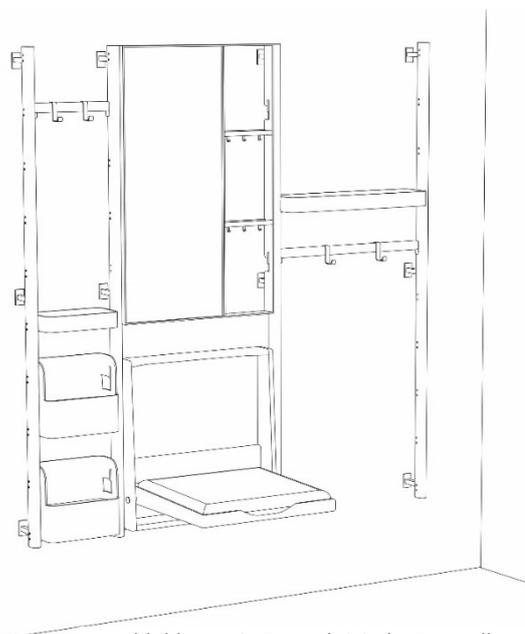


Abbildung 49: Perspektivische Darstellung
des Garderobensystems

Raster

Das Raster, das während des Entwurfsprozesses entstand und dem Konzept als Grundlage diente, wurde angepasst und optimiert. Damit die Schuhe in den dafür vorgesehenen Schuhmodulen verstaut werden können und das System eine Bandbreite von verschiedenen Schuhgrößen abdecken kann, wird in der Höhe ein Maß von 340 mm festgelegt. Die Breite von 300 mm hat sich als geeignet herausgestellt und wird beibehalten. So ergibt sich ein Raster Maß von 340 x 300 mm. In der Breite kann das System beliebig erweitert werden. Das Maß von 340 mm wird noch einmal zur Hälfte geteilt. Dies erlaubt dem späteren Benutzer eine Vielfalt an einstellbaren Höhen und eine optimale Anpassung an individuelle Bedürfnisse.



Abbildung 50: Rastereinteilung

Verbinder

Mittels spezieller Verbinder, wird ein einfaches, schnelles An- und Umbauen der Module ermöglicht. Die Verbinder können beliebig in die Rasterbohrungen der Haltegriffe gesteckt werden und die Module dann anschließend eingehängt werden.

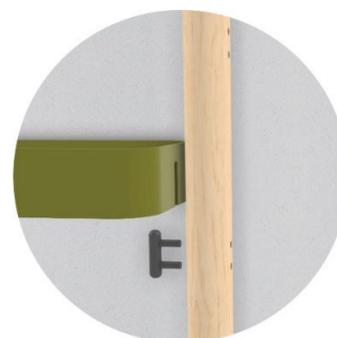


Abbildung 51: Verbinder

Grundkonstruktion

Die Haltestangen dienen dem System als „Grundkonstruktion“ in welches die verschiedenen Module mittels der Verbinder eingehängt werden. Die Bohrungen für die Verbinder sind durch das Raster Maß vorgegeben.

Die DIN-Norm 18040-2 - Barrierefreies Bauen gibt an, dass Handläufe bei Treppen einen Durchmesser von 30 - 45 mm haben sollten, mit einem Mindestabstand von ca. 5 cm zur Wand. Während der Ausarbeitung wurden

verschiedenen Querschnitte für die Haltegriffe getestet. Der festgelegte ovale Querschnitt mit einem Maß von 50 x 30 mm, dessen Form nach außen leicht spitz zu läuft, entspricht der Ergonomie der Hand und hat sich zum Greifen als besonders angenehm erwiesen. Darüber hinaus verleiht die ovale Form des Querschnitts dem System einen unaufdringlichen, leichten Charakter, im Gegensatz zu den oftmals wuchtig wirkenden herkömmlichen Haltegriffen des Gesundheitsbereichs. Die Haltegriffe werden auf der Rückseite mittels CNC-Fräsung mit Einkerbungen versehen. Dies ermöglicht ein noch besseres Haltegefühl und vermittelt zusätzliche Sicherheit beim Greifen.

Mit einem Abstand zur Wand von 6 cm, hat die Grundkonstruktion insgesamt eine Tiefe von 110 mm. Mit eingehängten Modulen, die eine maximale Tiefe von 140 mm haben, wird eine Gesamttiefe von 155 mm erreicht. Diese geringe Gesamttiefe ermöglicht einen optimalen Einsatz in schmalen und engen Eingangsbereichen.

Module

Die Modulauswahl umfasst Klappsitz, Kleiderstange mit Kleiderhaken, Spiegel in verschiedenen Ausführungen, Ablagefläche und Schuhmodul, Gehstock und Krückenhalter. Die Auswahl an verschiedenen Modulen und Systemkomponenten wie Klappsitz, ermöglicht es dem späteren Benutzer, sich sein System nach Belieben selbst zusammen zustellen. Des Weiteren hat er die Möglichkeit aus verschiedenen Farben, Größen und Varianten auszuwählen.

Anwendung in der Musterwohnung1 | Amerang

Ein weiterer Vorteil des Systems besteht darin, dass es aufgrund seiner modularen, flexiblen Bauweise bei ungünstig geschnittenen Grundrissen, aufgeteilt werden kann. Die Wand der Musterwohnung bietet zwar den Platz, um dort eine lange Variante mit einer Breite von 1500 mm anzubringen, jedoch ließe sich dann, trotz der geringen Tiefe, die Tür nicht mehr optimal öffnen. Die gegenüberliegende Anordnung des Garderobensystems ermöglicht dem Nutzer, die Griffstangen auf der anderen Seite als Aufstehhilfe zu nutzen.

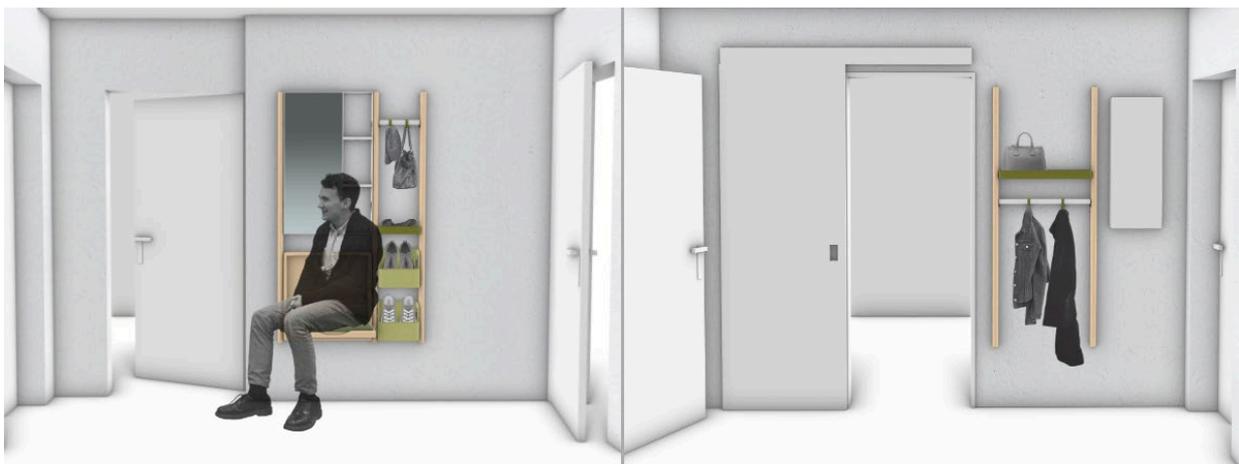


Abbildung 52: Rendering, Aufteilung des Garderobensystems in der gelben Musterwohnung Amerang

Marktrecherche Referenzprodukte

Nachdem das Konzept feststand erfolgte eine erneute Marktrecherche, mit Schwerpunkt auf modulare Regalsysteme, um eine Produktkonkurrenz auszuschließen. Drei ausgewählte Produkte wurden, um sie mit dem Konzept vergleichbar zu machen, wie zu Beginn bei der Marktanalyse der herkömmlichen Garderoben, auf Vor-

und Nachteile bezüglich Barrierefreiheit, Modularität und Anpassungsfähigkeit, sowie Stauraum- und Platzbedarf in engen Eingangssituationen untersucht.

Als Fazit konnte festgestellt werden, dass die untersuchten Referenzprodukte in Bezug auf Modularität einen ähnlichen Ansatz verfolgen. Dennoch unterscheiden sich die jeweiligen Konzepte stark in ihrer Ausführung, den Schwerpunkten und Anforderungen. Hinsichtlich der Themen Platzmangel, Barrierefreiheit und Universal Design, weisen die untersuchten Produkte meist Nachteile auf.

Entweder ist das selbstständige An- und Umbauen der Module zu komplex oder die Nachrüstung von Unterstützungssystemen nicht möglich. Auch die Regal „Stangen“ sind bei den meisten gezeigten Produkten zum Greifen und Festhalten ungeeignet. Für Ältere Menschen und Rollstuhlfahrer sind viele der Systeme nur in einem unzureichenden Maß nutzbar. Den Fokus neben Modularität auch auf Barrierefreiheit zu setzen, erhöht die Anforderungen an das Produkt. Dadurch unterscheidet sich das Konzept jedoch grundlegend von den auf dem Markt erhältlichen Regalsystemen.

4.6. Weiterentwicklung des Garderobekonzepts für die Serienfertigung mit Prototypenbau

(Studienarbeit Laura Kneilling)

Ziel der weiterführenden Arbeit war die konstruktive und fertigungstechnische Ausarbeitung des Konzepts der barrierefreien, modularen Wandgarderobe mit Fokus auf die Grundkonstruktion. Um die Konstruktion der Garderobe versuchsweise erproben zu können, wurden zwei Prototypen gefertigt und in die Musterwohnungen des Forschungsprojektes in Amerang eingebaut. Aus diesem Prototypenbau konnten verschiedene Erkenntnisse über die Montage und die konstruktive Integrität des Möbels erworben werden. Die Konstruktion wurde auf eine Produktion in Serie ausgelegt, einschließlich der Auswahl geeigneter Fertigungsverfahren und der Produktionskostenkalkulation. Für die gewählten Verfahren wurden Angebote verschiedener Firmen eingeholt. Zur Festlegung eines marktfähigen Verkaufspreises wurden Fertigungsmittel, Losgrößen und Maßnahmen zur Kostenoptimierung bestimmt.

Im Folgenden wird die konstruktive Weiterentwicklung des Konzeptes näher erläutert. Die Arbeit beinhaltet die Ausarbeitung der Haltestangen, Modulverbinder, Schuhmodule, Kleiderstange mit Haken und Ablageflächen. Klappsitz und Spiegel wurden in einer separaten Arbeit weiterentwickelt.

4.6.1. Weiterentwicklung Basisaufbau und Module

Die Aufteilung der Garderobe wird in Basisaufbau und Module festgelegt. Der Basisaufbau ist das „Grundgerüst“, in welches die Module eingehängt werden können.

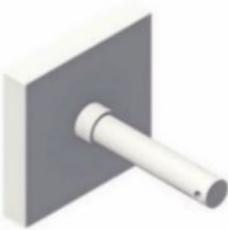
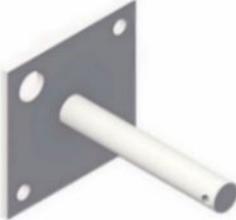
		
Wandhalter mit Abdeckkappe	Grundplatte mit Verbindungsstange	Abdeckkappe
		
Haltestange	Steckverbinder	Schraubverbinder mit Hülsenschraube

Abbildung 53: Basisaufbau

Quelle: Studienarbeit (L.Kneilling)

Ein wichtiger Bestandteil der Garderobensicherung sind die drei Wandbefestigungselemente pro Griffstange, bestehend aus Verbindungsrohr mit Anschraubplatte und deren Abdeckkappe. Die Modulverbinder sind ebenfalls Teil des Basisaufbaus. Sie wurden in zwei verschiedenen Ausführungen (Steckverbinder und Schraubverbinder) entwickelt, um sowohl einfache und leichte als auch bewegliche Module, wie den Klappsitz, halten zu können.

Die Module werden in zwei Ausführungen entwickelt. Zum einen kurze Module, für das einfache Rastermaß und zum anderen lange Module, welche für das doppelte Rastermaß des Basisaufbaus entwickelt wurden.

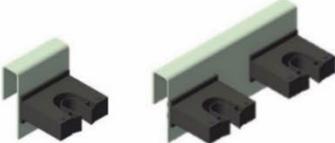
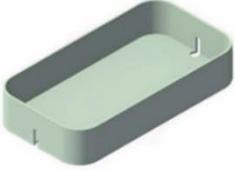
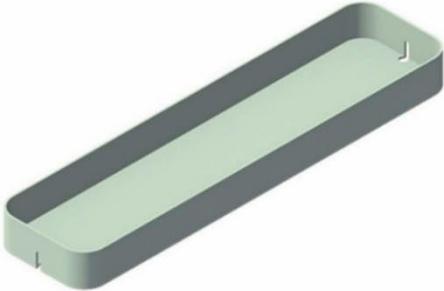
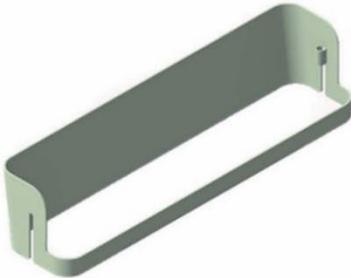
	
Kleiderstange kurz	Kleiderstange lang
	
Kleiderhaken	Gehstock-/ Krückenhalter
	
Ablage kurz	Ablage lang
	
Schuhmodul kurz	Schuhmodul lang

Abbildung 54: Grundausrüstung Module

Quelle: Studienarbeit (L.Kneilling)

Haltestangen

Die 160 cm langen Haltestangen erfüllen drei Hauptaufgaben:

- Sicherheit der Nutzer: Durch die Möglichkeit des Festhaltens wird ein sicheres Nutzen der Garderobe sowie ein sicheres Passieren ermöglicht.
- Aufnahme der Module: Die Haltestangen sind mit einem Bohrraster versehen, das das Einstecken der Verbindern ermöglicht, in das die Module eingehängt werden können.
- Sichere Verankerung des Möbels an der Wand: Die Haltestangen werden durch Wandhalter sicher an der Wand befestigt.



Das Eschenholz wird geölt, um die Holzfarbe und Maserung besser zur Geltung kommen zu lassen.

Abbildung 55: Haltestangen mit Auskerbungen

Quelle: Studienarbeit (L.Kneilling)

Wandhalter

Es gibt zwei Hauptaufgaben, die mit der Konstruktion der Wandhalterung gelöst werden müssen:

- Stabilität: Das Material der Wandhalter muss die Belastung der Garderobe in die Wand weiterleiten, ohne dabei zu versagen. Besonders wichtig ist die Berücksichtigung der Belastung durch das Klappsitzmodul der Garderobe, da hier mit einer Gewichtsbelastung von bis zu 200 kg zu rechnen ist.
- Verstellbarkeit: Die Montage der Haltestangen muss exakt im Rastermaß stattfinden, damit die Module eingehängt werden können. Zu große Abweichungen erschweren das Einhängen der Module. Um Wandunebenheiten ausgleichen zu können, sollte die Verstellbarkeit in alle Richtungen gegeben sein.

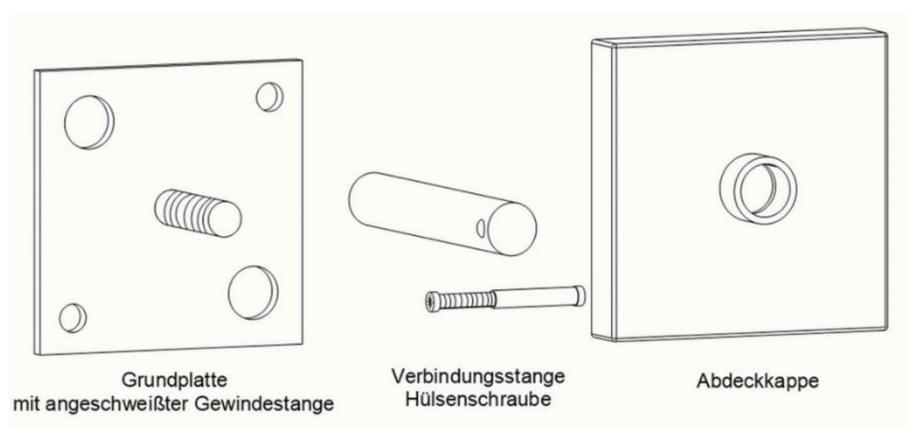


Abbildung 56: Wandhalterung

Quelle: Studienarbeit (L.Kneilling)

Verbindung zur Wand

Eine Herausforderung besteht in der erforderlichen Verstellbarkeit, die durch die üblichen Bautoleranzen und Montageungenauigkeiten bedingt ist. Die Wandhalterung sollte so konzipiert sein, dass ihre Montage durch den Endnutzer problemlos möglich ist, wodurch die Notwendigkeit einer Montage durch eine Fachkraft und damit verbundene Kosten reduziert werden. Dies erfordert, dass die Wandhalter sowohl vertikal als auch horizontal verstellbar sind und auch der Abstand zur Wand anpassbar ist. Zudem muss die Grundplatte ausreichend groß dimensioniert sein, um eine optimale Positionierung der Dübel zu ermöglichen und so das Risiko des ‚Ausreißen‘ aus der Wand zu minimieren.

Verbindung der Grundplatte zur Haltestange

Die Sicherung des Wandhalters an der Haltestange sollte unauffällig, jedoch äußerst stabil gestaltet sein, um die Übertragung hoher Kräfte zu gewährleisten. Die finale Fixierung erfolgt durch eine Hülsenschraube. Zusätzlich wurde eine Abdeckkappe konzipiert, die über die Grundplatte der Wandhalterung geschoben wird, um sichtbare Bohrungen und Schrauben abzudecken. Abdeckkappe und Verbindungsstange werden in Weiß ausgeführt, damit sich die Halterung optisch zurückhaltend in die Wandgestaltung einfügt. Die Komponenten der Wandhalterung werden aus Stahl geplant.

Modulverbinder

Die Modulverbinder bilden die Schnittstelle zwischen den Haltestangen und den Modulen. Diese Verbindungselemente müssen verschiedene Anforderungen erfüllen:

- Möglichst einfache, intuitive Montage
- Verstellmöglichkeiten der Module in der Haltestange
- Sicherung der Verbindung (kein Herunterfallen der Module)
- Belastbare Verbindung (Einhängen und Nutzen von Klappsitz als größtmöglicher Belastungsfall)

Die Modulverbinder sind in zwei Ausführungen geplant: ein **Steckverbinder** gemäß dem ursprünglichen Konzept und ein weiterentwickelter **Schraubverbinder**, bei dem eine Hülsenschraube als zusätzliche Sicherung dient. Der Steckverbinder wird für die Basismodule wie Schuhablage, Kleiderstange und Ablageflächen eingesetzt, während der Schraubverbinder speziell für die Sicherung des Klappsitzes und der Spiegelmodule vorgesehen ist..

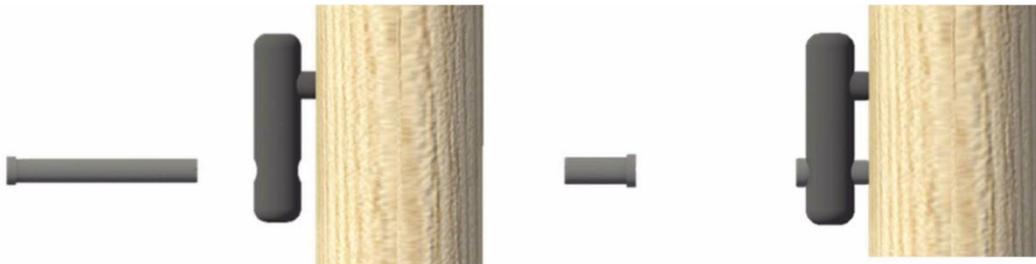


Abbildung 57: Funktionsweise Schraubverbinder

Quelle: Studienarbeit (L.Kneilling)

Durch das An- und Umbauen der Garderobe werden die Modulverbinder einer starken Reibung ausgesetzt. Eloxiertes Aluminium weist eine hohe Stabilität und Beständigkeit auf und verhindert, dass die farbige Beschichtung an die Haltestangen transferiert wird. Hier eignet sich Aluminium EN AW-6060 wegen seiner guten Eloxierbarkeit.

Dimensionierung der Modulverbinder

Die höchste Beanspruchung des Modulverbinders tritt bei der Verwendung eines Klappsitzes auf. Der kritische Querschnitt, der die Last vom Modul zur Haltestange überträgt, ist der $\varnothing 6\text{mm}$ Aluminiumstift. Laut DIN EN 12520 werden Sitzmöbel mit einem Gewicht von Personen bis zu 110 kg geprüft. Es werden bis zu 1300 N auf die Testflächen aufgebracht. Durch eine Berechnung der zulässigen Spannungen im Material mit Gewichtsannahmen nach DIN 12520, konnte bestätigt werden, dass die Dimensionierung des Modulverbinders mit einem $\varnothing 6\text{mm}$ Stift ausreichend ist. Die Modulverbinder sind in der Lage, die zu erwartende Belastung aushalten, ohne dass Materialversagen zu befürchten ist.

Kleiderstange

Die Kleiderstange dient der Aufnahme von Kleiderhaken und Gehstock-/Krückenhalter. Anders als ursprünglich im Konzept vorgesehen wurde entschieden Eschenholz statt Aluminium zu verwenden. Der Holzeinsatz rundet das Möbel optisch ab und kreiert eine visuelle Verbindung zwischen den Haltestangen. Des Weiteren lässt sich die Kleiderstange in Holz kostengünstiger und effizienter fertigen. Durch das robuste Eschenholz kann die Kleiderstange der Belastung durch schwere daran aufgehängte Gegenstände standhalten. Die Oberfläche wird geölt.

Kleiderhaken

Die neue Form des Kleiderhakens befindet sich auf gleicher vertikaler Ebene wie die der Kleiderstange, wodurch der Nutzer weniger Gefahr läuft, daran hängen zu bleiben. Die Kleiderhaken werden aus eloxiertem Aluminium geplant.

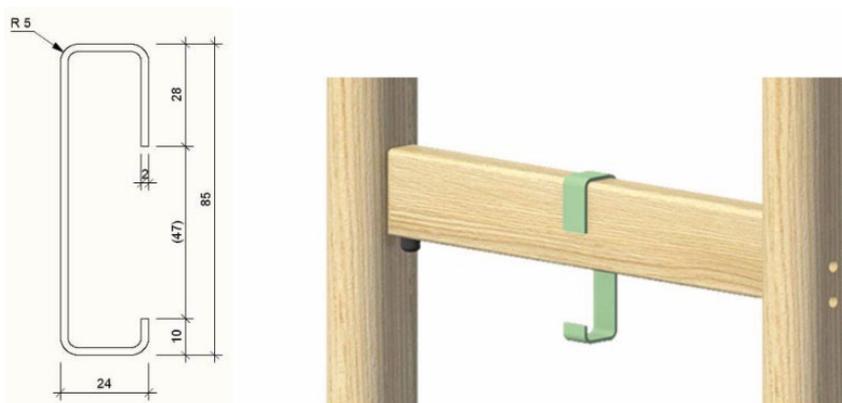


Abbildung 58: Darstellung Kleiderstange mit Haken

Quelle: Studienarbeit (L.Kneilling)

Gehstock-/ Krückenhalter

Gehstöcke und Krücken müssen so aufbewahrt werden, dass sie kein Sicherheitsrisiko darstellen, indem sie zur Stolperfalle werden. Die sicherste Methode ist das Einspannen am Rohr, da die Hilfsmittel so fest verankert werden und ein Umfallen verhindert wird. Da bereits erprobte Produkte existieren, die speziell für diesen Zweck geeignet sind, wurde entschieden, eine Halterung als Zukaufteil in die Garderobe zu integrieren.

Der Toolflex One ist eine Universalhalterung für Stieldurchmesser von 15-35 mm. Der Halter wird durch Schrauben oder Kleben an einem Haken befestigt, welcher wiederum ganz einfach auf die Kleiderstange aufgesteckt wird. So lässt sich der Toolflex One einfach in das modulare Garderobensystem integrieren. Der Haken wird ebenfalls aus eloxiertem Aluminium mit einer Stärke von 2mm hergestellt.

Bei der Krückenhalterung wurden zwei Halter auf einem gemeinsamen Haken angeordnet, um die Stabilität des Moduls zu erhöhen. Die Krücken sind dadurch immer in idealem Abstand zueinander positioniert, wodurch wiederum Platz gespart werden kann.

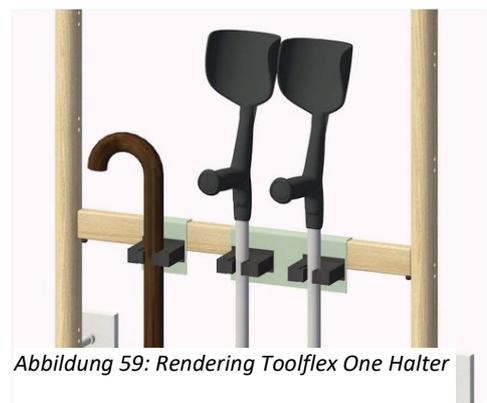


Abbildung 59: Rendering Toolflex One Halter

Quelle: Studienarbeit (L.Kneilling)

Ablage

Die Ablage dient der Aufbewahrung von kleinen Gegenständen wie Geldbeutel, Schlüssel, Taschen und Ähnlichem. Bei Betreten der Wohnung sollten diese Gegenstände schnell und einfach abgelegt werden können. Ebenso sollen benötigte Utensilien beim Verlassen der Wohnung leicht auffindbar und griffbereit sein. Die abgerundeten Ecken sind ein weiteres Merkmal für die Barrierefreiheit des Möbels, da sie die Verletzungsgefahr reduzieren. Form und Abmessungen der Ablage aus dem Konzept wurden beibehalten.

Um eine systematische Objektaufbewahrung zu ermöglichen, können der Ablage Unterteilungen hinzugefügt werden. Eine Zweiteilung des Moduls ermöglicht mehr Ordnung beim Ablegen unterschiedlicher Gegenstände. Eine mögliche tiefere Ablage kann für mehr Stauraum sorgen. Mehr Fachunterteilungen bieten vielfältige Aufbewahrungsmöglichkeiten, beispielsweise können Flaschen, Regenschirme oder andere Gegenstände aufrechtstehend gelagert werden.

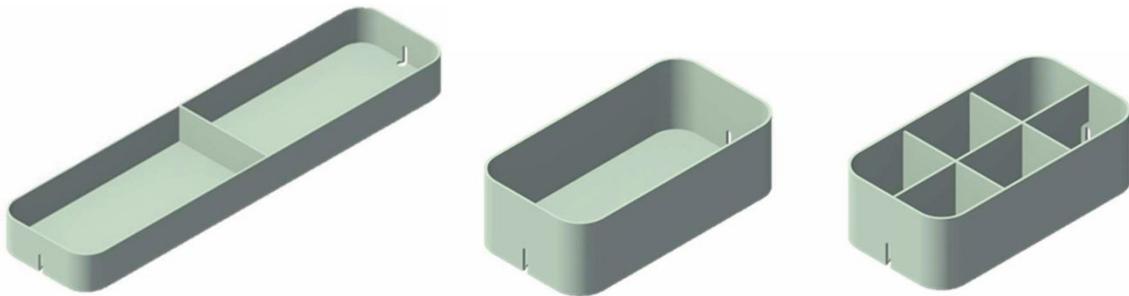


Abbildung 60: Ablageflächen groß und klein, mit Unterteilungen

Quelle: Studienarbeit (L.Kneilling)

Schuhmodul

Im Konzept besteht das Schuhmodul aus einem Aluminiumkörper mit Ausfräsungen für die Modulverbinder. Die Öffnung an der Rückseite dient der einfacheren Säuberung der Module.

Im Zuge der Weiterentwicklung der Schuhaufbewahrung wurde eine weitere Modularisierung beschlossen. Die aufrechtstehende Position der Schuhe im Modul wurde beibehalten. Der obere Teil des Schuhmoduls dient dem Anlehnen der Schuhsohlen. Der untere Teil dient dem Halten der Schuhe durch das Abstützen der Schuhspitzen. Durch die Aufteilung dieser beiden Funktionen in zwei Einzelteile entstehen einige Vorteile:

- Einfacheres Einhängen in die Modulverbinder
- Einfacheres Säubern der Module
- Kostengünstigere Herstellung durch vereinfachte Form
- Weitere Nutzungsmöglichkeiten der einzelnen Module

Für die Funktion des Abstützens der Schuhspitze stellte sich die bereits entwickelte Ablage als geeignet heraus. Für die Funktion des Anlehns der Schuhsohle wurde eine neue Modulform entwickelt. Hierfür wurden verschiedene Entwürfe 3D gedruckt und mit Hilfe unterschiedlicher Schuhtypen getestet.

Das neue Schuhmodul mit Bügel muss stets mit einer Ablage kombiniert werden, um das Schuhset zu bilden. Der Bügel verhindert, dass Schuhe seitlich oder frontal kippen können, da sie nun zwischen Rückwand und Bügel verkeilt werden.

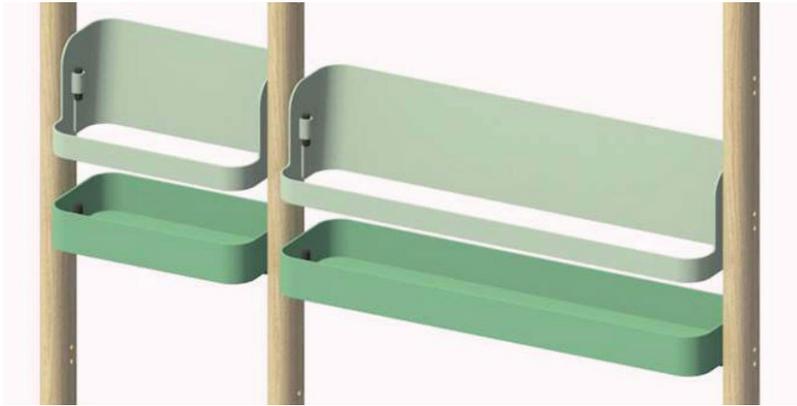


Abbildung 61: Schuhset

Quelle: Studienarbeit (L.Kneilling)

4.6.2. Bau und Montage der Prototypen

Im Verlauf der Entwicklung der Wandgarderobe erfolgte der Bau zweier Prototypen, um die Konstruktion zu testen und weitere Erkenntnisse zu gewinnen.

Der erster Prototyp der Garderobe wurde gebaut, um die Funktionalität des Basisaufbaus zu testen. Eine Prüfung erfolgte sowohl für die Funktionsfähigkeit der Haltestangen, Wandhalterungen und Modulverbinder als auch für die Interaktionen zwischen diesen Elementen und deren Schnittstelle zu den Modulen. Ein Test des ersten Prototyps durch Probanden war nicht vorgesehen. Deshalb wurden die Haltestangen nicht rund gefräst, keine Oberflächenbehandlungen durchgeführt und lediglich die technisch notwendigen Bohrungen angebracht.

Um die Verstellbarkeit der Wandhalter zu testen wurde eine schiefe Wand simuliert. Die Montage an der Werkstoffplatte erwies sich als unkompliziert, die Wandhalterungen konnten in allen drei Ebenen problemlos justiert werden. Die Kleiderstangen als Abstandshalter stellten sich bei der Montage der zweiten und dritten Haltestange als hilfreich heraus.

Die Modulverbinder ließen sich ohne Kraftaufwand in die Rasterbohrungen stecken und fanden dennoch genug Halt in den Bohrungen. Das Einhängen der Module wurde als sehr intuitiver und einfacher Prozess empfunden. Die Schraubverbinder ließen sich ebenfalls einfach montieren. Im Vergleich zum Steckverbinder ist der Montage Aufwand durch das Anschrauben etwas höher.



Abbildung 62: Erster Versuchsaufbau (links), Prototyp Schuhset (rechts)

Quelle: Studienarbeit (L.Kneilling)

Der zweite Prototyp wurde für die Montage in den Musterwohnungen in Amerang entwickelt, um die Wandgarderobe durch Probanden der Zielgruppe zu testen. Die Fragebogenerhebungen sollten zusätzliche Erkenntnisse zur Akzeptanz, Umsetzbarkeit und Nachhaltigkeit liefern und so zur Weiterentwicklung und Optimierung des Möbels beitragen (siehe Abschnitt ‚Evaluation‘). Der zweite Prototyp wurde umfangreicher gefertigt als der erste, mit dem Ziel, die Garderobe als professionell gefertigtes Möbelstück erscheinen zu lassen. Während der Herstellung der Haltestangen wurde die endgültige Tiefe der Auskerbungen festgelegt. Des Weiteren wurden Halte- und Kleiderstangen geölt, um das Holz zu schützen und die Maserung sowie Farbgebung zu betonen. Die Ablagen und Schuhmodule wurden im 3D-Druckverfahren Fused Deposition Modeling (FDM) unter Verwendung von PLA-Filament hergestellt. Um die Rillen der Druckschichten zu reduzieren, wurden die Module vor dem Lackieren mehrfach grundiert und anschließend in den ausgewählten Farbtönen lackiert.

Musterwohnung 1

Die Garderobekonfiguration, die für diese Wohnung vorgesehen war, bestand aus drei Haltestangen auf der einen Flurseite und zwei Haltestangen auf der gegenüberliegenden Wandseite. Eine spätere Ausstattung mit Klappsitz und Spiegel sollte vorgesehen werden.



Abbildung 63: Anwendung Prototyp 1 in der gelben Musterwohnung Amerang, System aufgeteilt auf den gegenüberliegenden Wandseiten, zusätzlich mit Klappsitz und Spiegel

Musterwohnung 2

Die Garderobe für die zweite Musterwohnung wurde so konzipiert, dass sie auch von Rollstuhlfahrern optimal genutzt werden kann. Vier Haltestangen wurden jeweils in doppeltem Breitenrastermaß montiert. Der verfügbare Raum wird so effizient genutzt und die Garderobe bietet ausreichend Stauraum für Schuhe und Jacken. Spiegel und Klappsitz können nachträglich integriert werden.



Abbildung 64: Anwendung Prototyp 2 in der grünen Wohnung in Amerang, rollstuhlgerechte Aufteilung

4.6.3. Erkenntnisse aus der Montage des Prototyps

Während der Montage traten keine unvorhergesehenen Probleme auf. Das Ausrichtungssystem der Wandhalter und Haltestangen funktionierte gut, jedoch war der Montageaufwand höher als erwartet, wie die Befestigung der Wandhalter an der Mauerwerkswand in Amerang zeigte. Für eine Garderobe mit drei Haltestangen müssen neun Wandhalter und somit 36 Löcher gebohrt werden. Zur Reduzierung des Montageaufwands könnte die Anzahl der Dübel bei der Wandhalterbefestigung verringert werden. Bei der Verwendung eines Klappsitzes sollte jedoch die volle Dübel Anzahl aus Sicherheitsgründen beibehalten werden. In Fällen ohne Klappsitz könnte die Anzahl der Befestigungspunkte reduziert werden. Die Verwendung von vier Dübeln pro Wandhalter bietet sich bei Mauerwerken mit geringem Halt an. Das Ausmessen der Position der Wandhalter ist ebenfalls zeitaufwändig. Durch die Entwicklung einer Montageschablone könnte das Ausmessen und Anzeichnen der Wandhalterpositionen einfacher und schneller werden. Die Justierung der Wandhalterungen funktionierte einwandfrei. Alle Wandhalterungen und Haltestangen konnten korrekt ausgerichtet werden. Dies ermöglichte ein problemloses Einhängen der Module.

Die Selbstmontage durch einen Käufer mit handwerklicher Erfahrung ist möglich, der Zeitaufwand könnte jedoch noch höher ausfallen. Eine Montageschablone wäre in diesem Fall ebenfalls hilfreich. Da die sachgemäße Verankerung in der Wand für die Sicherheit der Nutzer entscheidend ist, sollte die Montage beim Kauf der Garderobe immer als Service angeboten werden.

In einer weiteren Arbeit erfolgte die konstruktive Weiterentwicklung des Klappsitzes und ein Prototyp eines Smart Mirror. Zudem wurde noch ein weiteres Garderobensystem für die Musterwohnung in Freilassing gebaut.



Abbildung 65: Anwendung Prototyp in der Musterwohnung Freilassing

4.7. Schranksysteme

Für die Musterwohnungen wurden insgesamt drei Schranksysteme geplant und umgesetzt. In Amerang erfolgte die Planung einer integrierten Schrankwand für das Schlafzimmer der gelben Wohnung. Für das Schlafzimmer der grünen Wohnung sowie für die Musterwohnung in Freilassing wurden zwei rollstuhlgerechte, wandmontierte Kleiderschranksysteme realisiert. Die Systeme sind mit einer Auswahl an gängigen, nachrüstbaren Assistenzsystemen ausgestattet, wie Kleiderlifter, Hosen- und Tablarauszüge sowie integrierte Haltegriffe. Für die Ausstattung der Schanksysteme hatte man sich in Zusammenarbeit mit dem Teilprojekt Ergonomie und Mobilitätsförderung für folgende Lösungen entschieden:

- Wenn möglich **wandhängend und unterfahrbar**. Untere und obere Stauraumbereiche sind für Menschen, die auf einen Rollstuhl angewiesen sind, nur schwer zugänglich. Deshalb sollten Greifräume bei der Planung eines rollstuhlgerechten Kleiderschranks besonders beachtet werden. Zusätzlich ermöglicht ein wandhängender Kleiderschrank ein Durchschwenken der Füße, so können benötigte Bewegungsflächen vor dem Schrank weiterhin optimal genutzt werden können. Ein Problem besteht darin, dass die relativ schweren, wandhängenden und unterfahrbaren Kleiderschränke für eine sichere Befestigung solide Wände benötigen, die gerade in älteren Bestandswohnungen oft mangelhaft oder unzureichend gegeben sind.
- Ein **Kleiderlift** ermöglicht in einem moderaten Maß die Nutzung der oberen Stauraumbereiche, die sonst nur schwer zugänglich sind und unterstützt Menschen, die in der Beweglichkeit des Oberkörpers eingeschränkt sind.
- Eine **Reling auf Greifhöhe** kann als Sturzprophylaxe dienen und erhöht den Komfort und die Sicherheit.
- Eine **Integrierte Beleuchtung** dient der besseren Sichtbarkeit und Orientierung.

- **Ordnungssysteme** (wie z.B. Hosenauszüge und Tablar Auszüge) tragen ebenso zur besseren Orientierung und Übersicht bei.
- **Schiebetüren** sind empfehlenswert, weil sie leichter zu bedienen sind, insbesondere für Menschen, die auf einen Rollstuhl angewiesen sind, aber auch für Menschen mit motorischen Einschränkungen. Die Bewegungsfläche vor dem Schrank, die zum Rangieren mit dem Rollstuhl benötigt wird, wird durch das seitliche Verschieben der Türen, freigehalten. Bei der Planung sollte besonders auf eine leichtgängige Führung, sowie auf ergonomisch angepasste Griffe geachtet werden.
- Empfehlenswert sind auch **Schubläden** statt offene Fächer. Sie sind leicht in der Handhabung und tragen zur einer übersichtlichen Ordnung bei und somit zu einer besseren Orientierung bei.

Generell ist darauf zu achten, dass obere Stauraumbereiche sicher zugänglich gemacht werden. Viele bewegungseingeschränkte Menschen nutzen **Greifzagen**, um sich Zugang zu oberen Stauraumeinheiten zu verschaffen. Die Nutzung dieser schwer zugänglichen Bereiche beschränkt sich dabei auf leichte und gute greifbare Utensilien, wie beispielsweise Kleidung, Tücher etc. Im Zuge des Projektes konnte keine akzeptable Lösung, die den Anforderungen (bzgl. Platz- und Kostentechnisch minimal invasiv) entspricht, gefunden werden. Es entstand die Idee eines integrierten Paternostersystems. In der Industrie ist die Verwendung von Paternostersystemen Standard, die Technik dahinter ist nicht neu. Für den privaten Wohnbereich, hat sich das Paternostersystem offensichtlich noch nicht durchsetzen können, da bei der Recherche keine brauchbaren Systeme gefunden werden konnten. Hier müsste das System gegebenenfalls neu gedacht und entwickelt werden.

Zudem benötigt ein Paternostersystem ausreichend viel Platz, um die benötigte Technik, wie Motor, Riemenantriebe etc. unterbringen zu können. An Platz mangelt es jedoch häufig in Bestandswohnungen. Mit den vorhandenen Ressourcen, konnte diese Idee während des Projektes nicht weiterverfolgt werden.

Des Weiteren stand zur Diskussion, einen Schrankbutler in die Schrankwand der gelben Wohnung zu verbauen. Das patentierte System der Schreinerei Manfred Phillip, funktioniert mittels Schienensystem und Elektroantrieb. Hierbei wird ein innenliegender Korpus nach vorne gezogen und senkt sich anschließend dank Elektroantrieb mit integrierter Handsteuerung per Knopfdruck auf jede beliebige Höhe ab. Nach dem Befüllen oder der Entnahme benötigter Utensilien fährt der Korpus zurück in die ursprüngliche Höhe und wird in die Ausgangsposition geschoben. Zu den weiteren Vorteilen des Systems gehören zum einen, die Möglichkeit zur flexiblen Einteilung, die auf individuelle Bedürfnisse angepasst werden kann, zum anderen die modulare Bauweise, die auch eine nachrüstbare Ausstattung in bestehende Kleiderschränke ermöglicht. (<https://www.furnawo.de/de/produkte/schrankbutler>) Aufgrund der hohen Kosten, entschied man sich im Projekt gegen den Einbau eines Schrankbutlers.

Alle Ausstattungsentensilien und Ordnungssysteme wie Kleiderlifter, Hosenauszug etc. lassen sich in bestehende Schränke nachrüsten. Auch bestehende Kleiderschränke können so individuell und den eigenen Bedürfnissen entsprechend angepasst werden und so mehr Komfort und Unterstützung im Alltag bieten.



Abbildung 66: funktionale Schrankwand in der gelben Musterwohnung Amerang (links), unterfahrbare, rollstuhlgerechte Kleiderschrank in der Musterwohnung Freilassing (rechts)



Abbildung 67: Anwendung Kleiderlifter



Abbildung 68: Anwendung Haltestange als Sturzprophylaxe

4.8. Barrierefreies Kochen

Eine ergonomisch gestaltete Küche ermöglicht es durch die Anpassung verschiedener Elemente und die richtige Anordnung der Funktionen alltägliche Aufgaben möglichst belastungsarm und ökonomisch auszuführen. Eine entscheidende Rolle spielt hierbei die Anordnung der einzelnen Küchenelemente, sowie modulare und nachrüstbare Elemente, die nach Bedarf hinzugefügt werden können. Da sich das Projekt nicht nur auf Menschen mit verschiedenen Einschränkungen konzentriert, sondern darüber hinaus auch deren Angehörige mit einbezieht, ist eine individuelle Anpassung naheliegend und notwendig. Nicht jede Lösung ist für jeden sinnvoll. Küchenplanung ist im Einzelfall sehr individuell zu betrachten. Zu Anschauungs- und Testzwecken und um einer breiten Vielfalt an späteren Nutzern gerecht zu werden, war das Ziel bei der Planung der Küchen in den Musterwohnungen, eine umfangreiche Vielfalt an verschiedenen Möglichkeiten und Lösungen abzubilden, statt sich auf Lösungen für eine spezifische Nutzergruppe zu beschränken. Eine verstellbare Arbeitshöhe ermöglicht beispielsweise eine Anpassung an die Bedürfnisse und die Körpergröße verschiedener Nutzer, in ein und demselben Haushalt. Ein integriertes Liftsystem der Oberschränke, garantiert zwar keine Nutzung aus dem Rollstuhl, erweitert aber Greifräume, während ein Handlauf entlang der Arbeitsplatte, der bei Bedarf nachgerüstet werden kann, eine zusätzliche Haltemöglichkeit bietet und so als Sturz Prophylaxe dienen kann.

4.8.1. Küchenkonzept Musterwohnungen

Für die Musterwohnungen wurden drei Küchensysteme geplant und umgesetzt. Für Freilassung und die gelbe Wohnung in Amerang entstanden zwei Neubauküchen, optimiert hinsichtlich Barrierefreiheit und rollstuhlgerechter Nutzung gemäß neuestem Stand. Die Neubauküchen zeichnen sich durch unterfahrbare, höhenverstellbare Arbeitsplatten aus. Um trotzdem den Stauraum unterhalb der Küche nutzbar zu machen erfolgte die Entwicklung spezieller Rollcontainer. Zusätzlich wurde die Ausstattung mit weiteren gängigen Hilfsmitteln (Ausschwenkbeschläge für die Oberschränke, Haltestangen etc.), die sich zu großen Teilen nachrüsten lassen, verbessert. Für die grüne Wohnung, in der eine Küche bereits vorhanden war, entstand eine niedrigschwellige Erweiterung der Bestandsküche mit einem rollstuhlgerechten unterfahrbaren Arbeitsbereich.

Planungsrichtlinien und ergonomische Messwerte sind dem Buch Raumpilot entnommen.

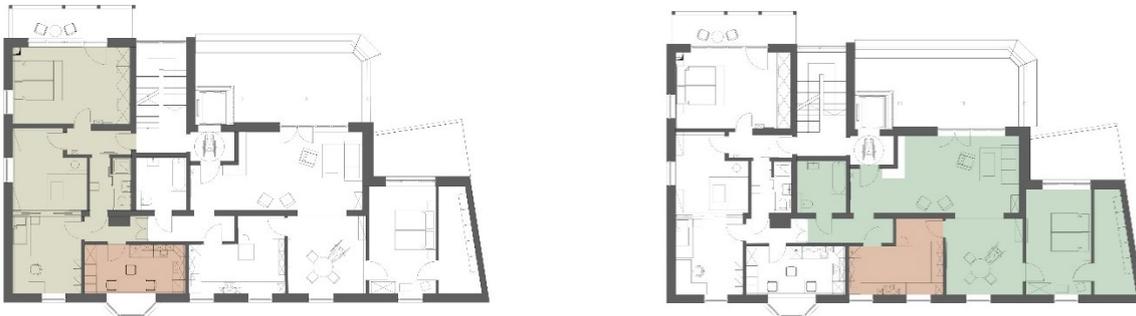


Abbildung 69: Grundrisse Wohnkompetenzzentren Amerang, Position Küche

4.8.2. Amerang grüne WHG

Küchenkonzept Bestand erweitern -> Ziel: Low budgeted

Das Konzept für die Küche der grünen Wohnung bestand darin, die Küche mit geringem Aufwand möglichst rollstuhlgerecht nutzbar zu machen. Der Raum verfügte bereits über eine vorhandene Bestandsküche und bot ausreichend Platz die Arbeitsfläche um einen barrierefreien, unterfahrbaren Arbeitsbereich für eine Rollstuhl gerechte Nutzung zu erweitern.

Für die Küche der grünen Wohnung entschied man sich während der Planungsphase zusammenfassend für folgende Lösungen:

- Statt die vorhandene Küche umzurüsten, entstand eine weitere, unterfahrbare Arbeitsfläche für eine zusätzliche rollstuhlgerechte Nutzung.
- Vorhandene Oberschränke wurden mit Liftsystemen ausgestattet um Greifräume zu erweitern. Die Küche wurde um weitere Oberschränke ergänzt.
- Die Bestandsküche wurde mit handelsüblichen, preisgünstigen Leuchten nachgerüstet, um bessere Orientierung und Sichtbarkeit zu garantieren. (Mehr dazu im Kapitel Licht)

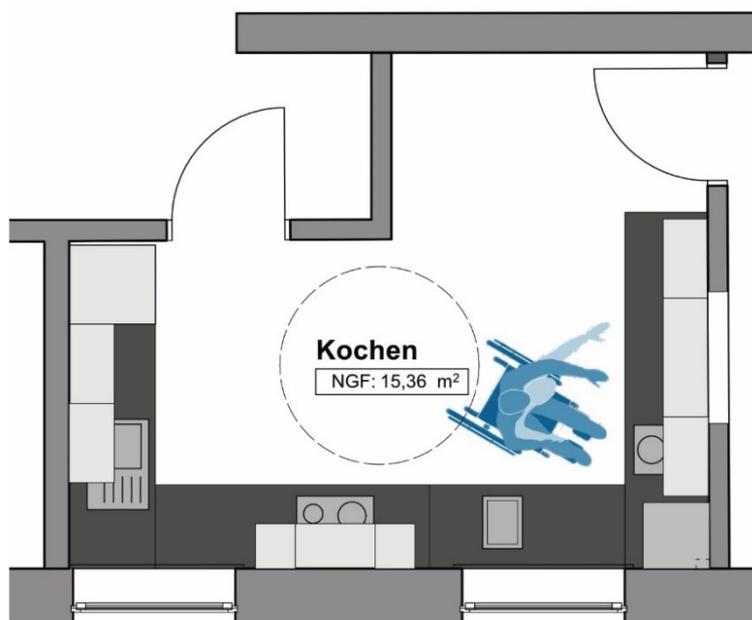


Abbildung 70: Entwurfsplanung Grundriss grüne Küche mit Erweiterung



Abbildung 71: Bestandsküche in der grünen Musterwohnung Amerang



Abbildung 72: Erweiterung der Bestandsküche mit Arbeitsfläche auf Sitzhöhe und zusätzlichen Oberschränken

4.8.3. Amerang gelbe WHG

Küchenkonzept Neubau -> Ziel: obere Mittelklasse

Das Konzept für die Neubauküche der kleineren gelben Wohnung bestand darin, möglichst vielfältige Lösungen anzubieten.

- **Geräte auf ergonomischer und rollstuhlgerechter Höhe** anordnen, um ein starkes Bücken zu vermeiden (Kühlschrank, Backofen). Eine Ausnahme bildet die Spülmaschine. Hier entschied man sich für ein Modell, bei dem die Körbe nach oben herauschwenkbar sind. Ein ständiges und lang anhaltendes Bücken wird somit ebenso vermieden und das Ein- und Ausräumen von Geschirr wird erleichtert.
- Übereck Lösung mit einer **unterfahrbaren, motorisch höhenverstellbaren Arbeitsplatte**. Der Spülbereich mit einem entsprechend flachen Waschbecken und der Herd sind ebenfalls unterfahrbar, was eine vollständige rollstuhlgerechte Nutzung der Küche ermöglicht. Ebenso wird ein seitliches Heranfahren an die Spülmaschine ermöglicht und die Nutzung dadurch erleichtert. Eine höhenverstellbare Arbeitsplatte erlaubt außerdem eine individuelle, bedarfsgerechte Anpassung, sodass die Küche flexibel von verschiedenen Personengruppen genutzt werden kann.
- **Oberschränke ausgestattet mit Liftsystemen**, ermöglichen zwar keine Bedienung aus dem Rollstuhl heraus, können jedoch Menschen, die in der Bewegung des Oberkörpers eingeschränkt sind unterstützen. Der Ausschwenkbeschlag kann nachgerüstet werden und dient der barriere reduzierten Nutzung von Oberschränken, die andernfalls nicht oder nur eingeschränkt nutzbar wären. Da der Beschlag allein schon relativ viel Platz einnimmt, geht trotzdem einiges an Stauraum verloren. Dies kann ein Nachteil sein.
- Ein **Backofen mit einer an der Unterseite versenkbaren Türe**, angeordnet auf ergonomischer Höhe, erleichtert die Handhabung. Des Weiteren wurde unter dem Backofen ein Arbeitsplattenauszug verbaut. Dies erlaubt das direkte Abstellen von heißen Speisen. Unnötige Arbeitswege und das Risiko sich zu verbrennen werden reduziert.
- Eine **indirekte und integrierte Beleuchtung** in den Korpen bietet zusätzlich bessere Sichtbarkeit und Orientierung und unterstützt den Sehkomfort. Zusätzlich lässt sich die Lichtfarbe dem Tagesrhythmus entsprechend anpassen und kann so zu einem besseren Allgemeinbefinden beitragen. (Mehr dazu im Kapitel Licht)
- Ein **Müllabwurfschacht** mit einer herausziehbaren Schublade und integrierten, herausnehmbaren Mülleimern soll die Entsorgung von Lebensmittelresten, vor allem für im Rollstuhl kochenden Personen, vereinfachen. Hier ist jedoch auf eine gute Dichtung zu achten, um eine Geruchsbelastung zu vermeiden.
- **Fahrbare Rollcontainer** tragen zur universellen Nutzbarkeit der Küche bei und können eine Möglichkeit sein, um den verlorenen Stauraum einer unterfahrbaren Arbeitsplatte wieder gebrauchsfähig zu machen. So wird die Küche auch einem erhöhten Stauraumbedarf gerecht. Ein **Rollcontainer mit integriertem Müllsystem**, ist eine mobile Alternative zum Abwurfschacht oder dem gängigen Abfallsystem unter der Spüle.
- **Haltestangen** erhöhen die Sicherheit, indem sie die Sturzgefahr reduzieren und lassen sich einfach nachrüsten.

- Eine **kontrastreiche farbliche Gestaltung** unterstützt den Sehkomfort. Der Einbezug von möglichst vielen Sinnen kann beispielsweise Menschen mit einer Demenzerkrankung helfen sich in der Küche besser zurecht zu finden. Klare Symbolik, Hell-Dunkel-Kontraste, die Haptik von Fronten, Griffen, Klappen und anderen Oberflächen oder akustische Signale können hierbei helfen.
- Die Küche der gelben Wohnung bot darüber hinaus Platz, für einen Schrank mit **Apothekerauszügen**. Apothekerauszüge sind zwar für jemanden der im Rollstuhl sitzt, aufgrund eingeschränkter Greifräume nur begrenzt bedienbar, bieten aber dennoch viel zusätzlichen Stauraum. Stauraum der oft durch die fehlenden Unterschränke aufgrund der Unterfahrbarkeit zu gering ausfällt.

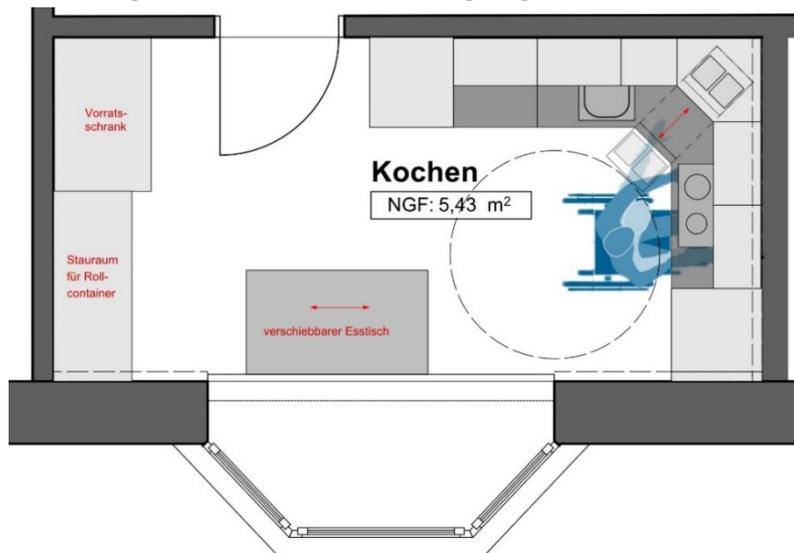


Abbildung 73: Entwurfsplanung Grundriss gelbe Küche



Abbildung 74: Ausstattung gelbe Küche



Abbildung 75: Anwendung Oberschrank Ausschwenkbeschlag



Abbildung 76: Anwendung Müllabwurfschacht



Abbildung 77: Digitale Anzeige für die höhenverstellbare Arbeitsplatte

4.8.4. Musterwohnung Freilassing

Küchenkonzept Neubau -> Ziel: hochwertig

Das Küchenkonzept für Freilassing, entspricht nahezu dem der Neubauküche der gelben Wohnung Amerang. Ausgestattet mit vielfältigen Lösungen, sollte sie zusätzlich hochwertig umgesetzt werden. Wie in der Neubauküche in Amerang wurden alle Geräte auf einer angenehmen ergonomischen Arbeitshöhe angeordnet. Durch das modulare System mit einer unterfahrbaren und höhenverstellbaren Arbeitsplatte, kann die Küche einerseits barrierefrei und rollstuhlgerecht genutzt werden, andererseits ermöglicht die zusätzliche Ausstattung mit fahrbaren Rollcontainern, wie einem mobilen Mülleimer oder einem Container für Geschirr eine nahezu konventionelle Nutzung.

Der Gebrauch der Rollcontainer kann wie folgt beschrieben werden: Wenn die Küche als Steharbeitsplatz genutzt wird, können die Container ihren Platz klassisch, als Ersatz für feste Unterschränke, ihren Platz unter der Arbeitsplatte einnehmen. Sobald sich der Bedarf ändert und die Küchenarbeitsplatte auf Sitzhöhe abgesenkt wird, werden die Container vorübergehend unter dem Esstisch in Parkposition aufbewahrt.

Für den Esstisch in Freilassing entstand die Idee einer Multifunktionalen Kücheninsel, die einerseits als erweiterter Arbeitsfläche genutzt werden kann, zudem als Essplatz für vier Personen dient und zusätzlich Parkplatz für die Rollcontainer bietet, falls eine rollstuhlgerechte Nutzung der Küche notwendig ist. Da für einen Tisch mit den oben genannten Anforderungen keine standardisierte Lösung oder ein marktreifes Produkt gefunden werden konnte, entstand eine Konzept Ausarbeitung der Idee in Form einer Studienarbeit. (Mehr dazu im Kapitel: Konzeptionierung eines modularen Küchenarbeitstisches)



Abbildung 78: Küche in der Musterwohnung Freilassing

4.8.5. Erkenntnisse, Probleme und Schwierigkeiten

Nach der Fertigstellung der Küchen konnten durch verschiedene Testsituationen erste Rückschlüsse auf Funktionalität, Akzeptanz, Umsetzbarkeit und Nachhaltigkeit geschlossen werden. Für Testzwecke stand vor allem die Neubau Küche in der gelben Wohnung in Amerang zu Verfügung. Von Studenten wurde beispielsweise ein Testkochen im Rollstuhl veranstaltet und die Ergebnisse protokolliert. Ebenso konnten bereits durch die eigenen Erfahrungen während der Planung und Umsetzung, sowie auch aus Seminaren und Tagesbesuchen Rückschlüsse gezogen werden, wobei sich nachfolgende Probleme und Schwierigkeiten abzeichneten:

- Das flache Spülbecken ist für größeres, zu spülendes Geschirr ungeeignet, ein tieferes Waschbecken würde jedoch die Unterfahrbarkeit einschränken.
- Die Arbeitsfläche ist zu nah am Herd positioniert und bietet dem Bestandsgrundriss geschuldet, insgesamt zu wenig Platz für das Vorbereiten der Lebensmittel. Zur Arbeitsvorbereitung beim Kochen eines aufwändigen Gerichts muss auf den Esstisch ausgewichen werden.
- Der Oberschrankbeslag ist, trotz Einhaltung der ergonomischen Standardhöhen für Oberschränke, für jemanden der im Rollstuhl sitzt nicht gut zu erreichen.

- Auch die Apothekerschränke können nur bis zu einer gewissen Höhe gut erreicht werden, besser wären hier Paternosterschränke. Im privaten Wohnraum jedoch nicht umsetzbar, da die Beschläge derzeit noch sehr teuer sind und zusätzlich sehr viel Platz benötigen. (siehe Kapitel Schranksystem)
- Das Bedienfeld des Backofens, ist für jemanden der auf den Rollstuhl angewiesen ist, zu weit oben angebracht und damit schlecht zu erreichen. Das Bedienfeld müsste sich am Gerät entweder unten befinden oder der Backofen selbst müsste niedriger eingebaut werden, was wiederum für Menschen, die im Stehen arbeiten, zu niedrig wäre.
- Ein Backofen mit Schüben wäre vorteilhaft und würde zusätzlich das Verbrennungsrisiko senken.
- Eine zusätzliche Halterung für Rezept, Handy, Tablett etc. wäre sinnvoll.
- Ebenfalls sinnvoll wären ausziehbare Schubladen unter der Arbeitsfläche, um häufig gebrauchtes Werkzeug wie Messer, Dosenöffner, Rührlöffel etc. griffbereit zu haben. Dies wiederum würde die Unterfahrbarkeit einschränken.
- Die standardmäßige Positionierung der Steckdosen in der Rückwand zwischen Ober- und Unterschrank ist nicht optimal gelöst, da sie für Rollstuhlfahrer schwer zu erreichen sind.
- Auch der serienmäßig angebrachte Schalter für den Dunstabzug ist für jemanden im Rollstuhl, schlecht zu bedienen, da zu hoch befestigt.
- Das Müllkonzept mit Abwurfschacht, als Alternative zum Müll im fahrbaren Container, bietet in der Ecke genügend Tiefe und ist ergonomisch sinnvoll, hygienisch jedoch eher kritisch zu betrachten.
- Ein Induktionsherd verringert zwar das Verbrennungsrisiko. Die Bedienung per Touchscreen könnte aber älteren Menschen oder Menschen mit kognitiven Einschränkungen, die Handhabung erschweren. Klassische, einrastende drehbare Schaltknöpfe sind hier selbsterklärender und einfacher in der Anwendung.

