



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna | Austria

DIPLOMARBEIT

Planen und Bauen für Menschen mit Sehbehinderungen - Kennzeichnung von Glasflächen

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades einer
Diplom-Ingenieurin
unter der Leitung von

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Ardeshir Mahdavi
E 259/3 Institut für Bauphysik und Bauökologie

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Architektur und Raumplanung
von

Magdalena Maringer, BSc
Matrikelnummer 0370139

Wien, am 30. Mai 2017

Kurzfassung

Um sich orientieren und sicher bewegen zu können, benötigen Menschen mit Sehbehinderungen kontrastreiche Markierungen von Hindernissen wie beispielsweise Treppen, Glasflächen oder Bahnsteigkanten. Diese Arbeit fokussiert auf Kennzeichnungen von Glasflächen und Glastüren. Für Personen mit Seheinschränkungen sind diese notwendig, um transparente Hindernisse erkennen zu können. ArchitektInnen, auf der anderen Seite, wünschen sich mehr Flexibilität und Gestaltungsspielraum beim Entwurf von Markierungen. Aus dieser Motivation heraus wurde ein Testsetting entwickelt, in dem sehbehinderte Testpersonen die Auswirkung verschiedener Parameter auf die Sichtbarkeit der Markierungen sowie die Präferenz als Markierung beurteilten.

Am Beginn der Arbeit wird eine allgemeine Einführung in die physiologischen Grundlagen des Sehens gegeben. Danach folgt ein Überblick über häufige Sehbehinderungen und die Anforderungen von Menschen mit Sehbehinderungen. Im nächsten Abschnitt wird der Leuchtdichtekontrast behandelt, der neben der Zeichengröße ein Hauptparameter für die Erkennbarkeit von Markierungen ist. Es wird ein Überblick über unterschiedliche Möglichkeiten gegeben, anhand derer man den Kontrast berechnen kann. Schließlich wird die Thematik von Glasflächenkennzeichnungen erläutert. Hierzu wird ein Überblick über die Spezifikationen in Standards und Richtlinien gegeben, sowie Rückmeldungen und Wünsche sehbehinderter Personen dargestellt. In einer Beispielsammlung werden die wichtigsten Punkte anschaulich zusammengefasst.

Die im Test gegenübergestellten Eigenschaften von Glasflächenmarkierungen waren: Durchgehende Markierungen im Vergleich zu unterbrochenen Markierungen, Flächengröße, Anbringungshöhe, Farbe, Anordnung und Anzeige der Türöffnungsseite. Anhand von Versuchsergebnissen (sowohl numerisch als auch durch Aussagen der Probanden) konnten günstigere und weniger günstige Lösungen aufgezeigt werden.

Die Erkenntnisse dieser Arbeit liefern nicht nur einen Beitrag für behindertenfreundliche Gestaltung, sondern kommen nach dem Prinzip des Design for All auch der älteren Bevölkerung und normalsehenden Personen in ungünstigen Situationen, wie beispielsweise unter Stress, bei Ablenkung oder bei suboptimalen Lichtbedingungen zu Gute.

Abstract

This master thesis focuses on the marking of glass with high contrasting indicators in view of the special requirements of people with visual impairment. Such people may have difficulties in identification of glass surfaces as obstacles. This can lead to accidents and injuries. This circumstance can be alleviated by applying appropriate visual indicators on glass surfaces that would be otherwise difficult to detect. Toward this end, guidelines and regulations exist in respective standards for barrier-free construction. However, designers appear to be reluctant in implementing such measures. Moreover, the range of preferences and options with regard to the design and positioning of such markers are not fully understood. This circumstance motivated the research presented in this work. In an original experimental set-up, people with impaired vision evaluated various design solutions for such visual indicators, regarding their visibility and perceptibility. Thereby, the following aspects of the indicators were investigated: design of signs (continuous versus discontinuous), size, arrangement, vertical placement, colour and opening signage. The results (both objective measurements of visibility and subjective feedback from the participants) facilitate the identification of preferable design solutions for visual indicators. As such, they are not only valuable toward accommodation of the special requirements of sight impaired persons, but can also support fully sighted people in inauspicious situations (e.g. under sub-optimal lighting situations, stress or distraction).

Vorwort

Ob es uns gefällt oder nicht, wir sind einer der rund 7,5 Milliarden Menschen, die diesen wunderschönen Planeten bevölkern und tagtäglich mit unseren Mitmenschen konfrontiert. So unterschiedlich unsere Kulturen, Alltage, Weltanschauungen und Überzeugungen auch sein mögen, wir sind alle im selben Boot und unsere Handlungen haben nicht nur Auswirkungen auf unser Leben sondern auch auf das Leben unserer Mitmenschen. Eine Kette ist nur so stark, wie ihr schwächstes Glied. Bricht dieses, ist die ganze Kette zerstört. Umgekehrt ist es erstaunlich, um wieviel stärker ein einzelner Faden wird, wenn er dieselbe Last mit anderen Fäden tragen kann. Viele Fäden werden zu einer Schnur, die weitaus belastbarer ist, als ein einzelner Faden. Ich persönlich bin zutiefst davon überzeugt, dass das Stärken der Schwächsten unserer Gesellschaft wichtig ist und letztendlich allen und somit auch mir selbst zugutekommt. Dr. Wolf, der Präsident des Blinden- und Sehbehindertenverbandes Österreich (BSVÖ) drückt das mit folgenden Worten so treffend aus: Nur gemeinsam sind wir stark.

Allein kann man oft nur wenig ausrichten und so möchte ich mich in diesem Sinne bei all jenen bedanken, ohne die diese Diplomarbeit in vorliegender Form nicht möglich gewesen wäre. Allen voran bei Hr. DI Nico Hauck für die unzähligen Gespräche, Hilfestellungen und das photometrische Vermessen des Versuchsaufbaus. Ebenfalls bei Fr. DI Doris Ossberger, Referentin für Barrierefreies Bauen des Blinden- und Sehbehindertenverbandes Österreich (BSVÖ) und Fr. Ing. Maria Grundner, Vorsitzende der ÖNORM 1600, die mir immer mit Rat und Tat zur Seite gestanden sind. Dem BSVÖ und der Hilfsgemeinschaft für Blinde und Sehschwache (HG) danke ich für Finanzierung des Versuchsaufbaus sowie für die Unterstützung bei der ProbandInnenakquise. Dem Blinden und Sehbehindertenverband Wien Niederösterreich Burgenland (BSVWNB) danke ich für die Räumlichkeiten, die ich für die Versuche nutzen durfte. Weiters möchte ich mich bei der Firma Smart Minerals für die kostenfreien LRV-Messungen der Materialproben bedanken. Danke an das Konsortium des Forschungsprojektes ViDeA (Visual Design for all, gefördert von der FFG Nr. 844158), besonders Hr. Prof. Ardeshir Mahdavi für alles, was ich bei der Mitarbeit lernen durfte. Meinen Eltern und meinem Partner möchte ich für die Unterstützung während des Studiums und speziell während meiner Diplomarbeit danken. Danke, dass ihr mich jedes Mal wieder aufbaut und auf Kurs gebracht habt, wenn die Fertigstellung des Studiums und der Diplomarbeit unmöglich schien.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung.....	3
Vorwort	7
Glossar.....	12
1 Einleitung	15
1.1 Motivation	15
1.2 Fragestellung	16
1.3 Aufbau und Inhalt der Arbeit	16
2 Hintergrund	17
2.1 Visuelle Wahrnehmung	17
2.1.1 Physiologische Grundlagen	18
2.1.2 Sehleistung	23
2.2 Sehbehinderung	34
2.2.1 Definition, Einteilung und Statistik.....	34
2.2.2 Die häufigsten Sehbehinderungen	35
2.2.3 Anforderungen von Menschen mit Sehbehinderungen.....	42
2.2.4 Design for All	45
2.3 Leuchtdichtekontrast	46
2.3.1 Größen und Einheiten	46
2.3.2 Definition und Formeln	49
2.4 Glasflächenkennzeichnungen.....	54
2.4.1 Rechtliche Situation.....	54
2.4.2 Spezifikationen in Normen und Richtlinien.....	55
2.4.3 Wünsche seitens Personen mit Seheinschränkungen.....	64
2.4.4 Beispielsammlung.....	67
3 Methode	72
3.1 Entwicklung des Versuchsdesigns	72

3.2	Versuchsaufbau	73
3.2.1	Versuchsanordnung.....	73
3.2.2	Beleuchtung.....	74
3.2.3	Getestete Designs.....	75
3.2.4	Photometrische Vermessung	80
3.3	Testpersonen.....	84
3.4	Versuchsablauf	84
3.5	Ermittelte Bewertungsparameter und Auswertung	85
4	Ergebnisse	87
4.1	Ergebnisse der einzelnen Design-Vergleiche	87
4.2	Ranking der Bewertungsparameter	118
5	Diskussion	123
5.1	Zusammenfassende Auswertung (Referenzdesign A).....	123
5.2	Fragestellungen	127
5.2.1	Farbe.....	127
5.2.2	Unterbrochene Designs.....	129
5.2.3	Anordnung unterbrochener Designs (Referenzdesign B).....	131
5.2.4	Flächengröße	132
5.2.5	Anbringungshöhe	133
5.2.6	Satinierte Kennzeichnung.....	135
5.2.7	Türöffnung (Referenzdesign C).....	136
5.2.8	Schwellenmessung bei besser sehenden Testpersonen (Referenzdesign D)	138
6	Schlussfolgerung und Empfehlungen	140
6.1	Empfehlung für die Normung.....	142
6.2	Künftige Forschung.....	142
	Literaturverzeichnis.....	144
	Abbildungsverzeichnis	149
	Tabellenverzeichnis	154

Anhang	156
A) Bewertungsparameter pro Design-Vergleich.....	156
B) Ergebnisse der LRV-Messungen	158
C) Testpersonen (deskriptive Statistik).....	159
D) Versuchsprotokoll	161
E) Curriculum Vitae.....	162

Glossar

Adaptation

Anpassung des Auges an unterschiedliche Leuchtdichten im Bereich von etwa 10^{-6} $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ bis etwa 10^5 $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ (Siehe 2.1.2).

Adaptationsleuchtdichte L_{ad}

Leuchtdichte, auf die sich das Auge eingestellt (adaptiert) hat.

Akkommodation

Fähigkeit des Auges, unterschiedlich weit entfernte Gegenstände scharf auf der Netzhaut abzubilden.

Besser sehende Testperson

Testperson, die bei dem jeweiligen Testdurchlauf die getesteten Designs von der ersten Testposition (12,5 m Abstand zu den Designs) erkennen konnte. (Je nach Designs und Beleuchtungssituation konnte dieselbe Person bei einem Testdurchlauf eine besser sehende und bei einem anderen Testdurchlauf eine schlechter sehende Testperson sein, siehe auch 3.4).

Blendung

Störung des visuellen Systems, ausgelöst durch zu hohe Helligkeiten.

CIE

Internationale Beleuchtungskommission (Commission Internationale de l'Eclairage)

Design

Entwurf für eine Glasflächenkennzeichnung, die im Versuch bewertet wurde (Siehe 3.2.3).

Design-Vergleich

Kombination von zwei Designs (Design und Referenzdesign), die in einem Versuchsdurchgang verglichen wurden.

Gesichtsfeld

Wahrnehmungsbereich bei geradeaus gerichtetem Blick und fixiertem Kopf (Siehe 2.1.1).

Glasflächenkennzeichnung

Kennzeichnung von Glasflächen oder anderen transparenten Hindernissen anhand kontrastreicher Markierungen, zur Kenntlichmachung für Personen mit Seheinschränkungen

Kontrastempfindlichkeit

Fähigkeit des visuellen Systems, Helligkeitsunterschiede wahrnehmen zu können. Üblicherweise angegeben als Kehrwert des wahrnehmbaren Kontrastes (Siehe 2.1.2).

Leuchtdichte L

Menge an Licht, die von einer Fläche in eine bestimmte Richtung abgestrahlt wird. Sie ist abhängig vom Beobachterstandpunkt und die einzige lichttechnische Größe, die vom menschlichen Auge als Helligkeit wahrgenommen werden kann. Die Einheit ist Lichtstärke pro Fläche: $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ (Siehe 2.3.1).

Leuchtdichtekontrast

Mathematisches Verhältnis zweier Leuchtdichten (Siehe 2.3)

Lichtreflexionsgrad (LRV)

Reflexionsgrad gemessen unter definierten Bedingungen (Siehe 2.3.1)

Makula

Auch Gelber Fleck genannt, jene Stelle der Netzhaut mit der größten Dichte von Sehzellen und damit der Bereich der höchsten Sehschärfe und höchsten räumlichen Auflösung.

Mesopisches Sehen

Sogenanntes Dämmerungssehen, Funktionsweise des visuellen Systems bei Leuchtdichten von etwa $0,001 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ bis etwa $10 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$.

Photopisches Sehen

Sogenanntes Tagsehen, Funktionsweise des visuellen Systems bei Leuchtdichten ab etwa $10 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$;

Präferenz besser sehender Testpersonen (P_b)

Bewertungsparameter in den durchgeführten Versuchen, der die subjektive Bevorzugung der Testpersonen für ein Design als Glasflächenkennzeichnung beschreibt. P_b wurde bei 4 Testpositionen erfragt (Siehe 3.5).

Präferenz schlechter sehender Testpersonen (P_s)

Bewertungsparameter in den durchgeführten Versuchen, der die subjektive Bevorzugung der Testpersonen für ein Design als Glasflächenkennzeichnung beschreibt. P_s wurde bei Erkennbarkeit beider Designs erfragt (Siehe 3.5).

Referenzdesign

Design, das in einem Design-Vergleich als Referenz für das getestete Design diene (Siehe 3.2.3).

Reflexionsgrad (ρ)

Verhältnis zwischen reflektierter und einfallender Menge einer Energiegröße, im Falle der Lichttechnik des Lichtstroms (Siehe 2.3.1)

Schlechter sehende Testperson

Testperson, die bei dem jeweiligen Testdurchlauf die getesteten Designs von der ersten Testposition (12,5 m Abstand zu den Designs) nicht erkennen konnte. (Je nach Designs und Beleuchtungssituation konnte dieselbe Person bei einem Testdurchlauf eine schlechter sehende und bei einem anderen Testdurchlauf eine besser sehende Testperson sein, siehe 3.4).

Sichtbarkeit besser sehender Testpersonen (S_b)

Bewertungsparameter in den durchgeführten Versuchen, der die Wahrnehmung der Glasflächenkennzeichnung beschreibt. S_b wird ermittelt anhand subjektiver Vergleiche der Designs (Siehe 3.5).

Sichtbarkeit schlechter sehender Testpersonen (S_s)

Bewertungsparameter in den durchgeführten Versuchen, der die Wahrnehmung der Glasflächenkennzeichnung beschreibt. S_s wird ermittelt anhand der prozentuellen Abweichungen der Erkennbarkeitsschwellen beider Designs (Siehe 3.5).

Skoptopisches Sehen

Sogenanntes Nachtsehen, Funktionsweise des Visuellen Systems bei Leuchtdichten von etwa $10^{-6} \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ bis etwa $0,001 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$

Skotom

Gesichtsfeldausfall, kann relativ sein, dann werden Objekte verwaschen oder verzerrt wahrgenommen oder absolut, dann werden die Objekte nicht wahrgenommen

Türöffnungsseite

Jene Seite der Tür, an der sich die Türdrückergarnitur befindet beziehungsweise jenes Ende einer automatischen Schiebetüre, das sich zuerst bewegt.

Visus

Maß für die Sehschärfe, In Österreich üblicherweise als Dezimalvisus angegeben: Kehrwert des kleinsten Seh winkels (in Bogenminuten), unter dem zwei benachbarte Objektpunkte gerade noch getrennt voneinander wahrgenommen werden können (Siehe 2.1.2).

1 Einleitung

1.1 Motivation

Mit der Ratifizierung der UN-Konvention über die Rechte von Menschen mit Behinderungen (Republik Österreich, 2008) hat sich die Republik Österreich dazu verpflichtet, die Menschenrechte von Menschen mit Behinderungen zu fördern und zu schützen und ihnen eine gleichberechtigte Teilhabe in allen Bereichen des Lebens zu ermöglichen. In Artikel 9 Abs. 1 der Konvention steht:

„Um Menschen mit Behinderungen eine unabhängige Lebensführung und die volle Teilhabe in allen Lebensbereichen zu ermöglichen, treffen die Vertragsstaaten geeignete Maßnahmen mit dem Ziel, für Menschen mit Behinderungen den gleichberechtigten Zugang zur physischen Umwelt, zu Transportmitteln, [...] die der Öffentlichkeit in städtischen und ländlichen Gebieten offenstehen oder für sie bereitgestellt werden, zu gewährleisten. Diese Maßnahmen, welche die Feststellung und Beseitigung von Zugangshindernissen und -barrieren einschließen, gelten unter anderem für Gebäude, Straßen, Transportmittel sowie andere Einrichtungen in Gebäuden und im Freien.“

Weiters heißt es in Artikel 9 Abs.2

„Die Vertragsstaaten treffen außerdem geeignete Maßnahmen, um Mindeststandards und Leitlinien für die Zugänglichkeit von Einrichtungen und Diensten, die der Öffentlichkeit offenstehen oder für sie bereitgestellt werden, auszuarbeiten und zu erlassen und ihre Anwendung zu überwachen“

In Österreich wird Barrierefreies Bauen in der ÖNORM B 1600: Barrierefreies Bauen – Planungsgrundlagen (ÖNORM B 1600:2017) und der OIB Richtlinie 4: Nutzungssicherheit und Barrierefreiheit (OIB, 2015) geregelt. Allgemein gilt zu sagen, dass Maßnahmen zur Barrierefreiheit für alle Menschen von Nutzen sind. So sind z.B. Gehsteigabsenkungen im Kreuzungsbereich nicht mehr wegzudenken und erleichtern auch Personen mit Kinderwägen oder Rollkoffern die Mobilität.

Diese Arbeit fokussiert auf Maßnahmen für Menschen mit Sehbehinderungen, konkret auf die Kennzeichnung von Glasflächen anhand kontrastreicher Markierungen. Von derartigen Markierungen, die für eine sichere Mobilität sehbehinderter Personen essentiell sind, profitieren auch ältere Personen sowie normalsehende Personen bei schwierigen Beleuchtungsverhältnissen, in Stresssituationen oder bei Ablenkung. Die Notwendigkeit von Glasflächenkennzeichnungen für Personen mit Seheinschränkungen (erläutert in Abschnitt 2.4.3) ist unbestreitbar. Dennoch sieht man in Gebäuden häufig Markierungen, die für Personen mit Seheinschränkungen unzureichend sind (siehe 2.4.4). Grund dafür ist oftmals die Tatsache, dass Glas von ArchitektInnen bewusst als transparentes Gestaltungselement eingesetzt wird und die Durchsicht eben nicht eingeschränkt werden soll. Die in der Norm gegebenen Vorgaben (ÖNORM B 1600:2017) werden von einigen Architekten als zu strikt

empfunden und würden zu wenig Freiheit für gestalterische Lösungsansätze zur Kennzeichnung von transparenten Hindernissen lassen. Interessensvertretungen von Menschen mit Sehbehinderungen auf der anderen Seite, kämpfen oft gegen das Argument, dass die Forderungen sehbehinderter Menschen nicht nachvollziehbar seien. Dies resultiert aus der großen Unterschiedlichkeit von Sehbehinderungen und den teilweise widersprüchlichen Anforderungen (Siehe 2.2.3).

1.2 Fragestellung

Ziel der Arbeit ist in erster Linie, den Interessensvertretungen eine Studie zur Verfügung zu stellen, die die Problematik von Glasflächen und die Anforderungen an deren Kennzeichnung wissenschaftlich beleuchtet. Planern und Planerinnen soll die Notwendigkeit von kontrastreichen Markierungen dargelegt werden. Gleichzeitig soll auf die Wünsche der Planerschaft eingegangen werden und untersucht werden, inwiefern die Vorgaben in der Norm gerechtfertigt sind und gegebenenfalls modifiziert werden könnten.

Hierzu wurde ein eigenes Testsetting entwickelt, in dem verschiedene Designs zu folgenden Fragestellungen getestet wurden:

- Inwieweit kann Farbe die Erkennbarkeit der Kennzeichnungen unterstützen?
- Ist die verlangte Durchgängigkeit der Kennzeichnungen gerechtfertigt? Wie stark wirken sich Unterbrechungen in Markierungen auf deren Erkennbarkeit aus?
- Haben unterschiedliche Anordnungen Auswirkung auf die Erkennbarkeit?
- Inwiefern wirkt sich Flächengröße auf die Erkennbarkeit aus?
- Auf welcher Höhe können bzw. sollen die Kennzeichnungen angebracht werden?
- Dürfen Kennzeichnungen satiniert sein?
- Wie können Türöffnungen gekennzeichnet werden?

1.3 Aufbau und Inhalt der Arbeit

Der theoretische Hintergrund wird in Kapitel 2 dargestellt. Behandelt werden darin Grundlagen der visuellen Wahrnehmung, Einteilung und Auswirkung von Sehbehinderungen, Glasflächenkennzeichnungen und Leuchtdichtekontrast. In Kapitel 3 wird die Methode des Versuches beschrieben: Versuchsaufbau, getestete Designs, ProbandInnen, Versuchsablauf und Auswertung. In Kapitel 4 folgt die Darstellung der Ergebnisse, die im Weiteren in Kapitel 5 diskutiert werden. Kapitel 6 enthält die Zusammenfassung der Arbeit, sowie die aufgrund der Versuchsergebnissen resultierenden Empfehlungen für die Normung und Anregungen für zukünftige Forschung auf diesem Gebiet.

2 Hintergrund

In den folgenden Kapiteln werden theoretische Grundlagen zu visueller Wahrnehmung, Sehbehinderung und lichttechnischen Größen dargestellt. Leuchtdichtekontrast und Glasflächenmarkierungen werden vertieft in gesonderten Kapiteln behandelt, in denen neben den theoretischen Grundlagen auch praxisrelevante Fragen beleuchtet werden.

2.1 Visuelle Wahrnehmung

Schätzungsweise 80 %- 90 % der Informationen über seine Umwelt nimmt der Mensch über den Sehsinn auf. Die visuelle Wahrnehmung resultiert aus einem Zusammenspiel von Auge und Gehirn und ist von vielen Faktoren abhängig. Der Bruchteil elektromagnetischer Strahlung, der vom menschlichen Auge wahrgenommen werden kann, wird als sichtbares Licht bezeichnet und umfasst den Wellenlängenbereich von etwa 400 nm bis etwa 780 nm (siehe Abbildung 2.1). Nachfolgend werden der Sehvorgang und die wichtigsten Einflussfaktoren überblicksmäßig dargestellt.

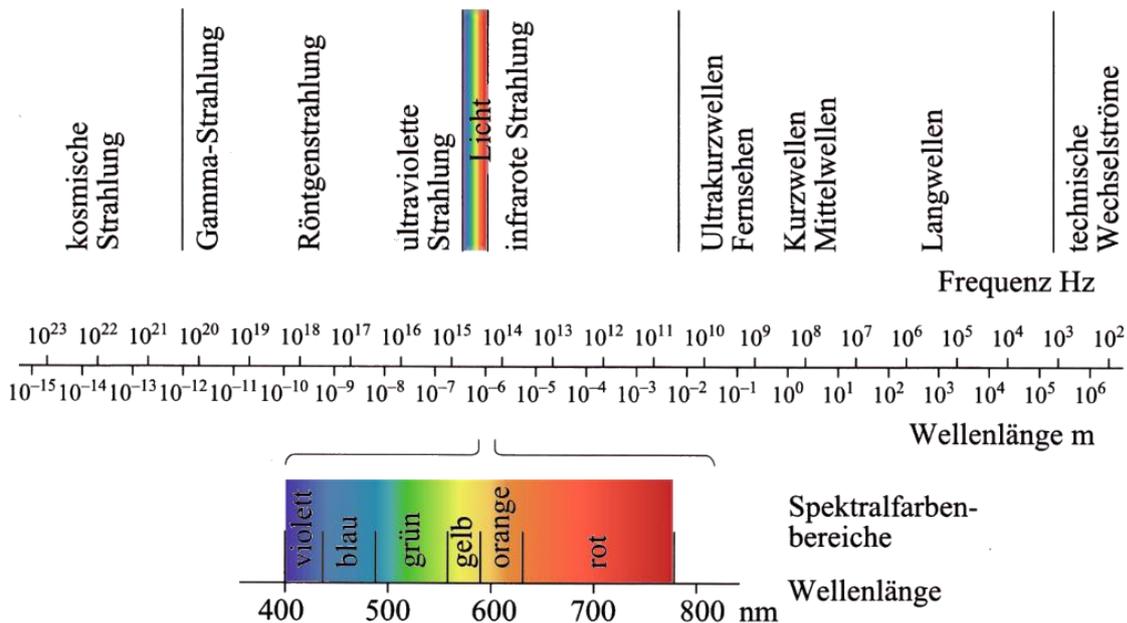
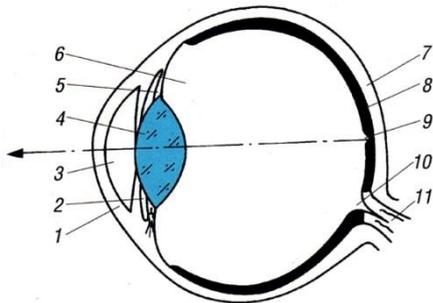


Abbildung 2.1: Wellenlängenbereich des sichtbaren Lichtes (Ris, 2008)

2.1.1 Physiologische Grundlagen

Aufbau des menschlichen Auges



1 Hornhaut; 2 Iris (Pupille); 3 vordere Augenkammer; 4 Linse; 5 Ziliarmuskel; 6 Glaskörper; 7 Lederhaut; 8 Retina (Netzhaut); 9 Fovea centralis (Netzhautgrube); 10 blinder Fleck; 11 Sehnerv

Abbildung 2.2: Vereinfachter Schnitt durch das menschliche Auge (Baer et al., 2006, S.52)

Das Sinnesorgan zur Wahrnehmung optischer Eindrücke ist das Auge, dargestellt in Abbildung 2.2. Es arbeitet näherungsweise nach ähnlichen optischen Prinzipien wie eine Kamera:

Licht fällt durch die Hornhaut (1), den durchsichtigen, vorderen Teil der weißlichen Lederhaut (7) ins Auge hinein. Die Regenbogenhaut (Iris) begrenzt die Pupille (2), die als Blende fungiert und durch ihre veränderbare Größe die Menge des Lichteinfalls regelt. Hinter der Regenbogenhaut befindet sich die Linse (4), die durch die Ziliarmuskel (5) gekrümmt bzw. entspannt werden kann und dadurch auf unterschiedliche Entfernungen scharf stellt

(akkommodiert). Die vordere Augenkammer (3) und der Glaskörper (6) sind mit Flüssigkeiten gefüllt und haben dadurch ebenfalls Einfluss auf den optischen Vorgang. Das Abbild des Sehobjekts trifft verkehrt auf der Netzhaut (Retina) (8) auf, wo sich die lichtempfindlichen Rezeptoren (Stäbchen und Zapfen) befinden (vgl. Abbildung 2.3). Diese werden durch einen komplexen Schaltmechanismus von Horizontalzellen, Bipolar Zellen und Amakrinen Zellen in rezeptive Felder zusammengefasst und an die Ganglienzellen angeschlossen (vgl. Abbildung 2.4). 126 Millionen Rezeptoren konvergieren in diesem Prozess auf 1 Million retinaler Ganglienzellen, wobei die meisten Ganglienzellen Informationen zweier rezeptiver Felder erhalten. Die Axone der Ganglienzellen bilden die Fasern des Sehnervs (Nervus Opticus) (11), der am sogenannten blinden Fleck (10) von der Netzhaut abgeht. An dieser Stelle ist keine Sinneswahrnehmung möglich. Dort, wo die Sehachse auf die Netzhaut trifft, befindet sich die Netzhautgrube (Fovea Centralis) (9). Sie bildet das Zentrum des gelben Flecks (Makula). Die Makula ist durch die hohe Dichte der Zapfen (vgl. Abb. 3) die Stelle der Netzhaut mit der höchsten Sehschärfe und der höchsten räumlichen Auflösung.

(Baer et al., 2006; Hentschel, 2002; IES, 2011)

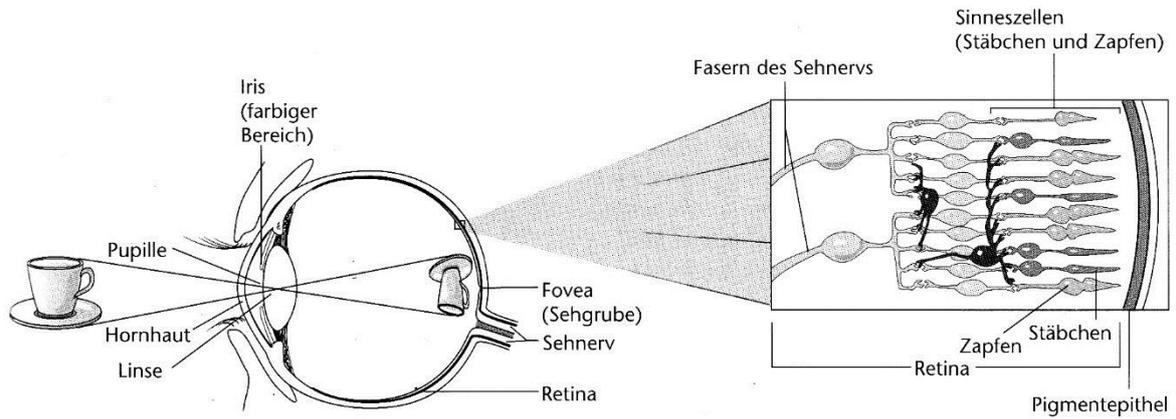


Abbildung 2.3: Querschnitt durch das menschliche Auge mit Darstellung der Abbildung auf der Netzhaut (Goldstein, 2002)

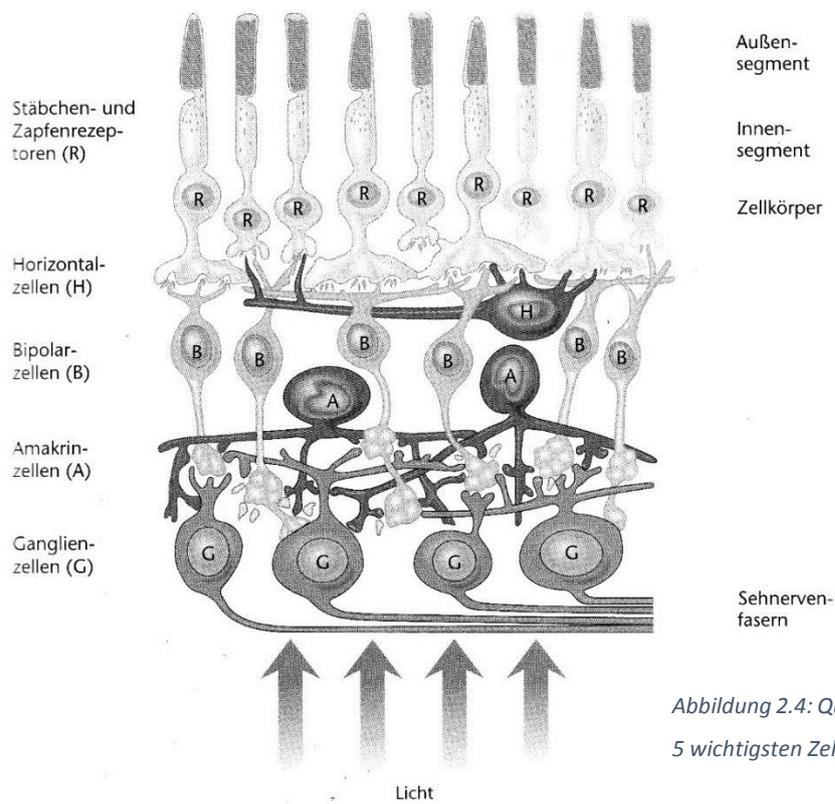


Abbildung 2.4: Querschnitt durch die Netzhaut mit den 5 wichtigsten Zelltypen (Goldstein, 2002, S.45)

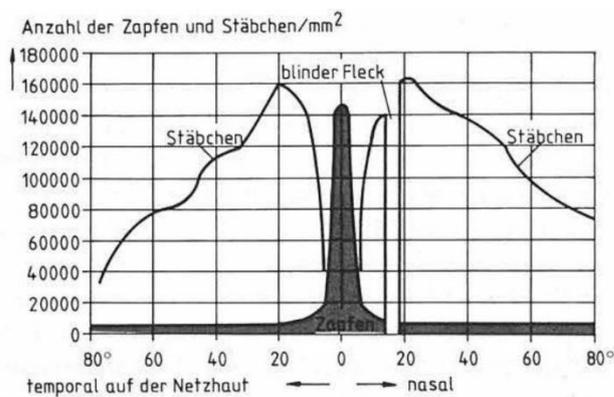


Abbildung 2.5: Verteilung der Stäbchen und Zapfen über die Netzhaut (Hentschel, 2002, S.11)

Gegenüberstellung der zwei Fotorezeptortypen

Die zwei Rezeptortypen, Stäbchen und Zapfen, sind ungleich über die Netzhaut verteilt (siehe Abbildung 2.5) und unterscheiden sich grundlegend voneinander. Tabelle 2.1 stellt die Eigenschaften gegenüber (Baer et al., 2006; Hentschel, 2002; IES, 2011; Ris, 2008; Stein et al., 2006).

Tabelle 2.1 – Gegenüberstellung der Rezeptortypen im menschlichen Auge

	Stäbchen	Zapfen
Anzahl	Ca. 120 Mio.	ca. 6 Mio.
Verteilung auf der Netzhaut	Maximum bei 20° - 30° um die optische Achse, in der Peripherie vorhanden, in der Fovea nicht vorhanden	Konzentration in einem Blickwinkel von 2,5° um die optische Achse, in der Peripherie nur minimal vorhanden
Lichtempfindlichkeit	sehr hoch (Leuchtdichtebereich $10^{-6} \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ bis etwa $120 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$), dienen dem skotopischen Sehen (Leuchtdichten $< 0,001 \text{ cd}/\text{m}^2$) und dem mesopischen Sehen (Leuchtdichten $0,001 \text{ cd}/\text{m}^2$ bis etwa $10 \text{ cd}/\text{m}^2$)	Niedrig (Leuchtdichtebereich $3 - 10^4 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$), dienen dem photopischen Sehen (Leuchtdichten $> \text{etwa } 10 \text{ cd}/\text{m}^2$)
Farbempfindlichkeit	nicht vorhanden	Vorhanden, es gibt 3 Zapfentypen mit unterschiedlichen spektralen Empfindlichkeiten und Empfindungsmaxima bei ca. 575 nm (langwellig, rot), 525 nm (mittelwellig, grün) und 450nm(kurz- wellig, blau)
Empfindungsmaximum	Im blauen Bereich, $\lambda = \text{etwa } 510 \text{ nm}$	Im gelb-grünen Bereich, $\lambda = \text{etwa } 555 \text{ nm}$
Adaptationszeiten	Lang (etwa 20 min – 1 h)	Kurz (1 – 10 min)
Räumliche Auflösung	niedrig	hoch
Empfindlichkeit für Bewegungen	hoch	gering

Augenbewegungen

Neben den von Lichtreizen hervorgerufenen Potentialänderungen der Rezeptoren spielen die Augenbewegungen für das Sehen eine wichtige Rolle. Die Bewegungen erfolgen durch drei Muskelpaare und können in vier Arten unterschieden werden: Sakkaden (Sprunghafte Bewegungen), Augenfolgebewegungen (Fixierung eines bewegten Gegenstandes), Vergenzbewegungen (Drehung beider Augen um parallele Achsen bei entgegengesetzter Drehrichtung), Versionsbewegungen (Drehung beider Augen um parallele Achsen in die gleiche Drehrichtung). Neben den bewussten gibt es auch unbewusste Augenbewegungen: Mikrosakkaden (ruckartige Bewegungen von 10-20 ms), Glatte Bewegungen (kontinuierliche Bewegungen, die der unmittelbaren Willkür entzogen sind und z.B. bei Augenfolgebewegungen auftreten), Driftbewegungen (langsame und kleine Bewegungen, die während der Fixation eines Objektes auftreten) und Tremor (schnelle Zitterbewegungen). Die Augenbewegungen erfüllen verschiedene Aufgaben wie z.B. Fixation (Einstellung der Augenachsen auf ein fixiertes Objekt), Abtastung des Gesichtsfeldes (um verschiedene Bereiche scharf zu sehen) oder Verfolgung eines sich bewegenden Objektes.

(IES, 2011; Röhler, 1995)

Reizweiterleitung im Gehirn

Jedes Auge erhält Informationen der linken und der rechten Gesichtshälfte (Hemisphäre). Die Signale werden über den Sehnerv zuerst zur Sehnervenkreuzung (Chiasma Opticum) geleitet, wo eine Aufteilung der Nervenbahnen stattfindet (Siehe Abbildung 2.6). Die nasenwärtigen (nasalen) Anteile werden in die gegenüberliegende Hirnhälfte geleitet, die schläfenwärtigen (temporalen) Anteile verbleiben auf der gleichen Seite. So werden die Informationen der rechten Hemisphäre in der linken Gehirnhälfte verarbeitet und umgekehrt. Tritt eine Störung des Systems vor oder in der Sehnervenkreuzung auf (Nr. 1 und Nr. 2 in Abbildung 2.6), sind Informationen vom ganzen Blickfeld vorhanden. Störungen nach der Sehnervenkreuzung (Nr. 3 in Abbildung 2.6) führen zum Verlust von Informationen einer Gesichtshälfte. Nach der Sehnervenkreuzung werden die Signale in der Sehbahn

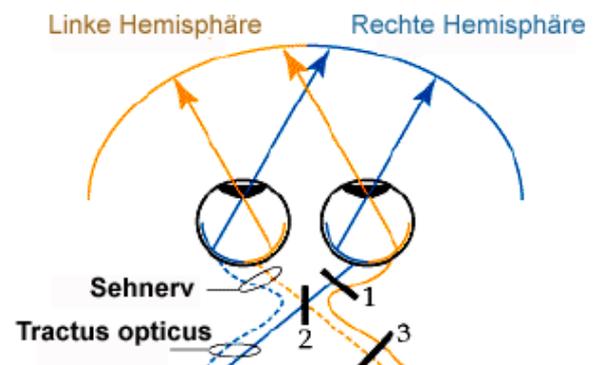


Abbildung 2.6: Verlauf der Nervenbahnen für die Wahrnehmung von Reizen, aufgeteilt auf linke und rechte Gesichtshälfte (Universität Heidelberg, 2003)

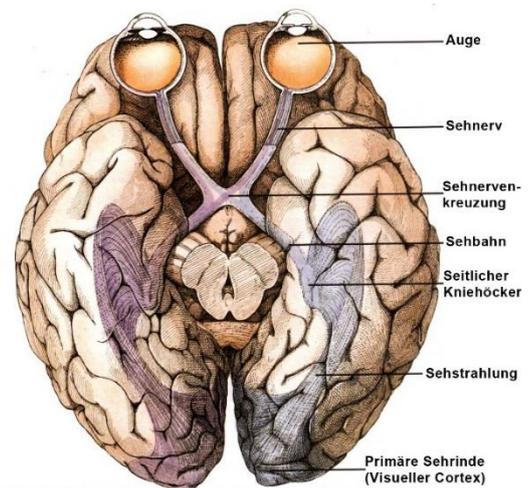


Abbildung 2.7: Bereiche im menschlichen Gehirn, die die visuelle Wahrnehmung betreffen (IES, 2011, S. 2.10)

(Tractus Opticus) zum seitlichen Kniehöcker (Corpus Geniculatum Laterale) über die Sehstrahlen (Radiation Optica) zur Sehrinde (Visueller Cortex) geleitet (Siehe Abbildung 2.7). Die Reizentstehung, Verarbeitung und Weiterleitung ist weitaus komplexer, als sie hier dargestellt werden kann.

(Hentschel, 2002; Goldstein, 2002; IES, 2011)

Gesichtsfeld

Die Größe des Gesichtsfeldes (Wahrnehmungsbereich bei geradeaus gerichtetem Blick und fixiertem Kopf) ist von der individuellen Anatomie des Schädels und den Beobachtungsbedingungen abhängig. Es reicht bei augengesunden Personen in etwa 90° schläfenwärts, 60° nasenwärts, 50° nach unten und 40° nach oben (siehe Abbildung 2.8). Abbildung 2.9 zeigt die Lage des Gesichtsfeldes auf der Netzhaut. Als zentrales Gesichtsfeld wird der Bereich von 0 – 30° um die Sehachse bezeichnet, als peripheres Gesichtsfeld der Bereich von 30° bis zur Wahrnehmungsgrenze.

Von der CIE wurden zur Bestimmung menschlicher Farbwahrnehmung sogenannte Normalbeobachter eingeführt, 1931 mit einem 2° und 1964 mit einem 10° Gesichtsfeld (zitiert in (Valberg, 2005). Die Bezeichnung

2°- und 10°-Beobachter resultiert aus diesen Festlegungen und ist in der Literatur häufig anzutreffen.

Infolge der ungleichmäßigen Verteilung der Rezeptoren über die Netzhaut (Vgl. Abbildung 2.5), lassen sich für zentrales und peripheres Gesichtsfeld folgende Eigenschaften formulieren: Das zentrale Gesichtsfeld enthält den Bereich des schärfsten Sehens (foveales Sehen, 1-2° um die Sehachse). Durch die große Anzahl an Zapfen ist das räumliche Auflösungsvermögen sehr hoch und gute ist Farberkennung möglich. Im peripheren Gesichtsfeld sind fast nur Stäbchen vorhanden, was ein geringeres Auflösungsvermögen sowie schlechterer Farbwahrnehmung zur Folge hat. Aufgrund der spektralen Empfindlichkeit der Stäbchen wird der blaue Spektralbereich in der Peripherie heller empfunden, als im fovealen Bereich. Die Empfindlichkeit gegenüber Bewegungen sowie die Fähigkeit des Sehens in der Dunkelheit sind in der Peripherie gut.

(Dietze, 2008; Diepes et al., 2007; Stein et al., 2006; Valberg, 2005)

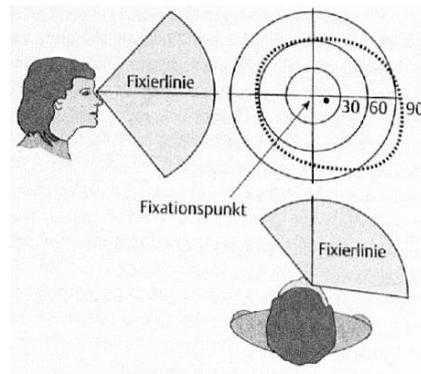


Abbildung 2.8: Gesichtsfeld beim rechten Auge (Dietze, 2008, S. 36)

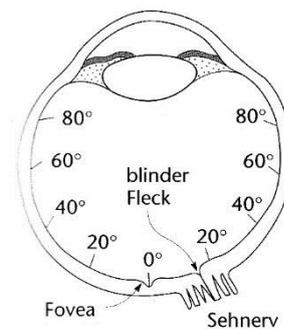


Abbildung 2.9: Lage des Gesichtsfeldes auf der Netzhaut (Goldstein, 2002, S.51)

2.1.2 Sehleistung

Definition und Einflussgrößen

Hentschel (2002) definiert Sehleistung als Fähigkeit des Sehorgans, Helligkeits-, Farb- und Formenstruktur der Außenwelt mehr oder weniger schnell erfassen und wahrnehmen zu können. Sehleistung lässt sich hierbei nicht durch einen einzelnen Parameter darstellen sondern ist das Ergebnis des Zusammenwirkens mehrerer elementarer Funktionen des Sehorgans. Die Grundfunktionen des Auges sind unter anderem die Unterscheidung von Leuchtdichte- und Farbunterschieden, das Wahrnehmen von Formen sowie die Geschwindigkeit der Wahrnehmung. Die Sehleistung ist abhängig vom Sehobjekt, von den Lichtbedingungen und vom Beobachter und wird unter anderem von folgenden Parametern beeinflusst (Baer et al., 2006; Stein et al., 2006):

Sehobjekt

- Größe und Form des Sehobjekts
- Leuchtdichte des Sehobjekts
- Kontrast (Leuchtdichte- und Farbkontrast)
- Benötigte Genauigkeit
- Wahrnehmungszeit
- Auffälligkeit
- Bewegt oder stationär
- Ort der Darbietung (bezogen auf die Blickrichtung)

Lichtbedingungen

- Umfeldleuchtdichte und deren Verteilung
- spektrale Zusammensetzung des Lichtes und der Körperfarben (Farbwiedergabe)
- Pulsation der Wahrnehmungsbedingungen
- Blendung (Direktblendung und Blendung durch Reflexionen)
- Schatten

Beobachter:

- Augenzustand (Gesundheit und Alter)
- Adaptationszustand des Auges
- Aufmerksamkeitslevel
- Bekanntheitsgrad des Sehobjekts

Leuchtdichte und Adaptation

Adaptation ist die Anpassung des Auges an die im Gesichtsfeld herrschende mittlere Leuchtdichte. Das menschliche Auge kann sich an einen Leuchtdichtebereich von etwa $10^{-6} \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ bis etwa $10^5 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ anpassen. Die Adaptationszeit ist abhängig von der Vorbelichtung des Auges, der Differenz der Leuchtdichten vor und nach der Adaptation und der Adaptationsrichtung (dunkel nach hell oder hell nach dunkel). Folgende Mechanismen des Sehorgans tragen unter anderen zur Adaptation bei: die Änderung der Pupillenweite, die unterschiedlichen Lichtempfindlichkeiten der Rezeptoren (Zapfen für Tagsehen und Stäbchen für Nachtsehen) und die Zusammenschaltung der Rezeptoren (insbesondere der Stäbchen) zu höher empfindlichen Empfängereinheiten mithilfe der horizontalen und amakrinen Zellen der Netzhaut. Die Anpassung an neue Verhältnisse erfolgt innerhalb von ca. 0,1 s, die vollständige Adaptation der Zapfen dauert 1 – 10 Minuten, die Stäbchenadaptation bis zu einer Stunde. Die Helladaptation verläuft daher sehr viel schneller, als die Dunkeladaptation. Abbildung 2.10 zeigt die Adaptationszeit der Rezeptoren: hellgrau für Zapfen, schwarz für Stäbchen. Der signifikante Knick beim Übergang vom photopischen Sehen zum skotopischen Sehen wird Kohlrauschknick genannt. Personen, die keine Stäbchen besitzen, können nicht auf geringe Leuchtdichten adaptieren, was „Nachtblindheit“ genannt wird. Für sie gilt die graue Adaptationskurve. Die Hell-

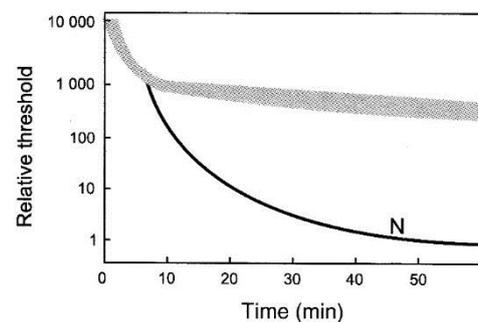


Abbildung 2.10: Adaptationszeit der Rezeptortypen: grau für Zapfen, schwarz für Stäbchen (Valberg, 2005, S.147)

Dunkel-Adaptation ist von der spektralen Zusammensetzung des Lichtes nahezu unabhängig. Ausnahme bildet dunkelrotes Licht ($\lambda > \text{etwa } 620 \text{ nm}$), für das Stäbchen unempfindlich sind. Generell zeigt sich, dass die Sehleistung (Schnelligkeit und Genauigkeit) bei einer Erhöhung der Hintergrundleuchtdichte zuerst rapide und dann in schwächer werdendem Maße ansteigt, bis zu einem Punkt, an dem sehr große Leuchtdichteunterschiede benötigt werden, um geringe Änderungen in der Sehleistung zu bewirken.

Die Readaptationszeit ist jene Zeit, die man nach einer kurzzeitigen Störung (beispielsweise einen Lichtblitz) benötigt, um die vor der Störung vorhandenen Sehleistung wieder zu erreichen. Die Adaptationsstörung bewirkt eine kurzzeitige Erhöhung der Unterschiedsschwelle und wird auch transiente Adaptation genannt.

Die Adaptationsleuchtdichte L_{ad} ist jene Leuchtdichte, auf die das Auge eingestellt ist. Laut Baer (2006) kann als adaptationsbestimmendes Feld den Sehfeldbereich von $\pm 20^\circ$ um die optische Achse angeben. Es gibt je nach Versuchssetting mehrere Arten, die Adaptationsleuchtdichte anzugeben. Aus

der Hellempfindung abgeleitet, kann man beispielsweise auf Gleichung (2.1) schließen Bodmann und Voit (Bodmann und Voit, 1962; Baer et al., 2006):

$$L_{\text{ad}} = \left(\frac{L}{L_{\text{u}}} \right)^{0,33} \quad (2.1)$$

L_{ad} ... Adaptationsleuchtdichte
 L ... Leuchtdichte des Sehobjekts
 L_{u} ... Leuchtdichte des Umfeldes

Oben genannte Feststellungen zur Adaptationsleuchtdichte gelten unter den jeweils vorherrschenden Versuchsbedingungen. Es sei festgehalten, dass es für komplexe Alltagssituationen noch kein allgemeingültiges Verfahren zur Bestimmung der Adaptationsleuchtdichte gibt.

(Baer et al., 2006; Goldstein, 2002; Hentschel, 2002; IES, 2011; Ris, 2008; Röhler, 1995)

Empfindungsschwellen

Empfindungsschwellen werden anhand der psychophysikalischen Methode ermittelt, indem Menschen ihre Empfindungen beurteilen. So können etwa Absolutschwellen (minimale Reizstärke, die eine Empfindung hervorruft) und Unterschiedsschwellen (minimale Differenz der Reizstärken, die unterscheidbar ist) festgestellt werden. Die Schwellen sind von einer Vielzahl von Parametern abhängig, wie beispielsweise Größe, Form, Wellenlänge und Darbietungszeit des Lichtreizes, der Umfeldleuchtdichte, dem Adaptationszustand der Versuchsperson und dem Ort auf der Netzhaut, auf dem der Lichtreiz auftrifft.

Die Absolutschwelle (Betrag von ΔL , der in lichtloser Umgebung notwendig ist um eine Lichtempfindung hervorzurufen) beträgt für Stäbchen etwa $10^{-6} \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$. Wenn sich das Testfeld nicht in lichtloser Umgebung befindet, ist die Wahrnehmung abhängig von der Differenz des Testfeldes zu dessen Umgebung, angegeben im sogenannten Schwellenkontrast \bar{C} (2.2). Der Schwellkontrast bezieht sich auf eine Erkennungswahrscheinlichkeit von 50% (Hentschel, 2002).

$$\bar{C} = \frac{\Delta L_s}{L} \quad (2.2)$$

ΔL_s ... gerade erkennbare Leuchtdichtedifferenz des Testfeldes zu dessen Umgebung
 L ... Leuchtdichte der an das Testfeld angrenzenden Umgebung

Der Kehrwert des Schwellkontrastes ist die sogenannte Unterschiedsempfindlichkeit (UE), auch Kontrastempfindlichkeit oder Contrast Sensitivity CS, siehe (2.3) genannt (Hentschel 2002).

$$CS = \frac{L}{\Delta L_s} \quad (2.3)$$

ΔL_s ... gerade erkennbare Leuchtdichtedifferenz des Testfeldes zu dessen Umgebung
 L ... Leuchtdichte der an das Testfeld angrenzenden Umgebung

Weitere Ausführungen hierzu im Abschnitt Kontrastempfindlichkeit weiter unten.

Begrenzt wird der Wahrnehmungsbereich des menschlichen Auges im oberen Bereich durch die Blendschwelle und im unteren Bereich durch die Schwarzschwelle. Beide sind abhängig von der Adaptationsleuchtdichte. Nach Lowry und Jarvis (Baer et al., 2006) kann die Grenze der Schwarzempfindung nach folgender Formel (2.4) berechnet werden:

$$L_{sw} = \frac{0,2 \cdot L_{ad}}{\beta} \quad (2.4)$$

L_{sw} ... Leuchtdichte, die als schwarz empfunden wird
 L_{ad} ... Adaptationsleuchtdichte
 β ... Sehwinkel in' (Gültigkeitsbereich: $L_{ad} = 3 - 300 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$)

Die menschlichen Sinnesorgane sind im Allgemeinen nicht in der Lage, Reizstärken zu beurteilen, da sie der Adaptation unterliegen. Reizunterschiede können hingegen sehr gut wahrgenommen und bei konstanten, gut definierten Umfeldbedingungen auch reproduzierbar beurteilt werden.

(Baer 2006, Röhler 1995, Valberg 2005)

Hellempfindung

Die Hellempfindung von Reizen ist unter anderem von der Größe des Objekts, der Umgebungsleuchtdichte, dem Adaptationszustand des Auges, der Darbietungszeit und der spektralen Zusammensetzung abhängig. Es hat sich gezeigt, dass kein linearer Zusammenhang zwischen Hellempfindung und Leuchtdichte besteht. So forderte Fechner, in Anlehnung an Weber, im 19. Jh. eine logarithmische Abhängigkeit für die Leuchtdichte-Helligkeitsbeziehung (sogenanntes Weber-Fechnersches Gesetz, siehe (2.5), nach dem die Helligkeitsempfindung proportional zum Logarithmus der Leuchtdichte zunimmt (Lübbe, 2013):

$$E = k_F \cdot \log I + C \quad (2.5)$$

E ... Empfindung des Reizes (Hellempfindung)
 I ... Reizintensität (Leuchtdichte)
 k_F und C ... Konstanten

Stevens stellte dieser Theorie eine Potenzfunktion (2.6) entgegen, die 1967 von der CIE für weitere Studien empfohlen wurde (zitiert in (Haubner et al., 1980)):

$$B = k \cdot (L - L_0)^n \quad (2.6)$$

- B ... Hellempfindung
- L ... Leuchtdichte
- L_0 ... Schwellwert der Hellempfindung bei den Beobachtungsbedingungen
- k und n ... Koeffizienten, abhängig von den Beobachtungsbedingungen

Weiters entwickelten Adams und Cobbs eine Formel (2.7) (zitiert in (Baer et al., 2006)):

$$B = a \cdot \frac{L}{L + L_{ad}} \quad (2.7)$$

- B ... Hellempfindung
- L_{ad} ... Adaptationsleuchtdichte
- a ... Koeffizient

Die Arbeit von Bodmann und Voit (zitiert in (Hentschel, 2002) zeigt, dass das sogenannte Weber-Fechnersche Gesetz nur in einem Bereich gültig ist. Abbildung 2.11 zeigt die Empfindung der relativen Helligkeit von Flächen, die durch den Faktor L/L_a (L_a = Adaptationsleuchtdichte) definiert werden. Ein Faktor < 1 bedeutet hier dunkles Zeichen auf hellem Grund und dadurch relative Helladaptation, ein Faktor > 1 bedeutet ein helles Zeichen auf dunklem Grund und somit relative Dunkeladaptation.

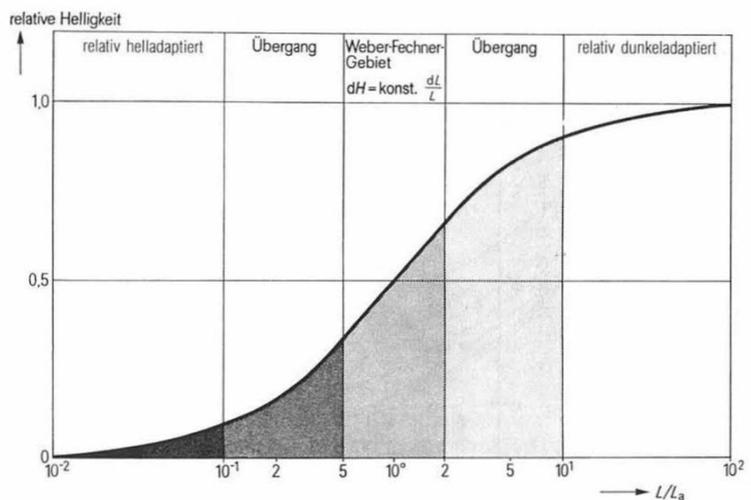


Abbildung 2.11: Darstellung der Hellempfindung von Flächen, definiert durch den Faktor L/L_a , L_a ist die Adaptationsleuchtdichte (nach Bodmann und Voit, zitiert in Hentschel, 2002, S.58)

(Haubner et al., 1980) lösten mit ihrer Formel (2.8) die scheinbaren Widersprüche der verschiedenen Theorien auf und zeigten, dass die Hellempfindung mit einer durchgängig gültigen metrischen Skala dargestellt werden kann. Sie führten Versuche durch, bei denen Probandinnen und Probanden eine Leuchtdichte L_3 so einstufen mussten, dass sie empfindungsmäßig in der Mitte der Leuchtdichten L_1 und L_2 lag. Dieser Versuch wurde für drei Leuchtdichtepaare mit überlappenden Bereichen durchgeführt. Für die Testfeldleuchtdichten L_T , die einen Sehwinkel φ einnahmen, gesehen unter konstanter Umgebungsleuchtdichte L_U wurde folgender Zusammenhang zur Helligkeit hergestellt:

$$B = C_{T(\varphi)} \cdot L_T^n - B_0(L_u, \varphi) \quad (2.8)$$

mit

$$B_0(L_u, \varphi) = C_{T(\varphi)} \cdot (S_0(\varphi) + S_1(\varphi) \cdot L_U^n)$$

- B ... Hellempfindung des Reizes L_T
 L_T ... Leuchtdichte des Testfeldes, der Größe (Sehwinkel in Winkelminuten) φ
 B_0 ... Schwarzschwelle, abhängig von Umfeldleuchtdichte und Sehwinkel
 L_U ... Leuchtdichte des 180°-Umfeldes um das Testfeld
 n ... Exponent mit dem Wert $0,31 \pm 0,03$
 C_T, S_0, S_1 ... Faktoren mit den Werten nach Tabelle 2.2

Tabelle 2.2 – Faktoren für die Formel der Hellempfindung (2.8), nach (Haubner et al., 1980)

φ	$C_{T(\varphi)}$	$S_0(\varphi)$	$S_1(\varphi)$
10'	30,747	0,27308	0,39842
20'	27,971	0,20132	0,35557
30'	26,235	0,17975	0,31888
60'	23,973	0,13133	0,26578
90'	23,415	0,10868	0,25265
100'	23,128	0,07473	0,24943
120'	22,969	0,07186	0,24281

Die Skalierung der Helligkeit ergibt sich aus der willkürlichen Wahl von $B = 100$ für $L_T = L_U = 300 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$. Daraus ergeben sich die Werte für $C_{T(\varphi)}$, $S_0(\varphi)$ und $S_1(\varphi)$. Die Ergebnisse zeigen, dass im Bereich $L_T / L_U \leq 1$ bzw. $H < 100$ die Werte mit der Formel von Adams und Cobb: (zitiert in der Publikation als $B = \frac{K}{1 + (\frac{L_U}{L_T})^\alpha}$) angenähert werden kann, dass sie im Bereich $0,5 \leq L_T / L_U \leq 2$ bzw. $50 < H < 200$ ungefähr dem Weber-Fechner-Gebiet entspricht (zitiert in der Publikation als $B = k \cdot \log\left(\frac{L}{L_T}\right) + C$) und im Bereich $L_T / L_U > 10$ bzw. $H > 300$ durch das ursprüngliche Potenzgesetz von Stevens (zitiert in der Publikation als $B = k \cdot L^n$) angenähert werden kann.

Allgemein kann man sagen, dass bei niederen Adaptationsleuchtdichten bereits kleine Leuchtdichteänderungen Änderungen in der Helligkeitswahrnehmung bewirken, während bei hohen Adaptationsleuchtdichten größere Leuchtdichteänderungen nötig sind, um einen Unterschied in der Helligkeitswahrnehmung zu bewirken.

Die Abhängigkeit der menschlichen Hellempfindung von der spektralen Zusammensetzung des Lichtes zeigte die internationale Beleuchtungskommission CIE 1924 (zitiert in (Valberg, 2005) mit den spektralen Hellempfindlichkeitskurven ($V(\lambda)$ -Kurven). Abbildung 2.12 zeigt die $V(\lambda)$ -Kurve für einen 2° Beobachtungswinkel bei photopischen Verhältnisse und die $V'(\lambda)$ -Kurve bei skotopischen Verhältnissen. Im photopischen Bereich werden Wellenlängen von etwa 555 nm (gelb-grün) am hellsten empfunden, bei skotopischen Verhältnissen Wellenlängen von etwa 510 nm (blau). Diese

Verschiebung wird auch Purkinje-Effekt genannt. 1988 wurde die $V(\lambda)$ -Kurve auf die $V_M(\lambda)$ -Kurve revidiert (Siehe Abbildung 2.13), welche im kurzwelligen Bereich ($< 460\text{nm}$) von der $V(\lambda)$ -Kurve abweicht. Die Hellempfindlichkeitskurven entsprechen statistisch normalsichtigen Personen und sind nicht für alle Menschen gleich.

Neben dem Spektrum hat bei chromatischen Reizen auch die Sättigung der Farbe Einfluss auf die empfundene Helligkeit.

So stellten Warren und Cowen 1983 (zitiert in (Valberg, 2005) fest, dass gesättigte Farben heller empfunden werden, als ungesättigte Farben bei gleicher Leuchtdichte. Dieses Phänomen ist auch als Helmholtz-Kohlrausch-Effekt bekannt.

(Baer et al., 2006; Haubner et al., 1980; Hentschel, 2002; IES, 2011; Lübke, 2013; Valberg, 2005)

Formenempfindlichkeit und Sehschärfe (Visus)

Die Formwahrnehmung ist neben den physiologischen Einflüssen auch von Lern- und Erinnerungsvorgängen abhängig. Bei einfachen Formen kann die Formenempfindlichkeit anhand der Sehschärfe (Trennung benachbarter Punkte, Striche oder Strukturelemente) beschrieben werden. Das Maß für das räumliche Auflösungsvermögen oder die Sehschärfe einer Person ist der Visus. In der optometrischen Visusuntersuchung (minimum separabile) wird die anguläre Sehschärfe ermittelt: der Sehwinkel, unter dem zwei benachbarte Objektpunkte gerade noch getrennt voneinander wahrgenommen werden können.

Es wird hierbei in Fern- und Nah-Sehschärfepfung unterschieden. Die Prüfabstände betragen für Normsehende bei der Fern-Sehschärfepfung mindestens 4m, bei der Nah-Sehschärfepfung 25 cm, 33,3 cm oder 40 cm (Wesemann et al., 2010). Die Leuchtdichte des Prüffeldes muss zwischen 80 und 320 $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ liegen, der umgebende Prüfraum muss dunkler sein als das Prüffeld wobei die Umgebungsleuchtdichte innerhalb des Bereiches von 10° Durchmesser nicht weniger als 10 % und nicht mehr als 25 % der Leuchtdichte des Prüffeldes betragen darf. Die Beleuchtung muss in einem Farbtemperaturbereich von 2500 K – 7000 K liegen, innerhalb des Gesichtsfeldes darf weder eine direkte noch eine indirekte Blendquelle vorkommen (DIN EN ISO 8596:2009). Laut Wesemann et al.

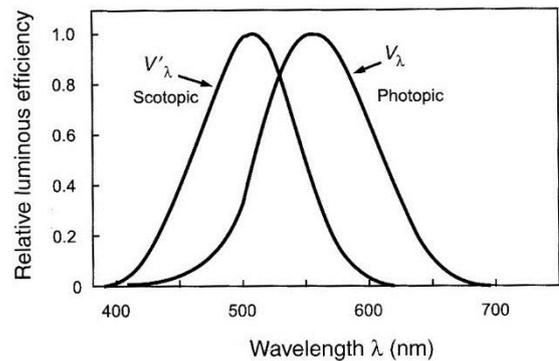


Abbildung 2.12: Relative Hellempfindlichkeitskurve für tag- und nachtadaptiertes Auge (Valberg, 2005, S.152)

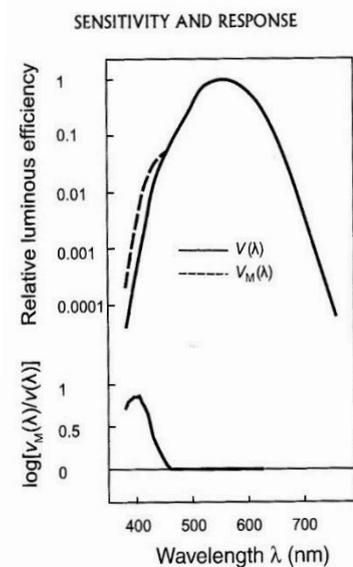


Abbildung 2.13: Die 1988 von der CIE revidierte menschliche Hellempfindlichkeitskurve (Valbera, 2005), S.174)

(2010) ist für augenärztliche Gutachten seit November 2009 nur noch der Landolt-Ring (Siehe Abbildung 2.14) zulässig. Es gibt mehrere Arten, den Visus anzugeben. In Österreich ist der Dezimalvisus am Gebräuchlichsten, bei dem der Sehschärfewert als Kehrwert des kleinsten Sehwinkels in Winkelminuten (') angegeben wird. Daraus ergibt sich folgender Zusammenhang zwischen Visus, Beobachterabstand und Zeichenhöhe (2.9):

$$v = \frac{1}{\alpha} \quad (2.9)$$

$$v = \frac{1}{\left[\arctan \left(\frac{d}{s} \right) \right] \cdot 60}$$

- v ... Visus
- α ... Sehwinkel (Tangensberechnung erfolgt in der Einheit Grad, Umrechnung in Winkelminuten durch Multiplikation mit dem Wert 60)
- d ... Entfernung der zu diskriminierenden Punkte (z.B. Höhe der Lücke im Landolt-Ring)
- s ... Abstand zwischen der Pupille des Beobachters und dem zu erkennenden Sehelement

Ein Visus von 1,0 liegt z.B. vor, wenn eine Lücke von 1,5 mm in einem Landolt-Ring bei einem Abstand von 5m erkannt wird (siehe Abbildung 2.14).

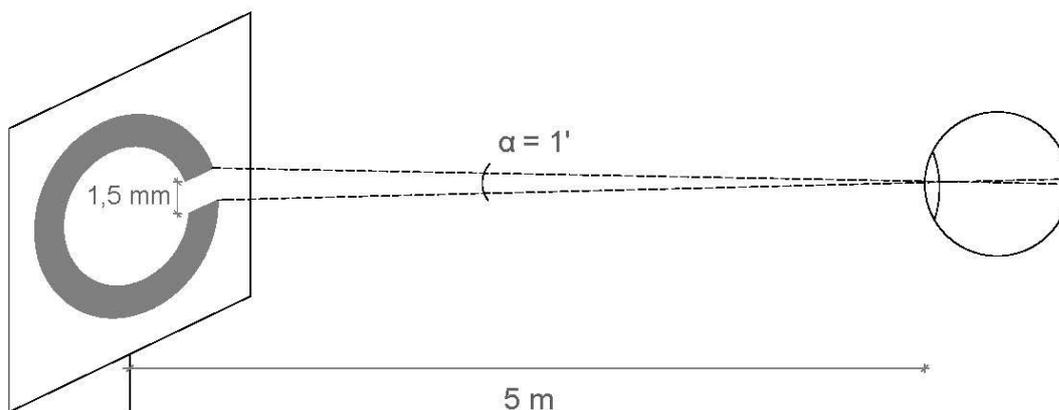


Abbildung 2.14: Veranschaulichung eines Visus von 1,0. Das abgebildete Sehezeichen ist der Landolt-Ring

Der Visus kann auch in anderen Schreibweisen, wie beispielsweise als Verhältnis der Prüferentfernung zur Normalentfernung angegeben werden, auch Snellen-Visus genannt. Die Prüferentfernung ist der Abstand der getesteten Person von der Sehtafel, die Normalentfernung ist die Entfernung, unter der eine Person mit einem Visus von 1 das Sehezeichen wahrnehmen kann. Es ergibt sich ein Visus von z.B. 6/6, 6/20 oder 2/60, siehe auch Tabelle 1 und 2. Der Quotient des Snellen-Visus ergibt den Dezimalvisus. (Dietze, 2008; Zagler, 2009). Ebenfalls geläufig ist die Angabe des Visus als logMAR. MAR bedeutet Minimum angle of resolution, was dem oben genannten und illustrierten α (ebenfalls gegeben in Winkelminuten) entspricht. Zwischen Dezimalvisus v und logMAR besteht folgender Zusammenhang (2.10)(Dietze 2008):

$$\log MAR = \log(v^{-1})$$

(2.10)

$$v = (10^{\log MAR})^{-1}$$

v ... Visus
 MAR ... Sehwinkel (Minimum angle of resolution)

Tabelle 2.3 zeigt die unterschiedlichen Arten den Visus anzugeben

Tabelle 2.3 - Dezimalvisus, Snellenvisus und logMAR (Dietze, 2008)

Kleinsten Sehwinkel (MAR) (')	Normalentfernung des Optotypen (m)	Visus		
		Dezimalvisus	Snellenvisus	logMAR
10	60	0,1	6/60	1
5	30	0,2	6/30	0,7
3,3	20	0,3	6/20	0,5
1,67	10	0,6	6/10	0,2
1	6	1	6/6	0

Neben der angulären Sehschärfe (Visus) werden die Nonius- und die Gittersehschärfe ermittelt. Bei der Noniussehschärfe handelt es sich um die Fähigkeit, seitliche Versetzungen von Linien wahrnehmen zu können (Siehe Abbildung 2.15). Bei der Ermittlung der Gittersehschärfe werden weiße und schwarze Linien (Sinusgitter) mit einer gleichmäßig beleuchteten Fläche der gleichen mittleren Leuchtdichte verglichen (Siehe Abbildung 2.16). Der kleinste gerade noch auflösbare Abstand der Gitterlinien (gegeben in Winkelminuten) ergibt die Gittersehschärfe. Der Abstand der Linien zueinander wird mit der Ortsfrequenz beschrieben: wie viele Perioden (Paare von weißen und schwarzen Linien) in 1° Sehwinkel passen.