Des Weiteren konnte festgestellt werden, dass die Steuerung der höhenverstellbaren Arbeitsplatte nicht optimal ist und Verbesserungspotenzial aufweist. Die Digitale Anzeige der Motoren für die Höhenverstellung wird per Touchscreen bedient und wurde von Probanden und als Ergebnis eigener Tests als kompliziert und nicht auf Anhieb selbsterklärend eingestuft. Auch die Programmierung der unterschiedlichen Höhen der Arbeitsplatte ist für den Nutzer nicht bedienerfreundlich. Der Gebrauch des „verloren“ gegangenen Stauraum unter der Arbeitsplatte mittels Rollcontainer, wurde zwar insgesamt als sinnvoll erachtet, die Rollcontainer sind in Ihrer Handhabung und Konstruktion, allerdings ebenfalls nicht optimal und mussten im Projektverlauf angepasst werden. Die Rollcontainer kippen beispielsweise beim Bedienen der Schubladen schnell nach vorne. Auszugssperren sind derzeit nur für Bürocontainer erhältlich. Des Weiteren können die Rollen mit den Füßen nicht festgestellt werden und für die Bedienung der Rollcontainer sind beide Hände erforderlich, was die Handhabung generell erschwert und eine alleinige Nutzung ohne Hilfestellung, gerade für Rollstuhlfahrer nahezu unmöglich macht. Eine Lösung für das nach vorne überkippen war das Anbringen einer Stabilitätssichernden fünften Rolle. Für die Feststellung der Rollen wäre eine Hubrollen Bedienung von oben denkbar.

Bezüglich der planerischen Umsetzung kann festgehalten werden, dass die Standardküchentiefe von 60cm für die Planung einer höhenverstellbaren Arbeitsplatte aufgrund der notwendigen Hubsysteme, in der Regel nicht ausreicht. Die Planung einer höhenverstellbaren Arbeitsplatte benötigt daher ausreichend viel Platz. Mechanische höhenverstellbare Systeme für Küchenarbeitsplatten sind am Markt kaum verfügbar und nur

geringfügig günstiger als elektrische Hubmotoren. In der gelben Küche in Amerang sind drei Hubmotoren verbaut für ca. 500 € pro Motor, mit zusätzlichen Kosten für den Bau eines Spezialrahmen, sowie Kollisionsbremse und Verkleidung der Hubmotoren. Insgesamt ist die Umsetzung einer barrierefreien, rollstuhlgerechten Küche, so wie sie in Musterwohnungen verbaut wurde sehr kostspielig.

Einige genannten Punkte weisen bereits auf einen Umstand hin, der zu Beginn schon einmal erwähnt wurde. Nicht jede Lösung ist für jeden sinnvoll. Je spezifischer und stark ausgeprägt die körperliche oder kognitive Einschränkung ist, desto spezifischer muss auch das Lösungsangebot sein. Alle vorgestellten Lösungen wurden bei der Evaluation durch Probandenbefragungen mittels qualitativer Fragebögen und Feedbackgesprächen als sinnvoll erachtet. Welche der aufgezeigten Lösungen, die Leute für sich zu Hause in Ihrer eigenen Küchen wählen würden, hängt dabei jedoch sehr stark vom individuellen Bedarf, den eigenen Fähigkeiten, sowie von persönlichen Wünschen und Vorlieben des jeweiligen Nutzers ab. (Mehr dazu im Kapitel Evaluation)

Auch die örtlichen Gegebenheiten beeinflussen maßgeblich eine optimale Küchenplanung. Eine weitergehende Modularisierung für Kosteneinsparungen und technische Vereinfachung, wie in den Küchen gezeigt, bei stark individualisierten Anforderungen der Probanden ist kaum möglich.

Erkenntnisse und Schwierigkeiten, die sich während der Planungs- und Ausstattungsphase der Wohnkompetenzentren ergaben und für die keine standardisierten Lösungen gefunden werden konnten, führten zu neuen, innovativen Lösungsansätzen. Gemeinsam mit studentischen Hilfskräften wurden einige Ideen in Studienarbeiten in Form von Konzepten und Prototypen umgesetzt.

Zum einen entstand der Entwurf eines alters- und rollstuhlgerechten, modularen Küchenarbeitsplatzes, welcher seinen Platz in der Musterwohnung in Freilassing finden sollte und neben einem erweiterten, zusätzlichen Küchenarbeitsplatz auch als Esstisch genutzt werden sollte. Zum anderen entstand ein Konzept und ein Prototyp eines mobilen Küchencontainers: Wenn Menschen unversehens beispielsweise aufgrund eines Unfalls auf einen Rollstuhl angewiesen sind, führt dies in den meisten Fällen dazu, dass die vorhandene Küche, aufgrund der neuen Gegebenheiten nicht mehr oder nur unzureichend selbstständig zu benutzen ist. Der Container könnte dann als Übergangslösung dienen und es ermöglichen, weiterhin selbstständig kochen zu können, ohne sofort einen aufwendigen und kostenintensiven Umbau der Küche in Kauf nehmen zu müssen.

Im Folgenden werden die Studienarbeiten vorgestellt. Auszüge aus den Studienarbeiten wurden teilweise gekürzt, teilweise unverändert übernommen.

4.9. Konzeptionierung und Entwicklung eines modularen Küchenarbeitstisches im Universal Design

(Studienarbeit Kilian Berndt)

Das Ziel der Studienarbeit bestand in der Konzeptentwicklung eines Küchenmöbels, für die Musterwohnung Freilassing, das einerseits als erweiterter Küchenarbeitsplatz, genutzt werden kann und andererseits als Esstisch funktioniert. Besonderer Wert wurde dabei auf Barrierefreiheit und Modularität des Produktes gelegt. Eine schrittweise, logische Herleitung eines Entwurfes stellte die wesentliche Basis der Arbeit dar. Weiterer Bestandteil waren verschiedene theoretische Analyse Themen, ergonomische Empfehlungen und Normen, sowie Gespräche mit Fachleuten und späteren Nutzern, um im Rahmen des partizipativen Ansatzes Rückmeldungen bereits in der ersten Phase der Produktentwicklung miteinbeziehen zu können. Ergebnis der Arbeit ist die theoretische, technische Ausarbeitung und digitale Visualisierung eines Prototyps.

Im Vorfeld wurden bei einer Projektbesprechung von Mitarbeitern des Forschungsprojektes, aus den Bereichen Innenausbau, Innenarchitektur und Physiotherapie bereits erste Anforderungen an das zu planende Küchenmöbel, definiert:

- Küchentisch für ca. 4 Personen, mittig vor der Küchenzeile platziert
- Unterfahrbar, für eine rollstuhlgerechte Nutzung geeignet
- höhenverstellbare Arbeitsfläche
- modular erweiterbar
- Rollcontainer der Küche sollten unter dem Tisch geparkt werden können
- evtl. verschiebbar auf Rollen und versehen mit einem Handlauf entlang der Tischkante

Die Nutzergruppe des Küchenmöbels orientiert sich an der Zielgruppe des Projektes. Menschen mit Behinderung, Post-Reha-Patienten, Menschen mit Pflegegrad und Senioren. Impliziert sind auch Demenzkranke und Menschen im Rollstuhl. Auch Partner, Familienangehörige und Freunde, die selbst keine Einschränkung haben werden als Zielgruppe mit einbezogen. Die Nutzergruppe des Küchenmöbels ist folglich sehr breit gefächert und lässt sich nicht auf eine bestimmte Gruppe reduzierten. Barrierefreiheit und Individualisierung stehen somit bei der Planung im Vordergrund.

Konzipiert für den offenen Wohnbereich der Musterwohnung Freilassing, soll sich das Tischmöbel im Allgemeinen für offene Wohnküchen mit geringer Küchenarbeitsfläche oder für kleinere Wohnungen eignen.

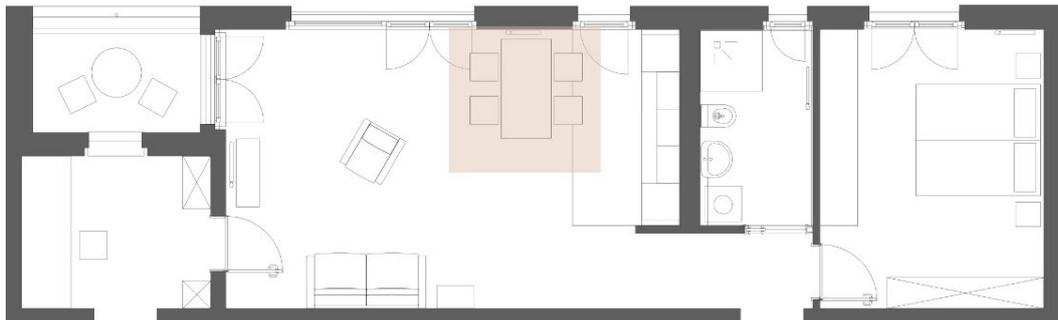


Abbildung 79: Grundriss Musterwohnung Freilassing

4.9.1. Theoretische Analysethemen

Funktionsbereiche

Bei dem zu planenden Möbel handelt es sich um einen Esstisch, welcher gleichzeitig eine Erweiterung der Küchenarbeitsfläche darstellt. Es vereint also die Funktionsbereiche Essen und Kochen in einem Möbel. Der Funktionsbereich Kochen umfasst hierbei das Vorbereiten, Zubereiten und das Anrichten von Speisen. Hilfsmittel (Messer, Sortierbehältnisse, Besteck zum Kochen, Gewürze etc.) die besonders oft verwendet werden sollten griffbereit in der Nähe des Arbeitsplatzes, besser direkt am Arbeitsplatz verstaut sein. Durch Schubkästen oder offene Auszüge, Haken oder Stangen könnten Hilfsmittel sortiert und organisiert werden. Zu beachten ist, dass jedes Hilfsmittel zur besseren Organisation und Orientierung seinen festen Platz haben sollte.

Bereitet man ein aufwendiges Gericht zu oder möchte sich Platz auf der Arbeitsfläche schaffen, so können Behältnisse für die Ordnung der verschiedenen Zutaten hilfreich sein. Gerade beim Backen oder beim Schneiden von Gemüse behält man dadurch einen guten Überblick.

Abfall

In der Küche fällt der meiste Müll eines Haushaltes an. Plastik- und Papierverpackungen, Biomüll, Glasbehältnisse oder Einweg-Plastikflaschen füllen die Mülleimer in kurzer Zeit. Betrachtet man nur den Ort der Vor- und Zubereitung, so sind es vor allem Gemüse und Obstreste, welche beim Schälen, Schneiden, Entkernen oder Entstielen anfallen. Oft liegen diese beim Arbeiten im Weg oder müssen umständlich mit den Händen gegriffen und in den Biomüll geworfen werden. Das Schieben der Reste von der Tischkante in ein Behältnis oder in eine Tischöffnung, würden die Entsorgung deutlich vereinfachen.

Umsetzung im Universal Design

Die geplanten Funktionen des Möbel müssen mit den Fähigkeiten der Benutzer in Abhängigkeit stehen. Verfolgt man den Gedanken des Designs Für Alle bzw. des Universal Design bedeutet das, dass jede Funktion des Möbels von jedem auch in irgendeiner Art nutzbar sein sollte. Die Umsetzung eines Universal Designs erscheint im Küchenbereich besonders schwierig. Verschiedenste Arbeitsschritte, gerade mit scharfen Messern, heißen Gegenständen und Speisen oder besonders kleinen und großen oder runden Lebensmitteln verlangen gute Feinmotorik. Die Lagerung von Lebensmitteln und Küchenwerkzeug, Tellern und Besteck, oft versteckt hinter geschlossenen Möbelfronten verlangt gutes Erinnerungsvermögen. Genormte Arbeitshöhen und -tiefen verlangen volle Bewegungsfähigkeit und ein ausdauerndes Arbeiten im Stehen. Das geplante Möbel sollte daher als ein solider flexibler Grundkörper gesehen werden, der sich nach Bedarf verschiedenen Nutzern anpassen lässt.

Modularität

Da gerade das Arbeiten in der Küche besonders viele verschiedene körperliche und geistige Fähigkeiten verlangt, sich diese aber von Nutzer zu Nutzer stark unterscheiden können, ist eine sich an die Bedürfnisse anpassbare Konstruktion zielführend. Wesentlicher Teil des Entwurfes ist es somit, eine erweiterbare Grundkonstruktion mit austauschbaren Modulbauteilen zu entwickeln. Nicht der Mensch passt sich seinem Möbel an, sondern das Möbel dem Menschen. Dennoch ist auch hier ein perfekt auf alle möglichen Nutzer personalisierbares Möbel weder Möglichkeit noch Ziel. Ein gewisses Maß an Eingewöhnungszeit und Annahme von Kompromissen ist nicht zu verhindern. Eine modulare Möbelplanung setzt ein verständliches bzw. logisches Konstruktionssystem voraus, sofern ein selbstständiges um- und anbauen der Module geplant ist. Werden die Module beispielsweise gleichzeitig als kurzfristige Erweiterung des Tisches gesehen, z.B. bei mehreren Gästen, muss das System selbsterklärend und einfach zu bedienen sein.

Stand und Rutschfestigkeit

Des Weiteren sollte das Möbel eine gewisse Stand- und Rutschfestigkeit aufweisen. Menschen, die Schwierigkeiten mit langem Stehen, dem Hinsetzen und Aufstehen oder schnellem Schwindel haben, stützen sich oft an der Tischkante auf. Menschen im Rollstuhl ziehen sich mit einem Griff an die Kante an den Tisch heran. Ein Kippen oder Wegrollen des Tisches wäre fatal. Soll das Möbel auf Rollen gelagert sein, um es etwa bei Gelegenheit an den Zimmerrand zu verschieben, müssen diese feststellbar sein und eine Rutschfestigkeit garantieren. Die Rutschfestigkeit spielt auch eine Rolle bei der Wahl des Materials für die Arbeitsplatte. Schlaganfallpatienten beispielsweise, welche nach einer Querschnittslähmung nur eine Hand benutzen können, nutzen oft spezielle Küchenhilfsmittel, die meist mit Saugnäpfen auf der Arbeitsfläche befestigt werden. Sogenannte Antirutsch-Matten ermöglichen ihnen das Öffnen von Schraubgläsern oder verhindern das Wegrutschen des Tellers.

Höhenverstellung

Die Höhenverstellung des Tisches hat nicht nur den Zweck des Wechsels zwischen einer Arbeitshöhe im Stehen und der Esstischhöhe im Sitzen, sondern dient auch der individuellen Einstellung der eigenen bevorzugten Arbeitshöhe. Ob klein- oder groß, stehend oder im Rollstuhl sitzend, ermöglicht die Verstellung eine individuell angenehme, ergonomische Arbeitshöhe für jeden.

Ergonomie

Für ein entspanntes, ausdauerndes und körperschonendes Kochen ist ein ergonomischer Arbeitsplatz essenziell. Für eine individuelle Küchenplanung beziehen sich Planer in der Regel auf die Körpermaße und Wünsche der Kunden. Meist handelt es sich dann um feste Einbauten. Da es sich bei dem zu planenden Küchenmöbel nicht um einen einmalig personalisierten Einbau handelt, sondern um ein flexibel anpassbares und zu jeder Zeit erweiterbares Möbel im Sinne des Universal Designs, müssen die Bedürfnisse möglichst vieler Menschen in Gestaltung und Konzeptionierung berücksichtigt werden. Für Menschen im Rollstuhl sind Bewegungsflächen und Unterfahrbarkeit beispielsweise besonders wichtig.

Planungsrichtlinien und ergonomische Richtwerte sind dem Raumpilot entnommen, dabei handelt es sich jedoch um Empfehlungen und Mittelwerte. Die richtige Arbeitshöhe des Küchenarbeitsplatzes ist ausschlaggebend für ein rückenfreundliches Arbeiten. Empfohlen wird eine individuell angepasste Arbeitsflächenhöhe zwischen 70cm und 105cm. (AMK Die Moderne Küche GmbH, 2018, S. 16–17) Laut den Forschungsstudien der AMK ergibt sich die optimale Höhe aus der Ellenbogenhöhe einer Person abzüglich 10 bis 15cm. Die AMK erwähnt zwar, dass der Idealwert hierbei um eine Toleranz erweitert werden kann, sodass beispielsweise zwei leicht unterschiedlich große, stehende Menschen gleichwertig in der Küche arbeiten können, geht aber nicht weiter auf den Fall ein, bei dem sich stehende Menschen und Menschen im Rollstuhl eine Küche teilen. Für Menschen im Rollstuhl ist zusätzlich eine Unterfahrbarkeit der Arbeitsfläche zu beachten. Eine zu starke Arbeitsplatte oder ein tiefer Spülbereich können bei ergonomisch eingestellter Arbeitshöhe die Unterfahrbarkeit stören. Es wird eine lichte Höhe zu der Unterkante der Arbeitsplatte von mindestens 67cm, besser 69cm empfohlen.

Für die Planung des Küchenarbeitsplatz sind auch die Greifbereiche zu berücksichtigen. Besonders für Menschen, die sich bei der Küchenarbeit auf einen Stuhl setzen wollen oder im Rollstuhl sitzen, sollten sich Hilfsmittel in dem horizontalen und vertikalen Greifbereich befinden. Zu beachten sind die sich in ihrer Distanz unterscheidenden horizontalen Greifbereiche für eine eingeschränkte und uneingeschränkte Beweglichkeit des Oberkörpers. Für den vertikalen Greifraum gilt, das unterste Fach sollte sich auf einer Höhe von mindestens 40cm, das höchste auf maximal 140cm befinden.

Bemessung Rollstühle und Gehhilfen

Menschen mit Altersschwäche oder körperlichen Behinderungen sind teilweise auf Hilfsmittel angewiesen. Rollstühle und Rollatoren ermöglichen oder vereinfachen die Mobilität, individuell einstellbare Gehhilfen oder einfache Stühle entlasten die Beine bei langer Arbeit im Stehen. Manuelle Rollstühle unterstützen Menschen dabei, kurze bis mittlere Entfernungen zurückzulegen und werden durch die Körperkraft der Nutzenden oder deren Begleitperson fortbewegt. Multifunktions- und Pflegerollstühle, sind in der Regel größer bemessen und werden von Menschen mit geringer Aktivität verwendet. Elektrische Rollstühle eignen sich auch für das Zurücklegen längerer Distanzen. Als Planungsgrundlage des Küchenmöbels dienen die Maße eines Standardrollstuhls und eines Rollators.

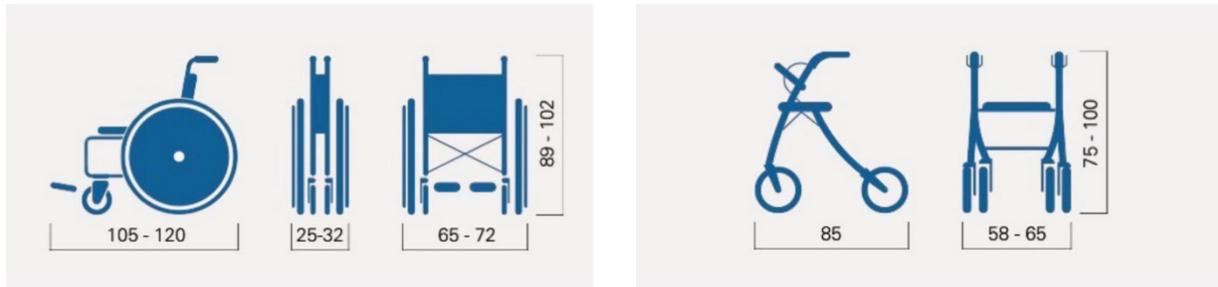


Abbildung 80: Bemessung Standard Rollstuhl (rechts), Standard Rollator (links)

Quelle: Raumpilot Grundlagen, Barrierefrei, S.38

Tischplattendimensionen

Neben der Tischhöhe ist auch die Dimensionierung der Tischplatte von entscheidender Relevanz. Die notwendigen Maße ergeben sich aus der Anzahl der Personen und dem daraus resultierenden Platzbedarf eines einzelnen Sitzplatzes. Zu Beginn des Projektes wurde bereits eine mögliche Anzahl von vier Personen, darunter eine Person im Rollstuhl, festgelegt. Der Platzbedarf eines Tischgedecks bemisst sich mit 60cm Breite und 40cm Tiefe. Um komfortabel nebeneinander sitzen zu können, wird ein Platzbedarf von 65cm bis 70cm pro Person empfohlen, bei zwei nebeneinander sitzenden Personen führt dies zu einer Gesamtlänge des Tisches von 130cm. Die Mindestdiefe von 40cm pro Essplatz gewährleistet eine ausreichende Beinfreiheit. Eine Person im Rollstuhl dagegen benötigt ca. 80cm Tisch-Ansitzbreite und eine Tischunterfahrbarkeit von ca. 60cm. Sitzt eine Person im Rollstuhl einer Person ohne Beeinträchtigung gegenüber, so ist demnach mit einer Mindestdiefe von 100cm zu planen. Sitzen sie nebeneinander ist mit einer Mindestbreite von 135cm zu planen. Es handelt sich dabei um absolute Mindestanforderungen. Rechnet man mit einer normalen Ansitzbreite von 65cm und einer Ansitzbreite von 80cm für Personen im Rollstuhl so erhält man bereits eine Gesamttischbreite von 145cm.

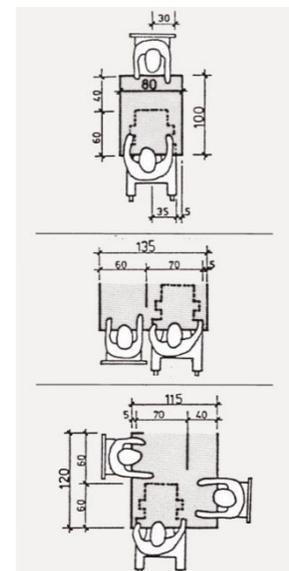


Abbildung 81: Tischgröße für eine Person im Rollstuhl, Mindestanforderungen

Quelle: Schweizer Norm SIA 500 30

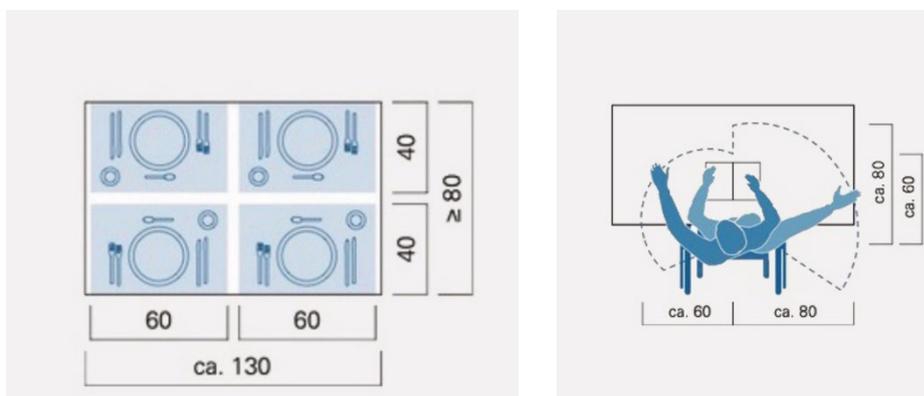


Abbildung 82: Bemessung Platzgedecke (links), Horizontaler Greifbereich (rechts)

Quelle: Raumpilot Grundlagen, Wohnen S. 217 / Raumpilot Grundlagen, Barrierefrei S. 43

Tischbeinpositionierung

Bei der Positionierung der Tischbeine ist auf die Beinfreiheit und für Rollstuhlfahrer auf die Möglichkeit des Rangierens zu achten. Ungünstig sind Tischbeine, die zwischen den Beinen oder sehr nah an den Beinen der Sitzenden positioniert sind. Ein Tisch mit mehreren Standbeinen verlangt eine entsprechende Breite zwischen den Beinen. Mittelfüße mit flachem Fuß erleichterten das Manövrieren mit einem Rollstuhl.

Formfindung / Gestaltung

Auch der individuelle Gestaltungsanspruch der Benutzer sollte bei einem universellen Design berücksichtigt werden. Gerade Möbel und Hilfsmittel für Menschen mit Behinderung haben oft einen sterilen Krankenhauscharakter mit technischem Look und lassen wenig Spielraum für die persönliche Aneignung des Produktes. Für die Gestaltung des Küchenmöbels, geht es darum eine neutrale oder anpassbare Gestalt zu finden, welche Beeinträchtigte nicht sofort ungewollt als hilfsbedürftig stigmatisiert und ihnen die selbe Gestaltungsfreiheit in Bezug auf Wohn- und Lebensraum ermöglicht. Eine modulare Bauweise würde neben der funktionellen auch eine gestalterische Anpassbarkeit ermöglichen. Das Austauschen von Modulen aus ästhetischen Gründen, etwa bei einer farblichen Abstimmung zu einer neuen oder renovierten Küchenzeile, wäre so möglich. Module wären in verschiedenen Farben und Materialien denkbar.

Materialität

Bei der Wahl der Materialien ist vor allem auf die hygienischen Eigenschaften zu achten. Dazu gehört einerseits die Lebensmittelechtheit für Bereiche, die direkten Kontakt mit Lebensmitteln haben und andererseits eine leichte Reinigung und Pflege aller Oberflächen. Wird direkt auf der Arbeitsfläche gearbeitet oder sogar geschnitten, so sollte diese entsprechend robust sein. Werden beispielsweise Töpfe oder Pfannen auf der Platte abgestellt, sollte eine gewisse Hitzebeständigkeit gegeben sein. Durch eine modulare Konstruktion bestünde die Möglichkeit auf unterschiedliche Wünsche der Benutzer einzugehen. Neben den praktischen Eigenschaften sollten die Materialien auch auf der Gefühlsebene wirken. An einem Küchenarbeitsplatz, der durch die Haptik seiner Materialien überzeugt, wird gerne gearbeitet. Eine massive Holzarbeitsfläche mag bei einigen eine gewisse Nostalgie auslösen, andere bevorzugen die Sterilität einer Edelstahloberfläche und die Assoziationen zur Industrieküche. Im Sinne der Nachhaltigkeit ist auf eine faire Herstellung, Langlebigkeit und eine mögliche Wiederverwertung alter Bauteile zu achten.

4.9.2. Ergebnis

Das Ergebnis der theoretischen Analyse und verschiedener Entwurfsphasen ist ein Küchenarbeits Tisch mit einem rechteckigem 1m x 1m Grundmodul, welches sich durch eigens entwickelte Verbinder beliebig erweitern lässt. Ausgestattet mit vier elektrisch höhenverstellbaren, industriell hergestellten Hubsäulen lässt er sich frei in der Höhe verstellen und an jede gewünschte Höhe anpassen. Die vier außenliegenden Tischbeine garantieren die nötige Stabilität und sorgen für genügend freien Raum unter dem Tisch.

Teil des Entwurfes sind zwei Beispiele für mögliche Anbaumodule. Dabei handelt es sich um ein Modul zur Tischverlängerung und ein Aufbewahrungsmodul, welches mit verschiedenen Ordnungssystemen bestückt werden kann. Im Tisch integriert sind insgesamt zwei Schubkästen und vier Schütten, die Platz für sämtliche Küchenhilfsmittel und Besteck bieten. In die Funktionszargen installierbare Steckdosenplätze ermöglichen das Betreiben von elektrischen Küchengeräten. Aufgrund einer zerlegbaren Konstruktion lassen sich Bauteile und Materialien beliebig austauschen oder bei Beschädigung ersetzen.



Abbildung 83: Rendering Küchenarbeitstisch, ausgestattet mit einem Stau- und einem Verlängerungsmodul

Quelle: Studienarbeit (K. Berndt)

Funktionen erläutert

Anstatt neue Behälter zu entwerfen wird auf ein bewährtes System zurückgegriffen: Gastronorm Behälter (GN-Behälter) werden standardmäßig in Gastronomiebetrieben und Industrieküchen zum Aufbewahren und Trennen von Lebensmitteln, Zutaten und allerlei Hilfsmitteln verwendet. Durch ihre genormten Abmessungen lassen sie sich leicht austauschen und in speziell gerasterte Stausysteme integrieren. Sie bestehen aus tiefgezogenem Aluminiumblech, sind aufgrund den Rundungen leicht zu reinigen und relativ preisgünstig. Das Raster der im Grundmodul verbauten Schütten und Schubkästen bieten Platz für folgende GN-Behälter: GN 1/12 (162mm x 88 mm), GN 1/6 (162mm x 176mm), GN 1/3 (176mm x 325mm), jeweils mit einer Tiefe bis 65mm.

Schütte

Insgesamt vier Schütten können beliebig bestückt werden und bei Bedarf GN-Behältern ausgestattet und unterteilt werden. Durch einen Messereinsatz lassen sich scharfe Messer sicher lagern und sind bei Bedarf griffbereit. Häufig gebrauchtes Werkzeug wie Schneebesen, Dosenöffner, Rührlöffel usw. können in den Schütten ebenso Platz finden, genau wie ein kleiner Gewürzkasten. Eine konische Einfräsung ermöglicht das Einsetzen der Schütten in das Erweiterungssystem der Funktionszargen. Dazu werden zwei Verbinder in die Zarge gesteckt und die Schütte ganz einfach eingehängt. Der Arbeitsbereich erweitert sich so in die Breite. Bereitet man eine Speise zu, so können beispielsweise Gemüseabschnitte direkt über die Tischkante in die jeweiligen GN-Behälter der Schütte geschoben werden. Die Schütte verfügt über zwei stirnseitige Leistengriffe, welche ein sicheres Greifen und Tragen ermöglichen. Sie ist zwischen einer Multiplex Unterkonstruktion geführt und gleitet auf zwei dünnen Filzstreifen, welche auf die Unterseite der Schütte geklebt sind.

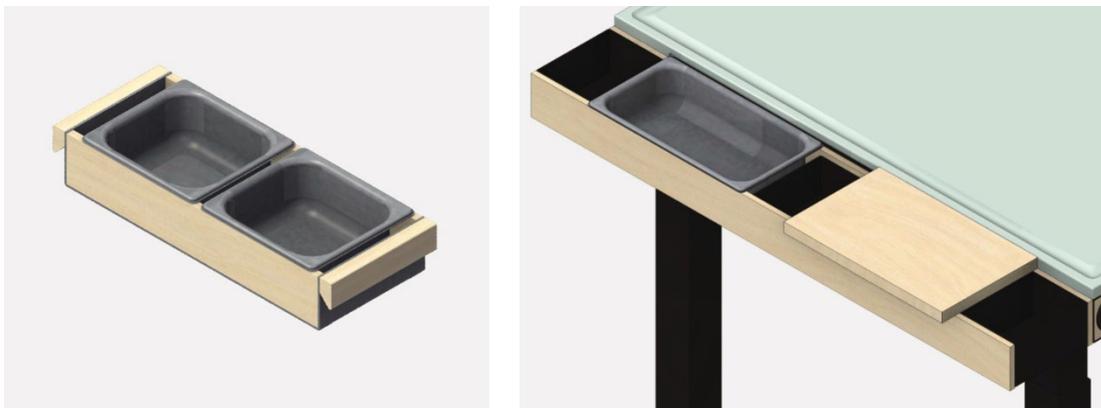


Abbildung 84: Schütte mit zwei GN-1/6-Behältern (links), Staumodul mit GN-Behälter und Schneidbrett (rechts)

Quelle: Studienarbeit (K. Berndt)

Schublade

Insgesamt wurden zwei Schubkästen im Grundmodul verbaut. Mit einer Breite von 450mm, einer Tiefe von 405mm und einer Höhe von 75mm bieten sie genügend Platz für einen Besteckkasten, Küchenwerkzeug, einen Messerblock oder auch Dingen wie Küchenwaage, Untersetzer, Ofenhandschuhe, Geschirrtücher, Servietten, Magazine oder Schreibzeug. Geführt werden die Schübe seitlich durch Kugelauszüge. Der einzelne Schub lässt sich durch ein loses Mittelstück innerhalb eines gefrästen Rasters unterteilen. Die Unterteilung ermöglicht ebenfalls das Einsetzen von GN Behältern.

Staumodul

Das Staumodul ist als eine mögliche funktionelle Ergänzung des Grundmoduls zu sehen, falls auf einen der Sitzplätze am Grundmodul verzichtet werden kann. Es umfasst drei Stahlblechcontainer, welche in einem Abstand gerahmt sind, der das Einsetzen von GN-Behältern erlaubt.

Die Container lassen sich nach Belieben befüllen. Stirnseitig lassen sich auch Hacken an die Containerkante hängen um dort etwa hängendes Küchenwerkzeug oder Geschirrtücher zu platzieren. In dem Raum zwischen den Behälter können beliebig tiefe GN-Behälter eingesetzt werden. Wird viel Gemüse verarbeitet, lässt sich dort beispielsweise ein tiefer GN-Behälter für Bioabfälle einsetzen. Wird oft mit frischen Kräutern gekocht, wäre auch ein Sortiment an verschiedenen Kräuterkästen denkbar. Wird an dem Tisch auch gearbeitet oder gelesen, so lassen sich dort auch Sortierbehälter für Arbeitsmaterial oder Magazinkästen verbauen. Mittels eines gefälzten

Schneidbrett kann die Öffnung zwischen den Containern abgedeckt werden und die Tischfläche. Ein Überstand garantiert ein einfaches greifen und heraus heben.

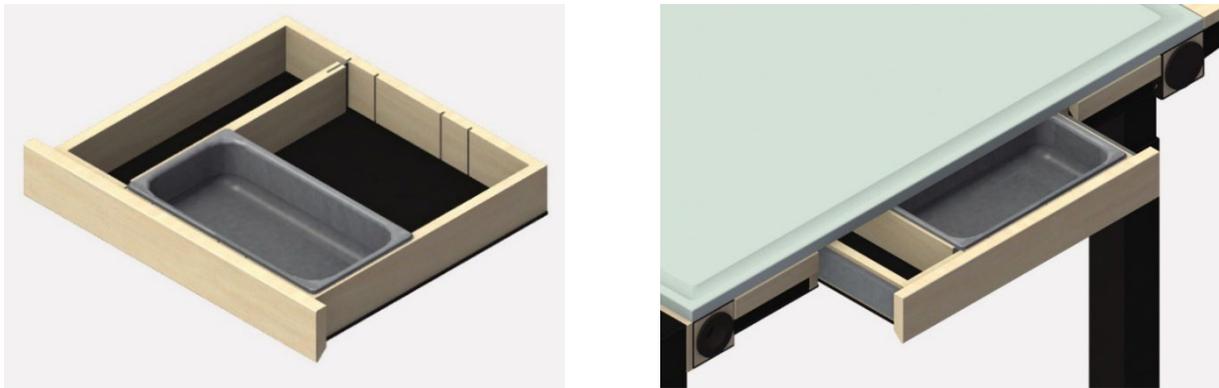


Abbildung 85: Schubkasten mit GN-Behälter (links), Anwendung im Arbeitstisch (rechts)

Quelle: Studienarbeit (K. Berndt)

Steckdosen

Um elektrische Küchenmaschinen zu betreiben, können wahlweise bis zu drei Steckdosenplätze in den Funktionszargen des Tisches verbaut werden. Häufig gebrauchte Handmaschinen, wie Stabmixer und Rührgerät können somit dort eingesetzt werden, wo sie gebraucht werden. Stationäre Maschinen, wie Toaster, Entsafter oder eine Kaffeemaschine wären bei fehlendem Platz in der Küche auch in das modulare System des Tisches integrierbar.

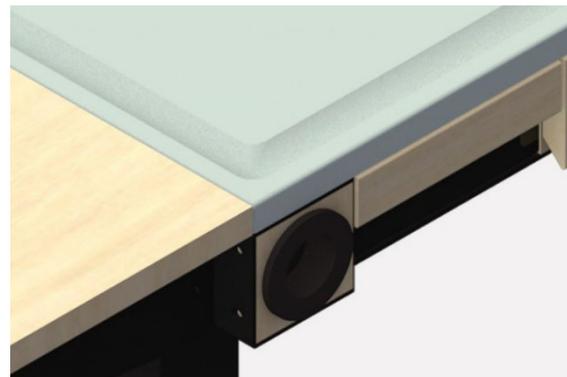


Abbildung 86: Integrierte Steckdose, eingefräste Safrinne

Quelle: Studienarbeit (K. Berndt)

Arbeitsplatte Safrinne

Der Arbeitstisch verfügt über eine von unten mit Muffen verschraubte Arbeitsplatte. Das Material der Platte ist frei wählbar, wobei sich eine reduzierte Auswahl hinsichtlich der Bearbeitung und Wirtschaftlichkeit anbieten würde. Eine geplante umlaufende Safrinne soll das Heruntertropfen von Flüssigkeiten verhindern und ein Herunterfallen von beispielsweise Gemüseabschnitten erschweren. An den beiden Seiten der Funktionszargen und des Erweiterungssystems ist mittig eine Hohlkehle in die Unterkante der Platte gefräst, um in das Staumodul einsetzbare GN-Behälter leicht zu überdecken. Gemüse Reste und deren Saft, die über die Tischkante geschoben werden landen somit sicher direkt in den Behältern.

Höhenverstellbare Tischbeine

Die eingeplanten Tischbeine können zwischen einer Mindesthöhe von 550mm und einer Maximalhöhe von 1200mm frei, elektrisch verstellt werden. Ein dazugehöriges Bedienpanel kann entweder auf beiden oder auf nur einer Seite des Tisches in eine der Funktionszargen verbaut werden. Die Hubsäulen verfügen zusätzlich über einen Kollisionsschutz, welcher die Höhenverstellung bei zu hoher Gegenkraft unterbricht. Sie sind um 80mm von der Vorderkante zurückstehend, was das Manövrieren und Arbeiten am Tisch für Menschen im Rollstuhl erleichtert.

Funktionszarge und Erweiterungssystem

Zwei verbaute Stahlblechzargen erfüllen sowohl einen statischen als auch einen funktionellen Zweck. Die Elektrifizierung des Arbeitstisches verlangt eine sichere Kabelführung, die gleichzeitig bei möglichen Reparaturen oder Anpassungen zugänglich ist. Die Zargen dienen als eine Art Kabelkanal. Mittels eines abschraubbaren Revisionsbleches und einer mittig integrierten Kabelbohrung können die nötigen Kabel für die Hubsäulen, Steckdosen und Bedienpaneel leicht durch die Konstruktion geführt werden und installiert werden. In die Außenseiten der Zargen sind in einem 300mm Raster Öffnungen geschnitten, die denen von klassischen Bettbeschlägen ähneln. Ein eigens entwickelter Verbinder lässt sich in die Öffnungen stecken und zentriert sich automatisch beim Herunterdrücken. Befindet sich die nötige Anzahl an Verbindern in den Zargen Öffnungen, kann der Tisch mit Modulen oder durch die Schütten erweitert werden.

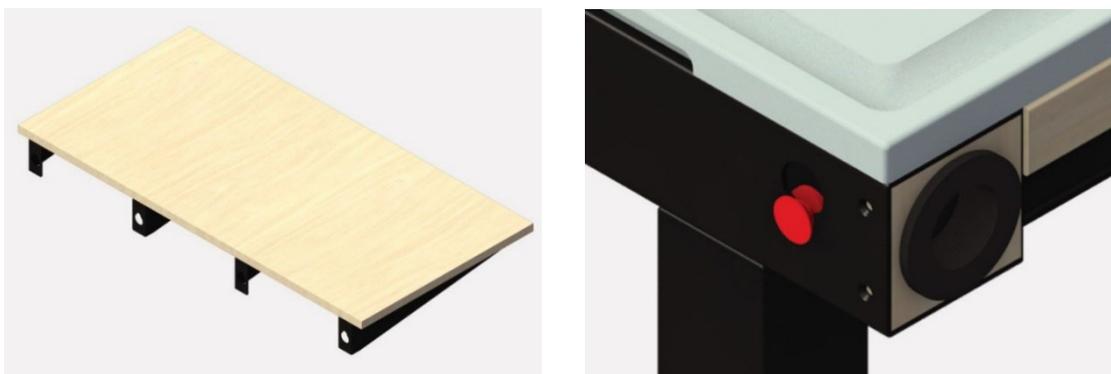


Abbildung 87: Verlängerungsmodul (links), Erweiterungssystem mit Verbinder (rechts)

Quelle: Studienarbeit (K. Berndt)

Verlängerungsmodul

Ein Verlängerungsmodul erweitert die Tischfläche einseitig um 500mm. Wird ein größerer Tisch gewünscht, kann das Grundmodul durch zwei Verlängerungsmodule erweitert werden. Es ergibt sich eine Gesamttischfläche von 2m x 1m mit Platz für bis zu 8 Personen. Ein An- und Abbau der Verlängerung nach Bedarf ist möglich, wobei die Module anderweitig verstaut werden müssten.

Variabilität und Personalisierung

Durch die modulare und annähernd leimfreie Konstruktion ist eine maßgeschneiderte individuelle Konfiguration des Möbels möglich. Auch nach jahrelangem Gebrauch können Teile ausgetauscht oder aufbereitet werden, um den Arbeitstisch weiterhin nach den persönlichen Vorlieben zu gestalten. Dabei bleibt das Grundgerüst stets erhalten. Blechbauteile, wie die Funktionszargen oder Schütten können sowohl in rohem Edelstahl als auch lackiert verbaut werden. Die Arbeitsplatte, die Schubkastendoppel und die Leistengriffe der Schütten sind in verschiedensten Materialien ausführbar. So könnten beispielsweise auch haptisch hervorgehobene Oberflächen der Doppel und Leistengriffe oder haptische Markierungen auf der Arbeitsfläche genutzt werden, um Demenzkranke und Menschen mit einer Sehbehinderung bei der Benutzung des Tisches zu unterstützen. Auch integrierte Symbolik oder Signalfarben könnten Nutzern das Ordnen und Wiederfinden von Gegenständen erleichtern. In den Funktionszargen sind neben einem Bedienpanel für die Höhenverstellung nach Wunsch bis zu drei Steckdosenplätze installierbar. Werden weniger oder keine Steckdosenplätze benötigt, werden die Zargen stirnseitig mit Blenden geschlossen. Die Schütten und Schubkästen sind individuell zu nutzen. Ob mit GN-Behältern ausgestattet, mit den losen Mittelstücken des Schubkastens, einem eingesetzten Besteckkasten oder Gewürzkasten unterteilt oder ganz einfach als großes Volumen genutzt, bleibt ebenfalls dem Nutzer überlassen.

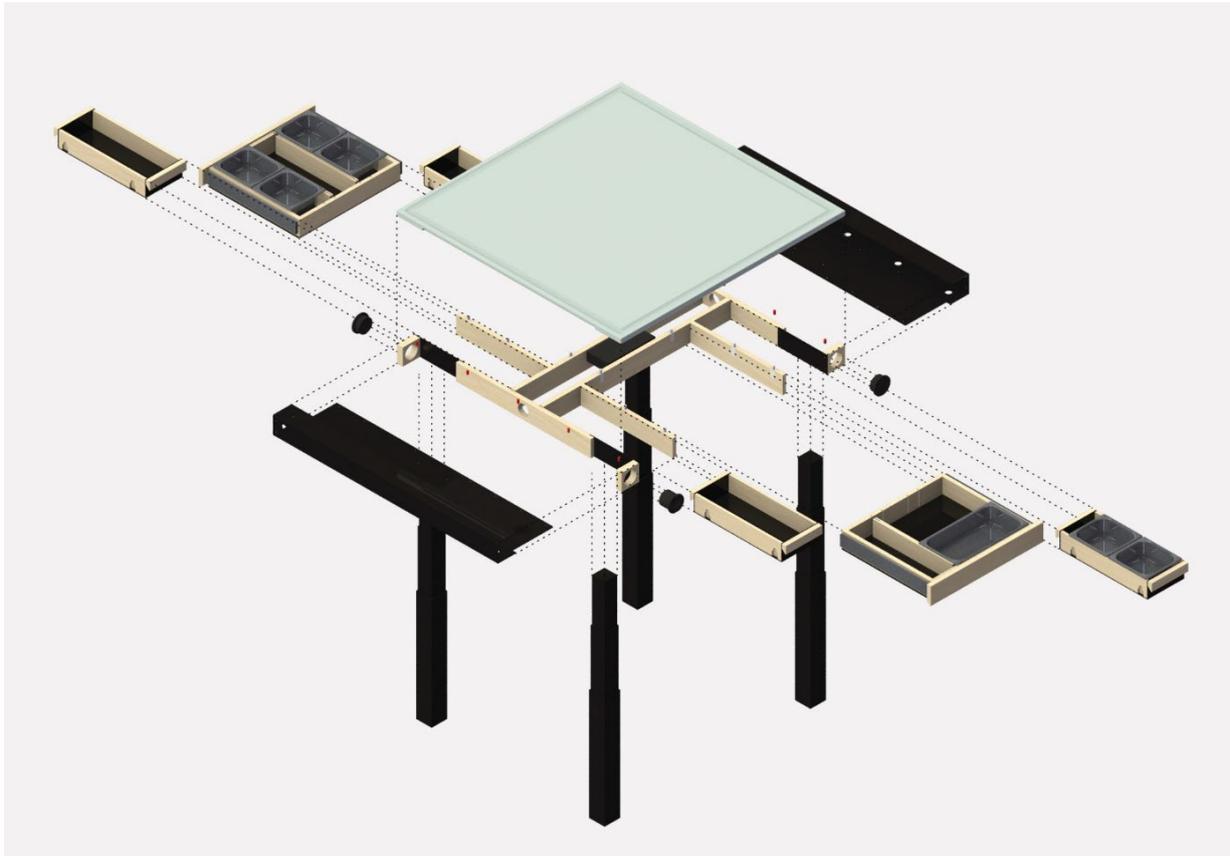


Abbildung 88: Explosionszeichnung des Grundmoduls

Quelle: Studienarbeit (K. Berndt)

4.9.3. Fazit

Die Gestaltung eines funktionellen Möbels im Universal Design kommt nicht ohne Kompromisse aus. Der Entwurf des Küchenmöbels ist als ein erstes Ergebnis einer Analysearbeit zu sehen und versucht eine konzeptionelle Antwort zu liefern. Dabei handelt es sich nicht um ein marktreifes Produkt, sondern eine Grundlage, von der aus weiter gedacht und optimiert werden kann. Eine wirtschaftliche Einordnung und die Suche nach Potenzialen durch weniger fertigungstechnischen Aufwand der Einzelteile, steht dabei an erster Stelle. Des Weiteren müssen einige Konstruktionsdetails und Funktionen des Möbels zwangsläufig mittels eines 1:1 Prototyps und unter Einbeziehung der späteren Nutzer getestet werden. So muss etwa eine sinnvolle Kabelzuführung der Stromversorgung gefunden oder sich mit dem Thema Akkubetrieb auseinandergesetzt werden. Auch die Ergonomie der Arbeitsvorgänge, wie etwa das Arbeiten mit Schütten und Schub oder das Zusammenspiel mit den bestehenden Rollcontainern kann nur in einem Praxistest unter Einbezug der späteren Nutzer abschließend bewertet werden. Die Kochinteressen oder körperlichen Bedürfnisse der Nutzer sollten im Vordergrund stehen. Wird gerne mit frischen Kräutern gekocht, so wäre ein mit Kräuterkästen behangener Arbeitstisch denkbar. Werden oft Kochbücher verwendet oder Rezepte mitgeschrieben, wäre ein Einsatz für Bücher, Magazine und Schreibzeug praktisch. Für eine einhändig kochende Personen wären Einspannvorrichtungen oder ein in ein Modul eingelassener Gemüsehobel zu integrieren. Auch für die Steckdosenplätze der Funktionszargen böten sich alternative Nutzungen an. So könnten diese durch stirnseitig integrierte Lautsprecher oder Mikros akustische Signale abgeben oder aufnehmen, was evtl. Menschen mit Sehbehinderung oder Demenz bei bestimmten Kochvorgängen helfen könnte.

4.10. Konzeptionierung eines Küchencontainers, gedacht als temporäre Übergangslösung

(Studienarbeit Franziska Lang)

Das Ziel der Arbeit bestand darin, eine temporäre Lösung zu entwickeln, die kompakt und mobil nutzbar ist, den Bedürfnissen älterer Menschen und Personen mit eingeschränkter Mobilität gerecht wird und ihnen bei Bedarf als Übergangslösung eine selbstständige Nutzung der Küche ermöglicht. Im theoretischen Hintergrund erfolgte die Analyse der allgemeinen Anforderungen, wohingegen im praktischen Teil die Umsetzung und der Bau eines Prototypen erfolgte.

4.10.1. Einführung

In der Küche einer Wohneinheit im Wohnkompetenzzentrum in Amerang wurde die vorhandene Arbeitsplatte mit einer niedrigeren und unterfahrbaren Arbeitsfläche auf Sitzhöhe erweitert. Fest verbaute Elemente der Bestandsküche, wie Spüle und Herd, sind im ursprünglichen Einbauzustand und befinden sich auf einer normierten Standardhöhe von 90 cm. Diese Anordnung ist ausschließlich für eine Nutzung im Stehen geeignet. Die Bedienbarkeit für Menschen mit eingeschränkter Mobilität, also insbesondere für Rollstuhlnutzer, ist stark eingeschränkt oder sogar komplett unmöglich. Der Küchencontainer kann hier als zusätzliche Erweiterung der Bestandsküche gesehen werden, der auch Personen mit eingeschränkter Mobilität eine annähernd selbstständige Nutzung der Küche ermöglichen soll.

4.10.2. Anforderungen

Eine Reihe von Anforderungen müssen in der Planung des barrierefreien und altersgerechten Küchencontainers berücksichtigt werden. In bestehenden Gebäuden sind fest verbauten Küchen oft aufgrund ihrer vorhandenen Möbel und Abmessungen, sowohl für langfristig als auch kurzfristig bewegungseingeschränkte Personen, ungeeignet. Bei der Gestaltung des Spülcontainers ist insbesondere die Flexibilität von großer Bedeutung, da der Einsatzort nicht festgelegt und der Container in der gesamten Wohnung mobil nutzbar sein soll. Jedoch dürfen Kosten in Bezug zur Nutzungsdauer nicht außer Acht gelassen werden. Der Container ist als Ergänzung zu der vorhandenen Küche oder als temporäre Lösung, zum Beispiel vor einem großen Umbau zu einer barrierefreien Küche, gedacht. Aufgrund der flexiblen Nutzung ist entscheidend, dass alle erforderlichen Funktionen ohne feste Anschlüsse auskommen können, insbesondere in Bezug auf Wasserzufuhr und -entsorgung. Sollte eine integrierte Kochstelle in Betracht gezogen werden, ist zu beachten, dass kein Starkstromanschluss notwendig ist, sondern eine einfache Stromversorgung über eine 230 V Steckdose möglich sein sollte. Zusätzlich muss die Konstruktion des Spülcontainers ergonomischen und sicherheitstechnischen Standards gerecht werden, um eine benutzerfreundliche und risikofreie Nutzung zu gewährleisten.

4.10.3. Konzeptionierung

Unter Berücksichtigung der oben genannten Anforderungen und basierend auf der einer Marktanalyse lassen sich klare Definitionen treffen, welche Merkmale mit welcher Gewichtung im Konzept des barrierefreien und altersgerechten Spülcontainers zu berücksichtigen sind. Generell zeigt sich, dass eine sinnvolle Lösung für das Möbel in der Kombination von Campingausstattung und barrierefreien Vorgaben liegt. Ursprünglich wurde angenommen, dass lediglich eine Spülmöglichkeit erforderlich ist, um eine haushaltsübliche Küche kurzfristig und angemessen zu ersetzen, damit ein selbstbestimmtes Leben in der eigenen Wohnung weiterhin möglich bleibt. Eine potenzielle Kochstelle ist als optionale Ergänzung angedacht gewesen. Jedoch hat sich diese Annahme im Laufe des Prozesses verändert. Eine fest verbaute Kochstelle erwies sich als unerlässlich, um die Selbstständigkeit

langfristig zu erhalten. Daher wird diese in das Konzept des Küchencontainers integriert. Hierbei bietet sich eine strombetriebene Induktionslösung an, die sich einfach in den Container einfügen lässt. Die Spüleinheit des Küchencontainers wird mit bewährten Komponenten aus dem Campingbereich geplant.

Dies beinhaltet zwei 10-Liter-Kanister für Frisch- und Abwasser, eine strombetriebene 12-Volt-Tauchpumpe sowie eine kompatible Einhebelmischarmatur. Diese Ausstattung kann mithilfe eines Transformators an einer haushaltsüblichen 230 V Steckdose angeschlossen werden.

Da der Großteil der Zielgruppe des Forschungsprojekts "DeinHaus 4.0" Anspruch auf einen Pflegegrad hat, wird davon ausgegangen, dass diese Personen, die ihnen zustehenden Betreuungs- und Entlastungsleistungen der Pflegekasse in Anspruch nehmen und regelmäßige Unterstützung, mindestens einmal pro Tag, bei der Be- und Entladung der Kanister erhalten. Beim verbleibenden Teil der Zielgruppe, wird davon ausgegangen, dass sie in der Lage sind, das Be- und Entladen eigenständig durchzuführen. Diese Annahme muss jedoch anhand des Prototyps überprüft und getestet werden. Um die Sicherheit der Nutzer zu gewährleisten, wird auf den Einbau eines Tauchsieders für Heißwasser an der Spüle verzichtet. Dadurch wird das Verletzungsrisiko beim Austauschen des Wassers minimiert und die Gefahr von Verbrühungen durch zu heißes Wasser eliminiert. Bei der Auswahl der Kochstelle hat eine Induktionsfläche einen entscheidenden Vorteil: Es besteht keine Verbrennungsgefahr, da die Fläche sich ohne Topf im angeschalteten Zustand nicht aufheizt. Modelle mit nur einem Kochfeld und geringen Außenmaßen, welche zudem für der haushaltsüblichen 230 V Stromanschluss geeignet sind, sind für diesen Verwendungszweck denkbar.

Sicherheit und Bedienbarkeit

Bei der Konzeptionierung und Gestaltung eines barrierefreien Möbels, insbesondere eines Küchencontainers, sind verschiedene sicherheitsrelevante Aspekte von großer Bedeutung. Umfassende Funktionalität, maximale Sicherheit und eine einfache Bedienung für alle Nutzer sollten sichergestellt sein. Die Berücksichtigung dieser Punkte ist essenziell, um ein barrierefreies Möbel zu gestalten, das den aktuellen Sicherheitsstandards entspricht und den Bedarfen einer vielfältigen Benutzergruppe gerecht wird. Nationale Normen, wie die DIN 18040 „Barrierefreies Bauen-Planungsgrundlagen“, bieten unabdingbare Leitlinien, um diese Anforderungen erfolgreich umzusetzen. Die Einhaltung der anerkannten Regeln der Technik spielt hierbei eine zentrale Rolle. Stabilität und Tragfähigkeit des Möbelstücks stellen die Grundvoraussetzung dar, um im alltäglichen Gebrauch standzuhalten. Dies erfordert eine sorgfältige Auswahl hochwertiger Materialien und eine stabile Konstruktion, die dafür sorgt, dass das Möbel über lange Zeit hinweg seine Form behält und für die Anwendungszwecke geeignet ist. In dieser Arbeit ist darauf zu achten, dass das Möbel mit Wasser und Wärme ausgesetzt ist. Um mögliche Verletzungen vorzubeugen, sollte das Möbelstück frei von scharfen Kanten und Ecken sein. Dies betrifft nicht nur die äußeren Teile, sondern auch die innenliegenden Bereiche, auf welche die Benutzer möglicherweise zugreifen. Abgerundete Kanten von etwa 2 mm Radius tragen dazu bei, das Verletzungsrisiko zu minimieren und tragen zur Langlebigkeit des Möbels bei.

Auch die Gestaltung von sicheren Handgriffen und Griffstangen ist ein wesentlicher Faktor. Sie müssen nicht nur gut erreichbar sein, sondern besonders für Personen mit eingeschränkter Mobilität ausreichend Halt bieten. Die korrekte Platzierung und stabile Befestigung gewährleisten eine komfortable und sichere Nutzung.

Eine einfache und selbsterklärende Bedienung ist ein weiterer wichtiger Punkt. Mechanismen wie Schubladen, Türen oder Klappen sind so zu gestalten, dass kein großer Kraftaufwand oder komplizierte Handbewegungen von Nöten sind. Eine einfache und intuitive Bedienbarkeit trägt zur erhöhten Barrierefreiheit bei. Angesichts der geplanten Integration einer Kochfläche und einer Spülmöglichkeit, spielt die Auswahl der geeigneten Materialien und der sachgemäße Einbau der Elemente ebenfalls eine entscheidende Rolle. Die Materialien, die im Möbelstück verwendet werden, müssen einerseits eine gewisse Resistenz gegenüber Feuchtigkeit aufweisen und andererseits hitzebeständig sein.

Materialauswahl für den Prototyp

Bei der Auswahl der geeigneten Materialien sind diverse Anforderungen und Eigenschaften zu berücksichtigen. Essenziell ist es beispielsweise, bei der Materialauswahl auf eine beanspruchbare und wasserbeständige Oberflächenbehandlung oder -beschichtung zu achten.

Eine effiziente Möglichkeit stellt die Verwendung von kostengünstigen Standardprodukten dar. Demnach könnte der Grundkörper des Prototyps, bestehend aus dem Korpus inklusive Mittelseite, Blenden und Fronten, aus 19 mm starken Spanplatten mit einer weißen HPL-Beschichtung einschließlich einer weißen 2 mm ABS-Kante gefertigt werden. Diese Kombination an Produkten ist im Möbelbau häufig verbreitet. Alternativ dazu besteht die Option auf Vollholz- Mehrschichtplatten, wie zum Beispiel Multiplex- oder 3-Schichtplatten, zurückzugreifen. Vollholzplatten haben im Vergleich zu melaminbeschichteten Spanplatten einige Nachteile. Zunächst sind sie im Einkauf etwa 4-mal so teuer, da die aufwendige Herstellung aus massiven Hölzern höhere Materialkosten verursacht. Ein weiterer Aspekt betrifft die optische Beschaffenheit: Während melaminbeschichtete Spanplatten eine einheitliche und gleichmäßige Oberfläche bieten, können Vollholzplatten aufgrund natürlicher Variationen in Farbton, Maserung und Struktur ein weniger konsistentes Erscheinungsbild aufweisen. Für den ersten Prototyp werden daher melaminbeschichtete Spanplatten verwendet.

Für die Plattenelemente der Spüle und der Induktionsplatte ist die Auswahl eines wasser- und hitzebeständigen Materials von grundlegender Bedeutung. Eine vielversprechende Option sind die sogenannten Vollkernplatten, auch als Vollkern- Hochdruckschichtstoffplatten bekannt. Diese speziellen Platten finden vielfältige Anwendungen im Möbelbau und der Inneneinrichtung. Sie setzen sich aus verschiedenen Schichten zusammen, die unter hohem Druck und Temperatur miteinander verpresst werden. Ein entscheidender Vorteil dieser Platten liegt in ihrer erheblichen Stabilität und Steifigkeit, auch bei bereits vergleichsweise geringen Stärken. Diese Eigenschaften resultieren aus der speziellen Zusammensetzung und dem Herstellungsprozess. Nicht weniger wichtig ist die Widerstandsfähigkeit der Oberfläche gegen Kratzer und allgemeinen Verschleiß. Durch das perfekte Verhältnis von Druck und Hitze beim Verpressen der einzelnen Schichten ergibt sich eine Platte, die außergewöhnlich komprimiert ist und somit eine beachtliche Dichte von 1350 kg/m^3 aufweist. Zum Vergleich: Die Dichte einer herkömmlichen rohen Spanplatte beträgt etwa 650 kg/m^3 . Die glatte Struktur der Vollkernplatte erleichtert nicht nur die Reinigung, sondern trägt auch zu einer besseren Hygiene bei. Die Platte benötigt keinen weiteren Kantenschutz oder eine zusätzliche Behandlung der Oberfläche. Lediglich das Abrunden der Kanten ist notwendig, weil sonst eine hohe Verletzungsgefahr besteht. Außerdem ist es möglich das Material mit herkömmlichen Holzbearbeitungswerkzeugen zu bearbeiten.