Abbildung 2.15: Noniussehschärfe - seitliche Versetzung von Linien (Zagler, 2009, A 15)

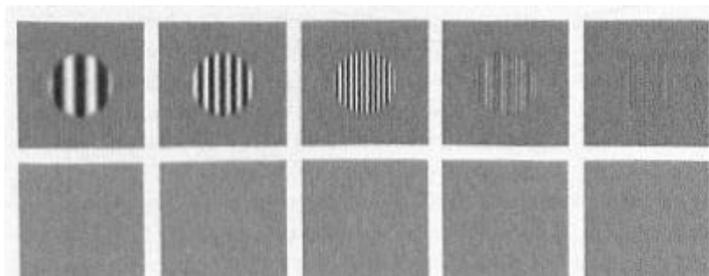


Abbildung 2.16: Sinusgitter zur Ermittlung der Gittersehschärfe (Dietze, 2008)

Kontrastsehen und Kontrastempfindlichkeit

Das Kontrastsehen ist die Fähigkeit, unmittelbar aneinandergrenzende oder zeitlich aufeinanderfolgende Gesichtseindrücke unterscheiden zu können. Es kann sich hierbei um

unterschiedliche Leuchtdichten von Oberflächen (Leuchtdichtekontrast) oder unterschiedliche Farben (Farbkontrast) handeln (DIN EN 12665:2011). In diesem Zusammenhang ist von Leuchtdichteunterschieden die Rede. Die Kontrastempfindlichkeit (Contrast Sensitivity) ist der Kehrwert des kleinsten wahrnehmbaren Kontrastes (Schwellkontrast \bar{C}), der mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % wahrgenommen werden kann. Bei einer Sehobjektgröße von 4' und einer Darbietungszeit von 0,2 s lässt sich die Kontrastempfindlichkeit mit folgender Funktion (2.11) beschreiben (Baer et al., 2006):

$$CS = \frac{1}{\bar{C}} = 16,85 \cdot \left[\left(\frac{1,7}{L_{ad}} \right)^{0,4} + 1 \right]^{-2,5} \quad (2.11)$$

CS ... Contrast Sensitivity, Kontrastempfindlichkeit
 \bar{C} ... Schwellkontrast
 L_{ad} ... Adaptationsleuchtdichte

Der Schwellkontrast kann durch unterschiedliche Formeln, beispielsweise nach Weber oder nach Michelson, angegeben werden. Diese können ineinander umgerechnet werden (vgl. 2.3.2). In der optometrischen Untersuchung wird die Kontrastempfindlichkeitskurve, also die Kontrastschwelle für verschiedene Objektgrößen, bestimmt. Diese Überprüfung kann anhand von Sehzeichen unterschiedlicher Größe und Kontraste oder anhand sogenannter Sinusgitter (siehe Abbildung 2.16) erfolgen. Unterschieden wird in der Untersuchung das photopische Kontrastsehen, das mesopische Kontrastsehen ohne Blendung und das mesopische Kontrastsehen mit Blendung.

Bei Kontrasten über dem Schwellkontrast muss der photometrische Kontrast C mit einer Kontrastfunktion $f(C)$ multipliziert werden, um die subjektive Kontrastempfindung C_s (2.12) zu beschreiben (Baer et al., 2006):

$$C_s = f(C) \cdot C \quad (2.12)$$

C_s ... subjektive Kontrastempfindung
 $f(C)$... Kontrastfunktion
 C ... photometrischer Kontrast

Abbildung 2.17 zeigt diese Kontrastfunktion in Abhängigkeit von der Adaptationsleuchtdichte für verschieden hohe Kontraste. Aus der Grafik kann man ersehen, dass die Empfindungsmaxima für die dargestellten Kontraste bei Adaptationsleuchtdichten zwischen 30 und 150 $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ liegen. Weiters zeigt die Grafik, dass der Abfall der Kontrastfunktion für größere Kontraste geringer ist als für kleinere

Kontraste. Größere Kontraste sind neben der besseren Wahrnehmbarkeit demnach stabiler in der Leuchtdichte-abhängigkeit und werden in der Wahrnehmbarkeit nicht so sehr von der Adaptationsleuchtdichte beeinflusst wie kleinere Kontraste.

Es existiert ein Unterschied zwischen dem objektiven Kontrast (physikalisch quantifizierbarer Leuchtdichte- bzw. Farbkontrast oder auch photometrischer Kontrast genannt) und dem subjektiv wahrgenommenen Kontrast (auch physiologischer Kontrast oder Simultan-Kontrast genannt). Dies entsteht durch die individuelle Verarbeitung optischer Reize (z.B. Auffassungsvermögen, Beschaffenheit des optischen Systems, neuronale Weiterleitung und cerebrale Verarbeitung). Abbildung 2.18 illustriert dieses Phänomen: Der Balken weist überall dieselbe Helligkeit auf, erscheint aber je nach Hintergrund unterschiedlich hell.

(Baer et al., 2006; Höllerhage, 2011; Lindner et al., 1994; Röhler, 1995; DOG, 2011)

Blendung

Als Blendung wird eine Störung bzw. Überforderung des visuellen Systems bezeichnet, die durch zu hohe Leuchtdichten, Leuchtdichtekontraste oder eine ungünstige Leuchtdichteverteilung ausgelöst wird. Die Schwere der Blendung ist abhängig von der Leuchtdichte und Größe der Blendquelle, dem Adaptationszustand des Auges (beschreibbar anhand der Hintergrundleuchtdichte), dem Einfallswinkel (bzw. Position im Gesichtsfeld) und der Dauer des Reizes. Es wird in der Bewertung unterschieden, ob die Blendung als unangenehm empfunden wird oder eine Herabsetzung der Sehfunktion zufolge hat. Ferner kann man in Direkt- und Reflexblendung unterscheiden. Direkte Blendung wird durch die unmittelbare Einwirkung der Blendquelle auf das Auge verursacht, Reflexblendung durch spiegelnde Reflexionen. Reflexblendungen sind aus mehreren Gründen unangenehm: die Überlagerung von Sehobjekt und Reflexionen führt zu einer Kontrastminderung des Sehobjektes, welches dadurch schlechter wahrgenommen werden kann. Weiters kann sich die Lichtquelle aufgrund des Augenabstandes als Doppelbild spiegeln, was zu einem undeutlichen Sehergebnis führt. Ferner können bereits sehr kleine Leuchtdichten stören, da der Blendwinkel zwischen Blickrichtung und reflektiertem Licht meist viel kleiner ist, als zwischen Blickrichtung und Lichtquelle (Hentschel, 2002; IES, 2011; Ris, 2008; Reidenbach, 2008; Ris, 2008).

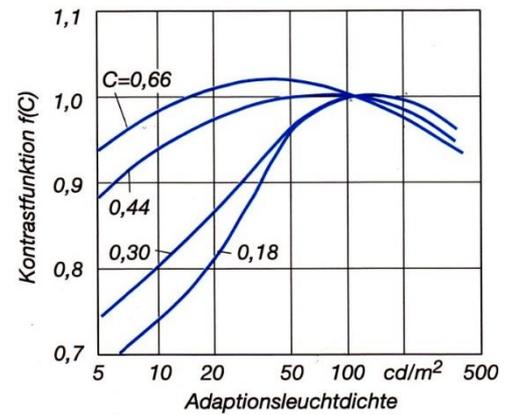


Abbildung 2.17: Kontrastfunktion in Abhängigkeit von der Adaptationsleuchtdichte, $f(C) = 1$ bei $L = 100 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$ (Baer et al., 2006, S.60)



Abbildung 2.18: Illustration der Eigenschaft des menschlichen visuellen Systems, vorhandene Kontraste zu verstärken

2.2 Sehbehinderung

2.2.1 Definition, Einteilung und Statistik

Als sehbehindert gilt, wer trotz optimaler Korrektur (Brille oder Kontaktlinsen) keine "normalen" Sehfunktionswerte erreicht. Weltweit leben ca. 246 Millionen Menschen mit Sehbehinderung, davon in Europa ca. 25,5 Mio. (WHO, 2012). In Österreich leben laut einer Mikrozensusumfrage der Statistik Austria rund 318.000 Personen mit dauerhafter Sehbeeinträchtigung (Leitner, 2008). Es sei festgehalten, dass die Zahl in dieser Studie auf Selbsteinschätzung von 8.195 repräsentativen Personen beruht, die auf 8,2 Mio. Personen hochgerechnet wurde. Die Dunkelziffer in Österreich liegt vermutlich weit höher.

Die Schwere von Sehbehinderungen wird in der internationalen Klassifikation von Krankheiten der WHO (WHO, 2015) anhand der Sehschärfe und anhand des Gesichtsfeldes eingeteilt (vgl. Tabelle 2.4):

Tabelle 2.4 - Einteilung der Schwere von Sehbehinderungen nach der WHO (WHO 2015)

Stufe	Schwere der Sehbehinderung in Worten	Visus des besseren Auges mit optimaler Korrektur	Oder Größe des zentralen Gesichtsfeldes
0	Keine oder leichte Sehbehinderung	> 0,3 (3/10)	
1	Mittelschwere Sehbehinderung	0,1 - 0,3 (1/10 – 3/10)	
2	Schwere Sehbehinderung	0,05 - 0,1 (1/20 – 1/10)	
3	Blindheit	0,02 – 0,05 (1/50 – 1/20)	5° - 10°
4	Blindheit	Lichtwahrnehmung bis 0,02	≤ 5°
5	Blindheit	Keine Lichtwahrnehmung	

In Österreich erfolgt die Einteilung von Sehbehinderung im Bundespflegegeldgesetz (Republik Österreich, 1993) wie in Tabelle 2.5 dargestellt. Hemianopsie bedeutet hierbei halbseitiger Gesichtsfeldausfall, bei einer Quadrantenanopsie fällt ein Viertel des Gesichtsfeldes aus.

Tabelle 2.5 - Einteilung der Schwere von Sehbehinderungen nach dem österreichischen Pflegegeldgesetz (Republik Österreich, 1993)

Schwere der Sehbehinderung in Worten	Visus des besseren Auges mit optimaler Korrektur	Mit gleichzeitiger Gesichtsfeldeinschränkung
Hochgradige Sehbehinderung	≤ 0,05 (3/60)	
	≤ 0,1 (6/60)	Quadrantenanopsie
	≤ 0,3 (6/20)	Hemianopsie
	≤ 1 (6/6)	Röhrenförmiges Gesichtsfeld
Blindheit	≤ 0,02 (1/60)	
	≤ 0,03 (2/60)	Quadrantenanopsie
	≤ 0,06 (4/60)	Hemianopsie
	≤ 0,1 (6/60)	Röhrenförmiges Gesichtsfeld

Ein weitverbreitetes Missverständnis hinsichtlich Sehbehinderung ist, dass sie häufig mit Blindheit verwechselt wird. Personen mit Sehbehinderungen orientieren sich hauptsächlich anhand ihres Restsehnsinns, der auf gewisse Weise eingeschränkt ist.

Trotz der Einteilung von Sehbehinderungen anhand von Sehleistungsparametern (Visus und Gesichtsfeld) sei festgehalten, dass mit der Umwandlung des Klassifikationssystems der WHO von ICDH (International Classification of Impairments, Disabilities and Handicaps) in ICF (International Classification of Functioning, Disability and Health) 2001 ein Paradigmenwechsel stattgefunden hat. Beschrieb die internationale Klassifikation zuerst noch Schädigung, Fähigkeitsstörung und soziale Beeinträchtigung so beschreibt die derzeit gültige Klassifikation Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit (WHO, 2001). Man spricht nach der derzeitigen Philosophie von Behinderungen (Disabilities) auf unterschiedlichen Ebenen: Körper, Individuum und Gesellschaft. Der Grad der Behinderung einer Person richtet sich somit einerseits nach den Fähigkeiten der Person und andererseits nach den Barrieren, die ihr von Gesellschaft und Umwelt entgegengestellt werden.

2.2.2 Die häufigsten Sehbehinderungen

In der bereits erwähnten Studie der Statistik Austria (Leitner, 2008) wird keine Aussage über die Anzahl und Häufigkeit der verschiedenen Arten von Sehbehinderungen getroffen. Bourne et al. geben in ihrer Studie folgende häufigste Ursachen für Sehbehinderungen in Europa an (Bourne et al., 2013):

- 46,2 % Unkorrigierte Refraktionsfehler
- 18,1 % Katarakt
- 7,4 % Makuladegeneration
- 3,9 % Glaukom
- 2,5 % Diabetische Retinopathie
- 22 % Andere

Auf den Homepages der Interessensvertretungen von Menschen mit Sehbeeinträchtigungen (Blinden- und Sehbehindertenverband Wien⁽¹⁾, Deutscher Blinden- und Sehbehindertenverband⁽²⁾, Allgemeiner Blinden- und Sehbehindertenverband Berlin⁽³⁾, pro Retina Deutschland⁽⁴⁾) werden folgende Krankheiten genannt (ABSV, 2017; BSVWNB, 2017; DBSV, 2017; Pro Retina, 2017):

- (Altersbedingte) Makuladegeneration^{(1), (2), (3), (4)}
- Diabetische Retinopathie^{(1), (2), (3), (4)}
- Glaukom (Grüner Star)^{(1), (2), (3), (4)}
- Katarakt (Grauer Star)^{(1), (2), (3), (4)}
- Retinopathia Pigmentosa^{(1), (2), (3), (4)}
- Netzhautablösung^{(1), (2), (4)}
- Aniridie⁽²⁾
- Astigmatismus⁽⁴⁾
- Glaskörpertrübung⁽⁴⁾
- (hochgradige) Kurzsichtigkeit⁽⁴⁾
- Uveitis⁽²⁾

Nachfolgend sind einige Sehbehinderungen und deren Auswirkung auf die Sehleistungsparameter Visus, Gesichtsfeld, Kontrastempfindlichkeit, Blendempfindlichkeit und Farbwahrnehmung beschrieben. Die Einteilung der Sehbehinderungen wird hierbei von (Lindner et al., 1994) übernommen: Medientrüben, Makulopathien, Glaukome und Dystrophien.

Vorweg sei festgehalten, dass die Auswirkungen der jeweiligen Krankheiten innerhalb der unterschiedlichen Stadien großen Schwankungen unterworfen sind und sich von Person zu Person unterschiedlich äußern. Zusätzlich zum Stadium haben andere Faktoren, wie z.B. psychische Verfassung, Stress etc. Auswirkung auf die Wahrnehmung.

Medientrüben - Trübung der brechenden Medien

Tabelle 2.6: Auswirkung von Medientrüben auf die Sehleistungsparameter

Hintergrund und Krankheiten	Durch Trüben innerhalb der brechenden Medien wie Hornhaut, Linse, oder Glaskörperraum, kommt es zu einer Streuung des einfallenden Lichtes. Zu den Krankheiten zählen unter anderem Hornhauttrüben: Hornhautdystrophie, Hornhautödem, Linsentrüben: Katarakt (Grauer Star), posttraumatische Linsentrübung, Linsentrübung durch Stoffwechselerkrankung, Nachstarbildung nach erfolgreicher Kataraktoperation, Glaskörpertrüben: bei Diabetes oder Gefäßverschlüssen, asteriode Hyalose und Uveitis.
Auswirkungen auf den Visus	Durch die Eintrüben kann es zu verschwommenem Sehen (gleich einem Schleier vor den Augen) kommen.
Auswirkungen auf die Kontrastempfindlichkeit	Die Kontrastempfindlichkeit ist vermindert.
Auswirkungen auf die Blendempfindlichkeit	Die Blendempfindlichkeit ist zufolge der Lichtstreuung erhöht
Auswirkungen auf die Farbwahrnehmung	Beim Katarakt werden Farben weniger intensiv wahrgenommen.
Sonstiges	Die Hell-Dunkel-Adaptation ist eingeschränkt, der Lichtbedarf ist in der Regel höher

(Diepes et al., 2007; Lindner et al., 1994; Zagler, 2009)

Makulopathien - Pathologische Veränderungen der Makula

Tabelle 2.7: Auswirkung von Makulopathien auf die Sehleistungsparameter

Hintergrund und Krankheiten	<p>Bei Makulopathien handelt es sich um krankhafte Veränderungen der Makula, der Stelle des schärfsten Sehens. Die häufigste Form ist die Altersbedingte Makuladegeneration (AMD), die oftmals nur auf einem Auge beginnt und einige Zeit vom gesunden Auge kompensiert wird. Die Sehstörungen äußern sich je nach Stadium ganz unterschiedlich.</p> <p>Zu den Krankheiten zählen unter anderem Altersbedingte Makuladegeneration: trockene oder feuchte Form, Juvenile Makuladegeneration: Morbus Stargardt, Posttraumatische Makulaveränderungen, Makulaveränderungen nach entzündlichen Erkrankungen des hinteren Augenpols: Uveitis posterior, Makulaveränderungen im Rahmen einer diabetischer Rethinopathie, Makulaveränderungen bei Venenastverschluß, Arterienastverschluß oder Zentralnerventhrombose.</p>
Auswirkungen auf den Visus	Makuladegenerationen führen zu Visusminderungen, die die Lesefähigkeit bedrohen
Auswirkungen auf das Gesichtsfeld	Die Sehstörungen treten typischerweise im zentralen Gesichtsfeld auf, das periphere Sehen bleibt intakt. Es kann zu Metamorphopsien (Verzerrungen) im zentralen Gesichtsfeld und später zu einem zentralen Skotom kommen. Dieses äußert sich als grauer oder schwarzer Fleck in der Mitte des Gesichtsfeldes äußert und kann sich zum peripheren Gesichtsfeld hin ausbreiten.
Auswirkungen auf die Kontrastempfindlichkeit	Die Kontrastempfindlichkeit ist bei allen Ortsfrequenzen reduziert.
Auswirkungen auf die Blendempfindlichkeit	Die Blendempfindlichkeit ist erhöht
Sonstiges	Häufig besteht erhöhter Lichtbedarf

(Diepes et al., 2007; Gottlieb, 2002; Lindner et al., 1994; Zagler, 2009)

Glaukome – Erkrankungen des Sehnervs

Tabelle 2.8: Auswirkung von Glaukomen auf die Sehleistungsparameter

Hintergrund und Krankheiten	<p>Hierhinein fallen alle Erkrankungen des Sehnervs sowie zusätzlich des Chiasma und der suprachiasmalen Sehbahn.</p> <p>Zu diesen Krankheiten zählen unter anderem alle Formen des Glaukoms (grüner Star), Erkrankungen der Sehnerven: durch Tumore, vaskuläre Optikopathie oder postentzündliche Optikusatrophie, Erkrankungen des Chiasma opticum: durch Tumore oder entzündliche Veränderungen, Erkrankungen der suprachiasmalen Sehbahn: durch vaskuläre Läsionen, Tumore oder entzündliche Herde.</p>
Auswirkungen auf den Visus	Sobald die auftretenden Gesichtsfeldausfälle an das Zentrum heranreichen ist der Visus reduziert, die Sehschärfe und die Lesefähigkeit beeinträchtigt.
Auswirkungen auf das Gesichtsfeld	Das Glaukom führt typischerweise zu Gesichtsfeldausfällen. Diese werden längere Zeit kompensiert, laut Lindner et al. 1994 kann bereits die Hälfte der Nervenfasern geschädigt sein, bevor ein Skotom verifizierbar ist. Die Ausfälle gehen typischerweise vom blinden Fleck aus und verlaufen bogenförmig, das Zentrum ist erst zum Schluss betroffen. Bei Kompressionen des Nervus opticus bzw. des Chiasma besteht ein volles Gesichtsfeld
Auswirkungen auf die Kontrastempfindlichkeit	Die Kontrastempfindlichkeit ist bei Glaukompatienten frühzeitig herabgesetzt und eher gestört als die Sehschärfe. Bei Patienten mit länger bestehender Sehnervenentzündung ist sie ebenfalls bei der Mehrheit herabgesetzt.
Auswirkungen auf die Blendempfindlichkeit	Menschen mit Glaukom sind empfindlicher gegenüber Licht und nehmen oftmals farbige Ringe um Lichtquellen wahr.

(Diepes et al., 2007; Lindner et al., 1994; Vogelauer et al., 2013; Zagler, 2009)

Dystrophien - Dystrophische Veränderungen von Netzhaut und Aderhaut

Tabelle 2.9: Auswirkung von Dystrophien auf die Sehleistungsparameter

Hintergrund und Krankheiten	<p>Zu den Krankheiten zählen unter Retinopathia Pigmentosa und damit verwandte Krankheitsbilder, Chorioidermedie, Zapfendystrophie.</p> <p>Retinopathia Pigmentosa ist eine nicht entzündliche, erblich bedingte Krankheit der Netzhautzellen, die ein sukzessives Absterben der Stäbchen und später der Zapfen bewirkt. Weiters gibt es die diabetische Retinopathie, bei der sich als Folge von Diabetes Gefäßveränderungen und Durchblutungsstörungen in der Netzhaut zeigen. Im späteren Krankheitsstadium kommt es zu Einlagerungen von Flüssigkeiten, Eiweißen und Fetten in der Netzhaut bzw. zu Blutungen in der Netzhaut und im Glaskörper.</p>
Auswirkungen auf den Visus	<p>Wenn das zentrale Gesichtsfeld betroffen ist zeigt sich eine deutliche Visusreduktion, Diabetische Retinopathie hat einen fortschreitenden Sehschärfeverlust zur Folge. Weiters kann es bei Retinopathia Pigmentosa zu einer frühzeitigen Trübung der Augenlinse kommen.</p>
Auswirkungen auf das Gesichtsfeld	<p>Es kommt zu deutlichen Skotomen, die überall im Gesichtsfeld, je nach betroffener Netzhautstelle auftreten können. Bei Retinopathia Pigmentosa kommt es zu einer fortlaufenden Einschränkung des peripheren Gesichtsfeldes bis hin zu einem röhrenförmigen Gesichtsfeld. Bei Diabetischen Retinopathien der Typ II Diabetes kommt es häufig zu einer frühzeitigen Schädigung der Makula.</p>
Auswirkungen auf die Kontrastempfindlichkeit	<p>Die Kontrastempfindlichkeit ist vermindert.</p>
Auswirkungen auf die Blendempfindlichkeit	<p>Äußert sich unterschiedlich. Patienten mit Diabetischer Retinopathie haben häufig eine erhöhte Blendempfindlichkeit, bei Retinopathia Pigmentosa ist die Blendempfindlichkeit nur unwesentlich schlechter bzw. genauso gut wie bei normalsehenden Personen bis zu dem Stadium, ab dem die Zapfen betroffen sind. Ab dann ist die Blendempfindlichkeit erhöht.</p>

Auswirkungen auf die Farbwahrnehmung	Bei Retinopathia Pigmentosa ist das Farbsehen eingeschränkt, sobald die Zapfen betroffen sind.
Sonstiges	Durch den sukzessiven Ausfall der Stäbchen bei Retinopathia Pigmentosa kommt es zu Nachtblindheit, Sehverlust in der Dämmerung sowie Schwierigkeiten bei der Hell-Dunkel-Adaptation.

(Diepes et al., 2007; Lindner et al., 1994; Zagler, 2009)

Weitere

Bisher nicht explizit genannt wurden Farbfehlsichtigkeiten. Bei Farbfehlsichtigkeiten liegt eine Dysfunktion oder ein Fehlen der Zapfen zugrunde, wobei hier ein Typ, zwei Typen oder alle drei Typen der Zapfen betroffen sein können (vgl. 2.1.1).

Weiters sollen noch neurologische Störungen genannt werden, die beispielsweise durch Schlaganfälle, Unfälle oder Hirntumore auftreten können. Je nach betroffenem Areal äußern sich diese sehr unterschiedlich und betreffen verschiedenste Bereiche des visuellen Wahrnehmungsprozesses (vgl. 2.1.1).

Mischformen

Die genannten Krankheiten können auch in Mischformen auftreten.

Illustration verschiedener Sehbehinderungen

Abbildung 2.19 bis Abbildung 2.26 zeigen Bildbearbeitungen zur Illustration einiger Sehbehinderungen:



Abbildung 2.19: Bildsimulation von normalem Sehen
(© Nico Hauck)



Abbildung 2.20: Bildsimulation von Achromatopsie
(vollständige Farbenblindheit) (© Nico Hauck)



Abbildung 2.21: Bildsimulation von leichterem Katarakt (grauer Star) (© Nico Hauck)



Abbildung 2.22: Bildsimulation von stärkerem Katarakt (grauer Star) (© Nico Hauck)



Abbildung 2.23: Bildsimulation eines ringförmigen Skotoms (© Nico Hauck)



Abbildung 2.24: Bildsimulation eines Zentralskotoms (© Nico Hauck)

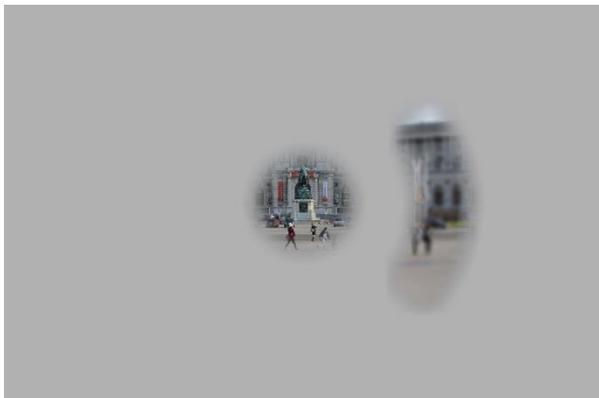


Abbildung 2.25: Bildsimulation eines Glaukoms (grüner Star) mit Sichelaußsparung (© Nico Hauck)

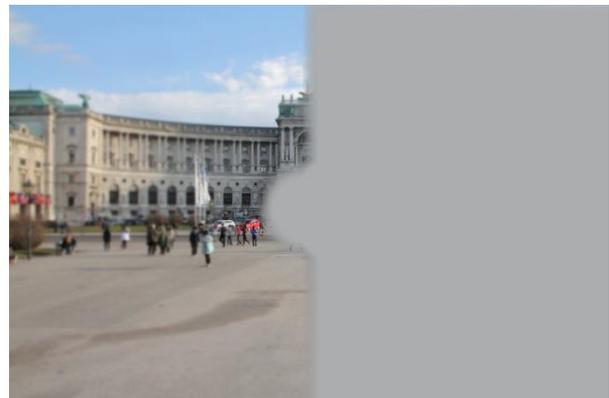


Abbildung 2.26: Bildsimulation von Hemianopsie (halbseitiger Gesichtsfeldausfall) mit Zentralskotom (© Nico Hauck)

In einem zweidimensionalen, statischen Bild kann die Auswirkung einer Sehbehinderung selbstverständlich nie vollständig dargestellt werden, ein Eindruck kann jedoch vermittelt werden. Im Internet kann man weitere Simulationen von Sehbehinderungen finden, bis hin zu einer kostenfreien App für Smartphones und Tablets (VisionSim). Mit dieser können verschiedene Sehbehinderungen auf dem Bild, das die Kamera des Gerätes liefert, simuliert werden (Braille Institute, 2017).

2.2.3 Anforderungen von Menschen mit Sehbehinderungen

Nachstehend erfolgt die Zusammenfassung der Literatur bezüglich Anforderungen von Personen mit Sehbehinderungen. Gegliedert wurde sie in Orientierung und Darbietung von Information, Beleuchtung und Materialeigenschaften. Ausgewertet wurden einschlägige Normen, Technische Reports und Berichte.

Orientierung und Darbietung von Information

Personen mit Seheinschränkungen orientieren sich im Gegensatz zu normalsichtigen Personen vornehmlich im Nahbereich, etwa 3 – 4 m (DIN 32975:2009) und schauen in einem Winkel von 45° - 50° zu Boden (ISO 21542:2011). Hinsichtlich der Blickhöhe orientieren sich die meisten Personen unterhalb von 1,2 m (BS 8300:2009). Die Orientierung erfolgt hierbei über das Zusammenwirken von raumbildenden Gebäudeteilen, visuell strukturierten (und ev. ertastbaren) Bodeninformationen, Beleuchtung, kontrastreicher und ausreichend großer Information (z.B. Beschriftung). Wichtig hierbei ist, dass die Orientierungselemente gut ausgeleuchtet sind, nicht reflektieren und dass die Anordnung von kontrastierenden oder gemusterten Flächen nicht zu visuellen Täuschungen führt (ÖNORM B 1600:2017; BMG, 1996; SIA 500:2009).

Der Standort von Informationen soll durch Wegeleitung, sinnfällige Anordnung und gegebenenfalls Beleuchtung gut auffindbar sein. Informationen zur Richtungsorientierung (wie beispielsweise Lichtsignalanlagen oder Stationsnamen) sollen von Weitem wahrgenommen werden können und daher in einer Höhe von 2,30 m – 3,00 m angebracht werden, um Verdeckung durch Personen oder Einbauteile zu vermeiden. Kleingedruckte Information (wie beispielsweise Fahrpläne oder Wagenstandsanzeigen) sollen hingegen auf Augenhöhe (mittlere Lesehöhe von 1,30 m) angebracht werden, damit sehbehinderte Personen die Möglichkeit haben, an die Informationselemente heranzutreten und die Information zu lesen (DIN 32975:2009). Die TSI PRM (EU, 2014) spezifiziert hierzu, dass mindestens an einer Stelle im Bahnhof Informationen über die Abfahrt von Zügen (u.a. Zielbahnhof, Zwischenhalte, Nummer des Bahnsteigs und Abfahrtszeit) auf einer Höhe von max. 1,6 m verfügbar sein muss. Dies gilt für gedruckte und dynamische Information gleichermaßen.

Je nach Informationsgehalt sollen die Beschilderungen von unterschiedlichen Entfernungen lesbar sein: Zielanzeigen auf Bahnhöfen, Flughäfen und Häfen für Personenschiffahrt aus 15 m, Anzeigen an Haltestellen des ÖPNV, Stationsnamen und Informationen zur Richtungsorientierung aus 10 m. Die Zeichengröße soll hierbei so gewählt werden, dass sie für Personen mit einem Visus von 0,1 ohne Hilfsmittel wahrnehmbar ist (DIN 32975:2009).

Im Weiteren spezifiziert die DIN 32975 (2009), dass auf geschlossene Wegketten zu achten ist, die ortsspezifischen Gegebenheiten zu berücksichtigen sind (etwa Bewegungsströme von anderen

VerkehrsteilnehmerInnen, Entscheidungsdruck und visuelle Ablenkungen) sowie dass die räumliche Orientierung und Wahrnehmung nicht durch andere Faktoren wie beispielsweise Werbung gestört werden darf. Speziell soll Werbung auf Fußböden vermieden und in Gefahrenbereichen ausgeschlossen werden. In der TSI PRM (EU, 2014) wird noch genannt, dass Zeichen, Symbole und Piktogramme über den ganzen Weg hinweg einheitlich zu verwenden sind.

Beleuchtung

Generell hängt der Lichtbedarf größtenteils von der visuellen Aufgabe (Lesen und Erkennen von Symbolen, Objekterkennung, Farberkennung oder gehen), der Umgebung und der Sehkraft der Person ab. Je nach Art der Sehbehinderung haben die Personen einen individuellen Lichtbedarf und unterschiedliche Ansprüche an Art und Stärke der Beleuchtung. Speziell bei Nacht haben Personen mit Sehbehinderungen tendenziell einen höheren Lichtbedarf, um Hinweiszeichen erkennen zu können. Es gibt jedoch auch Personen (beispielsweise mit Albinismus oder Trübungen der Augenlinse), die bei heller Umgebung nicht so gut sehen können. Im Alter haben Personen jedenfalls einen höheren Lichtbedarf. Zu achten ist bei einer Erhöhung des Beleuchtungslevels, dass Blendung vermieden wird. Wenn möglich sollte die Beleuchtung an den tageszeitlichen Bedarf von Personen mit Sehbehinderungen angepasst werden (beispielsweise durch steuerbare Sonnenblenden und ausreichende Beleuchtung am Abend (CIE, 2011)).

Da viele Augenerkrankungen die Adaptationsprozesse des Auges verändern, kann die Adaptation auf verschiedene Leuchtdichten problematisch sein. Somit kommt einer ausgewogenen Leuchtdichteverteilung im Gesichtsfeld, die den Adaptationszustand der Augen regelt, eine große Bedeutung zu. So soll beispielsweise bei der Beleuchtung der Aus- und Eingänge eine Übergangszone sein, um einen plötzlichen Wechsel der Beleuchtungsstärke zwischen Innen und Außen zu vermeiden. Ebenfalls soll die Beleuchtung so konzipiert werden, dass kein großer Helligkeitsunterschied zwischen Sehaufgabe und Umgebungsbeleuchtung besteht (BMG, 1996; CIE, 2011; DIN 32975:2009).

Als Schlüsselfaktoren für die Planung von Licht und Beleuchtung für sehbehinderte Menschen können folgende genannt werden (BMG, 1996; BS 8300:2009; SIA 500:2009): Ausreichende Beleuchtungsstärke, Blendungsbegrenzung, Gleichmäßigkeit der Beleuchtung respektive eine gleichmäßige Leuchtdichteverteilung, Gute Farbwiedergabe, Flimmerfreiheit, Minimierung von Licht im blauen Spektrum, geeignete Lichtfarbe, Vermeidung intermittierender Lichter und Vermeidung von Schlagschatten.

Weiters werden in der DIN 32975 (2009) folgende Punkte zur Beleuchtung spezifiziert: Die Grundbeleuchtung soll gleichmäßig und blendfrei sein, wichtige Bereiche und Ziele (wie etwa Treppen oder Informationstafeln) sind mit akzentuierter Beleuchtung zu kennzeichnen. Bei der Ausleuchtung

von Information soll die Beleuchtung derart erfolgen, dass die Lesbarkeit beim Herantreten an die Information nicht durch den eigenen Schatten behindert wird. Spiegelungseffekte sind sowohl für künstlichen als auch für natürlichen Lichteinfall auszuschließen. Farben sollen durch die Beleuchtung nicht verfälscht werden, die geforderten Kontraste sollen ermöglicht werden.

Materialeigenschaften

Es hängt von Farbe und Struktur der Oberflächen ab, wieviel Licht in welche Richtung reflektiert wird. Das hat Einfluss darauf, wie hell Oberflächen wahrgenommen werden und wie groß der Leuchtdichtekontrast zwischen Oberflächen ist. In Zusammenhang mit Sehbehinderungen ist relevant, dass informationsgebende Elemente einen ausreichenden Leuchtdichtekontrast aufweisen und dass Reflexionen und Spiegelungen vermieden werden. Durch Glanz und spiegelnde Reflexionen können Kontraste reduziert sowie Blendung verursacht werden. Das Auftreten von Spiegelungen am Boden kann einerseits durch die auftretende Blendung die Sehleistung so stark reduzieren, dass die Personen nicht mehr sehen können, wo sie hintreten, andererseits kann es für sehbehinderte Menschen schwer sein, die Bodenebene zu erkennen. Nach Aussage eines Betroffenen fühlt es sich so an, als würde man mitten im Raum schweben, da die Spiegelungen den Eindruck vermitteln, dass sich der Raum unter dem Boden weitererstreckt. Bei reflektierenden Materialien (wie etwa metallischen Oberflächen) ist weiterhin zu beachten, dass sich die Helligkeit und somit der Kontrast zum Hintergrund je nach Position des Beobachters verändern kann. Sie sind deshalb für informationsgebende Elemente ungeeignet (ÖNORM B 1600:2017; DIN EN ISO 8596:2009; SIA 500:2009).

Farben können die Auffälligkeit von Information vergrößern, wenn sie in der Umgebung nicht typisch sind. Information sollen jedoch nie allein durch einen Farbkontrast gegeben werden, damit sie auch von Menschen mit eingeschränkter Farbwahrnehmung gesehen werden kann. Unabhängig von der Farbe ist für jene Personengruppe ein ausreichender Leuchtdichtekontrast zu gewährleisten. Folgende Punkte können bei der Farbwahl berücksichtigt werden, um die Zugänglichkeit von Schildern und Anzeigen zu erhöhen (CIE, 2011): Die Verwendung zu vieler Farben sollte vermieden werden. Rot-grüne Farbkombinationen müssen gleichzeitig einen ausreichenden Leuchtdichtekontrast aufweisen. Dunkelrote Markierungen sollten vermieden werden, da sie bei Nacht nicht gut gesehen werden können. (Aufgrund des Purkinje-Effekts erscheinen im mesopischen Bereich rote Farbtöne dunkler als im photopischen Bereich und blaue Farbtöne heller. Dies gilt generell und ist nicht auf Menschen mit Sehbehinderungen oder ältere Menschen beschränkt.) Genannt seien noch altersbedingte Veränderungen in der Farbwahrnehmung: blaue Farben werden dunkler wahrgenommen, blaue Buchstaben auf dunklem Hintergrund sind daher für ältere Personen schwerer zu erkennen. Weiters erscheinen weiße Farbtöne gelblich. Weiß und gelb können somit schlechter unterschieden werden. (BMG, 1996; CIE, 2011; Lindner et al., 1994; SIA 500:2009)

2.2.4 Design for All

Nicht nur sehbehinderte Menschen sondern auch normalsehende Menschen benötigen klare, schnell erfassbare und leicht verständliche Informationen. Speziell in Gefahrensituationen, unter Stress, wenn schnelle Entscheidungen gefordert sind oder bei ungünstigen Lichtbedingungen profitieren alle von ausreichend großen, kontrastreichen und deutlich sichtbaren Kennzeichnungen und Orientierungshilfen. Einmal mehr gilt der der Ausspruch:

„Design for all ist: Für 10% unerlässlich, für 40% - 50% notwendig und für 100% komfortabel.“
(Klenovec, 2014).

In diesem Abschnitt soll weniger auf die Prinzipien des Design for all eingegangen werden, als auf die Tatsache, dass auch Menschen ohne Behinderungen von Maßnahmen, die für Menschen mit Behinderungen notwendig beziehungsweise unerlässlich sind profitieren. Es ist allgemein bekannt, dass die Leistungs- und Reaktionsfähigkeit im Alter nachlassen. Auch die Sehleistung nimmt ab, wie folgende Aufzählung altersbedingter Seheinschränkungen (CIE, 2011) verdeutlicht:

- Mit fortschreitendem Alter verliert die Linse an Elastizität, die Fähigkeit Gegenstände in der Nähe scharf zu sehen nimmt ab
- Durch Trübungseffekte im Augenmedium erreicht weniger Licht die Netzhaut, was in geringerer Kontrastwahrnehmung und erhöhtem Lichtbedarf resultiert
- Das Licht im Auge wird mehr gestreut, die Blendempfindlichkeit ist erhöht
- Die spektrale Hellempfindlichkeit verschiebt sich in den gelberen Bereich, kurzwelliges Licht (blau, violett) wird nicht mehr so gut wahrgenommen.
- Allgemein sinkt die Fähigkeit, Farben zu unterscheiden.
- Die Sehschärfe wird geringer
- Die Kontrastwahrnehmung wird deutlich geringer
- Die Adaptationszeiten bei einem Wechsel vom Helle ins Dunkle werden länger
- Das periphere Gesichtsfeld wird geringer

Diese Aufzählung zeigt, dass alle Maßnahmen für Menschen mit Sehbehinderungen auch älteren Personen zugutekommen. Wenn wir als heutige Generation der Planerinnen und Planer barrierefrei bauen und uns für behindertenfreundliche Gestaltung einsetzen, sorgen wir damit für unsere eigene, künftige Lebensqualität.

2.3 Leuchtdichtekontrast

Im folgenden Abschnitt wird der Leuchtdichtekontrast näher erläutert, da er ein bestimmendes Maß dafür ist, wie sehr sich visuelle Information von der Umgebung abhebt. Wie bereits im Abschnitt 2.1.2 erwähnt, unterliegen die menschlichen Sinnesorgane der Adaptation und sind somit nicht in der Lage, absolute Reizstärken zu beurteilen. Sehr gut wahrnehmbar sind jedoch Reizunterschiede (Kontraste). Hinsichtlich visueller Kontraste unterscheidet man zwischen Leuchtdichte- und Farbkontrasten.

2.3.1 Größen und Einheiten

Kurz soll auf die wichtigsten lichttechnischen Größen eingegangen werden, die im Zusammenhang mit Leuchtdichtekontrast relevant sind.

Lichtstrom ϕ (lm)

Der Lichtstrom ist die Strahlungsleistung einer Lichtquelle, gewichtet nach der spektralen Hellempfindlichkeit des menschlichen Auges, mit der SI-Einheit lumen (Baer et al., 2006):

$$\phi = 683 \text{ lm/W} \int_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} \phi_{e\lambda} v(\lambda) d\lambda \quad (2.13)$$

- ϕ ... Lichtstrom
- $\phi_{e\lambda}$... spektraler Strahlungsfluss
- $v(\lambda)$... spektrale Hellempfindlichkeitskurve des menschlichen Auges bei Tageslicht
- λ ... Wellenlänge des Lichtes

Raumwinkel Ω (sr)

Der Raumwinkel ist die räumliche Entsprechung zum ebenen Winkel und bezeichnet den Winkel, den ein Bündel von Strahlen einschließt, das von einem Punkt ausgeht. Er wird anhand des Verhältnisses der vom Strahlenbündel ausgeschnittenen Fläche der Kugelkalotte zum Radius definiert. Die SI-Einheit des Raumwinkels ist steradian, $\Omega_0 = 1 \text{ sr}$ ist der Einheitsraumwinkel (Hentschel, 2002):

$$\Omega = \frac{A_K}{r^2} \quad (2.14)$$

- Ω ... Raumwinkel
- A_K ... Fläche der vom Strahlenbündel ausgeschnittenen Kugelkalotte
- r ... Radius der Kugel

Lichtstärke I (cd)

Die Lichtstärke ist die Menge des Lichtes, die in eine bestimmte Richtung abgestrahlt wird, angegeben als Lichtstrom pro Raumwinkel, mit der SI-Einheit candela (Baer et al., 2006):

$$I = \frac{d\phi}{d\Omega} \quad (2.15)$$

I ... Lichtstärke
 ϕ ... Lichtstrom
 Ω ... Raumwinkel

Beleuchtungsstärke E (lx)

Die Beleuchtungsstärke ist das Maß des Lichtstromes, das pro Fläche auftrifft. Je nach Orientierung der Fläche werden die horizontale und die vertikale Beleuchtungsstärke unterschieden. Die SI-Einheit ist lux (IES, 2011):

$$E = \frac{d\phi}{dA} \quad (2.16)$$

E ... Beleuchtungsstärke
 ϕ ... Lichtstrom
 A ... Fläche

Die Menge der Strahlung, die auf der Fläche auftrifft ist abhängig von der Entfernung der Fläche zur Lichtquelle und dem Neigungswinkel. Ausgedrückt wird das im photometrischen Entfernungsgesetz (Mahdavi, 2014):

$$E = \frac{I}{r^2} \cdot \cos \vartheta \quad (2.17)$$

E ... Beleuchtungsstärke
 I ... Lichtstärke
 r ... Abstand zur Lichtquelle
 ϑ ... Winkel zwischen der Flächennormalen und der Abstrahlrichtung

Leuchtdichte L ($cd \cdot m^{-2}$)

Ist der Teil des Lichtstromes, der von einer Oberfläche (angegeben als projiziertes Flächenelement $dA \cos\vartheta$) pro Raumwinkel reflektiert wird. Sie ist abhängig vom Beobachterstandpunkt und die lichttechnische Größe, die vom menschlichen Auge als Helligkeit wahrgenommen wird. Die SI-Einheit ist candela pro Quadratmeter (Hentschel, 2002):

$$L = \frac{d^2\phi}{dA \cos\vartheta d\Omega} \quad (2.18)$$

L ... Leuchtdichte
 ϕ ... Lichtstrom
 A ... Fläche
 ϑ ... Winkel zwischen der Flächennormalen und der Abstrahlrichtung
 Ω ... Raumwinkel

Reflexionsgrad ρ

Der Reflexionsgrad ist das Verhältnis von reflektiertem Lichtstrom zu eintreffendem Lichtstrom. Er ist im Allgemeinen abhängig von der Richtung und spektralen Zusammensetzung des Lichtes und der Oberflächenbeschaffenheit der Fläche. (DIN EN 12665:2011). Er liegt im Wertebereich zwischen 0 – 1 und wird wie folgt angegeben (IES, 2011):

$$\rho = \frac{\Phi_{\text{off}}}{\Phi_{\text{on}}} \quad (2.19)$$

ρ ... Reflexionsgrad
 Φ_{off} ... ausgehender, reflektierter Lichtstrom
 Φ_{on} ... eintreffender Lichtstrom

Bei komplett diffuser Reflexion besteht folgender Zusammenhang zwischen Leuchtdichte, Beleuchtungsstärke und Reflexionsgrad (Mahdavi, 2014):

$$L = \frac{E \cdot \rho}{\pi} \quad (2.20)$$

L ... Leuchtdichte
 E ... Beleuchtungsstärke
 ρ ... Reflexionsgrad

Lichtreflexionsgrad LRV

Der sogenannte Lichtreflexionsgrad (Light reflectance value) ist der Reflexionsgrad, gemessen mit einem Spektrophotometer unter den in der BS 8493 definierten Bedingungen. Er ist dem CIE Tristimulus Y_{10} (CIE Y) gleichwertig, wenn die folgende Messgeometrie verwendet wird (BS 8493:2008+A1:2010):

- Diffuse Beleuchtung
- Beobachter 8° zur Flächennormalen
- CIE Beobachter: 10° (CIE, 2004)
- Normlichtart D_{65} (Tageslicht mit 6500 K (CIE, 2004))
- Glanzkomponente ist zu berücksichtigen

Zu berücksichtigen ist, dass Reflexionsgrade nur von opaken Flächen ermittelt werden können. Auch ist es nicht möglich, den Lichtreflexionsgrad von retroreflektierenden, fluoreszierenden, phosphoreszierenden und selbstleuchtenden Oberflächen zu bestimmen. Farbhersteller (z.B. NCS oder RAL) geben die LRV-Werte ihrer Farben bekannt. Der LRV liegt zwischen 0 – 100. 0 bedeutet vollständige Absorption des Lichtes (perfektes schwarz) , 100 bedeutet vollständige Reflexion des Lichtes (perfektes weiß) (BS 8493:2008+A1:2010; Schmidt und Buser, 2014).

2.3.2 Definition und Formeln

Der Leuchtdichtekontrast (vom menschlichen Auge als Helligkeitsunterschied wahrgenommen) bezeichnet den relativen Leuchtdichteunterschied benachbarter Flächen. Er ist ein Maß für die Wahrnehmbarkeit eines Sehobjekts oder Sehdetails gegenüber seiner unmittelbaren Umgebung. Ist der Unterschied zwischen der Leuchtdichte des Gegenstandes (L_O) und der Umgebungsleuchtdichte bzw. Hintergrundleuchtdichte (L_H) groß genug, so ist ein Erkennen möglich. Es existieren mehrere Formeln, die den photometrischen (messtechnisch ermittelbaren) Leuchtdichtekontrast beschreiben. Diese Formeln sind als ingenieurmäßige Konzepte und nicht als Beschreibungen der visuellen Funktion anzusehen. Der photometrische Kontrast kann anhand der Leuchtdichten oder anhand der Reflexionsgrade der Materialien ermittelt werden. Generell bestehen die Formeln zur Berechnung des Leuchtdichtekontrastes aus zwei Komponenten: Dem Leuchtdichteunterschied im Zähler und einem Maß für den Adaptationszustand des Auges im Nenner (Arend, 2017), siehe (2.21). Je nach Reizmuster adaptiert das Auge unterschiedlich, was sich in den verschiedenen Formeln widerspiegelt. (Arend, 2017; DIN 32975:2009; Ris, 2008)

$$\text{Leuchtdichtekontrast} = \frac{\text{Leuchtdichteunterschied}}{\text{Maß für die Adaptation}} \quad (2.21)$$

Kontrast nach Weber K_W

Für (kleine) Zeichen auf größerem, homogenem Hintergrund wird die Formel nach Weber verwendet (IES, 2011):

$$K_W = \left| \frac{L_O - L_H}{L_H} \right| \quad (2.22)$$

K_W ... Kontrast nach Weber
 L_O ... Objekteleuchtdichte
 L_H ... Hintergrundleuchtdichte

In der Literatur sind vielfache Schreibweisen der Formel zu finden, wie etwa

$$K_W = \frac{L_H - L_O}{L_H} \quad (\text{Höllerhage, 2011})$$

$$K_W = \frac{L_{hF} - L_{dF}}{L_{dF}} \quad (\text{IES, 2011})$$

$$K_W = \frac{L_H - L_O}{L_{hF}} \quad (\text{Joos et al., 2012})$$

$$K_W = \frac{L_{hF} - L_{dF}}{L_{hF}} \quad (\text{DOG, 2011})$$

K_W ... Kontrast nach Weber
 L_O ... Objekteleuchtdichte
 L_H ... Hintergrundleuchtdichte
 L_{hF} ... Leuchtdichte der helleren Fläche
 L_{dF} ... Leuchtdichte der dunkleren Fläche

Je nach Schreibweise ergeben sich unterschiedliche Wertebereiche für den Kontrast. Nimmt man den ursprünglichen Gedanken des adaptationsbestimmenden Elementes im Nenner auf, muss sich dort die Hintergrundleuchtdichte befinden. Ist der Hintergrund heller als das Objekt, liegt der Wertebereich vom Betrag des Ergebnisses zwischen 0 und 1 (vorausgesetzt die Objektleuchtdichte wird im Zähler von der Hintergrundleuchtdichte abgezogen). Ist das Objekt heller als der Hintergrund, bewegt sich der Betrag des Ergebnisses zwischen 0 und potentiell sehr großen Zahlen.

Kontrast nach Michelson K_M

Wenn keine große einheitliche Fläche die Adaptation beeinflusst, wie beispielsweise bei Sinusgittern (siehe Abbildung 2.16), kommt die Formel nach Michelson zum Einsatz, auch Interferenzkontrast genannt. Diese Gleichung gibt den Kontrast aufeinanderfolgender Maxima und Minima anhand des Verhältnisses der Amplitude $(L_{\max} - L_{\min})^{-2}$ zum Mittelwert $(L_{\max} + L_{\min})^{-2}$ an (Arend, 2017):

$$K_M = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max} + L_{\min}} \quad (2.23)$$

K_M	... Kontrast nach Michelson
L_{\max}	... maximale Leuchtdichte
L_{\min}	... minimale Leuchtdichte

In der Literatur findet man unter anderem folgende Abwandlungen der Formel (BMG, 1996):

$$K_M = \frac{L_O - L_H}{L_O + L_H} \quad (2.24)$$

K_M	... Kontrast nach Michelson
L_O	... Objektleuchtdichte
L_H	... Hintergrundleuchtdichte

Kontrastempfindlichkeit CS

Wie im Abschnitt 2.1.2 beschrieben, ist die Kontrastempfindlichkeit CS als Kehrwert des Schwellkontrastes definiert. Je nach Beobachtungssituation und daraus resultierender Formel zu Ermittlung des Schwellkontrastes, kann die Kontrastempfindlichkeit als $\log CS$ nach Weber oder als $\log CS$ nach Michelson angegeben werden.

Kontrastverhältnis K_{VH}

Weiters kann der Kontrast als Quotient der Leuchtdichten angegeben werden (DOG, 2011):

$$K_{VH} = \frac{L_{\max}}{L_{\min}} \quad (2.25)$$

K_{VH}	... Kontrastverhältnis
L_{\max}	... maximale Leuchtdichte
L_{\min}	... minimale Leuchtdichte

Differenzen der Reflexionswerte

In einigen Normen zu barrierefreiem Bauen (wie etwa in der ISO 21542:2011, der ÖNORM B 1600:2013 oder der BS 8300:2009) kommen Differenzen der Lichtreflexionsgrade zum Einsatz. Der Kontrast wird wie folgt berechnet (ÖNORM B 1600:2017):

$$LRV_1 - LRV_2 \quad (2.26)$$

LRV_1 ... Lichtreflexionsgrad der helleren Fläche
 LRV_2 ... Lichtreflexionsgrad der dunkleren Fläche

Dies geschieht aus dem Grund, wie in der ÖNORM EN 16584-1:2017 erläutert, da einer ausreichend große Differenz der LRV-Werte (in dieser Norm mit 60 angegeben) zu einem Kontrast bei unterschiedlichen Lichtbedingungen und Hintergründen führt.

Umrechnung von Kontrastdefinitionen

Die Kontraste nach Weber und Michelson sowie das Kontrastverhältnis sind ineinander umrechenbar, wie in Tabelle 2.10 dargestellt (DOG, 2011):

Tabelle 2.10: Umrechnung der Kontrastdefinitionen nach Michelson und Weber sowie des Kontrastverhältnisses (DOG, 2011)

KONTRASTDEFINITION			
Kontrast _{Michelson} = $100\% \cdot (L_{\max} - L_{\min}) / (L_{\max} + L_{\min})$ Kontrast _{Weber} = $100\% \cdot (L_{\max} - L_{\min}) / L_{\max}$ Kontrast _{Verhältnis} = L_{\max} / L_{\min} L_{\max} ... maximale bzw. größere Leuchtdichte L_{\min} ... minimale bzw. kleinere Leuchtdichte			
ZIELDEFINITION	EINGANGSDEFINITION		
	Michelson (K_M)	Weber (K_W)	Verhältnis (K_{VH})
Michelson (K_M)	1	$K_W / (2 - K_W)$	$(K_{VH} - 1) / (K_{VH} + 1)$
Weber (K_W)	$2 \cdot K_M / (1 + K_M)$	1	$1 - 1 / K_{VH}$
Verhältnis (K_{VH})	$(1 + K_M) / (1 - K_M)$	$1 / (1 - K_W)$	1

Einsatz der unterschiedlichen Kontrastformeln

Die verschiedenen Formeln kommen situationsbedingt zum Einsatz:

Die Formel nach Weber für kleine Sehobjekte in einem großen Umfeld, in der Nähe der Erfassung der Wahrnehmungsschwelle und üblicherweise für gleichzeitig gesehene Reize (DIN EN 12665:2011; DIN EN ISO 24502:2011).

Die Michelson-Formel kommt zur Anwendung, wenn keine Unterscheidung zwischen Infeld und Umfeld möglich ist, beispielweisen bei periodischen Objekten (z.B. Gittern) oder benachbarter Sehobjekte ähnlicher Größe (Arend, 2017).

Das Kontrastverhältnis wird häufig bei hohen Leuchtdichten verwendet und üblicherweise bei zeitlich aufeinanderfolgenden Reizen. Ebenfalls wird es zur Bestimmung des Maximalkontrastes bei Bildschirmen herangezogen (DIN EN 12665:2011; DIN EN ISO 24502:2011).

Positiv- und Negativkontraste

Möchte man anhand der Vorzeichen erkennbar machen, ob es sich um helle Zeichen auf dunklem Grund oder dunkle Zeichen auf hellem Grund handelt, ist dies möglich, wenn man die Objekt- und Hintergrundleuchtdichten einsetzt. Die im Sehbehindertenwesen bezeichneten Negativkontraste (helle Zeichen auf dunklem Hintergrund) werden bezüglich Erkennbarkeit bei gleichem Betrag anders bewertet als Positivkontraste (dunkle Zeichen auf hellem Hintergrund). So kann es sinnvoll sein, mithilfe der Vorzeichen zwischen den beiden zu unterscheiden. (Joos et al., 2012; Lindner et al., 1994)

Die Formel nach Michelson im Bereich niederer Leuchtdichten

Eine Kritik an der Kontrastbemessung anhand der Formel nach Michelson ist, dass im Bereich von niederen Leuchtdichten bzw. Reflexionswerten der Kontrast rein rechnerisch erfüllt werden kann, obwohl die Leuchtdichteunterschiede subjektiv nicht ausreichend wahrgenommen werden können.

Um dieser Problematik entgegenzuwirken werden in der SIA 500:2009 und in der DIN 32975:2009 Mindestreflexionswerte für das hellere Material gefordert: in der Schweizer Norm $\rho \geq 0,6$, in der Deutschen Norm $\rho \geq 0,5$ für Kennzeichnungen von Orientierungs- und Leitsystemen. In der ÖNORM EN 16584-1 wird das Problem dadurch gelöst, dass ein Mindestabstand der LRV's von 10 Prozent im niederen Bereich einzuhalten ist. Allerdings sind Bodenmaterialien davon ausgenommen. Die Begründung ist, dass sich die Werte von Bodenbelägen durch Gebrauch und Abnutzung verschlechtern (ÖNORM EN 16584-1:2017). Es soll hier zu bedenken gegeben werden, dass visuelle Kontraste am Boden eine wertvolle Orientierungshilfe für Menschen mit Sehbehinderungen sind auch am Boden, einen ausreichenden Kontrast aufweisen sollten.

Abbildung 2.27 verdeutlicht die Thematik: die beiden RAL-Farben 7024 Graphitgrau (mit einem LRV-Wert von 9,34) und Graphitschwarz (mit einem LRV-Wert von 4,87) erreichen rechnerisch einen Kontrast nach Michelson von 0,31. Das wäre z.B. nach der ÖNORM EN 16584-1:2017 für Bodenbeläge ausreichend. Vergleicht man die Farben am Farbfächer, ist jedoch fragwürdig, ob der Kontrast von Personen mit Seheinschränkungen ausreichend wahrgenommen werden kann. Hier bräuchte es weiterführende Untersuchungen.

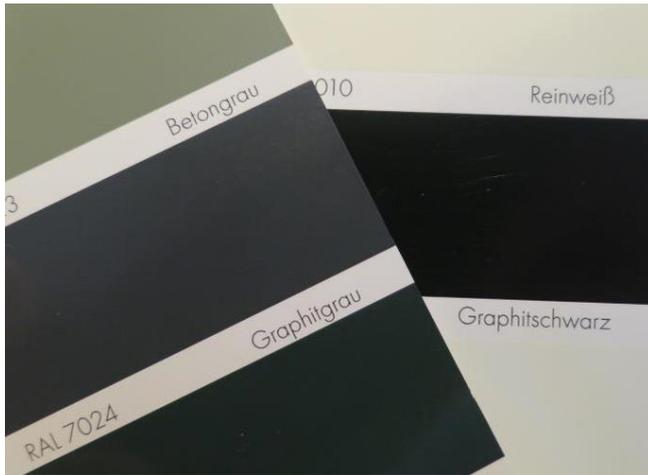


Abbildung 2.27: Abbildung der RAL-Farben: 7024 Graphitgrau und 9011 Graphitschwarz

2.4 Glasflächenkennzeichnungen

2.4.1 Rechtliche Situation

Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über die rechtliche Situation gegeben. Gezeigt werden soll, wo konkrete Spezifikationen zu Glasflächenkennzeichnungen vorkommen und inwiefern diese bindend sind. Die konkreten Vorgaben bezüglich der Ausführung der Markierungen sind im darauffolgenden Abschnitt in Tabelle 2.11 bis Tabelle 2.12 aufgelistet.

Mit der Ratifizierung der UN-Konvention zur Gleichstellung von Menschen mit Behinderungen (Republik Österreich, 2008) sowie dem Bundes-Behindertengleichstellungsgesetz (Republik Österreich, 2005) soll die Diskriminierung von Menschen mit Behinderungen beseitigt bzw. verhindert werden. Eine gleichberechtigte Teilhabe in allen Lebensbereichen sowie eine selbstbestimmte Lebensführung soll dadurch ermöglicht werden. Dies beinhaltet auch die barrierefreie Nutzung von (öffentlich zugänglichen) Gebäuden. Im 2006 veröffentlichten Bundesvergabegesetz (Republik Österreich, 2006) werden, basierend auf der EU Public Procurement Directive (EU, 2004), die „design-for-all-Kriterien“ und die Berücksichtigung der Anforderungen von Menschen mit Behinderungen bei allen Planungen und Aufträgen im Baubereich (ab einem gewissen Schwellenwert) eingefordert.

Die konkreten Regelungen, welche Bauwerke barrierefrei zu gestalten sind, erfolgt in den jeweils gültigen Baugesetzen/Bauordnungen und Bautechnikverordnungen/-richtlinien. Da Baurecht Landesmaterie ist, herrscht eine große Vielfalt an Spezifikationen in Österreich. Um die Unterschiede zu harmonisieren, wurden vom Österreichischen Institut für Bautechnik (OIB) Richtlinien für bestimmte Bereiche erarbeitet, unter anderem die Richtlinie 4 für Nutzungssicherheit und Barrierefreiheit (OIB, 2015). Die Erklärung einer rechtlichen Verbindlichkeit der OIB-Richtlinien bleibt den Bundesländern überlassen, derzeit ist die aktuelle Version von 2015 in 7 Bundesländern in Kraft, in Niederösterreich und Oberösterreich gelten noch die Richtlinien von 2011 (OIB, 2017). Verwies die OIB - Richtlinie 4 von 2011 noch auf die Spezifikationen in der österreichischen Norm zu barrierefreiem Bauen, die ÖNORM B 1600, entfallen diese Verweise in der derzeit gültigen Ausgabe von 2015. Grund dafür ist, dass Normen käuflich zu erwerben und nicht frei zugänglich sind. Da Gesetze (und folglich auch Richtlinien, auf die in Gesetzen verwiesen wird) frei zugänglich sein müssen, ist ein derartiger Verweis rechtlich nicht möglich.

Normen gelten als Stand der Technik im jeweiligen Gebiet und besitzen per se nur Empfehlungscharakter. Sie sind rechtlich nur dann verpflichtend anzuwenden, wenn diese in einem nationalen Gesetz direkt zitiert werden. ArchitektInnen und beauftragte Firmen verpflichten sich jedoch in der Regel über Auftragsvergaberichtlinien den Stand der Technik und somit auch die

Anforderungen für ältere und behinderte Menschen im Bereich der Errichtung von Gebäuden für Dienstleistungen sowie Warenverkauf einzuhalten. Die Erarbeitung von Normen erfolgt im österreichischen Normungsinstitut bzw. Austrian Standards Institute (ASI). Überregional werden europaweite Normen (EN-Normen) und internationale Normen (ISO-Normen) erarbeitet. EN-Normen müssen in nationale Normen umgewandelt werden, die jeweilige inhaltliche gleiche nationale Norm (z.B. ÖNORM) ist dann zurückzuziehen. Es kann dadurch vorkommen, dass nationale Normen in gewissen Bereichen vorteilhaftere Vorgaben hätten, die jedoch durch die Übernahme von EN-Normen außer Kraft treten. Eine Möglichkeit, das zu umgehen, ist eine allgemein gehaltene Formulierung in den Normen und die Auslagerung von konkreten Spezifikationen in sogenannte Technical Reports (CEN/TR). Diese können von den Ländern angenommen werden, müssen es aber nicht. ISO-Normen können ebenfalls, müssen aber nicht als nationale Normen übernommen werden. Oftmals geschieht das in Bereichen, wo Staaten keine eigene Norm erarbeitet haben.

Für Glasflächenmarkierungen ist in Österreich die ÖNORM B 1600:2017 als Stand der Technik anzusehen. Im Anwendungsbereich von Bahnhöfen (Infrastruktur) ist die EU konforme TSI PRM Richtlinie anzuwenden (EU, 2014), u.a. die ÖNORM EN 16584-1:2017. Auf internationaler Ebene gilt die die ISO 21542:2011 als Stand der Technik.

2.4.2 Spezifikationen in Normen und Richtlinien

Die konkreten Vorgaben in verschiedenen Verordnungen, Richtlinien und Normen hinsichtlich der Ausführung Glasflächenkennzeichnungen sind in Tabelle 2.11 und Tabelle 2.12 zusammengestellt. Abbildung 2.28 zeigt die Spezifikationen der Anbringungshöhen und Höhe der Markierungen grafisch.

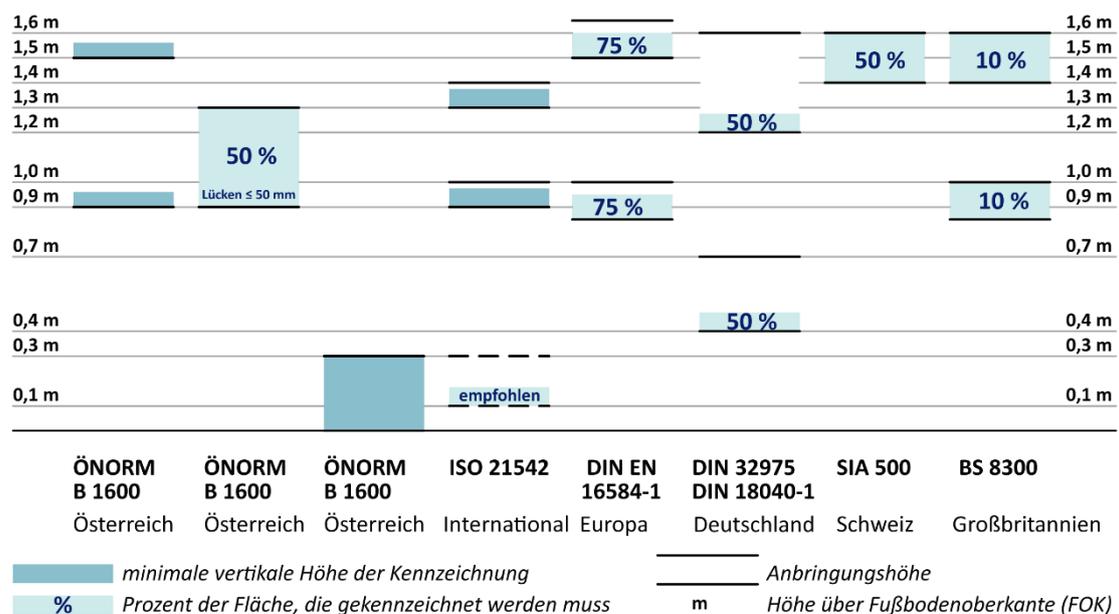


Abbildung 2.28: Vorgaben in Normen bezüglich Glasflächenkennzeichnungen: Anbringungshöhe, vertikale Mindesthöhe sowie prozentualer Anteil der vorgegebenen Fläche, der markiert werden muss.

Tabelle 2.11: Spezifikationen hinsichtlich der Ausführung von Glasflächenkennzeichnungen in Verordnungen und Richtlinien, auf die in Gesetzten verwiesen wird

TSI PRM (EU, 2014) Europaweit	Zu kennzeichnen sind	<ul style="list-style-type: none"> • Transparente Hindernisse in Form von Glastüren oder transparenten Wänden auf oder entlang den von Reisenden genutzten Wegen • Türoberflächen, die zu mehr als 75 % aus einem transparenten Werkstoff bestehen sind mit deutlich sichtbaren Markierungen zu kennzeichnen.
	Kennzeichnungen sind nicht erforderlich	<ul style="list-style-type: none"> • Wenn die Reisenden durch andere Objekte vor einem Aufprall geschützt sind, beispielsweise durch Handläufe oder durchgehende Sitzbänke.
	Beschreibung der Kennzeichnung	<ul style="list-style-type: none"> • Die transparenten Hindernisse müssen durch diese Kennzeichnungen deutlich hervorgehoben werden.
	Größe und Abmessung	<i>Keine Angabe</i>
	Anbringungshöhe	<i>Keine Angabe</i>
	Kontrast	<i>Keine Angabe</i>
	Sonstiges	<i>Keine Angabe</i>

OIB RL 4 (OIB, 2015) Österreich	Zu kennzeichnen sind	<ul style="list-style-type: none"> • Transparente Flächen in allgemein zugänglichen Bereichen, bei denen Aufprallunfälle zu erwarten sind
	Kennzeichnungen sind nicht erforderlich	<ul style="list-style-type: none"> • Bei Glastüren mit einer Rahmenbreite des Türflügels von mindestens 10 cm • Bei Glasflächen mit kontrastierenden Sockelbereichen mit mindestens 30 cm Höhe
	Beschreibung der Kennzeichnung	<i>Keine Angabe</i>
	Größe und Abmessung	<i>Keine Angabe</i>
	Anbringungshöhe	<i>Keine Angabe</i>
	Kontrast	<i>Keine Angabe</i>
	Sonstiges	<ul style="list-style-type: none"> • Die unterschiedlichen Licht- bzw. Beleuchtungsverhältnisse (z.B. Tag und Nacht, beidseitige Betrachtung) sind zu berücksichtigen

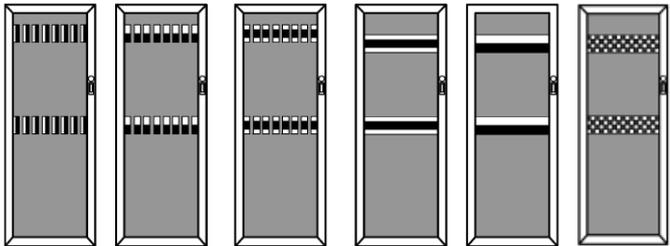
Arbeitsstättenverordnung (Republik Österreich, 1998) Österreich	Zu kennzeichnen sind	<ul style="list-style-type: none"> • Durchsichtige Türen und Tore
	Kennzeichnungen sind nicht erforderlich	<i>Keine Angabe</i>
	Beschreibung der Kennzeichnung	<i>Keine Angabe</i>
	Größe und Abmessung	<i>Keine Angabe</i>
	Anbringungshöhe	<ul style="list-style-type: none"> • In Augenhöhe
	Kontrast	<i>Keine Angabe</i>
	Sonstiges	<i>Keine Angabe</i>

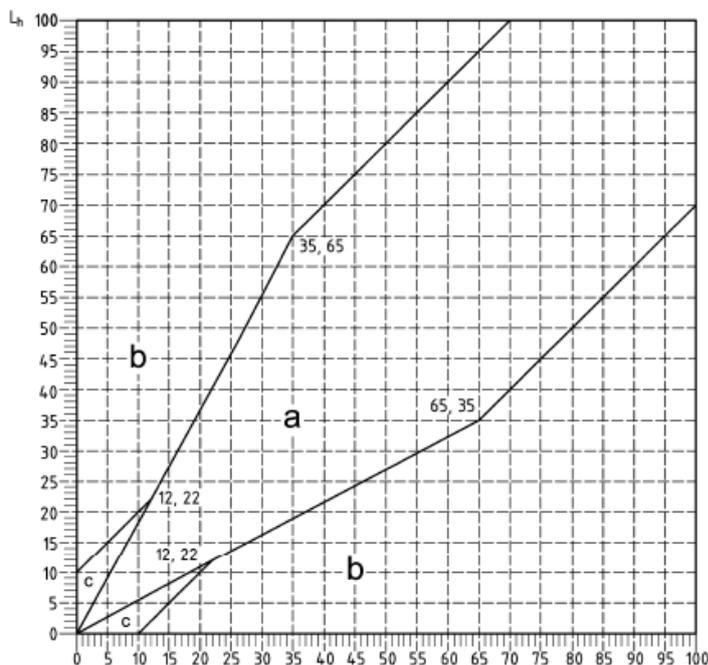
Kennzeichnungsverordnung (Republik Österreich, 1997) Österreich	Zu kennzeichnen sind	<ul style="list-style-type: none"> Um Gefahren zu kennzeichnen, können statt Schildern Sicherheitsfarben verwendet werden, wenn Bereiche gekennzeichnet werden sollen, in denen eine Gefahr des Abstürzens oder des Anstoßens gegen Hindernisse besteht
	Kennzeichnungen nicht erforderlich	<i>Keine Angabe</i>
	Beschreibung der Kennzeichnung	<ul style="list-style-type: none"> Die Wahl der Sicherheitsfarben ist hierbei festgelegt: Kennzeichnung von Hindernissen und Gefahrenstellen erfolgt anhand schwarz-gelber oder rot-weißer Streifen gleicher Breite, angeordnet in einem Winkel von 45° (siehe Abbildung 2.29)  <p><i>Abbildung 2.29: Kennzeichnung von Hindernissen und Gefahrenstellen nach der österreichischen Kennzeichnungsverordnung (Republik Österreich, 2015, Anhang 2)</i></p>
	Größe	<i>Keine Angabe</i>
	Anbringungshöhe	<i>Keine Angabe</i>
	Kontrast	<ul style="list-style-type: none"> Müssen eine zur einwandfreien Erkennbarkeit hinreichend hohe Leuchtdichte aufweisen
	Sonstiges	<i>Keine Angabe</i>