Der Korpus einschließlich Mittelseite, Tür und Schubkasten sind aus weißbeschichteter Spanplatte mit 2 mm ABS-Kante. Aus der schwarzen Vollkernplatte bestehen alle weiteren Elemente. Einzige Ausnahme sind die L-förmigen Leisten zur Befestigung des Scherenbeschlags, welche aus Multiplex-Plattenmaterial bestehen.

4.10.4. Ergebnis

Von der Idee zum Prototyp

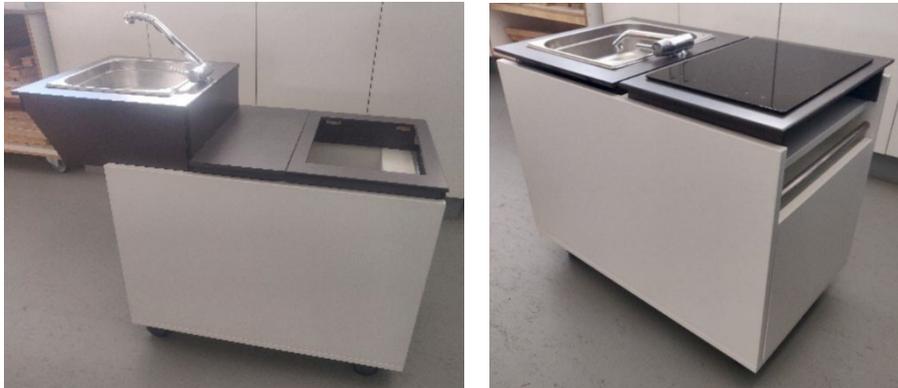


Abbildung 89: finaler Prototyp, links geschlossen, rechts geöffnet

Quelle: Studienarbeit (F.Lang)

Entscheidend ist die Festlegung der wichtigsten Maße, auf denen der Prototyp aufbaut. Da der Küchencontainer für die Nutzung an sämtlichen Arbeitsplatten und Tischen ausgelegt und sowohl in Küchen als auch anderen Wohnräumen nutzbar sein soll, wird von einer maximalen Höhe der Arbeitsplattenoberkante von 75 cm ausgegangen. Die im Raumpilot definierte Höhe von mindestens 67 cm zur Unterfahrbarkeit mit einem Rollstuhl, dient als Maßstab für den Container. Dieses Maß ist mit den Begebenheiten in den Küchen in den Wohnkompetenzzentren in Amerang kompatibel. Die Spüleinheit des Küchencontainers wird mit bewährten Komponenten aus dem Campingbereich geplant. Dies beinhaltet zwei 10-Liter-Kanister für Frisch- und Abwasser, eine strombetriebene 12-Volt-Tauchpumpe sowie eine kompatible Einhebelmischarmatur. Diese Ausstattung kann mithilfe eines Transformators an einer haushaltsüblichen 230 V Steckdose angeschlossen werden. Alle weiteren Außenmaße sind abhängig von den verwendeten Zukaufteilen.



Abbildung 90: Anwendung in der Musterwohnung in Amerang

Quelle: Studienarbeit (F.Lang)

Feststehende Abmessungen ergeben sich zum Beispiel durch das ausgewählte Spülbecken mit einer Größe von 35,5 x 32,5 cm. Auch die verwendeten Kanister mit einem Fassungsvermögen von 10 l und einer Größe von 28,5 x 30,5 x 17,0 cm sind in dem Korpus unterzubringen, ebenso wie die Induktionsplatte mit den Maßen 30,0 x 38,0 cm. Für eine ergonomisch angenehme Bedienung der Spülfunktion wird im Bereich des Spülbeckens ein Scherenbeschlag mit Hebefunktion vorgesehen. Mittig ist eine aufgelegte Platte als zusätzliche Arbeitsfläche eingebaut, welche außerdem zum Verschließen des entstandenen Freiraums eingesetzt wird.

Unterhalb der Induktionsfläche befindet sich eine Schublade mit einem seitlich geführten Kugelauszug. Die Nutzung ist nicht klar definiert und kann entweder für ein Müllsystem oder als Stauraum für wichtige Küchenutensilien verwendet werden. Damit die Funktion der Griffe klar ersichtlich ist, ist der Aufbau beidseitig symmetrisch. Eine Griffstange ist zum Rangieren des gesamten Containers angebracht. Zum Öffnen der Tür unterhalb der Spüle und der Schublade sind die Fronten jeweils um 15 mm überstehend.

Unterhalb der Spülfunktion befindet sich die Installation der zwei Weithalskanister. Rechts befindet sich der Frischwasserkonister, gekennzeichnet mit einem gelben Deckel. Aus diesem führen die Schläuche zu Armatur und Tauchpumpe, welche am Verteilerkasten mit der restlichen Elektrik verkabelt sind. Links daneben der Abwasserkonister gekennzeichnet mit blauem Deckel, welcher direkt mit dem Ablauf des Waschbeckens verbunden ist. Beide Kanister haben einen DIN 96-Verschluss mit integrierten Dichtungen.

Die integrierte Elektrik ist erst funktionsfähig, sobald das Kabel an einer handelsüblichen 230 V Steckdose angeschlossen ist. Am Küchencontainer selbst ist neben dem Kabel eine zusätzliche Steckdose verbaut, welche zum Beispiel für ein Handmixgerät oder andere kleine Küchengeräte verwendet werden kann. Innenliegend im Korpus unterhalb der Induktionsplatte verbaut, befindet sich ein Verteilerkasten für das Kabel und die Steckdose für das Induktionsfeld. Rückseitig an der Mittelseite ist ein Transformator montiert. Darüber ist ein weiterer Verteilerkasten montiert, zum Verkabeln von Armatur und Tauchpumpe.

Die zusätzliche Arbeitsplatte wird bei im geschlossenen Zustand der Spülfunktion hochkant im Korpus aufbewahrt. Der Prototyp ist mit den verbauten Elementen und der vorliegenden Konstruktion in vollem Umfang funktionsfähig.

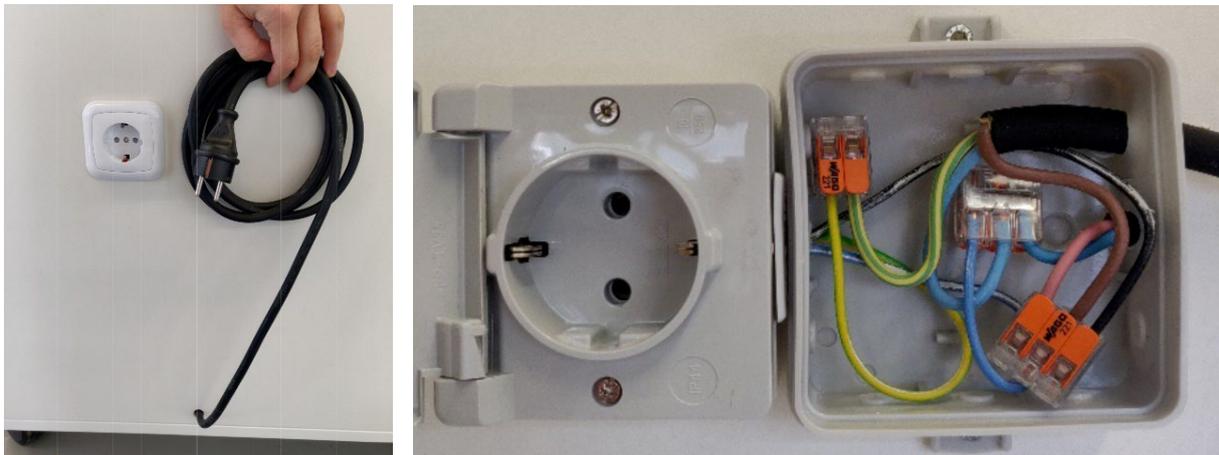


Abbildung 91: Elektroinstallation: Kabel zum Anschluss des Küchencontainers an einer handelsüblichen Steckdose (links), Innenliegend unterhalb der Induktionsplatte befindet sich der Verteilerkasten für das Kabel und die Steckdose für das Induktionsfeld (rechts)



Abbildung 92: Schublade unterhalb der Induktionsplatte (links), Griffsituation (mittig), Kanister für Zu- und Abwasser (rechts)

Quelle: Studienarbeit (F.Lang)

4.10.5. Bewertung und Optimierungsvorschläge

Nach Abschluss der Prototypentwicklung folgt eine Analyse und Bewertung der Funktionalität. Diese Erkenntnisse resultieren aus den gesammelten Erfahrungen während des Bauprozesses, sowie eigens durchgeführten Tests. Die gewonnenen Informationen werden genutzt, um Verbesserungspotenzial für eine weitere Optimierungsrunde zu identifizieren.

Die empfohlene Höhe zur Unterfahrbarkeit des Containers ist auf 67 cm definiert und dient als Bezugspunkt für die Oberkante des Korpus. Nicht mit einbezogen ist dabei die Armatur mit einer aktuellen Höhe von 4 cm. Geöffnet hat das Spülelement eine Höhe von 80 cm, wodurch sich eine Abweichung von 5 cm im Vergleich zu einer normierten Tisch- und Arbeitshöhe mit 75 cm ergibt. Der aktuelle Prototyp ist primär für die Forschung und einer Verwendung in den Musterwohnungen in Amerang. Deshalb passt er sich hier mit den Außenmaßen in die Küche gut ein. Zudem ist zu prüfen, inwieweit der Hebebeschlag der Spülmöglichkeit und somit die zusätzliche Arbeitsplatte einen Vorteil der Benutzungsfreundlichkeit mit sich bringt. Das kann mit validen Probanden Testungen und anschließenden Befragungen möglich werden.

Es wäre denkbar, mehrere Ausführungen des Küchencontainers anzubieten, welche eine Auswahl aus der einfachen Variante ohne und einer aufwändigen mit Hebebeschlag und zusätzlicher Arbeitsplatte ermöglicht. Auf Grund der häufig schwindenden Feinmotorik der späteren Nutzer, können Gummiprofile als Rammerschutz die Langlebigkeit des Möbels positiv beeinflussen. Auch die Bedienbarkeit und Art der Rollen inklusive der Bremsen ist zu prüfen. Die verbaute Technik aus dem Camping-Bereich ergibt sich aus häufig empfohlenen Komponenten. Die Leistung der ersten Tauchpumpe ist nicht für den Küchencontainer kompatibel, da diese mit 2,1 bar und 25 Liter/Minute deutlich zu hoch war. Diese Erkenntnis ist während dem Bauprozess aufgetreten. Eine solche leistungsstarke Pumpe ist sinnvoll, wenn mehrere Wasserstellen, wie Dusche, Waschbecken und Spüle, gleichzeitig angeschlossen sind. Für die beschränkte Nutzung der Spüle hat das zur Konsequenz, dass das Wasser zu stark und unkontrolliert aus der Armatur spritzt. Ein Wechsel auf eine Pumpe mit 0,5 bar und 10 Liter/Minute brachte eine deutliche Verbesserung. Erst nach intensiven Testungen sind weitere Schwachstellen der verwendeten Technik und Komponenten erkennbar.

Im Fokus können hier stehen:

- Größe der Kanister
- Bedienbarkeit der Armatur
- Tiefe des Spülbeckens
- Barrierefreiheit der Induktionsfläche
- Sinnhaftigkeit der außenliegenden Steckdose

Das System der DIN 96-Verschlüsse muss ebenfalls in einem weiteren Schritt optimiert werden. Jeder Kanister besitzt zum Verschließen Ring, Dichtung und Deckelement, welche nur gleichzeitig in Position gebracht, abdichten. Diese Kombination erschwert das saubere Schließen und ist nicht benutzerfreundlich. Eine mögliche Alternative zur Verbesserung ist ein Schnellwechselsystem. Die Firma Reich hat bereits das UNI-Quick-System für Frisch- und Trinkwasser auf dem Markt, das für diese Verwendung getestet werden kann. Das Be- und Entladen der Kanister kann somit anwenderfreundlicher gestaltet werden.

Die im oberen Abschnitt erwähnten Verbesserungspotenziale, wie die Integration eines Schnellkupplungssystem für das Wassersystem oder eine Änderung anderer Komponenten, müssen zunächst geprüft und getestet werden. Anwendungsbereiche außerhalb der barrierefreien und altersgerechten Nutzung sind denkbar und, neben einem möglichen Vermietungssystem zur Reduzierung der Kosten, zu untersuchen. Etablierte Träger in relevanten Einrichtungen können maßgeblich bei der Vermarktung und als Informationsträger unterstützen.

4.11. Evaluation Möbelsysteme

In der Test- und Evaluationsphase erfolgte die Überprüfung der in den Musterwohnungen angewandten Lösungen (Küche, Schrank, Garderobe) mittels qualitativer und quantitativer Erhebungsmethoden im Rahmen eines Mixed Methods Forschungsdesigns hinsichtlich Akzeptanz, Umsetzbarkeit und Nachhaltigkeit. Formative Evaluation abbildend liefern die Ergebnisse Informationen zu Verbesserungsmöglichkeiten und zeigen Aspekte auf die gut oder nicht gut funktionieren (siehe Fazit).

Die Erhebungen, erfolgten im Rahmen von mehrstündigen Workshops, die sich in Organisation, Struktur und Ablauf an den zu diesem Zeitpunkt bereits laufenden und erprobten Tagesbesuchen orientierten. Die Rekrutierung der Probanden startete im Oktober 2023. Veranstaltungstage wurden bis April 24 angeboten und enthielten neben regelmäßig angebotenen Montagsterminen auch Wochenendangebote und Abendtermine. Insgesamt nahmen 19 Probanden an den Workshops teil. Trotz einer breitgefächerten Zielgruppe (Betroffene, pflegende Angehörige, Senioren/-innen, interessierte Bürger/-innen, Beratende), intensiver Öffentlichkeitsarbeit und aufwändiger Werbeaktionen (TP7) gestaltete sich die Rekrutierung von Probanden insgesamt als schwierig, zeitintensiv und lief nur mühsam an. Die heterogene Gruppe von 19 Teilnehmern war zu 68% (n=13) weiblich. Trotz einem Durchschnittsalter von 60 Jahren, waren nahezu alle Altersgruppen vertreten. Als Grund für die Teilnahme gab der Großteil Vorsorge und Interesse am altersgerechten Wohnen (n=17) an. Zwei Personen besuchten die Veranstaltung aufgrund von fachlichem Interesse.

Während der Workshops fand ein reger, offener Austausch mit den Probanden statt, dieser wurde protokolliert. Ergänzend wurden Fragenbogenerhebungen (eigens konzipierte Fragebögen mit Ordinalskalen-Systematik und qualitativer Ergänzung) zu den jeweiligen Themen (Küche, Schränke, Garderobe) durchgeführt. Die Auswertung und die tabellarische Darstellung der Fragebögen erfolgte mittels gängiger Codierungs-Schemata.

Fragebogen Zur Person

Frage A|B und C bezogen sich auf Alter, Körpergröße und Geschlecht.

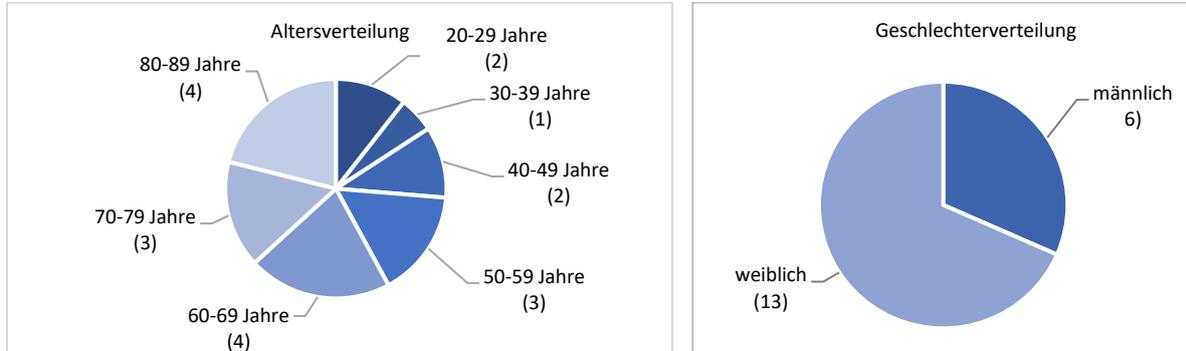


Abbildung 93: Auswertung Fragebogen zur Person FA/B, Alter und Geschlecht

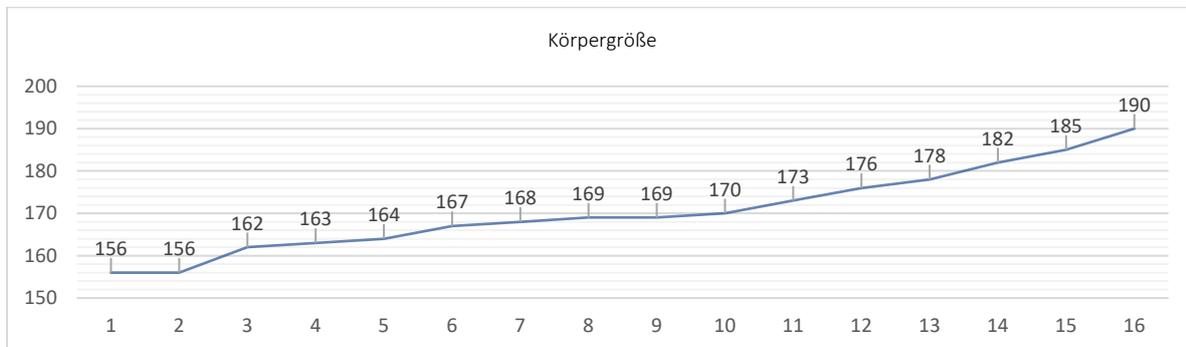


Abbildung 94: Auswertung Fragebogen zur Person FC, Körpergröße

Bei den neunzehn Teilnehmern waren alle Körpergrößen von 1,56m bis 1,90 vertreten. Diese Frage ist insofern relevant, weil sie verdeutlicht, wie wichtig das Thema der individuell einstellbaren Höhen ist.

Frage D: Wie sind Sie auf das Projekt aufmerksam geworden?

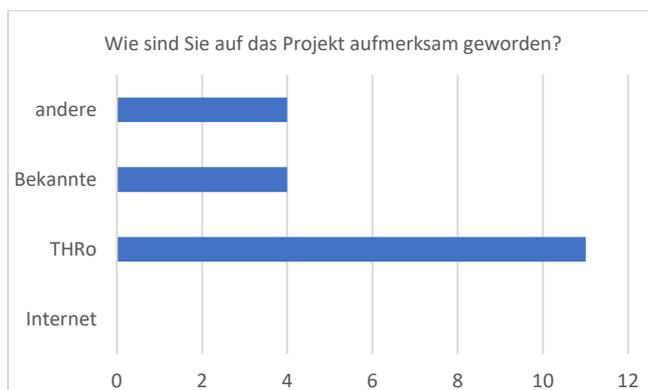


Abbildung 95: Auswertung Fragebogen zur Person FD

Frage E: Was sind Ihre persönlichen Gründe für den Besuch der Veranstaltung?

Persönliche Gründe für den Besuch der Veranstaltung:

- Eigene Vorsorge fürs Alter / zu pflegende Angehörige (N=9/19)
- Interesse am altersgerechten Wohnen (N=8/19)
- Fachliches Interesse (N=2/19)

Fragebogenerhebungen Möbelsysteme

Garderobensystem

Frage A: Wie praktikabel ist das Verstellen und die Bedienung der Module für Sie persönlich?

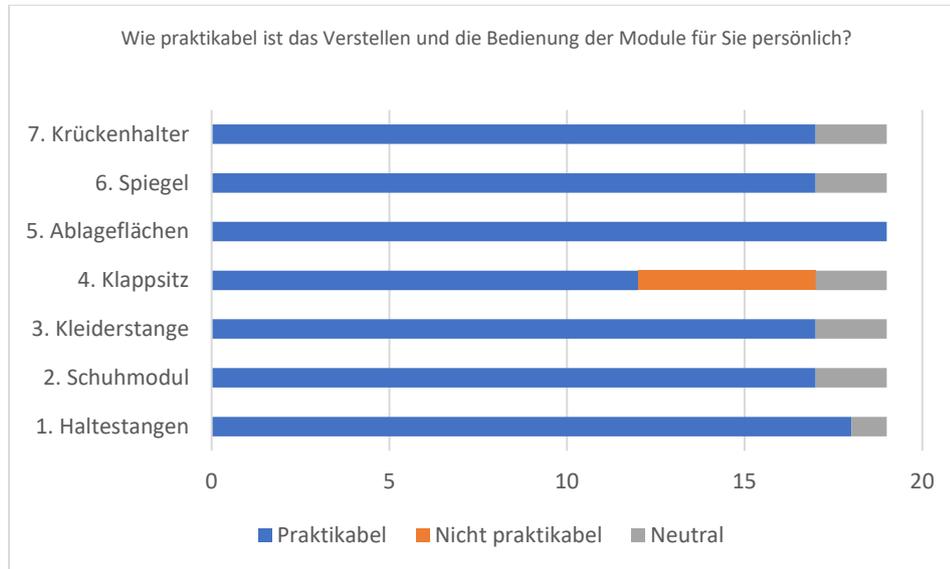


Abbildung 96: Auswertung Fragebogen Garderobensystem FA, Praktikabilität

Interpretation:

➔ Mit Ausnahme des Klappsitzes betrachteten die Teilnehmer die Handhabung der Module größtenteils als praktikabel.

Frage B: Wenn Sie bei einer Lösung Nicht praktikabel angekreuzt haben. Was könnte Ihrer Meinung nach verbessert werden? (Angaben wurden unverändert als Zitat aus den Fragebögen entnommen)

„Nr. 4 Halterung/Fixierung, leichter, kleiner, Nr.3 Haken besser fixieren, bei Entnahme kann es auf d. Boden fallen, Nr.6 Größe von Wohnung grün reicht aus, Nr.7 Prima Idee, aber fixieren, da bei Entnahme sich löst“

„Nr. 4 Zu groß, zu niedrig, nicht abgefedert“

„Nr. 1/6 Haltestangen rechts + links vom Spiegel nicht nutzbar --> Abstand zu Spiegelmodul, "Doppelstange", Nr. 4 Klappsitz zu groß, nicht gedämpft, zu tief (Rollator Höhe), Befestigung an allen Wänden muss möglich sein --> Trockenbau?“

„Nr. 4 zu tief, zu groß“

„Nr. 4 besser an der Wand befestigen, dann können auch die Haltestangen besser als Griffleiste verwendet werden. Höhenverstellbar wäre auch vorteilhaft, er könnte auch etwas kleiner sein.“

„Nr. 4 evtl. Befestigung direkt an der Wand besser, kleinere Sitztiefe m.E. ausreichend“

„Nr. 4 zu schwer, Ecken mehr abgerundet, Hutablage fehlt“

„Nr. 5 Ablage mit durchsichtigem Boden, Nr. 4 Klappsitz mit seitlichen Stützen“

„Nr. 4 zu tief & zu groß & zu eckig, Nr. 2 viel Platz, wenig Schuhe“

Interpretation:

➔ *Überwiegend wurden die Module und deren Handhabung von den Teilnehmern als praktikabel eingestuft. Probleme bereitete der Prototyp des Klappsitzes. Dieser wurde als zu groß und zu schwer bewertet. Zudem wurde die fehlende Dämpfungsfunktion beim auf und Zuklappen kritisiert. In einer weiteren Überarbeitung des Produktes sollte der Spiegel und der Klappsitz mehr Abstand zu den Haltstangen erhalten, um das Greifen der Haltestangen auch in diesem Bereich zu gewährleisten.*

Erkenntnisse:

- Klappsitz leichter, kleiner, mit abgerundeten Ecken gestalten.
- Klappsitz abfedern.
- Klappsitz und Spiegel mit Abstand zu den Haltegriffen befestigen, damit Haltegriffe besser benutzt werden können.
- Krückenhalter & Haken fixieren.

Frage C: Wenn Sie sich das Garderobensystem selbst zusammenstellen könnten, welche Farben und Materialien würden Sie wählen?

N 9/19 würden Farben und Materialien so wählen, wie am Prototyp gezeigt.

N 10/19 würden sich gerne Farben und Materialien selbst zusammenstellen und wünschen sich eine breitere Auswahl insbesondere an Farben, sowie verschiedenen Holzarten.

N 3/19 machten zusätzlich den Vorschlag von durchsichtigen Ablagen, oder Ablagen aus Holz oder Edelstahl.

Interpretation:

➔ *Knapp die Hälfte der Teilnehmer gefiel die Zusammenstellung der Farben und Materialien, so wie sie am Prototyp gezeigt wurden. Um die Individualität des Produktes noch zu steigern, würde es sich anbieten, dem potenziellen Käufer des Produkts eine Auswahl an verschiedenen Farben und Materialien anzubieten.*

Frage D: Könnten Sie sich das Garderobensystem mit den von Ihnen gewählten Modulen in Ihrem Zuhause vorstellen?

Frage E: Wenn Ja, welche Module würden Sie wählen?

n=10 /19 Personen könnten sich das System zuhause vorstellen.

n=2/19 Personen gaben an, aktuell bereits eine geeignete Garderobe zu besitzen, sich das System aber vorstellen könnten, wenn eine neue gebraucht würde.

n=4/19 Personen gaben an, selbst Zuhause über ausreichend Platz zu verfügen und bereits eine passend eingerichtete Garderobe zu besitzen, sich das System aber dennoch gut bei engen Wohnverhältnissen vorstellen könnten.

N 3/19 gefiel das Design der Garderobe nicht.

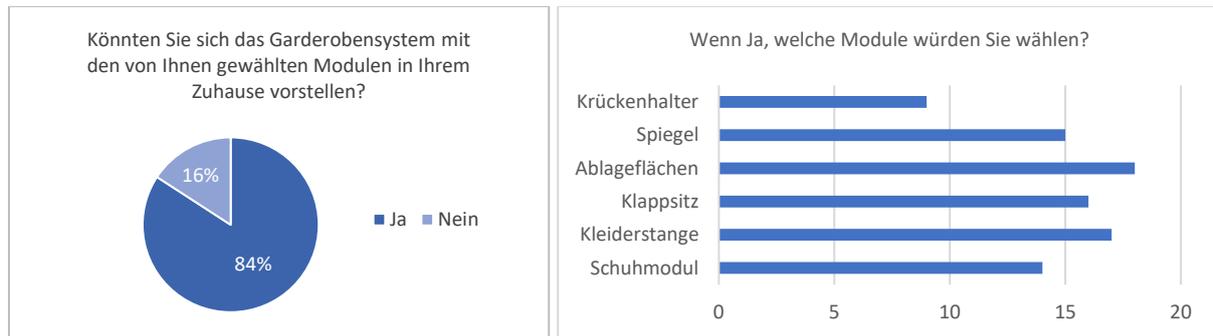


Abbildung 97: Auswertung Fragebogen Garderobensystem FD/E, Akzeptanz

Interpretation:

➔ Insgesamt könnten sich 84% (n=16/19) der Teilnehmer das System im eigenen Zuhause oder bei begrenzten Platzverhältnissen vorstellen. Die relativ ausgewogene Verteilung der Auswahl deutet auf eine hohe Akzeptanz gegenüber den verschiedenen Modulen hin und lässt darauf schließen, dass die meisten Module als sinnvoll erachtet werden. Die geringere Auswahl des Krückenhalters ist vermutlich auf das relativ junge Durchschnittsalter der Teilnehmer von 60 Jahren zurückzuführen sowie darauf, dass die Mehrheit zum Zeitpunkt des Workshops keine größeren körperlichen Einschränkungen hatte. Zudem könnte vermutet werden, dass der Krückenhalter stärker mit dem Alter assoziiert und als visuell weniger ansprechend oder systemkompatibel wahrgenommen wird.

Frage F: Maximal würde ich insgesamt __€ in ein Garderobensystem investieren.

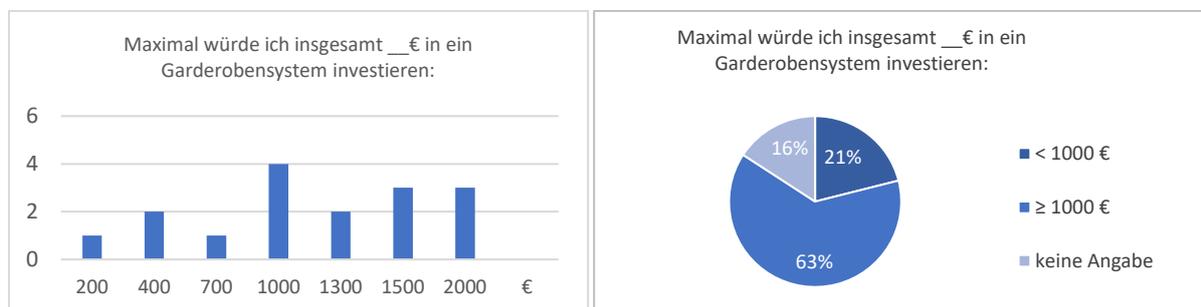


Abbildung 98: Auswertung Fragebogen Garderobensystem FF, Zahlungsbereitschaft

Interpretation:

➔ Im Durchschnitt würden die Teilnehmer 1175€ für ein Garderobensystem ausgeben. Die Angaben bewegten sich dabei von 200€ bis 2000€. N 3/19 Personen machten keine Angabe. Insgesamt würden 63% der Teilnehmer (N 12/19) ≥ 1000 € für ein Garderobensystem ausgeben. Der kalkulatorische Preis einer Grundausführung des seriell hergestellten Systems (bestehend aus drei Haltestangen, drei Schuhsets, einer Ablagefläche und zwei Kleiderstangen) würde sich auf knapp 1000€ belaufen und kann damit in das mittlere, bis obere Preissegment im Vergleich zu ähnlichen Produkten auf dem Markt eingeordnet werden. Die Zahlungsbereitschaft der Teilnehmer stimmt weitestgehend mit dem kalkulatorischen Marktpreis des Garderobensystems überein.

Frage G: Haben Sie Vorschläge, was an dem Garderobensystem verbessert werden müsste, damit es auf Ihre Wünsche maßgeschneidert wäre? (Einige Antworten überschneiden sich mit denen zur Frage B und werden daher nicht erneut aufgeführt.)

- Spiegel mit Licht
- Integrierte Steckdose (z.B. zum Laden von Hörgeräten)

- Pinnboard
- Längere, schmalere Haken
- Armlehne am Klappsitz, unterstützend beim Aufstehen und Hinsetzen (Aufstehhilfe)
- N 2/19 wünschen sich das System höhenverstellbar ohne Steckverbinder
- N 5/19 wünschen sich nicht einsehbare Boxen (geschlossene Ablagen)

Frage H: Sehen Sie persönlich bei dem Garderobensystem einen Mehrwert, gegenüber herkömmlichen Garderoben?

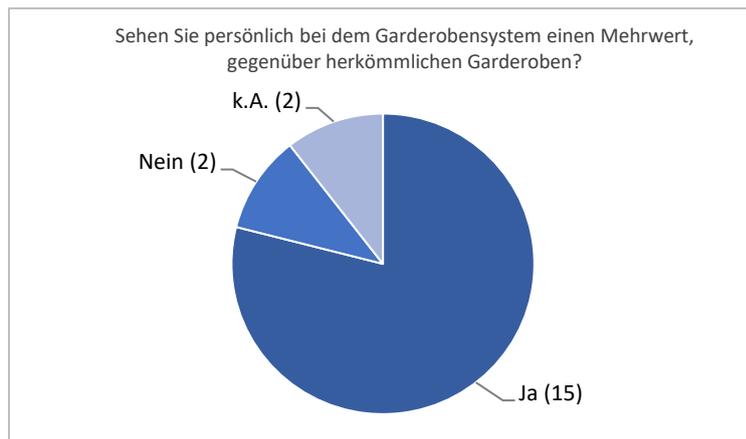


Abbildung 99: Auswertung Fragebogen Garderobensystem FH, Mehrwert

Teilnehmer, die mit Ja antworteten, gaben folgende Begründungen an (Angaben wurden unverändert als Zitat aus den Fragebögen entnommen):

„weil erweiterbar! Genial alle Richtungen sind offen bzw. möglich“ | „Modular! Erweiterbar“ | „Individuell anpassbar und vor allem erweiterbar“ | „anpassbar, intuitiv, platzsparend“ | „Flexibilität“ | „Platzsparend + leicht zugänglich“ | „Optik, Haptik, Material, Größe, individuelle Möglichkeit“ | „sieht ganz gut aus, praktisch, Halteleisten gut“ | „Man kann auf kleinem Raumangebot einiges unterbringen“ | „individuelle Anpassung einfach, persönl. Beeinträchtigung können durch modularen Aufbau des Systems gut berücksichtigt werden“ | „Praktisch, gut durchdacht“ | „Für unterschiedliche Personengrößen im Haushalt geeignet“ | „Platzsparend v. indiv. Verstellbar“.

Interpretation:

➔ 79% der Teilnehmer (N 15/19) sehen einen Mehrwert des Garderobensystems gegenüber herkömmlichen Garderoben. Insbesondere die individuelle Anpassung und die Möglichkeit, das System nach Bedarf erweitern zu können wurden als positiv eingestuft.

Küche

Frage A: Wie praktikabel sind die gezeigten Lösungen der Küche für Sie persönlich?

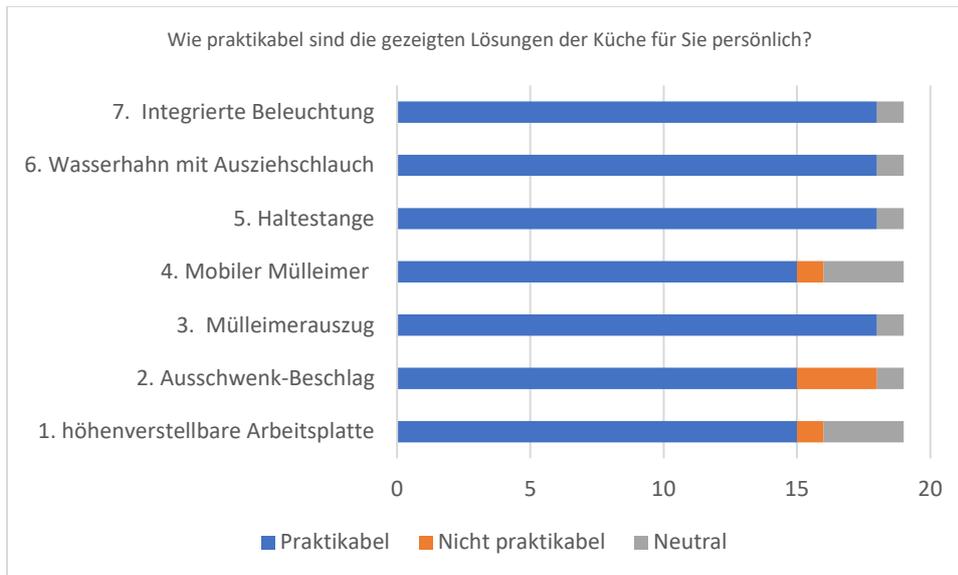


Abbildung 100: Auswertung Fragebogen Küche FA, Praktikabilität

Interpretation:

➔ Die Teilnehmer bewerteten die meisten Lösungen überwiegend als praktikabel. Der Ausschwenk-Beschlag wurde zwar als sinnvoll erachtet, jedoch kritisierten die Teilnehmer, dass der Beschlag für Rollstuhlfahrer nicht geeignet ist. Bei der höhenverstellbaren Arbeitsplatte wurde vermehrt die umständliche Bedienung kritisiert. Die Teilnehmer wünschten sich hier statt einer Touchbedienung und der Zahlenanzeige eine einfache Bedienung per Kippschalter.

Frage B: Wenn Sie bei einer Lösung Nicht praktikabel angekreuzt haben. Was könnte Ihrer Meinung nach verbessert werden? (Angaben wurden unverändert als Zitat aus den Fragebögen entnommen)

„(Arbeitsplattenauszug für heiße Bleche, finde ich genial!), Nr.1 Display, Schaltung nicht optimal, auch wenn man schlecht sieht!“

„Nr. 1 verstellbar super, Schaltersystem nicht brauchbar, 1xSchalter oben / unten“

„Nr. 4 Mülleimer sollte festen Platz haben, Nr. 2 nimmt zu viel Platz weg, evtl. Lösung für sehr hohe Oberschränke“

„Nr. 1 Anzeige kompliziert, Nr. 4 flexiblere Rollen, leichter -> obere Schublade sollte von oben ausziehbar sein“

„Nr. 2 Geht nicht tief genug runter“

„Nr. 2 nur im Stehen nutzbar, sonst zu hoch“

„Nr. 2 Ist aber nicht für Rollstuhlpersonen geeignet“

„Nr. 2 Zu schwer zum Benützen“

„Nr. 2 Vom Rollstuhl aus vermutlich nicht oder nur schwer erreichbar“

Erkenntnisse:

- Ausschwenkbeschlag sollte ohne großen Kraftaufwand bedienbar und soweit absenkbar sein, damit er auch im Sitzen (für Rollstuhlfahrer) gut bedient werden kann.
- Rollcontainer müssen leicht gängig in der Handhabung sein.
- Höhenverstellbare Arbeitsplatte bedienbar mit Kippschalter statt Touch Bedienung.

Frage C: Welche der gezeigten Lösungen würden Sie sich in Ihrer eigenen Küche wünschen?

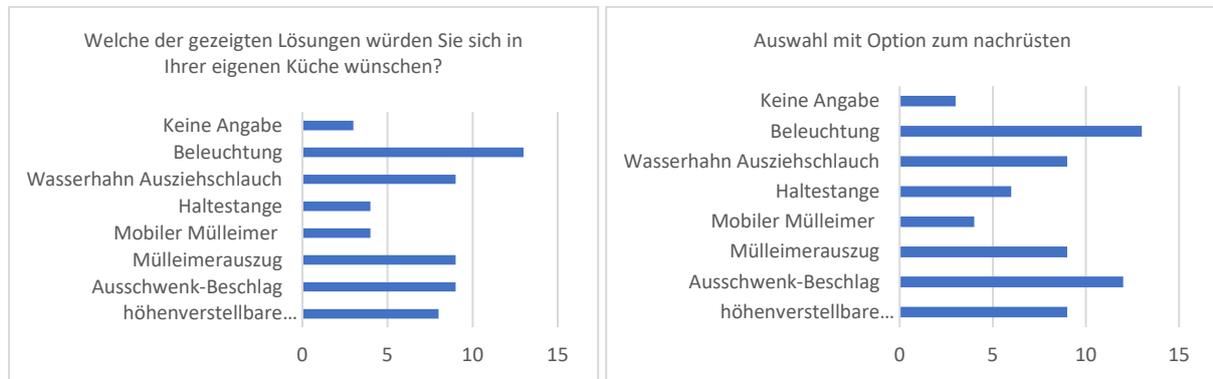


Abbildung 101: Auswertung Fragebogen Küche FC, Akzeptanz

Eine Person gab an, die hvst. Arbeitsplatte nachrüsten zu wollen. Zwei Personen würden sich den Ausschwenk-Beschlag nach Bedarf nachrüsten und zwei weitere Teilnehmer gaben an, sich die Haltestange ggfls. nachrüsten zu lassen.

Interpretation:

→ Einige Teilnehmer äußerten Kritik am Ausschwenkbeschlag, dennoch fällt auf, dass dieser mehrfach ausgewählt wurde, was darauf hindeutet, dass die Teilnehmer ihn trotz eingeschränkter Bedienbarkeit im Sitzen (falsche ergonomische Höhe des Beschlags bezogen auf Standard Küchenoberschrankhöhen) als sinnvoll und hilfreich wahrnahmen. Am seltensten entschieden sich die Teilnehmer für den mobilen Mülleimer, was möglicherweise an der Bevorzugung des integrierten Müllauszugs lag. Die geringere Auswahl der Haltestange lässt sich vermutlich auf das relativ junge Durchschnittsalter der Teilnehmer (60 Jahre) und das Fehlen größerer körperlicher Einschränkungen zurückführen. Möglicherweise wird die Haltestange zudem stärker mit dem Alter assoziiert und als optisch weniger ansprechend wahrgenommen. Der Backofen mit versenkbarer Klappe und der integrierte Arbeitsplatzauszug, obwohl nicht im Fragebogen enthalten, erhielten ebenfalls positive Rückmeldungen. Insgesamt stießen die gezeigten Lösungen bei den Teilnehmern auf eine hohe Akzeptanz.

Frage D: Wie viel Geld könnten Sie sich vorstellen dafür zu investieren?

Lösungen	Durchschnitt	Von - Bis
hvst. Arbeitsplatte	2556 €	500 - 5000
Ausschwenk-Beschlag	429 €	150 - 1000
Mülleimerauszug	213 €	100 - 400
Mobiler Mülleimer	221 €	100 - 500
Haltestange	281 €	120 - 600
Wasserhahn mit Ausziehschlauch	200 €	100 - 350
Integrierte Beleuchtung	355 €	150 - 500

Tabelle 2: Auswertung Fragebogen Küche FD, Zahlungsbereitschaft

Insgesamt würden die Teilnehmer für die aufgeführten Lösungen im Durchschnitt ca. 4200 € investieren.

Frage E: Maximal würde ich insgesamt __€ in eine Küche investieren.

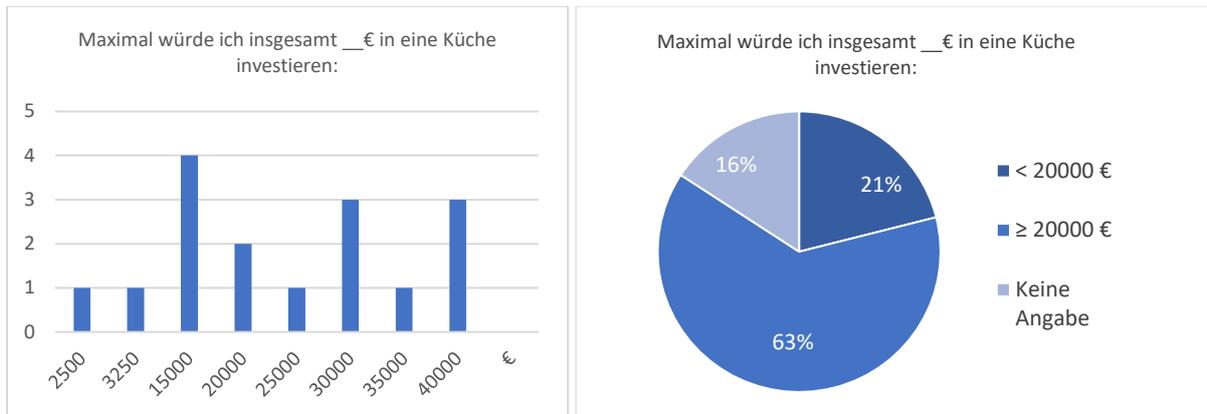


Abbildung 102: Auswertung Fragebogen Küche FE, Zahlungsbereitschaft

Interpretation:

➔ N 3/19 Personen machten keine Angabe. Im Durchschnitt würden die Leute ca. 23.500€ in eine Küche investieren. Die Angaben bewegten sich dabei zwischen 2500€ bis 40000€. Insgesamt würden 63% der Teilnehmer (N 12/19) ≥ 20000€ in eine Küche investieren.

Frage F: Wenn Sie sich eine Küche einrichten könnten, welche Farben würden Sie wählen?

N 5/19 würden Farben und Materialien so wählen, wie in der Musterwohnung gezeigt

N 5/19 wünschen sich Holzoptik

N 9/19 wünscht sich eine andere Auswahl von Farben (häufig genannt wurde grau, hellgrau in Kombination mit Holz und eher wärmere Farbtöne)

N 3/19 weiß nicht

Interpretation:

➔ Die Angaben der Teilnehmer zeigen, dass Vorlieben für Farben und Materialien stark individuell sind und oft von saisonalen Trends abhängen. Zudem empfinden ältere Menschen Weiß häufig als kalt und ungemütlich, während wärmere Farbtöne bevorzugt werden. Da die Farbwahrnehmung im Alter abnimmt, empfiehlt es sich, auf einen deutlichen Kontrast zwischen den Farben und Materialien zu achten.

Frage G: Haben Sie Vorschläge, was an der Küche verbessert werden müsste, damit sie auf Ihre Wünsche maßgeschneidert wäre? (Einige Antworten überschneiden sich mit denen zur Frage B und werden daher nicht erneut aufgeführt.)

N 6/19 Personen hatten keinen Verbesserungsvorschlag

N 2/19 Personen machten keine Angabe

N 11/19 machten Verbesserungsvorschläge

Teilnehmer, die mit Ja antworteten, gaben folgende Begründungen an (Angaben wurden unverändert als Zitat aus den Fragebögen entnommen):

„volle Höhe des Raums ausnutzen, Gefrierschrank ergänzen“ | „mehr Stauraum + Dreieck“ | „Bedienung Dunstabzug, Abtropffläche neben Spülbecken“ | „von vorne sichtbar / bedienbar (Dunstabzug)“ | „Ausschwenk-Beschlag per Knopfdruck“ | „Herdplatte nicht gut zu handhaben, mehr Steckdosen, Ablagefläche beim Spülen, Haltestange zum ein- und ausfahren wegen Rollstuhlfahrer kommt dann näher hin!“ | „abgerundete Enden an der Haltestange“ | „Mehr Arbeitsplatz (z.B Kaffemaschine, Wasserkocher, Thermomix usw.)“.

Schranksystem

Frage A: Wie praktikabel sind die gezeigten Lösungen des Schranksystems für Sie persönlich?

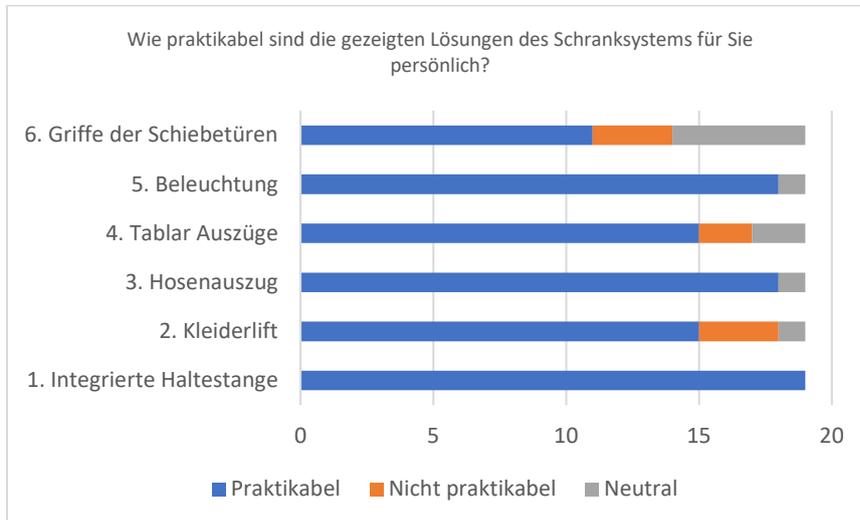


Abbildung 103: Auswertung Fragebogen Schranksystem FA, Praktikabilität

Interpretation:

➔ Die Mehrheit der Teilnehmer bewertete die Haltestange, die Beleuchtung und den Hosenauszug als praktikabel. Einige kritisierten die unzureichende Bedienbarkeit des Kleiderlifters für Rollstuhlfahrer, da die Bedienstange im Sitzen nicht erreichbar ist. Zudem empfanden die Teilnehmer die Handhabung des Kleiderlifters als schwergängig, hielten ihn dennoch insgesamt für sinnvoll. Des Weiteren beschrieben einige Teilnehmer die Muschelgriffe der Schiebetüren als unangenehm in der Handhabung.

Frage B: Wenn Sie bei einer Lösung Nicht praktikabel angekreuzt haben. Was könnte Ihrer Meinung nach verbessert werden? (Angaben wurden unverändert als Zitat aus den Fragebögen entnommen)

„Nr. 2 Zu tief angebracht, zumindest für jmd. der nicht im Rollstuhl sitzt.“

„Nr. 1 Holz fände ich schöner, Nr. 6 evtl. eher Knauf, da bessere Kraftübertragung (Handballen, nicht nur Finger)“

„Nr. 6 Griffleiste zu scharfkantig, Nr. 2 Zugstange griffiger“

„Nr. 6 Falz der Griffmulde stört, "glatte" Mulde wäre angenehmer, Nr. 2 Kleiderlift grundsätzlich i.O., Bedienstange sollte besser erreichbar (z.B vom Rollstuhl aus), ggf. gebogene o. L-Formen“

„Nr. 4 Schubladen unten nicht nutzbar bei eingeschränkter Beweglichkeit (Fach oben auch nicht -> Paternoster), Nr. 6 etwas kantig“

„Nr. 2 etwas weiter vorsetzen“

„Nr. 2 zu schwer, muss verbessert werden“

„Nr. 4 zu schwer zu ziehen“

Erkenntnisse:

- Beim Montieren des Kleiderlifts auf richtige Positionierung achten, damit auch im Sitzen bedienbar.
- Kleiderlift und Tablar Auszüge möglichst leicht gängig einstellen.
- Griffe der Schiebetüren weniger kantig ausführen.

Frage C: Welche der gezeigten Lösungen würden Sie sich für Ihren eigenen Schrank Zuhause wünschen?

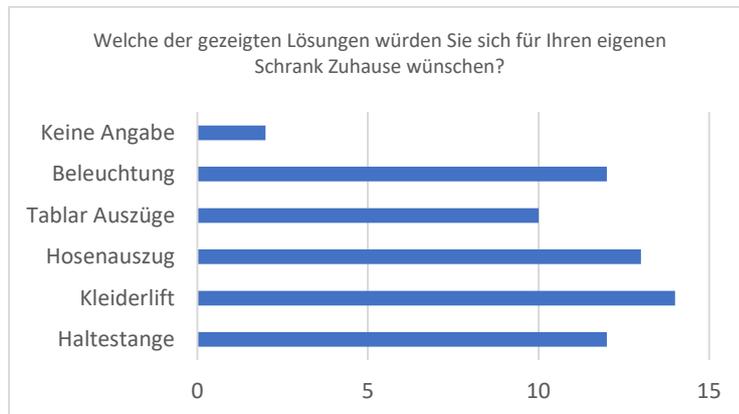


Abbildung 104: Auswertung Fragebogen Schranksystem FC, Akzeptanz

Interpretation:

➔ Zwei Personen machten keine Angabe. Eine Person gab an, die Haltestange und nach Bedarf auch die Beleuchtung nachrüsten zu wollen. Bis auf die Tablar Auszüge wurden alle gezeigten Lösungen nahezu gleich oft ausgewählt. Dies lässt insgesamt auf eine hohe Akzeptanz schließen. Obwohl einige Teilnehmer Kritik am Kleiderlift äußerten wurde dieser trotzdem mehrfach von den Teilnehmern ausgewählt. Daraus lässt sich schließen, dass die Teilnehmer den Kleiderlift bei guter Positionierung sowie optimaler Einstellung als sinnvoll und hilfreich erachten. Einige Personen gaben an, statt den offenen Tablarauszügen geschlossene Schubladen zu bevorzugen. Mehrmals angemerkt wurde zudem, dass die unteren und oberen Bereiche des Schranksystems für Rollstuhlfahrer nicht nutzbar seien.

Frage D: Wie viel Geld könnten Sie sich vorstellen dafür zu investieren?

Lösungen	Durchschnitt	Von - Bis
Haltestange	138 €	50 - 200
Kleiderlift	214 €	100 - 500
Hosenauszug	140 €	60 - 300
Tablar Auszüge	278 €	60 - 800
Beleuchtung	217 €	50 - 500

Tabelle 3: Auswertung Fragebogen Schranksystem FD, Zahlungsbereitschaft

Insgesamt würden die Teilnehmer für die oben gewählten Lösungen im Durchschnitt insgesamt knapp 1000 € investieren.

Frage E: Maximal würde ich insgesamt __€ in ein Schranksystem investieren.

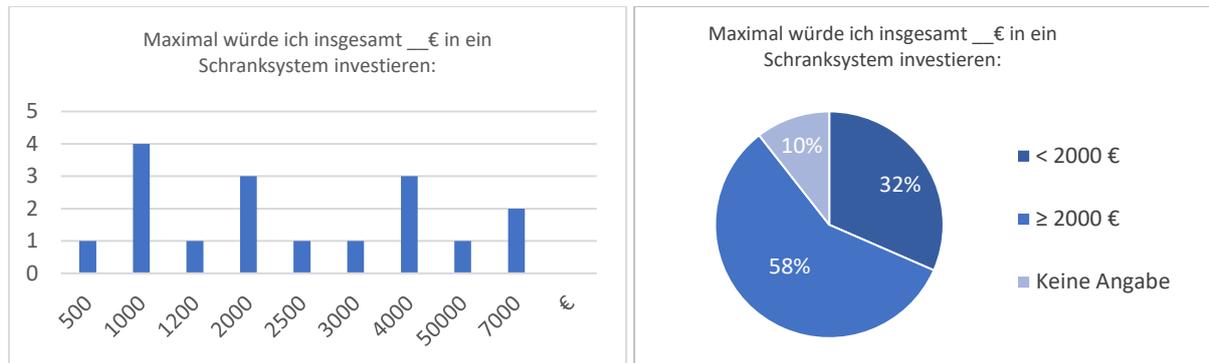


Abbildung 105: Auswertung Fragebogen Schranksystem FE, Zahlungsbereitschaft

Interpretation:

➔ N 2/19 Personen machten keine Angabe. Im Durchschnitt würden die Leute ca. 2800€ in ein Schranksystem investieren. Die Angaben bewegten sich dabei zwischen 500€ bis 7000€. Insgesamt würden 58% der Teilnehmer (N 11/19) ≥ 2000€ in einen Schrank investieren.

Frage F: Wenn Sie sich ein Schranksystem einrichten könnten, welche Farben würden Sie wählen?

N 5/19 würden Farben und Materialien so wählen wie in der Musterwohnung gezeigt

N 8/19 wünschen sich Holzoptik

N 6/19 wünschen sich eine andere Auswahl für Farben (häufig genannt wurde grau, hellgrau in Kombination mit Holz und eher wärmere Farbtöne)

N 2/19 weiß nicht

Interpretation:

➔ (Siehe Auswertung Küche Frage F)

Frage G: Haben Sie Vorschläge, was an dem Schranksystem verbessert werden müsste, damit es auf Ihre Wünsche maßgeschneidert wäre? (Einige Antworten überschneiden sich mit denen zur Frage B und werden daher nicht erneut aufgeführt.)

N 8/19 Personen hatten keinen Verbesserungsvorschlag

N 11/19 machten Verbesserungsvorschläge

Teilnehmer, die mit Ja antworteten, gaben folgende Begründungen an (Angaben wurden unverändert als Zitat aus den Fragebögen entnommen):

„2 Kleiderlifter“ | „Tresor / Geheimfach“ | „Schubläden mit viel Volumen“ | „Integration eines Spiegels“ | „Kleiderlift motorisch, Paternoster“ | „Paternoster, um bei kleineren Schränken alle Fächer zu erreichen, motorisch gesteuert -> tiefer Schrank erforderlich -> Vielleicht doch keine gute Idee“ | „evtl. mehr Schubladen, keine Fächer- Böden schwer zu erreichen bei kleiner Größe (wird Treppe benötigt)“ | „oberen Bereich auch nutzbar mit Schiebetüren“.

5. Licht

5.1. Stand der Forschung und der Technik

Licht erfüllt nicht nur die primäre Funktion der visuellen Wahrnehmung, sondern beeinflusst auch die menschliche Physiologie, das Verhalten sowie neuroendokrine und kognitive Funktionen. Diese Effekte werden als nicht-visuelle Wirkungen von Licht bezeichnet und gelten als wichtige Indikatoren für Gesundheit, Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit. (Brown et al., 2022) Darüber hinaus wirkt Licht auch atmosphärisch, indem es Stimmungen erzeugt und unsere emotionale Wahrnehmung beeinflusst. Das Verständnis dieser verschiedenen Wirkungsweisen von Licht ist entscheidend, um auf die physiologischen und psychologischen Bedürfnisse des Menschen zu reagieren und um entsprechende Lichtkonzepte entwickeln zu können.

5.1.1. visuelle Wirkung von Licht

Die visuelle Wirkung von Licht hat eine entscheidende Bedeutung für die Wahrnehmung und Gestaltung von Räumen und Objekten. Sie wird durch Parameter wie Helligkeit, Farbtemperatur, Farbwiedergabeindex (CRI) und die Lichtverteilung definiert. Licht moduliert visuelle Kontraste und unterstützt die Erkennung von Formen, Texturen und Farben, wobei eine hohe Farbwiedergabequalität (≥ 90) für eine realitätsgetreue Wahrnehmung essentiell ist. Warme Lichtfarben ($< 3.300\text{K}$) werden häufig mit Behaglichkeit assoziiert, während kühle Lichtfarben ($> 5.000\text{K}$) eine aktivierende Wirkung haben und die Aufmerksamkeit fördern.

Räumliche Wahrnehmung wird stark durch die Lichtverteilung beeinflusst: Gleichmäßiges Licht erzeugt neutrale und sachliche Atmosphären, während gerichtetes Licht Akzente setzt und Tiefenwirkung schafft. Darüber hinaus prägen Schatten und Reflexionen die Plastizität und Dreidimensionalität von Objekten und Räumen. Blendung – sei es durch direkte Lichtquellen oder Reflexionen – stellt jedoch eine erhebliche Beeinträchtigung dar, da sie die Wahrnehmung visueller Information beeinträchtigt und Ermüdung oder Konzentrationsverluste verursachen kann. Wahrnehmungsbasierte Lichtplanung berücksichtigt diese Parameter und deren Wechselwirkungen, um sowohl funktionale als auch ästhetische Ziele zu erreichen. Insbesondere in Arbeitsumgebungen und Architekturanwendungen ist die präzise Abstimmung dieser Faktoren entscheidend, um visuelles Wohlbefinden, Leistungsfähigkeit und Blendfreiheit zu fördern.

5.1.2. nicht-visuelle/melanopische Wirkungen von Licht

In diesem Projekt werden nicht-visuelle Wirkungen auch melanopische Lichtwirkungen genannt und darunter die Synchronisation an den 24h-Rhythmus von Tag und Nacht bzw. die Aktivierung des circadianen Rhythmus verstanden.