Technische Regeln für Arbeitsstätten (BAuA, 2014b, 2014a, 2016) Deutschland	Zu kennzeichnen sind	<ul style="list-style-type: none"> Durchsichtige, nicht strukturierte Flächen in der Nähe von Arbeitsplätzen und Verkehrswegen Flügel von Türen und Tore, die zu mehr als drei Viertel ihrer Fläche aus einem durchsichtigen Werkstoff bestehen sind Die Hauptschließkante von rahmenlosen Glas-Drehflügeltüren ist visuell kontrastierend zu gestalten
	Kennzeichnungen nicht erforderlich	<i>Keine Angabe</i>
	Beschreibung der Kennzeichnung	<ul style="list-style-type: none"> Müssen so gekennzeichnet sein, dass sie deutlich wahrgenommen werden können z.B. durch ausreichend große Bildzeichen, Symbole, farbige Tönungen oder Klebefolien z.B. 8 cm breite durchgehende Streifen
	Größe	<ul style="list-style-type: none"> z.B. 8 cm (durchgehende Streifen)
	Anbringungshöhe	<ul style="list-style-type: none"> Zwischen 40 cm – 70 cm und zwischen 120 cm – 160 cm über Fußbodenoberkante In Augenhöhe von durchschnittlich großen, sowie von kleinwüchsigen Personen oder Personen, die einen Rollstuhl nutzen
	Kontrast	<ul style="list-style-type: none"> Für Beschäftigte mit Sehbehinderung ist die Kennzeichnung visuell kontrastierend zu gestalten
	Sonstiges	<ul style="list-style-type: none"> Sollen sich je nach Hintergrund und Beleuchtungssituation gut erkennbar abheben Die Wahrnehmbarkeit der Türen und Tore wird durch die Gestaltung mit auffallenden Griffen oder einer Handleiste verbessert

Tabelle 2.12: Spezifikationen hinsichtlich der Ausführung von Glasflächenkennzeichnungen in nationalen und internationalen Normen

ISO 21542 (ISO 21542:2011, 18.1.5) International	Zu kennzeichnen sind	<ul style="list-style-type: none"> • Glaswände und Ganzglastüren
	Kennzeichnungen nicht erforderlich	<i>Keine Angabe</i>
	Beschreibung der Kennzeichnung	<ul style="list-style-type: none"> • Durchgehende Markierungen von min 7,5 cm Höhe,
	Größe und Abmessung	<ul style="list-style-type: none"> • Mindestens 7,5 cm (durchgehend)
	Anbringungshöhe	<ul style="list-style-type: none"> • Auf zwei Höhen: zwischen 0,9 m - 1 m und zwischen 1,3 m - 1,4 m über der FOK • Zusätzlich empfohlen zwischen 0,1 m - 0,3 m
	Kontrast	<ul style="list-style-type: none"> • Kontrast der Markierung zum Hintergrund: Differenz der LRV-Werte ≥ 30 • Kontrast der zwei Markierungsfarben zueinander: Differenz der LRV-Werte ≥ 60
	Sonstiges	<ul style="list-style-type: none"> • Hochreflektierendes Glas soll vermieden werden • Freistehende Glasenden sollen mit einem visuell kontrastierenden Streifen zum Hintergrund, gegen den sie gesehen werden, gekennzeichnet werden • Große Glasflächen in der Nähe von Verkehrsflächen können für Öffnungen gehalten werden. • Reflexe von Glasflächen können verwirrend sein
ÖNORM EN 16584-1 (ÖNORM EN 16584-1:2017) Europa	Zu kennzeichnen sind	<ul style="list-style-type: none"> • Transparente Hindernisse in Form von Glastüren oder transparenten Wänden auf oder entlang den von Fahrgästen genutzten Wegen • Türen, deren sichtbare Türoberfläche zu mehr als 75 % aus einem transparenten Werkstoff bestehen
	Kennzeichnungen nicht erforderlich	<ul style="list-style-type: none"> • Entlang transparenter Wände sind diese Kennzeichnungen nicht erforderlich, sofern die Fahrgäste auf andere Weise vor einem Aufprall geschützt sind, beispielsweise durch Handläufe oder durchgehende Sitzbänke.
	Beschreibung der Kennzeichnung (5.3.4 Innentüren)	<ul style="list-style-type: none"> • Min. zwei hervorstechende Streifen aus Zeichen, Logos, Emblemen oder Verzierungen • Mindesthöhe der Streifen von 10 cm (vertikal vom Boden aus gemessen) • In einer Höhe von 0,85 m – 1 m und 1,50 m – 1,65 m (vertikale Länge zum Boden) • Max. 25 % des Streifens dürfen transparent sein • Das Kontrastband muss immer über die gesamte Breite des transparenten Teils der Tür oder des Hindernisses gehen. • Die Bänder müssen mit dem Hintergrund über die gesamte Breite der Tür hinweg kontrastierend sein, der Kontrast muss auf beiden Seiten der Tür erreicht werden

		<ul style="list-style-type: none"> • Wenn das Hindernis aus zwei unterschiedlichen Richtungen zugänglich ist, muss diese Anforderung für jede Seite erfüllt werden. • Die Anteile beider Farben müssen innerhalb der gesamten Breite des transparenten Bereichs min. 30 % betragen • Das Rastermaß der kontrastierenden Farben muss größer als 3 cm sein  <p>Abbildung 2.30: Glasflächenmarkierungen, in Übereinstimmung mit der ÖNORM EN 16584-1 (ÖNORM EN 16584-1:2017, Anhang B.3)</p>
Größe und Abmessung		<ul style="list-style-type: none"> • 10 cm breit, davon 75 % markiert • Rastermaß > 3 cm
Anbringungshöhe		<ul style="list-style-type: none"> • 0,85 m – 1 m und 1,50 m – 1,65 m (75 % von 10 cm)
Kontrast		<ul style="list-style-type: none"> • Kontrast der zwei Markierungsfarben: Differenz der LRV-Werte ≥ 60 • Kontrast zum Hintergrund in Übereinstimmung mit einer Grafik (Abbildung 2.31) • Für Innentüren müssen die Anforderungen in Bezug auf den Hintergrundkontrast nicht erfüllt werden, wenn das Kontrastband aus zwei Kontrastfarben mit einer Minstdifferenz des LRV von 60 Prozent besteht.



- a LRV-Werte in diesem Bereich erreichen keinen zulässigen Kontrastwert
 - b LRV-Werte in diesem Bereich erreichen einen zulässigen Kontrastwert
 - c LRV-Werte in diesem Bereich erreichen NUR dann einen zulässigen Kontrastwert, wenn es sich bei dem zu bewertenden Material um Fußbodenbeläge handelt
- L_o LRV des Objekts
 L_h LRV des Hintergrundes

Abbildung 2.31: Grafik für die Bemessung des allgemeinen Kontrastes in der ÖNORM EN 16584-1 (ÖNORM EN 16584-1:2017, Anhang A.1)

ÖNORM B 1600 (ÖNORM B 1600:2017) Österreich	Zu kennzeichnen sind	<ul style="list-style-type: none"> • Glastüren mit einer Rahmenbreite unter 20 cm • beidseitig zugängliche vertikale Glasflächen
	Kennzeichnungen sind nicht erforderlich	<ul style="list-style-type: none"> • Glastüren mit einer Rahmenbreite ≥ 20 cm • Glasflächen mit einem kontrastierenden Sockelbereich in einer Mindesthöhe von 30 cm (beginnend bei Gelände- bzw. FOK)
	Beschreibung der Kennzeichnung	<ul style="list-style-type: none"> • Müssen einen hellen und einen dunklen, möglichst gleich großen Flächenanteil aufweisen • zwei durchgehende horizontale Streifen (min. 6 cm hoch) beginnend bei 90 cm und 150 cm über FOK • oder Symbole im Bereich zwischen 90 cm und 130 cm, nichtmarkierte Bereiche dürfen max. 5 cm (in alle Richtungen) betragen, die Breite der Symbole muss mindestens dem nicht markierten Abstand entsprechen. Markierte und nicht markierte Flächen sollen annähernd flächengleich sein. • Bei Glastüren ist die Seite der Türöffnung zu kennzeichnen. Dies ist gegeben, wenn die Türdrückergarnitur bzw. die vertikale Griffstange einen ausreichenden Kontrast zum Hintergrund aufweist (Differenz der LRV-Werte ≥ 50). Wenn kein Türdrücker vorhanden ist, ist eine Markierung vorzusehen, z.B. eine 50 cm lange Diagonale, die mit 45° Neigung zur Türöffnung führt • Illustration siehe Abbildung 2.32
	Größe	<ul style="list-style-type: none"> • Streifen ≥ 6 cm, Muster 40 cm, Sockelbereich 30 cm
	Anbringungshöhe	<ul style="list-style-type: none"> • Streifen beginnend bei 90 cm und 150 cm über FOK, Muster beginnend bei 90 cm über FOK
	Kontrast	<ul style="list-style-type: none"> • Kontrast der Markierung zum Hintergrund: Differenz der LRV-Werte ≥ 50
	Sonstiges	<ul style="list-style-type: none"> • Die beste Wirkung wird in Farbkombination mit weiß erzielt • Unterschiedliche Licht- bzw. Beleuchtungsverhältnisse (Tag, Nacht, beidseitige Beleuchtung) sind zu berücksichtigen • Die Sichtbarkeit der Markierung darf nicht durch Spiegelungen der Glasfläche oder der Markierung selbst reduziert werden • Bei Glastüren ist die Türöffnungsseite besonders zu kennzeichnen. Die Kennzeichnung der Türöffnungsseite kann entfallen, wenn die Türdrückergarnitur oder vertikale Griffstange mit $K \geq 50$ kontrastierend zum Hintergrund ausgeführt ist

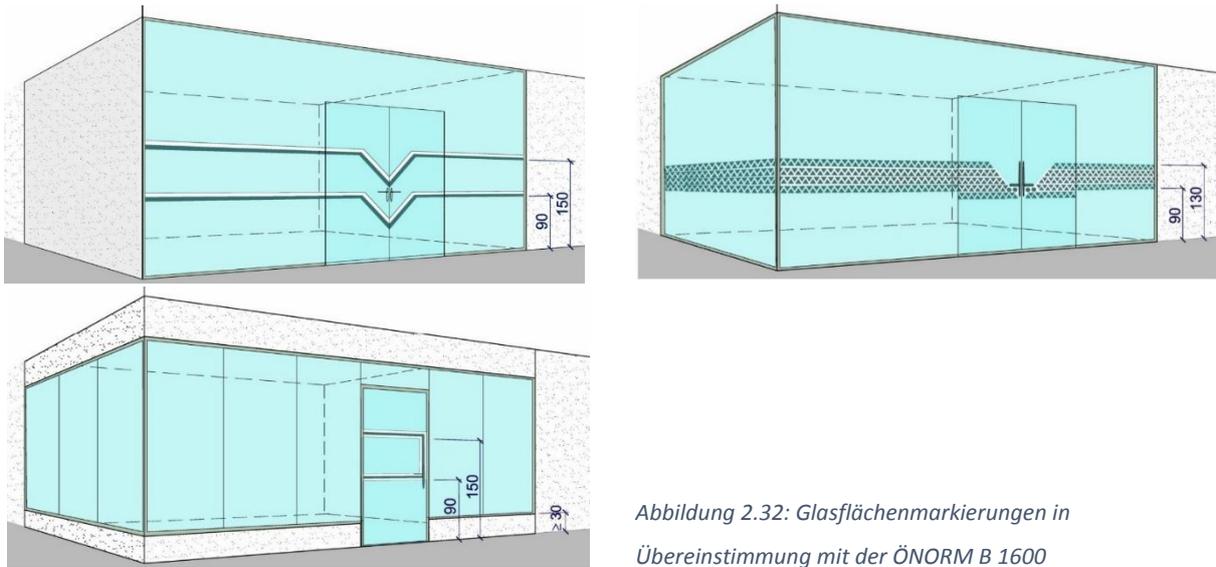


Abbildung 2.32: Glasflächenmarkierungen in Übereinstimmung mit der ÖNORM B 1600

Erläuterungen zur ÖNORM B 1600 (Grundner, 2013) Österreich	Zu kennzeichnen sind	<ul style="list-style-type: none"> auch halb durchscheinende oder satinierte Glaswände, da Raumtiefen durch mögliche durchscheinende Schattenbilder nicht eingeschätzt werden können
	Kennzeichnungen sind nicht erforderlich	<ul style="list-style-type: none"> Ausgenommen sind Glasflächen in Wohnungen Der 20 cm breite Rahmen von Türen sollte in einer anderen Farbe, als die angrenzende Wandfläche ausgeführt werden Wände aus Glas sollen eine Parapethöhe von ≥ 30 cm ausweisen oder eine vollflächige Markierung im Sockelbereich bis 30 cm, besser 50 cm über FOK haben, der Kontrast soll ≥ 50 zum Fußboden betragen. Sockelmarkierungen reichen bei weitläufigen Hallen nicht aus und auch nicht, wenn die Glasfläche von beiden Seiten zugänglich ist. Ebenfalls darf bei Türen keine Sockelmarkierung verwendet werden. Bei Schaufensteranlagen entlang einer Fassade werden Sockelmarkierungen gut wahrgenommen
	Beschreibung der Kennzeichnung	<ul style="list-style-type: none"> Die Markierungen dürfen kein Satinat sein Die Markierungen müssen von jeder zugänglichen Seite aufgebracht sein
	Größe und Abmessung	<ul style="list-style-type: none"> Beträgt die Streifenhöhe einer Farbe mindestens 6 cm können Personen mit einem Visus von 0,1 die Markierung rechtzeitig erkennen
	Sonstiges	<ul style="list-style-type: none"> Zur Kennzeichnung der Türöffnungsseite reicht es nicht, das Muster zu ändern. Die Markierung muss unmissverständlich nach oben oder unten laufen Glasscheiben, die in den Raum stehen sind zusätzlich mit einem Kantenschutz zu versehen, eine vertikale Markierung von 5 cm Breite wird empfohlen

DIN 32975 (DIN 32975:2009, 4.5) Deutschland	Zu kennzeichnen sind	<ul style="list-style-type: none"> • Transparente Glaswände, Ganzglastüren und großflächig verglaste Türen
	Kennzeichnungen nicht erforderlich	<i>Keine Angabe</i>
	Beschreibung der Kennzeichnung	<ul style="list-style-type: none"> • Mindestens 2 Sicherheitsmarkierungen mit 8 cm Höhe, in Streifenform bzw. aus einzelnen Elementen (mit einem Flächenanteil von min. 50% des Streifens) • Muss über die ganze Glasbreite reichen • Muss visuell kontrastreich sein • Muss jeweils helle und dunkle Anteile (Wechselkontrast) enthalten, um wechselnde Lichtverhältnisse im Hintergrund zu berücksichtigen • in einer Höhe von 40 cm - 70 cm und 120 cm – 160 cm über Oberkante Fußboden (FOK)
	Größe	<ul style="list-style-type: none"> • mindestens 8 cm hoch
	Anbringungshöhe	<ul style="list-style-type: none"> • zwischen 40 cm -70 cm und zwischen 120 cm – 160 cm über FOK
	Kontrast	<ul style="list-style-type: none"> • Kontrast nach Michelson: $K_M > 0,7$

DIN 18040-1 (DIN 18040-1:2010, 4.3.2, 4.3.3.5) Deutschland	Zu kennzeichnen sind	<ul style="list-style-type: none"> • Glaswände oder großflächig verglaste Wände an Verkehrsflächen • Ganzglastüren und großflächig verglaste Türen
	Kennzeichnungen sind nicht erforderlich	<ul style="list-style-type: none"> • Wenn die Erkennbarkeit der verglasten Wände auf andere Weise sichergestellt ist (z.B. Schaufenster mit Auslagen und entsprechender Beleuchtung)
	Beschreibung der Kennzeichnung	<ul style="list-style-type: none"> • Muss über die ganze Glasbreite reichen • Muss visuell kontrastreich sein • Muss jeweils helle und dunkle Anteile (Wechselkontrast) enthalten, um wechselnde Lichtverhältnisse im Hintergrund zu berücksichtigen • in einer Höhe von 40 cm - 70 cm und 120 cm – 160 cm über Oberkante Fußboden (FOK)
	Größe und Abmessung	<ul style="list-style-type: none"> • durchschnittliche Höhe von 8 cm und einzelnen Elementen mit einem Flächenanteil von min. 50 % des Streifens
	Anbringungshöhe	<ul style="list-style-type: none"> • zwischen 40 cm - 70 cm und zwischen 120 cm – 160 cm über FOK
	Kontrast	<ul style="list-style-type: none"> • Nach DIN 32975
	Sonstiges	<ul style="list-style-type: none"> • Beeinträchtigung von visuellen Informationen durch Blendungen, Spiegelungen und Schattenbildung sind so weit wie möglich zu vermeiden (beispielsweise durch geeignete Materialeigenschaften wie entspiegeltes Glas oder matte Oberflächen)

SIA 500 (SIA 500:2009, 3.4.7, 4.3.1) Schweiz	Zu kennzeichnen	<ul style="list-style-type: none"> • Wände und Türen aus durchsichtigem Material
	Kennzeichnungen nicht erforderlich	<i>Keine Angabe</i>
	Beschreibung der Kennzeichnung	<ul style="list-style-type: none"> • muss über ganze Länge gehen • Markierung muss nichttransparent sein • 50 % des Bereiches zwischen 1,4 m - 1,6 m muss markiert sein • Der Abstand zwischen den einzelnen Markierungsflächen darf max. 0,1 m betragen • vorzugsweise sind sie mit einer hellen und einer dunklen Farbe auszuführen • Markierungen mit Warnfunktion müssen mit matten, diffus reflektierenden Oberflächen ausgebildet werden. • Retroreflektierende Markierungen sind zulässig und sind vorzugsweise hell auf dunklem Grund auszubilden • Wo Farbkontraste eingesetzt werden, um Information zu verdeutlichen, muss unabhängig von den gewählten Farben auch der Helligkeitskontrast gewährleistet werden
	Größe	<ul style="list-style-type: none"> • Min. 50 % von 20 cm
	Anbringungshöhe	<ul style="list-style-type: none"> • Bereich zwischen 1,4 m und 1,6 m (min. 50 %)
Kontrast	<ul style="list-style-type: none"> • Kontrast nach Michelson $K_M \geq 0,6$ der Reflexionsgrad der helleren Fläche muss $\geq 0,6$ sein 	

BS 8300 (BS 8300:2009, 6.4.4) Großbritannien	Zu kennzeichnen	<ul style="list-style-type: none"> • Glastüren, Glaswände
	Kennzeichnungen nicht erforderlich	<i>Keine Angabe</i>
	Beschreibung der Kennzeichnung	<ul style="list-style-type: none"> • Permanente Markierung auf zwei Höhen • In Form von durchgehenden oder unterbrochenen Linien, Zeichen, Logos oder Mustern • Sollen 10 % der Zone (0,85 m - 1 m und 1,4 m - 1,6 m) abdecken und unter allen Lichtbedingungen (natürlichen und künstlichen) visuell kontrastierend zum Hintergrund sein
	Größe	<ul style="list-style-type: none"> • 10 % von 15 cm bzw. 20 cm
	Anbringungshöhe	<ul style="list-style-type: none"> • zwischen 0,85 m - 1 m und 1,4 m - 1,6 m (min. 10 %)
	Kontrast	<ul style="list-style-type: none"> • Differenz der LRV-Werte > 30
Sonstiges	<ul style="list-style-type: none"> • Wenn die Glastür neben oder inmitten einer Vollverglasung ist, muss sich die Tür von der Verglasung klar unterscheiden und prominenter sein. Das kann beispielsweise durch eine Rahmung der Tür mit einem opaken kontrastreichem Streifen von mindestens 2,5 cm geschehen • freistehende Glasenden sind mit einer zum Hintergrunde kontrastreichen Markierung zu kennzeichnen 	

2.4.3 Wünsche seitens Personen mit Seh Einschränkungen

Die Aufgabe von Glasflächenmarkierungen sind einerseits die Kenntlichmachung der Glasfläche als Hindernis, um Verletzungen zu vermeiden und andererseits die Kenntlichmachung von Öffnungen und Durchgängen in der Glasfläche (Auffinden der Öffnung, Auffinden des Türgriffes, Erkennen, ob die Tür offen oder geschlossen ist, auch bei Schwingtüren).

Insgesamt spielen bei der Erkennbarkeit von Glasflächenmarkierungen viele Faktoren eine Rolle, die im Zusammenhang zu sehen sind:

- Die Größe der Markierung, der Kontrast zum Hintergrund, die Auffälligkeit der Markierung gegenüber den umgebenden Elementen, die Anbringungshöhe
- Lichtverhältnisse (etwaige Blendung durch Tageslicht, Auftreten von Spiegelungen auf der Glasfläche oder der Markierung, unzureichende Gesamtbeleuchtung)
- Die gesamte räumliche Situation, wie man auf die Glasfläche zugeht, ob es architektonische Elemente gibt, die den Raum oder die Fassade gliedern wie z.B. das Vor- oder Rückversetzen des Einganges
- Seh- und Orientierungsvermögen der Person (z.B. Visus, Gesichtsfeldausfälle)
- Komplexität der Situation und zusätzliche Stressfaktoren (z.B. Spiegelungen, Blendung, Menschenmassen, Regen, Lärm, Zeitdruck)

Keine oder nur unzureichend markierten Glasflächen sind eine Gefahr für Menschen mit Sehbehinderungen, da sie nicht sichtbar sind. Probleme mit markierten Glasflächen ergeben sich meistens durch unzureichende Markierungen (beispielsweise zu kleine, nur punktuelle oder zu wenig kontrastreiche) oder ungünstige Lichtverhältnisse (wie beispielsweise Spiegelungen oder Blendung).

Im Vorfeld der Versuche wurden die Testpersonen befragt, welche Markierungen sie gut erkennen würden. Die Antworten waren:

- Zweifarbige, egal in welcher Kombination, solange der Kontrast ausreichend ist
- Wenn Schrift in der Markierung enthalten ist, ist es bei Türen von Vorteil, da sich die Schrift mit der Türe mitbewegt und die Markierung dadurch deutlicher sichtbar wird.
- Farben, die ins Auge stechen wie z.B. rot, gelb oder blitzblau
- Die Vögel werden von einigen ProbandenInnen als gut bezeichnet, weil man sofort erkennt, worum es geht, für andere sind sie zu punktuell auf der Glasfläche und nicht erkennbar.
- Umrandete Glasflächen sind besser erkennbar, Rahmen helfen bei der Erkennung.
- Farbe ist nicht unbedingt relevant
- Sie sollen sich deutlich vom Hintergrund abheben und ungefähr auf Augenhöhe sein

- Streifen sind leichter zu erkennen, ebenso große bunte Flächen. Es muss etwas Längliches sein, damit es aufgrund der Gesichtsfeldausfälle wahrgenommen werden kann. Punktuelle Sachen sind aufgrund der Gesichtsfeldausfälle nicht immer wahrnehmbar.
- Je breiter, desto besser

Auf die Frage, welche Markierungen nicht so gut erkennbar seien kamen folgende Rückmeldungen:

- Bei Dunkelheit sind die roten Markierungen nicht so gut sichtbar, da wäre etwas reflektierendes angenehmer
- Wenn sie zu klein sind
- Satinierte Markierungen im Außenbereich, bei Sonnenlicht
- Schwarz-weiß ist nicht so gut erkennbar, schwarz könnte auch etwas anderes sein
- Graue Markierungen, die verschwimmen mit dem Glas, die Hellgrauen sind die Schlechtesten
- Schnörkel, die sind verwirrend und können alles Mögliche sein
- Es kommt immer auf den Hintergrund an
- Wenn sie punktuell sind (wie die Vogel-Pickerl)
- Kleinere, dezenter Markierungen, wenn es zu wenig ist
- Vereinzelte Dreiecke, Kreise, Vierecke; wenn es ganze Folien sind geht es wieder
- Zu blasse (z.B. weiß auf hellgelb)
- Umso dünner die Linie, umso weniger Kontrast, umso dezenter, desto schlechter
- Blaue Markierungen, alles was hinterleuchtet ist, vereinzelt Schrift (vor allem satinierte Schrift) kann eine befragte Testperson nicht als Markierung ausmachen, weiß blendet

Folgendes haben die Testpersonen sonst noch zu Glasflächenkennzeichnungen rückgemeldet:

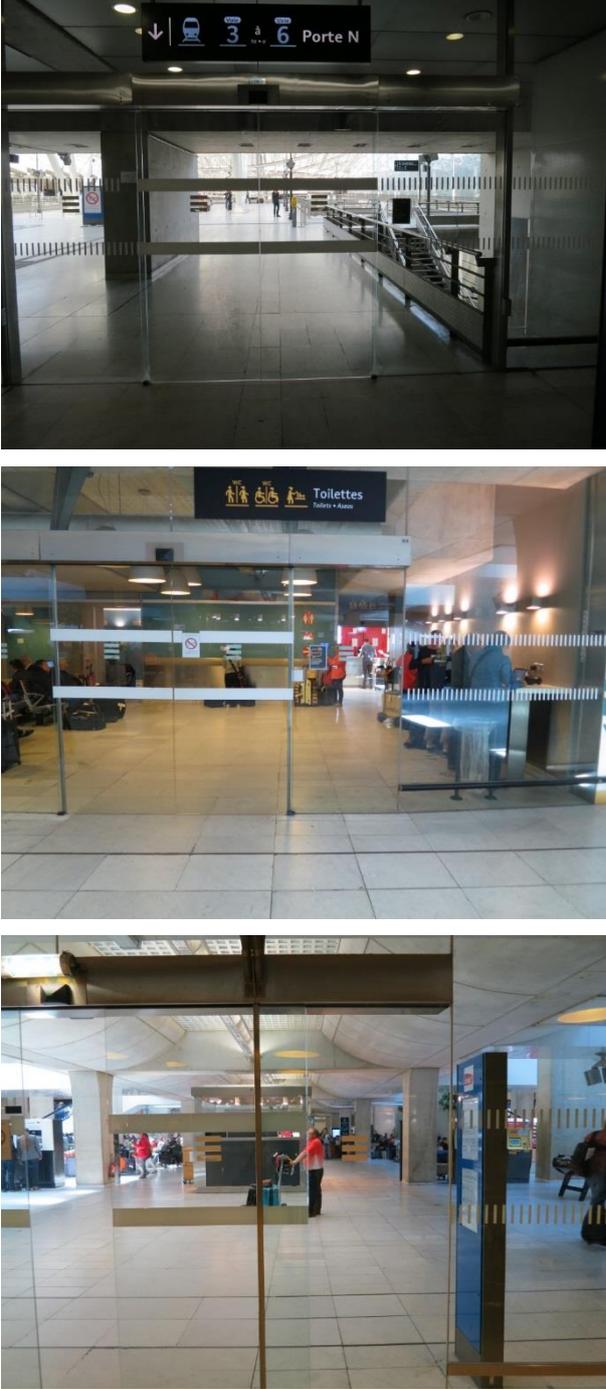
- Glasflächenmarkierungen sind total wichtig, angenehm ist ein Begleitstreifen auf der Seite
- Glasflächenmarkierungen können auch zu viel sein wie bei einigen Wettbüros, da weiß man nicht, auf was man schauen soll und findet den Eingang nicht
- Manchmal sind Glasflächen schlecht markiert, irreführend. Man erkennt die Markierung zwar, die weist aber auf etwas Falsches hin, der Fokus geht zur falschen Fläche, z.B. weist die Markierung nicht dorthin, wo die Türe aufgeht oder aufzumachen ist
- Es geht nicht nur darum, nicht dagegen zulaufen, sondern auch darum sich orientieren zu können und den Weg zu finden – vor allem bei langen Glaswänden, die auf einer Seite keinen Durchgang haben. Da ist es wichtig zu wissen, auf welcher Seite man durch kann
- Personen verstellen manchmal die Markierungen, dann kann man den Anlaufpunkt bei Türen nicht mehr sehen. Wenn es zusätzlich eine Markierung auf der Türoberkante gäbe, wäre es hilfreich

- Bei Glastüren in Liften fehlen die Markierungen
- Es kommt immer drauf an, wie das Licht drauffällt
- Geht eher intuitiv, die Frage ist schwer zu beantworten
- Glasflächen am Boden sind sehr unangenehm, blenden, möchte nicht drüber gehen, wirkt unheimlich und unsicher
- Meidet moderne Glaspaläste prinzipiell, geht Wege, die bekannt sind
- Je auffälliger, desto besser
- Zweifarbige Markierungen sollen eine klare Kante haben und nicht ineinander verlaufen, dann sind sie besser zu sehen, der Kontrast ist größer
- Glasflächenmarkierungen müssen nicht unbedingt nach einer einheitlichen Norm gestaltet werden, es soll auch Platz für Kreativität bleiben, solange die Funktion erfüllt wird
- Umrandungen helfen, z.B. umrandete Türen oder umrandete Schilder (wie die Gefahrenschilder)
- Es ist gut, wenn die Striche auf Augenhöhe sind, da erkennt man gleich, dass da was ist
- Gefährlich ist, wenn Glas stirnseitig frei im Raum steht und nicht markiert ist
- Spiegel sind ganz schlimm, wirken wie ein Raum wo man weitergehen kann, sind verwirrend und sollten markiert werden
- Durchgängig satinierte Glasflächen (solange sie nicht spiegeln) werden wie eine Wand wahrgenommen
- Markierungen sollen prominent sein und nicht verschwinden. Gehen sie z.B. nicht über die ganze Glasfläche, könnten sie auch ein Objekt im Hintergrund sein.
- Markierungen am Boden (z.B. ein Leitstreifen in anderer Farbe) sind hilfreich
- Getöntes Glas wird auch wahrgenommen
- Würfelmuster sind wahrnehmbar, allerdings soll man die Zielrichtung (Türöffnungsseite) erkennen können
- Es ist immer die Gesamtheit der Situation zu beachten, z.B. ob Spiegelungen auftreten, ob es zusätzlich andere Orientierungshilfen wie ein taktiles Leitsystem gibt, ob die Markierung in der Dämmerung auch gut erkannt wird
- Die Markierungen soll auf beiden Seiten am Glas angebracht sein, um Reflexionen zu vermeiden und die Helligkeit der helleren Markierung zu gewährleisten, diese wird sonst durch die Farbe des Glases gemindert
- Schräge Streifen werden als Ziel interpretiert, lenken den Blick, horizontale Streifen werden eher als Barriere wahrgenommen
- Irgendetwas ist besser als gar nichts

2.4.4 Beispielsammlung

Im diesem Abschnitt wird anhand von Beispielen gezeigt, worauf bei der Erstellung von Glasflächenkennzeichnungen zu achten ist und was gut sichtbare Markierungen ausmacht.

Tabelle 2.13: Beispielsammlung von gelungenen und verbesserungswürdigen Glasflächenkennzeichnungen

Situation	Kommentar
	<p>Diese drei Abbildungen, aufgenommen in Paris am Flughafen-Bahnhof Charles de Gaulle, veranschaulichen wie unterschiedlich die gleiche Markierung bei unterschiedlichen Licht- und Hintergrundverhältnissen wirken kann</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gegen Tageslicht, im oberen Bild, wirkt die Markierung sehr dunkel. Von außen gesehen sehr hell (im mittleren Bild) und im Innenraum, im untersten Bild, hebt sie sich wenig vom Hintergrund ab. • Zu den Bildern wurde rückgemeldet, dass gerade die Türkennzeichnungen aufgrund der durchgängigen Balken als Barriere wirken, wohingegen die Markierungen auf den fixen Elementen (abgesehen davon, dass sie wenig sichtbar sind) eher wie ein Durchgang wirken. • Gefährlich sind im mittleren Bild die nicht markierten Glasscheiben neben der Türe, die wie ein Durchgang wirken, vergleichbar mit der offenstehenden Türe im unteren Bild
<p>Abbildung 2.33: Glasflächenmarkierung in Paris am Flughafen-Bahnhof Charles de Gaulle, 2016</p>	

Situation	Kommentar
 <p data-bbox="204 703 855 779"><i>Abbildung 2.34: Unzureichend markierte Glasscheibe quer zur Gehrelation in der Hauptbücherei Wien, 2017</i></p>	<p data-bbox="890 264 1390 456">Gefährlich sind unzureichend markierte Glasflächen vor allem dann, wenn sie sich quer zur Gehrelation auf intuitiv genutzten Wegen befinden.</p> <ul data-bbox="903 495 1390 1272" style="list-style-type: none"> • Die oberen zwei Bilder sind in der Hauptbücherei Wien aufgenommen. Die Glasscheibe befindet sich mitten im Gang neben den Bücherregalen und kann rechts umgangen werden. Gekennzeichnet ist sie nur durch ein kleines Symbol, ein dunkelblaues durchgestrichenes Mobiltelefon. Dieses ist, abgesehen davon, dass es zu klein ist, durch die Bücher im Hintergrund kaum erkennbar. Der Rahmen der Glasscheibe wirkt seitlich wie eine Stütze, und hebt sich auch am Boden nicht kontrastreich ab.
 <p data-bbox="204 1816 855 1892"><i>Abbildung 2.35: Unzureichend markierte Glasfläche quer zur Gehrelation im Bahnhof Wien Floridsdorf, 2017</i></p>	<ul data-bbox="903 1301 1390 1921" style="list-style-type: none"> • Am Bahnhof Floridsdorf, beim Rolltreppenaustritt (Bild oben) bzw. Stiegenaufgang (Bild unten) von der U6, befinden sich ebenfalls zwei Glasscheiben quer zur Gehrelation, die kaum sichtbar sind. Eine ist durch kleine rote Pfeile gekennzeichnet, die für sehbehinderte Personen zu klein sind, die andere ist selbst am Foto kaum auszumachen (und deshalb mit dem blauen Pfeil zur Türschnalle hin dargestellt).

Situation	Kommentar
	<p>Diese Bilder sollen verdeutlichen, wie wichtig die Aufbringung der Markierung auf jeder Seite des Glases ist.</p>
<p>Abbildung 2.36: Satinierte Kennzeichnung an der Außenfassade eines Lokals im 15. Bezirk, Wien, 2017</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Im oberen Bild ist die Fassade eines Lokals im 15. Bezirk dargestellt. Die satinierte Markierung ist bei diesen Lichtverhältnissen von außen gut zu sehen. Auch die Tür ist durch die Rückversetzung gut auffindbar, allerdings wäre hier noch eine Markierung gewünscht, um erkennen zu können ob sie offen oder geschlossen ist, vor allem wenn man von innen nach außen geht.
<p>Abbildung 2.37: Satinierte Kennzeichnung im Foyer einer Bank, Wien, 2017</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Im mittleren Bild sieht man, dass die satinierte Markierung kaum sichtbar ist. Erstens weist sie keinen ausreichenden Kontrast zum Hintergrund auf und zweitens ist sie hinter dem Glas aufgebracht und wird durch die Spiegelungen komplett überdeckt, so dass es so wirkt als ob der Raum nach hinten weitergeht.
	<ul style="list-style-type: none"> • Auch das Bild einer Fassade am Praterstern (unterstes Bild) zeigt, dass Markierungen nicht sichtbar sind, wenn sie von Spiegelungen überlagert werden. Links auf der Drehtür kann man die Markierung aufgrund der weißen Farbe sehr gut erkennen, auf der Fassade rechts ist sie durch die Reflexionen am Glas (von außen gesehen) kaum auszumachen.
<p>Abbildung 2.38: Kennzeichnungen einer Gebäudefassade am Praterstern, Wien, 2014</p>	

Situation	Kommentar
 <p data-bbox="204 667 786 696">Abbildung 2.39: Geschäft im Museumsquartier Wien, 2016</p>  <p data-bbox="204 1059 786 1126">Abbildung 2.40: Wartebereich am Hauptbahnhof Hannover, 2017</p>	<p data-bbox="818 293 1390 483">Mit diesen zwei Beispielen soll veranschaulicht werden, dass farbige Markierungen nur dann gut sichtbar sind, wenn sie sich vom Hintergrund abheben.</p> <ul data-bbox="818 521 1390 1088" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="818 521 1390 819">• Im oberen Bild, aufgenommen im Museumsquartier in Wien, ist die Markierung kaum sichtbar, da sie erstens satiniert ist und zweitens vom gleichfarbigen Hintergrund kaum zu unterscheiden ist. <li data-bbox="818 846 1390 1088">• Anders am Bahnsteig in Hannover, wo sich die Kennzeichnung des Wartebereiches am Bahnsteig durch die auffällige, in der Umgebung nicht vorkommende Farbe deutlich vom Hintergrund abhebt.