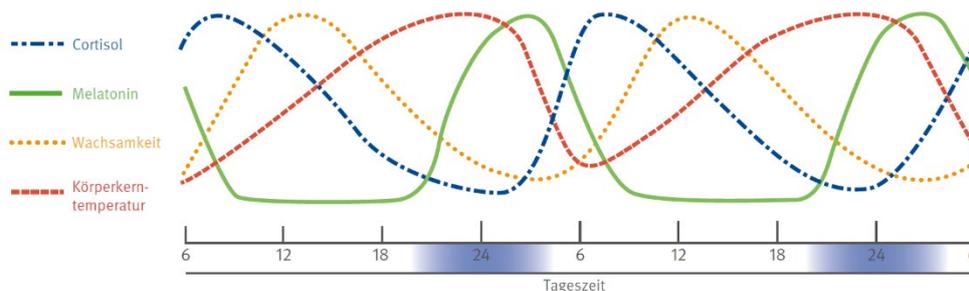


Abbildung 106: Beispiele für circadiane Rhythmen

Quelle: DGUV-Information 215-220, 2018, S. 13

Die nicht-visuellen Reaktionen auf Lichtreize werden durch eine spezielle Art der Netzhautrezeptoren im Auge, die sogenannten intrinsisch lichtempfindlichen retinalen Ganglienzellen (ipRGCs = intrinsically photosensitive retinal ganglion cells), ausgelöst. Das in diesen Ganglienzellen enthaltene Photopigment Melanopsin ist lichtempfindlich und hat seine maximale Empfindlichkeit bei ca. 480nm. Beobachtungen haben gezeigt, dass auch bei vollständig erblindeten Menschen nicht-visuelle Wirkungen von Licht ausgelöst werden können. (Brown et al., 2022)

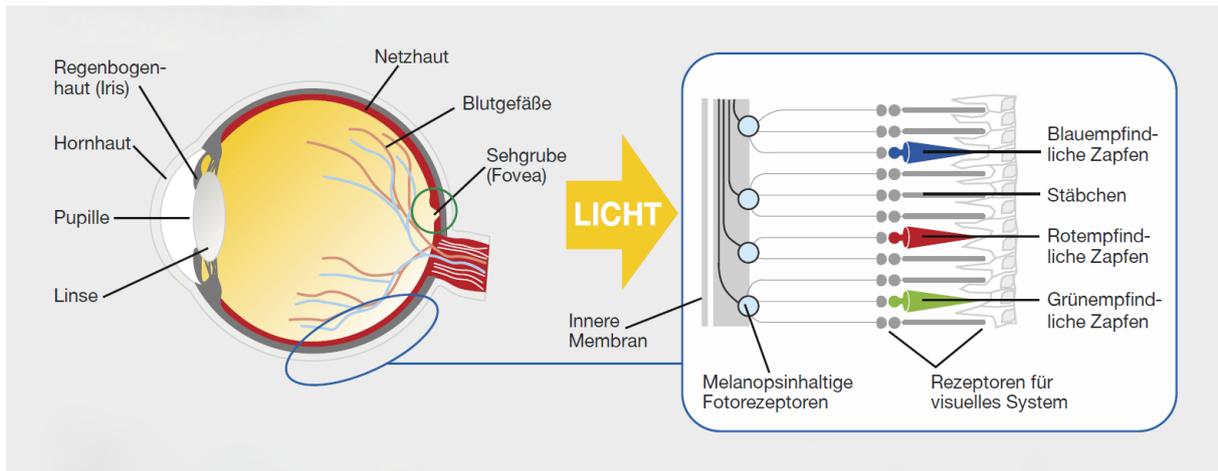


Abbildung 107: Anatomie des Auges und Aufbau der Netzhaut

Quelle: in Anlehnung an licht.de

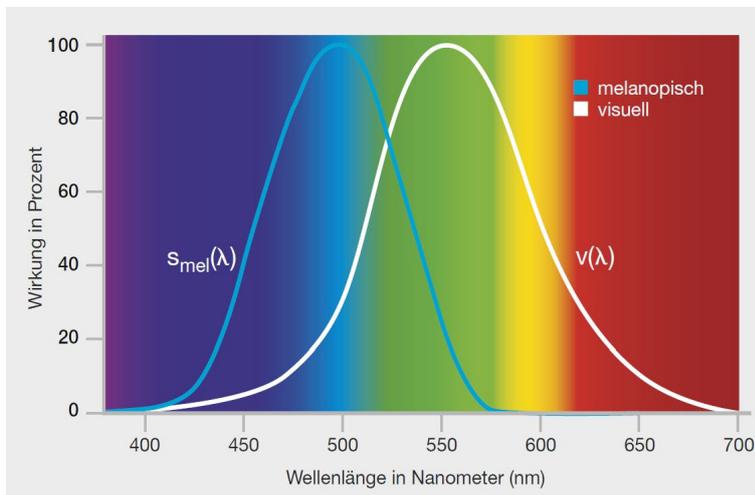
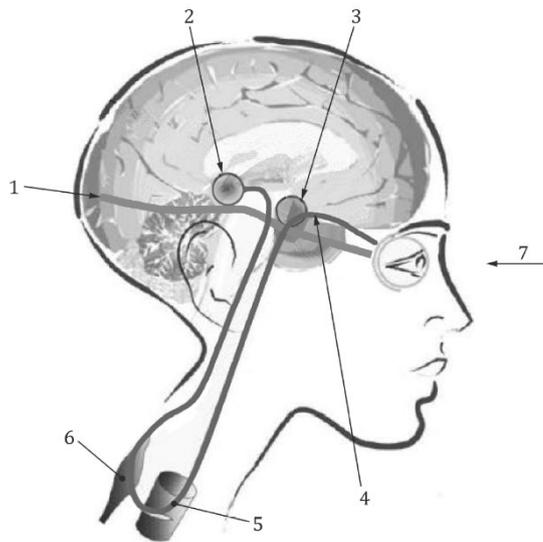


Abbildung 108: spektrale Hellempfindlichkeitskurven für visuelle (weiß/tagadaptiertes Auge) und melanopische (blau) Lichtwirkung

Quelle: in Anlehnung an licht.de



Legende

- | | |
|--------------------------------------|--|
| 1 Sehzentrum | 5 Rückenmark |
| 2 Zirbeldrüse | 6 Ganglienzellen in oberen Halswirbeln |
| 3 Suprachiasmatischer Nucleus (SCN) | 7 Licht |
| 4 Retinohypothalamischer Trakt (RHT) | |

Abbildung 109: visueller Pfad vom Auge zum Sehzentrum; nicht-visueller Pfad: vom Auge bis in die Zirbeldrüse

Quelle: DIN/TS 67600, 2022, S. 8

Trifft Licht auf die ipRGCs und deren Photopigment Melanopsin, wird der Reiz an den Suprachiasmatischen Nucleus (SCN), der „inneren Uhr“, geschickt. Von dort wird der Impuls über Umwege in die Zirbeldrüse weitergeleitet, wo das Schlafhormon Melatonin unterdrückt wird. (DIN/TS 67600, 2022)

Ohne den „Zeitgeber“ Licht ist der Rhythmus „freilaufend“ und beträgt beim Menschen durchschnittlich ca. 24,2 Stunden. D. h. bei unzureichendem Helligkeitsunterschied zwischen Tag und Nacht verschiebt sich der Rhythmus jeden Tag nach hinten. (Schlangen & Price, 2021)

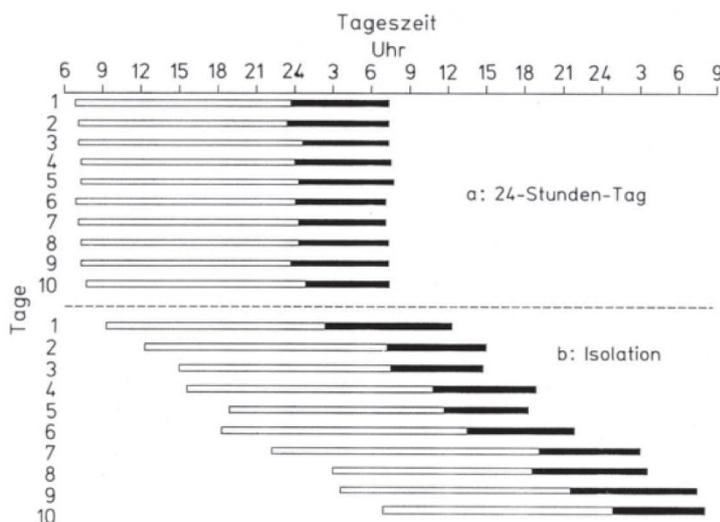


Abbildung 110: Darstellung eines gefestigten circadianen Rhythmus (oben) und eines „freilaufenden“ Rhythmus, wenn der „Zeitgeber“ Licht fehlt (unten)

Quelle: Zulley, 1990, S. 39

Untersuchungen zeigen, dass hellere Lichteinwirkungen am Tag die unerwünschten Wirkungen von Licht am Abend und in der Nacht reduzieren können. Der Vorgang hinter dieser Wirkung ist noch nicht ausreichend verstanden, sodass keine abschließenden Aussagen zur Expositionsintensität, -dauer und bevorzugte Tageszeit getroffen werden können. (Brown et al., 2022)

MEDI

Zur Bewertung der nicht-visuell wirksamen Lichtmenge am Auge wird die melanopisch äquivalente Tagelicht-Beleuchtungsstärke (kurz: MEDI; Melanopic Equivalent Daylight Illuminance) verwendet. Diese gibt an, wie viel Tageslicht mit 6500K für die vergleichbare nicht-visuelle Wirkung nötig wäre. (DIN/TS 5031-100, 2021)

MEDI ist das Produkt aus der Multiplikation der visuellen Beleuchtungsstärke (E_v) mit dem Tageslicht-Effizienzfaktor (kurz: MDER; Melanopic Daylight Efficacy Ratio). Der MDER von Tageslicht (D65) entspricht 1. Die melanopisch wirksame Lichtmenge am Auge von Tageslicht ist daher identisch mit E_v . Der MDER von warmweißen Kunstlichtquellen ist deutlich geringer. (DIN/TS 5031-100, 2021)

5.1.3. Lichtbedarf im Alter

Mit zunehmendem Alter verändert sich der Lichtbedarf erheblich, da die altersbedingte Eintrübung der Augenlinse und die Verringerung der Pupillenweite die Lichtdurchlässigkeit des Auges reduzieren. Studien zeigen, dass ältere Menschen ca. 2-3x höhere Lichtmengen benötigen, um dieselbe Sehqualität und nicht-visuellen Wirkungen wie bei jüngeren Personen zu erreichen. (CIE 227, 2017)

Vergilbung der Linse: Durch die Ansammlung gelber Pigmente nimmt die Linsendichte zu und die spektrale Transmission ab. Die Abnahme erfolgt zwischen dem Alter von 20 und 60 Jahren um ca. 8% pro Jahrzehnt und ab dem Alter von 60 Jahren um ca. 30% pro Jahrzehnt. Von der reduzierten spektralen Transmission ist insbesondere das kurzwellige Spektrum betroffen. Dies wirkt sich vor allem auf die nicht-visuellen Wirkungen negativ aus. (CIE 227, 2017)

Verkleinerung des Pupillendurchmessers: Der Dehnungsmuskel weist einen stärkeren Schwund auf als der Schließmuskel und verkleinert die Pupille. Daraus resultiert eine geringere Lichtmenge an der Netzhaut. Der Durchmesser reduziert sich pro Jahr um 0,034mm bei 2,15lx an der Pupille und 0,015mm bei 1.050lx an der Pupille. (CIE 227, 2017)

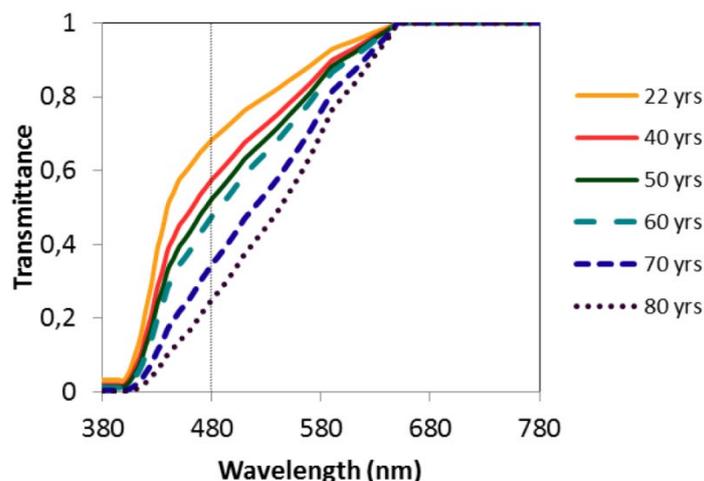


Abbildung 111: spektrale Linsentransmission abhängig von der Wellenlänge bei verschiedenen Altersgruppen

Quelle: in Anlehnung an CIE 227, 2017, S. 12

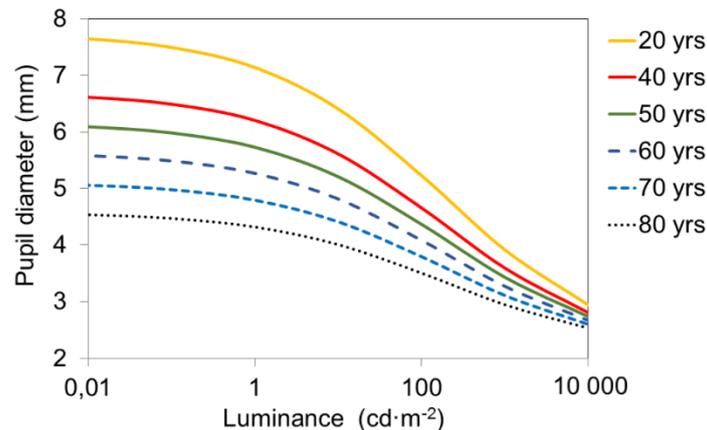


Abbildung 112: Pupillendurchmesser abhängig von der Leuchtdichte bei verschiedenen Altersgruppen

Quelle: CIE 227, 2017, S. 13

Darüber hinaus wird die Blendempfindlichkeit erhöht, was eine sorgfältige Lichtplanung erforderlich macht, die auf blendfreies, gleichmäßiges Licht setzt. Neben der Helligkeit spielen auch die Farbtemperatur und eine hohe Farbwiedergabe eine wesentliche Rolle, da sie die Kontrasterkennung unterstützen und die visuelle Orientierung verbessern. (CIE 227, 2017)

Verlangsamung der Pupillenreaktion: Das gealterte Auge braucht länger, um sich an Helligkeitsunterschiede anzupassen oder sich von temporären hohen Lichtmengen zu erholen und neigt daher zu einer erhöhten Blendempfindlichkeit. (CIE 227, 2017)

Trübung der Linse: Gerinnende Proteine in der Linse führen zu einer Trübung und streuen das einfallende Licht. Diese Schleierleuchtdichte wird als physiologische Blendung wahrgenommen. Die Linsentrübung verringert zudem die Kontrast- und Farbwahrnehmung des auf die Netzhaut projizierten Bildes. (CIE 227, 2017)

Verhärtung der Linse: Die Linse wird zunehmend härter und verliert die Fähigkeit, sich entsprechend der Objektentfernung zu krümmen (Akkommodation). Betroffene haben eine verringerte Sehschärfe auf kurzen Distanzen (Alterssichtigkeit). (CIE 227, 2017)

5.1.4. Vorgaben zur Beleuchtung mit Tageslicht und Kunstlicht im Wohnungsbau

Bayerische Bauordnung (BayBO)

In Art. 45 Absatz 2 der Bayerischen Bauordnung (BayBO) werden Angaben zur Belichtung und zu Fensteröffnungen in Aufenthaltsräumen gemacht:

„(2) Aufenthaltsräume müssen ausreichend belüftet und mit Tageslicht belichtet werden können. Sie müssen Fenster mit einem Rohbaumaß der Fensteröffnungen von mindestens einem Achtel der Netto-Grundfläche des Raums einschließlich der Netto-Grundfläche verglaster Vorbauten und Loggien haben.“ (Bayerische Bauordnung, 2024)

In den Bauordnungen der anderen deutschen Bundesländer werden die gleichen Vorgaben in Bezug auf Licht gemacht. In Rheinland-Pfalz und in Baden-Württemberg werden jedoch nur ein Zehntel der Netto-Grundfläche gefordert.

Bayerische Technische Baubestimmungen (BayTB)

Die Bayerischen Technischen Baubestimmungen (BayTB) beschreiben Schutzziele und verpflichten in Bezug auf Sicherheit und Barrierefreiheit zur Anwendung der DIN 18040-2 bei Wohnungen mit barrierefreier Nutzung. (*Bayerische Technische Baubestimmungen*, 2023) Andere Normen zum Thema Tageslicht und Kunstlicht sind Planungsempfehlungen.

DIN 18040-2

Die DIN 18040-2 befasst sich mit den baulichen Anforderungen an barrierefreie Wohnungen und Gebäuden, insbesondere hinsichtlich der Gestaltung für Menschen mit eingeschränkter Mobilität und sensorischen Einschränkungen. Im Hinblick auf die Beleuchtung formuliert die Norm ausschließlich Empfehlungen zu Bedienelementen. (DIN 18040-2, 2011)

DIN EN 17037

Die DIN EN 17037 dient als Unterstützung bei der Planung von Tageslicht in Innenräumen. Sie liefert Bewertungsverfahren, Kriterien und Hinweise für die Tageslichtversorgung, die Aussicht, den Blendschutz und die Besonnungsdauer. (DIN EN 17037, 2019)

In folgenden Publikationen sind weitere Informationen zu finden:

- ASR A3.4: Beleuchtung und Sichtverbindung
- DGUV Information 215-210: Natürliche und künstliche Beleuchtung von Arbeitsstätten
- DGUV Information 215-442: Beleuchtung im Büro
- DIN EN 12464-1: Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen
- Publikationen des „Deutscher Blinden- und Sehbehindertenverband e.V.“

5.1.5. Planungsempfehlungen für nicht-visuell wirksames Licht

Zeitpunkt und Dauer der Lichtexposition

Für die Synchronisation an den 24-Stunden-Rhythmus sollte die Lichtexposition bevorzugt am Morgen und am Vormittag stattfinden. Am frühen Nachmittag ist die Empfindlichkeit des circadianen Systems gegenüber Lichtreizen reduziert, wodurch die Effekte einer Lichtexposition geringer ausfallen. (DIN/TS 67600, 2022)

In den Abend- und Nachtstunden zeigt das circadiane System jedoch eine erhöhte Lichtempfindlichkeit. Eine Lichtexposition in den letzten 2 bis 3 Stunden vor dem Schlafengehen kann die Ausschüttung von Melatonin hemmen, was wiederum zu einer Verschiebung des Schlaf-Wach-Rhythmus führen kann. Um eine ungewollte Aktivierung in den Abend- und Nachtstunden zu vermeiden, ist eine Minimierung der Lichtexposition in diesen Zeiträumen essenziell. (DIN/TS 67600, 2022)

Bei höheren melanopisch wirksamen Lichtmengen am Auge erfolgt die Aktivierung des circadianen Systems schneller und anhaltender. Studien zeigen, dass die Aktivierung etwa 20–30 Minuten nach Beginn der Exposition einsetzt und wenige Minuten nach deren Ende wieder abklingt. Aufgrund dieser Verzögerung und Abklingzeit wird empfohlen, nicht-visuell wirksame Beleuchtung bevorzugt in Räumen einzusetzen, in denen sich Personen über einen längeren Zeitraum aufhalten. (DIN/TS 67600, 2022)

Darüber hinaus beeinflusst die Lichthistorie einer Person, d. h. die vorherige Lichtexposition, die Wirksamkeit der aktuellen Lichtsituation. (DIN/TS 67600, 2022)

Farbtemperatur

Die lichtempfindlichen Ganglienzellen (ipRGCs) haben ihre höchste Empfindlichkeit bei einer Wellenlänge von ca. 480nm im blauen Spektralbereich. (Brown et al., 2022) Für eine Aktivierung des circadianen Systems ist daher Licht mit erhöhten Blauanteilen notwendig. Eine Farbtemperatur von mind. 5.000K in den Morgen- und Vormittagsstunden ist empfehlenswert, wobei eine Farbtemperatur von 6.500K typischerweise eingesetzt wird. Der Maximalwert für die Farbtemperatur kann flexibel nach den Wünschen der Nutzer gewählt werden, die Zunahme der melanopische Wirksamkeit flacht sich jedoch bei Farbtemperaturen oberhalb 7.000K ab. (DIN/TS 67600, 2022)

Um eine Aktivierung des circadianen Systems in den Abend- und Nachtstunden zu vermeiden, wird die Verwendung von warmweißen Lichtfarben zwischen 2.700K und 3.000K empfohlen. Diese niedrigeren Farbtemperaturen reduzieren den Blauanteil im Licht und minimieren somit die Stimulierung der lichtempfindlichen Ganglienzellen. Gleichzeitig ist darauf zu achten, dass die spektralen Anteile für die visuelle Ergonomie ausreichend hoch bleiben, um eine gute Farbwiedergabe zu gewährleisten. (DIN/TS 67600, 2022)

Beleuchtungsstärke am Auge

Für eine effektive Synchronisation wird eine melanopisch äquivalente Tageslicht-Beleuchtungsstärke (MEDI) von mind. 250lx am Auge einer 32-jährigen Person empfohlen. Bei älteren Menschen sollten jedoch altersabhängige Korrekturfaktoren zur Anwendung kommen, um die gleiche melanopische Wirkung zu erzielen. (DIN/TS 67600, 2022)

Um eine unerwünschte Aktivierung in den Abend- und Nachtstunden zu vermeiden, sollte die Beleuchtungsstärke am Auge auf unter MEDI 10lx begrenzt werden. Diese niedrige Lichtmenge erfüllt die Anforderungen für Sehaufgaben jedoch meist nicht. Daher ist eine zusätzliche Beleuchtung erforderlich, die gezielt auf den Bereich der Sehaufgabe gerichtet ist und eine optimale visuelle Ergonomie sicherstellt. In der Schlafumgebung sollte es möglichst dunkel bei max. MEDI 1lx am Auge sein. (DIN/TS 67600, 2022)

Lichtverteilung und Lichtrichtung

Die ipRGCs sind über die gesamte Netzhaut verteilt. Es wird jedoch angenommen, dass Ganglienzellen, die sich im hinteren unteren Bereich der Netzhaut befinden, eine erhöhte Empfindlichkeit aufweisen und dadurch höhere lichtinduzierte Effekte erzielen können. Für die Synchronisation ist daher eine Beleuchtung empfehlenswert, die aus dem oberen Bereich der Blickachse kommt und möglichst großflächig über Decke und Wände verteilt wird. (DIN/TS 67600, 2022)

Für Zeiten, in denen eine Aktivierung vermieden werden soll, z. B. während Ruhephasen, am Abend und in der Nacht, ist der gezielte Einsatz kleiner, punktförmiger Lichtquellen zu empfehlen, die direkt- und eher engstrahlend unterhalb der Blickachse positioniert und nach unten ausgerichtet werden. (DIN/TS 67600, 2022)

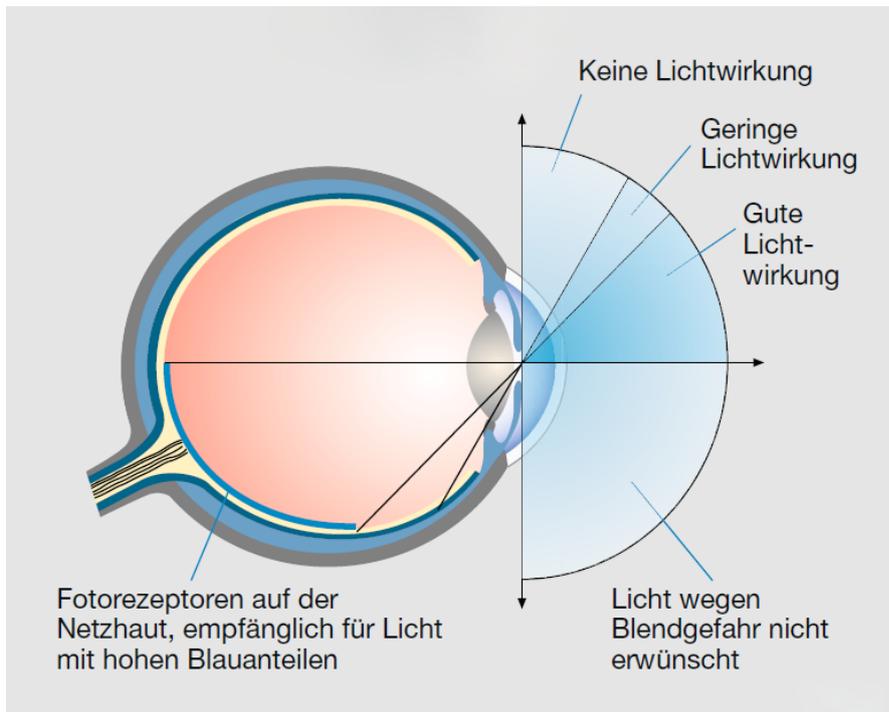


Abbildung 113: Bewertung der Lichteinfallswinkel in Bezug auf nicht-visuelle Wirkungen

Quelle: in Anlehnung an licht.de

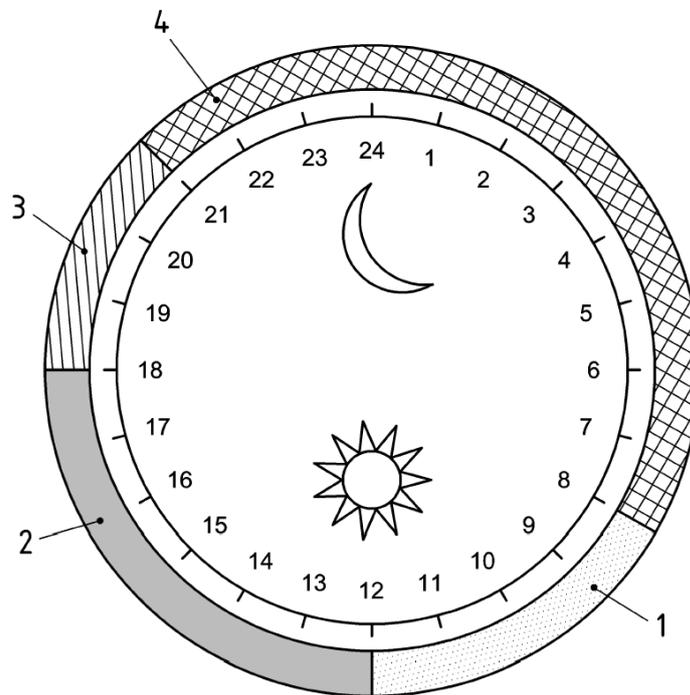
Gestaltung der raumumschließenden Flächen

Bevor Licht in das Auge trifft, durchdringt es transmittierende Materialien wie (Fenster-)Glas oder wird an Oberflächen reflektiert. Dabei wird die spektrale Zusammensetzung des Lichts abhängig von der Beschaffenheit und Farbigkeit der Materialien verändert. Das bedeutet, dass die Werte für die Transmissions- und Reflektionseigenschaften unterschiedlich sein können, wenn sie auf Basis der $V(\lambda)$ Funktion des tagadaptierten Auges für den visuellen Teil oder auf Basis der $S_{mel}(\lambda)$ Funktion für den nicht-visuellen Teil bewertet werden. Dies gilt gleichermaßen für Kunstlicht wie für Tageslicht. (DIN/TS 67600, 2022)

Eine gelbe oder rote Oberfläche reduziert bspw. das Spektrum im blau-cyan-Bereich und verringert somit die melanopische Wirksamkeit des von dort reflektierten Licht. Bei farbig eher neutralen Materialien werden alle Spektralanteile im Wesentlichen gleichmäßig reduziert. (DIN/TS 67600, 2022)

Dynamik

Eine aktivierende nicht-visuelle Wirkung muss nicht über den ganzen Tag aufrecht erhalten werden, sondern soll sich nach dem natürlichen Rhythmus des Tages richten. Das Kunstlicht sollte sich daher in Helligkeit, Lichtfarbe und Lichtrichtung mit der natürlichen Dynamik des Tageslichts verändern. (DIN/TS 67600, 2022)



Legende

- 1 Die Lichtfarbe steigt in den ersten ein bis zwei Stunden stark an und bleibt in den Vormittagsstunden auf einem hohen Niveau. Idealerweise wird auch das Beleuchtungsniveau angehoben.
- 2 Beleuchtungsniveau entsprechend Erfordernis der Sehaufgabe auszuführen.
- 3 Lichtfarbe und Beleuchtungsstärke mit niedriger melanopischer Wirkung.
- 4 Lichtfarbe und Beleuchtungsniveau sind niedrig und stellen eine niedrige melanopisch äquivalente Tageslicht-Beleuchtungsstärke sicher. Die Mindestanforderungen der Sehaufgabe nach ASR A3.4 gelten grundsätzlich, DIN EN 12464-1 enthält weitere Hinweise.

Abbildung 114: Empfehlung eines Tagesverlaufs für Alten- und Pflegeheime

Quelle: DIN/TS 67600, 2022, S. 62

Zusammenfassung

Welches Licht brauchen wir zu welcher Zeit und worauf kommt es an?

- tagsüber zur Aktivierung: > 5.000K; MEDI > 250lx am Auge; Lichtverteilung großflächig über die Decke und den oberen Teil der Wände
- tagsüber, z. B. am Nachmittag: < 5.000K; Beleuchtung entsprechend der Sehaufgabe
- abends: < 3.000K; MEDI < 10lx am Auge; Lichtverteilung direkt und über mehrere kleinere und engstrahlendere Punktlichtquellen
- nachts: < 3.000K; MEDI < 1lx am Auge; Lichtverteilung wie am Abend

Es ist anzumerken, dass die Planungsempfehlungen für nicht-visuelle Lichtwirkungen die Anforderungen für Sehaufgaben nicht ersetzen dürfen, sondern als Ergänzung dienen. Außerdem beziehen sich diese Empfehlungen auf gesunde Erwachsene (32-jähriger Norm-Beobachter). Für andere Personengruppen, wie Kinder, ältere Menschen, Schichtarbeiter oder Menschen mit Erkrankungen können die oben genannten Empfehlungen abweichen. (Brown et al., 2022) Im Kapitel „Zieldefinition“ werden Korrekturfaktoren für verschiedene Altersgruppen aufgeführt.

5.1.6. Lichttechnik

Leuchtmittel

Die LED-Technik hat sich seit ihrer breiten Einführung in die Allgemeinbeleuchtung im Jahr 2012 kontinuierlich weiterentwickelt. Die offensichtlichste Verbesserung fand im Bereich der Lichtausbeute, also der energetischen Effizienz des Leuchtmittels, statt. Stand 2024 ist eine Lichtausbeute von mehr als 140 lm/W bei angenehmer Farbtemperatur und sehr guter Farbwiedergabe möglich. Aber auch andere, weniger offensichtliche Eigenschaften wie Lebensdauer und Binning (Standard Deviation Color Matching – SDCM) wurden ständig verbessert und befinden sich auf einem hohen Niveau. Die LED-Technik erlaubt einen sehr differenzierten Umgang mit spektralen Anforderungen. Es ist bspw. möglich, Spektren so zu gestalten, dass bei vergleichbarer Farbtemperatur die für die nicht-visuelle Wirkung relevanten blauwelligen Anteile mehr oder weniger stark darin enthalten sind. Mit einer entsprechenden Mehrfachbestückung einer Leuchte ist es zudem möglich die Farbtemperatur in einem großen Umfang kontinuierlich anzupassen. Bereiche zwischen 2.700K und 6.000K sind heute am Markt gängig. Auch größere Spreizungen sind verfügbar. Mit der Anpassung der Farbtemperatur geht eine Veränderung der visuellen, insbesondere aber der nicht-visuellen Wirkung der Lichtlösung einher. Um als Planender diese Freiheitsgrade zu nutzen, braucht es neben dem Wissen um die technischen Eigenschaften der LED auch Kenntnisse im Bereich der Dimmverfahren und der Lichtsteuerung.

Dimmverfahren

Die LED ist eine „digitale“ Lichtquelle, die sich in der einfachsten Form durch hochfrequentes Ein- und Ausschalten dimmen lässt. Dieses Verfahren heißt „Pulse Width Modulation“ (PWM) und ist ein vergleichsweise einfaches und damit günstiges Verfahren. Auch wenn die Frequenz, mit der die Lichtquelle ein- und ausgeschaltet wird, für das menschliche Auge nicht wahrnehmbar ist, gibt es bei der Nutzung von Digitalkameras sichtbare Störungen. In der Praxis bleiben daher auch Bedenken wie sich Flicker bei besonders empfindlichen Menschen auswirken kann. Mit dem „Constant Current Reduction“ (CCR) Verfahren ist eine zweite Dimm-Methode am Markt, die technisch etwas aufwändiger ist, die oben genannten Nachteile aber vermeidet. Unabhängig von der Art der Dimmung braucht es eine geeignete Lichtsteuerung, wenn Intensität oder Farbtemperatur im Tagesverlauf verändert werden sollen.

Lichtsteuerung

Lichtsteuerungen sind essenziell für eine effiziente und flexible Lichtregelung und tragen maßgeblich zur Energieeinsparung und zum Komfort bei. Durch eine zeitabhängige Steuerung der Intensität kann der Energieverbrauch optimiert werden, indem die Beleuchtung automatisch an das tages- und jahreszeitabhängige Tageslichtangebot angepasst wird. Für Beleuchtungslösungen, die auch die Belange der nicht-visuellen Wirkungen berücksichtigen sollen, ist zusätzlich die Anpassung der Farbtemperatur notwendig. Zeitabhängige Komponenten sollten ein fester Bestandteil der Software von Lichtsteuerungssystemen sein. Idealerweise sind die Anlagen auch geolokalisiert und erlauben den jeweiligen Zeitpunkt von Sonnenauf- und -untergang in der Steuerung/Regelung zu berücksichtigen. Dies gilt gleichermaßen für kabelgebundene als auch für drahtlose Systeme. Wichtige kabelgebundenen Systeme sind KNX und DALI. Wesentliche drahtlose Protokolle/Produkte sind Casambi, Zigbee und Bluetooth Low Energy (BLE). Nachfolgend wird kurz auf ihre jeweiligen Eigenschaften und Einsatzmöglichkeiten eingegangen.

Kabelgebundene Systeme (KNX/DALI)

Kabelgebundene Systeme, wie KNX und DALI, gelten als robuste und sichere Lösungen für Lichtsteuerungen, die besonders in kommerziellen und großen Gebäuden Anwendung finden. Diese Systeme zeichnen sich durch eine hohe Stabilität und Zuverlässigkeit aus, da sie weniger stör anfällig für Signalverluste oder Interferenzen sind. KNX bietet umfassende Steuerungs- und Automatisierungsmöglichkeiten über verschiedene Gewerke hinweg, wohingegen DALI speziell für Beleuchtungssteuerungen entwickelt wurde und das Dimmen sowie Gruppensteuerungen vereinfacht. Kabelgebundene Systeme erfordern jedoch einen höheren Installationsaufwand und sind bei Umbauten weniger flexibel. Der Umgang mit farbtemperaturvariablen Leuchten bedarf bei Planung und Realisierung besondere Aufmerksamkeit.

Funk-Protokolle (Casambi, Zigbee, BLE)

Drahtlose Systeme wie Casambi, Zigbee, Bluetooth Low Energy (BLE) und EnOcean sind eine flexible Alternative zu kabelgebundenen Systemen, insbesondere bei Nachrüstungen und sich oft ändernde Anwendungen. Diese Systeme benötigen keine aufwändige Verkabelung, was die Installation und Umgestaltung erleichtert. Für die Inbetriebnahme und Nutzung mancher drahtloser Systeme ist jedoch eine WLAN-Verbindung notwendig, um den vollständigen Funktionsumfang nutzen zu können. Casambi ist ein besonders benutzerfreundliches und skalierbares System, das sich durch einfache Integration und hohe Flexibilität auszeichnet. Durch die Anbindung über mobile Geräte ist Casambi zudem leicht zugänglich und lässt sich nahtlos in bestehende Netzwerke integrieren. Das Zigbee Protokoll ist die Basis der Systeme HUE von Philips und Tradfri von IKEA etc. Allen vorgenannten Systemen ist gemeinsam, dass es sich um sogenannte „gemeshete Netzwerke“ handelt. Das ist eine wichtige Technologie bei drahtlosen Lichtsteuerungen, da sie die Reichweite und Stabilität der Kommunikation erhöhen. Jeder Knoten (Leuchte oder Sensor) dient dabei als Signalverstärker und leitet Informationen weiter, wodurch größere Flächen abgedeckt und auch schwer zugängliche Bereiche erreicht werden können. Die Kommunikation zwischen Geräten wird so stabilisiert und die Ausfallsicherheit erhöht.

5.2. Zieldefinition

Die DIN/TS 5031-100 listet altersabhängige Korrekturfaktoren für eine verringerte Linsentransmission und einen verkleinerten Pupillendurchmesser auf. Für die altersabhängige Linsentransmission wird der näherungsweise Korrekturfaktor für weißes Licht angewendet. (DIN/TS 5031-100, 2021)

$K_{\text{mel,trans(A)}}$	32	50	75	90
Weißes Licht	1,00	0,84	0,59	0,46

Tabelle 4: Korrekturfaktoren für die verringerte Linsentransmission

Quelle: DIN/TS 5031-100, 2021, S. 18

$k_{\text{Pupille(A)}}$	32	50	75	90
Alle Lichtquellen	1,00	0,79	0,54	0,42

Tabelle 5: Korrekturfaktoren für den verkleinerten Pupillendurchmesser

Quelle: DIN/TS 5031-100, 2021, .S. 18

Ausgehend vom derzeit gültigen melanopischen Schwellenwert zur Aktivierung der Synchronisation von MEDI 250lx am Auge für einen 32-jährigen Norm-Beobachter (DIN/TS 67600, 2022), vertikal gemessen in einer Höhe von ca. 1,2m (Brown et al., 2022), ergeben sich in der Kombination beider Korrekturfaktoren MEDI 377lx für 50-Jährige, MEDI 785lx für 75-Jährige und MEDI 1.294lx für 90-Jährige.

Die CIE S 026 wendet nur die Korrekturfaktoren für die verringerte Linsentransmission an. Die Berücksichtigung eines Korrekturfaktors für den verkleinerten Pupillendurchmesser, basierend auf einer einzigen Bewertungsgröße, wird nicht empfohlen. Grund hierfür sind die hohen Leuchtdichteunterschiede im Gesichtsfeld und sehr individuelle Gesichtsfeldeinschränkungen. (CIE S 026, 2018) Nach diesem Ansatz ergeben sich am Auge notwendige Lichtmengen zur Aktivierung von MEDI 298lx für 50-Jährige, MEDI 424lx für 75-Jährige und MEDI 543lx für 90-Jährige.

Nach Rücksprache mit Humanbiologen wurden im Projekt Werte zwischen dem Ansatz der DIN/TS 5031-100 und der CIE S 026 festgelegt, da von einem Anpassungsvorgang des Körpers an die insgesamt geringeren Lichtmengen und dennoch von einem Einfluss des verkleinerten Pupillendurchmessers ausgegangen wird. Auf MEDI 250lx werden 2/3 des zusätzlichen Lichtbedarfs nach DIN/TS 5031-100 je nach Altersgruppe aufsummiert. Nach diesem Ansatz ergeben sich am Auge MEDI 334lx für 50-Jährige, MEDI 606lx für 75-Jährige und MEDI 946lx für 90-Jährige. Dieser „2/3-Ansatz“ ist noch nicht validiert und es bedarf weiterer Forschung.

Um die Melatoninproduktion am Abend und in der Nacht nicht zu stören, sollte die Lichtmenge am Auge eines 32-jährigen Norm-Beobachters drei Stunden vor dem Schlafengehen nicht höher als MEDI 10lx sein. (DIN/TS 67600, 2022) Nach dem „2/3-Ansatz“ sind das MEDI 13lx für 50-Jährige, MEDI 24lx für 75-Jährige und MEDI 38lx für 90-Jährige.

Beim Schlafen sollte die Lichtmenge am Auge unter MEDI 1lx sein. (DIN/TS 67600, 2022) Diese Lichtmenge entspricht MEDI 1,3lx für 50-Jährige, MEDI 2,4lx für 75-Jährige und MEDI 3,8lx für 90-Jährige.

Altersgruppen	32	50	75	90
Aktivierung DIN/TS 5031-100	250	377	785	1294
Aktivierung CIE S 026	250	298	424	543
Aktivierung 2/3 Ansatz	250	334	606	946
Abends/Nachts* 2/3 Ansatz	10	13	24	38
Beim Schlafen* 2/3 Ansatz	1,0	1,3	2,4	3,8

* Die angegebenen MEDI-Werte (in lx) sind Maximalwerte und sollten nicht überschritten werden.

Tabelle 6: Lichtbedarf für verschiedene Altersgruppen; MEDI-Werte in lx

Für die Kunstlichtplanung bietet die DIN/TS 5031-100 Umrechnungsfaktoren (MDER, melanopischer Tageslicht-Effizienzfaktor) je nach Kunstlichtquelle an. Bei weißen LEDs wird zwischen der spektralen Verteilung nach DIN/TS 5031-100 und CIE 15 unterschieden. Im Projekt wird die Definition für weiße LEDs nach DIN/TS 5031-100 angewendet. Bei der Auswertung der Lichtmessungen im Kapitel „Evaluation“ werden die realen MDER aus den vor Ort gemessenen Spektraldaten verwendet.

Leuchtmittel	MDER
Normlichtart D65	1,000
LED weiß, 6535K	0,800
LED weiß, 5400K	0,787
LED weiß, 4250K	0,739
LED weiß, 3075K	0,428
LED weiß, 2700K	0,395

Tabelle 7: melanopischer Tageslicht-Effizienzfaktor (MDER) für verschiedene Norm-Lichtquellen

Quelle: DIN/TS 5031-100, 2021, S. 27

Da die Synchronisation an den 24h-Rhythmus vorzugsweise in den Vormittagsstunden erfolgen sollte, wird ein Betrachtungszeitraum ganzjährig von 08:00 bis 12:00 festgelegt. In diesem Zeitraum sollen die MEDI-Zielwerte zur Aktivierung zumindest zu 80% der Zeit im Monat erreicht werden, um jahreszeitliche Schwankungen zu berücksichtigen. Mangels geeigneter Vorgaben für eine derartige monatliche Betrachtung wurde diese Zieldefinition im Rahmen des Projektes selbst gewählt.

5.3. Bestandsuntersuchung

5.3.1. Tageslichtversorgung

Im ersten Schritt wurde der Beitrag des Tageslichtes durch Simulation analysiert und unter anderem nach DIN EN 17037 bewertet. Die Berechnungen wurden in Relux am Beispiel der 2-Zimmer-Wohnung in Amerang durchgeführt. Durch die geografisch größere Nähe zu Wien wurden zur Bewertung die Tabellenwerte von Österreich anstelle von Berlin/Deutschland herangezogen.

Laut DIN EN 17037 gilt ein Raum ausreichend mit Tageslicht versorgt, wenn ein Ziel-Tageslichtquotient über mind. 50% der Nutzfläche und ein Mindestziel-Tageslichtquotient über mind. 95% der Nutzfläche erreicht wird. Die Nutzfläche ist die Raumfläche abzüglich 0,5m umlaufender Randbereich und befindet sich in einer Höhe von ca. 0,85m. (DIN EN 17037, 2019)

	Ziel-Tageslichtquotient (D_T)			Mindestziel-Tageslichtquotient (D_{TM})		
	Gering	Mittel	Hoch	Gering	Mittel	Hoch
Beleuchtungsstärke (lx)	300	500	750	100	300	500
Tageslichtquotient (D)	1,9	3,1	4,7	0,6	1,9	3,1
Raumanteil	Mind. 50%			Mind. 95%		

Tabelle 8: Empfehlungen für die Tageslichtversorgung nach DIN EN 17037

Quelle: in Anlehnung an DIN EN 17037, 2019, S. 15

Nach dieser Norm ist nur das Schlafzimmer ausreichend mit Tageslicht versorgt (Stufe „Gering“). Im Wohnzimmer und der Küche wird nur der Mindestziel-Tageslichtquotient erreicht. Diese Räume gelten daher als tageslichtunterversorgt.

		Ziel-Tageslichtquotient (D_T)			Mindestziel-Tageslichtquotient (D_{TM})		
		Gering	Mittel	Hoch	Gering	Mittel	Hoch
Küche	D_{min} : 0,7 D_{max} : 5,4	49%	19%	4%	100%	49%	19%
Wohnzimmer	D_{min} : 0,7 D_{max} : 9,1	35%	18%	8%	100%	35%	18%
Schlafzimmer	D_{min} : 0,8 D_{max} : 9,5	73%	44%	13%	100%	73%	44%

Tabelle 9: Simulationsergebnisse der Tageslichtversorgung, durchgeführt und bewertet nach DIN EN 17037: nur das Schlafzimmer ist ausreichend mit Tageslicht versorgt



Abbildung 115: Simulationsergebnisse der Tageslichtversorgung, durchgeführt und bewertet nach DIN EN 17037: nur das Schlafzimmer ist ausreichend mit Tageslicht versorgt

5.3.2. Tageslichtautonomie

Im nächsten Schritt wurde die Tageslichtversorgung am Auge eines fiktiven Beobachters an typischen Aufenthaltsorten untersucht. Die Herangehensweise wird am Beispiel eines 75-jährigen Norm-Beobachters dargestellt.

Die Tageslichtautonomie für den Standort Amerang wird mit der Sonnenscheinwahrscheinlichkeit von München, an sieben Tagen in der Woche untersucht. Da eine Lichtintervention bevorzugt in den Vormittagsstunden erfolgen sollte, wird ein Bewertungszeitraum ganzjährig zwischen 08:00 und 12:00 Uhr festgelegt. Das Ziel von MEDI 606lx am Auge soll zumindest 80% der Zeit pro Monat erreicht werden. Exemplarisch werden die Ergebnisse einer sitzenden Person mit einer Augpunkthöhe von 1,2m und einer Blickneigung von 0° (horizontal) dargestellt. Die Messflächen in Relux haben eine Größe von 30x20cm (HxB). Die Anatomie des Gesichtes oder Wechsel in der Blickrichtung werden dabei nicht berücksichtigt.

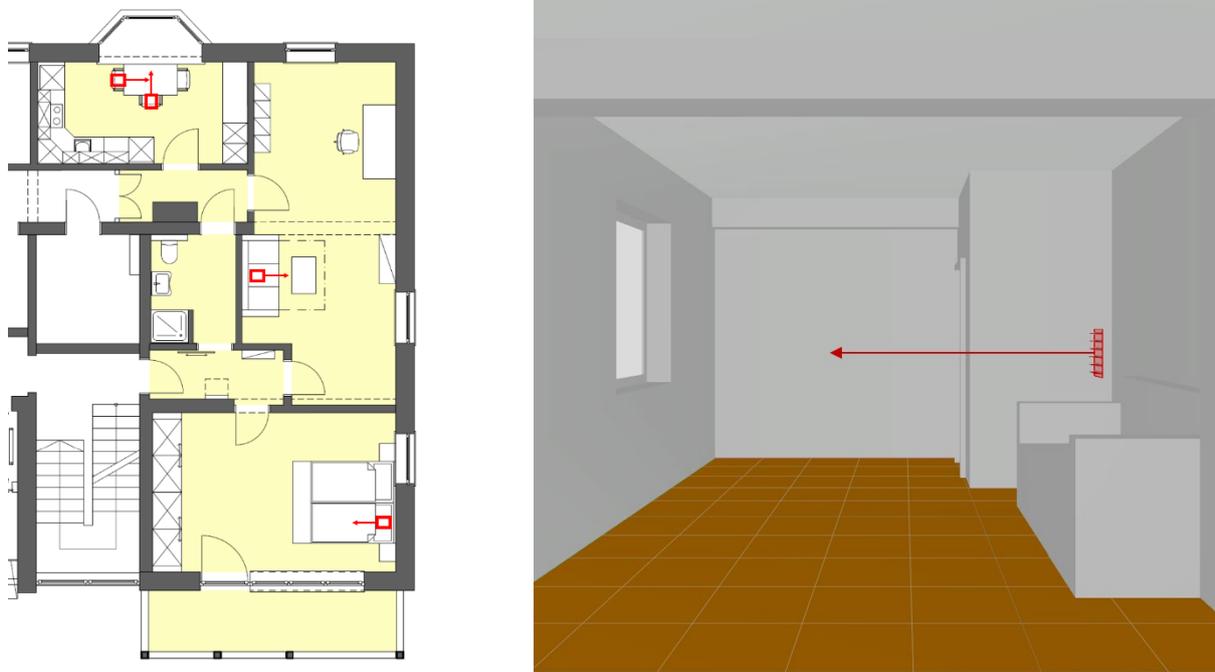


Abbildung 116: li.: Grundriss mit untersuchten Aufenthaltsorten; re.: Ausschnitt aus Relux-Model mit Messfläche für Position Wohnzimmer, auf dem Sofa sitzend mit Blick in Richtung Fenster (0°, horizontal); Pfeile geben jeweils die Blickrichtung an

Die mittleren Tageslichtquotienten am Auge betragen 1,4% am Sofa, 2,8% im Bett sitzend, 4,4% beim Esstisch parallel zum Fenster und 8,2% beim Esstisch mit Blick zum Fenster. Die Ergebnisse zeigen, dass die gewünschte Lichtmenge im Wohnzimmer zu keiner Zeit, im Schlafzimmer nur in 2 Monaten und in der Küche je nach Position in 6 bzw. 9 Monaten im Jahr durch Tageslicht erreicht wird.

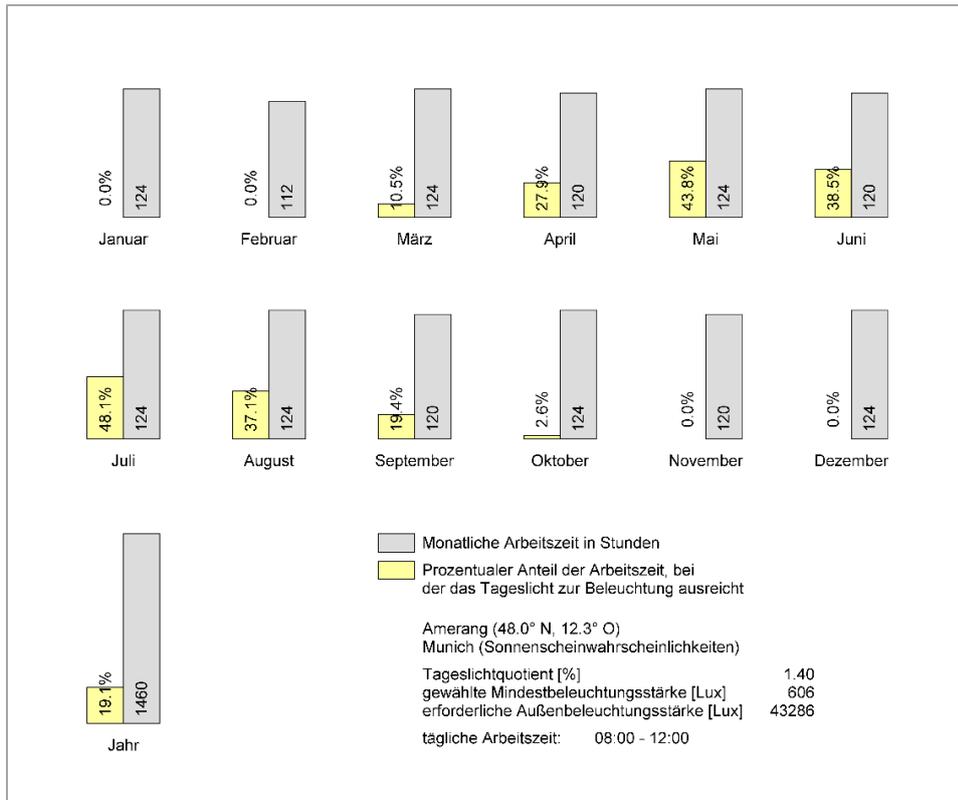


Abbildung 117: Ergebnis der Tageslichtautonomie für die Position Wohnzimmer, auf dem Sofa sitzend mit Blick gerade in Richtung Fenster (0°, horizontal)

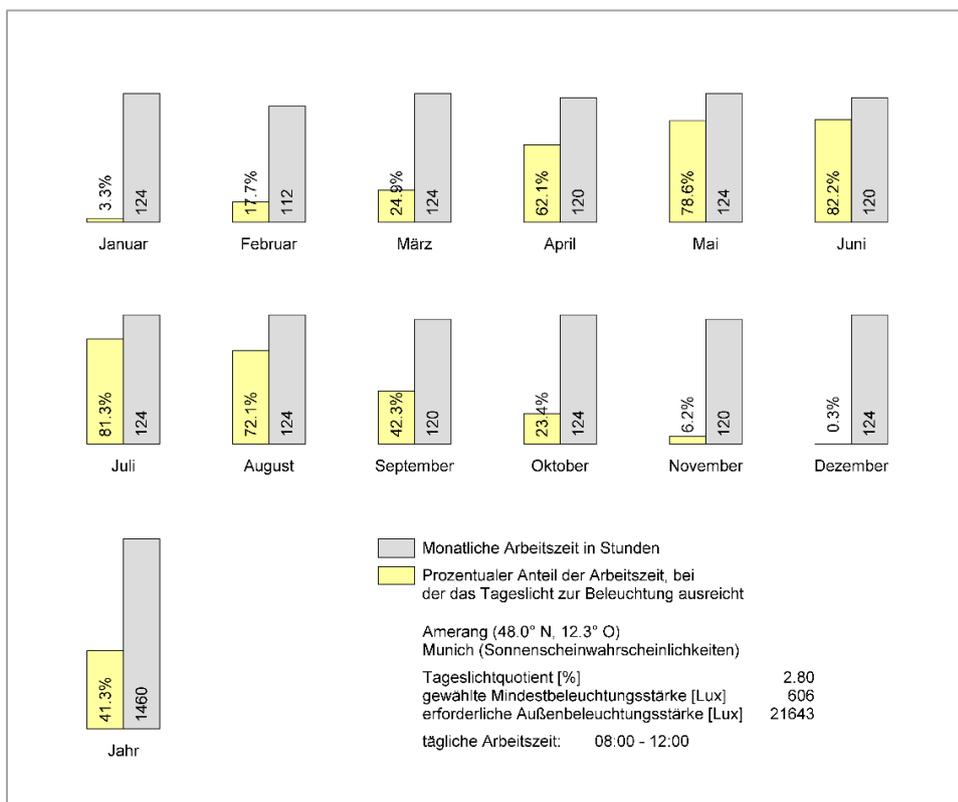


Abbildung 118: Ergebnis der Tageslichtautonomie für die Position Schlafzimmer, im Bett sitzend mit Blick geradeaus (0°, horizontal)

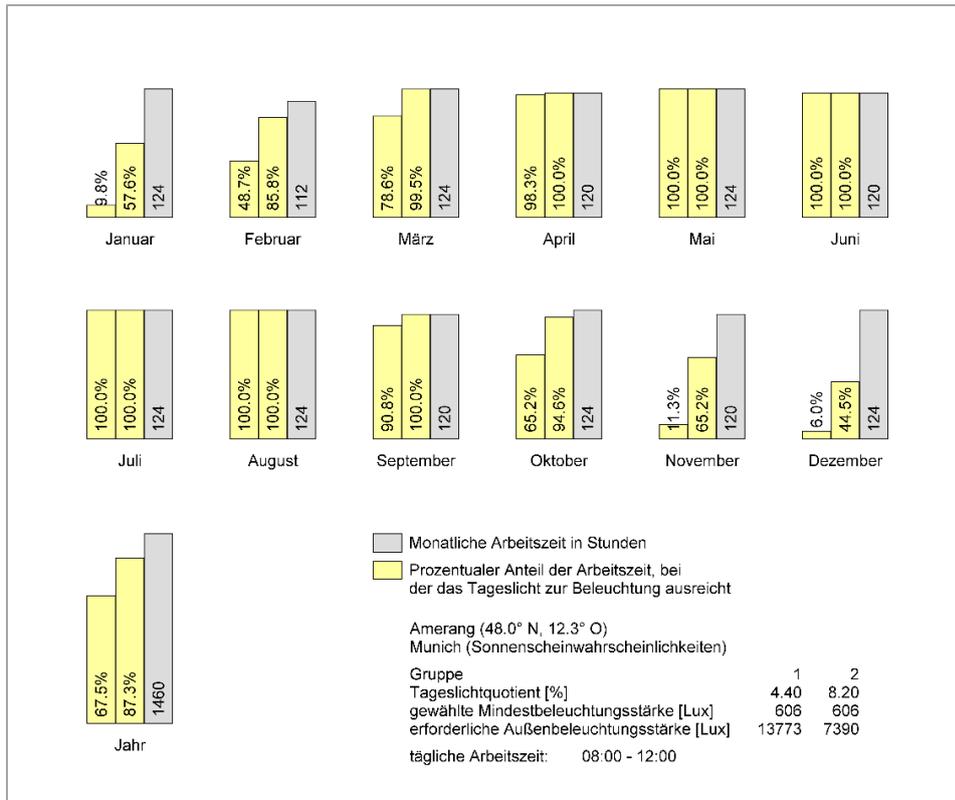


Abbildung 119: Ergebnis der Tageslichtautonomie für die Positionen in der Küche, Gruppe 1 = auf dem Stuhl sitzend mit Blick parallel zum Fenster (0°, horizontal), Gruppe 2 = auf dem Stuhl sitzend mit Blick gerade aus dem Fenster (0°, horizontal)

Wenn die mit Tageslicht unterversorgten Aufenthaltsorte nicht in die Nähe von Tageslichtöffnungen verlegt werden können oder die baulichen Gegebenheiten die Tageslichtverfügbarkeit generell stark einschränken (kleine Fenster, gegenüberliegende Verbauung oder Vegetation, darüberliegende Balkone, etc.), ist der Einsatz optimierter künstlicher Beleuchtung vorzusehen.

5.3.3. Bestandsbeleuchtung

Die Wohnungen sind mit wohntypischen Lichtquellen ausgestattet. Die Allgemeinbeleuchtung wird von Decken- oder Pendelleuchten erzeugt. Hinzu kommen Leuchten für bestimmte Tätigkeiten und für die atmosphärische Raumwirkung. Die Beleuchtung ist überwiegend diffus, nicht dimmbar und die Farbtemperatur beträgt einheitlich 2.700K.

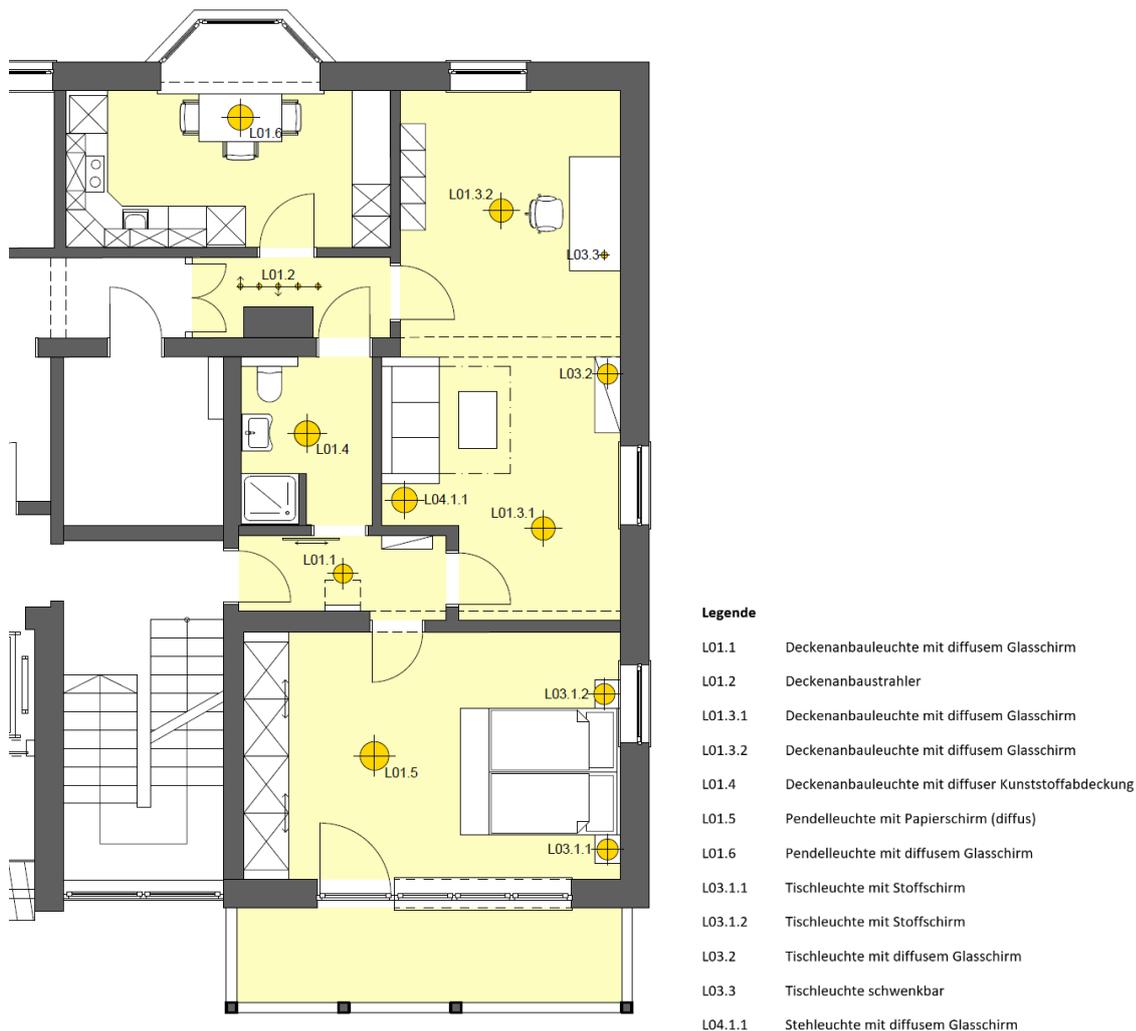


Abbildung 120: Bestandsbeleuchtung mit wohnraumtypischen Leuchten

Zur Einschätzung, welche Lichtmengen von der Bestandsbeleuchtung am Auge zu erwarten sind und wo es Verbesserungsbedarf gibt, wurden im Rahmen einer Bachelorarbeit Lichtmessungen an typischen Aufenthaltsorten mit einem Spektroradiometer und einer bildgebenden Leuchtdichtekamera durchgeführt. (Schröder, 2023) Detaillierte Informationen zu den Messgeräten und dem Messaufbau sind unter „Lichtmessungen“ im Kapitel Evaluation nachzulesen. Die vollständigen Messungen sind im Messprotokoll im Anhang des Berichtes zu finden.