Situation	Kommentar
 <p data-bbox="204 1944 786 2020">Abbildung 2.41: Ausgang von der U-Bahnstation in Wien Simmering, 2017</p>	<p data-bbox="818 1254 1390 1395">Diese Situation wurde in die Beispielsammlung aufgenommen, um auf die Problematik von nicht markierten Schwingtüren hinzuweisen.</p> <ul data-bbox="818 1433 1390 2000" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="818 1433 1390 1626">• Der Ausgang ist vor allem durch den Unterschied zur angrenzenden, fixen Verglas auffindbar, jedoch kann nicht ersichtlich, ob die Türe offen oder geschlossen ist. <li data-bbox="818 1653 1390 2000">• Der graue Rahmen hebt sich weiters kaum vom Hintergrund ab, was dann problematisch wird, wenn andere Personen die Türe ebenfalls nutzen. Dann kann aufgrund der Pendelbewegung nicht eingeschätzt werden kann, wo sich die Türe befindet.

Situation	Kommentar
 <p data-bbox="204 745 791 819"><i>Abbildung 2.42: Eingang in ein Geschäft in der Seestadt Aspern, Wien, 2017</i></p>	<p data-bbox="815 271 1393 353">Diese drei Beispiele zum Schluss zeigen sehr gut sichtbare Markierungen.</p> <ul data-bbox="815 394 1393 1928" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="815 394 1393 745">• Oben ist der Eingang in ein Geschäft in der Seestadt Aspern dargestellt, der sowohl durch die Blumentöpfe davor, als auch durch die rote Markierung gut erkennbar ist. Zusätzlich zu dem roten Balken helfen die gefüllten weißen Buchstaben dabei, die Türbewegung zu erkennen. <li data-bbox="815 770 1393 1122">• Im mittleren Bild sieht man den Eingang in ein Sportzentrum in Wien Donaustadt. Die Markierungen sind durch die Farbe und die weißen Logos in der Mitte sehr gut auszumachen, gelungen ist hier bei der Kennzeichnung des Eingangs auch, dass die Markierung direkt zum Türgriff führt. <li data-bbox="815 1146 1393 1928">• Das unterste Bild zeigt den Eingang in die Zweigstelle einer Krankenkasse in Wien. Durch die Kombination der roten Farbe mit weiß, ist diese Markierung auch bei Dunkelheit sehr gut sichtbar. Es ist deutlich zu sehen, ob die Schiebetüre offen oder geschlossen ist, ebenfalls weist der große Pfeil an der Fassade rechts unmissverständlich zum Eingang hin. Sehr gut sichtbar ist diese Markierung vor allem durch die Einrahmung des mittleren Balkens. Dadurch ergeben sich zwei durchgängige Kontrastkanten über die ganze Fassadenlänge, was die Auffälligkeit der Kennzeichnung erhöht.
 <p data-bbox="204 1227 791 1301"><i>Abbildung 2.43: Eingang in ein Sportzentrum im 22. Bezirk in Wien, 2017</i></p>	
 <p data-bbox="204 1731 791 1805"><i>Abbildung 2.44: Fassade und Eingang in die Zweigstelle einer Krankenkasse, Wien, 2017</i></p>	

3 Methode

3.1 Entwicklung des Versuchsdesigns

Vor der Versuchsreihe fand ein Vorversuch mit 3 Testpersonen (Visus 0,06, 0,1 und 0,3) statt, um Versuchsablauf und Auswertemöglichkeit zu testen. Bei diesem Vorversuch wurden 4 Designs, dargestellt in Abbildung 3.1, vor zwei unterschiedlichen Hintergründen getestet.

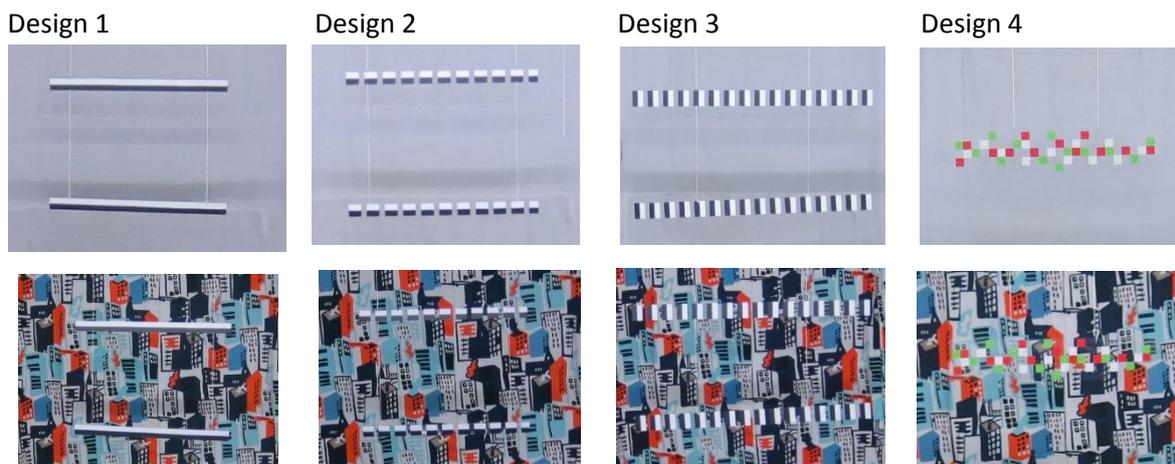


Abbildung 3.1: Im Vorversuch getestete Designs 1-4 vor den zwei unterschiedlichen Hintergründen

Die ProbandInnen sollten die Teststrecke nach vorne gehen (illustriert in Abbildung 3.2) und zwei Mal stehenbleiben: Das erste Mal, sobald etwas aus dem Hintergrund heraustrat, das man als Markierung erahnen konnte. Das zweite Mal, sobald die Markierung klar als Hindernis erkennbar war, in das man nicht mehr hineinlaufen würde. Jeder Durchgang wurde 5 Mal durchgeführt. Die Wahrnehmungsschwellen für jedes Design wurden aus dem Mittelwert der 5 Messungen ermittelt. Anhand der Wahrnehmungsschwellen sollte ein Ranking der Markierungen erfolgen.



Abbildung 3.2: Dokumentation des Vorversuchs

Es zeigte sich einerseits, dass die ersten drei Markierungen für eine Testperson bereits von ganz hinten (aus 17 m Entfernung) erkennbar waren und ein Versuchsablauf für besser sehende Testpersonen entwickelt werden musste. Zweitens stellte sich heraus, dass der verwendete Hintergrund sehr spaltete: Von einer der Testpersonen konnten die Markierungen vor dem bunten Hintergrund besser wahrgenommen werden als vor dem einfarbigen. Eine andere konnte die Markierungen erst 40 cm davor erkennen, weil nach Aussage der Testperson „die Augen durch das Muster verrücktspielten“. Weiters wurde klar, dass die Beleuchtungssituation in Bezug auf Reflexionen, Blendung und Schatten noch optimiert werden musste.

Die Hauptaussage der Vorversuche war jedoch, dass die Ermittlung der Wahrnehmungsschwellen über den Versuchszeitraum nicht reproduzierbar war. Um das zu überprüfen, wurde das Design 1 am Anfang und am Ende der Versuchsreihe getestet. Es zeigte sich, wie in Abbildung 3.3 und Abbildung 3.4 veranschaulichen, dass der Abstand für dasselbe Design (Design 1) bei der ersten und letzten Messung, signifikante Unterschiede aufwies. Bei einer Testperson wurde die Erkennbarkeit deutlich schlechter, bei einer anderen deutlich besser. Gründe hierfür können Ermüdung, Gewöhnung an den Versuchsablauf oder die Möglichkeit sein, dass die subjektive Wahrnehmungsschwelle, ab wann es klar als Hindernis erkannt wird, nicht reproduzierbar ist. Das Ergebnis der Vorversuche begründete die Entscheidung für das letztendlich gewählte Versuchsdesign mit Vergleichen.

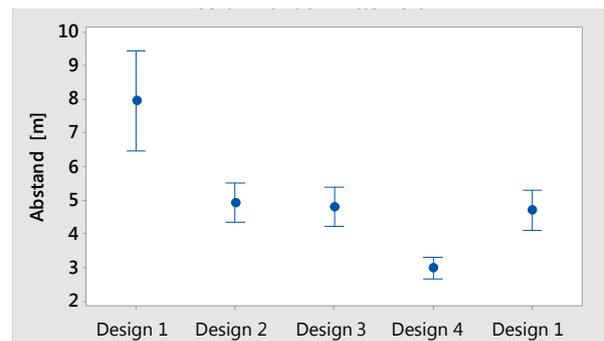


Abbildung 3.3: Wahrnehmungsschwelle "klar als Markierung erkennbar" (Mittelwert und Standardabweichung von 5 Tests pro Design) für die Designs 1-4 im Vorversuch, vor weißem Hintergrund, Testperson 1

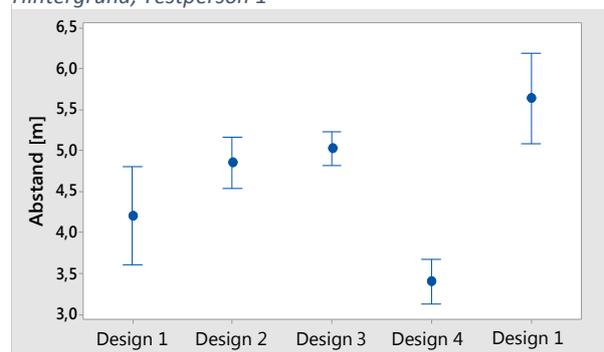


Abbildung 3.4: Wahrnehmungsschwelle "klar als Markierung erkennbar" (Mittelwert und Standardabweichung von 5 Tests pro Design) für die Designs 1-4 im Vorversuch, vor weißem Hintergrund, Testperson 2

3.2 Versuchsaufbau

Die Versuche fanden in der Kegelbahn des Blinden- und Sehbehindertenverbandes Wien Niederösterreich Burgenland (BSVWNB) statt. Dies hatte zum Vorteil, dass viele der ProbandInnen den Versuchsort kannten und selbstständig hinfanden aber auch zur Konsequenz, dass der Versuchsaufbau zwischen den Tests komplett abbaubar gestaltet werden musste, da die Kegelbahn weiter benutzbar bleiben sollte. Eine annehmbare Herausforderung, zumal ein angrenzender Lagerraum für die Aufbewahrung des Versuchsaufbaus genutzt werden durfte und der Versuchsort ansonsten ideal war: tageslichtfrei, mit 21 m ausreichend lang und untertags störungsfrei benutzbar.

3.2.1 Versuchsanordnung

Abbildung 3.5 bis Abbildung 3.7 zeigen die Versuchsanordnung. Die getesteten Designs wurden von der Decke abgehängt, der Hintergrund aus weißem Stoff befand sich in 1,20 m Abstand dahinter. Zwischen Hintergrund und Rückwand befanden sich die Beleuchtungskörper, die mittels Funksteckdose ein- und ausgeschaltet werden konnte. Die Startposition wurde so weit hinten wie möglich gewählt, wobei darauf geachtet wurde, dass die Umgebungsbedingungen vergleichbar

blieben. Im Falle des Versuchsortes richtete sich das nach dem Vorhandensein der grauen Wandverkleidung. Die erstmögliche Testposition befand in 12,50 m Abstand zu den Designs. Die weiteren Testpositionen wurden gemäß dem Faktor für die Messung des Visus (1,2589) logarithmisch nach vorne gestuft, wobei jede zweite Testposition ausgelassen wurde. Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten ergaben sich somit folgende Abstände der Testpositionen zu den Designs: 12,5 m (9,93 m) 7,88 m (6,26 m) 4,97 m (3,95 m) und 3,13 m. In der weiteren Arbeit werden die Abstände zwecks klarerer Darstellung auf ganze Meter gerundet und mit 13 m, 8 m, 5 m und 3 m bezeichnet.

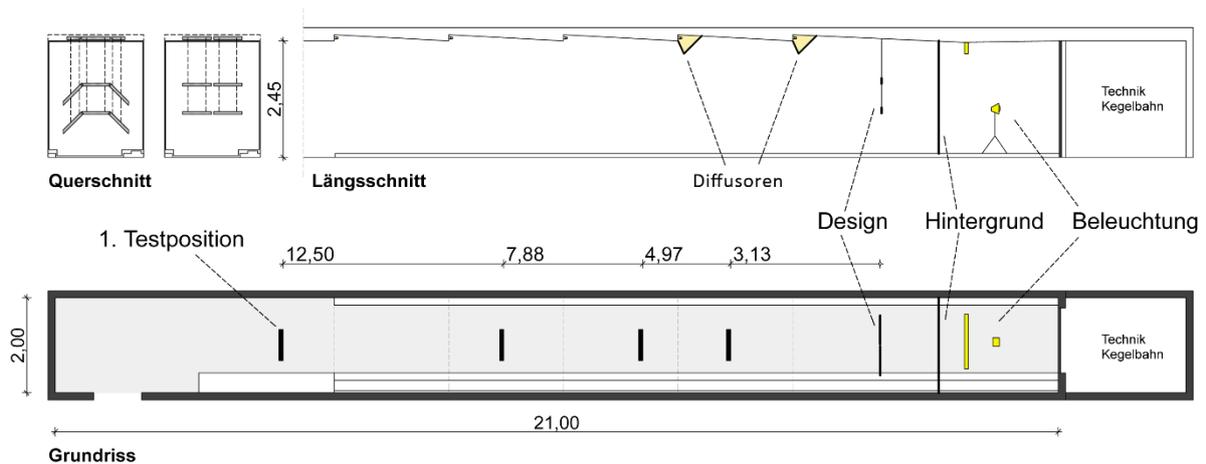


Abbildung 3.5: Skizze der Versuchsanordnung, Grundriss, Längs- und Querschnitt

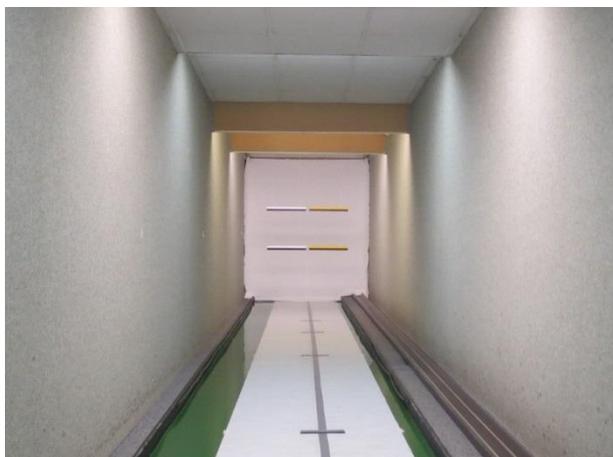


Abbildung 3.7: Versuchsaufbau ohne Hintergrundbeleuchtung Abbildung 3.6: Versuchsaufbau mit Hintergrundbeleuchtung

3.2.2 Beleuchtung

Die vorhandene örtliche Beleuchtung der Kegelbahn bestand aus 5 Leuchtstoffröhren. In mehreren Schleifen wurden die Beleuchtungsbedingungen mithilfe eines Leuchtdichtemessgerätes (Konica Minolta LS-100) so angepasst und optimiert, dass die Leuchtdichte der Markierungen und des Hintergrundes mit typischen Innenraumszenarien vergleichbar war. Jeder Design-Vergleich wurde bei zwei verschiedenen Beleuchtungsszenarien getestet: ohne und mit Hintergrundbeleuchtung. Das Setting ohne Hintergrundbeleuchtung ist mit einem durchschnittlichen Wert des weißen

Hintergrundes von $12 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ vergleichbar mit Leuchtdichtewerten von typischen Bodenbelägen. Der durchschnittliche Wert des beleuchteten Hintergrundes von $42 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ entspricht in etwa der Beleuchtung von Geschäften oder Informationsstellen der Betreiber in Bahnhöfen (Vgl. 3.2.4).

Neben der Vergleichbarkeit mit realen Situationen wurde darauf geachtet, Störfaktoren, die Einfluss auf die Sehleistung und somit Sichtbarkeit der Designs haben könnten zu minimieren. Dadurch sollte sichergestellt werden, dass Unterschiede in der Bewertung der Sichtbarkeit auf die getesteten Designs zurückzuführen sind und nicht auf Störeinflüsse wie beispielweise Reflexionen oder Blendung. Um die bei den Vorversuchen noch vorhandenen starken Schlagschatten am Hintergrund zu reduzieren, wurden zwei Diffusoren aus hellem Stoff vor die erste und zweite Leuchtstoffröhre gebaut. Die Spiegelungen am Boden wurden durch das Einbringen eines Bodenbelages reduziert, der durch die helle Farbe zusätzlich die Umgebungshelligkeit erhöhen konnte. Um Blendung durch Leuchtstoffröhren zu vermeiden, wurden die Testpersonen während des Versuches mit einer Schirmkappe ausgestattet.

3.2.3 Getestete Designs

Nach mehreren Entwicklungsschritten wurden die Designs letztlich wie folgt konstruiert: Die farbigen Klebefolien wurden auf Hartfaserplatten aufgebracht, welche an dünnen Schnüren von der Decke abgehängt wurden. Die unterbrochenen Markierungen wurden hergestellt, indem Hartfaserplättchen auf dünnen Plexiglasleisten befestigt wurden, die vor dem Hintergrund nicht sichtbar waren. Um die Designs vor Ort lagern und während der Versuche zügig wechseln zu können, wurde eigens dafür ein Wagen mit Aufhänge-Vorrichtung gebaut (Abbildung 3.8).

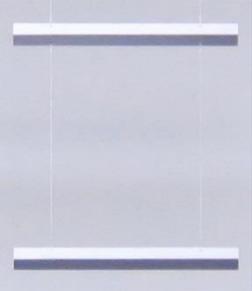
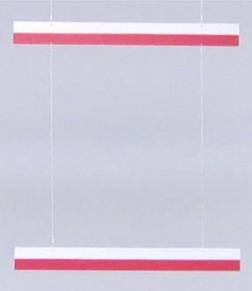
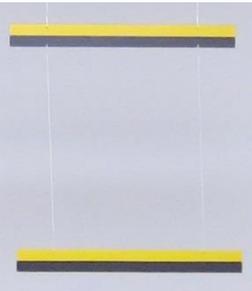
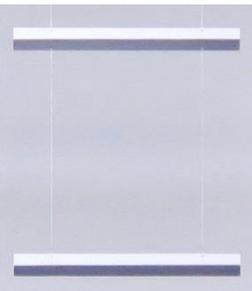
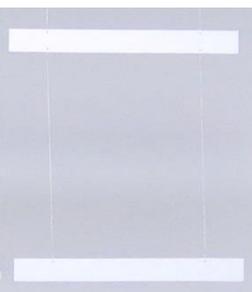
In Tabelle 3.1 - Tabelle 3.4 sind die getesteten Designs dargestellt, gruppiert nach Referenzdesigns. Die im Weiteren verwendeten Abkürzungen sowie die Fragestellungen sind ebenfalls in den Tabellen vermerkt.



Abbildung 3.8: Wagen zur Aufbewahrung der Designs am Versuchsort

Referenzdesign A

Tabelle 3.1: Abbildung und Beschreibung von Design A sowie Design 1 - 10

Abbildung	Bezeichnung und Beschreibung	Fragestellung
	<p>Referenzdesign A Balken Schwarz-Weiß, durchgehend (SW_d)</p> <p>Höhe der Balken: 6 cm (3 cm pro Farbe) Anbringungshöhe: UK 90 cm und 150 cm</p>	
	<p>Design 1 Balken Rot-Weiß, durchgehend (RW_d)</p> <p>Höhe der Balken: 6 cm (3 cm pro Farbe) Anbringungshöhe: UK 90 cm und 150 cm</p>	Farbe
	<p>Design 2 Balken Gelb-Schwarz, durchgehend (GS_d)</p> <p>Höhe der Balken: 6 cm (3 cm pro Farbe) Anbringungshöhe: UK 90 cm und 150 cm</p>	Farbe
	<p>Design 3 Balken Grau-Weiß, durchgehend (GraW_d)</p> <p>Höhe der Balken: 6 cm (3 cm pro Farbe) Anbringungshöhe: UK 90 cm und 150 cm</p>	Farbe
	<p>Design 4 Balken Weiß, durchgehend (W_d)</p> <p>Höhe der Balken: 6 cm Anbringungshöhe: UK 90 cm und 150 cm</p>	Farbe

Abbildung



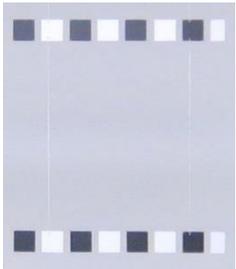
Design 5

Balken Schwarz-Weiß, 75 % der Fläche markiert, Anordnung horizontal
(SW_75%_hor)

Seitenlänge der Kästchen: 6 cm, Lücke 2 cm
Anbringungshöhe: UK 90 cm und 150 cm

Fragestellung

Unterbrochene
Kennzeichnung

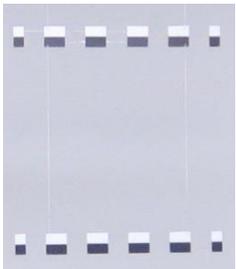


Design 6

Balken Schwarz-Weiß, 75 % der Fläche markiert, Anordnung groß
(SW_75%_gr)

Seitenlänge der Kästchen: 6 cm, Lücke 2 cm
Anbringungshöhe: UK 90 cm und 150 cm

Unterbrochene
Kennzeichnung

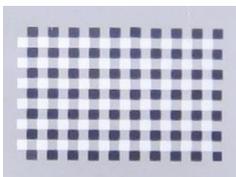


Design 7

Balken Schwarz-Weiß, 50 % der Fläche markiert
(SW_50%)

Seitenlänge der Kästchen: 6 cm, Lücke 6 cm
Anbringungshöhe: UK 90 cm und 150 cm

Unterbrochene
Kennzeichnung



Design 8

40 cm-Fläche, Schwarz-weiß, kariert, 50 % der Fläche markiert
(40_SW_karo)

Höhe der Markierung: 40 cm,
Rastermaß (Markierung und Lücken): 3 cm
Anbringungshöhe: UK 90 cm

Flächengröße,
Anbringungshöhe

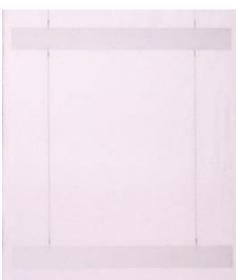


Design 9

Sockel, Schwarz
(Soc_S)

Höhe der Markierung: 30 cm

Flächengröße,
Anbringungshöhe



Design 10

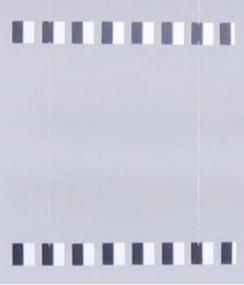
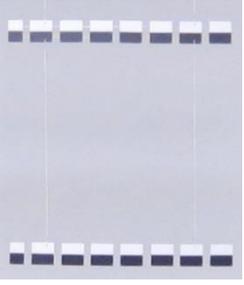
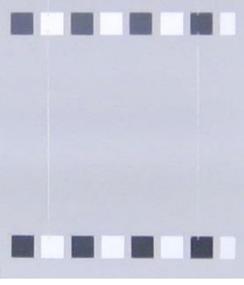
Balken, satiniert
(Sat)

Höhe der Balken: 6 cm
Anbringungshöhe: UK 90 cm und 150 cm

Satinierte
Kennzeichnung

Referenzdesign B

Tabelle 3.2: Abbildung und Beschreibung von Design B sowie Design 5 - 6

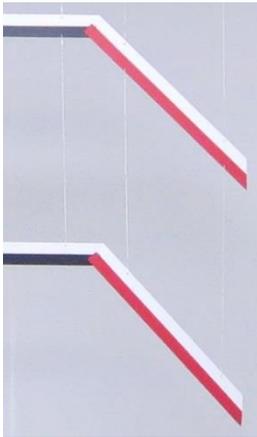
Abbildung	Bezeichnung und Beschreibung	Fragestellung
	<p>Referenzdesign B</p> <p>Balken Schwarz-Weiß, 75 % der Fläche markiert, Anordnung vertikal (SW_75%_vert)</p> <p>Seitenlänge der Kästchen: 6 cm, Lücke 2 cm Anbringungshöhe: UK 90 cm und 150 cm</p>	Anordnung
	<p>Design 5</p> <p>Balken Schwarz-Weiß, 75 % der Fläche markiert, Anordnung horizontal (SW_75%_hor)</p> <p>Seitenlänge der Kästchen: 6 cm, Lücke 2 cm Anbringungshöhe: UK 90 cm und 150 cm</p>	Unterbrochene Kennzeichnung
	<p>Design 6</p> <p>Balken Schwarz-Weiß, 75 % der Fläche markiert, Anordnung groß (SW_75%_gr)</p> <p>Seitenlänge der Kästchen: 6 cm, Lücke 2 cm Anbringungshöhe: UK 90 cm und 150 cm</p>	Unterbrochene Kennzeichnung

Referenzdesign C

Tabelle 3.3: Abbildung und Beschreibung von Design C sowie Design 11 - 12

Abbildung	Bezeichnung und Beschreibung	Fragestellung
	<p>Referenzdesign C</p> <p>45° geneigt, Balken Schwarz-Weiß, durchgehend (45°_SW_d)</p> <p>Höhe der Balken: 6 cm (3 cm pro Farbe) Anbringungshöhe: UK 90 cm und 150 cm (beim Beginn der 45°-Neigung)</p>	Türöffnung

Abbildung



Bezeichnung und Beschreibung

Design 11

45° geneigt, Balken Rot-Weiß, durchgehend (45°_RW_d)

Höhe der Balken: 6 cm (3 cm pro Farbe)
Anbringungshöhe: UK 90 cm und 150 cm
(beim Beginn der 45°-Neigung)

Fragestellung

Türöffnung



Design 12

90° geneigt, Schwarz-Weiß, durchgehend (90°_SW_d)

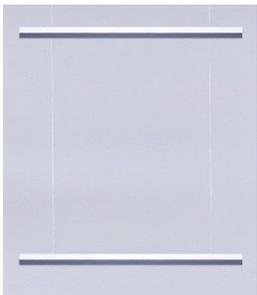
Breite des Balken: 6 cm (3 cm pro Farbe)

Türöffnung

Referenzdesign D

Tabelle 3.4: Abbildung und Beschreibung von Design D sowie Design 13

Abbildung



Bezeichnung und Beschreibung

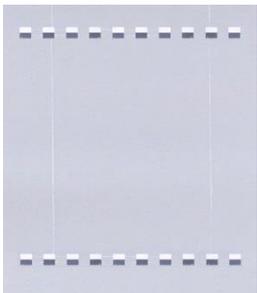
Referenzdesign D

Kleine Balken, Schwarz-Weiß, durchgehend (kl_SW_d)

Höhe der Balken: 3 cm (1,5 cm pro Farbe)
Anbringungshöhe: UK 90 cm und 150 cm

Fragestellung

Schwellenmessung
bei besser sehenden
Testpersonen



Design 13

Kleine Balken, Schwarz-Weiß, 50 % der Fläche markiert (kl_SW_50%)

Höhe der Balken: 3 cm (1,5 cm pro Farbe)
Anbringungshöhe: UK 90 cm und 150 cm

Schwellenmessung
bei besser sehenden
Testpersonen

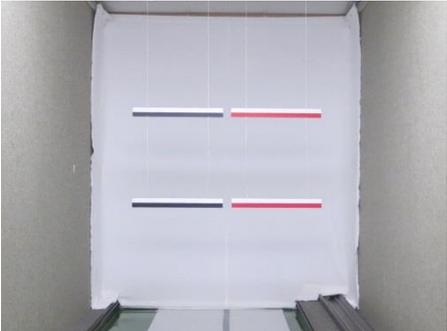
3.2.4 Photometrische Vermessung

Leuchtdichte von Referenzsituationen und vom Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau orientierte sich bezüglich der Helligkeiten der Markierungen und des Hintergrundes an realen Situationen. Hierfür wurden im Vorfeld einige Glasflächenkennzeichnungen mittels Einzelpunktmessungen mit einem Leuchtdichtemessgerät (Konica Minolta LS-100) vermessen. Tabelle 3.5 zeigt Fotos und Messwerte der Referenzsituationen sowie des Versuchsaufbaus.

Tabelle 3.5: Abbildung und Messwerte (Spanne der Leuchtdichten) der Referenzsituationen für die Justierung des Versuchsaufbaus sowie Abbildung und Messwerte (Spanne der Leuchtdichten) des Versuchsaufbaus

Situation	L Markierung hell (cd · m ⁻²)	L Markierung dunkel (cd · m ⁻²)	L Hintergrund (cd · m ⁻²)
Wiener-Linien Info Point, Hauptbahnhof Wien 	17 - 31	2,6 – 4,4	2,2 - 17
Wiener-Linien Info Point, Wien Mitte 	10 - 18	4 - 9	14 – 180
ÖBB Reisezentrum, Wien Mitte 	12 (weiß) 20 – 27 (satiniert)	5	20 - 85

Situation	L Markierung hell ($\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$)	L Markierung dunkel ($\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$)	L Hintergrund ($\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$)
Glasfläche, Hauptbahnhof Wien 	6,37	1,43	0,92 – 7,14
Geschäft, Hauptbahnhof Wien 	28	7	36 - 58
Versuchsaufbau, mit Hintergrundbeleuchtung 	22 – 27 (weiß) 16 – 19 (gelb)	3 - 5 (grau) 1 – 4 (schwarz)	38 - 54
Versuchsaufbau, ohne Hintergrundbeleuchtung 	21 – 26 (weiß)	5 – 7 (rot) 1 – 3 (schwarz)	11 - 14

Leuchtdichtekontraste der Designs

Die Kontrastwerte der Designs wurden auf drei unterschiedliche Arten ermittelt (illustriert in Abbildung 3.9): durch LRV-Messungen mittels Spektrophotometer (Konica Minolta CM-600d), durch Schätzung der LRV-Werte anhand eines Farbfächers (RAL K7 Classic) und durch Vermessung des Versuchsaufbaus mittels Leuchtdichtekamera (Technoteam LMK Mobile advanced). Ziel hierbei war die Anwendung und der Vergleich unterschiedlicher Methoden, die in der Literatur genannt werden.

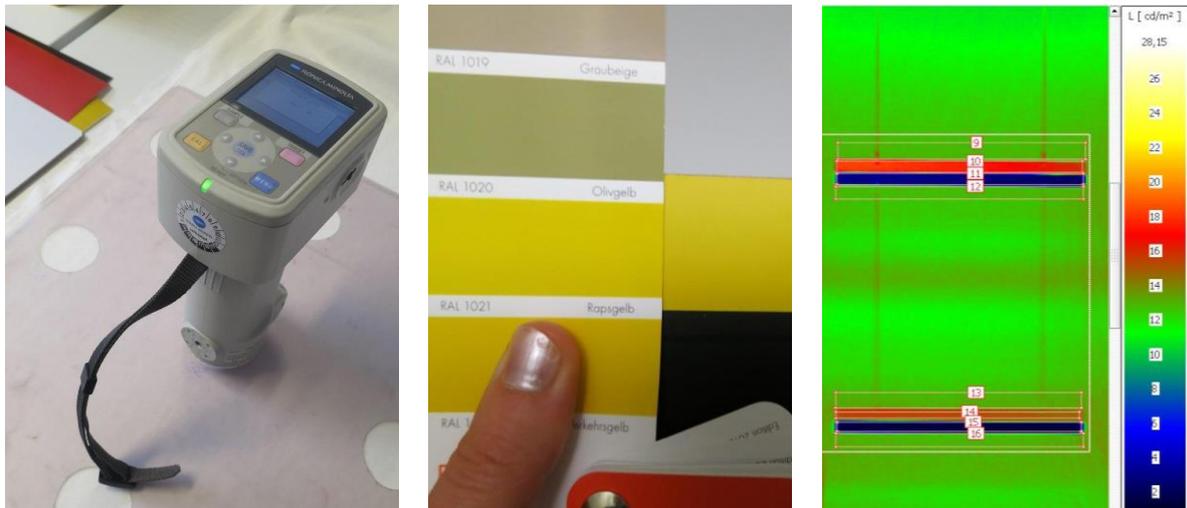


Abbildung 3.9: Ermittlung der Kontraste mittels Spektrophotometer (links), Vergleich mit einem Farbfächer (Mitte) und Leuchtdichtebildern (rechts)

Die Ergebnisse der Messungen sind in Tabelle 3.6 angeführt. Leuchtdichtewerte sind von allen Materialien vorhanden, die LRV-Werte bzw. der Vergleich mit dem Farbfächer war bei der satinierten Markierung und dem Hintergrund mit Beleuchtung nicht möglich. Um einen Vergleich der Werte zu ermöglichen, wurde der Reflexionsgrad aus Leuchtdichte und Beleuchtungsstärke rückgerechnet. Dies entspricht einer Annäherung, da die Reflexion auf der Markierung nicht perfekt diffus war.

Tabelle 3.6: Messwerte der Design-Farben und des Hintergrundes: Leuchtdichte (L – Mittelwert von oberem und unterem Balken), vertikale Beleuchtungsstärke auf Höhe der Markierungen (E_{vert}), Reflexionsgrad (ρ , errechnet aus L und E) sowie LRV- Werte gewonnen durch Messungen ($Y(10^\circ/D65)$) und Schätzung mithilfe eines Farbfächers (RAL-Farbe)

	L MW	E_{vert}	ρ $100 \cdot (L \cdot \pi) \cdot E^{-1}$	LRV $Y(10^\circ/D65)$	LRV RAL-Farbe
Hintergrund mit Licht	51,3	x	x	x	x
Hintergrund ohne Licht	13,1	58,0	71,0	73,4	84,5
Satinat	13,7	x	x	x	x
Weiß	24,0	104	72,3	82,5	87,3
Gelb	16,6	104	50,0	46,0	54,0
Rot	6,4	104	19,2	14,0	14,2
Grau	4,0	104	12,2	10,3	11,4
Schwarz	2,2	104	6,5	4,6	5,1

Bezüglich der Vergleichbarkeit der Reflexionsgrade, gewonnen durch drei unterschiedliche Messmethoden, zeigt sich eine ungefähre Vergleichbarkeit. Die anhand der Leuchtdichten ermittelten Reflexionswerte sind bei den dunkleren Farbtönen, was auf Spiegelungen durch leichte Neigungen der Markierung zurückzuführen ist. Der höhere Wert der LRV bei weiß ist auf die unterschiedlichen Beleuchtungsarten (Tageslicht bei den LRV-Messungen) zurückzuführen.

Vergleicht man die Kontraste, errechnet aus Leuchtdichten und die LRV-Werte (siehe Tabelle 3.7 und Abbildung 3.10), zeigt sich ebenfalls eine gute Vergleichbarkeit.