Die Lichtmessungen wurden an typischen Aufenthaltsorten in überwiegend sitzender Position mit einer Blickneigung von -45° nach unten durchgeführt. Diese extreme Blickneigung nach unten stellt den schlechtesten Fall dar. Im Bett wurden die Auswirkungen auf verschiedene Blickneigungen untersucht. (Schröder, 2023) Die Ergebnisse in der Tabelle sind ein Ausschnitt der gesamten Arbeit.

Messpunkt	Leuchte	Ev, Auge	MEDI	MEDI Gesamt
Schlafzimmer – im Bett liegend, rechte Bettseite, Blick nach oben (75°), Augpunkthöhe 0,85m				
1.1.1_KL	Pendelleuchte	31,6	12,0	44,5
1.1.2_KL	Tischleuchte links	25,9	10,4	
1.1.3_KL	Tischleuchte rechts	55,1	22,1	
Schlafzimmer – im Bett sitzend, rechte Bettseite, Blick nach unten (-25°), Augpunkthöhe 1,2m				
1.3.1_KL	Pendelleuchte	33,0	13,2	24,8
1.3.2_KL	Tischleuchte links	11,6	4,6	
1.3.3_KL	Tischleuchte rechts	17,1	7,0	
Wohnzimmer – auf dem Sofa sitzend, Blick nach unten (-45°), Augpunkthöhe 1,25m*				
2.1.1_KL	Deckenleuchte L01.3.1	9,0	3,3	11,4
2.1.2_KL	Deckenleuchte L01.3.2	3,6	1,4	
2.1.3_KL	Stehleuchte L04.1.1	9,6	3,7	
2.1.4_KL	Tischleuchte L03.1.2	7,6	3,0	
Küche – auf dem Stuhl sitzend, parallel zum Fenster, Blick nach unten (-45°), Augpunkthöhe 1,2m				
4.2.1_KL+SB**	Pendelleuchte L01.6	70,4	27,8	
Küche – auf dem Stuhl sitzend, gegenüber dem Fenster, Blick nach unten (-45°), Augpunkthöhe 1,2m				
4.3.1_KL+SB**	Pendelleuchte L01.6	40,9	15,2	
<p>MEDI-Zielwerte für 32-, 50-, 75- und 90-Jährige:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aktivierung („2/3-Ansatz“): min. 250lx, min. 334lx, min. 606lx und min. 946lx • Abends/Nachts („2/3-Ansatz“): max. 10lx, max. 13lx, max. 24lx und max. 38lx • Beim Schlafen („2/3-Ansatz“): max. 1lx, max. 1,3lx, max. 2,4lx und max. 3,8lx <p>* 1,2m Standard-Augpunkthöhe + 5cm Sitzerrhöhung bzw. Aufstehhilfe ** SB = Straßenbeleuchtung; Küche ist nicht abdunkelbar; Einfluss der SB < 1lx – wird daher aus den Messergebnissen nicht herausgerechnet</p>				

Tabelle 10: Messergebnisse einer typischen Wohnraumbelichtung in 2.700K; die Messprotokolle befinden sich im Anhang

Quelle: in Anlehnung an Schröder, 2023

Die Tischleuchte (links) im Schlafzimmer erzeugt am Auge einer im Bett liegenden Person (Blickneigung 75°) MEDI 10,4lx. Damit der schlafende Bettpartner bzw. die schlafende Bettpartnerin nicht von zu viel Licht gestört wird sollte die Tischleuchte gedimmt oder ein bodennahes Nachtlcht verwendet werden. Für eine im Bett sitzende 75-jährige Person kann die gesamte Schlafzimmer-Beleuchtung am Abend eingeschaltet werden, ohne eine Melatonin-suppression zu riskieren. Ist das Bett bzw. das Schlafzimmer regelmäßiger und längerfristiger Aufenthaltsort nach dem Aufwachen, ist jedoch zusätzliches Kunstlicht mit kühlerer Lichtfarbe zu empfehlen.

Die bestehende Kunstlichtsituation im Wohnzimmer erzeugt MEDI 11,4lx am Auge und kann somit am Abend eingeschaltet werden, ohne die Melatoninproduktion zu hemmen. Für den Tag, insbesondere den Vormittag, sind jedoch höhere Lichtmengen und kühlere Farbtemperaturen nötig.

Der Tausch in leistungsstärkere und farbtemperaturvariable Leuchtmittel kann die Lichtmenge am Auge zwar erhöhen aber keine tageslichtäquivalente Beleuchtungsstärke von MEDI 606lx erzeugen, wie es für eine 75-jährige Person nötig wäre. Für Aufenthaltsorte am Morgen und am Vormittag ist eine zusätzliche Lichtlösung oder eine Umplatzierung der Möbel in Fensternähe nötig. Das Leuchtdichtebild (Abbildung 122) zeigt, dass für eine Tätigkeit mit geeigneter Blickrichtung Wandfluter anstelle von Deckenflutern eingesetzt werden sollten.

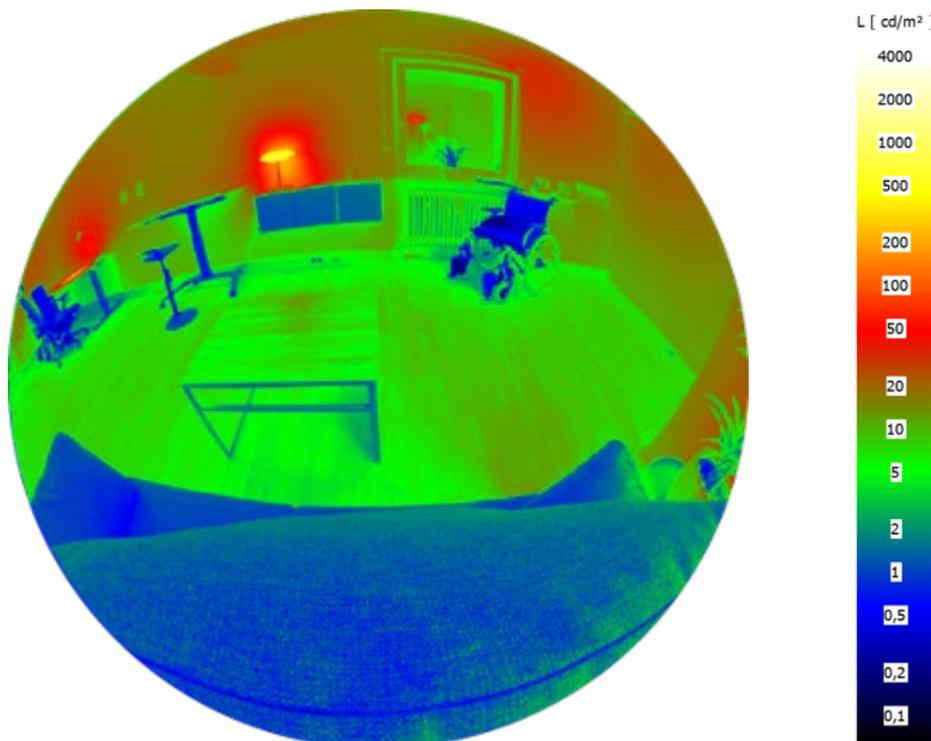


Abbildung 121: Leuchtdichteaufnahme für die Position Wohnzimmer, auf dem Sofa sitzend mit Blick nach unten (-45°) - Messpunkt: 2.1.x_KL (max. 848,90cd/m²)

Quelle: Schröder, 2023

5.4. Auswahl des Steuerungssystems

Anforderungen an das Steuerungssystem (abgeleitet aus Use Cases)

- Szenenprogrammierung mit Überblendzeiten
- Zeitprogrammierung (evtl. mit Unterscheidung in Werkstage und Wochenende)
- Verknüpfung mit Sonnenaufgangs- und Sonnenuntergangszeiten
- Steuerung per (Funk-)Wandtaster, Fernbedienung und evtl. Sprache (App nur optional)
- Verknüpfung mit Bewegungs- und Präsenzsensoren
- beim Betätigen des Tasters sollte tageszeitenabhängige Szene anstelle der zuletzt genutzten Einstellung aktiviert werden

getestete Steuerungssysteme im Vergleich

	Philips Hue	Casambi (Evolution-Modus)	Ikea Tradfri	Phoscon
Funk-Protokoll	ZigBee	Bluetooth Low Energy	ZigBee	ZigBee
Gateway	✓	(✓) nur für Fernzugriff	✓	✓
Kompatibilität				
Betriebssystem	iOS + Android	iOS + Android	iOS + Android	iOS + Android
andere Systeme (nicht vollständig)	Amazon Alexa Google Assistant Microsoft Cortana Apple Home Kit IFTTT	DALI	Amazon Alexa Google Assistant Apple Home Kit	unbekannt
untereinander	Casambi Ikea Tradfri Phoscon	Philips Hue	Philips Hue Phoscon	Philips Hue Ikea Tradfri
Integrierbare Produkte				
Leuchten und Leuchtmittel	✓	✓	✓	✓
Steckdosen	✓	✓	✓	✓
Rollos	✗	✓ kein einfaches Nachrüsten	✓ nur innenliegend und aus Textil	✗
Organisation				
Gruppen	✓	✓	✓	✓
Szenen	✓	✓	✓	✓
Überblendzeiten	✓	✓	✗	✓

Tabelle 11: Vergleich der getesteten Steuerungssysteme (Teil 1)

	Philips Hue	Casambi (Evolution-Modus)	Ikea Tradfri	Phoscon
Automatationen				
Ein-/Ausschalten zu einer bestimmten Uhrzeit	✓	✓	✓	✓
Szenenwechsel zu einer bestimmten Uhrzeit	✓	✓	✗	✓
Verknüpfung mit Sonnenaufgang/-untergang	✓	✓	✗	✗
Unterscheidung in Werktage/ Wochenende	✓	✓	✓	✓
bei manuellem Einschalten wird Szene je nach Uhrzeit aktiviert (nicht zuletzt verwendete Szene)	✓ nur mit Philips Hue Smart Button	✓ nur wenn eine Leuchte im Mesh eingeschaltet bleibt (Stand 2022)	✗	✗
Steuerungen				
App	✓	✓	✓	nur Browser (Stand 2022)
Wandschalter	✓	✓	✓	✓
Fernbedienung	✓	✓	✓	✓
Sensor	✓	✓	✓	✓
Sprache	✓	✓	✓	unbekannt
Empfehlung				
	✓	✓	✗	✗

Tabelle 12: Vergleich der getesteten Steuerungssysteme (Teil 2)

Die Anforderungen an das Steuerungssystem werden nur von Philips Hue und Casambi vollständig erfüllt.

Erfahrungen aus Testdurchläufen

Casambi (Evolution-Modus)	
positiv	negativ
Verschiedene Modulbausteine zum Aufrüsten vorhandener Leuchten	Für Bestandsleuchten nur geringe Retrofit-Auswahl (E27 und GU10)
Neu eingeschaltete Leuchten werden automatisch von anderen Leuchten im Mesh aktualisiert (auch Firmwareupdates)	App zur Inbetriebnahme und Einrichtung sehr komplex
Kein WLAN nötig	Hochpreisig
Zuverlässig	Evtl. Fachmann nötig
Einbindung Philips Hue Bridge möglich	ZigBee-Leuchtmittel nur mit eingeschränktem Funktionsumfang (Ein-/Ausschalten und Dimmen) – teilweise unzuverlässig

Tabelle 13: Erfahrungen mit Casambi (Evolution-Modus) – die Tabelle kann unvollständig sein

Philips Hue (mit Gateway)	
positiv	negativ
Große Leuchten- und Leuchtmittelauswahl	WLAN nötig (für mehr als 10 Leuchten und raumübergreifend)
Leuchten anderer Hersteller möglich (Funktionsumfang wie Philips Hue Leuchten)	Höherpreisig im Vergleich zu Tradfri, das auf dem selben Standard basiert
Kein Fachmann nötig	Szenen je nach Uhrzeit nur mit Philips Hue Smart Button möglich (nicht mit Friends of Hue Schaltern)
App zur Inbetriebnahme und Einrichtung intuitiv und gut angeleitet	Bei Smart Button keine automatische Änderung der Tagesszene (Ausschalten und nach kurzem Warten wieder Einschalten nötig – ist Pause nach Ausschalten zu kurz, werden Szenen nacheinander durchgeschaltet)
Voreingestellte Szenen und Automationen (Tagesszenen, Heimkommen, Wegfahren etc.)	Geringe Speicherkapazität des Gateways (siehe Absatz unten)
Bewegungssensor mit vielen Einstellungsmöglichkeiten (verschiedene Aktionen bei Tag/Nacht, Nachlaufzeit bis zu 60 Minuten, Empfindlichkeiten des Resthelligkeitssensors und des Bewegungserkennungssensors etc.)	Keine Backup-Möglichkeit
Bewegungssensor dimmt nach Ablauf der Nachlaufzeit zuerst herunter und schaltet erst nach weiterer Nachlaufzeit das Licht aus	

Tabelle 14: Erfahrungen mit Philips Hue (mit Gateway) - die Tabelle kann unvollständig sein

Bei der Inbetriebnahme der Philips Hue Leuchten, Leuchtmittel und Schalter ist ein wesentliches Problem mit der Speicherkapazität des Gateways aufgetreten. Die Kapazität von bis zu 50 Teilnehmern (laut Hersteller) war schon nach ca. 35 Teilnehmern (Leuchten, Leuchtmittel oder sonstiges Zubehör) erreicht. Die Recherche in Foren ergab, dass Teilnehmer mit komplexem Funktionsumfang wie der Smart Button mehr Speicher auf dem Gateway benötigen. Für die Musterwohnung in Freilassing wurde ein zweites Gateway angeschafft und in die Bereiche Wohnen und Schlafen aufgeteilt. Nachteil, ein Alles-AUS-Schalter ist kann nur für den jeweiligen Bereich programmiert werden. Bei der Wohnungstür gibt es in Freilassing daher zwei zentrale AUS-Schalter.

Ikea Tradfri (mit Gateway)	
positiv	negativ
Große Leuchten- und Leuchtmittelauswahl	WLAN nötig (für mehr als 10 Leuchten und raumübergreifend)
Günstig	Nur zwei Schalter pro Leuchte/Szene möglich
Kein Fachmann nötig	Kein stufenloser Wechsel der Farbtemperatur
App zur Inbetriebnahme und Einrichtung intuitiv und gut angeleitet	

Tabelle 15: Erfahrungen mit Ikea Tradfri (mit Gateway) - die Tabelle kann unvollständig sein

Phoscon Gateway von dresden elektronik	
positiv	negativ
Große Leuchten-, Schalter- und Sensorauswahl verschiedener Hersteller	WLAN nötig
Browser zur Inbetriebnahme und Einrichtung intuitiv und gut angeleitet	Evtl. Fachmann für individuelle Programmierungen nötig (Eingriff in API)
	Gateway teuer
	Keine App für Smartphone (Stand 2022)

Tabelle 16: Erfahrungen mit Phoscon Gateway von dresden elektronik - die Tabelle kann unvollständig sein

Die Entscheidung für die Umsetzung in den Musterwohnungen fiel auf Casambi als Professional-Variante in der kleinen Wohnung in Amerang, auf Philips Hue als Consumer-Variante in Freilassing und auf Ikea Tradfri als Low-Tech-Variante und für Stand-Allone-Lösungen in der großen Wohnung in Amerang.

5.5. Umsetzung in der Musterwohnung

Mit geeignetem Kunstlicht kann das Tageslicht zwar nicht ersetzt, aber das in diesem Projekt nachweislich vorhandene Defizit (zumindest teilweise) ausgeglichen werden. Zudem soll am Abend Melatonininsupression vermieden und der Nutzer auf den Nachtschlaf vorbereitet werden. Ziel der Lichtlösung ist, einen Mittelweg zwischen Nutzen und Wirtschaftlichkeit zu finden.

Die in diesem Abschnitt beschriebene Licht- und Steuerungslösung bezieht sich auf die „gelbe“ Wohnung in Amerang.

5.5.1. Raumbeleuchtung

Zu Projektbeginn wurde die Wohnung mit für die vorgesehene Nutzung typischen Leuchten ausgestattet. Diese Erstausrüstung war die Basis für die im Kapitel „Bestandsuntersuchung“ beschriebenen Lichtmessungen.

Um die Beleuchtung an die Bedürfnisse von älteren Menschen anzupassen, wurden in einem weiteren Schritt die vorhandenen Leuchtmittel gegen smarte farbtemperaturvariable Retrofit-LEDs ausgetauscht. Für Orte mit längerer Aufenthaltsdauer wurden zur Aktivierung zusätzlich zwei Lichtlösungen mit höherer Leistung und optimierter Lichtverteilung eingesetzt. Alle Leuchten verändern die Farbtemperatur und die Helligkeit in Anlehnung an das Tageslichtangebot.

- Variante 1 ist ein 1m langer Prototyp, genannt „Hohlkehle“, der an der Raumkante unterhalb der Decke montiert wird. Der Diffusor ist konkav ausgeformt und bildet die namensgebende Hohlkehle. Das Licht wird diffus direkt in den Raum und in Richtung des Sofas an der gegenüberliegenden Wand gestrahlt. Die Gesamtleistung beträgt ca. 15.500lm bei ca. 180W. (Piccone, 2022)
- Variante 2 ist eine Kombination aus einer Pendelleuchte und zwei Wandleuchten, die bereits am Markt erhältlich sind und u. a. in Pflegeeinrichtungen eingesetzt werden. Das Licht wird von der Pendelleuchte ca. zu 50% nach oben und ca. 50% nach unten abgestrahlt. Bei den Wandflutern werden ca. 59% der Leistung nach oben und ca. 41% nach unten gestrahlt. Die hohe Lichtmenge an der Decke und dem oberen Teil der Wände wird in den Raum reflektiert. Die Gesamtleistung der Installation beträgt ca. 23.400lm bei ca. 190W.



Abbildung 122: Wohnzimmer, Leuchten für Workshop mit Probanden-Befragungen (von li. nach re.: Pendelleuchte L01.3.2, Wandfluter L02.3, Hohlkehle L02.2); detaillierte Informationen zu den Leuchten befinden sich in den Leuchtenbüchern im Anhang

Ein Lichtband unter dem Bett sorgt nachts für ausreichend Licht im Schlafzimmer, ohne wach zu machen oder den Partner zu stören. Für den nächtlichen Toilettengang bieten die Deckenleuchte im Flur und die Spiegelleuchten im Badezimmer Licht im Nachtmodus.

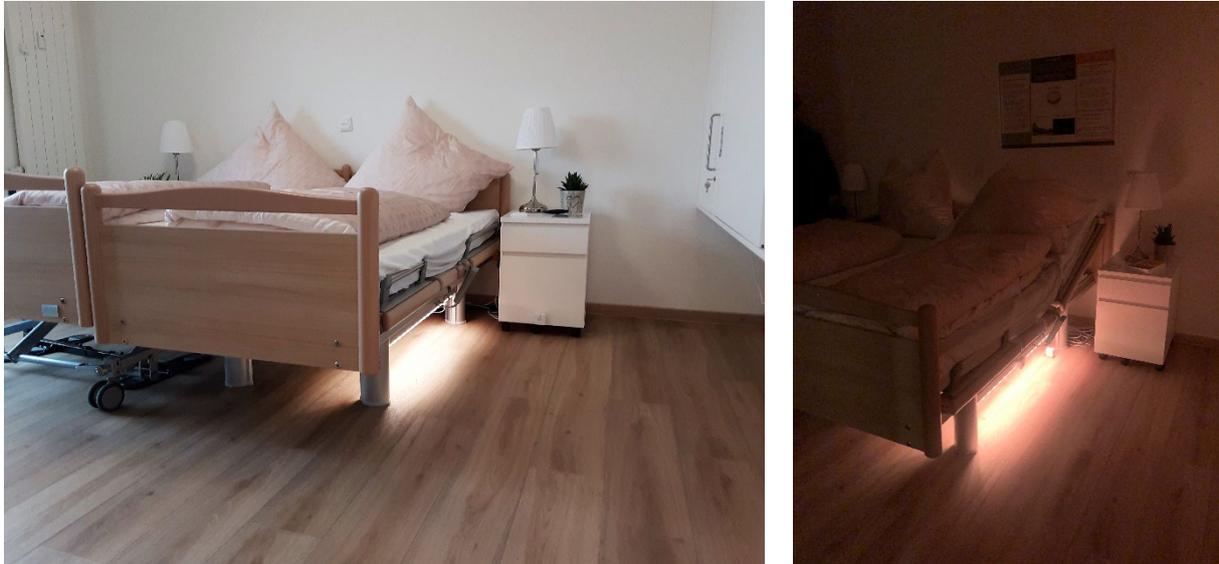


Abbildung 123: Schlafzimmer, Lichtband unter dem Bett als Nachtlicht (Fotos aus der Musterwohnung in Freilassing)

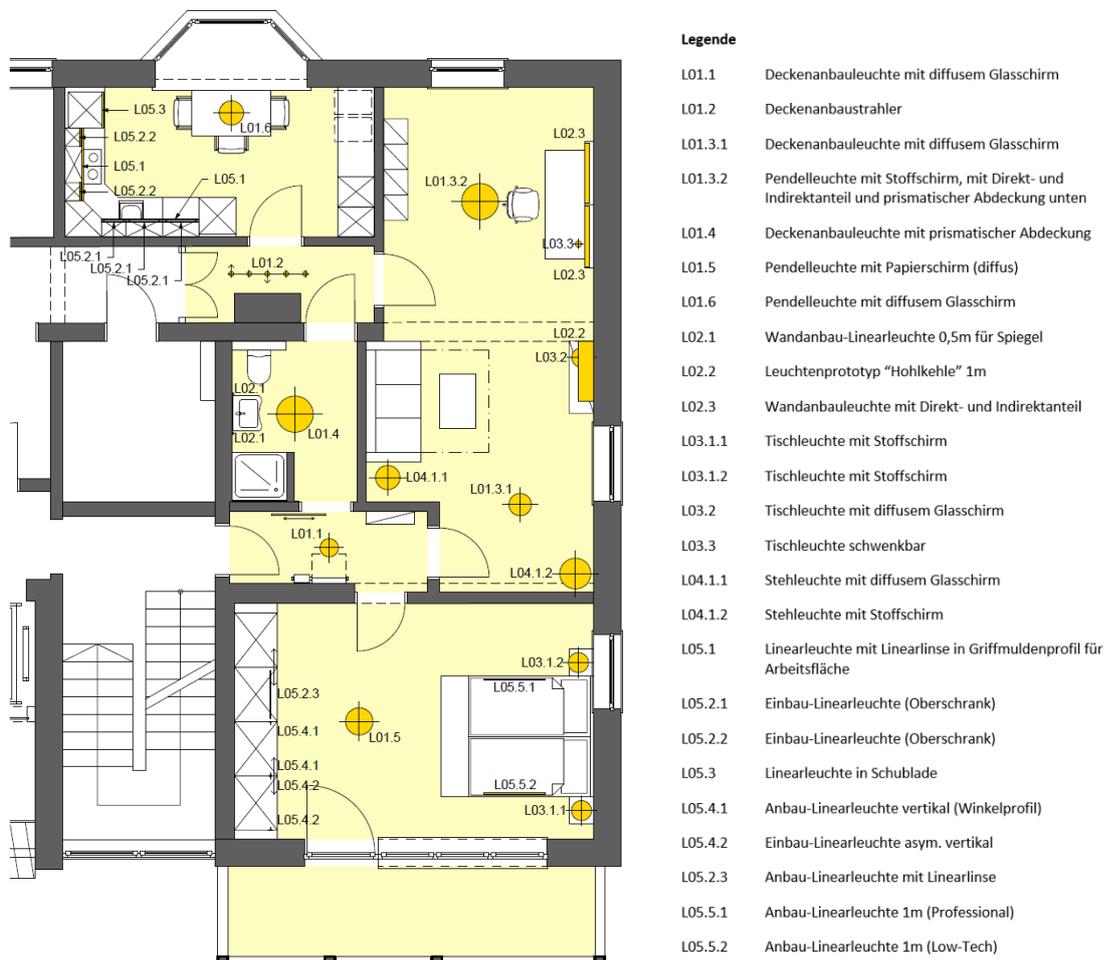


Abbildung 124: Leuchtenplan nach Anpassung der vorhandenen Beleuchtung an die Bedürfnisse von älteren Menschen

5.5.2. Möbelbeleuchtung

Bei der Möbelbeleuchtung wird Licht mit warmweißer Lichtfarbe (ca. 2700K) und hoher Farbwiedergabe ($R_a > 90$, $R_9 > 50$) eingesetzt. Die Leuchten werden beim Öffnen der Türe oder der Schublade automatisch von einem Sensor eingeschaltet und beim Schließen wieder ausgeschaltet. Das erleichtert das Finden von Gegenständen und reduziert die Verletzungsgefahr.

Küche

Die Küche in L-Form besteht aus einer höhenverstellbaren Arbeitsplatte, Hochschränken zu beiden Seiten und Oberschränken. An einer Stelle ist die Arbeitsfläche statisch, um darunter Platz für den Geschirrspüler zu bieten. Es gibt eine Schublade im Hochschrank rechts. Der restliche Stauraum befindet sich in den Oberschränken und wird zur barrierefreien Nutzung von Schrank-Liftern komplettiert, die aus dem Schrank herausgeklappt werden können. Zusätzlichen Stauraum, z. B. für Besteck oder andere schwere Gegenstände, gibt es in Form von Rollcontainern. Auf der anderen Seite des Raumes gibt es eine weitere statische Arbeitsfläche und Apothekerschränke.



Abbildung 125: 3D-Modell der Küche; links der Tür: Apothekerschränke, statische Arbeitsplatte und Rollcontainer; rechts der Tür (von li. nach re.): Kühlschrank, Geschirrspüler, höhenverstellbare Arbeitsplatte (mit Waschbecken, Abfalleimer mit Einwurf-Öffnung in der Arbeitsplatte und Kochfeld), Backofen und Stauraum darunter, in den Oberschränken ist weiterer Stauraum vorhanden

Die Arbeitsflächenbeleuchtung ist in das Griffmuldenprofil der Oberschränke integriert und mit variabler Farbtemperatur (= Tunable White oder TW) ausgeführt, da die Beleuchtung durchgehend im Raum sichtbar ist. Als Abdeckung wurde eine Linearlinse gewählt, sodass der Lichtkegel zur Nischenrückwand breiter wird und keinen Anschnitt auf der Fläche hinterlässt.

In der Schublade ist ein LED-Profil horizontal an der vorderen Kante des Korpus angebaut. Die runde Abdeckung ermöglicht eine gute Ausleuchtung des gesamten Faches.

In den Oberschränken sind LED-Profile horizontal testweise in zwei Ausführungen eingebaut. Auf der einen Seite wurde ein LED-Profil mit asymmetrischer Lichtverteilung gewählt und auf der anderen Seite mit niedriger Blende. In beiden Fällen sollte eine gute Ausleuchtung der Fachböden erreicht werden, ohne den Nutzenden beim Blick in den Schrank zu blenden.

In den Apothekerschränken sollten LED-Profile vertikal und mit asymmetrischer Lichtverteilung eingebaut werden, die das Licht auf die Körbe außerhalb des Korpus strahlen. Wichtig ist die Platzierung der LED-Profile nur auf einer Seite, damit keine Blendung entsteht. Diese Idee wurde aus konstruktiven und terminlichen Gründen nicht umgesetzt.



Abbildung 126: sensorgesteuerte Möbelbeleuchtung in der Küche - li.: Lichtband im Oberschrank L05.2.1; re.: Lichtband in Schublade L05.3; detaillierte Informationen zu den Leuchten befinden sich in den Leuchtenbüchern im Anhang

Kleiderschrank

Im Kleiderschrank gibt es Bereiche zum Hängen und zum Ablegen auf Fachböden oder in Schubladen. Die Kleiderstange kann aus dem Schrank heraus und auf Greifhöhe einer sitzenden Person geklappt werden. In den Schrankmodulen mit Fachböden und Schubladen gibt es auf Nabelhöhe eine Haltestange zum Festhalten oder Einhängen mit einem Gurt, um mit beiden Händen und festem Halt Kleidung aus dem Schrank holen zu können.

Zur Beleuchtung der Fachböden sind LED-Profile beidseitig vertikal eingesetzt, die in den Schrank hineinleuchten. Entweder mit einem Winkelprofil zum Anbauen oder ein Einbauprofil mit asymmetrischer Lichtverteilung. Die Vorteile von vertikalen LED-Profilen liegt in der Flexibilität der Fachböden und der reduzierten Stromzuleitungen.

Fest montierte Kleiderstangen können mit einem horizontalen LED-Profil oder Aufsatzleuchten beleuchtet werden. Für die herausklappbare Kleiderstange wurde eine Linearlinse in das horizontale LED-Profil eingesetzt, sodass der Lichtkegel nach außen breiter ist, als in den Schrank.

Eine LED-Beleuchtung in der horizontalen Haltestange sollte die geöffneten Schubladen beleuchten. Diese Idee wurde aus konstruktiven und terminlichen Gründen nicht umgesetzt.

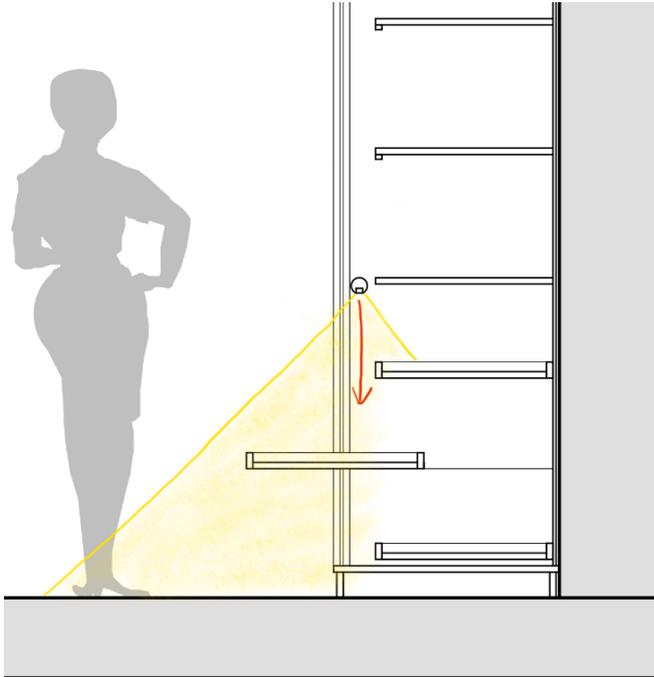


Abbildung 127: Skizze zur Schubladenbeleuchtung im Handlauf



Abbildung 128: vertikales Anbau-Lichtband L05.4.1 für Fachböden und Haltestange (ohne Beleuchtung)

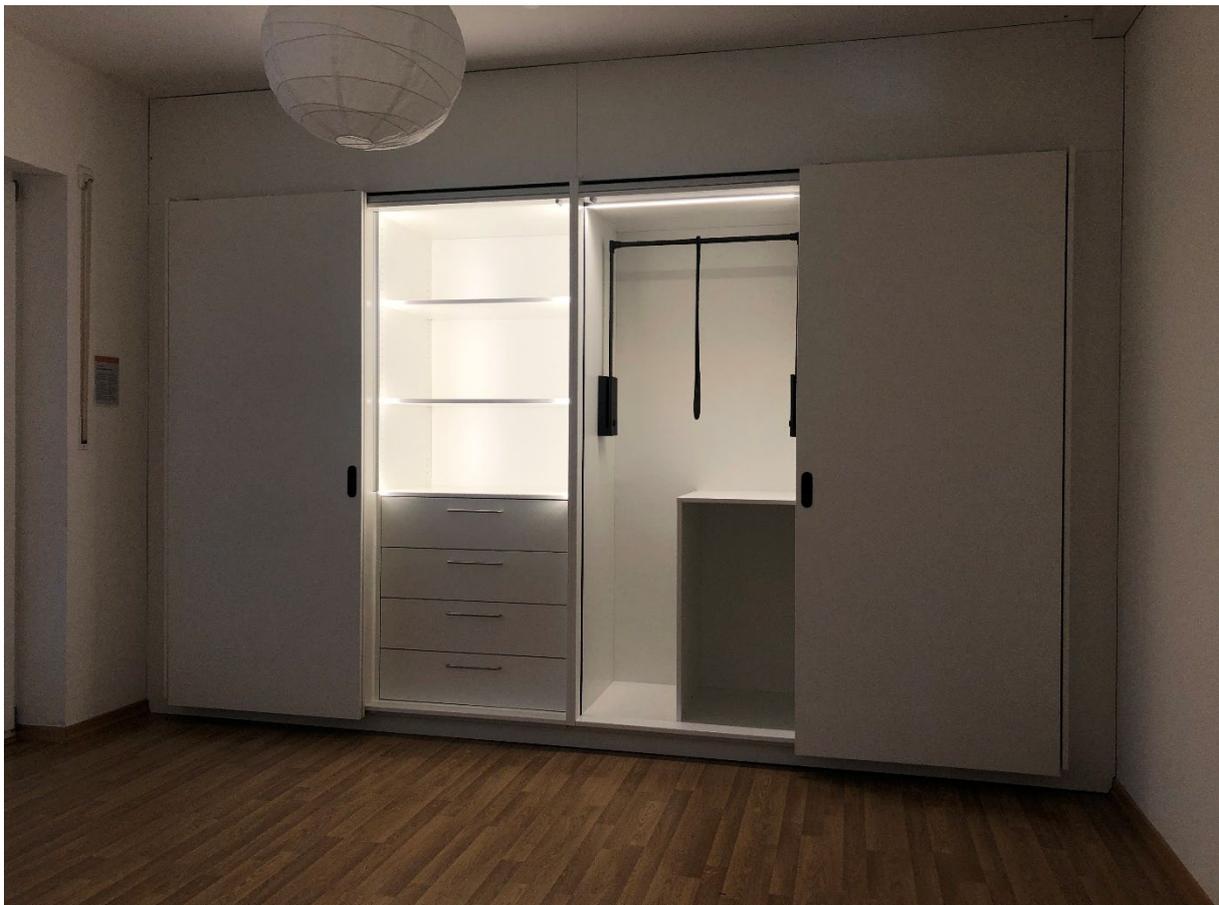


Abbildung 129: sensorgesteuerte Möbelbeleuchtung im Schlafzimmer - Kleiderschrank leuchtet von innen und unterstützt das Finden von Kleidungsstücken; detaillierte Informationen zu den Leuchten befinden sich in den Leuchtenbüchern im Anhang

5.5.3. Steuerung

Zur Steuerung der Beleuchtung wird das funkbasierte Steuerungssystem „casambi“ eingesetzt, das ohne baulichen Aufwand nachgerüstet werden kann. Das Licht wird über konventionell anmutende Wandschalter bedient, so wie es vor allem ältere Menschen gewohnt sind. Eine Appsteuerung im Alltag ist nicht vorgesehen, sondern dient der Inbetriebnahme und Programmierung der Anlage.

Das smarte Beleuchtungssystem verhindert die absichtliche und unabsichtliche Manipulation. Bei einem einfachen Tastendruck wird „das richtige Licht zur richtigen Zeit“ eingeschaltet. Die Helligkeit kann durch längeres gedrückt halten des Tasters manuell überstimmt werden. Die verschiedenen Tagesszenen gehen automatisch je nach Uhrzeit fließend und nicht wahrnehmbar ineinander über. Die Überblendzeiten betragen 20 Minuten und sind abgeschlossen, wenn die voreingestellte Uhrzeit erreicht wird.

- 05:00 – 08:00 (Morgenszene): ca. 2700K, 50-70% Helligkeit
- 08:00 – 11:00 (Morgenszene Aktivierung): ca. 6500K, 100% Helligkeit
- 11:00 – 20 Minuten nach Sonnenuntergang (Tagesszene): ca. 4500K, 100% Helligkeit
- 20 Minuten nach Sonnenuntergang – 23:00 (Abendszene): ca. 2700K, 50-70% Helligkeit
- 23:00 – 05:00 (Nachtszene): ca. 2700K, 10-30% Helligkeit

Die vor Ort ausgeführte Schalterprogrammierung ist für Besichtigungen und Probanden-Befragungen angepasst und kann daher vom hier beschriebenen Tagesablauf abweichen bzw. unvollständig sein. Die Schalterprogrammierung für die Workshops ist im Anhang zu finden.

Jede Leuchte bzw. jede Leuchtengruppe (z. B. Deckenleuchten) kann für mehr Flexibilität und Individualität über einen eigenen Schalter gesteuert werden. Feste Lichtszenen für bestimmte Anlässe sind möglich, aber nicht vorgesehen. Die wenigen voreingestellten Lichtszenen beschränken sich auf einen zentralen Aus-Schalter neben der Wohnungstür und dem Bett und einer Standard-Lichtszene für den Notfall. Dieses „Standardlicht“ kann aufgerufen werden, um das Nachtlicht zu überschreiben und für mehr Licht zu sorgen. Diese Taster sind zudem auch orange gekennzeichnet.

Die eingesetzten Funk-Wandschalter brauchen keinen Stromanschluss oder Batterie. Die durch Tastendruck erzeugte Energie reicht aus, um das Signal an die jeweilige Leuchte zu senden. Diese Technologie ermöglicht die nachträgliche Platzierung von Wandschaltern, auch an Positionen, wo vorher kein Schalter war. Der Austausch der bestehenden Wandschalter sollte von einem Fachmann durchgeführt werden, da die Leuchten dauerhaft bestromt sein müssen.

Die Nachtlichter im Schlafzimmer, Flur und Badezimmer werden von einem Casambi Bewegungssensor unter dem Bett eingeschaltet. Der Sensor nimmt die Bein-Bewegung beim Aufstehen wahr und löst das Signal aus, wenn eine bestimmte Umgebungshelligkeit unterschritten ist. Nach einer Nachlaufzeit von 20 Minuten schaltet sich das Licht automatisch wieder ab oder kann vorzeitig manuell über den Lichtschalter (Alles-Aus) bspw. nach der Rückkehr vom WC ausgeschaltet werden. Optional kann ein zweiter Bewegungssensor im Badezimmer die Nachlaufzeit verlängern und verhindern, dass eine gestürzte Person, die auf Hilfe wartet, nach 20 Minuten im Dunkeln liegt.

Für den Aufbau eines Funk-Netzes müssen alle Teilnehmer wie Leuchten und Steuerungsgeräte mit einem Funk-Modul ausgestattet sein. Während die Steuerungsgeräte und teilweise auch Leuchten bereits mit einem Funk-Modul ausgestattet sind, müssen vor allem die bestehenden Leuchten um ein solches Funk-Modul erweitert werden. Folgende Modul-Möglichkeiten stehen zur Auswahl:

- Retrofit-LEDs (E27-Glühlampen), die in haushaltsübliche Leuchten eingesetzt werden können und ein Funk-Modul integriert haben. Diese sind mit variabler Farbtemperatur (= Tunable White oder TW) oder mit farbigem Licht (RGBW) erhältlich.

- Dimm-Steckdosen für Leuchten mit festverbaubtem Leuchtmittel oder keinem passendem Retrofit-Leuchtmittel. Mit diesen Steckdosen ist das Ein-/Ausschalten und teilweise auch Dimmen möglich, nicht aber die Änderung der Lichtfarbe.
- Dimm-Module, die zwischen Decken-/Wandauslass und Leuchtenanschluss verbaut werden und in Baldachinen etc. versteckt werden können. Der Funktionsumfang ist wie bei Dimm-Steckdosen nur auf Ein-/Ausschalten und Dimmen begrenzt. Die Lichtfarbe kann nicht geändert werden.
- TW- oder RGBW-Module, die entweder zwischen Decken-/Wandauslass und Leuchtenanschluss oder direkt in eine Leuchte verbaut werden und neben Dimmen auch die Lichtfarbe ändern können.



Abbildung 130: Steuerungsplan inkl. Schalter, Sensoren und Funk-Modulen für Leuchten; detaillierte Informationen zu den Leuchten und den zugehörigen Funk-Modulen befinden sich im Leuchtenbuch im Anhang

5.5.4. Kosten

Die Beleuchtung und Steuerung sind modular aufgebaut und richten sich nach dem gewünschten Ziel der Nutzer. Es stehen die Stufen Low-Tech, Consumer und Professional zur Auswahl.

Bei der Basis-Variante „Low-Tech“ werden unabhängige und günstige Produkte angeboten, die nach Bedarf eingesetzt werden können. Hierzu zählen z. B. Nachlichter mit integriertem Bewegungssensor für die Steckdose oder als LED-Streifen zum Ankleben unter das Bett mit Netzstecker.

Zur Gruppe „Consumer“ zählen Produkte, die miteinander vernetzt werden können und über die Grundfunktionen ein-/ausschalten, dimmen und manueller Farbwechsel verfügen. Diese Stufe ist in der Musterwohnung Freilassing abgebildet.

Die Variante „Professional“ baut auf „Consumer“ auf und wird durch Funktionen erweitert, die einen automatischen Tagesverlauf ermöglichen. Diese Stufe ist in einer Musterwohnung in Amerang zu sehen.

Die Anschaffungskosten für die Variante „Professional“, so wie sie in der Musterwohnung in Amerang zu sehen ist, liegen bei ca. 12.690€ inkl. MwSt. (Listenpreis Stand 2024) ohne Leuchtenprototyp „Hohlkehle“. Die Kosten für die Möbelbeleuchtung gehören in die Kategorie „Consumer“ und liegen bei ca. 950€ inkl. MwSt. für die Küchenbeleuchtung und ca. 650€ inkl. MwSt. für die Beleuchtung im Kleiderschrank (Stand 2024). Beträge für nötige Dienstleistungen wie Montage und Programmierung oder mögliche Folgekosten wie Strom sind nicht berücksichtigt.

Nr.	Produkt	Stück	Einheitspreis	Gesamtpreis
L01.3.2	Pendelleuchte mit Stoffschirm (casambi TW-Modul zusätzlich nötig)	1	2.246,72	2.246,72
L01.4	Deckenanbauleuchte (casambi TW-Modul zusätzlich nötig)	1	1.846,88	1.846,88
L02.1	Wandanbau-Linearleuchte 0,5m (inkl. casambi TW-Modul)	2	136,00	272,00
L02.2	Wandanbauleuchte (Prototyp) „Hohlkehle“ 1m (inkl. casambi TW-Modul)	1	-	-
L02.3	Wandfluter (casambi TW-Modul zusätzlich nötig)	2	1.407,77	2.815,54
L04.1.2	Stehleuchte mit Stoffschirm (casambi Dimm-Steckdose zusätzlich nötig)	1	2.421,65	2.421,65
L05.5.1	Linearleuchte 1m (inkl. casambi TW-Modul)	1	220,00	220,00
L01.1 L01.6	Leuchtmittel E27 dimmbar (casambi Dimm-Modul zusätzlich nötig)	3	12,00	36,00
L01.5	Leuchtmittel E27 dimmbar 2500lm (casambi Dimm-Modul zusätzlich nötig)	1	19,00	19,00
L03.2	Leuchtmittel E14 dimmbar (casambi Dimm-Steckdose zusätzlich nötig)	1	11,00	11,00
L01.3.1 L03.1.1 L03.1.2 L04.1.1	casambi TW-Leuchtmittel mit Funk-Modul	5	55,00	275,00
L01.3.2 L01.4 L02.3	casambi TW-Modul	3	85,00	255,00

Tabelle 17: Kosten (Listenpreise inkl. MwSt.) für die Raumbelichtung der "gelben" Wohnung in Amerang (Teil 1)

Nr.	Produkt	Stück	Einheitspreis	Gesamtpreis
L01.1 L01.5 L01.6	casambi Dimm-Modul	3	69,00	207,00
L03.2 L04.1.2	casambi Dimm-Steckdose	2	139,00	278,00
	casambi (enOcean) Funkschalter	13	89,00	1.157,00
L05.5.1	casambi Bewegungssensor	1	198,00	198,00
	casambi Touch-Display*	1	427,21	427,21
* Sonderpreis des Herstellers wegen Tischständer und Netzstecker			Summe	12.686,00

Tabelle 18: Kosten (Listenpreise inkl. MwSt.) für die Raumbelichtung der "gelben" Wohnung in Amerang (Teil 2)

Nr.	Produkt	Stück	Einheitspreis	Gesamtpreis
L05.1	Arbeitsflächenbeleuchtung in Griffmuldenprofil 0,6m exkl. Netzteil	4	51,17	204,68
L05.2.1 L05.2.2	Schrankbeleuchtung 0,6m inkl. Türsensor exkl. Netzteil	4	44,03	176,12
L05.3	Schubladenbeleuchtung 0,6m inkl. Türsensor exkl. Netzteil	1	58,31	58,31
	Netzteil 24V 90W inkl. Bluetooth Verteiler, Multiweiß-Adapter und Verteiler mit Multi-Schaltfunktion	2	226,10	452,20
	Funkschalter (mit Knopf-Batterie)	1	57,12	57,12
(Firma Häfele)			Summe	948,43

Tabelle 19: Kosten (Listenpreise inkl. MwSt.) für die Möbelbeleuchtung in der Küche in der "gelben" Wohnung in Amerang

Nr.	Produkt	Stück	Einheitspreis	Gesamtpreis
L05.2.3	Horizontal über Kleiderlifter 0,9m inkl. Türsensor exkl. Netzteil	1	90,44	90,44
L05.4.1	Anbauvariante beidseitig 1m inkl. Türsensor exkl. Netzteil	1	145,18	145,18
L05.4.2	Einbauvariante beidseitig 1m inkl. Türsensor exkl. Netzteil	1	143,99	143,99
	Netzteil 24V 90W inkl. Verteiler mit Multi-Schaltfunktion	2	135,66	271,32
(Firma Häfele)			Summe	650,93

Tabelle 20: Kosten (Listenpreise inkl. MwSt.) für die Möbelbeleuchtung im Kleiderschrank der "gelben" Wohnung in Amerang

5.6. Evaluation

Die Evaluationsphase dient zur Beantwortung der Forschungsfragen Nr. 3 und 5:

3. Können die theoretischen Anforderungen für alle Altersgruppen erfüllt werden?
5. Werden die Lichtsituationen eines solchen Konzeptes von den Teilnehmenden akzeptiert?

Im Rahmen des Gesamtprojektes war vorgesehen, dass sich Probanden für einen längeren Zeitraum in den Musterwohnungen aufhalten, um den tatsächlichen Mehrwert der Wohnraumanpassungen und technischen Unterstützungssystemen untersuchen zu können. Für das Testwohnen waren Zeiträume zwischen einer Woche und einem Monat angedacht. Dies konnte aus verschiedenen Gründen nicht umgesetzt werden, allen voran der Corona Pandemie mit den hohen Einschränkungen für ältere Menschen.

Die nachfolgende Recherche zum geeigneten Studienaufbau bezieht sich auf das Konzept des Testwohnens, welches zu einem späteren Zeitpunkt durch Probanden-Befragungen in mehrstündigen Workshops ersetzt wurde.

5.6.1. Recherche

Die Recherche wurde in unterschiedlichen Datenbanken durchgeführt, um Studien zu identifizieren, in denen die Auswirkungen von gesteuertem Licht im Tagesverlauf auf die Gesundheit sowie die Lebensweise von älteren Erwachsenen in der Pflege und/oder im selbstständigen Alltag zu Hause untersucht wurden. Hauptziel der Recherche waren Studien, in denen die Akzeptanz von neuen Lichtlösungen oder vergleichbaren technischen Erneuerungen in Pflegeeinrichtungen oder Eigenheimen fokussiert wurde. Ein Augenmerk lag auf verwendeten Fragebögen, aber auch auf den verschiedenen Möglichkeiten und Methoden des Studiendesigns.

Die Suche bezog sich vorrangig auf Zeitschriftenartikel und Forschungsberichte mit Volltext-Links auf unterschiedlichen Datenbanken mit festgelegtem Zeitraum zwischen 2016 (nach Beschreibung der melanopischen Wirkfunktion aus dem Positionspapier CIE TN 003:2015) und 2022 (Zeitpunkt der Recherche). Nur wenige Schlagwörterkombinationen ergaben Treffer innerhalb der Datenbanken. Die Studiensuche erfolgte überwiegend über die Quellenangaben und Verweise auf ähnliche Studien im Anhang der gefundenen Forschungsberichte. Mit Hilfe der Citavi-Software wurden die Studien verwaltet und anschließend auf Übereinstimmung der Kriterien des Rechercheziels und deren Aussagekraft untersucht. Daraus ergab sich entweder die Aussortierung oder die weitere Bearbeitung. Die ausgewählten Studien, die die Rechercheziele am treffendsten behandelten, wurden in Kategorien eingeteilt und auf wenigen Seiten mit den wichtigsten Inhalten zusammengefasst.

Suchkriterien

Datenbanken: PUpMed, Science Direct, RSWB, WISO, Avery Index of Architectural Periodicals

Zeitraum: 2016-2022

Schlag-/Schlüsselwörter:

Thema: Licht im Alter		
Kernbegriffe	Licht Beleuchtung	Alter Ältere Menschen/Erwachsene Alterung/Altern/Altersgruppe Altern vor Ort/häusliche Umgebung Pflegeumgebung/Pflegeheim Gesundheitswesen
Oberbegriffe	Human Centric Lighting [HCL] Intelligente Beleuchtung/-Technik Lichtsteuerung/HCL Lichtplanung Smart/vernetzt/(an-)steuerbar Zirkadiane Synchronisation Ambient Assisted Lighting [AAL] Lichtintervention/Lichttherapie Automatisierung/Sensortechnik Automatische Steuerung Smart Home/Smart Home Technologie Heim-IoT-Dienst [Internet of Things]	Pflege/Betreuung/Hilfsmittel Altersgerecht/Gesundheitsförderung Ruhe-Aktivität/zirkadianes System Störung des Tagesrhythmus/Schlaf Sehkraft/Sehchwäche/-einschränkung Mobilitätseinschränkung Unterstützung der Alltagsaktivitäten Lebensqualität – Verhalten/Symptome
Unterbegriffe		Akzeptanz/Benutzerfreundlichkeit Technologieakzeptanzmodell Bereitschaft zur Technologieübernahme Technologiebewertung Verhaltensabsicht

Tabelle 21: Schlüsselwörter für Studienrecherche

Studiensuche

Die meisten Treffer mit Volltext-Links konnten in den Datenbanken PUPMed und Science Direct erzielt werden.

Allgemeine Ausschlusskriterien:

- Zeitraum der Studiendurchführung älter als Suchzeitraum (Veröffentlichung des Forschungsberichts fällt in Suchzeitraum)
- fehlende Aussagekraft
- Wiederholung der Methoden und Studiendesigns in mehreren Publikationen

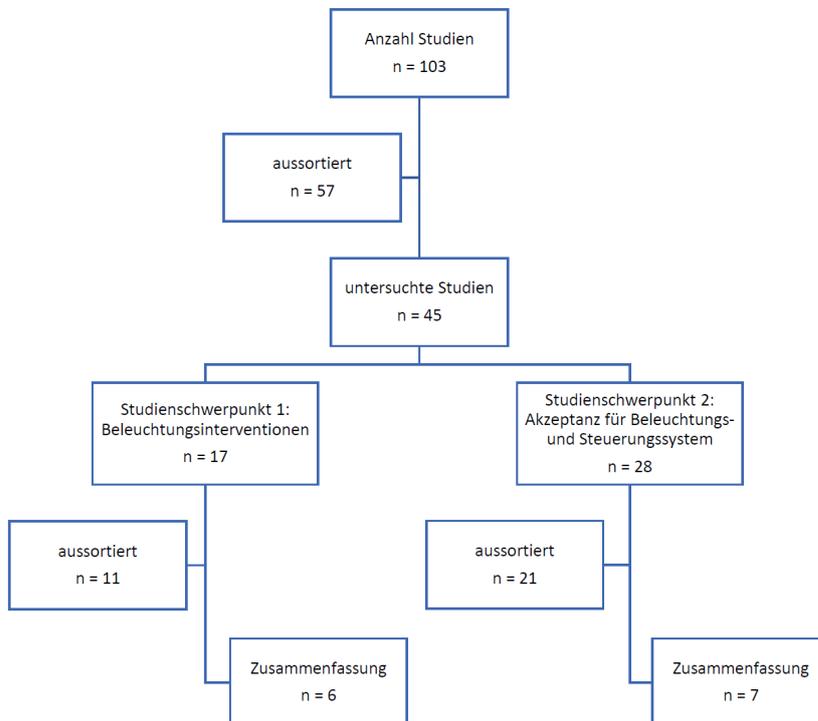


Abbildung 131: Organigramm mit Auswahl-Prozess der recherchierten Studien

Suchergebnisse für Studienschwerpunkt 1: Beleuchtungsinterventionen

Studienliste:

- (DuBose, Davis, Campiglia, Wilkerson & Zimring, 2022)
- (Canazei, Weninger, Pohl, Marksteiner & Weiss, 2022)
- (Baandrup & Jennum, 2021)
- (Kolberg et al., 2021)
- (Figueiro, Sahin, Kalsher, Plitnick & Rea, 2020)
- (Hopkins et al., 2017)

Bei der Studienwahl wurde u. a. darauf geachtet, die Variationsmöglichkeiten von Studiendesigns aufzuzeigen.

Innerhalb dieser Studienkategorie wurde das Thema der dynamischen Lichtintervention behandelt, bei der stark auf das Befinden und die klinischen Gesundheits-/Krankheitsparameter der Teilnehmer jedoch weniger auf deren Akzeptanz eingegangen wurde. Diese Studien untersuchten die Auswirkungen einer dynamischen Beleuchtung auf das Tag-Nacht-Aktivitätsmuster oder auf Schlaf, Stimmung und Verhalten der Teilnehmer. Auffallend war die Anwendung überwiegend bei Demenzkranken.

Studiendesign:

- Methode: Interventions - und Kontrollgruppen
- Auswertung: nach Art der Interventionen oder der Perspektive (objektiv/subjektiv)
- Studiendauer: 60 Minuten - 4 / 12 / 24 / 25 Wochen
- Probandenzahl: n = 24-80 (nach Ausschluss)
- Altersdurchschnitt: 24 / 45,9 / 82,2 und 85,7 / 85,3 / 86 ± 8 Jahre bzw. > 60 Jahre

In fast allen Studien wurde die Studiendauer als zu kurz bewertet. Zudem sank die Probandenzahl teils um ein Vielfaches nach dem Ausschlussverfahren und auch während der Studienzeit aufgrund von Verschlechterungen des Gesundheitszustandes bis hin zum Eintreten des Todes (je unabhängig von den Auswirkungen der Studieninterventionen) oder durch Verweigerungen zur weiteren Teilnahme. Die Aussagekraft der Ergebnisse von dynamischen Lichtinterventionen muss kritisch betrachtet werden, da die Wirkung v.a. bzgl. der Tag-Nacht-Schlaf-Aktivität zum einen häufig von dem vorgegebenen Pflegerhythmus zum anderen von der Summe der Krankheitsbilder und der entsprechenden Medikation der Probanden abhängt. In einer Studie wurde vorgeschlagen, die zirkadian wirksame Beleuchtung bei jüngeren und gesünderen Probanden zu untersuchen. Ein weiterer Schwachpunkt der Studien war die Ungenauigkeit in der Dokumentationsmöglichkeit bzgl. der tatsächlichen Aufenthaltsdauer in den Räumen mit der installierten und gesteuerten Studienbeleuchtung v.a. innerhalb von Pflegeeinrichtungen, wo ein freies Bewegen zwischen dem privaten Zimmer und Gemeinschaftsräumen bzw. öffentlichen Räumen gewährleistet ist. Bewertungen erfolgten bzgl. Symptomatiken und meist mittels dem Schlafqualitätsfragebogen (PSQI), die sowohl von den Probanden als auch häufig mit Hilfe des Pflegepersonals ausgefüllt wurden. Subjektive Bewertungen zur Akzeptanz der Beleuchtung mittels Fragebögen fehlten in den Studien.

Suchergebnisse für Studienschwerpunkt 2: Akzeptanz für Beleuchtungs- und Steuerungssystem

Studienliste:

- (Yap, Tan & Choon, 2022)
- (Falkenberg, Kvikstad & Eilertsen, 2019)
- (Berkowsky, Sharit & Czaja, 2018)
- (Baek et al., 2022)
- (Tural, Lu & Austin Cole, 2021)
- (Mumtaz, 2022)
- (Rampioni et al., 2021)

Bei der Studienwahl wurde u. a. darauf geachtet, die Variationsmöglichkeiten von Studiendesigns aufzuzeigen.

Diese Forschungsstudien thematisierten verbesserte Beleuchtungssysteme sowie die Einführung von Smart-Home Geräten und untersuchten die Akzeptanz von älteren Menschen gegenüber neuen, technologischen Geräten, die ihre Lebensqualität im Alltag erleichtern bzw. verbessern sollen.

Zur Auswertung zählen neben soziodemographischen Hintergründen, die Fähigkeiten ADLs (activities of daily living) auszuführen - ohne und mit technischen Nachrüstungen. Mittels unterschiedlichen Fragebögen werden diverse Aspekte bzgl. der Akzeptanz in ihrer Gewichtung ermittelt: Benutzerfreundlichkeit, Nützlichkeit, Nutzungswahrscheinlichkeit, Nutzungswahrnehmung, Anschaffungsbereitschaft, Technologieskepsis z.B. Angst, Mangel an Wissen, Überwindung von Gewohnheiten usw..

Studiendesign:

- Methode: konkrete Anwendung der Geräte, Vorstellen von Geräten per Video, nur Umfragen zur Thematik, Interventions- und Kontrollgruppen
- Auswertung: nach systematischer Literaturrecherche
- Studiendauer: 1 Stunde – 4 / 12 Monate
- Probandenzahl: n = 20 - 129 (nach Ausschluss) -> eine Studie mit primäre | sekundäre | tertiäre Endbenutzer als Probanden
- Altersdurchschnitt: 77 / 79,95 / 85,3 Jahre bzw. > 50 Jahre

Beleuchtungstechnologien werden in Studien unzureichend in Kombination auf Akzeptanz behandelt oder „verstecken“ sich hinter einem Multisensor-Gerät, das mehrere Endgeräte steuert. Das Bewusstsein, der Wissensstand und die Bedarfswahrnehmung der Verbesserungsmöglichkeiten von Alltagstätigkeiten durch intelligente Beleuchtung scheint bei älteren Menschen gering und wird häufig als Wohlstandsanschaffung bewertet. Umfragen alleine können für Vorstudien hilfreich sein. Die Bereitstellung integrierter Technologien können die Bereitschaft für deren Anschaffung und Nutzung sowie die Akzeptanz durch die eigene, positive Erfahrung und der dadurch einhergehenden Minderung von Barrieren steigern. Eine erste Stufe stellt die fixe Voreinstellung der Geräte dar, jedoch wird bei Gewährleistung einer einfachen Bedienung eine eigenständige, personalisierte Steuerung begrüßt. Auch in diesen Studienreihen wird als Ausweitungsmöglichkeit eine größere Teilnehmerzahl und längere Studiendauer angesprochen.

Empfehlungen für zukünftige Studien

Künftige Studien sollten Methoden und Studiendesigns wie sie im Studienschwerpunkt I dokumentiert sind mit den Technologieakzeptanzmodellen aus dem Studienschwerpunkt II kombinieren. Eine sinnvolle Vorgehensweise und eine bessere Vergleichbarkeit der Akzeptanzangaben ist die Anwendung der gewählten Fragebögen vor, während und nach der Testzeit der steuerbaren Beleuchtung. Eine Wiederholung des gesamten Studienablaufs nach einer Pause erhöht die Qualität der Ergebnisse und Aussagen der Probanden. Die nötige Probandenzahl hängt von der Methode und des Auswertungsziels ab. Generell wird eine Probandenzahl ab 30 angestrebt.

5.6.2. Lichtmessungen

Zur Beantwortung der Forschungsfrage 3 wurden Lichtmessungen vertikal am Auge durchgeführt und mit den Ziel-Werten der vier Altersgruppen abgeglichen. Ziel ist, die Melatoninausschüttung je nach Tageszeit zu ermöglichen bzw. zu hemmen. Der Schwerpunkt liegt auf der Altersgruppe der 75-Jährigen. Lichtmessungen und Bewertungen nach Kriterien der visuellen Ergonomie wurden nicht durchgeführt.

Messtechnik

Für die Beleuchtungsstärkemessungen kommen das Spektroradiometer JETI Specbos 1201 mit der zugehörigen Software JETI LiVal V7.0.0 zum Einsatz. Die letzte Kalibrierung fand am 02. August 2021 statt. Mit einem Luxmeter (Minilux von MX-Elektronik) wird an relevanten Stellen die horizontale Beleuchtungsstärke auf der Tischebene gemessen. Die Ergebnisse dienen als Vergleich zu den vertikalen Beleuchtungsstärken am Auge.

Die Leuchtdichtebilder wurden mit einer LMK mobile air CANON EOS 70D von TechnoTeam und der Software LMK LabSoft (lmk4 20.9.16 32bit) erstellt. Die letzte Kalibrierung wurde am 27. August 2021 durchgeführt. Pro Bild wurden 5x3 Einzelbilder mit einem Fischaugeobjektiv aufgenommen. Die Blende ist auf F4.0 eingestellt und der ISO-Wert liegt bei 100. Die Belichtungszeiten wurden zwischen 1/250 Sekunden und 5 Sekunden gewählt.

Messaufbau

Untersucht werden Positionen in sitzender, stehender und liegender Haltung. Die Blickneigungen richten sich nach verschiedenen Tätigkeiten. Die Neigung 0° stellt die Ausgangsposition dar. Horizontale Variabilität („Umherblicken“) wurde nicht berücksichtigt. Eine Liste mit allen Messpunkten und genaue Informationen zur Positionierung der Messgeräte sind im Anhang zu finden.

Mit dem Spektroradiometer wurde der Einfluss jeder einzelnen Leuchte bei jeweils verschiedenen Lichtszenen auf die resultierende Lichtmenge am Auge gemessen. Bei den Aufnahmen mit der Leuchtdichtekamera sind alle

relevanten Leuchten der jeweiligen Lichtszene gleichzeitig an. Die Lichtszene „morgens“ entspricht der Lichtszene „abends“ und wurde daher nur einmal vermessen. Die Lichtmessungen werden bei geschlossenen Rollos ohne Tageslicht durchgeführt.

Raum	Position	Augpunkthöhe	Blickneigung	Lichtszene
Wohnzimmer	Auf Sofa sitzend; Blick geradeaus	1,2m	0°	Aktivierung, tagsüber, abends
Wohnzimmer	Auf Sofa sitzend; Blick nach unten	1,2m	-45°	Aktivierung, tagsüber, abends
Arbeitszimmer	Auf Sofa sitzend; Blick geradeaus	1,2m	0°	Aktivierung, tagsüber, abends
Arbeitszimmer	Auf Sofa sitzend; Blick nach unten	1,2m	-45°	Aktivierung, tagsüber, abends
Schlafzimmer	Im Bett liegend; rechte Bettseite; Blick nach oben	0,85m	75°	nachts
Schlafzimmer	In der Tür stehend; Blick auf Bett	1,6m	-15°	nachts
Badezimmer	Vor Spiegel stehend; Blick geradeaus	1,6m	0°	alle
Badezimmer	Vor Spiegel sitzend; Blick geradeaus	1,2m	0°	alle
Badezimmer	In der Tür stehend; Blick auf WC	1,6m	-10°	alle

Tabelle 22: Überblick und Informationen über Messpositionen

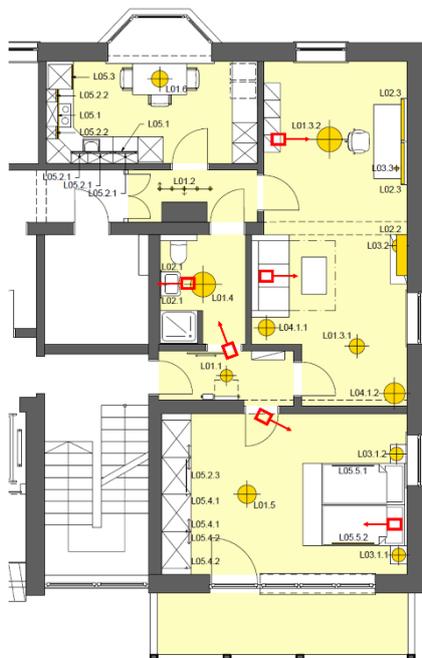


Abbildung 132: Grundriss mit Messpositionen; Pfeile geben jeweils die Blickrichtung an



Abbildung 135: Messaufbau für die Position Wohnzimmer, auf dem Sofa sitzend mit Blick nach unten (-45°); detaillierte Informationen zum Messaufbau befinden sich im Anhang



Abbildung 136: Messaufbau der Position Badezimmer, vor dem Spiegel sitzend mit Blick geradeaus in den Spiegel (0° , horizontal)



Abbildung 134: Messaufbau für die Position Schlafzimmer, im Bett liegend mit Blick nach oben ($+75^\circ$)



Abbildung 133: Messaufbau für die Position Schlafzimmer, in der Tür stehend mit Blick auf das Bett (-15°)

Ergebnisse Wohnzimmer

Die Lichtmessungen zeigen, dass im Vergleich zu den kaltweißen oder warmweißen Farbtemperaturen bei neutralweißen Farbtemperaturen die kaltweißen und warmweißen LEDs mit nicht ausreichend angepasstem (reduziertem) Lichtstrom betrieben werden und daraus eine erhöhte Lichtmenge am Auge resultiert. Aus diesem Grund werden bei der neutralweißen „Tagesszene“ höhere MEDI-Werte gemessen als bei der kaltweißen Lichtszene „Aktivierung“ am Morgen. Dies gilt sowohl für die Kombination aus Pendel- und Wandleuchten als auch bei dem Leuchtenprototyp „Hohlkehle“. Da auf Grund der angespannten zeitlichen Situation parallel zu den aufwändigen Lichtmessungen bereits die Befragungen starteten, wurde diesem Sachverhalt nicht durch eine Neuprogrammierung Rechenschaft getragen.

Messpunkt	Leuchte	Lichtszene	K (am Auge)	MDER (real)	$E_{v,Auge}$	MEDI	MEDI Gesamt
Wohnzimmer – auf dem Sofa sitzend, Blick geradeaus (0°)							
2.2.8kwn-0	Hohlkehle L02.2	Aktivierung	5863	0,9243	325	301	
3.2.2kwn-0	Pendelleuchte* L01.3.2	Aktivierung	5787	0,8940	344	307	533
3.2.10kwn-0	Wandfluter* L02.3	Aktivierung	5619	0,8185	276	226	
2.2.8nwn-0	Hohlkehle L02.2	tagsüber	3807	0,6727	604	406	
3.2.2nwn-0	Pendelleuchte* L01.3.2	tagsüber	3797	0,6751	649	438	776
3.2.10nwn-0	Wandfluter* L02.3	tagsüber	3993	0,6286	538	338	
2.2.1wwn-0	Deckenleuchte L01.3.1	abends	2518	0,4015	17	7	50
2.2.3wwn-0	Stehleuchte mit Glasschirm L04.1.1	abends	2401	0,3827	7	3	
2.2.7wwn-0	Stehleuchte mit Stoffschirm L04.1.2	abends	2432	0,4393	91	40	
MEDI-Zielwerte für 32-, 50-, 75- und 90-Jährige: <ul style="list-style-type: none"> • Aktivierung („2/3-Ansatz“): min. 250lx, min. 334lx, min. 606lx und min. 946lx • Abends/Nachts („2/3-Ansatz“): max. 10lx, max. 13lx, max. 24lx und max. 38lx • Beim Schlafen („2/3-Ansatz“): max. 1lx, max. 1,3lx, max. 2,4lx und max. 3,8lx * Die Pendelleuchte und die Wandfluter befinden sich in der Musterwohnung nicht gegenüber des Sofas, stellen aber eine Alternative zur Hohlkehle dar. Für die Messungen wurde daher eine der Position des Sofa nachempfundene Stelle gegenüber der Leuchten gewählt, um die Ergebnisse miteinander vergleichen zu können.							

Tabelle 23: Messergebnisse für die Position Wohnzimmer, auf dem Sofa sitzend mit Blick gerade in Richtung Fenster (0°, horizontal); detaillierte Informationen zu den Messpunkten befinden sich in den Messprotokollen im Anhang

Messpunkt	Leuchte	Lichtszene	K (am Auge)	MDER (real)	$E_{v,Auge}$	MEDI	MEDI Gesamt
Wohnzimmer – auf dem Sofa sitzend, Blick nach unten (-45°)							
2.1.8kwn-45	Hohlkehle L02.2	Aktivierung	5241	0,8709	142	123	
3.1.2kwn-45	Pendelleuchte* L01.3.2	Aktivierung	4499	0,7594	92	69	179
3.1.10kwn-45	Wandfluter* L02.3	Aktivierung	5077	0,7675	143	110	
2.1.8nwn-45	Hohlkehle L02.2	tagsüber	3466	0,6308	263	166	
3.1.2nwn-45	Pendelleuchte* L01.3.2	tagsüber	3102	0,5716	174	100	263
3.1.10nwn-45	Wandfluter* L02.3	tagsüber	3604	0,5918	275	163	
2.1.1wwn-45	Deckenleuchte L01.3.1	abends	2372	0,3865	7	3	26
2.1.3wwn-45	Stehleuchte mit Glasschirm L04.1.1	abends	2289	0,3706	7	2	
2.1.7wwn-45	Stehleuchte mit Stoffschirm L04.1.2	abends	2305	0,4098	51	21	
<p>MEDI-Zielwerte für 32-, 50-, 75- und 90-Jährige:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aktivierung („2/3-Ansatz“): min. 250lx, min. 334lx, min. 606lx und min. 946lx • Abends/Nachts („2/3-Ansatz“): max. 10lx, max. 13lx, max. 24lx und max. 38lx • Beim Schlafen („2/3-Ansatz“): max. 1lx, max. 1,3lx, max. 2,4lx und max. 3,8lx <p>* Die Pendelleuchte und die Wandfluter befinden sich in der Musterwohnung nicht gegenüber des Sofas, stellen aber eine Alternative zur Hohlkehle dar. Für die Messungen wurde daher eine der Position des Sofa nachempfundene Stelle gegenüber der Leuchten gewählt, um die Ergebnisse miteinander vergleichen zu können.</p>							

Tabelle 24: Messergebnisse für die Position Wohnzimmer, auf dem Sofa sitzend mit Blick nach unten (-45°); detaillierte Informationen zu den Messpunkten befinden sich in den Messprotokollen im Anhang

An der Position auf dem Sofa sitzend mit Blick geradeaus (0°) konnte die Ziel-Beleuchtungsstärke am Auge von MEDI 606lx für eine 75-Jährige Person mit der Kombination aus Pendelleuchte und Wandfluter während der Tagesszene vollständig erreicht werden (MEDI 776lx, Tabelle 23). Während der Aktivierungsszene (MEDI 533lx) muss die Differenz von MEDI 73lx vom Tageslicht ausgeglichen werden. Mit der Zielvorgabe, die Lichtmenge in zumindest 80% der Zeit im Monat zu erreichen, stehen in 9 Monaten im Jahr ausreichend Licht zur Verfügung.

Eine Lichtintervention mit dem Leuchtenprototypen „Hohlkehle“ ergab während der Aktivierungsszene eine Lichtmenge am Auge von MEDI 301lx und während der Tagesszene MEDI 406lx. Das Ziel von MEDI 606lx für eine 75-jährige Person für zumindest 80% der Zeit im Monat kann zusammen mit dem zu erwartenden Tageslicht in 2 bzw. 6 Monaten im Jahr erreicht werden.

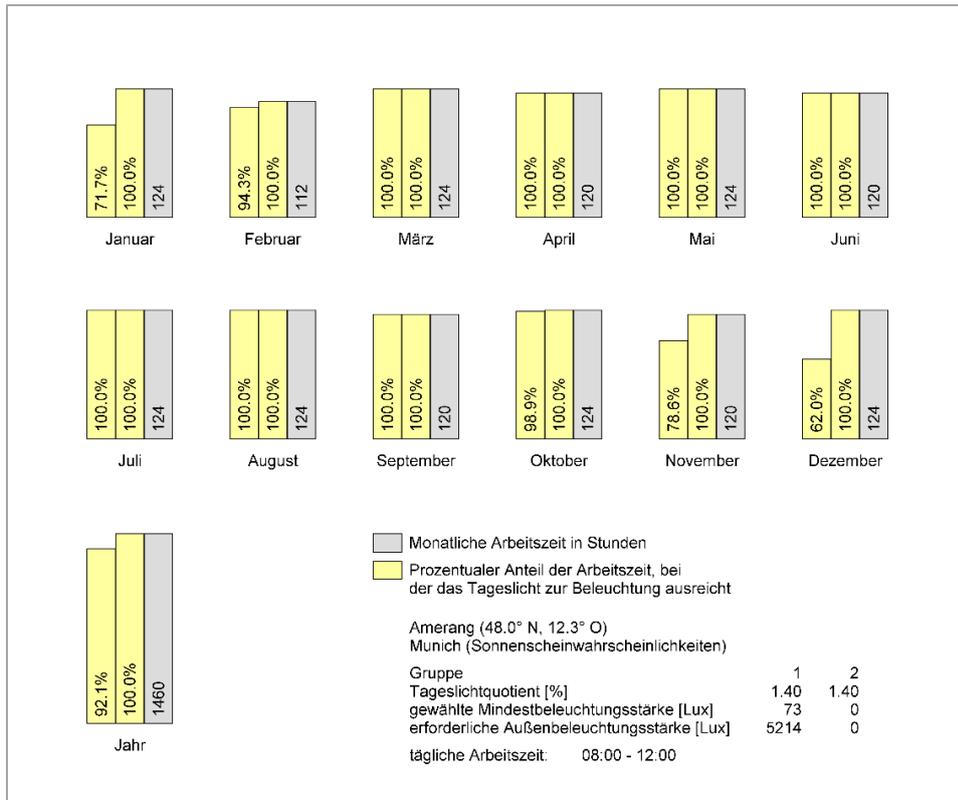


Abbildung 137: Ergebnisse der Tageslichtautonomie inkl. Anteil Pendelleuchte und Wandfluter; Gruppe 1 = Aktivierungsszene, Gruppe 2 = Tagesszene

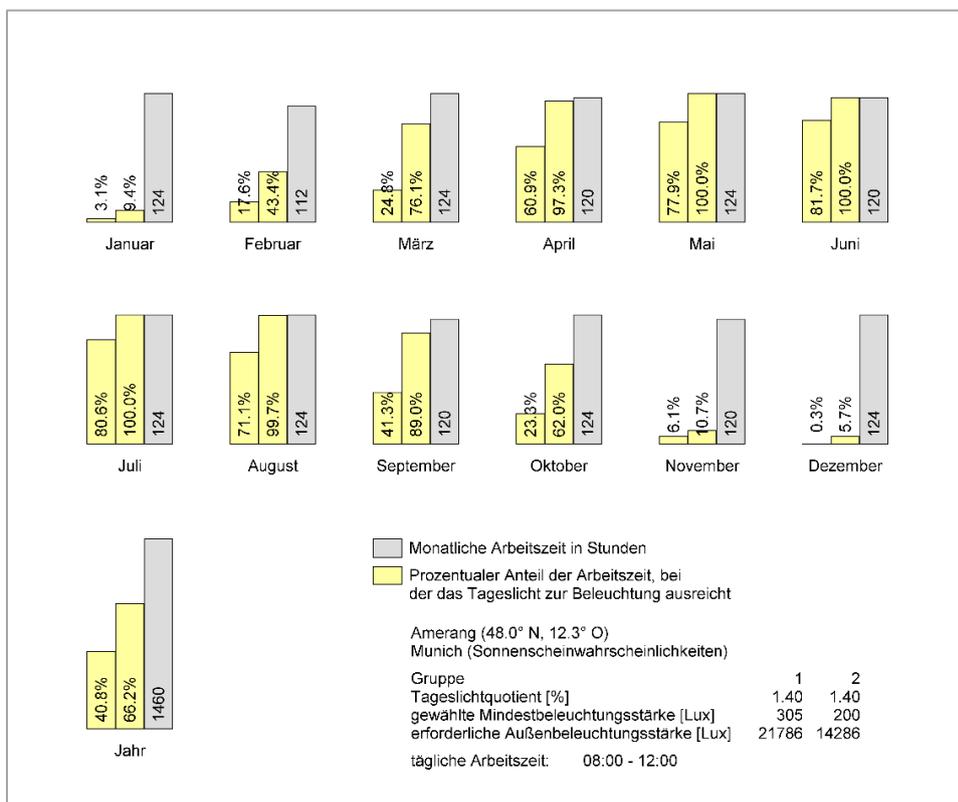


Abbildung 138: Ergebnisse der Tageslichtautonomie inkl. Anteil der Hohlkehle; Gruppe 1 = Aktivierungsszene, Gruppe 2 = Tagesszene

Die gemessene Lichtmenge am Auge bei der Hohlkehle (MEDI 301lx / MEDI 406lx) und der Pendelleuchte (MEDI 307lx / 438lx) sind vergleichbar. Die Pendelleuchte stellt aber in Hinblick auf die Lichtausbeute mit ca. 112lm/W im Vergleich zur Hohlkehle mit ca. 86lm/W die effizientere Lösung dar. Außerdem ist das Blendempfinden bei der Pendelleuchte wegen der großflächig direkt-indirekten Lichtverteilung und einer mikroprismatischen Entblendung der unteren Lichtaustrittsfläche geringer, als bei der direktstrahlenden Hohlkehle.

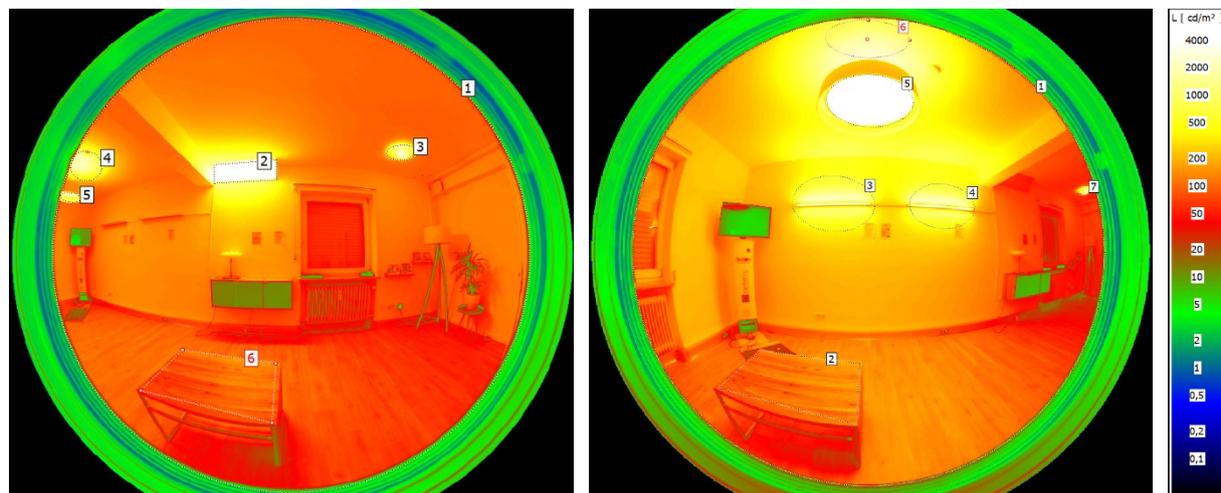


Abbildung 139: Leuchtdichteaufnahmen für die Position Wohnzimmer, auf dem Sofa sitzend mit Blick geradeaus (0°, horizontal) - li.: Messpunkt 2.2.9nwn-0 (2 = Hohlkehle: im Mittel 13.370cd/m²); re.: Messpunkt 3.2.9nwn-0 (5 = Pendelleuchte: im Mittel 1.287cd/m²); detaillierte Informationen zu den Messpunkten befinden sich in den Messprotokollen im Anhang

Zum Vergleich zur Lichtmenge am Auge werden auf dem Couchtisch vor dem Sofa bei der Hohlkehle bis zu E_h 686lx und bei der Kombination aus Pendelleuchte und Wandfluter bis zu E_h 1.540lx erreicht.

Leuchte	Lichtszene	$E_{h,Tisch}$	Gesamt
Wohnzimmer – E_h auf dem Couchtisch			
Hohlkehle L02.2	Aktivierung	367	800
Pendelleuchte* L01.3.2	Aktivierung	500	
Wandfluter* L02.3	Aktivierung	300	
Hohlkehle L02.2	tagsüber	686	1540
Pendelleuchte* L01.3.2	tagsüber	953	
Wandfluter* L02.3	tagsüber	587	
* Die Pendelleuchte und die Wandfluter befinden sich in der Musterwohnung nicht gegenüber des Sofas, stellen aber eine Alternative zur Hohlkehle dar. Für die Messungen wurde daher eine der Position des Sofa nachempfundene Stelle gegenüber der Leuchten gewählt, um die Ergebnisse miteinander vergleichen zu können.			

Tabelle 25: Messergebnisse der horizontalen Beleuchtungsstärke am Couchtisch

Die Abendszene ist bei den aktuellen Einstellungen mit MEDI 50lx beim geradeaus Blicken (0°, Tabelle 23) für alle Altersgruppen zu hell. Beim nach unten Blicken sind die MEDI 26lx (-45°, Tabelle 24) für 75-jährige Personen schon knapp zu hell. Um unter den maximalen Zielwert von MEDI 10lx für eine 32-jährige Person zu bleiben, sollte die Stehleuchte mit dem Stoffschirm (L04.1.2) gedimmt oder ausgeschaltet werden. Ist mehr Licht zum

Lesen nötig, sollte die Stehleuchte mit Glasschirm (L04.1.1) mit mehr Lichtstrom ausgestattet oder in eine Leuchte mit gerichtetem Licht getauscht werden.

Ergebnisse Badezimmer

Die nötigen Lichtmengen am Auge zur Aktivierung am Morgen und während des Tages werden nur für die Altersgruppen der 32- und 50-Jährigen erfüllt. Am Abend ist die Lichtmenge für alle Altersgruppen aufgrund der Spiegelleuchten zu hoch. Das Licht der Deckenleuchte alleine ist mit MEDI 26lx für eine vor dem Spiegel stehende 75-jährige Person schon knapp zu hell während die Beleuchtung mit MEDI 21lx für eine vor dem Spiegel sitzende 75-Jährige Person und älter geeignet ist. Für die jüngeren Altersgruppen sollte die Deckenleuchte weiter gedimmt werden.

Messpunkt	Leuchte	Lichtszene	K (am Auge)	MDER (real)	$E_{v,Auge}$	MEDI	MEDI Gesamt
Badezimmer – vor dem Spiegel stehend, Blick geradeaus (0°)							
5.1.1kwn-0	Deckenleuchte L01.4	Aktivierung	5939	0,9095	207	188	490
5.1.2kwn-0	Spiegelleuchten L02.1	Aktivierung	4895	0,8444	358	302	
5.1.1nwn-0	Deckenleuchte L01.4	tagsüber	3961	0,6930	391	271	511
5.1.2nwn-0	Spiegelleuchten L02.1	tagsüber	3767	0,7063	340	240	
5.1.1wwn-0	Deckenleuchte L01.4	abends	2645	0,4667	55	26	244
5.1.2wwn-0	Spiegelleuchten L02.1	abends	2588	0,4746	459	218	
Badezimmer – vor dem Spiegel sitzend, Blick geradeaus (0°)							
5.2.1kwn-0	Deckenleuchte L01.4	Aktivierung	5968	0,9166	228	209	397
5.2.2kwn-0	Spiegelleuchten L02.1	Aktivierung	4891	0,8432	223	188	
5.2.1nwn-0	Deckenleuchte L01.4	tagsüber	3967	0,6945	432	300	449
5.2.2nwn-0	Spiegelleuchten L02.1	tagsüber	3763	0,7049	212	149	
5.2.1wwn-0	Deckenleuchte L01.4	abends	2639	0,4673	46	21	156
5.2.2wwn-0	Spiegelleuchten L02.1	abends	2587	0,4740	285	135	
MEDI-Zielwerte für 32-, 50-, 75- und 90-Jährige: <ul style="list-style-type: none"> • Aktivierung („2/3-Ansatz“): min. 250lx, min. 334lx, min. 606lx und min. 946lx • Abends/Nachts („2/3-Ansatz“): max. 10lx, max. 13lx, max. 24lx und max. 38lx • Beim Schlafen („2/3-Ansatz“): max. 1lx, max. 1,3lx, max. 2,4lx und max. 3,8lx 							

Tabelle 26: Messergebnisse für die Positionen im Badezimmer, vor dem Spiegel stehend und sitzend, jeweils mit Blick geradeaus in den Spiegel (0°, horizontal); detaillierte Informationen zu den Messpunkten befinden sich in den Messprotokollen im Anhang

Ergebnisse Nachtlicht (Badezimmer und Schlafzimmer)

Bei einer zur Tür hereinkommenden Person wurden MEDI 1,0lx gemessen und die Obergrenze von MEDI 10lx für 32-jährige Personen somit eingehalten. Die Spiegelleuchten erzeugen am Auge einer stehenden, in den Spiegel blickenden Person (0°) MEDI 15,1lx und sind daher für die Altersgruppe der 75-Jährigen geeignet. Für jüngere Personen müssten die Spiegelleuchten weiter gedimmt werden. Am Auge einer sitzenden Person wurden MEDI 9,5lx gemessen, sodass die Spiegelbeleuchtung für alle Altersgruppen geeignet ist.

Messpunkt	Leuchte	Lichtszene	K (am Auge)	MDER (real)	Ev,Auge	MEDI	MEDI Gesamt
Badezimmer – vor dem Spiegel stehend, Blick geradeaus (0°)							
5.1.2swwn-0	Spiegelleuchten L02.1	nachts	2189	0,3462	43,5	15,1	
Badezimmer – vor dem Spiegel sitzend, Blick geradeaus (0°)							
5.2.2swwn-0	Spiegelleuchten L02.1	nachts	2200	0,3492	27,2	9,5	
Badezimmer – in der Tür stehend, Blick auf die Toilette (-10°)							
5.3.2swwn-10	Spiegelleuchten L02.1	nachts	2070	0,3149	3,0	1,0	
MEDI-Zielwerte für 32-, 50-, 75- und 90-Jährige: <ul style="list-style-type: none"> • Aktivierung („2/3-Ansatz“): min. 250lx, min. 334lx, min. 606lx und min. 946lx • Abends/Nachts („2/3-Ansatz“): max. 10lx, max. 13lx, max. 24lx und max. 38lx • Beim Schlafen („2/3-Ansatz“): max. 1lx, max. 1,3lx, max. 2,4lx und max. 3,8lx 							

Tabelle 27: Messergebnisse des Nachtlichts für die Positionen im Badezimmer, in der Tür stehend mit Blick auf die Toilette (-10°) und vor dem Spiegel stehend und sitzend, jeweils mit Blick geradeaus in den Spiegel (0°, horizontal); detaillierte Informationen zu den Messpunkten befinden sich in den Messprotokollen im Anhang

Das Nachtlicht unter dem Bett erzeugt am Auge der zur Tür hereinkommenden Person eine Lichtmenge von MEDI 1,3lx. Von der Nachttischleuchte wurde am Auge MEDI 5,4lx gemessen. Beide Lichtlösungen sind somit für alle Altersgruppen geeignet.

Am Auge des schlafenden Bettpartners wurde vom Nachtlicht unter dem Bett eine Lichtmenge von MEDI 0,5lx gemessen. Das Ziel von max. MEDI 1lx am Auge einer schlafenden 32-jährigen Person wird für alle Altersgruppen erfüllt. Die Nachttischleuchte hingegen verursacht MEDI 6,3lx und ist deshalb für alle Altersgruppen zu hell.

Messpunkt	Leuchte	Lichtszene	K (am Auge)	MDER (real)	$E_{v,Auge}$	MEDI	MEDI Gesamt
Schlafzimmer – im Bett liegend, rechte Bettseite, Blick nach oben (+75°)							
1.1.2wwn+75	Tischleuchte links L03.1.2	nachts	2518	0,3923	16,0	6,3	
1.1.6wwn+75	Nachtlicht unter Bett L05.5.1	nachts	1982	0,2648	1,9	0,5	
Schlafzimmer – in der Tür stehend, Blick auf Bett (-15°)							
1.2.2wwn-15	Tischleuchte links L03.1.2	nachts	2489	0,4030	13,3	5,4	
1.2.6wwn-15	Nachtlicht unter Bett L05.5.1	nachts	2029	0,2835	4,7	1,3	
MEDI-Zielwerte für 32-, 50-, 75- und 90-Jährige: <ul style="list-style-type: none"> • Aktivierung („2/3-Ansatz“): min. 250lx, min. 334lx, min. 606lx und min. 946lx • Abends/Nachts („2/3-Ansatz“): max. 10lx, max. 13lx, max. 24lx und max. 38lx • Beim Schlafen („2/3-Ansatz“): max. 1lx, max. 1,3lx, max. 2,4lx und max. 3,8lx 							

Table 28: Messergebnisse des Nachtlichts für die Positionen im Schlafzimmer, im Bett liegend mit Blick nach oben (+75°) und in der Tür stehend mit Blick auf das Bett (-15°); detaillierte Informationen zu den Messpunkten befinden sich in den Messprotokollen im Anhang

5.6.3. Befragungen

Zur Beantwortung der Forschungsfrage 4 wurden Probanden-Befragungen mit nicht standardisierten Fragebögen durchgeführt. Ziel war, die Teilnehmenden zu informieren und anschließend die Zufriedenheit bzw. Akzeptanz, die wahrgenommene Nützlichkeit und die Bereitschaft zur Nutzung im eigenen Zuhause abzufragen.

Die Probanden-Befragungen wurden im Zeitraum von Anfang Dezember 2023 bis Anfang April 2024 in 3-stündigen Workshops durchgeführt. Die Workshops richteten sich primär an Senioren, schlossen aber Interessierte anderer Altersgruppen mit ein, um ein breiteres Meinungsbild zu bekommen. Die Gruppengröße betrug max. 5 Personen. Insgesamt wurden 22 Personen zu der tageszeitenabhängigen Beleuchtung und der Lichtsteuerung befragt. Zu den optionalen Themen Nachtlicht und Badezimmerbeleuchtung wurden jeweils 10 Probanden befragt. Der Altersdurchschnitt aller Probanden lag bei 57 Jahren.

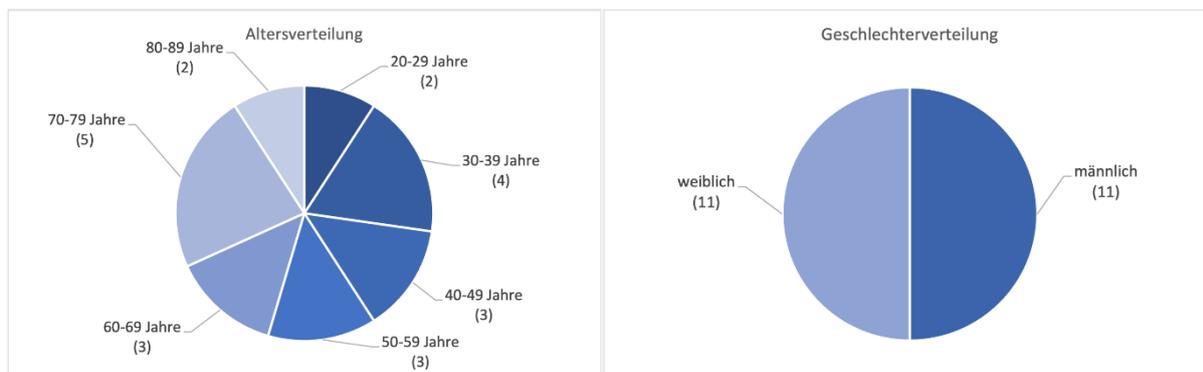


Abbildung 140: Alters- und Geschlechterverteilung der 22 Probanden

Ablauf

Die Workshops begannen mit einer Einführungspräsentation, um die relevanten Hintergrundinformationen zum Thema Licht und Gesundheit zu vermitteln. In den anschließenden zwei Themenblöcken „tageszeitenabhängige Beleuchtung“ und „Lichtsteuerung“ wurden die Probanden informiert und bekamen jeweils einen Fragebogen ausgeteilt. Die Fragebögen wurden teils parallel zu den Lichtszenen mit Adaptionszeit oder ohne Unterbrechung am Ende des Themenblocks ausgefüllt. Optional konnte zwischen den ergänzenden Themen „Nachtlicht“ oder „Badezimmerbeleuchtung“ gewählt werden. In der Feedbackrunde am Ende des Workshops bestand die Option noch offene Fragen zu klären und die Probanden ergänzten die Fragebögen zur „Technikbereitschaft“ und „zur Person“.

Die Versuchsleiterinformationen und blanko Fragebögen befinden sich im Anhang.

Ergebnisse „tageszeitenabhängige Beleuchtung“

Im Fragebogen zur tageszeitenabhängigen Beleuchtung wurde die Meinung der Probanden zu den zwei Leuchtenlösungen im Wohnzimmer, dem Prototypen „Hohlkehle“ und der Leuchtenkombination aus Wandfluter und Pendelleuchte, mit den unterschiedlichen Lichtszenen abgefragt. Darüber hinaus wurden Fragen zur Lichtqualität wie Blendung und Flimmern, zur Nutzungsbereitschaft zu Hause sowie zu den Bedenken gestellt. Der Fragebogen wurde von allen 22 Teilnehmern ausgefüllt.

Frage 2: Haben Sie schon Erfahrung mit dynamisch-tageszeitenabhängiger Beleuchtung? Wenn ja, woher?

18% der Befragten gaben an, bereits Erfahrung mit tageszeitenabhängiger Beleuchtung zu haben. Diese wurden in Zusammenhang mit Verwandten, der Wohnberatung, der Arbeitswelt oder dem Studium an der TH Rosenheim gemacht. Für die anderen 82% war eine dynamische tageszeitenabhängige Beleuchtung noch unbekannt.

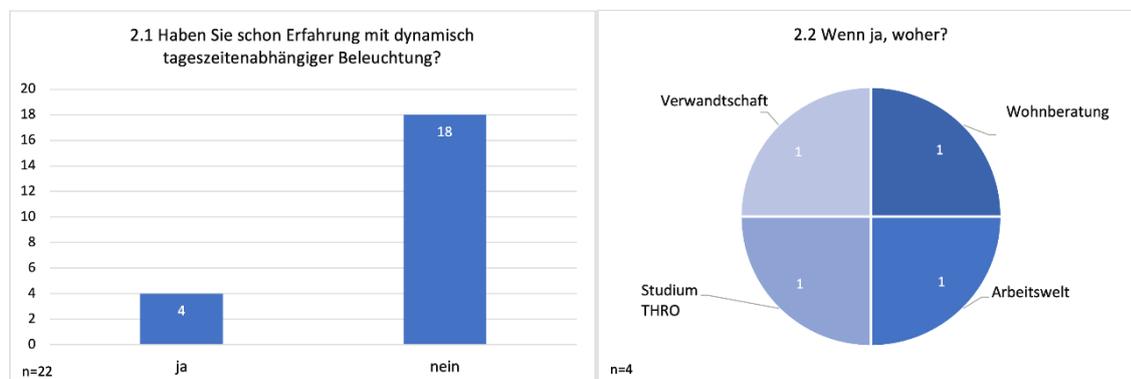


Abbildung 141: Frage 2 zur vorhandenen Erfahrung von dynamisch-tageszeitenabhängiger Beleuchtung; 18% der Befragten gaben an bereits Vorkenntnisse zu haben

Hohlkehle (Prototyp)



Abbildung 142: Lichtszene „morgens Aktivierung“ von Hohlkehle (Prototyp); während der Befragung war nur die Hohlkehle eingeschaltet (7.000K, 100% Helligkeit); Position im Wohnzimmer, auf dem Sofa sitzend mit Blick geradeaus (0°, horizontal), Messpunkt: 2.2.9kwn-0; Ergebnisse der Leuchtdichteaufnahmen befinden sich im Messprotokoll im Anhang

Frage 3: Hätten Sie die Helligkeit der Vormittagsszene lieber...

Frage 4: Hätten Sie die Lichtfarbe der Vormittagsszene lieber...

27% der Befragten waren mit Helligkeit und Lichtfarbe der Vormittagsszene (Aktivierung) zufrieden, 64% waren etwas unzufrieden und 9% waren sehr unzufrieden. Von den unzufriedenen Teilnehmern (64%+9%) hätten sich 75% die Helligkeit der Hohlkehle lieber etwas bis deutlich dunkler und 94% hätten sich die Lichtfarbe lieber etwas bis deutlich wärmer gewünscht.

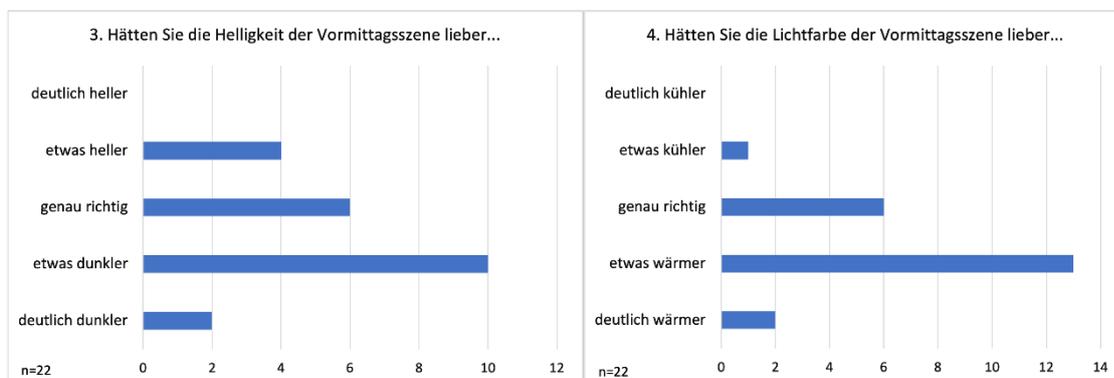


Abbildung 143: Fragen 3 und 4 zur Zufriedenheit der Hohlkehle während der Vormittagsszene (Aktivierung); MEDI 301lx und 5.863K am Auge



Abbildung 144: Lichtszene „tagsüber“ von Hohlkehle (Prototyp); während der Befragung war nur die Hohlkehle eingeschaltet (4.500K, 100% Helligkeit); Position im Wohnzimmer, auf dem Sofa sitzend mit Blick geradeaus (0°, horizontal), Messpunkt: 2.2.9nwn-0; Ergebnisse der Leuchtdichteaufnahmen befinden sich im Messprotokoll im Anhang

Frage 5: Hätten Sie die Helligkeit der Tagesszene lieber...

59% der Befragten waren mit der Helligkeit der Tagesszene zufrieden, 36% waren etwas unzufrieden und 5% waren sehr unzufrieden. Von den unzufriedenen Teilnehmern (36%+5%) hätte sich die Mehrheit (67%) die Helligkeit der Hohlkehle lieber etwas bis deutlich dunkler gewünscht.

Frage 6: Hätten Sie die Lichtfarbe der Tagesszene lieber...

73% der Befragten waren mit der Lichtfarbe der Tagesszene zufrieden, 23% waren etwas unzufrieden und 5% waren sehr unzufrieden. Von den unzufriedenen Teilnehmern (23%+5%) hätten sich 67% die Lichtfarbe der Hohlkehle lieber etwas bis deutlich wärmer gewünscht.

Die Zufriedenheit der Tagesszene ist im Vergleich zur Aktivierungsszene am Morgen deutlich höher, trotz höherer Helligkeit am Auge, jedoch mit wärmerer Lichtfarbe (ca. 4.500K an der Leuchte). Dies deutet darauf hin, dass insbesondere die Lichtfarbe einen großen Einfluss auf die Akzeptanz einer Lichtlösung ausübt.

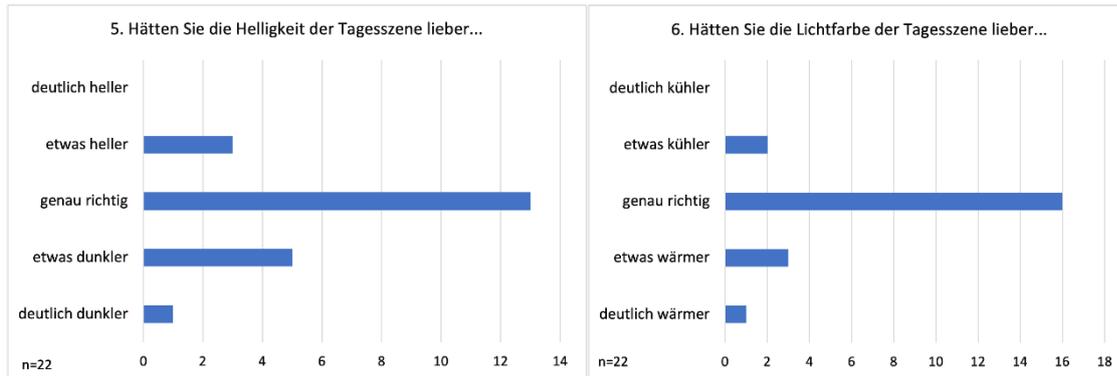


Abbildung 145: Fragen 5. und 6. zur Zufriedenheit der Hohlkehle während der Tagesszene; MEDI 406lx und 3.807K am Auge

Frage 7: Fühlen Sie sich geblendet, wenn Sie hier sitzen und auf den Fragebogen blicken?

Die Mehrheit der Befragten (91%) gab an, sich beim Blick nach unten auf den Fragebogen von der Hohlkehle nicht geblendet zu fühlen. 2 Teilnehmer (9%) jedoch fühlten sich geblendet, was ggfs. auf ihr Alter (76 und 80) und das damit verbundene höhere Blendrisiko zurückgeführt werden kann.



Abbildung 146: Frage 7. zur Blendung durch die Hohlkehle; 91% der Befragten fühlte sich nicht geblendet

Frage 8: Nehmen Sie ein Flimmern wahr?

Die Mehrheit der Befragten (95%) gab an, von der Hohlkehle kein Flimmern wahrzunehmen. Ein Teilnehmer (5%) jedoch schon. Die Frage wurde bei der Tagesszene gestellt. Die über PWM dimmbare Hohlkehle ist in dieser Szene auf beiden Lichtfarben bei 100% Lichtstrom. Eine Flimmermessung wurde nicht durchgeführt.

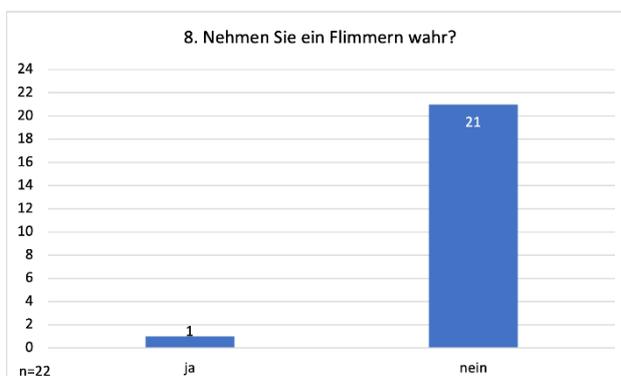


Abbildung 147: Frage 8. zum Flimmern der Hohlkehle; 95% der Befragten nahmen kein Flimmern wahr

Frage 9: Können Sie sich diese Leuchte bei Ihnen zu Hause vorstellen? Wenn nein, wieso?

59% der Befragten können sich die Hohlkehle zu Hause vorstellen. 41% der Teilnehmer können sich den Prototypen jedoch nicht vorstellen. Als Gründe wurden das Design und die mögliche Blendung genannt. 13 Teilnehmer haben keinen Grund zur Ablehnung angeführt.

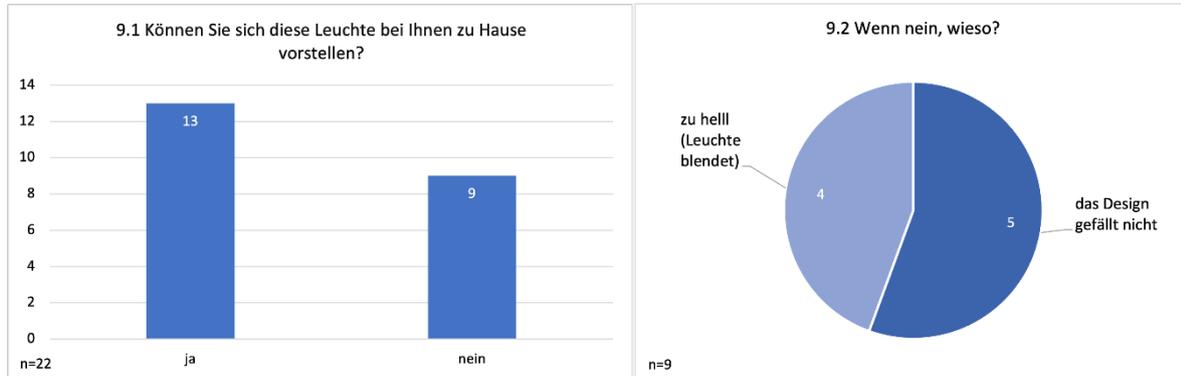


Abbildung 148: Frage 9 zur Nutzungsbereitschaft zu Hause; 59% der Befragten können sich die Hohlkehle zu Hause vorstellen

Wandfluter und Pendelleuchte (Leuchtenkombination)



Abbildung 149: Lichtszene „morgens Aktivierung“ von Wandfluter und Pendelleuchte (Leuchtenkombination); während der Befragung waren nur die Wandfluter und die Pendelleuchte eingeschaltet (6.500K, 100% Helligkeit); Position im Arbeitszimmer, auf dem Sofa sitzend mit Blick geradeaus (0°, horizontal), Messpunkt: 3.2.9kwn-0; Ergebnisse der Leuchtdichteaufnahmen befinden sich im Messprotokoll im Anhang

Frage 10: Hätten Sie die Helligkeit der Vormittagsszene lieber...

68% der Befragten waren mit der Helligkeit der Vormittagsszene zufrieden, 32% waren etwas unzufrieden und 0% waren sehr unzufrieden. Von den unzufriedenen Teilnehmern (32%) hätte sich die Mehrheit (71%) die Helligkeit der Leuchtenkombination lieber etwas heller gewünscht.

Frage 11: Hätten Sie die Lichtfarbe der Vormittagsszene lieber...

77% der Befragten waren mit der Lichtfarbe der Vormittagsszene zufrieden, 18% waren etwas unzufrieden und 5% waren sehr unzufrieden. Die unzufriedenen Teilnehmer (18%+5%) hätten sich die Lichtfarbe der Leuchtenkombination lieber etwas bis deutlich wärmer gewünscht.

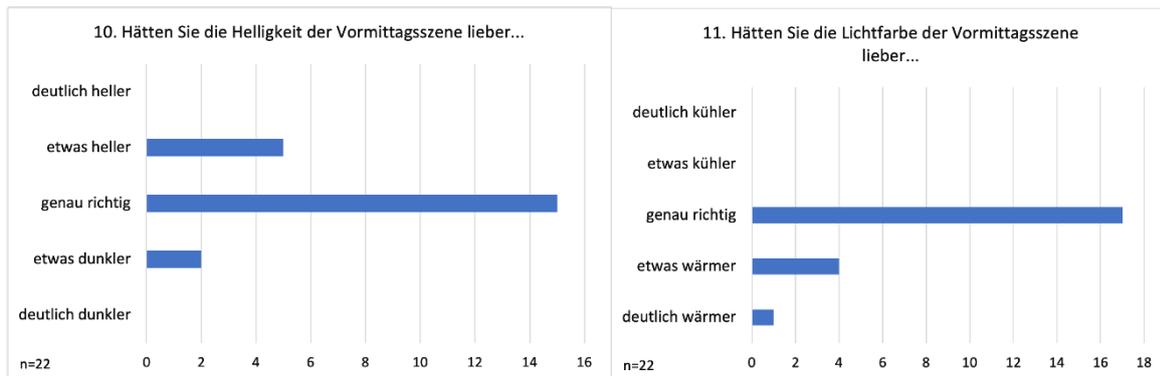


Abbildung 150: Fragen 10. und 11. zur Zufriedenheit der Wandfluter und Pendelleuchte während der Vormittagsszene (Aktivierung); MEDI 533lx und ca. 5.700K am Auge



Abbildung 151: Lichtszene „tagsüber“ für Wandfluter und Pendelleuchte; während der Befragung waren nur die Wandfluter und die Pendelleuchte eingeschaltet (4.500K, 100% Helligkeit); Position im Arbeitszimmer, auf dem Sofa sitzend mit Blick geradeaus (0°, horizontal), Messpunkt: 3.2.9nwn-0; Ergebnisse der Leuchtdichteaufnahmen befinden sich im Messprotokoll im Anhang

Frage 12: Hätten Sie die Helligkeit der Tagesszene lieber...

68% der Befragten waren mit der Helligkeit der Tagesszene zufrieden, 32% waren etwas unzufrieden und 0% waren sehr unzufrieden. Von den unzufriedenen Teilnehmern (32%) hätte sich die Mehrheit (71%) die Helligkeit der Leuchtenkombination lieber etwas dunkler gewünscht.

Frage 13: Hätten Sie die Lichtfarbe der Tagesszene lieber...

73% der Befragten waren mit der Lichtfarbe der Tagesszene zufrieden, 27% waren etwas unzufrieden und 0% sind waren unzufrieden. Von den unzufriedenen Teilnehmern (27%) hätten sich 83% die Lichtfarbe der Leuchtenkombination lieber etwas wärmer gewünscht.

Die Zufriedenheit der Leuchtenkombination ist während der Aktivierungsszene und der Tagesszene annähernd gleich, trotz höherer Helligkeit am Auge bei der Tagesszene. Der positive Einfluss von wärmerem Licht auf die Akzeptanz einer Beleuchtung fällt hier nur gering aus.

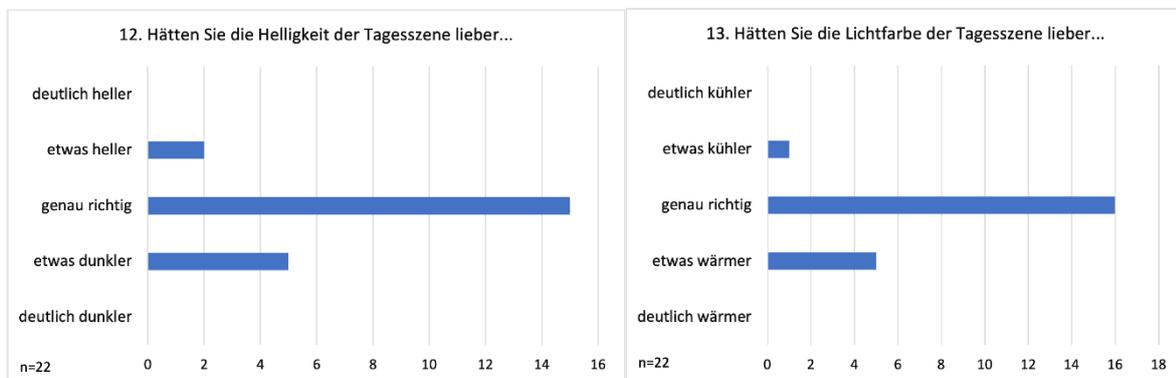


Abbildung 152: Fragen 12. und 13. zur Zufriedenheit der Wandfluter und Pendelleuchte während der Tagesszene; MEDI 776lx und ca. 3.900K am Auge

Frage 14: Fühlen Sie sich geblendet, wenn Sie hier sitzen und auf den Fragebogen blicken?

Die Mehrheit der Befragten (95%) gab an, sich beim Blick nach unten auf den Fragebogen von den Wandflutern und der Pendelleuchte nicht geblendet zu fühlen. 1 Teilnehmer (5%) jedoch fühlte sich geblendet, was ggfs. auf das Alter (76) und das damit verbundene höhere Blendrisiko zurückgeführt werden kann.



Abbildung 153: Frage 14. zur Blendung durch die Leuchtenkombination; 95% der Befragten fühlte sich nicht geblendet

Frage 15: Nehmen Sie ein Flimmern wahr?

Die Mehrheit der Befragten (95%) gab an, von den Wandflutern und der Pendelleuchte kein Flimmern wahrzunehmen. Ein Teilnehmer (5%) jedoch schon. Die Frage wurde bei der Tagesszene gestellt. Die über PWM dimmbaren Leuchten sind in dieser Szene auf beiden Lichtfarben bei 100% Lichtstrom. Eine Flimmermessung wurde nicht durchgeführt.

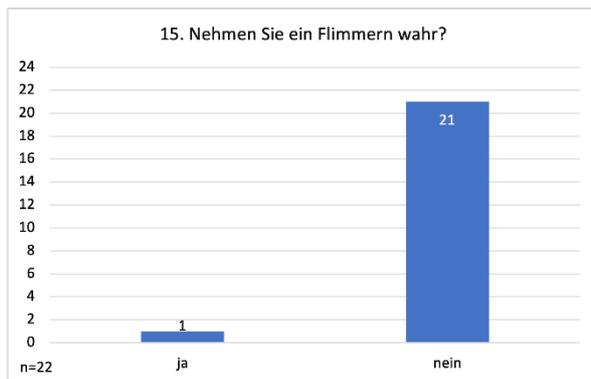


Abbildung 154: Frage 15. zum Flimmern der Leuchtenkombination; 95% der Befragten nehmen kein Flimmern wahr

Frage 16: Können Sie sich diese Leuchte bei Ihnen zu Hause vorstellen? Wenn nein, wieso?

86% der Befragten können sich die Wandfluter und die Pendelleuchte zu Hause vorstellen. 14% der Teilnehmer können sich die Leuchtenkombination jedoch nicht vorstellen. Als Gründe wurden das Design und die mögliche Blendung genannt.

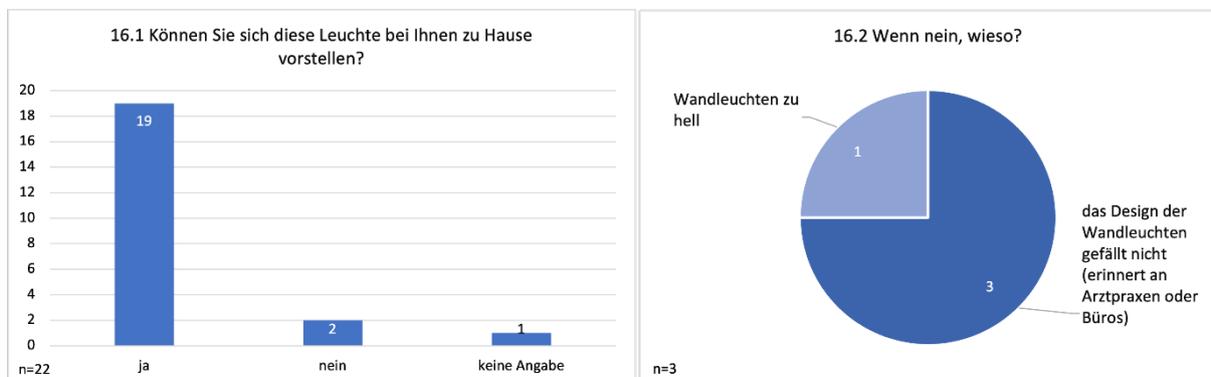


Abbildung 155: Frage 16 zur Nutzungsbereitschaft zu Hause; 86% der Befragten können sich die Leuchtenkombination zu Hause vorstellen

Frage 17: Welche Installation bevorzugen Sie? (Mehrfachnennung möglich)

Der Großteil der Probanden (73%) bevorzugt die Kombination aus Wandflutern und Pendelleuchte. 14% der Probanden können sich sowohl den Prototypen als auch die Leuchtenkombination vorstellen. Weitere 14% bevorzugen den Prototypen (5%) oder haben keine Angabe (9%) gemacht.

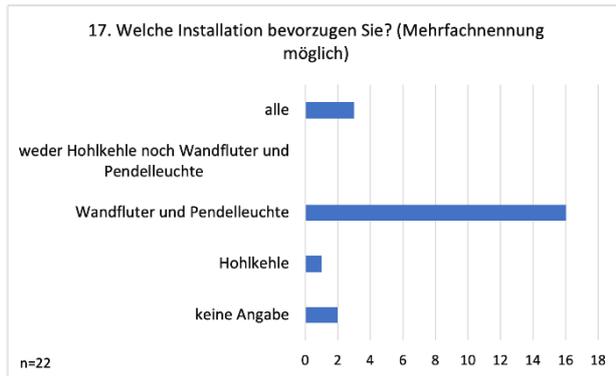


Abbildung 156: Frage 17. zur Präferenz der vorgestellten Lichtlösungen

Abendszene

Bei der Abendszene waren die Stehleuchte mit Glasschirm (L04.1.1) neben dem Sofa, die Stehleuchte mit Stoffschirm (L04.1.2) in der rechten Raumecke (vom Sofa aus gesehen) und die Tischleuchte (L03.2) auf dem Wandboard gegenüber des Sofas eingeschaltet. Die Helligkeit war auf 100% eingestellt.



Abbildung 157: Lichtszene „abends“; während der Befragung waren die Stehleuchten neben dem Sofa und in der rechten vorderen Raumecke sowie die Tischleuchte auf dem Wandboard eingeschaltet (2.700K, 100% Helligkeit); Position im Wohnzimmer, auf dem Sofa sitzend mit Blick geradeaus (0°, horizontal), Messpunkt: 2.2.9wwn-0; Ergebnisse der Leuchtdichteaufnahmen befinden sich im Messprotokoll im Anhang

Frage 18: Hätten Sie die Helligkeit der Abendszene lieber...

41% der Befragten waren mit der Helligkeit der Abendszene zufrieden, 59% waren etwas unzufrieden und 0% waren sehr unzufrieden. Von den unzufriedenen Teilnehmern (59%) hätte sich die Mehrheit (77%) die Helligkeit lieber etwas dunkler gewünscht.

Frage 19: Hätten Sie die Lichtfarbe der Abendszene lieber...

59% der Befragten waren mit der Helligkeit der Abendszene zufrieden, 41% waren etwas unzufrieden und 0% sind waren unzufrieden. Die unzufriedenen Teilnehmer (41%) hätten sich die Lichtfarbe lieber etwas wärmer gewünscht.

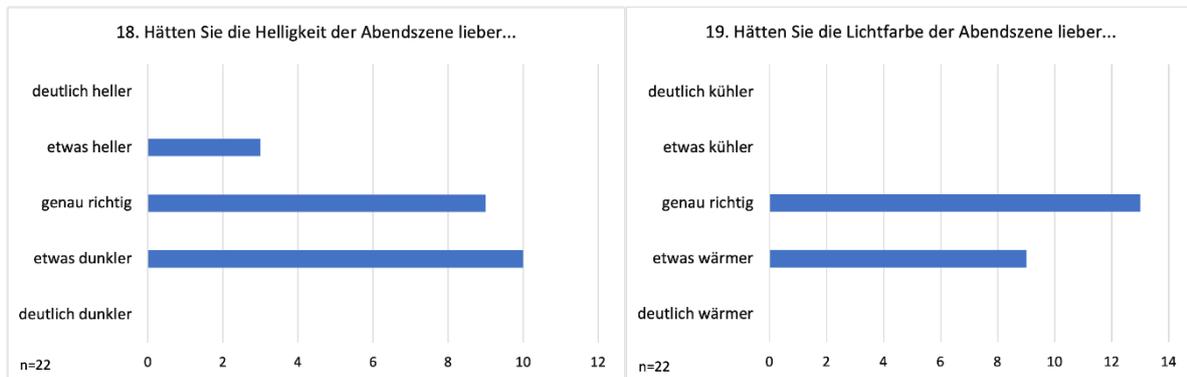


Abbildung 158: Fragen 18. und 19. zur Zufriedenheit der Abendszene; MEDI 50lx und ca. 2.450K am Auge

Frage 20: Wie empfinden Sie das Licht für verschiedene Tätigkeiten?