Die Kontraste, ermittelt durch Leuchtdichten, sind etwas geringer, was sich auf die oben erwähnten Abweichungen zurückführen lässt. Der größere Abfall bei rot-weiß wäre noch näher zu untersuchen. Nach Aussagen von sehbehinderten Personen ist diese Kombination normal sehr gut wahrnehmbar.

Bezüglich der unterschiedlichen Ermittlung der Reflexionsgrade (Messungen und Farbfächer) zeigen sich Unterschiede, die sich bei der Kontrastberechnung jedoch wieder ausgleichen (vgl. Tabelle 3.6 und Tabelle 3.7). Hier wären weitere Untersuchungen empfehlenswert.

Mit LRV-Werten kann der Kontrast zum Hintergrund und von beleuchteten bzw. selbstleuchtenden Flächen nicht ermittelt werden. Anhand von Leuchtdichtemessungen ist das möglich.

Tabelle 3.7: Leuchtdichtekontrast nach Michelson (K_M) errechnet auf drei verschiedene Arten: anhand der Leuchtdichten (L), LRV-Werte der Spektrophotometer-Messungen ($LRV Y 10^\circ/D65$) und LRV-Werten der RAL-Farben.

Ohne Hintergrundbeleuchtung			
	K_M L	K_M LRV Y (10°/D65)	K_M LRV RAL- Farbe
Weiß - Schwarz	0,84	0,89	0,89
Weiß - Grau	0,72	0,78	0,77
Weiß - Rot	0,58	0,71	0,72
Gelb - Schwarz	0,76	0,82	0,83
Satinat - Hintergrund	0,02	x	x
Weiß - Hintergrund	0,30	0,06	0,02
Gelb - Hintergrund	0,12	-0,23	-0,22
Rot - Hintergrund	-0,29	-0,68	-0,71
Grau - Hintergrund	-0,47	-0,75	-0,76
Schwarz - Hintergrund	-0,60	-0,88	-0,89

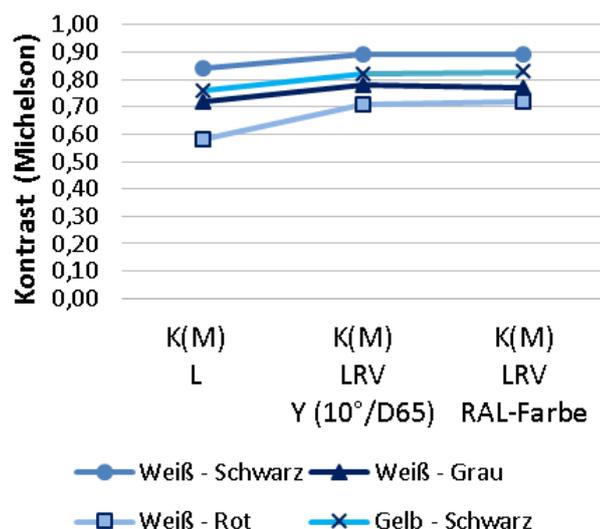


Abbildung 3.10: Vergleich der Leuchtdichtekontraste nach Michelson (K_M), ermittelt anhand von Leuchtdichten (L), LRV-Werten aus Messungen ($Y(10^\circ/D65)$) und LRV-Werten von entsprechenden RAL-Farben; ohne Hintergrundbeleuchtung

3.3 Testpersonen

Insgesamt nahmen 30 sehbehinderte Testpersonen an dem Versuch teil. Unter anderem, um einige der Sehbehinderungen zu nennen, mit Makuladegeneration, Albinismus, grünem Star, Retinitis Pigmentosa, Hochgradiger Kurzsichtigkeit, Makulopathie, Netzhautablösung, fehlende Iris oder Neurologischen Störungen. Das Durchschnittsalter betrug 47 Jahre (Spanne von 28 – 69 Jahren), der durchschnittliche Visus betrug 0,15 (Spanne von 0,02 – 0,5). Das Gesichtsfeld reichte von intaktem Gesichtsfeld, über Ausfälle im Zentrum, Ausfälle in der Peripherie und unregelmäßigen Ausfällen zu Ausfällen eines Auges und folglich fehlender räumlicher Wahrnehmung. Das Kontrastsehen war bei einigen Personen gar nicht, bei anderen sehr stark eingeschränkt, ebenso variierte die Blendempfindlichkeit. Fast alle (27) gaben an, dass sie Kennzeichnungen auf Glasflächen immer oder zumindest in bestimmten Situationen (z.B. in der Dämmerung, in der Nacht oder bei Blendung durch Tageslicht) benötigen würden, um diese erkennen zu können. Es wurde hierzu rückgemeldet, dass die Erkennung von Glasflächen stark von den Licht- und Wetterverhältnissen abhängig sei.

3.4 Versuchsablauf

Der Ablauf des Versuches richtete sich nach der Sehkraft der jeweiligen Testperson.

Schlechter sehende Personen, die die Markierungen von der hintersten Testposition (13 m) nicht erkannten, gingen so weit nach vorne, bis sie die Markierungen erkennen konnten. Hierbei ging es nicht um Erkennung von Details, sondern um die Wahrnehmbarkeit als Hindernis. Dieser Abstand wurde gemessen. Erkannte die Testperson nur eine Markierung, ging sie weiter nach vorne, bis die zweite Markierung ebenfalls wahrnehmbar war. Auch dieser Abstand wurde aufgenommen. Sobald beide Markierungen sichtbar waren, wurde die Testperson nach ihrer Präferenz befragt: ob und wenn welches der Designs sie als Glasflächenkennzeichnung bevorzuge. Dieser Vorgang wurde für jeden Design-Vergleich 3 Mal wiederholt. Die ermittelte Wahrnehmbarkeitsschwelle für jedes Design ist somit ein Mittelwert aus drei Tests. Die Abstandsmessung erfolgte mit einem Laser-Distanzmessgerät.

Besser sehende Testpersonen, die die Markierungen von der hintersten Testposition (13 m) erkennen konnten, wurden befragt, ob eines der Designs für sie besser sichtbar sei. Wenn ja wurde folgende Abstufung erfragt: ein bisschen, deutlich oder sehr deutlich. Ebenfalls wurde die Präferenz erfragt. Dieser Vorgang wurde für jede der 4 Testpositionen (13 m, 8 m, 5 m und 3 m) durchgeführt.

Ein Testdurchlauf dauerte im Schnitt 1,5 Stunden, die Abfolge der Design-vergleiche sowie die Anordnung der Designs (rechts oder links) wurden bei jedem Versuch variiert.

3.5 Ermittelte Bewertungsparameter und Auswertung

Die im Folgenden verwendete Klassifizierung in schlechter und besser sehende Testpersonen wird verwendet, um die Art der Fragestellung unterscheiden zu können: bei schlechter sehenden Personen diente die Ermittlung der Wahrnehmbarkeitsschwelle als Maß für die Sichtbarkeit, die Präferenz wurde bei Erkennung der Markierungen erfragt. Besser sehende Personen schätzten die Sichtbarkeit subjektiv bei 4 unterschiedlichen Entfernungen ein und gaben jeweils die Präferenz an. Es kam mehrmals vor, dass dieselbe Testperson bei manchen Design-Vergleichen eine schlechter sehende und bei anderen Design-Vergleichen eine besser sehende Versuchsperson war.

Für jeden Design-Vergleich wurden pro Beleuchtungsszenario (einmal mit und einmal ohne Hintergrundbeleuchtung) die folgenden vier Bewertungsparameter ermittelt:

- Die Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen (S_s),
- die Sichtbarkeit für besser sehende Testpersonen (S_b),
- die Präferenz schlechter sehender Testpersonen (P_s) sowie die
- die Präferenz besser sehender Testpersonen (P_b);

Aufgrund der Unterschiedlichkeit der Testpersonen und der daraus resultierenden variierenden ProbandInnenanzahl pro Setting, ist bei der Ergebnisdarstellung die jeweilige Anzahl der Testpersonen vermerkt. Es ist zu beachten, dass die Bewertungsparameter aufgrund der Versuchsanordnung immer abhängig vom jeweiligen Referenzdesign sind.

Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen (S_s)

Für die schlechter sehenden Personen erfolgt die Bewertung der (subjektiven) Sichtbarkeit (S_s) über den relativen Unterschied der Wahrnehmbarkeitsschwellen der beiden Designs, ermittelt über folgenden Zusammenhang:

$$S_s(W_i, W_r) = \begin{cases} W_i > W_r: & \frac{W_i - W_r}{W_i} \cdot 100\% \\ W_i = W_r: & 0 \\ W_i < W_r: & \frac{W_i - W_r}{W_r} \cdot 100\% \end{cases} \quad (3.1)$$

W_i ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Design ($i = 1...13$)

W_r ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Referenzdesign ($r = A...D$)

S_s umfasst einen Wertebereich von -100% bis 100%. Bei negativen Werten ist das Referenzdesign besser sichtbar, bei positiven Werten das verglichene Design. Die logarithmische Abhängigkeit der visuellen Wahrnehmung (beschrieben in Abschnitt 2.1.2) wird insofern berücksichtigt, da die gleiche Differenz der Wahrnehmungsschwellen $W_i - W_r$ (m) bei kleineren Entfernung mehr ins Gewicht fällt als bei größeren (z.B. $W_i = 8$ m, $W_r = 6$ m: $S_s = 25\%$; $W_i = 4$ m, $W_r = 2$ m: $S_s = 50\%$).

Sichtbarkeit für besser sehende Testpersonen (S_b)

Bei den besser sehenden Personen erfolgt die Bewertung der Sichtbarkeit der Designs über die (subjektive) Aussage der ProbandInnen, ob ein Design besser sichtbar sei und wenn ja, um wieviel: ein bisschen, deutlich oder sehr deutlich. Dies wurde bei 4 Testpositionen erfragt (vgl. Abschnitt 3.4). Für die Auswertung kommt folgender numerischer Schlüssel zur Anwendung:

D_i sehr deutlich besser sichtbar:	$S_b = 4$	(100%)		(3.2)
D_i deutlich besser sichtbar:	$S_b = 2$	(50%)		
D_i bisschen besser sichtbar:	$S_b = 1$	(25%)		
D_i und D_r gleich gut sichtbar:	$S_b = 0$	(0%)		
D_r bisschen besser sichtbar:	$S_b = -1$	(-25%)		
D_r deutlich besser sichtbar:	$S_b = -2$	(-50%)	$D_i \dots$ Design ($i = 1 \dots 13$)	
D_r sehr deutlich besser sichtbar:	$S_b = -4$	(-100%)	$D_r \dots$ Referenzdesign ($r = A \dots D$)	

Die Potenzfunktion im Beurteilungsschlüssel (1, 2, 4) wurde gewählt, um den Spitzen mehr Gewicht zu geben. S_b umfasst einen Wertebereich von -4 bis 4 und wird für die vergleichbarere Darstellung auf den Wertebereich -100% bis +100% normiert. Gehen die Werte ins Negative, ist das Referenzdesign besser sichtbar, gehen sie ins Positive ist das verglichene Design besser sichtbar. S_b jedes Design-Vergleiches ist der Mittelwert über alle 4 Testpositionen.

Präferenz der Testpersonen (P_s, P_b)

Die Präferenz der ProbandInnen wird mit folgendem numerischen Schlüssel ausgewertet:

D_i bevorzugt:	$P_s, P_b = 1$	(100%)		(3.3)
Keines bevorzugt:	$P_s, P_b = 0$	(0%)	$D_i \dots$ Design ($i = 1 \dots 13$)	
D_r bevorzugt:	$P_s, P_b = -1$	(-100%)	$D_r \dots$ Referenzdesign ($r = A \dots D$)	

Die Präferenz der schlechter sehenden ProbandInnen (P_s) ist die Präferenz bei Erkennbarkeit beider Designs. Die Präferenz der besser sehenden ProbandInnen (P_b) ist der Mittelwert über alle 4 Testpositionen. Beide (P_s und P_b) umfassen einen Wertebereich von -1 bis 1 bzw. -100 % bis +100%. Negative Werte zeigen die Bevorzugung des Referenzdesigns, positive Werte die Bevorzugung des Designs.

Vergleich der 4 Bewertungsparameter

Trotz des gleichen Wertebereichs von -100 % bis +100% ist die Unterschiedlichkeit der Bewertungsparameter zu beachten. S_s wird anhand der subjektiven Wahrnehmungsschwellen ermittelt, S_b ist die subjektive Beurteilung der Sichtbarkeit mit 7 Abstufungen, P_s und P_b sind Beurteilung der subjektiven Präferenz in 3 Abstufungen. Allen gemeinsam ist, dass bei negativen Werten das Referenzdesign und bei positiven Werten das verglichene Design besser beurteilt wird.

Qualitative Auswertung

Die numerischen Testergebnisse werden in Kapitel 5 um die Aussagen der Testpersonen ergänzt.

4 Ergebnisse

In diesem Kapitel folgt die grafische Darstellung der Versuchsergebnisse, gegliedert in die Ergebnisse der einzelnen Design-Vergleiche (Abbildung 4.1 bis Abbildung 4.30) und die zusammenfassende Darstellung der Bewertungsparameter, die in 3.5 erläutert wurden (Abbildung 4.31 bis Abbildung 4.40).

4.1 Ergebnisse der einzelnen Design-Vergleiche

Im nachfolgenden Abschnitt ist die Bewertung der einzelnen Design-Vergleiche dargestellt, jeweils ohne und mit Hintergrundbeleuchtung. Gezeigt wird die Häufigkeit der Bewertungen und der resultierende Mittelwert, respektive die 4 Bewertungsparameter: S_s , S_b , P_s und P_b .

Aufgrund der Aufspaltung in besser- und schlechter sehende Testpersonen und die daraus resultierende unterschiedliche Anzahl der ProbandInnen pro Setting, ist die Anzahl der Testpersonen bei den Ergebnissen vermerkt. Tabelle 4.1 bietet zusätzlich einen komprimierten Überblick über die ProbandInnenanzahl. Der Vergleich 6-A (SW_75%_gr) wurde bei den letzten 5 Versuchen gegen den Design-Vergleich 10-A (Sat) ausgetauscht, da dieser bereits eindeutige Ergebnisse gezeigt hatte. Aufgrund der bereits langen Testdauer von durchschnittlich 1,5 Stunden wurde bei den ersten Versuchen darauf verzichtet.

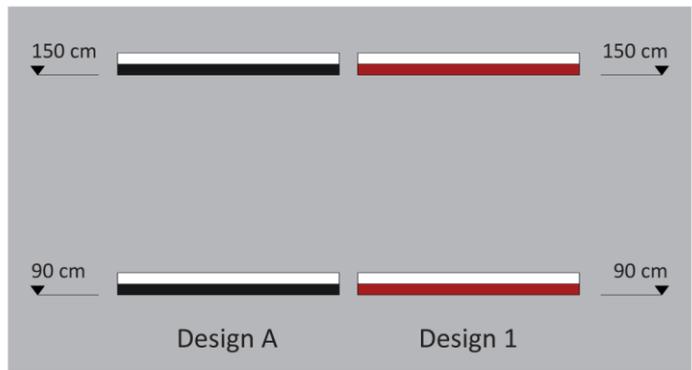
Tabelle 4.1: Anzahl der Testpersonen pro Design-Vergleich, Beleuchtungsszenario und Sehgrad.

Design-Vergleich	Ohne Hintergrundbeleuchtung			Mit Hintergrundbeleuchtung		
	schlechter sehend	besser sehend	gesamt	schlechter sehend	besser sehend	gesamt
1-A (RW_d)	11	19	30	7	20	27
2-A (GS_d)	11	18	29	4	21	25
3-A (GraW_d)	10	15	25	3	17	20
4-A (W_d)	12	19	31	8	21	29
5-A (SW_75%_hor)	10	14	24	3	16	19
6-A (SW_75%_gr)	4	1	5	2	3	5
7-A (SW_50%)	11	19	30	10	20	30
8-A (40_SW_karo)	13	17	30	5	23	28
9-A (Sockel_S)	6	13	19	5	16	21
10-A (Sat)	3	10	13	2	14	16
5-B (SW_75%_hor)	13	16	29	7	21	28
6-B (SW_75%_gr)	12	17	29	6	21	27
11-C (45°_RW_d)	10	19	29	4	22	26
12-C (90°_SW_d)	11	16	27	6	20	26
13-D (kl_SW_50%)	13	3	16	0	2	2

Design:
Balken Rot-Weiß, durchgehend
 Design 1 (RW_d)

Referenzdesign:
Balken Schwarz-Weiß, durchgehend
 Design A (SW_d)

 ohne Hintergrundbeleuchtung (OH)



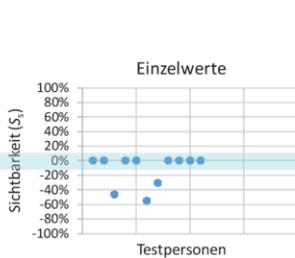
 – Schlechter sehende Testpersonen

 **SICHTBARKEIT (S_s)**

Anzahl Testpersonen	11
Mittelwert (S_s)	-12%

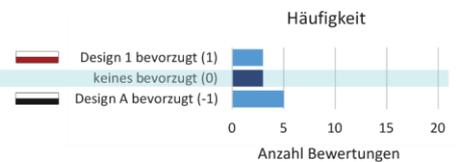
$$S_s(w_i, w_j) = \begin{cases} w_j > w_i: & \frac{w_j - w_i}{w_i} \cdot 100\% & \text{rot besser als schwarz} \\ w_j = w_i: & 0 & \\ w_j < w_i: & \frac{w_j - w_i}{w_i} \cdot 100\% & \text{schwarz besser als rot} \end{cases}$$

S_s ... Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen
 w_i ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Design ($i=1...13$)
 w_j ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Referenzdesign ($j=A...D$)



 **PRÄFERENZ (P_s)**

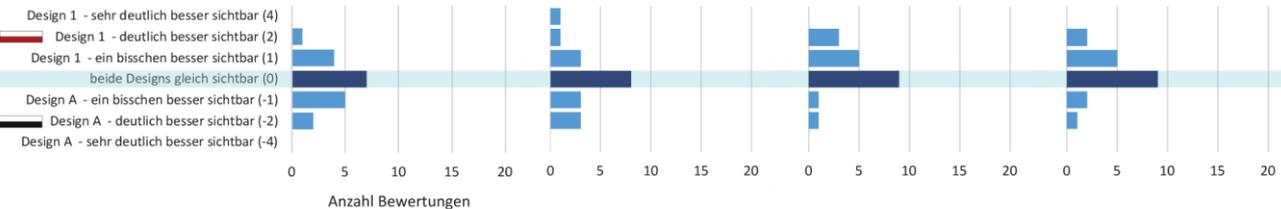
Anzahl Testpersonen	11
Mittelwert · 100% (P_s)	-18%



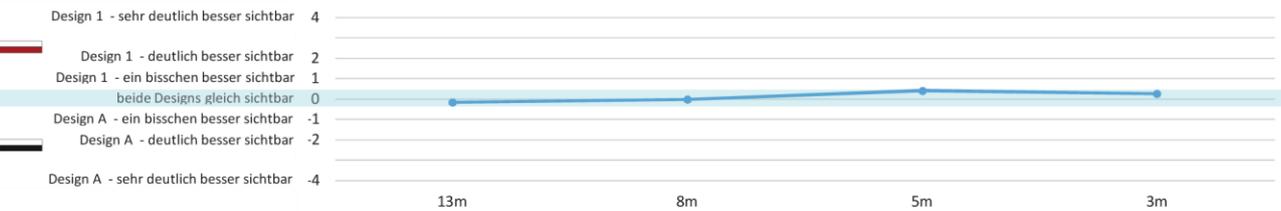
 + Besser sehende Testpersonen

 **SICHTBARKEIT (S_b)**

Anzahl Testpersonen	19
---------------------	----

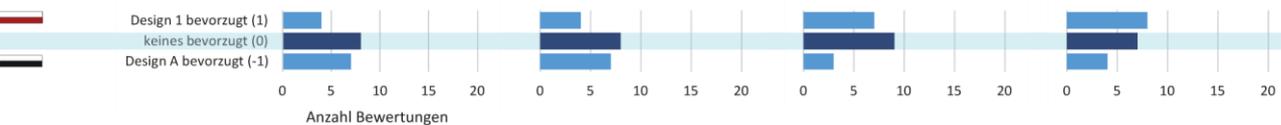


Mittelwert · 4 ⁻¹ · 100% (S_b)	3%
---	----



 **PRÄFERENZ (P_b)**

Anzahl Testpersonen	19
---------------------	----



Mittelwert · 100% (P_b)	3%
-----------------------------	----



Abbildung 4.1: Design-Vergleich 1-A, ohne Hintergrundbeleuchtung

Design:

Balken Rot-Weiß, durchgehend

Design 1 (RW_d)

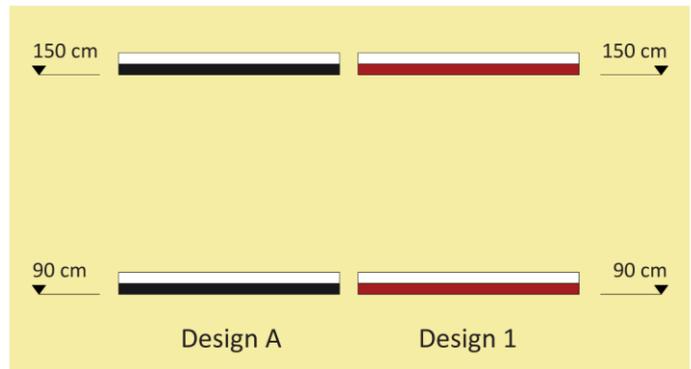
Referenzdesign:

Balken Schwarz-Weiß, durchgehend

Design A (SW_d)



mit Hintergrundbeleuchtung (MH)



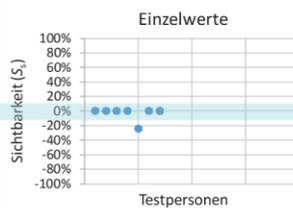
– Schlechter sehende Testpersonen

SICHTBARKEIT (S_s)

Anzahl Testpersonen	7
Mittelwert (S _s)	-3%

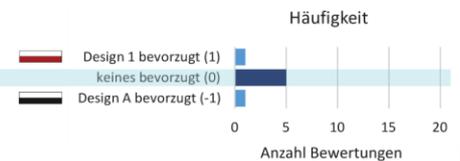
$$S_s(W_i, W_j) = \begin{cases} W_j > W_i: & \frac{W_j - W_i}{W_j} \cdot 100\% & \text{besser als} \\ W_i = W_j: & 0 & \\ W_i < W_j: & \frac{W_i - W_j}{W_i} \cdot 100\% & \text{besser als} \end{cases}$$

S_s ... Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen
 W_i ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Design (i=1..13)
 W_j ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Referenzdesign (j=A..D)



PRÄFERENZ (P_s)

Anzahl Testpersonen	7
Mittelwert · 100% (P _s)	0%

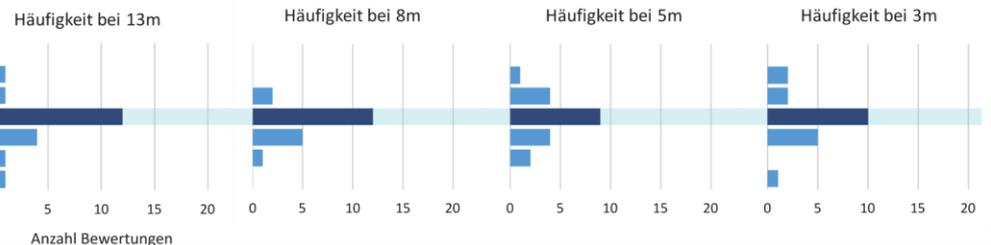


+ Besser sehende Testpersonen

SICHTBARKEIT (S_b)

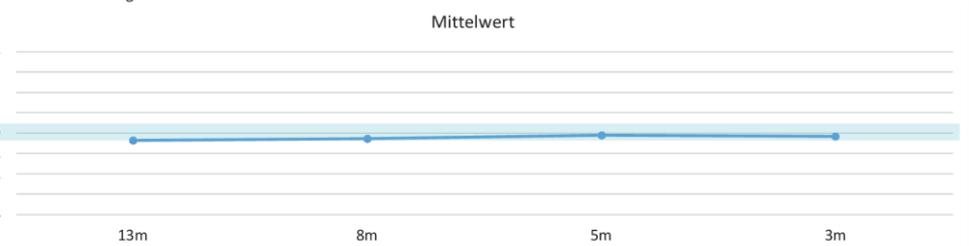
Anzahl Testpersonen	20
Mittelwert · 4 ⁻¹ · 100% (S _b)	-5%

- Design 1 - sehr deutlich besser sichtbar (4)
- Design 1 - deutlich besser sichtbar (2)
- Design 1 - ein bisschen besser sichtbar (1)
- beide Designs gleich sichtbar (0)
- Design A - ein bisschen besser sichtbar (-1)
- Design A - deutlich besser sichtbar (-2)
- Design A - sehr deutlich besser sichtbar (-4)



Mittelwert · 4 ⁻¹ · 100% (S _b)	-5%
---	-----

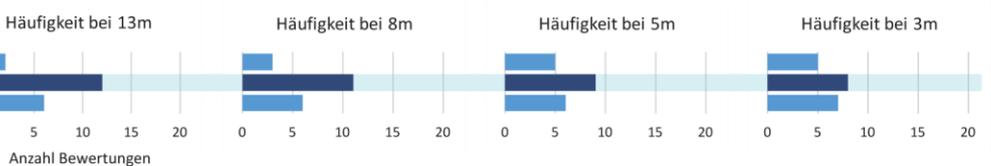
- Design 1 - sehr deutlich besser sichtbar 4
- Design 1 - deutlich besser sichtbar 2
- Design 1 - ein bisschen besser sichtbar 1
- beide Designs gleich sichtbar 0
- Design A - ein bisschen besser sichtbar -1
- Design A - deutlich besser sichtbar -2
- Design A - sehr deutlich besser sichtbar -4



PRÄFERENZ (P_b)

Anzahl Testpersonen	20
Mittelwert · 100% (P _b)	-13%

- Design 1 bevorzugt (1)
- keines bevorzugt (0)
- Design A bevorzugt (-1)



Mittelwert · 100% (P _b)	-13%
-------------------------------------	------

- Design 1 bevorzugt (1)
- keines bevorzugt (0)
- Design A bevorzugt (-1)

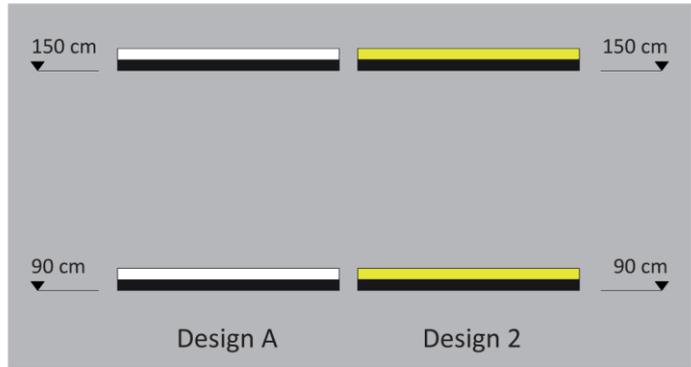


Abbildung 4.2: Design-Vergleich 1-A, mit Hintergrundbeleuchtung

Design:
Balken Gelb-Schwarz, durchgehend
 Design 2 (GS_d)

Referenzdesign:
Balken Schwarz-Weiß, durchgehend
 Design A (SW_d)

 ohne Hintergrundbeleuchtung (OH)



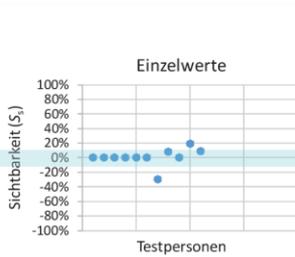
 – Schlechter sehende Testpersonen

 **SICHTBARKEIT (S_s)**

Anzahl Testpersonen	11
Mittelwert (S_s)	1%

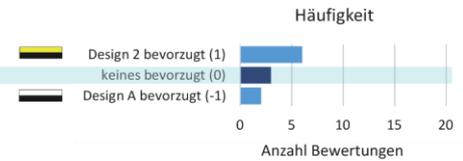
$$S_s(w_i, w_j) = \begin{cases} w_j > w_i: & \frac{w_j - w_i}{w_i} \cdot 100\% & \text{besser als} \\ w_j = w_i: & 0 & \\ w_j < w_i: & \frac{w_i - w_j}{w_i} \cdot 100\% & \text{besser als} \end{cases}$$

S_s ... Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen
 w_i ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Design ($i=1..13$)
 w_j ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Referenzdesign ($r=A..D$)



 **PRÄFERENZ (P_s)**

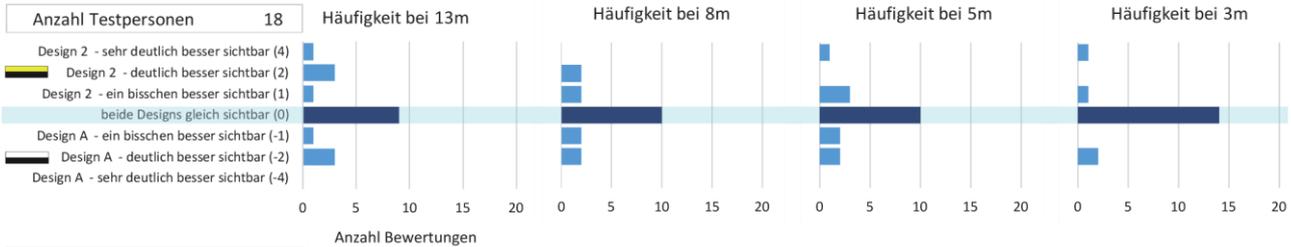
Anzahl Testpersonen	11
Mittelwert · 100% (P_s)	36%



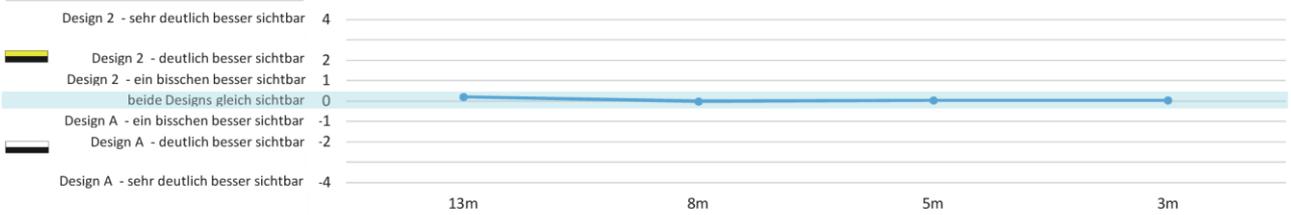
 + Besser sehende Testpersonen

 **SICHTBARKEIT (S_b)**

Anzahl Testpersonen	18
---------------------	----

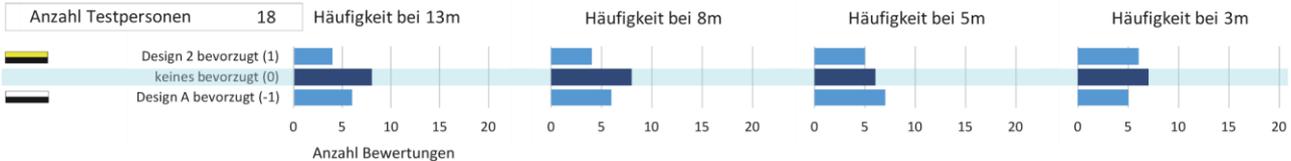


Mittelwert · 4 ⁻¹ · 100% (S_b)	2%
---	----



 **PRÄFERENZ (P_b)**

Anzahl Testpersonen	18
---------------------	----



Mittelwert · 100% (P_b)	-7%
-----------------------------	-----

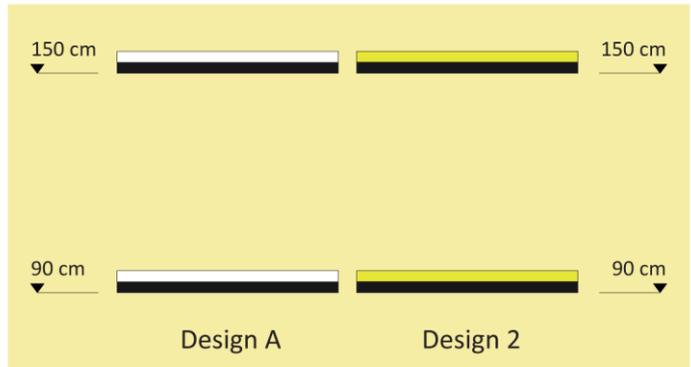


Abbildung 4.3: Design-Vergleich 2-A, ohne Hintergrundbeleuchtung

Design:
Balken Gelb-Schwarz, durchgehend
 Design 2 (GS_d)

Referenzdesign:
Balken Schwarz-Weiß, durchgehend
 Design A (SW_d)

 mit Hintergrundbeleuchtung (MH)



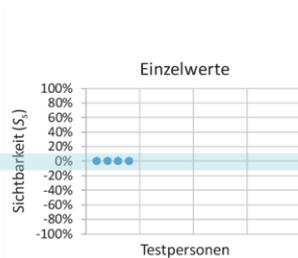
 – Schlechter sehende Testpersonen

SICHTBARKEIT (S_s)

Anzahl Testpersonen 4
 Mittelwert (S_s) 0%

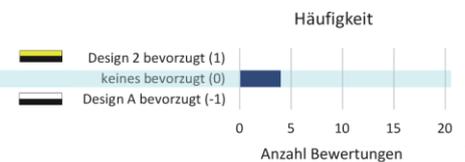
$$S_s(W_i, W_j) = \begin{cases} W_i > W_j: & \frac{W_i - W_j}{W_i} \cdot 100\% \quad \text{besser als} \\ W_i = W_j: & 0 \\ W_i < W_j: & \frac{W_j - W_i}{W_j} \cdot 100\% \quad \text{besser als} \end{cases}$$

S_s ... Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen
 W_i ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Design ($i=1...13$)
 W_j ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Referenzdesign ($j=A...D$)



PRÄFERENZ (P_s)

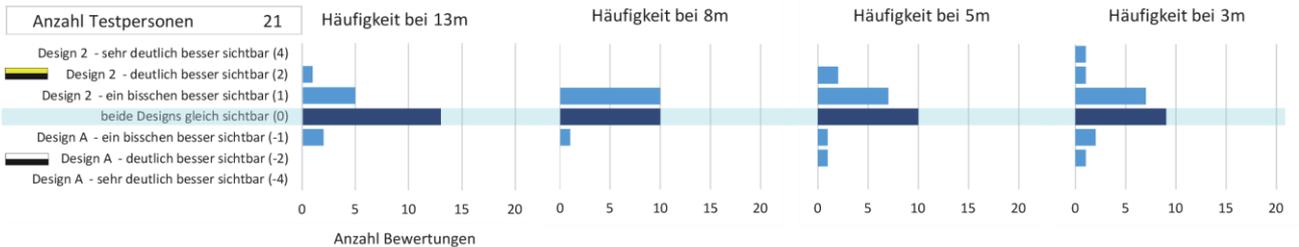
Anzahl Testpersonen 4
 Mittelwert · 100% (P_s) 0%