36% der Befragten empfand die Abendszene zum Lesen gut, die Hälfte jedoch nur mittelmäßig und 14% sogar schlecht. Um sich mit Jemandem zu unterhalten, ist die Abendszene von 77% der Teilnehmer als gut, von 18% als mittelmäßig und von 5% als schlecht bewertet worden.

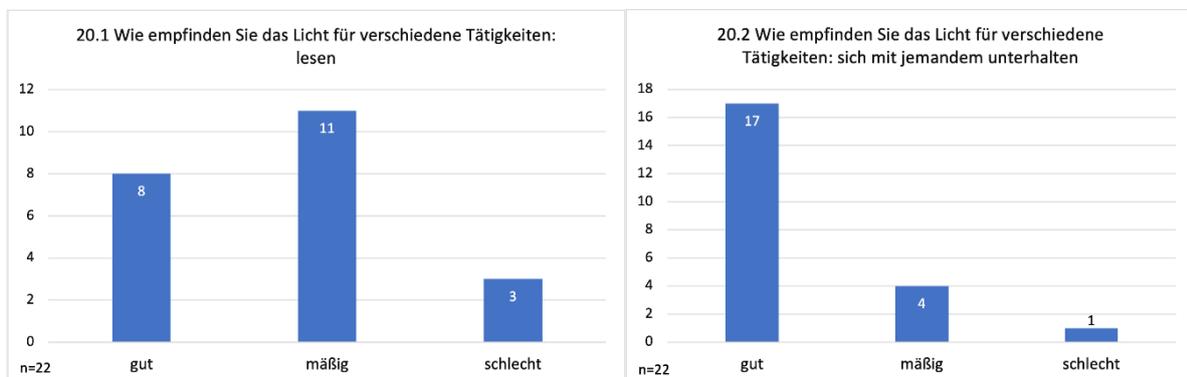


Abbildung 159: Frage 20 zur Zufriedenheit der Abendszene für die Tätigkeiten „lesen“ und „sich mit jemandem unterhalten“

Frage 21: Können Sie sich eine solche dynamisch-tageszeitenabhängige Beleuchtung bei Ihnen zu Hause vorstellen? Wenn nein, wieso?

86% der Befragten können sich eine dynamisch-tageszeitenabhängige Beleuchtung bei sich zu Hause vorstellen. 5% jedoch nicht und 9% haben keine Angabe gemacht. Die Verneinung wurde mit zu kompliziert, zu viel Technik und einer allgemeinen Ablehnung gegenüber der Automation (Szenenwechsel; richtiges Licht zur richtigen Zeit) begründet.

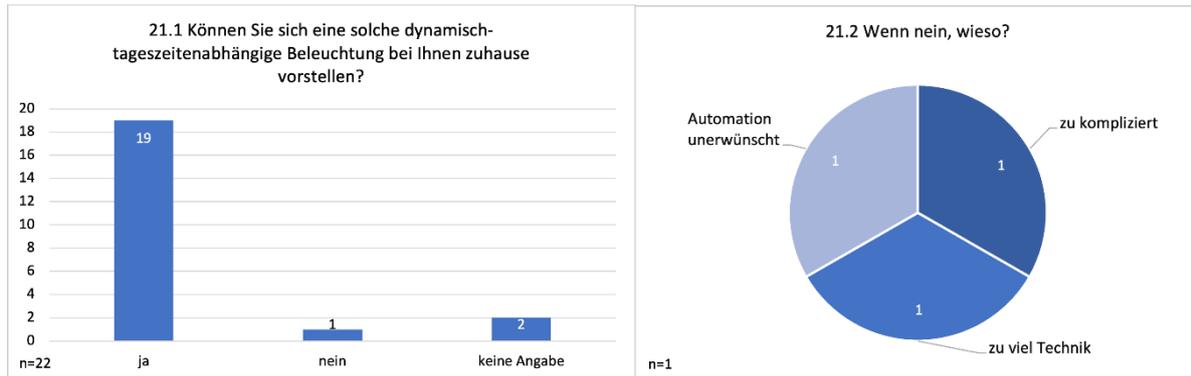


Abbildung 160: Frage 21 zur Nutzungsbereitschaft zu Hause; 86% der Befragten kann sich eine dynamisch-tageszeitenabhängige Beleuchtung zu Hause vorstellen

Frage 22: Haben Sie Bedenken in Bezug auf eine dynamisch-tageszeitenabhängige Beleuchtung? Wenn ja, welche?

73% der Befragten hatten keine Bedenken in Bezug auf eine dynamisch-tageszeitenabhängige Beleuchtung. 27% hatten jedoch Bedenken wegen der IT-Sicherheit, der Automation und dass keine individuellen Anpassungen möglich sind, der Zuverlässigkeit sowie den Kosten.

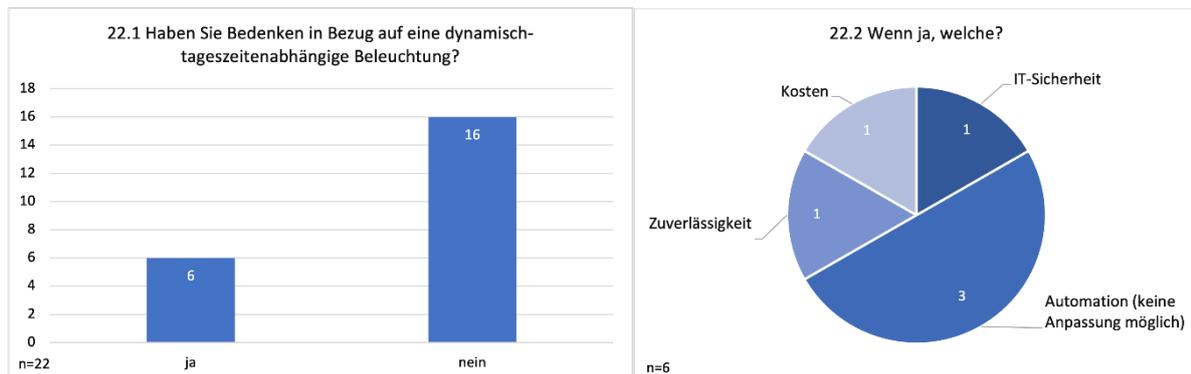


Abbildung 161: Frage 22 zu den Bedenken in Bezug auf eine dynamisch-tageszeitenabhängige Beleuchtung; 73% der Befragten äußerte keine Bedenken

Frage 23: Wenn Sie Bedenken in Bezug auf eine dynamisch-tageszeitenabhängige Beleuchtung haben, welche Maßnahmen wären notwendig, um diese auszuräumen? (Mehrfachnennung möglich)

Über die besorgten Teilnehmer hinaus, wünschen sich auch die bedenkenlosen Befragten Maßnahmen wie grundsätzlich mehr Informationen, Ansprechpartner in Form eines 24h Service oder bei einer persönlichen Einweisung, einer Probenutzung zu Hause oder z. B. in einer Musterwohnung. Eigene Anregungen wurden nicht geäußert.

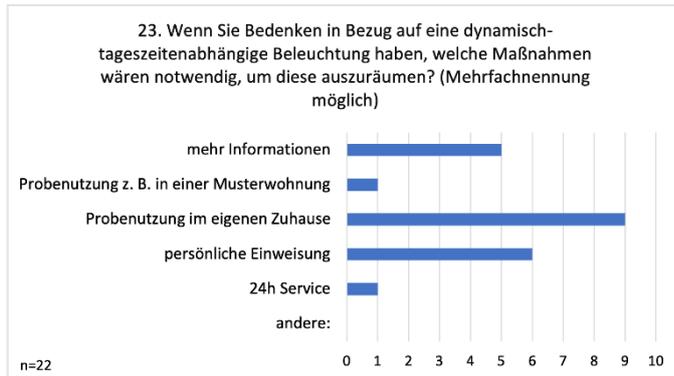


Abbildung 162: Frage 23. zu den gewünschten Maßnahmen, um Bedenken in Bezug auf eine dynamisch-tageszeitenabhängige Beleuchtung auszuräumen

Frage 24: Wären Sie bereit für eine dynamisch-tageszeitenabhängige Beleuchtung mehr Geld auszugeben?

82% der Befragten wären bereit, mehr Geld für eine dynamisch-tageszeitenabhängige Beleuchtung auszugeben, 14% jedoch nicht und 4% haben keine Angabe gemacht. Eine individuelle Obergrenze wurde nicht abgefragt.

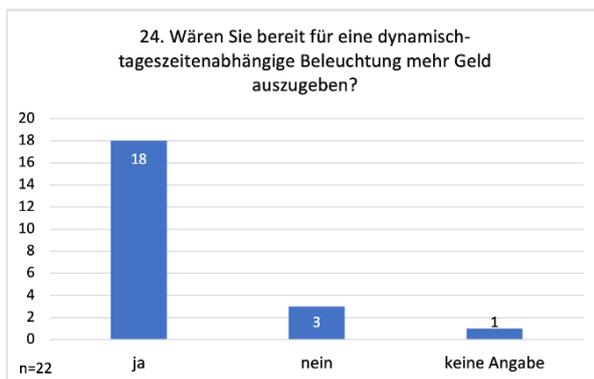


Abbildung 163: Frage 24. zur Bereitschaft, mehr Geld für eine dynamisch-tageszeitenabhängigen Beleuchtung auszugeben; 82% der Befragten bejahten diese Frage

Ergebnisse „Lichtsteuerung“

Im Fragebogen zur Lichtsteuerung wurde die Akzeptanz bezüglich eines smarten Steuerungssystems und die Meinung zur Bedienung abgefragt. Außerdem wurden Fragen zu möglichen Bedenken, zur Nutzungswahrscheinlichkeit zu Hause und zur Inbetriebnahme gestellt. Der Fragebogen wurde von allen 22 Teilnehmern ausgefüllt.

Frage 1: Haben Sie schon Erfahrung mit smarter Lichtsteuerung? Wenn ja, woher? Wenn ja, mit welchem System? (falls bekannt)

41% der Befragten gaben an, bereits Erfahrung mit smarter Lichtsteuerung zu haben. Diese wurden zum Großteil im privaten Wohnumfeld, aber auch im beruflichen Zusammenhang oder im Studium an der TH Rosenheim gemacht. Für die anderen 59% war eine smarte Lichtsteuerung noch unbekannt.

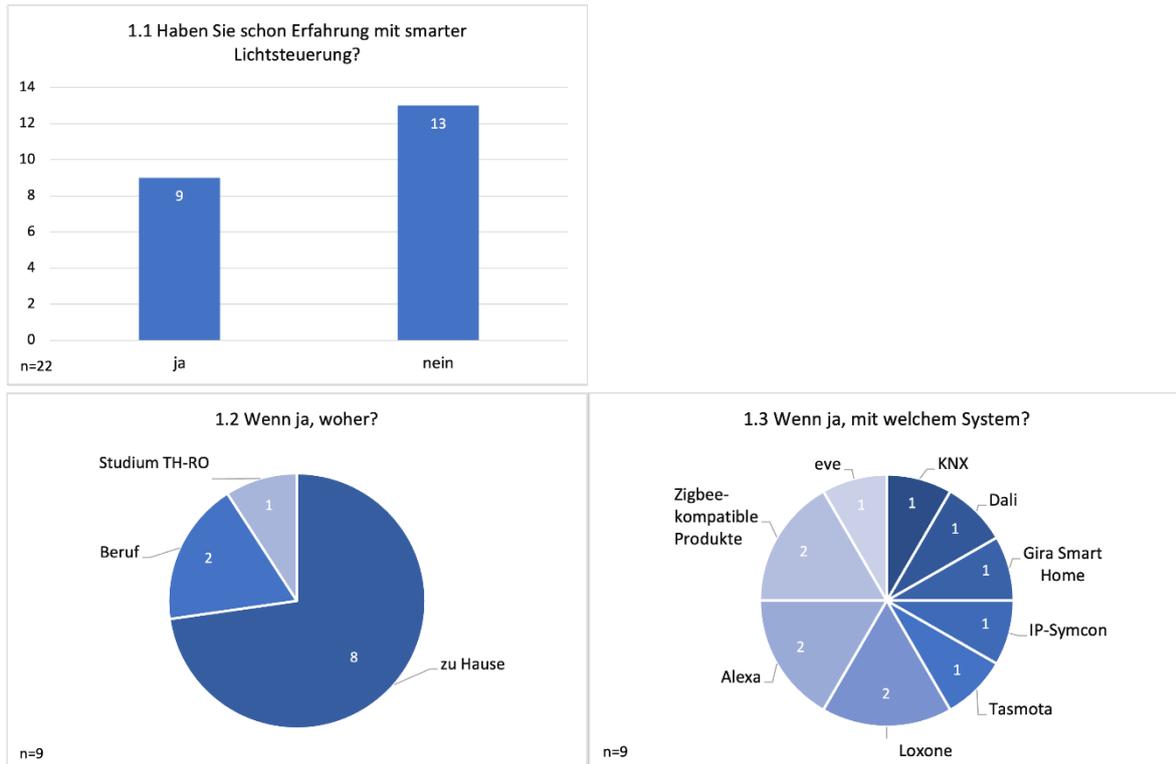


Abbildung 164: Frage 1 zur vorhandenen Erfahrung von smarter Lichtsteuerung; 41% der Befragten gaben an bereits Vorkenntnisse zu haben

Frage 2: Würden Sie die Lichtsteuerung als intuitiv bezeichnen? Wenn nein, wieso?

86% der Befragten würden die Lichtsteuerung als intuitiv bezeichnen. 14% jedoch verneinten die Frage und begründeten ihre Antwort mit der Anmerkung, dass die Lichtsteuerung grundsätzlich nicht intuitiv und eine anfängliche Auseinandersetzung dennoch nötig sei.

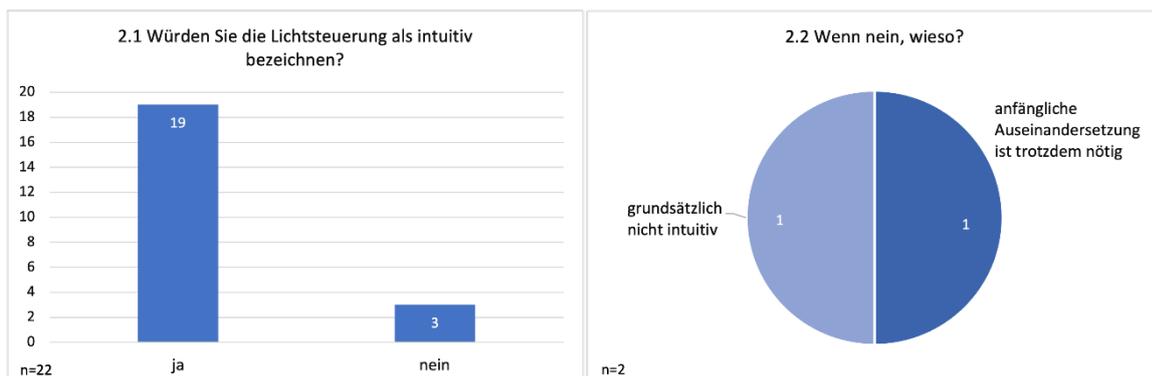


Abbildung 165: Frage 2 zur intuitiven Nutzung des Systems; 86% der Befragten empfanden die Lichtsteuerung als intuitiv

Frage 3: Fehlt Ihnen eine Funktion? Wenn ja, welche?

23% der Befragten bejahte diese Frage, jedoch nur zwei Teilnehmer äußerten konkrete Wünsche. Zu den vorgestellten Szenen werden noch ein Panikschalter gewünscht, der im Gegensatz zum Alles-Aus-Schalter alle Leuchten einschaltet und eine „Partyszene“ für Abende, wenn Besuch da ist und die Nachtszene überschrieben bzw. verschoben werden soll. Außerdem wird die Möglichkeit, bestehende Schalter weiterhin zu verwenden,

gewünscht und ein Funk-Modul für die Einputzdose vorgeschlagen. 64% der Teilnehmer waren mit den gezeigten Funktionen zufrieden und 13% haben keine Angabe gemacht.

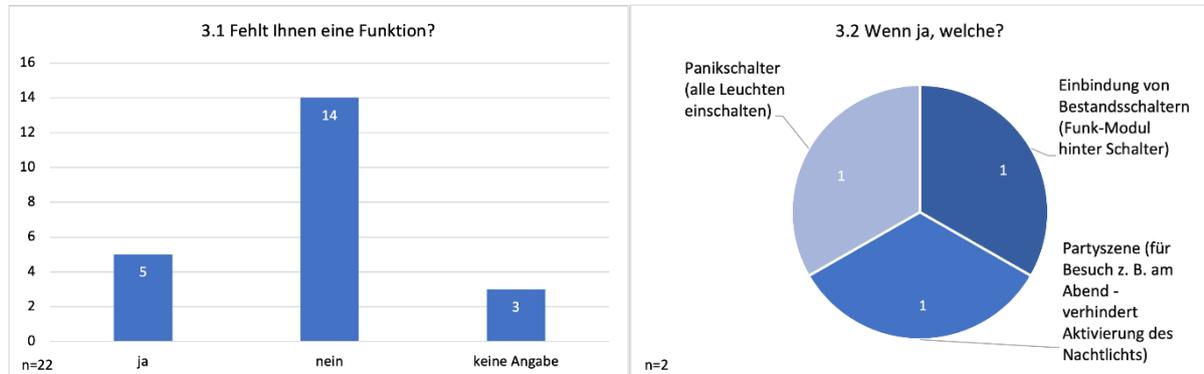


Abbildung 166: Frage 3 zu fehlenden Funktionen; 23% der Befragten wünschten sich zusätzliche Funktionen

Frage 4: Wie empfinden Sie die Nutzung der Schalter?

73% der Befragten bewertet die Nutzung der Schalter als gut, 23% als mittelmäßig und 4% als schlecht. Die mäßigen oder schlechten Bewertungen wurden nicht weiter hinterfragt. Es könnte der nötige festere Tastendruck, die Art der Schalterbeschriftung oder auch die Belegung der Tasten oben und unten mit jeweils unterschiedlichen Funktionen, anstelle des klassischen „Ein/Aus“ verantwortlich sein.

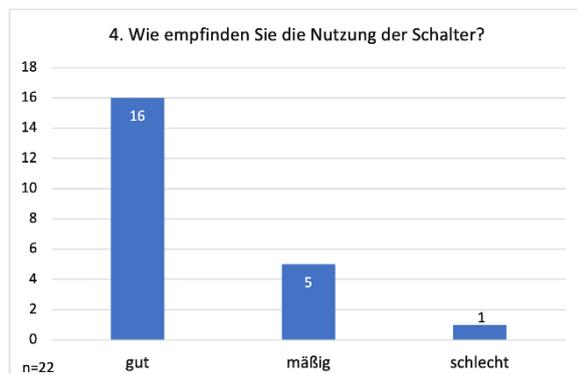


Abbildung 167: Frage 4 zur empfundenen Nutzung der Schalter

Frage 5: Können Sie sich die Steuerung per Smartphone vorstellen?

Obwohl die Steuerung per Smartphone im Versuchsaufbau nicht vorgesehen ist, können sich 73% der Befragten die Nutzung vorstellen. 27% lehnen die Steuerung per Smartphone ab.

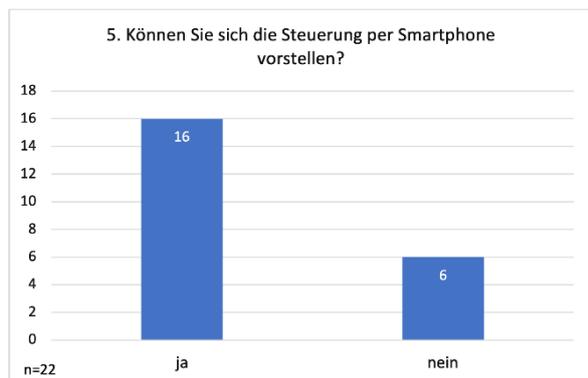


Abbildung 168: Frage 5 zur Bereitschaft der Steuerung per Smartphone; 73% der Befragten können sich die Steuerung per Smartphone vorstellen

Frage 6: Können Sie sich eine solche smarte Lichtsteuerung bei Ihnen zu Hause vorstellen? Wenn nein, wieso?

91% der Befragten können sich eine smarte Lichtsteuerung bei sich zu Hause vorstellen, 9% jedoch nicht. Die Verneinung wurde mit zu kompliziert oder mit einem zu hohen Alter begründet.

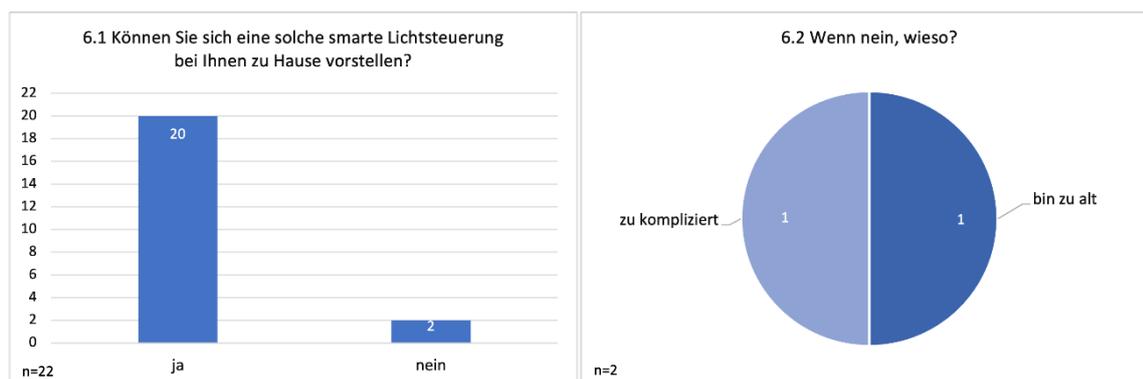


Abbildung 169: Frage 6 zur Nutzungsbereitschaft zu Hause; 91% der Befragten können sich eine smarte Lichtsteuerung zu Hause vorstellen

Frage 7: Haben Sie Bedenken in Bezug auf diese smarte Lichtsteuerung? Wenn ja, welche?

68% der Befragten hatten keine Bedenken bezüglich einer smarten Lichtsteuerung. 32% jedoch äußerten sich besorgt in Bezug auf die IT-Sicherheit, die Zuverlässigkeit, eine mögliche Überforderung, eine mangelnde Unterstützung bei Bedarf und eine zu hohe Komplexität für Senioren.

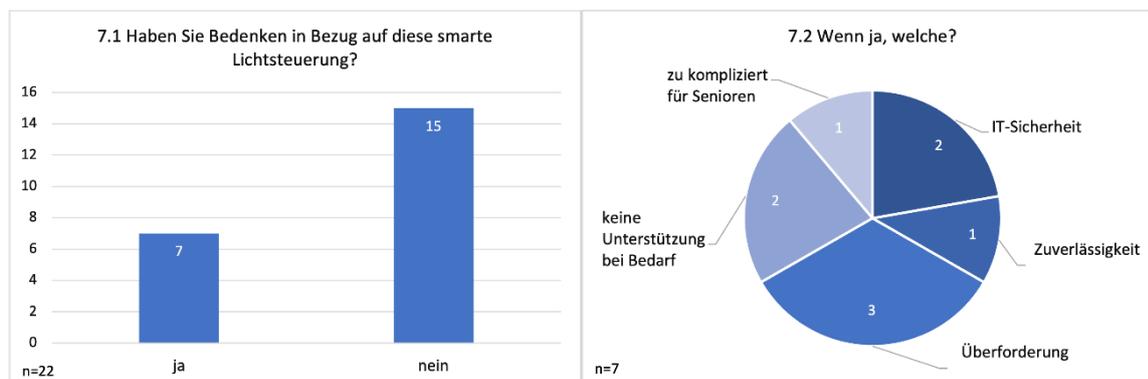


Abbildung 170: Frage 7 zu den Bedenken; 68% der Befragten hat keine Bedenken in Bezug auf eine smarte Lichtsteuerung

Frage 8: Wenn Sie Bedenken in Bezug auf diese smarte Lichtsteuerung haben, welche Maßnahmen wären notwendig, um diese auszuräumen? (Mehrfachnennung möglich)

Über die besorgten Teilnehmer hinaus, wünschen sich auch die bedenkenlosen Befragten Maßnahmen wie grundsätzlich mehr Informationen und eine Probenutzung zu Hause oder z. B. in einer Musterwohnung. Die Antworten zeigen jedoch deutlich, dass vor allem ein Ansprechpartner (persönliche Einweisung / 24h-Service) gewünscht wird.

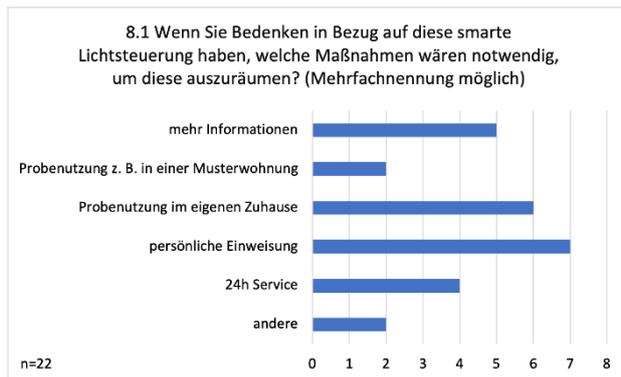


Abbildung 171: Frage 8 zu den gewünschten Maßnahmen, um Bedenken in Bezug auf eine smarte Lichtsteuerung auszuräumen

Frage 9: Können Sie sich vorstellen, die Inbetriebnahme und Einstellung des Steuerungssystems selbst durchzuführen?

64% der Befragten kann sich vorstellen, die Inbetriebnahme des Steuerungssystems selbst durchzuführen, 32% verneinten die Frage und 4% haben keine Angabe gemacht, was ggfs. auf fehlendes Wissen zu den generell dafür notwendigen Abläufen und der Bedeutung notwendiger Einstelloptionen zurückgeführt werden kann.

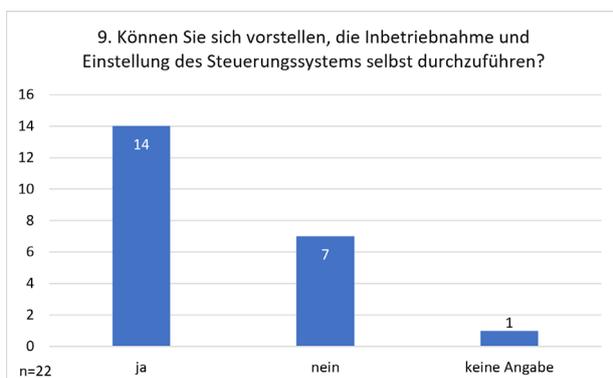


Abbildung 172: Frage 9 zur selbstständigen Inbetriebnahme des Steuerungssystems; 64% der Befragten kann sich vorstellen, die Inbetriebnahme selbst durchzuführen

Frage 10: Oder haben Sie jemanden in Ihrem Familien- und Bekanntenkreis, der/die das Steuerungssystem bei Ihnen zu Hause einrichten kann?

73% der Befragten gaben an, eine fähige Person im sozialen Umfeld zu haben, die mit der Inbetriebnahme des Steuerungssystems betraut werden kann. 23% der Teilnehmenden glaubt, niemanden im Umfeld zu haben und 4% haben keine Angabe gemacht.

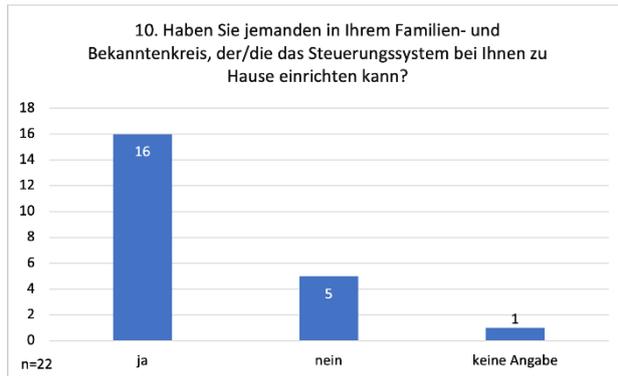


Abbildung 173: Frage 10. zum sozialen Umfeld; 73% der Befragten gaben an, jemanden im Umfeld zu haben, der/die das Steuerungssystem in Betrieb nehmen kann

Frage 11: Wären Sie bereit für diese smarte Lichtsteuerung mehr Geld auszugeben als für eine konventionelle Steuerung?

86% der Befragten wären bereit, mehr Geld für eine smarte Lichtsteuerung auszugeben. Keiner der Teilnehmer hat die Frage verneint, allerdings haben 14% keine Angabe gemacht. Eine individuelle Obergrenze wurde nicht abgefragt.

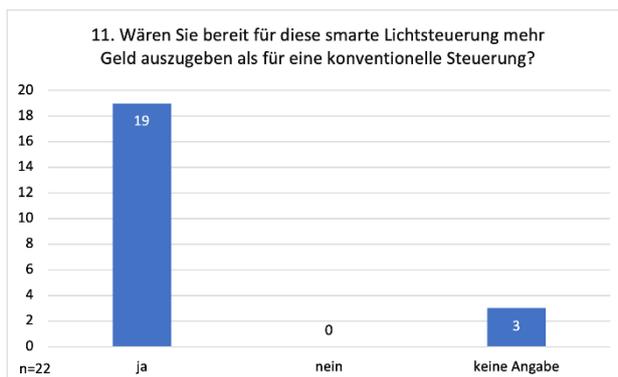


Abbildung 174: Frage 11. zur Bereitschaft, mehr Geld für ein smartes Steuerungssystem auszugeben; 86% der Befragten bejahten diese Frage

Ergebnisse „Nachtlicht“

Das Nachtlicht unter dem Bett war warmweiß (2.700K) und ungedimmt. Die Beleuchtung im Flur war nicht farbttemperaturvariabel und daher konstant warmweiß bei 2.700K, während der Nacht aber auf 10% Helligkeit gedimmt. Im Badezimmer diente die Spiegelbeleuchtung als Nachtlicht und war bei 2.200K auf 10% Helligkeit gedimmt.

Der Fragebogen zur Nachtlichtbeleuchtung im Schlafzimmer und für den Weg ins Badezimmer war optional und wurde von 10 Teilnehmern ausgefüllt.

Frage 1: Haben Sie zu Hause Nachtlichter? Wenn ja, wo?

20% der Befragten hat bereits Nachtlichter zu Hause, 80% noch nicht. Von den 20% der Teilnehmenden werden Nachtlichter in Schlafräumen, im Flur und bei Treppen eingesetzt.

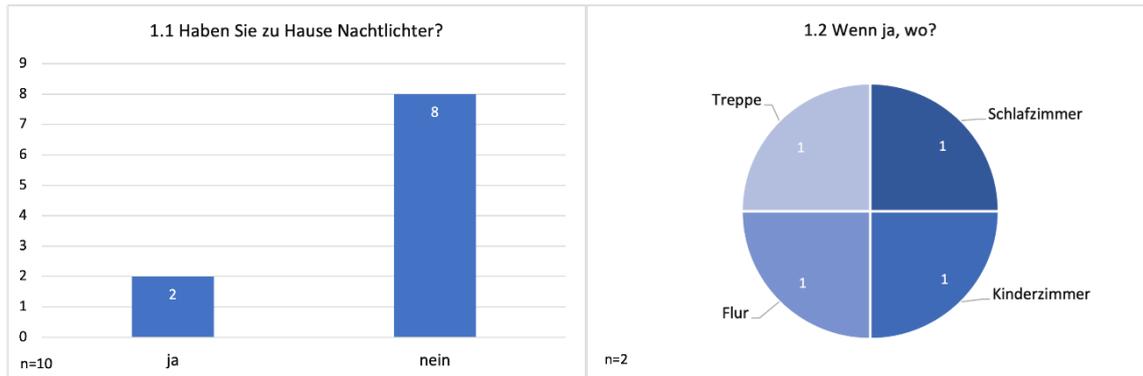


Abbildung 175: Frage 1 zum Besitz von Nachtlichtern; 20% der Befragten gaben an, zu Hause bereits Nachtlichter zu verwenden

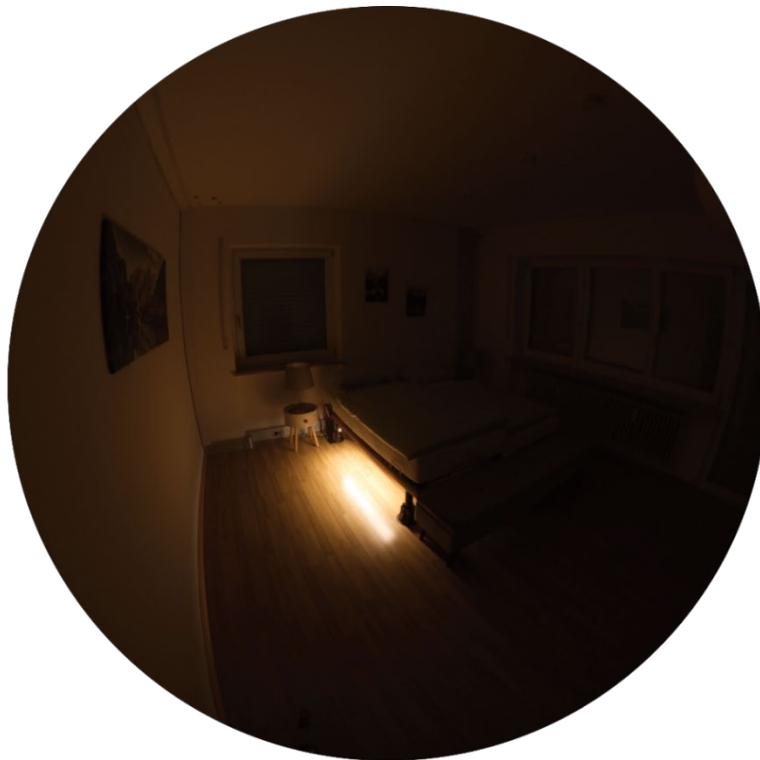


Abbildung 176: Nachtlicht unter dem Bett (2.700K, 100% Helligkeit); Position im Schlafzimmer, in der Tür stehend mit Blick auf das Bett gerichtet (-15°), Messpunkt: 1.2.6wwn-15; Ergebnisse der Leuchtdichteaufnahmen befinden sich im Messprotokoll im Anhang

Frage 2: Hätten Sie die Helligkeit des Nachtlichts unter dem Bett lieber...

Die Hälfte der Befragten sind mit der Helligkeit des Nachtlichts unter dem Bett zufrieden, 40% sind etwas unzufrieden und 10% sind sehr unzufrieden. Von den unzufriedenen Teilnehmern (40%+10%) hätten alle die Helligkeit lieber etwas bis deutlich dunkler.

Frage 3: Hätten Sie die Lichtfarbe des Nachtlichts unter dem Bett lieber...

70% der Befragten sind mit der Lichtfarbe des Nachtlichts unter dem Bett zufrieden, 20% sind etwas unzufrieden und 10% sind sehr unzufrieden. Von den unzufriedenen Teilnehmern (20%+10%) hätten alle die Lichtfarbe lieber etwas bis deutlich wärmer.

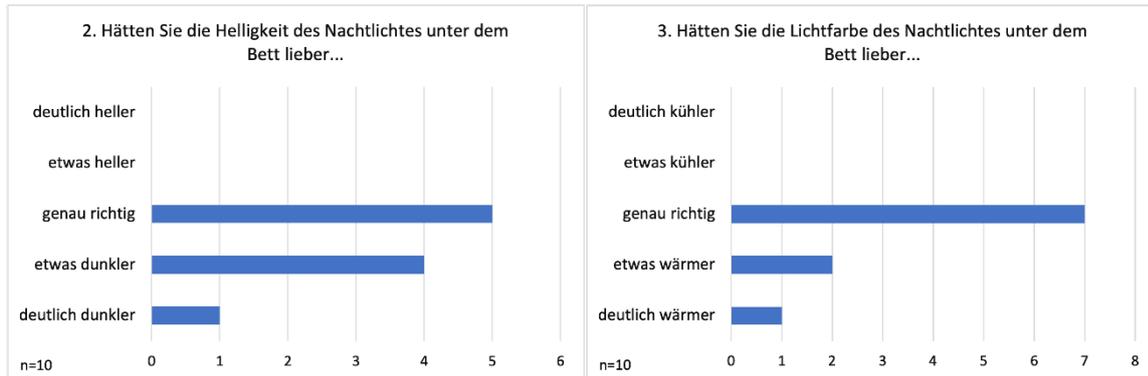


Abbildung 177: Fragen 2 und 3 zur Zufriedenheit des Nachtlichts unter dem Bett; MEDI 1,3lx und 2.029K am Auge (Position „in der Tür stehend mit Blick auf das Bett“)

Frage 4: Können Sie sich so ein Nachtlicht unter dem Bett bei Ihnen zu Hause vorstellen? Wenn nein, wieso?

90% der Befragten kann sich das Nachtlicht unter dem Bett bei sich zu Hause vorstellen, 10% jedoch nicht. Als Grund wurde eine mögliche Störung des Partners genannt.



Abbildung 178: Frage 4 zur Nutzungsbereitschaft zu Hause; 90% der Befragten kann sich dieses Nachtlicht unter dem Bett zu Hause vorstellen

Frage 5: Hätten Sie die Helligkeit des Nachtlichts im Flur lieber...

70% der Befragten waren mit der Helligkeit der Nachtlichtszene im Flur zufrieden, 20% waren etwas unzufrieden und 10% waren sehr unzufrieden. Von den unzufriedenen Teilnehmern (20%+10%) hätten sich alle die Helligkeit lieber etwas bis deutlich dunkler gewünscht.



Abbildung 179: Frage 5 zur Zufriedenheit des Nachtlichts im Flur



Abbildung 180: Lichtszene „nachts“; während der Befragung waren nur die Spiegelleuchten eingeschaltet (2.200K, 10% Helligkeit); Position im Badezimmer, in der Tür stehend mit Blick nach unten (-10°), Messpunkt: 5.3.2swwn-10; Ergebnisse der Leuchtdichteaufnahmen befinden sich im Messprotokoll im Anhang



Abbildung 181: Lichtszene „nachts“; während der Befragung waren nur die Spiegelleuchten eingeschaltet (2.200K, 10% Helligkeit); Position im Badezimmer, vor dem Spiegel stehend mit Blick geradeaus (0° , horizontal), Messpunkt: 5.1.2swwn-0; Ergebnisse der Leuchtdichteaufnahmen befinden sich im Messprotokoll im Anhang

Frage 6: Hätten Sie die Helligkeit des Nachtlichts im Badezimmer lieber...

30% der Befragten waren mit der Helligkeit der Nachtlichtszene im Badezimmer zufrieden, 60% waren etwas unzufrieden und 10% waren sehr unzufrieden. Von den unzufriedenen Teilnehmern (60%+10%) hätte sich die Mehrheit (71%) die Helligkeit lieber etwas bis deutlich dunkler, 29% jedoch noch etwas heller gewünscht.

Frage 7: Hätten Sie die Lichtfarbe des Nachtlichts im Badezimmer lieber...

70% der Befragten waren mit der Lichtfarbe der Nachtlichtszene im Badezimmer zufrieden, 20% waren etwas unzufrieden und 10% waren sehr unzufrieden. Von den unzufriedenen Teilnehmern (20%+10%) hätten sich alle die Lichtfarbe lieber etwas bis deutlich wärmer gewünscht.

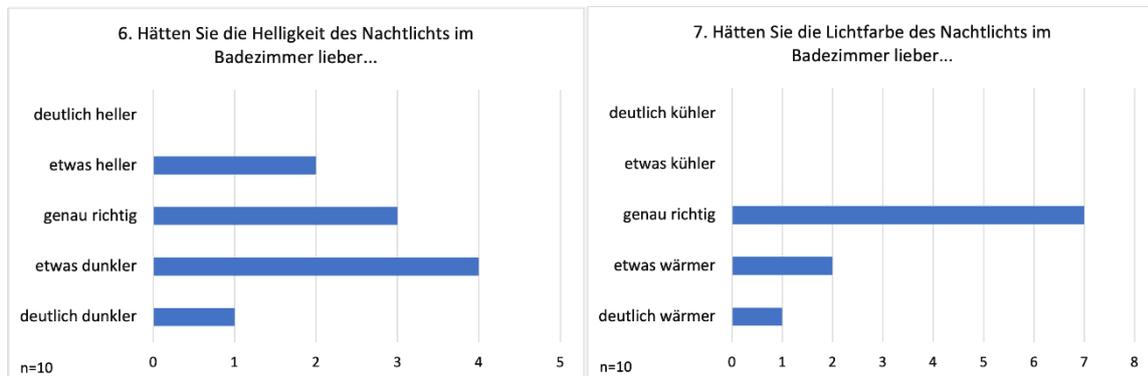


Abbildung 182: Fragen 6 und 7 zur Zufriedenheit des Nachtlichts im Badezimmer; MEDI 15,1lx und 2.189K am Auge (Position „vor dem Spiegel stehend“); MEDI 1,0lx und 2.070K am Auge (Position „in der Tür stehend mit Blick auf die Toilette“)

Ergebnisse „Badezimmerbeleuchtung“

Bei der Vorführung wurden alle Lichtszenen demonstriert. Während der Aktivierungs- und Tagesszene waren die Decken- und Spiegelleuchten ungedimmt und wechselten lediglich die Lichtfarbe von kaltweiß zu neutralweiß. Bei der Abendszene waren die Spiegelleuchten und der Indirektanteil der Deckenleuchte ungedimmt und warmweiß, der Direktanteil der Deckenleuchte war jedoch ausgeschaltet. Während der Nachtlichtszene war nur die Spiegelbeleuchtung mit 10% Helligkeit und sehr warmer Lichtfarbe eingeschaltet.



Abbildung 183: Lichtszene „morgens Aktivierung“; während der Befragung waren alle Leuchten eingeschaltet (Deckenleuchte: 6.500K, 100% Helligkeit; Spiegelleuchten: 5.300K, 70% Helligkeit); Position im Badezimmer, in der Tür stehend mit Blick nach unten (-10°), Messpunkt: 5.3.3kwn-10; Ergebnisse der Leuchtdichteaufnahmen befinden sich im Messprotokoll im Anhang



Abbildung 184: Lichtszene „morgens Aktivierung“; während der Befragung waren alle Leuchten eingeschaltet (Deckenleuchte: 6.500K, 100% Helligkeit; Spiegelleuchten: 5.300K, 70% Helligkeit); Position im Badezimmer, vor dem Spiegel stehend mit Blick geradeaus (0°, horizontal), Messpunkt: 5.1.3kwn-0; Ergebnisse der Leuchtdichteaufnahmen befinden sich im Messprotokoll im Anhang



Abbildung 185: Lichtszene „tagsüber“; während der Befragung waren alle Leuchten eingeschaltet (Deckenleuchte: 4.500K, 100% Helligkeit; Spiegelleuchten: 4.500K, 70% Helligkeit); Position im Badezimmer, in der Tür stehend mit Blick nach unten (-10°), Messpunkt: 5.3.3nwn-10; Ergebnisse der Leuchtdichteaufnahmen befinden sich im Messprotokoll im Anhang



Abbildung 186: Lichtszene „tagsüber“; während der Befragung waren alle Leuchten eingeschaltet (Deckenleuchte: 4.500K, 100% Helligkeit; Spiegelleuchten: 4.500K, 70% Helligkeit); Position im Badezimmer, vor dem Spiegel stehend mit Blick geradeaus (0°, horizontal), Messpunkt: 5.1.3nwn-0; Ergebnisse der Leuchtdichteaufnahmen befinden sich im Messprotokoll im Anhang



Abbildung 187: Lichtszene „abends“; während der Befragung waren die Spiegelleuchten und der Indirektanteil der Deckenleuchte eingeschaltet (Deckenleuchte: 2.700K, Indirektanteil: 100% Helligkeit, Direktanteil: 0%; Spiegelleuchten: 2.700K, 100% Helligkeit); Position im Badezimmer, in der Tür stehend mit Blick nach unten (-10°), Messpunkt: 5.3.3wwn-10; Ergebnisse der Leuchtdichteaufnahmen befinden sich im Messprotokoll im Anhang



Abbildung 188: Lichtszene „abends“; während der Befragung waren die Spiegelleuchten und der Indirektanteil der Deckenleuchte eingeschaltet (Deckenleuchte: 2.700K, Indirektanteil: 100% Helligkeit, Direktanteil: 0%; Spiegelleuchten: 2.700K, 100% Helligkeit); Position im Badezimmer, vor dem Spiegel stehend mit Blick geradeaus (0° , horizontal), Messpunkt: 5.1.3wwn-0; Ergebnisse der Leuchtdichteaufnahmen befinden sich im Messprotokoll im Anhang

Der Fragebogen zur Badezimmerbeleuchtung war optional und wurde von 10 Teilnehmern ausgefüllt.

Frage 1: Wie empfinden Sie die allgemeine Beleuchtungssituation im Badezimmer? Bitte begründen Sie Ihre Antwort:

Alle Befragten haben die Badezimmerbeleuchtung als gut bewertet. Als Gründe wurden vor allem die gleichmäßige Ausleuchtung, aber auch die Lichtqualität wie Helligkeit, Lichtfarbe und fehlende Blendung angeführt. Ein Teilnehmer empfand besonders das Nachtlicht als sehr angenehm und wiederum zwei andere betonten die Einstellbarkeit je nach Bedarf.

Die Befragung wurde durchgeführt, nachdem die verschiedenen Lichtszenen demonstriert wurden. Die Probanden befanden sich während dem Ausfüllen des Fragebogens nicht mehr im Badezimmer. Die Frage zur „allgemeinen Beleuchtungssituation“ bezieht sich auf alle Lichtszenen gemeinsam.

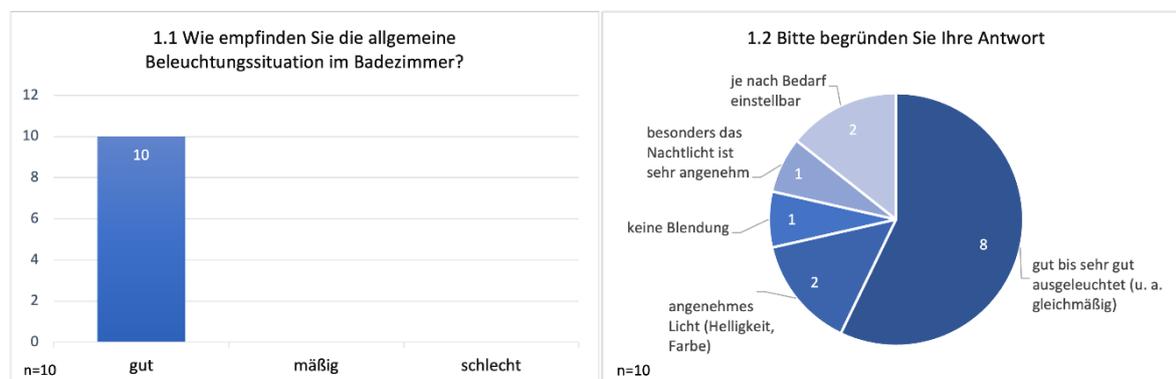


Abbildung 189: Frage 1 zur allgemeinen Zufriedenheit der Beleuchtung im Badezimmer; Aktivierung: MEDI 490lx und ca. 5.400K am Auge; tagsüber: MEDI 511lx und ca. 3.850K am Auge; abends: MEDI 244lx und ca. 2.600K am Auge (Position „vor dem Spiegel stehend“)

Frage 2: Können Sie sich die Deckenleuchte bei Ihnen zu Hause vorstellen? Wenn nein, wieso?

Alle Teilnehmer können sich die Deckenleuchte auch mit den wechselnden Lichtszenen bei sich zu Hause vorstellen.

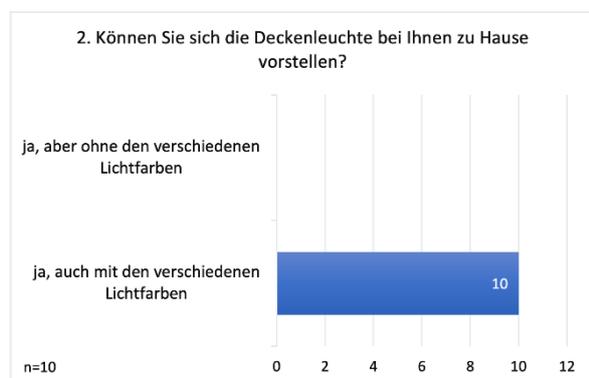


Abbildung 190: Frage 2 zur Nutzungsbereitschaft zu Hause; alle Befragten können sich die Deckenleuchte mit den wechselnden Lichtszenen zu Hause vorstellen

Frage 3: Haben Sie sich beim Blick in den Spiegel geblendet gefühlt? Wenn ja, bei welcher Lichtszene? (Mehrfachnennung möglich)

Kein Teilnehmer hat sich beim Blick in den Spiegel geblendet gefühlt.

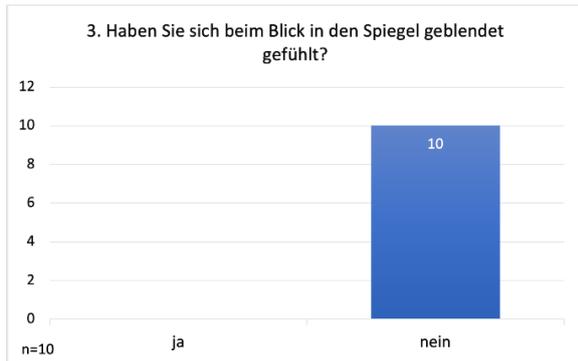


Abbildung 191: Frage 3 zur Blendung; kein Befragter fühlte sich beim Blick in den Spiegel geblendet

Frage 4: Können Sie sich eine dynamisch-tageszeitenabhängige Spiegelbeleuchtung bei Ihnen zu Hause vorstellen? Wenn nein, wieso?

90% der Befragten können sich auch eine dynamisch-tageszeitenabhängige Spiegelbeleuchtung bei sich zu Hause vorstellen. Ein Teilnehmer sieht keine Notwendigkeit und verneinte die Frage.



Abbildung 192: Frage 4 zur Nutzungsbereitschaft zu Hause; 90% der Befragten kann sich eine dynamisch-tageszeitenabhängige Spiegelbeleuchtung zu Hause vorstellen

Frage 5: Wären Sie bereit für eine dynamisch-tageszeitenabhängige Spiegelbeleuchtung mehr Geld als für eine konventionelle Leuchte auszugeben?

80% der Befragten wären bereit, mehr Geld für eine dynamisch-tageszeitenabhängige Spiegelbeleuchtung auszugeben. 20% der Teilnehmer haben die Frage jedoch verneint. Eine individuelle Obergrenze wurde nicht abgefragt.

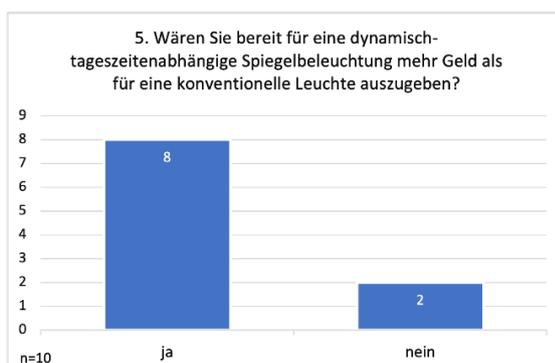


Abbildung 193: Frage 5 zur Bereitschaft, mehr Geld für eine dynamisch-tageszeitenabhängigen Spiegelbeleuchtung auszugeben; 80% der Befragten bejahten diese Frage

6. Fazit

6.1. Bad

Das entwickelte Raum-in-Raum-System stellt eine nachweislich sinnhafte Ertüchtigungsmaßnahme von Bestandsbädern dar, sowohl auf der Ebene der Platzersparnis, der physischen Assistenz, als auch der Produktsemantik. Aufbauender Forschungsbedarf und Entwicklungspotentiale, können in Anlieferung und Einbau sowie der Zusatzfunktion Waschtischnutzung auf WC sitzend verortet werden. Ein ausführliches Fazit wurde im Rahmen der Thesenbildung im entsprechenden Kapitel vorgenommen.

6.2. Mobiliar

Integrativer, multifunktionaler Möbel- und Innenausbau kann als ein Aspekt von vielen einen Beitrag zu einem selbstbestimmten Leben leisten, die Erfahrung aus dem Projekt zeigt, dass hier einerseits noch ein erhebliches Verbesserungspotenzial besteht. Andererseits, braucht es weiterhin auf individuelle Beeinträchtigungen der User abgestimmte, maßgeschneiderte Lösungen, gerade bei Einbaumöbeln und Küchen.

Wie bereits bei der Erläuterung der Möbelsysteme erwähnt, hat multifunktionaler Ausbau den Nachteil, dass nicht jede Lösung für jeden sinnvoll. Je spezifischer und stark ausgeprägt die körperliche oder kognitive Einschränkung ist, desto spezifischer muss auch das Lösungsangebot sein. Alle vorgestellten Lösungen wurden bei der Evaluation durch Probandenbefragungen mittels qualitativer Fragebögen und Feedbackgesprächen als sinnvoll erachtet. Welche der aufgezeigten Lösungen, die Leute für sich zu Hause wählen würden, hängt dabei jedoch sehr stark vom individuellen Bedarf, den eigenen Fähigkeiten, sowie von persönlichen Wünschen und Vorlieben des jeweiligen Nutzers ab. Bei stark individualisierten Anforderungen ist eine weitergehende Modularisierung und technische Vereinfachung der Küche und Schränke kaum möglich.

Des Weiteren war Planung und Umsetzung der Möbelsysteme, nicht ohne Schwierigkeiten verbunden. Teilweise konnten keine standardisierten Lösungen gefunden werden, oder Lösungen erwiesen sich als zu kostspielig. Zudem steckte in der gesamten Umsetzung erhebliche Entwicklungsarbeit. Einige der Systeme erwiesen sich als noch nicht vollständig optimiert. Obwohl sich hier auch das hohe Marktpotenzial für mögliche barrierefreie Produkte zeigt, geht die Entwicklung neuer, innovativer Lösungsansätze mit einem hohen Zeit-, Material- und Kostenaufwand einher. Insgesamt erwies sich die Planung und Umsetzung der integrativen, multifunktionalen Möbelsysteme als sehr kostspielig.

Die konkreten örtlichen Gegebenheiten beeinflussen ebenfalls maßgeblich eine optimale Möbel Planung. Daher können bestehende Richtlinien und das bei Dein Haus 4.0 erarbeitete Wissen lediglich einen Anhaltspunkt für einen gelingenden integrativen Ausbau bieten.

Hinsichtlich Akzeptanz, Umsetzbarkeit und Nachhaltigkeit lassen die Ergebnisse der Fragebogenerhebungen insgesamt ein positives Bild verzeichnen. Die meisten Probanden bewerteten die angewandten Lösungen überwiegend als praktikabel und könnten sich viele der vorgestellten Systeme auch im eigenen Zuhause vorstellen. Die Zahlungsbereitschaft der Teilnehmer stimmte weitestgehend mit den kalkulatorischen Marktpreisen der verbauten Möbelsysteme überein. Insgesamt gab es einige Verbesserungsvorschläge, die sich jedoch häufig auf individuelle Bedürfnisse zurückführen lassen und nur in einer individuellen Planung berücksichtigt werden können.

6.3. Licht

Eine altersgerechte Beleuchtung im Wohnumfeld stellt einen wesentlichen Faktor zur Steigerung von Lebensqualität und Sicherheit im Alter dar. So kann eine bzgl. Farbtemperatur und Intensität dynamische Beleuchtung dabei helfen, den natürlichen Tag-Nacht-Rhythmus zu verbessern und das Wohlbefinden zu steigern.

Für die Synchronisation an den 24h-Rhythmus ist nach heutigem Stand der der Wissenschaft ein Schwellenwert von mind. MEDI 250lx (Melanopic Equivalent Daylight Illuminance) bevorzugt in den Vormittagsstunden für einen 32-jährigen Norm-Beobachter notwendig. Resultierend aus den natürlichen Alterungsprozessen des Auges, ist der Lichtbedarf für eine fiktive 75-jährige Person ca. 2,5x höher und liegt bei MEDI 606lx. Um die Synchronisation andererseits nicht zu stören, sollten in den Stunden vor Schlafbeginn nicht mehr als MEDI 10lx bzw. 24lx für eine 75-jährige Person am Auge ankommen.

Die Analyse der Tageslichtversorgung zeigt deutliche Defizite in der zu erwartenden Lichtmenge am Auge, insbesondere in Bereichen, die weiter von Fenstern entfernt oder von diesen abgewandt liegen. Die typischen im Wohnumfeld verwendeten künstlichen Lichtquellen liefern zudem unzureichend melanopisch wirksames Licht am Auge. Hauptgründe hierfür sind die geringe Lichtleistung der eingesetzten Leuchtmittel, die überwiegend warmen Farbtemperaturen und der Einsatz punktueller, diffus abstrahlender Lichtquellen, die keine großflächige Beleuchtung ermöglichen. Diese Erkenntnisse machen deutlich, dass zusätzlich spezielle Kunstlichtlösungen zumindest für die häufig genutzten Aufenthaltsorte nötig sind, sofern diese nicht durch eine räumliche Umorganisation näher an vorhandene Tageslichtöffnungen gebracht werden können.

Der gezielte Austausch konventioneller Leuchtmittel durch farbtemperatur- und intensitätsvariable Alternativen ermöglicht eine flexible und kostengünstige Anpassung der vorhandenen Leuchten und fügt sie in das Konzept der dynamischen Beleuchtung mit ein. Ergänzend dazu sollten an häufig genutzten Aufenthaltsorten, insbesondere am Vormittag und Nachmittag, zusätzliche Lichtlösungen mit hoher Lichtleistung und einer optimierten Lichtverteilung eingesetzt werden. Wichtig ist hierbei auch eine gute Entblendung der Lichtaustrittsfläche.

Der Einsatz eines smarten Steuerungssystems ermöglicht die automatische Anpassung der Beleuchtung an die jeweilige Tageszeit. Die manuelle Bedienung über konventionell aussehende, aber smarte Wandschalter stellt eine benutzerfreundliche Lösung dar und sorgt für das richtige Licht zur richtigen Zeit.

Die durchgeführten Lichtmessungen zeigen, dass die theoretischen Anforderungen an eine melanopisch wirksame Beleuchtung für eine fiktive 75-jährige Person insbesondere durch die Variante aus Pendelleuchte und Wandfluter erfüllt werden können. Diese Lichtlösung ermöglicht es, auch in den Wintermonaten, wenn Tageslicht fehlt, eine Synchronisation mit dem 24-Stunden-Rhythmus sicherzustellen. Aufgrund der guten Entblendung ist diese Lösung auch für eine altersgerechte Beleuchtung geeignet.

Die Befragungen mit 22 Teilnehmern (Altersdurchschnitt 57 Jahre) ergaben wertvolle Einblicke in die Akzeptanz und Präferenzen für altersgerechte Beleuchtungslösungen. Eine deutliche Mehrheit von 73% bevorzugt die Kombination aus Pendelleuchte und Wandfluter. Bezüglich der dynamisch-tageszeitenabhängigen Beleuchtung gaben 18% der Befragten an, bereits Erfahrung zu haben. Nach dem Workshop können sich 86% eine solche Beleuchtung bei sich zu Hause vorstellen. Ebenso können sich 91% eine smarte Lichtsteuerung in ihrem Haushalt vorstellen. Dennoch äußerten 32% der Teilnehmer Bedenken gegenüber smarter Lichtsteuerung, insbesondere hinsichtlich Überforderung, fehlender Unterstützung im Bedarfsfall, IT-Sicherheit, Zuverlässigkeit sowie der Befürchtung, dass die Technologie für ältere Menschen zu kompliziert sein könnte. Die Befragungen zeigen insgesamt eine hohe Akzeptanz sowohl für dynamisch-tageszeitenabhängige Beleuchtung als auch für smarte Lichtsteuerung, wobei technische Bedenken und die Nutzerfreundlichkeit für Senioren wichtige Aspekte bleiben.

6.4. Zusammenfassung

Der vorliegende Forschungsbericht des Teilprojektes TP 05 des Gesamtforschungsprojekts DeinHaus 4.0 Oberbayern an der TH Rosenheim dokumentiert und hinterfragt normative Regeln für barrierefreies Planen und Bauen schwerpunktmäßig für den Bestand und zeigt hierfür neue Lösungen auf. Trotz coronabedingt schwierigem Umfeld in den Jahren 2020 und 2021, vor allem bei Personalverfügbarkeit und Materialbeschaffung aber auch bei der Akquise von Probanden und Interviewpartnern aus den Zielgruppen, konnten die innovativen Möbel, Raum-in-Raum-Systeme sowie Licht- und Beleuchtungslösungen prototypisch gebaut und getestet werden. Die dann in den Musterwohnungen gezeigten Möbel-, Raum- und Lichtlösungen fanden bei Testpersonen und interessiertem Publikum hohe Zustimmung.

Möbel und Raum: Das Projekt konnte zeigen, dass freistehende bzw. nur an einer Wand linear zu befestigende Möbel gut auf die jeweiligen Einschränkungen der Nutzer hin modularisierbar sind, und somit das Potential, für Bestandswohnungen hoch einzuschätzen ist. Hier konnte mit der Garderobe ein fast serienreifes Produkt und mit dem barrierefreien Küchenarbeitsstisch und Kochcontainer vielversprechende Ansätze erarbeitet werden, welche sich für eine Weiterentwicklung zur Serienreife anbieten.

Je stärker barrierefreie Möbel mit modularem Ansatz auf gegebene, verwinkelte und zu enge Grundrisse wie in Bestandsküchen oder -bäder bei gleichzeitiger funktionaler Spezifikation auf jeweils individuelle Einschränkungen der Nutzer reagieren sollen, desto mehr muss die Modularität einer individualisierten, i.d.R. mit hohem planerischen Aufwand verbundenen und damit kostenintensiven Lösung weichen, wie insbesondere die drei für die Musterwohnungen gebauten Küchen und Einbauschränke gezeigt haben.

Trotzdem konnte für typische, eigentlich zu kleine, Bestandsbäder, mit den beiden Demonstrator-Prototypen ein vielversprechender Ansatz für ein interagierendes Raum-in-Raum-System entwickelt und getestet werden, welcher, entgegen des ursprünglichen Forschungsschwerpunktes nicht nur für Bestandswohnungen, sondern aufgrund der Platzeinsparung durch Flächenüberlagerung von Funktionsflächen auch hohes Potential gerade für Neubauten aufzeigt.

Für den Bereich Licht lässt sich festhalten, dass eine Kombination aus modernen Lichttechnologien, gezielter Lichtplanung und nutzerfreundlicher Steuerung wesentlich zur Verbesserung des Wohnkomforts und der Lebensqualität älterer Menschen beitragen kann. Auch wenn die verwendeten Leuchten und Technologien für Privatpersonen aktuell eher (noch) schwer zugänglich und im Vergleich zu Standardleuchten teurer sind. Die Befragungsergebnisse zeigen, dass sich eine Weiterentwicklung und Förderung des Wissens um die Bedeutung von Licht für junge wie alte Menschen lohnt und erwünscht ist.

7. Danksagung

Prof. Andreas Betz und Prof. Mathias Wambsgaß bedanken sich für das Miteinander im Team und die gemeinsam erreichten Ziele im Teilprojekt 05 (TP5) „Integrativer Raum und Licht“. Zu Beginn war das Teilprojekt wie eine Gleichung mit vielen Unbekannten. Es galt geeignete Mitarbeitende zu finden, die Erwartungen und die Ziele der eigenen Mitarbeitenden und die der Mitarbeitenden in den anderen Teilprojekten kennenzulernen und die Abstimmung untereinander zu organisieren. Und um die Gleichung noch etwas komplexer zu machen, hat Corona der ersten Hälfte des Projektes seinen Stempel aufgedrückt. Aber die Gleichung ließ sich nach und nach lösen. Corona hat uns dabei gebremst, aber nicht ausgebremst. Wir waren im Team nicht immer einer Meinung, aber wir haben die unterschiedlichen Meinungen diskutieren und zu einem Konsens führen können. Wir waren zu Beginn in Deutschland unterwegs, um uns passende Beispiele anzuschauen und erste Erfahrungen in einem Altersanzug zu sammeln (nicht alle von uns, denn manche waren schon „zu alt für den Altersanzug“). Wir hatten fast 4 Jahre lang einen wöchentlichen Jour fixe und haben es immer wieder geschafft uns zu einem gemeinsamen Abendessen zu verabreden.

Das Kernteam bestand aus (in alphabetischer Reihenfolge):

Dipl.-Des. Lukas Beyerle, M.Sc. (arch.)

Er kam mit zwei abgeschlossenen Studiengängen gleich zu Beginn zum Team mit dem Wunsch im Projekt ein Promotionsthema zu finden. Das Thema wurde gefunden und es floss viel Herzblut in die Entwicklung des „Raum-in-Raum-Systems“. Nebenbei war es eine Möglichkeit sich im akademischen Betrieb umzuschauen und auch mal an der Lehre zu schnuppern. Das Promotionsthema ist auf der Zielgeraden und wir drücken dafür und die weitere berufliche Entwicklung die Daumen.

Elisabeth Löcker, M. A.

Sie kam mit einem frischen BA-Abschluss Innenarchitektur zum Master „Innenarchitektur und Möbeldesign“ an die TH Rosenheim. Im Rahmen der BA-Thesis beschäftigte sie sich komplett unabhängig vom Projekt schon mit der Bedeutung von Licht im Gesundheitswesen. Die Mitarbeit im Projekt von Beginn an, war nicht nur der Einstieg ins Arbeitsleben, sondern lieferte auch weitere und tiefere Einblicke auf das Thema „Licht und Gesundheit“ und letztendlich eine passende MA-Thesis. Nach deren Abschluss lag der Fokus auf dem Projekt und dort neben vielen fachlichen Aspekte auch manch organisatorischem Thema. Am Ende war das bspw. auch die sorgfältige Pflege von Zentral- und Filialdokumenten des vorliegenden Berichtes. Dafür danken wir gerne auch nochmal extra und wünschen zudem für die weitere „Reise ins Licht“ viel Erfolg.

Julia Wiesinger, B. A.

Sie startete als studentische Hilfskraft im Projekt, fand ihre BA-Thesis und stieg danach sofort als wissenschaftliche Mitarbeiterin ein. Sie brachte aus dem Leben vor dem Studium der Innenarchitektur eine Ausbildung zur Schreinerin mit und wurde zum Dreh- und Angelpunkt für alle Möbelthemen. In der letzten Phase hatte Sie schon einen Fuß in der Tür eines Unternehmens für hochwertiges Möbeldesign und anspruchsvollen Innenausbau. Mit dem Projektende gilt die ganze Aufmerksamkeit dieser Beschäftigung und dafür wünschen wir alles Gute.

Darüber hinaus haben eine Vielzahl von Studierenden aus unterschiedlichen Studiengängen in verschiedenen Konstellationen einen Beitrag zum Projekterfolg des TP5 geleistet. Sei es durch inhaltliche Arbeit in einem Seminar, mit einer Studien- oder Abschlussarbeit oder als studentische Mitarbeitende im Projekt, die oftmals mit einer handwerklichen Vorbildung zu uns kamen und wertvolle Arbeiten bei der Ausstattung der Wohnungen oder Realisierung der Prototypen übernahmen.

Diese sind in alphabetischer Nennung:

Kilian Berndt , Nadine Gollinger, Maximilian Hohmann, Laura Kneilling, Franziska Lang, Pia Letzing, Maximilian Münsterer, Tobias Palmy, Cesare Piccone, Michael Reichenauer, Michael Rizzi, Marco Schröder, Christina Staudacher, Sophia Schwenke, Marius Spitzley, Nina Warstat, Tom Welte

Danke!

Prof. Andreas Betz / Prof. Mathias Wambsganß

8. Verzeichnisse

8.1. Kurzformen

D

D65 Daylight 6500K

E

E_v Beleuchtungsstärke visuell

E_h Beleuchtungsstärke horizontal

K

K Kelvin (Einheit für Farbtemperatur)

L

lx Lux (Einheit für Beleuchtungsstärke)

M

MDER Melanopic Daylight Efficacy Ratio; melanopischer Tageslicht-Effizienzfaktor

MEDI Melanopic Equivalent Daylight Illuminance; melanopische tageslichtäquivalente Beleuchtungsstärke

R

RGBW „Rot-Grün-Blau-Weiß“

T

TW Tunable White; variable Farbtemperatur/Weißtöne

8.2. Literaturverzeichnis

Academic. (o. J.). *Funktionsintegration*. Verfügbar unter: <https://de-academic.com/dic.nsf/dewiki/481905>

AMK Die Moderne Küche GmbH (Hrsg.). (2018). *AMK Küchenstandards*. Verfügbar unter: <https://www.amk.de/wp-content/uploads/2018/04/AMK-Kuechenstandards.pdf>

Baandrup, L. & Jennum, P. J. (2021). Effect of a dynamic lighting intervention on circadian rest-activity disturbances in cognitively impaired, older adults living in a nursing home: A proof-of-concept study. *Neurobiology of Sleep and Circadian Rhythms*, 11, 100067. <https://doi.org/10.1016/j.nbscr.2021.100067>

Bade, T. (2008). *Universal Design im globalen demographischen Wandel. Ein Forschungsprojekt des universal design e.V. und des Lehrstuhls für Industrial Design an der Technischen Universität München*. München: Technische Universität München, Lehrstuhl für Industrial Design. Verfügbar unter: <https://books.google.de/books?id=n6dEcgAACAA>

Baek, J. Y., Na, S. H., Lee, H., Jung, H.-W., Lee, E., Jo, M.-W. et al. (2022). Implementation of an integrated home internet of things system for vulnerable older adults using a frailty-centered approach. *Scientific Reports*, 12(1), 1922. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05963-9>

(2024). Bayerische Bauordnung. BayBO. Verfügbar unter: <https://www.gesetze-bayern.de/Content/Document/BayBO-45>

(2023). Bayerische Technische Baubestimmungen. BayTB.

Berkowsky, R. W., Sharit, J. & Czaja, S. J. (2018). Factors Predicting Decisions About Technology Adoption Among Older Adults. *Innovation in Aging*, 2(1), igy002. <https://doi.org/10.1093/geroni/igy002>

Bfb, b. b. (2020). *Barrierefreier Wohnraum: Ausnahme statt Regel | Ergebnisse Mikrozensus*. Verfügbar unter: <https://www.bfb-barrierefrei-bauen.de/mikrozensus-2018-zusatzprogramm-wohnen/>

Bibliotheksportal. (2016). *Quantitative Befragung*. Verfügbar unter: <https://bibliotheksportal.de/ressourcen/management/marketing-baukasten/marktanalyse/primaerforschung/quantitative-befragung/>

Bieling, T. (2019). *Inklusion als Entwurf. Teilhabeorientierte Forschung über, für und durch Design*. Basel: Birkhäuser.

Bieling, T. (2022). *Experiment und Versprechen. Über die Entgrenzung des Denkens*. Verfügbar unter: <https://flusserstudies.net/sites/www.flusserstudies.net/files/media/attachments/bieling-experiment-versprechen.pdf>

Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler* (Springer-Lehrbuch Bachelor, Master, 4. Aufl.). Heidelberg: Springer-Medizin-Verlag.

Brown, T. M., Brainard, G. C., Cajochen, C., Czeisler, C. A., Hanifin, J. P., Lockley, S. W. et al. (2022). Recommendations for daytime, evening, and nighttime indoor light exposure to best support physiology, sleep, and wakefulness in healthy adults. *PLoS Biology*, 20(3), e3001571. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001571>

Bundesfachstelle Barrierefreiheit. (o. J.). *Wie ist Barrierefreiheit definiert?* Verfügbar unter: https://www.bundesfachstelle-barrierefreiheit.de/DE/Ueber-Uns/Definition-Barrierefreiheit/definition-barrierefreiheit_node.html

Canazei, M., Weninger, J., Pohl, W., Marksteiner, J. & Weiss, E. (2022). Effekte einer dynamischen Bettzimmer-Beleuchtung auf Schlaf- und zirkadiane Ruhe-Aktivitätsparameter bei stationären Patient:innen mit Major Depression. In Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) (Hrsg.), 11. *Symposium "Licht und Gesundheit"* (1. Auflage, S. 53–57). Dortmund/Berlin/Dresden.

Candy, L. (2006). *Practice Based Research: A Guide*. Verfügbar unter: <https://www.creativityandcognition.com/wp-content/uploads/2011/04/PBR-Guide-1.1-2006.pdf>

CIE 227. (2017). *Lighting for Older People and People with Visual Impairment in Buildings*. Technical Report.

CIE S 026. (2018). *CIE System for Metrology of Optical Radiation for ipRGC-Influenced Responses to Light*.

DESTATIS Statistisches Bundesamt. (2024). *Bevölkerung. Mitten im demographischen Wandel*. Verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Querschnitt/Demografischer-Wandel/demografie-mitten-im-wandel.html>

Deutsches Institut für Normung. (2019). *DIN EN ISO 9241-210, Ergonomie der Mensch-System-Interaktion. Teil 210, Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme (ISO/FDIS 9241-210:2019). Ergonomics of human-system interaction. Part 210, Human-centred design for interactive systems (ISO/FDIS 9241-210:2019)* (Deutsche Norm). Berlin: Beuth Verlag GmbH.

Deutsches Institut für Normung. (2023). *DIN 18040-2, Barrierefreies Bauen - Planungsgrundlagen. Teil 2, Wohnungen*. Berlin: Beuth Verlag GmbH.

DIN 18040-2. (2011). *Barrierefreies Bauen - Planungsgrundlagen - Teil 2: Wohnungen*.

DIN EN 17037. (2019). *Tageslicht in Gebäuden*.

DIN/TS 5031-100. (2021). *Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik - Teil 100: Über das Auge vermittelte, melanopische Wirkung des Lichts auf den Menschen - Größen, Symbole und Wirkungsspektren*.

DIN/TS 67600. (2022). *Ergänzende Kriterien für die Lichtplanung und Lichtenwendung im Hinblick auf nichtvisuelle Wirkungen von Licht*.

DuBose, J., Davis, R. G., Campiglia, G., Wilkerson, A. & Zimring, C. (2022). Lighting the Patient Room of the Future: Evaluating Different Lighting Conditions From the Patient Perspective. *HERD*, 15(2), 79–95. <https://doi.org/10.1177/193758672111063481>

Falkenberg, H. K., Kvikstad, T. M. & Eilertsen, G. (2019). Improved indoor lighting improved healthy aging at home - an intervention study in 77-year-old Norwegians. *Journal of Multidisciplinary Healthcare*, 12, 315–324. <https://doi.org/10.2147/JMDH.S198763>

Figueiro, M. G., Sahin, L., Kalsher, M., Plitnick, B. & Rea, M. S. (2020). Long-Term, All-Day Exposure to Circadian-Effective Light Improves Sleep, Mood, and Behavior in Persons with Dementia. *Journal of Alzheimer's Disease Reports*, 4(1), 297–312. <https://doi.org/10.3233/ADR-200212>

Filz, S. A. (2008). *"Instant Aging"- Selbsterfahrung des Alterns. Dissertation*, Universität Würzburg. Verfügbar unter: https://opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de/opus4-wuerzburg/frontdoor/deliver/index/docId/3405/file/Doktorarbeit_S.Allan_Filz.pdf

Gold, R. L. (1958). Roles in Sociological Field Observations. *Social Forces*, 36(3), 217–223. <https://doi.org/10.2307/2573808>

Hamraie, A. (2015). *Universal Design: Myth or Reality? Panel Discussion*, Cooper Hewitt, Smithsonian Design Museum. Verfügbar unter: <https://www.cooperhewitt.org/2015/01/16/universal-design-myth-or-reality/>

Hergesell, J. (2021). Innovationsimperativ und digitale Pflorgetechnik. Eine gesellschaftsdiagnostische Perspektive auf „innovative“ Assistenzen in der Altenpflege. In M. Hülsken-Giesler, S. Kreuzer & N. Dütthorn (Hrsg.), *Neue Technologien für die Pflege. Grundlegende Reflexionen und pragmatische Befunde* (Pflgewissenschaft und Pflegebildung, Bd. 18, S. 279–295). Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

Hopkins, S., Morgan, P. L., Schlangen, L. J. M., Williams, P., Skene, D. J. & Middleton, B. (2017). Blue-Enriched Lighting for Older People Living in Care Homes: Effect on Activity, Actigraphic Sleep, Mood and Alertness. *Current Alzheimer Research*, 14(10), 1053–1062. <https://doi.org/10.2174/1567205014666170608091119>

Jocher, T. & Loch, S. (2014). *Raumpilot Grundlagen* (3., unveränd. Aufl.). Stuttgart u.a.: Krämer. Verfügbar unter: <https://permalink.obvsg.at/AC11238574>

Kochinka, A. (2010). Beobachtung. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 449–461). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Kolberg, E., Hjetland, G. J., Thun, E., Pallesen, S., Nordhus, I. H., Husebo, B. S. et al. (2021). The effects of bright light treatment on affective symptoms in people with dementia: a 24-week cluster randomized controlled trial. *BMC Psychiatry*, 21(1), 377. <https://doi.org/10.1186/s12888-021-03376-y>

Konrad, K. (2010). Lautes Denken. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 476–490). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Kremer-Preiß, U. & Stolarz, H. (2003). *Neue Wohnkonzepte für das Alter und praktische Erfahrungen bei der Umsetzung - eine Bestandsanalyse. Zwischenbericht im Rahmen des Projektes "Leben und Wohnen im Alter" der Bertelsmann Stiftung und des Kuratoriums Deutsche Altershilfe* (Leben und Wohnen im Alter, Bd. 1). Köln: Kuratorium Deutsche Altershilfe.

Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (Grundlagentexte Methoden, 4. Aufl.). Weinheim, Basel: Beltz Juventa. Verfügbar unter: <http://www.beltz.de/de/nc/verlagsgruppe-beltz/gesamtprogramm.html?isbn=978-3-7799-3682-4>

Latour, B. (2015). *Der Berliner Schlüssel* (locked, No. 1). Berlin: BotoPress.

Linner, T., Guettler, J., Bock, T. & Georgoulas, C. (2015). *Assistive Robotic Micro-Rooms for Independent Living*. Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/269706385_Assistive_Robotic_Micro-Rooms_for_Independent_Living

Mitnitski, A., Collerton, J., Martin-Ruiz, C., Jagger, C., Zglinicki, T. von, Rockwood, K. et al. (2015). Age-related frailty and its association with biological markers of ageing. *BMC Medicine*, 13(1), 161–170. <https://doi.org/10.1186/s12916-015-0400-x>

Mumtaz, A. (2022). Prioritizing and Overcoming Barriers to e-Health Use among Elderly People: Implementation of the Analytical Hierarchical Process (AHP). *Journal of Healthcare Engineering*, 2022, 7852806. <https://doi.org/10.1155/2022/7852806>

Neufert, E. (1970). *Bauentwurfslehre. Grundlagen, Normen und Vorschriften über Anlage, Bau, Gestaltung, Raumbedarf, Raumbeziehungen, Maße für Gebäude, Räume, Einrichtungen und Geräte mit dem Menschen als Maß und Ziel ; Handbuch für den Baufachmann, Bauherrn, Lehrenden und Lernenden*. Stuttgart: Krämer.

Neufert, E. (1982). *Bauentwurfslehre. Grundlagen, Normen und Vorschriften über Anlage, Bau, Gestaltung, Raumbedarf, Raumbeziehungen, Maße für Gebäude, Räume, Einrichtungen und Geräte mit dem Menschen als Maß und Ziel ; Handbuch für den Baufachmann, Bauherrn, Lehrenden und Lernenden*. Braunschweig: Springer Vieweg.

Neufert, E. & Kister, J. (2018). *Neufert Bauentwurfslehre. Grundlagen, Normen und Vorschriften über Anlage, Bau, Gestaltung, Raumbedarf, Raumbeziehungen, Maße für Gebäude, Räume, Einrichtungen und Geräte mit dem Menschen als Maß und Ziel ; Handbuch für den Baufachmann, Bauherrn, Lehrenden und Lernenden*. Wiesbaden: Springer Vieweg.

Neufert, E. & Neufert, P. (1992). *Bauentwurfslehre. Grundlagen, Normen und Vorschriften über Anlage, Bau, Gestaltung, Raumbedarf, Raumbeziehungen, Maße für Gebäude, Räume, Einrichtungen und Geräte mit dem Menschen als Maß und Ziel ; Handbuch für den Baufachmann, Bauherrn, Lehrenden und Lernenden*. Braunschweig: Springer Vieweg.

Nullbarriere.de, Barrierefrei Planen, Bauen, Wohnen. (2023). *Bedarf an barrierefreien Wohnungen in Deutschland*. Verfügbar unter: <https://nullbarriere.de/bedarf-barrierefreie-wohnung.htm>

Park, J. H. (2012). Inklusion und Design. In Präsident der Fachhochschule Lübeck (Hrsg.), *Öffnungszeiten, Papiere zur Designwissenschaft*, 26/2012. ARS MAGNA - Design als Problemlöser? (Öffnungszeiten, 26/2012, S. 21–25). Kassel: Kassel University Press.

Piccone, C. (2022). *Entwicklung eines modularen circadianen Leuchtenprototyps*. Bachelorarbeit. Technische Hochschule Rosenheim.

Rampioni, M., Moşoi, A. A., Rossi, L., Moraru, S.-A., Rosenberg, D. & Stara, V. (2021). A Qualitative Study toward Technologies for Active and Healthy Aging: A Thematic Analysis of Perspectives among Primary, Secondary, and Tertiary End Users. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(14). <https://doi.org/10.3390/ijerph18147489>

Reegen, J. (2020). Think-Aloud-Methode. In C. Wagner-Havlicek & H. Wimmer (Hrsg.), *Werbe- und Kommunikationsforschung. Methoden - Stärken/Schwächen - Anwendungsbeispiele* (S. 75–88). Baden-Baden: Nomos.

Santermans, F. (2004). *Herausforderungen für die europäische OTC-Industrie. Chancen und Risiken*. Wiesbaden: Deutscher-Universitäts-Verlag/ GWV Fachverlage GmbH.

Schipp, T. (2020). *Umbau häuslicher Bäder zu bedarfsgerechten Pflegebädern in Abhängigkeit des Pflegegrades. Bachelorarbeit*. Rosenheim: Technische Hochschule Rosenheim.

Schlangen, L. J. M. & Price, L. L. A. (2021). The Lighting Environment, Its Metrology, and Non-visual Responses. *Frontiers in neurology*, 12, 624861. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.624861>

Schröder, M. (2023). *Messtechnische Erfassung visueller und nichtvisueller Lichtwirkungen für Senioren am Beispiel zweier Musterwohnungen*. Bachelorarbeit. Technische Hochschule Rosenheim.

Schüz, B., Dräger, D., Richter, S., Kummer, K., Kuhlmeier, A. & Tesch-Römer, C. (2011). Autonomie trotz Multimorbidität im Alter – Der Berliner Forschungsverbund AMA. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 44(2), 9–26.

Statista Research Department. (2011). *Verteilung altersgerechter Wohnformen in Deutschland im Jahr 2008*. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/189194/umfrage/verteilung-altersgerechter-wohnformen-in-deutschland/>

Stefanie Hutschenreuter. (o. J.). *Barrierefrei duschen im eigenen Zuhause*. Verfügbar unter: <https://www.pflege.de/barrierefreies-wohnen/badezimmer/dusche/>

Technische Hochschule Rosenheim. (2023). *DeinHaus4.0 Konferenz*. Verfügbar unter: <https://www.th-rosenheim.de/studium-und-weiterbildung/im-studium/veranstaltungen-fuer-studierende/detailansicht-veranstaltungen-fuer-studierende/deinhaus-40-konferenz-1>

Tural, E., Lu, D. & Austin Cole, D. (2021). Safely and Actively Aging in Place: Older Adults' Attitudes and Intentions Toward Smart Home Technologies. *Gerontology & Geriatric Medicine*, 7, 23337214211017340. <https://doi.org/10.1177/23337214211017340>

Verbund Pflegehilfe. (o. J.). *Altersgerechte Badsanierung*. Verfügbar unter: <https://www.pflegehilfe.org/badsanierung>

Vereinigung Deutsche Sanitärwirtschaft. (2017a). *Die Deutschen und ihre Bäder*. Verfügbar unter: <https://www.sanitaerwirtschaft.de/markt-branche/die-deutschen-und-ihre-baeder>

Vereinigung Deutsche Sanitärwirtschaft. (2017b). *Die Deutschen und ihre Bäder*. Verfügbar unter: <https://www.sanitaerwirtschaft.de/markt-branche/die-deutschen-und-ihre-baeder>

Vries, J. de & Perry, T. (2007). Der demografische Wandel und die Zukunft der Gesellschaft. Szenarien für den Umgang mit einer alternden und schrumpfenden Bevölkerung. *vhw - Bundesverband für Wohnen und Stadtentwicklung*, (3/2007), 115–119.

Waldschmidt, A. (2005). Disability Studies: Individuelles, soziales und/oder kulturelles Modell von Behinderung? *Psychologie und Gesellschaftskritik*, 29(4), 9–31.

Yap, Y.-Y., Tan, S.-H. & Choon, S.-W. (2022). Elderly's intention to use technologies: A systematic literature review. *Heliyon*, 8(1), e08765. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e08765>

Yom, M., Wilhelm, T. H. & Gauert, S. (2007). Protokolle lauten Denkens und Site Covering: Erweiterung der Methode zur detaillierten Bewertung des Screendesigns von Webangeboten. In R. Buber & H. Holzmüller (Hrsg.), *Qualitative Marktforschung: Konzepte - Methoden - Analysen* (S. 635–652). Wiesbaden: Gabler.

8.3. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:Wohnkompetenzzentrum Amerang	4
Abbildung 2: Lageplan	4
Abbildung 3: "grüne" Wohnung mit ca. 90m ² ; "gelbe" Wohnung mit ca. 75m ²	5
Abbildung 4: Grundrissplan mit Erstausrüstung Möblierung	5
Abbildung 5: Elektroplan mit Legende	6
Abbildung 6: AWO Seniorenzentrum Freilassing.....	7
Abbildung 7: Grundriss Musterwohnung Freilassing mit ca. 55qm ² , unmöbliert.....	7
Abbildung 8: Grundrissplan möbliert mit Erstausrüstung	8
Abbildung 9: Elektroplan mit Legende	8
Abbildung 10: Inspirationen des späteren Konzepts, Beispielgrundrisse, Neufert	15
Abbildung 11: Ersatz Einbauwanne durch "bodengleiche" Dusche.....	17
Abbildung 12: Boden-Deckenstangen und barrierefreier Waschtisch	18
Abbildung 13: Varianten von Duschsitzen.....	19
Abbildung 14: Grundrissdarstellung, Konzeptstatus-01	21
Abbildung 15: Grundrissdarstellung, Konzeptstatus-02	22
Abbildung 16: Grundrissdarstellung, Konzeptstatus-03	23
Abbildung 17: Grundrissdarstellung, Konzeptstatus-04.....	23
Abbildung 18: Prototyp in Position Waschtisch und Dusche.....	24
Abbildung 19: Grundriss und Schnitt; Position Waschtisch und Dusche barrierefrei.....	25
Abbildung 20: Grundriss und Schnitt; Position Dusche verengt und Assistenz WC.....	26
Abbildung 21: Selbsttests im Prototyp (ohne Alterssimulationsanzug)	27
Abbildung 22: Quantitative Auswertung, F1 Gestaltung.....	31
Abbildung 23: Quantitative Auswertung, F2 Altersgruppen	31
Abbildung 24: Quantitative Auswertung, F3 Seniorenprodukt	32
Abbildung 25: Quantitative Auswertung, F4 Intuition.....	32
Abbildung 26: Quantitative Auswertung, F5 Verfahrbarkeit (+).....	33
Abbildung 27: Quantitative Auswertung, F6 Verfahrbarkeit (-)	33
Abbildung 28: Quantitative Auswertung, F7 Implementierung	34
Abbildung 29: Quantitative Auswertung, F8 Implementierung	35
Abbildung 30: Quantitative Auswertung, F9 Privater Wohnbereich	35
Abbildung 31: Quantitative Auswertung, F10 Individualisierbarkeit.....	36
Abbildung 32: Quantitative Auswertung, F11 Integrierte Stangen	36
Abbildung 33: Quantitative Auswertung, F12 Integrierte Stangen	37
Abbildung 34:Quantitative Auswertung, F13 Duschklapsitz	38
Abbildung 35: Quantitative Auswertung, F14 Ältere Menschen	38
Abbildung 36: F15 Nutzbarkeit.....	39
Abbildung 37: Quantitative Auswertung, F16 Beleuchtung	39
Abbildung 38: Quantitative Auswertung, F17 Reinigung	40
Abbildung 39: Selbsttest im Prototypen mit Alterssimulationsanzug	44
Abbildung 40: Übersicht/ Nummerierung der Haltestangen	45
Abbildung 41: Bewegungsfläche vor und unter Waschtisch	48
Abbildung 42: Demonstrator-02 in Aluminiumbauweise, elektrifiziert.....	51
Abbildung 43: Selbsttest im Alterssimulationsanzug am Demonstrator-02.....	52
Abbildung 44: Übersicht notwendiger Bewegungsflächen	53
Abbildung 45: Empfohlene Arbeitshöhen für ältere Menschen (links), für Rollstuhlfahrer (rechts).....	54
Abbildung 46: Grundrisse Wohnkompetenzzentren Amerang	56
Abbildung 47: Grundriss Musterwohnung Freilassing.....	56
Abbildung 48: Problembereiche im Eingang	56
Abbildung 49: Perspektivische Darstellung des Garderobensystems.....	59
Abbildung 50: Rastereinteilung	60
Abbildung 51: Verbinder	60
Abbildung 52: Rendering, Aufteilung des Garderobensystems in der gelben Musterwohnung Amerang.....	61
Abbildung 53: Basisaufbau	63
Abbildung 54: Grundausrüstung Module	64
Abbildung 55: Haltestangen mit Auskerbungen.....	65

Abbildung 56: Wandhalterung	65
Abbildung 57: Funktionsweise Schraubverbinder	66
Abbildung 58: Darstellung Kleiderstange mit Haken	67
Abbildung 59: Rendering Toolflex One Halter	67
Abbildung 60: Ablageflächen groß und klein, mit Unterteilungen	68
Abbildung 61: Schuhset	69
Abbildung 62: Erster Versuchsaufbau (links), Prototyp Schuhset (rechts)	69
Abbildung 63: Anwendung Prototyp 1 in der gelben Musterwohnung Amerang, System aufgeteilt auf den gegenüberliegenden Wandseiten, zusätzlich mit Klappsitz und Spiegel	70
Abbildung 64: Anwendung Prototyp 2 in der grünen Wohnung in Amerang, rollstuhlgerechte Aufteilung	71
Abbildung 65: Anwendung Prototyp in der Musterwohnung Freilassing	72
Abbildung 66: funktionale Schrankwand in der gelben Musterwohnung Amerang (links), unterfahrbarer, rollstuhlgerechter Kleiderschrank in der Musterwohnung Freilassing (rechts)	74
Abbildung 67: Anwendung Kleiderlifter	74
Abbildung 68: Anwendung Haltestange als Sturzprophylaxe	75
Abbildung 69: Grundrisse Wohnkompetenzzentren Amerang, Position Küche	76
Abbildung 70: Entwurfsplanung Grundriss grüne Küche mit Erweiterung	76
Abbildung 72: Bestandsküche in der grünen Musterwohnung Amerang	77
Abbildung 73: Erweiterung der Bestandsküche mit Arbeitsfläche auf Sitzhöhe und zusätzlichen Oberschränken	77
Abbildung 74: Entwurfsplanung Grundriss gelbe Küche	79
Abbildung 75: Ausstattung gelbe Küche	79
Abbildung 76: Anwendung Oberschrank Ausschwenkbeschlag	80
Abbildung 77: Anwendung Müllabwurfschacht	80
Abbildung 78: Digitale Anzeige für die höhenverstellbare Arbeitsplatte	81
Abbildung 79: Küche in der Musterwohnung Freilassing	82
Abbildung 80: Grundriss Musterwohnung Freilassing	85
Abbildung 81: Bemessung Standard Rollstuhl (rechts), Standard Rollator (links)	88
Abbildung 82: Tischgröße für eine Person im Rollstuhl, Mindestanforderungen	88
Abbildung 83: Bemessung Platzgedecke (links), Horizontaler Greifbereich (rechts)	88
Abbildung 84: Rendering Küchenarbeits Tisch, ausstatten mit einem Stau- und einem Verlängerungsmodul	90
Abbildung 85: Schütte mit zwei GN-1/6-Behältern (links), Staumodul mit GN-Behälter und Schneidbrett (rechts)	91
Abbildung 86: Schubkasten mit GN-Behälter (links), Anwendung im Arbeitstisch (rechts)	92
Abbildung 87: Integrierte Steckdose, eingefräste Safrinne	92
Abbildung 88: Verlängerungsmodul (links), Erweiterungssystem mit Verbinder (rechts)	93
Abbildung 89: Explosionszeichnung des Grundmoduls	94
Abbildung 90: finaler Prototyp, links geschlossen, rechts geöffnet	98
Abbildung 91: Anwendung in der Musterwohnung in Amerang	98
Abbildung 92: Elektroinstallation: Kabel zum Anschluss des Küchencontainers an einer haushaltsüblichen Steckdose (links), Innenliegend unterhalb der Induktionsplatte befindet sich der Verteilerkasten für das Kabel und die Steckdose für das Induktionsfeld (rechts)	99
Abbildung 93: Schublade unterhalb der Induktionsplatte (links), Griffsituation (mittig), Kanister für Zu- und Abwasser (rechts)	100
Abbildung 94: Auswertung Fragebogen zur Person FA/B, Alter und Geschlecht	102
Abbildung 95: Auswertung Fragebogen zur Person FC, Körpergröße	102
Abbildung 96: Auswertung Fragebogen zur Person FD	102
Abbildung 97: Auswertung Fragebogen Garderobensystem FA, Praktikabilität	103
Abbildung 98: Auswertung Fragebogen Garderobensystem FD/E, Akzeptanz	105
Abbildung 99: Auswertung Fragebogen Garderobensystem FF, Zahlungsbereitschaft	105
Abbildung 100: Auswertung Fragebogen Garderobensystem FH, Mehrwert	106
Abbildung 101: Auswertung Fragebogen Küche FA, Praktikabilität	107
Abbildung 102: Auswertung Fragebogen Küche FC, Akzeptanz	108
Abbildung 103: Auswertung Fragebogen Küche FE, Zahlungsbereitschaft	109
Abbildung 104: Auswertung Fragebogen Schranksystem FA, Praktikabilität	110
Abbildung 105: Auswertung Fragebogen Schranksystem FC, Akzeptanz	111
Abbildung 106: Auswertung Fragebogen Schranksystem FE, Zahlungsbereitschaft	112
Abbildung 107: Beispiele für circadiane Rhythmen	113
Abbildung 108: Anatomie des Auges und Aufbau der Netzhaut	114

Abbildung 109: spektrale Hellempfindlichkeitskurven für visuelle (weiß/tagadaptiertes Auge) und melanopische (blau) Lichtwirkung	114
Abbildung 110: visueller Pfad vom Auge zum Sehzentrum; nicht-visueller Pfad: vom Auge bis in die Zirbeldrüse	115
Abbildung 111: Darstellung eines gefestigten circadianen Rhythmus (oben) und eines „freilaufenden“ Rhythmus, wenn der „Zeitgeber“ Licht fehlt (unten)	115
Abbildung 112: spektrale Linsentransmission abhängig von der Wellenlänge bei verschiedenen Altersgruppen	116
Abbildung 113: Pupillendurchmesser abhängig von der Leuchtdichte bei verschiedenen Altersgruppen	117
Abbildung 114: Bewertung der Lichteinfallswinkel in Bezug auf nicht-visuelle Wirkungen	120
Abbildung 115: Empfehlung eines Tagesverlaufs für Alten- und Pflegeheime.....	121
Abbildung 116: Simulationsergebnisse der Tageslichtversorgung, durchgeführt und bewertet nach DIN EN 17037: nur das Schlafzimmer ist ausreichend mit Tageslicht versorgt	126
Abbildung 117: li.: Grundriss mit untersuchten Aufenthaltsorten; re.: Ausschnitt aus Relux-Model mit Messfläche für Position Wohnzimmer, auf dem Sofa sitzend mit Blick in Richtung Fenster (0°, horizontal); Pfeile geben jeweils die Blickrichtung an.....	127
Abbildung 118: Ergebnis der Tageslichtautonomie für die Position Wohnzimmer, auf dem Sofa sitzend mit Blick gerade in Richtung Fenster (0°, horizontal).....	128
Abbildung 119: Ergebnis der Tageslichtautonomie für die Position Schlafzimmer, im Bett sitzend mit Blick geradeaus (0°, horizontal)	128
Abbildung 120: Ergebnis der Tageslichtautonomie für die Positionen in der Küche, Gruppe 1 = auf dem Stuhl sitzend mit Blick parallel zum Fenster (0°, horizontal), Gruppe 2 = auf dem Stuhl sitzend mit Blick gerade aus dem Fenster (0°, horizontal).....	129
Abbildung 121: Bestandsbeleuchtung mit wohnraumtypischen Leuchten	130
Abbildung 122: Leuchtdichteaufnahme für die Position Wohnzimmer, auf dem Sofa sitzend mit Blick nach unten (-45°) - Messpunkt: 2.1.x_KL (max. 848,90cd/m ²).....	132
Abbildung 123: Wohnzimmer, Leuchten für Workshop mit Probanden-Befragungen (von li. nach re.: Pendelleuchte L01.3.2, Wandfluter L02.3, Hohlkehle L02.2); detaillierte Informationen zu den Leuchten befinden sich in den Leuchtenbüchern im Anhang	137
Abbildung 124: Schlafzimmer, Lichtband unter dem Bett als Nachtlicht (Fotos aus der Musterwohnung in Freilassing)	138
Abbildung 125: Leuchtenplan nach Anpassung der vorhandenen Beleuchtung an die Bedürfnisse von älteren Menschen. 138	
Abbildung 126: 3D-Modell der Küche; links der Tür: Apothekerschränke, statische Arbeitsplatte und Rollcontainer; rechts der Tür (von li. nach re.): Kühlschrank, Geschirrspüler, höhenverstellbare Arbeitsplatte (mit Waschbecken, Abfalleimer mit Einwurf-Öffnung in der Arbeitsplatte und Kochfeld), Backofen und Stauraum darunter, in den Oberschränken ist weiterer Stauraum vorhanden.....	139
Abbildung 127: sensorgesteuerte Möbelbeleuchtung in der Küche - li.: Lichtband im Oberschrank L05.2.1; re.: Lichtband in Schublade L05.3; detaillierte Informationen zu den Leuchten befinden sich in den Leuchtenbüchern im Anhang	140
Abbildung 128: Skizze zur Schubladenbeleuchtung im Handlauf.....	141
Abbildung 129: vertikales Anbau-Lichtband L05.4.1 für Fachböden und Haltestange (ohne Beleuchtung)	141
Abbildung 130: sensorgesteuerte Möbelbeleuchtung im Schlafzimmer - Kleiderschrank leuchtet von innen und unterstützt das Finden von Kleidungsstücken; detaillierte Informationen zu den Leuchten befinden sich in den Leuchtenbüchern im Anhang	141
Abbildung 131: Steuerungsplan inkl. Schalter, Sensoren und Funk-Modulen für Leuchten; detaillierte Informationen zu den Leuchten und den zugehörigen Funk-Modulen befinden sich im Leuchtenbuch im Anhang.....	143
Abbildung 132: Organigramm mit Auswahl-Prozess der recherchierten Studien	148
Abbildung 133: Grundriss mit Messpositionen; Pfeile geben jeweils die Blickrichtung an	151
Abbildung 137: Messaufbau für die Position Schlafzimmer, in der Tür stehend mit Blick auf das Bett (-15°).....	152
Abbildung 136: Messaufbau für die Position Schlafzimmer, im Bett liegend mit Blick nach oben (+75°).....	152
Abbildung 134: Messaufbau für die Position Wohnzimmer, auf dem Sofa sitzend mit Blick nach unten (-45°); detaillierte Informationen zum Messaufbau befinden sich im Anhang.....	152
Abbildung 135: Messaufbau der Position Badezimmer, vor dem Spiegel sitzend mit Blick geradeaus in den Spiegel (0°, horizontal)	152
Abbildung 138: Ergebnisse der Tageslichtautonomie inkl. Anteil Pendelleuchte und Wandfluter; Gruppe 1 = Aktivierungsszene, Gruppe 2 = Tagesszene.....	155
Abbildung 139: Ergebnisse der Tageslichtautonomie inkl. Anteil der Hohlkehle; Gruppe 1 = Aktivierungsszene, Gruppe 2 = Tagesszene	155
Abbildung 140: Leuchtdichteaufnahmen für die Position Wohnzimmer, auf dem Sofa sitzend mit Blick geradeaus (0°, horizontal) - li.: Messpunkt 2.2.9nwn-0 (2 = Hohlkehle: im Mittel 13.370cd/m ²); re.: Messpunkt 3.2.9nwn-0 (5 =	

Pendelleuchte: im Mittel 1.287cd/m ² ; detaillierte Informationen zu den Messpunkten befinden sich in den Messprotokollen im Anhang	156
Abbildung 141: Alters- und Geschlechterverteilung der 22 Probanden.....	159
Abbildung 142: Frage 2 zur vorhandenen Erfahrung von dynamisch-tageszeitenabhängiger Beleuchtung; 18% der Befragten gaben an bereits Vorkenntnisse zu haben	160
Abbildung 143: Lichtszene „morgens Aktivierung“ von Hohlkehle (Prototyp); während der Befragung war nur die Hohlkehle eingeschaltet (7.000K, 100% Helligkeit); Position im Wohnzimmer, auf dem Sofa sitzend mit Blick geradeaus (0°, horizontal), Messpunkt: 2.2.9kwn-0; Ergebnisse der Leuchtdichteaufnahmen befinden sich im Messprotokoll im Anhang	161
Abbildung 144: Fragen 3 und 4 zur Zufriedenheit der Hohlkehle während der Vormittagsszene (Aktivierung); MEDI 301lx und 5.863K am Auge	161
Abbildung 145: Lichtszene „tagsüber“ von Hohlkehle (Prototyp); während der Befragung war nur die Hohlkehle eingeschaltet (4.500K, 100% Helligkeit); Position im Wohnzimmer, auf dem Sofa sitzend mit Blick geradeaus (0°, horizontal), Messpunkt: 2.2.9nwn-0; Ergebnisse der Leuchtdichteaufnahmen befinden sich im Messprotokoll im Anhang.....	162
Abbildung 146: Fragen 5. und 6. zur Zufriedenheit der Hohlkehle während der Tagesszene; MEDI 406lx und 3.807K am Auge	163
Abbildung 147: Frage 7. zur Blendung durch die Hohlkehle; 91% der Befragten fühlte sich nicht geblendet	163
Abbildung 148: Frage 8. zum Flimmern der Hohlkehle; 95% der Befragten nahmen kein Flimmern wahr	163
Abbildung 149: Frage 9 zur Nutzungsbereitschaft zu Hause; 59% der Befragten können sich die Hohlkehle zu Hause vorstellen.....	164
Abbildung 150: Lichtszene „morgens Aktivierung“ von Wandfluter und Pendelleuchte (Leuchtenkombination); während der Befragung waren nur die Wandfluter und die Pendelleuchte eingeschaltet (6.500K, 100% Helligkeit); Position im Arbeitszimmer, auf dem Sofa sitzend mit Blick geradeaus (0°, horizontal), Messpunkt: 3.2.9kwn-0; Ergebnisse der Leuchtdichteaufnahmen befinden sich im Messprotokoll im Anhang	164
Abbildung 151: Fragen 10. und 11. zur Zufriedenheit der Wandfluter und Pendelleuchte während der Vormittagsszene (Aktivierung); MEDI 533lx und ca. 5.700K am Auge	165
Abbildung 152: Lichtszene „tagsüber“ für Wandfluter und Pendelleuchte; während der Befragung waren nur die Wandfluter und die Pendelleuchte eingeschaltet (4.500K, 100% Helligkeit); Position im Arbeitszimmer, auf dem Sofa sitzend mit Blick geradeaus (0°, horizontal), Messpunkt: 3.2.9nwn-0; Ergebnisse der Leuchtdichteaufnahmen befinden sich im Messprotokoll im Anhang	165
Abbildung 153: Fragen 12. und 13. zur Zufriedenheit der Wandfluter und Pendelleuchte während der Tagesszene; MEDI 776lx und ca. 3.900K am Auge	166
Abbildung 154: Frage 14. zur Blendung durch die Leuchtenkombination; 95% der Befragten fühlte sich nicht geblendet ..	166
Abbildung 155: Frage 15. zum Flimmern der Leuchtenkombination; 95% der Befragten nehmen kein Flimmern wahr	167
Abbildung 156: Frage 16 zur Nutzungsbereitschaft zu Hause; 86% der Befragten können sich die Leuchtenkombination zu Hause vorstellen.....	167
Abbildung 157: Frage 17. zur Präferenz der vorgestellten Lichtlösungen	168
Abbildung 158: Lichtszene „abends“; während der Befragung waren die Stehleuchten neben dem Sofa und in der rechten vorderen Raumecke sowie die Tischleuchte auf dem Wandboard eingeschaltet (2.700K, 100% Helligkeit); Position im Wohnzimmer, auf dem Sofa sitzend mit Blick geradeaus (0°, horizontal), Messpunkt: 2.2.9wwn-0; Ergebnisse der Leuchtdichteaufnahmen befinden sich im Messprotokoll im Anhang	168
Abbildung 159: Fragen 18. und 19. zur Zufriedenheit der Abendszene; MEDI 50lx und ca. 2.450K am Auge	169
Abbildung 160: Frage 20 zur Zufriedenheit der Abendszene für die Tätigkeiten „lesen“ und „sich mit jemandem unterhalten“	169
Abbildung 161: Frage 21 zur Nutzungsbereitschaft zu Hause; 86% der Befragten kann sich eine dynamisch-tageszeitenabhängige Beleuchtung zu Hause vorstellen	170
Abbildung 162: Frage 22 zu den Bedenken in Bezug auf eine dynamisch-tageszeitenabhängige Beleuchtung; 73% der Befragten äußerte keine Bedenken.....	170
Abbildung 163: Frage 23. zu den gewünschten Maßnahmen, um Bedenken in Bezug auf eine dynamisch-tageszeitenabhängige Beleuchtung auszuräumen	171
Abbildung 164: Frage 24. zur Bereitschaft, mehr Geld für eine dynamisch-tageszeitenabhängigen Beleuchtung auszugeben; 82% der Befragten bejahten diese Frage	171
Abbildung 165: Frage 1 zur vorhandenen Erfahrung von smarter Lichtsteuerung; 41% der Befragten gaben an bereits Vorkenntnisse zu haben	172
Abbildung 166: Frage 2 zur intuitiven Nutzung des Systems; 86% der Befragten empfanden die Lichtsteuerung als intuitiv	172
Abbildung 167: Frage 3 zu fehlenden Funktionen; 23% der Befragten wünschten sich zusätzliche Funktionen.....	173
Abbildung 168: Frage 4 zur empfundenen Nutzung der Schalter	173

Abbildung 169: Frage 5 zur Bereitschaft der Steuerung per Smartphone; 73% der Befragten können sich die Steuerung per Smartphone vorstellen.....	174
Abbildung 170: Frage 6 zur Nutzungsbereitschaft zu Hause; 91% der Befragten können sich eine smarte Lichtsteuerung zu Hause vorstellen.....	174
Abbildung 171: Frage 7 zu den Bedenken; 68% der Befragten hat keine Bedenken in Bezug auf eine smarte Lichtsteuerung	174
Abbildung 172: Frage 8 zu den gewünschten Maßnahmen, um Bedenken in Bezug auf eine smarte Lichtsteuerung auszuräumen.....	175
Abbildung 173: Frage 9 zur selbstständigen Inbetriebnahme des Steuerungssystems; 64% der Befragten kann sich vorstellen, die Inbetriebnahme selbst durchzuführen	175
Abbildung 174: Frage 10. zum sozialen Umfeld; 73% der Befragten gaben an, jemanden im Umfeld zu haben, der/die das Steuerungssystem in Betrieb nehmen kann.....	176
Abbildung 175: Frage 11. zur Bereitschaft, mehr Geld für ein smartes Steuerungssystem auszugeben; 86% der Befragten bejahten diese Frage	176
Abbildung 176: Frage 1 zum Besitz von Nachtluchtern; 20% der Befragten gaben an, zu Hause bereits Nachtluchter zu verwenden	177
Abbildung 177: Nachtlucht unter dem Bett (2.700K, 100% Helligkeit); Position im Schlafzimmer, in der Tür stehend mit Blick auf das Bett gerichtet (-15°), Messpunkt: 1.2.6wwn-15; Ergebnisse der Leuchtdichteaufnahmen befinden sich im Messprotokoll im Anhang	177
Abbildung 178: Fragen 2 und 3 zur Zufriedenheit des Nachtluchts unter dem Bett; MEDI 1,3lx und 2.029K am Auge (Position „in der Tür stehend mit Blick auf das Bett“).....	178
Abbildung 179: Frage 4 zur Nutzungsbereitschaft zu Hause; 90% der Befragten kann sich dieses Nachtlucht unter dem Bett zu Hause vorstellen	178
Abbildung 180: Frage 5 zur Zufriedenheit des Nachtluchts im Flur.....	178
Abbildung 181: Lichtszene „nachts“; während der Befragung waren nur die Spiegelleuchten eingeschaltet (2.200K, 10% Helligkeit); Position im Badezimmer, in der Tür stehend mit Blick nach unten (-10°), Messpunkt: 5.3.2swwn-10; Ergebnisse der Leuchtdichteaufnahmen befinden sich im Messprotokoll im Anhang.....	179
Abbildung 182: Lichtszene „nachts“; während der Befragung waren nur die Spiegelleuchten eingeschaltet (2.200K, 10% Helligkeit); Position im Badezimmer, vor dem Spiegel stehend mit Blick geradeaus (0°, horizontal), Messpunkt: 5.1.2swwn-0; Ergebnisse der Leuchtdichteaufnahmen befinden sich im Messprotokoll im Anhang.....	179
Abbildung 183: Fragen 6 und 7 zur Zufriedenheit des Nachtluchts im Badezimmer; MEDI 15,1lx und 2.189K am Auge (Position „vor dem Spiegel stehend“); MEDI 1,0lx und 2.070K am Auge (Position „in der Tür stehend mit Blick auf die Toilette“)	180
Abbildung 184: Lichtszene „morgens Aktivierung“; während der Befragung waren alle Leuchten eingeschaltet (Deckenleuchte: 6.500K, 100% Helligkeit; Spiegelleuchten: 5.300K, 70% Helligkeit); Position im Badezimmer, in der Tür stehend mit Blick nach unten (-10°), Messpunkt: 5.3.3kwn-10; Ergebnisse der Leuchtdichteaufnahmen befinden sich im Messprotokoll im Anhang	181
Abbildung 185: Lichtszene „morgens Aktivierung“; während der Befragung waren alle Leuchten eingeschaltet (Deckenleuchte: 6.500K, 100% Helligkeit; Spiegelleuchten: 5.300K, 70% Helligkeit); Position im Badezimmer, vor dem Spiegel stehend mit Blick geradeaus (0°, horizontal), Messpunkt: 5.1.3kwn-0; Ergebnisse der Leuchtdichteaufnahmen befinden sich im Messprotokoll im Anhang	181
Abbildung 186: Lichtszene „tagsüber“; während der Befragung waren alle Leuchten eingeschaltet (Deckenleuchte: 4.500K, 100% Helligkeit; Spiegelleuchten: 4.500K, 70% Helligkeit); Position im Badezimmer, in der Tür stehend mit Blick nach unten (-10°), Messpunkt: 5.3.3nwn-10; Ergebnisse der Leuchtdichteaufnahmen befinden sich im Messprotokoll im Anhang.....	182
Abbildung 187: Lichtszene „tagsüber“; während der Befragung waren alle Leuchten eingeschaltet (Deckenleuchte: 4.500K, 100% Helligkeit; Spiegelleuchten: 4.500K, 70% Helligkeit); Position im Badezimmer, vor dem Spiegel stehend mit Blick geradeaus (0°, horizontal), Messpunkt: 5.1.3nwn-0; Ergebnisse der Leuchtdichteaufnahmen befinden sich im Messprotokoll im Anhang	182
Abbildung 188: Lichtszene „abends“; während der Befragung waren die Spiegelleuchten und der Indirektanteil der Deckenleuchte eingeschaltet (Deckenleuchte: 2.700K, Indirektanteil: 100% Helligkeit, Direktanteil: 0%; Spiegelleuchten: 2.700K, 100% Helligkeit); Position im Badezimmer, in der Tür stehend mit Blick nach unten (-10°), Messpunkt: 5.3.3wwn-10; Ergebnisse der Leuchtdichteaufnahmen befinden sich im Messprotokoll im Anhang.....	183
Abbildung 189: Lichtszene „abends“; während der Befragung waren die Spiegelleuchten und der Indirektanteil der Deckenleuchte eingeschaltet (Deckenleuchte: 2.700K, Indirektanteil: 100% Helligkeit, Direktanteil: 0%; Spiegelleuchten: 2.700K, 100% Helligkeit); Position im Badezimmer, vor dem Spiegel stehend mit Blick geradeaus (0°, horizontal), Messpunkt: 5.1.3wwn-0; Ergebnisse der Leuchtdichteaufnahmen befinden sich im Messprotokoll im Anhang.....	183

Abbildung 190: Frage 1 zur allgemeinen Zufriedenheit der Beleuchtung im Badezimmer; Aktivierung: MEDI 490lx und ca. 5.400K am Auge; tagsüber: MEDI 511lx und ca. 3.850K am Auge; abends: MEDI 244lx und ca. 2.600K am Auge (Position „vor dem Spiegel stehend“)	184
Abbildung 191: Frage 2 zur Nutzungsbereitschaft zu Hause; alle Befragten können sich die Deckenleuchte mit den wechselnden Lichtszenen zu Hause vorstellen	184
Abbildung 192: Frage 3 zur Blendung; kein Befragter fühlte sich beim Blick in den Spiegel geblendet	185
Abbildung 193: Frage 4 zur Nutzungsbereitschaft zu Hause; 90% der Befragten kann sich eine dynamisch-tageszeitenabhängige Spiegelbeleuchtung zu Hause vorstellen	185
Abbildung 194: Frage 5 zur Bereitschaft, mehr Geld für eine dynamisch-tageszeitenabhängigen Spiegelbeleuchtung auszugeben; 80% der Befragten bejahten diese Frage	185

8.4. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Entwicklung der Raumgrößen für Bad und WC (1970-2019)	16
Tabelle 2: Auswertung Fragebogen Küche FD, Zahlungsbereitschaft	108
Tabelle 3: Auswertung Fragebogen Schranksystem FD, Zahlungsbereitschaft	111
Tabelle 4: Korrekturfaktoren für die verringerte Linsentransmission	123
Tabelle 5: Korrekturfaktoren für den verkleinerten Pupillendurchmesser	123
Tabelle 6: Lichtbedarf für verschiedene Altersgruppen; MEDI-Werte in lx	124
Tabelle 7: melanopischer Tageslicht-Effizienzfaktor (MDER) für verschiedene Norm-Lichtquellen	125
Tabelle 8: Empfehlungen für die Tageslichtversorgung nach DIN EN 17037	125
Tabelle 9: Simulationsergebnisse der Tageslichtversorgung, durchgeführt und bewertet nach DIN EN 17037: nur das Schlafzimmer ist ausreichend mit Tageslicht versorgt	126
Tabelle 10: Messergebnisse einer typischen Wohnraumbeleuchtung in 2.700K; die Messprotokolle befinden sich im Anhang	131
Tabelle 11: Vergleich der getesteten Steuerungssysteme (Teil 1)	133
Tabelle 12: Vergleich der getesteten Steuerungssysteme (Teil 2)	134
Tabelle 13: Erfahrungen mit Casambi (Evolution-Modus) – die Tabelle kann unvollständig sein	135
Tabelle 14: Erfahrungen mit Philips Hue (mit Gateway) - die Tabelle kann unvollständig sein	135
Tabelle 15: Erfahrungen mit Ikea Tradfri (mit Gateway) - die Tabelle kann unvollständig sein	136
Tabelle 16: Erfahrungen mit Phoscon Gateway von dresden elektronik - die Tabelle kann unvollständig sein	136
Tabelle 17: Kosten (Listenpreise inkl. MwSt.) für die Raumbelichtung der "gelben" Wohnung in Amerang (Teil 1)	144
Tabelle 18: Kosten (Listenpreise inkl. MwSt.) für die Raumbelichtung der "gelben" Wohnung in Amerang (Teil 2)	145
Tabelle 19: Kosten (Listenpreise inkl. MwSt.) für die Möbelbeleuchtung in der Küche in der "gelben" Wohnung in Amerang	145
Tabelle 20: Kosten (Listenpreise inkl. MwSt.) für die Möbelbeleuchtung im Kleiderschrank der "gelben" Wohnung in Amerang	145
Tabelle 21: Schlüsselwörter für Studienrecherche	147
Tabelle 22: Überblick und Informationen über Messpositionen	151
Tabelle 23: Messergebnisse für die Position Wohnzimmer, auf dem Sofa sitzend mit Blick gerade in Richtung Fenster (0°, horizontal); detaillierte Informationen zu den Messpunkten befinden sich in den Messprotokollen im Anhang	153
Tabelle 24: Messergebnisse für die Position Wohnzimmer, auf dem Sofa sitzend mit Blick nach unten (-45°); detaillierte Informationen zu den Messpunkten befinden sich in den Messprotokollen im Anhang	154
Tabelle 25: Messergebnisse der horizontalen Beleuchtungsstärke am Couchtisch	156
Tabelle 26: Messergebnisse für die Positionen im Badezimmer, vor dem Spiegel stehend und sitzend, jeweils mit Blick geradeaus in den Spiegel (0°, horizontal); detaillierte Informationen zu den Messpunkten befinden sich in den Messprotokollen im Anhang	157
Tabelle 27: Messergebnisse des Nachtlichts für die Positionen im Badezimmer, in der Tür stehend mit Blick auf die Toilette (-10°) und vor dem Spiegel stehend und sitzend, jeweils mit Blick geradeaus in den Spiegel (0°, horizontal); detaillierte Informationen zu den Messpunkten befinden sich in den Messprotokollen im Anhang	158
Tabelle 28: Messergebnisse des Nachtlichts für die Positionen im Schlafzimmer, im Bett liegend mit Blick nach oben (+75°) und in der Tür stehend mit Blick auf das Bett (-15°); detaillierte Informationen zu den Messpunkten befinden sich in den Messprotokollen im Anhang	159

9. Weiterführende Links und Downloads

Links zur Projekt-Webseite mit Informationen und Downloads (eingebettet in Webseite der TH Rosenheim):

<https://www.th-rosenheim.de/forschung-innovation/forschungsprojekte/deinhaus-40-oberbayern?>

Video zum Gesamtprojekt:

Das Forschungsprojekt DeinHaus 4.0 Oberbayern – selbstbestimmt leben

<https://www.youtube.com/watch?v=8rsej1LnabM&t=9s>

Video des Raum-in-Raum-Systems:

Raum-in-Raum System für barrierefreie Badezimmer

<https://www.youtube.com/watch?v=6sRmbCtS7Q>

Video zum Mobiliar und der Beleuchtung:

DeinHaus 4.0 Oberbayern: Unterstützende Möbelsysteme und Lichtgestaltung

<https://www.youtube.com/watch?v=3xdO4zmlxbU&t=6s>

10. Anhang

Badezimmer

- Fragebogen
- Codeliste
- Summarys
- Protokolle Beobachtungsstudien

Mobiliar

- Fragebögen
 - Fragebogen zur Person
 - Fragebogen Garderobensystem
 - Fragebogen Schranksystem
 - Fragebogen Küche
- Pläne
 - Schränke
 - Küchen
- Studienarbeiten
 - Pläne Garderobensystem J. Wiesinger
 - Pläne Küchensstische K. Berndt
 - Pläne Küchencontainer F. Lang

Licht

- Leuchtenbuch
- Schalterprogrammierung
- Messprotokolle Bestandsuntersuchung
- Messprotokolle Evaluation
- Workshopunterlagen
 - Versuchsleiterinformationen
 - Einführungspräsentation
 - blanko Fragebögen
- Broschüre „Licht & Gesundheit“