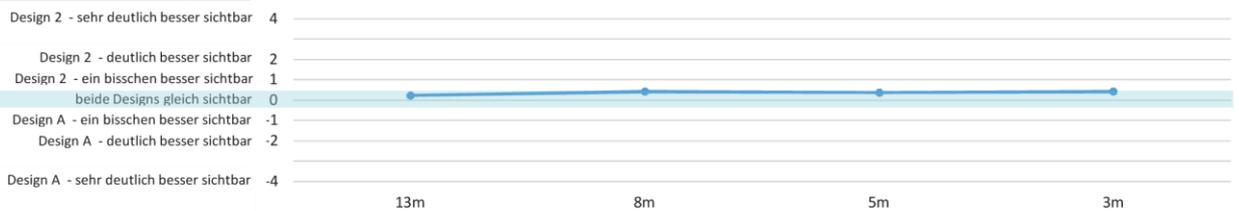
 + Besser sehende Testpersonen

SICHTBARKEIT (S_b)

Anzahl Testpersonen 21



Mittelwert · 4⁻¹ · 100% (S_b) 9%



PRÄFERENZ (P_b)

Anzahl Testpersonen 21



Mittelwert · 100% (P_b) 36%

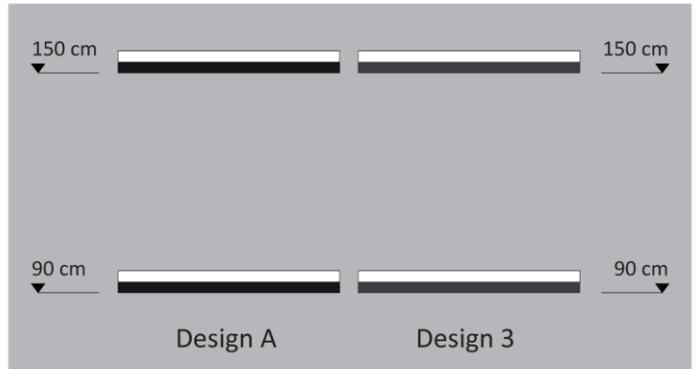


Abbildung 4.4: Design-Vergleich 2-A, mit Hintergrundbeleuchtung

Design:
Balken Grau-Weiß, durchgehend
 Design 3 (GraW_d)

Referenzdesign:
Balken Schwarz-Weiß, durchgehend
 Design A (SW_d)

 ohne Hintergrundbeleuchtung (OH)



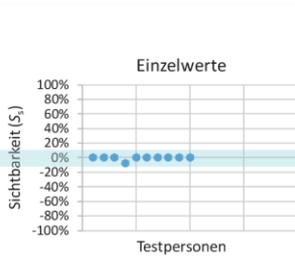
 – Schlechter sehende Testpersonen

 **SICHTBARKEIT (S_s)**

Anzahl Testpersonen	10
Mittelwert (S_s)	-1%

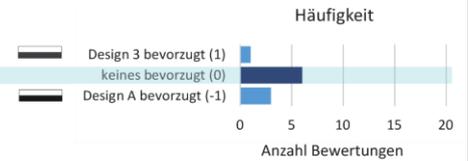
$$S_s(w_i, w_j) = \begin{cases} w_j > w_i: & \frac{w_j - w_i}{w_i} \cdot 100\% & \text{besser als} \\ w_j = w_i: & 0 & \\ w_j < w_i: & \frac{w_j - w_i}{w_i} \cdot 100\% & \text{besser als} \end{cases}$$

S_s ... Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen
 w_i ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Design ($i=1...13$)
 w_j ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Referenzdesign ($r=A...D$)



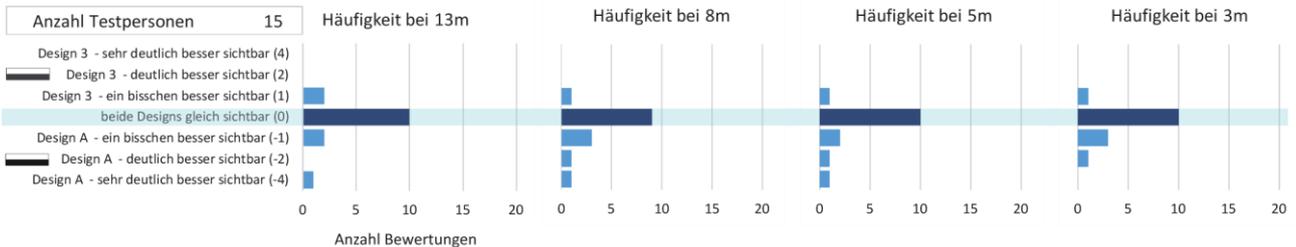
 **PRÄFERENZ (P_s)**

Anzahl Testpersonen	10
Mittelwert · 100% (P_s)	-20%

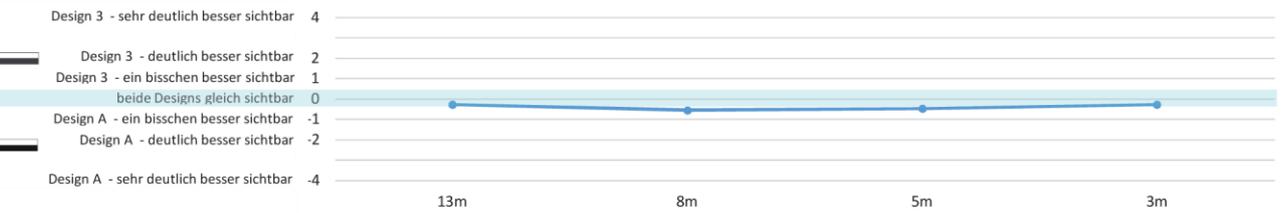


 + Besser sehende Testpersonen

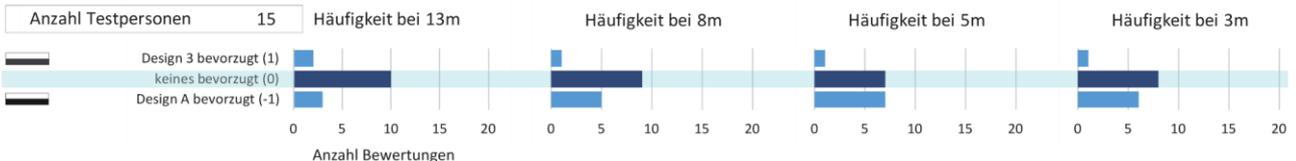
 **SICHTBARKEIT (S_b)**



Mittelwert · 4 ⁻¹ · 100% (S_b)	-10%
---	------



 **PRÄFERENZ (P_b)**



Mittelwert · 100% (P_b)	-27%
-----------------------------	------

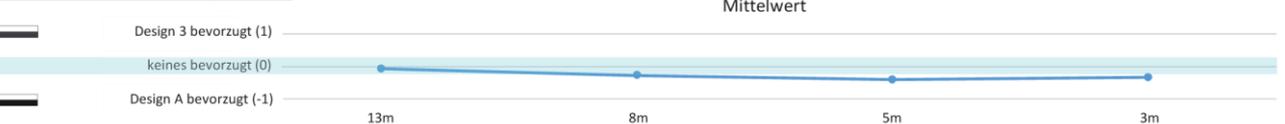
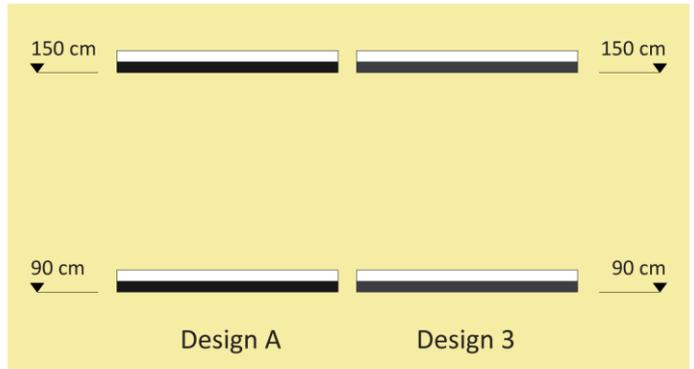


Abbildung 4.5: Design-Vergleich 3-A, ohne Hintergrundbeleuchtung

Design:
Balken Grau-Weiß, durchgehend
 Design 3 (GraW_d)

Referenzdesign:
Balken Schwarz-Weiß, durchgehend
 Design A (SW_d)

 mit Hintergrundbeleuchtung (MH)



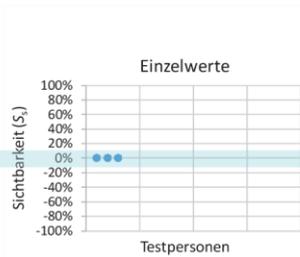
 – Schlechter sehende Testpersonen

SICHTBARKEIT (S_s)

Anzahl Testpersonen: 3
 Mittelwert (S_s): 0%

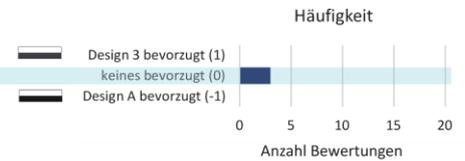
$$S_s(W_i, W_j) = \begin{cases} W_j > W_i: & \frac{W_j - W_i}{W_j} \cdot 100\% & \text{besser als} \\ W_i = W_j: & 0 & \\ W_i < W_j: & \frac{W_i - W_j}{W_i} \cdot 100\% & \text{besser als} \end{cases}$$

S_s ... Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen
 W_i ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Design ($i=1...13$)
 W_j ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Referenzdesign ($j=A...D$)



PRÄFERENZ (P_s)

Anzahl Testpersonen: 3
 Mittelwert · 100% (P_s): 0%

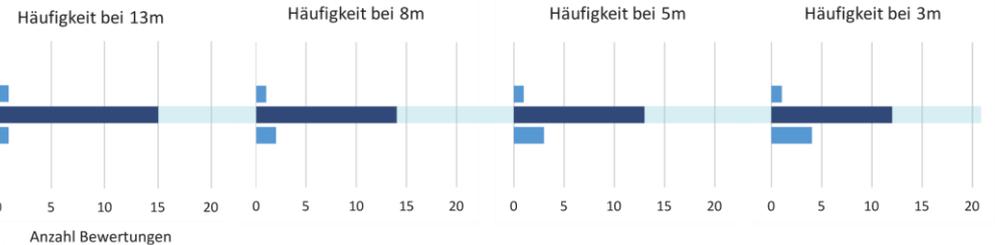


 + Besser sehende Testpersonen

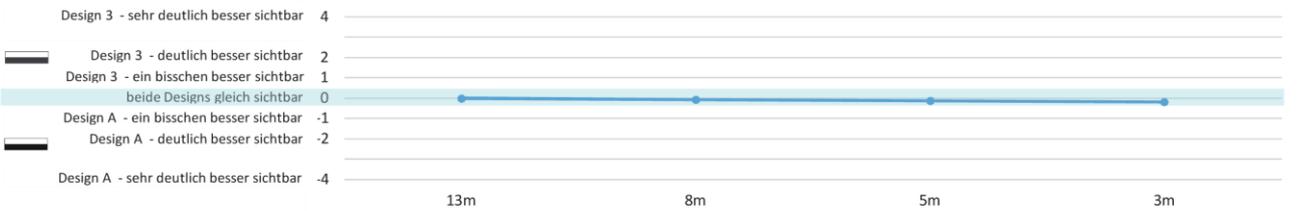
SICHTBARKEIT (S_b)

Anzahl Testpersonen: 17

- Design 3 - sehr deutlich besser sichtbar (4)
- Design 3 - deutlich besser sichtbar (2)
- Design 3 - ein bisschen besser sichtbar (1)
- beide Designs gleich sichtbar (0)
- Design A - ein bisschen besser sichtbar (-1)
- Design A - deutlich besser sichtbar (-2)
- Design A - sehr deutlich besser sichtbar (-4)



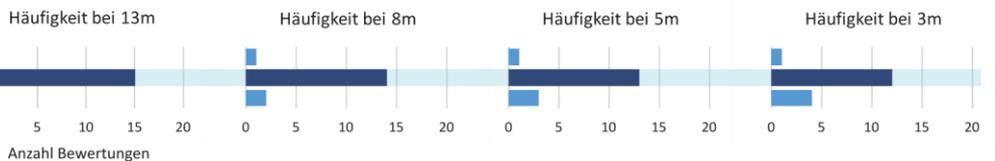
Mittelwert · 4⁻¹ · 100% (S_b): -2%



PRÄFERENZ (P_b)

Anzahl Testpersonen: 17

- Design 3 bevorzugt (1)
- keines bevorzugt (0)
- Design A bevorzugt (-1)



Mittelwert · 100% (P_b): -9%

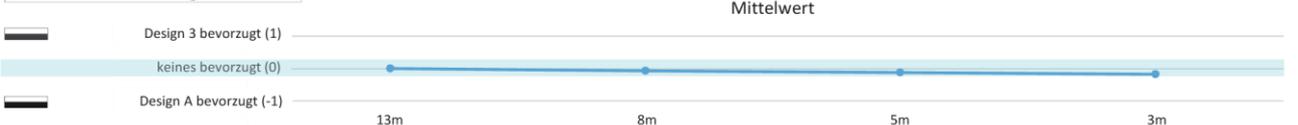
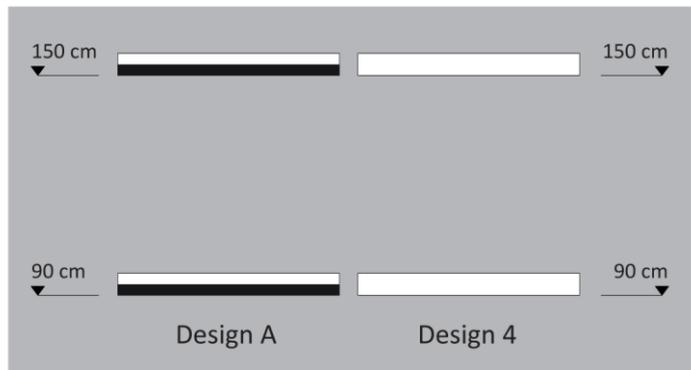


Abbildung 4.6: Design-Vergleich 3-A, mit Hintergrundbeleuchtung

Design:
Balken Weiß, durchgehend
 Design 4 (W_d)

Referenzdesign:
Balken Schwarz-Weiß, durchgehend
 Design A (SW_d)

 ohne Hintergrundbeleuchtung (OH)



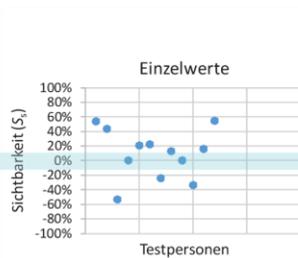
 – Schlechter sehende Testpersonen

 **SICHTBARKEIT (S_s)**

Anzahl Testpersonen	12
Mittelwert (S_s)	9%

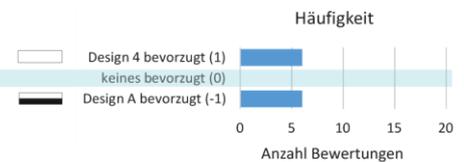
$$S_s(W_i, W_r) = \begin{cases} W_i > W_r: & \frac{W_i - W_r}{W_r} \cdot 100\% & \text{weiß besser als schwarz} \\ W_i = W_r: & 0 & \\ W_i < W_r: & \frac{W_i - W_r}{W_r} \cdot 100\% & \text{schwarz besser als weiß} \end{cases}$$

S_s ... Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen
 W_i ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Design ($i=1..13$)
 W_r ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Referenzdesign ($r=A..D$)



 **PRÄFERENZ (P_s)**

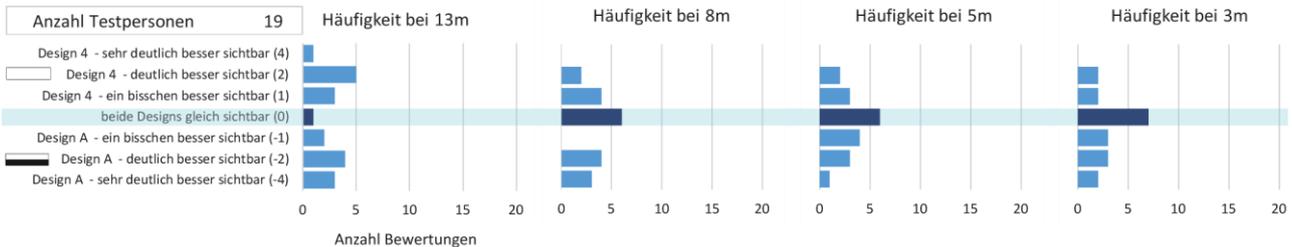
Anzahl Testpersonen	12
Mittelwert · 100% (P_s)	0%



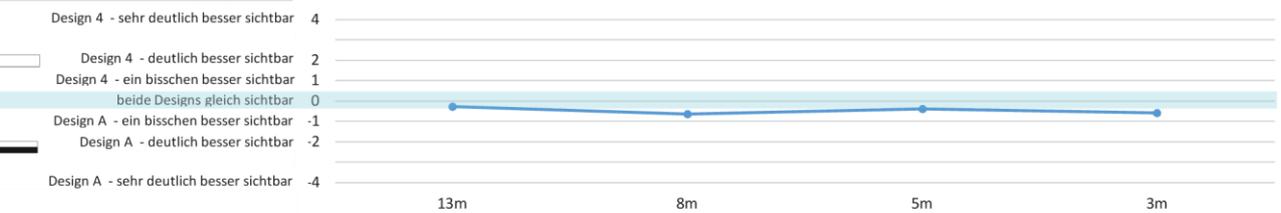
 + Besser sehende Testpersonen

 **SICHTBARKEIT (S_b)**

Anzahl Testpersonen	19
---------------------	----

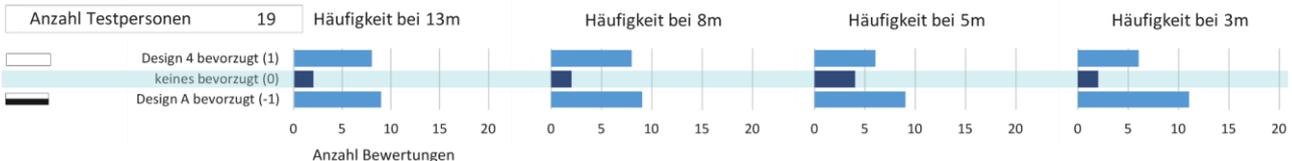


Mittelwert · 4 ⁻¹ · 100% (S_b)	-12%
---	------



 **PRÄFERENZ (P_b)**

Anzahl Testpersonen	19
---------------------	----



Mittelwert · 100% (P_b)	-13%
-----------------------------	------

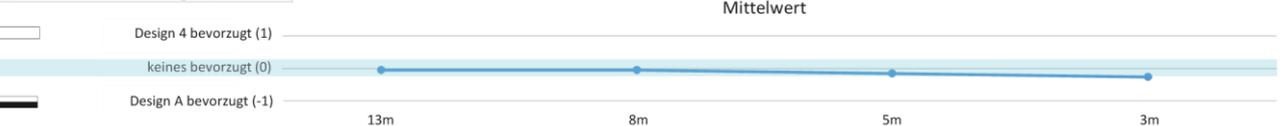
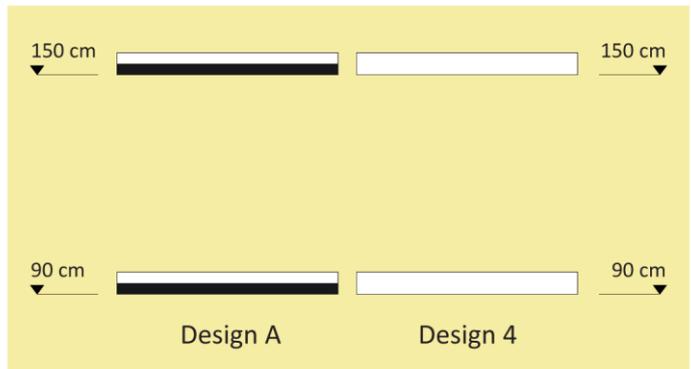


Abbildung 4.7: Design-Vergleich 4-A, ohne Hintergrundbeleuchtung

Design:
Balken Weiß, durchgehend
 Design 4 (W_d)

Referenzdesign:
Balken Schwarz-Weiß, durchgehend
 Design A (SW_d)

mit Hintergrundbeleuchtung (MH)



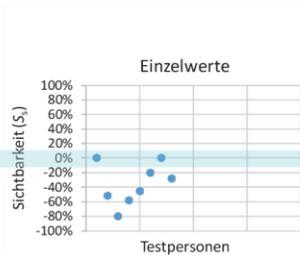
– Schlechter sehende Testpersonen

SICHTBARKEIT (S_s)

Anzahl Testpersonen: 8
 Mittelwert (S_s): -35%

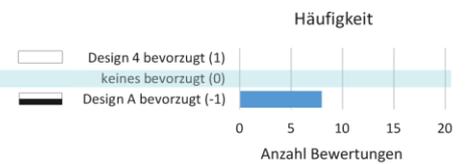
$$S_s(W_i, W_r) = \begin{cases} W_i > W_r: & \frac{W_i - W_r}{W_i} \cdot 100\% \quad \text{besser als} \\ W_i = W_r: & 0 \\ W_i < W_r: & \frac{W_r - W_i}{W_r} \cdot 100\% \quad \text{besser als} \end{cases}$$

S_s... Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen
 W_i... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Design (i=1...13)
 W_r... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Referenzdesign (r=A...D)



PRÄFERENZ (P_s)

Anzahl Testpersonen: 8
 Mittelwert · 100% (P_s): -100%

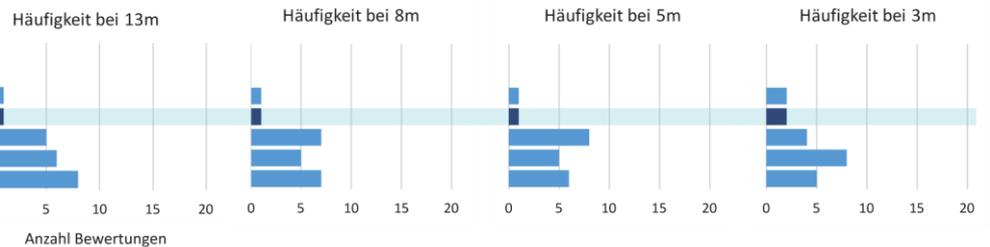


+ Besser sehende Testpersonen

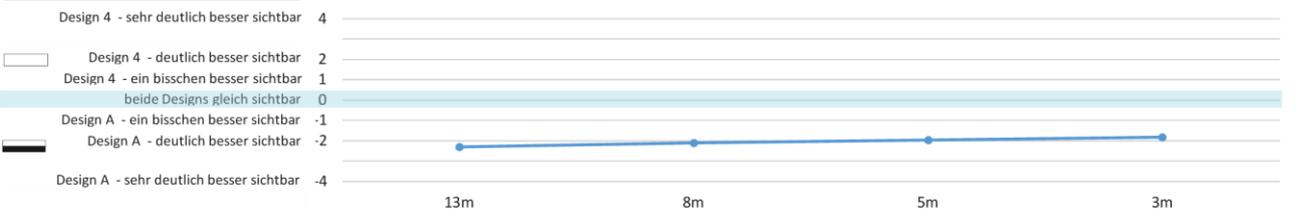
SICHTBARKEIT (S_b)

Anzahl Testpersonen: 21

Häufigkeit bei 13m: Design 4 - sehr deutlich besser sichtbar (4), Design 4 - deutlich besser sichtbar (2), Design 4 - ein bisschen besser sichtbar (1), beide Designs gleich sichtbar (0), Design A - ein bisschen besser sichtbar (-1), Design A - deutlich besser sichtbar (-2), Design A - sehr deutlich besser sichtbar (-4)



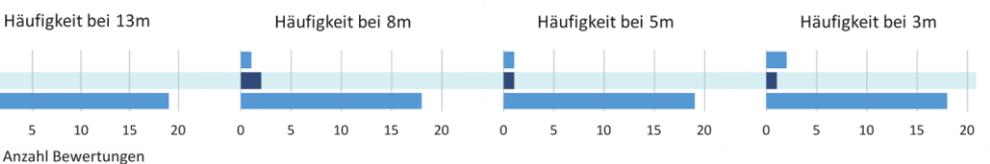
Mittelwert · 4⁻¹ · 100% (S_b): -51%



PRÄFERENZ (P_b)

Anzahl Testpersonen: 21

Häufigkeit bei 13m: Design 4 bevorzugt (1), keines bevorzugt (0), Design A bevorzugt (-1)



Mittelwert · 100% (P_b): -82%

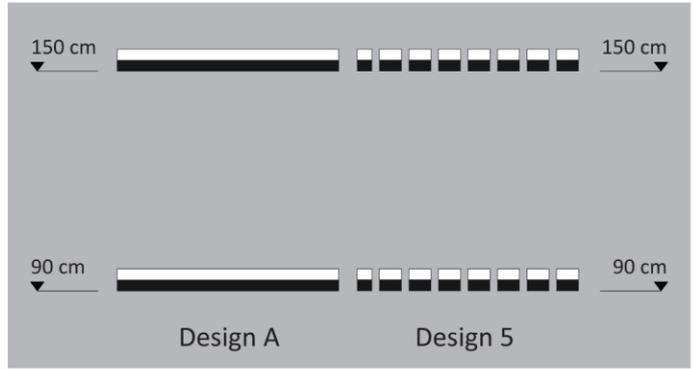


Abbildung 4.8: Design-Vergleich 4-A, mit Hintergrundbeleuchtung

Design:
Balken Schwarz-Weiß, 75% der Fläche markiert, Anordnung horizontal
 Design 5 (SW_75%_hor)

Referenzdesign:
Balken Schwarz-Weiß, durchgehend
 Design A (SW_d)

 ohne Hintergrundbeleuchtung (OH)



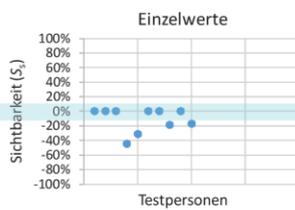
 – Schlechter sehende Testpersonen

SIHTBARKEIT (S_s)

Anzahl Testpersonen: 10
 Mittelwert (S_s): -11%

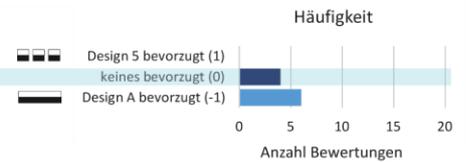
$$S_s(W_i, W_r) = \begin{cases} W_i > W_r: & \frac{W_i - W_r}{W_r} \cdot 100\% \quad \text{besser als } \blacksquare \\ W_i = W_r: & 0 \\ W_i < W_r: & \frac{W_i - W_r}{W_r} \cdot 100\% \quad \text{besser als } \blacksquare \end{cases}$$

S_s ... Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen
 W_i ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Design ($i=1..13$)
 W_r ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Referenzdesign ($r=A..D$)



PRÄFERENZ (P_s)

Anzahl Testpersonen: 10
 Mittelwert · 100% (P_s): -60%

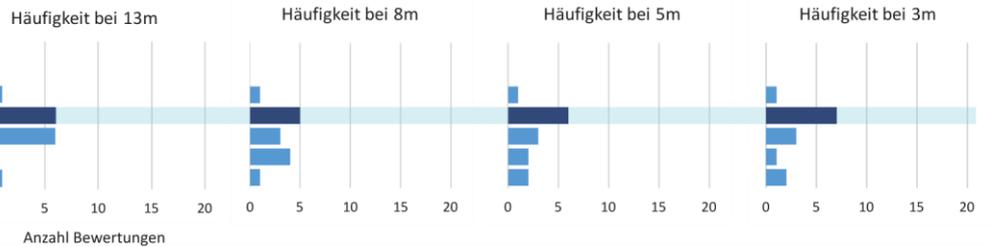


 + Besser sehende Testpersonen

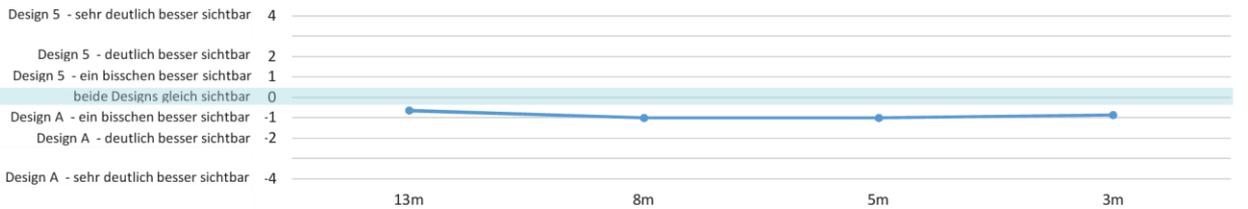
SIHTBARKEIT (S_b)

Anzahl Testpersonen: 14

- Design 5 - sehr deutlich besser sichtbar (4)
- Design 5 - deutlich besser sichtbar (2)
- Design 5 - ein bisschen besser sichtbar (1)
- beide Designs gleich sichtbar (0)
- Design A - ein bisschen besser sichtbar (-1)
- Design A - deutlich besser sichtbar (-2)
- Design A - sehr deutlich besser sichtbar (-4)



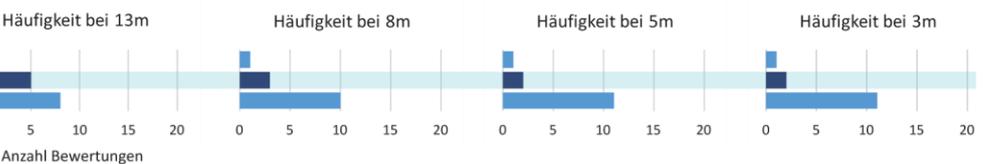
Mittelwert · 4⁻¹ · 100% (S_b): -22%



PRÄFERENZ (P_b)

Anzahl Testpersonen: 14

- Design 5 bevorzugt (1)
- keines bevorzugt (0)
- Design A bevorzugt (-1)



Mittelwert · 100% (P_b): -64%

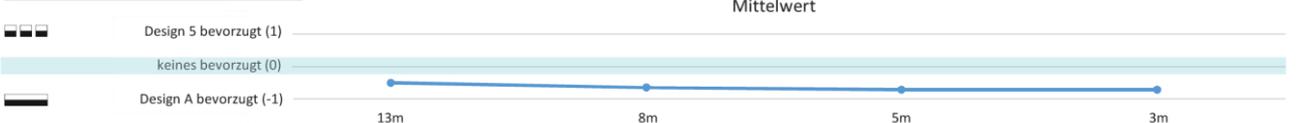
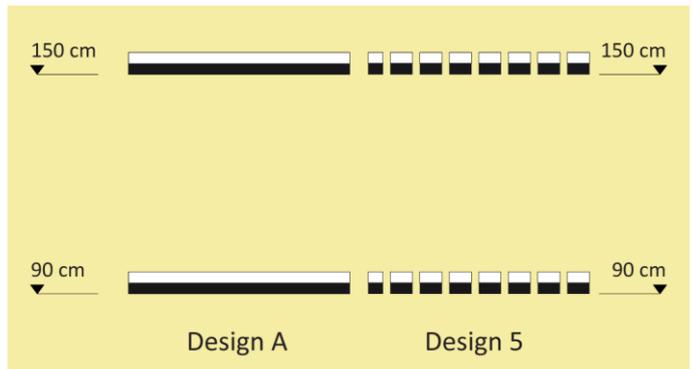


Abbildung 4.9: Design-Vergleich 5-A, ohne Hintergrundbeleuchtung

Design:
Balken Schwarz-Weiß, 75% der Fläche markiert, Anordnung horizontal
 Design 5 (SW_75%_hor)

Referenzdesign:
Balken Schwarz-Weiß, durchgehend
 Design A (SW_d)

 mit Hintergrundbeleuchtung (MH)



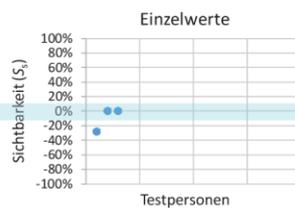
 – Schlechter sehende Testpersonen

 **SICHTBARKEIT (S_s)**

Anzahl Testpersonen	3
Mittelwert (S_s)	-9%

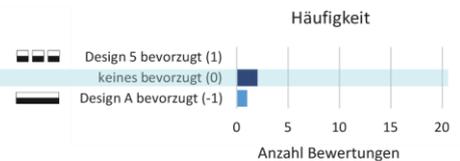
$$S_s(W_i, W_r) = \begin{cases} W_i > W_r: & \frac{W_i - W_r}{W_r} \cdot 100\% \quad \text{besser als} \\ W_i = W_r: & 0 \\ W_i < W_r: & \frac{W_i - W_r}{W_r} \cdot 100\% \quad \text{besser als} \end{cases}$$

S_s ... Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen
 W_i ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Design ($i=1...13$)
 W_r ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Referenzdesign ($r=A...D$)



 **PRÄFERENZ (P_s)**

Anzahl Testpersonen	3
Mittelwert · 100% (P_s)	-33%

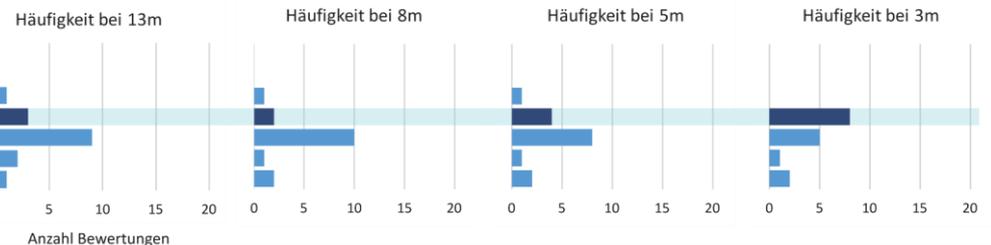


 + Besser sehende Testpersonen

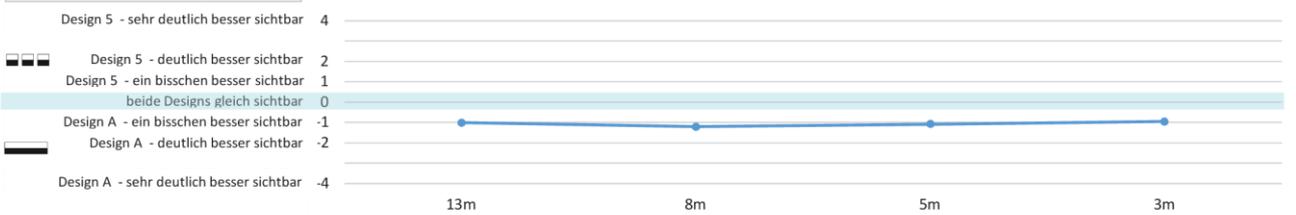
 **SICHTBARKEIT (S_b)**

Anzahl Testpersonen	16
---------------------	----

- Design 5 - sehr deutlich besser sichtbar (4)
- Design 5 - deutlich besser sichtbar (2)
- Design 5 - ein bisschen besser sichtbar (1)
- beide Designs gleich sichtbar (0)
- Design A - ein bisschen besser sichtbar (-1)
- Design A - deutlich besser sichtbar (-2)
- Design A - sehr deutlich besser sichtbar (-4)



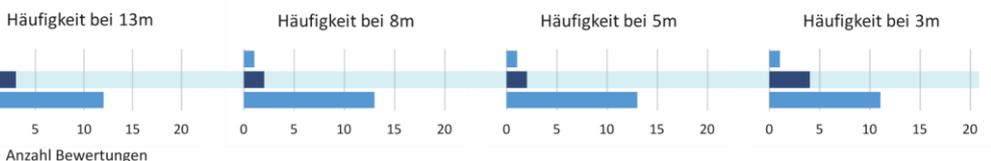
Mittelwert · 4 ⁻¹ · 100% (S_b)	-26%
---	------



 **PRÄFERENZ (P_b)**

Anzahl Testpersonen	16
---------------------	----

- Design 5 bevorzugt (1)
- keines bevorzugt (0)
- Design A bevorzugt (-1)



Mittelwert · 100% (P_b)	-70%
-----------------------------	------

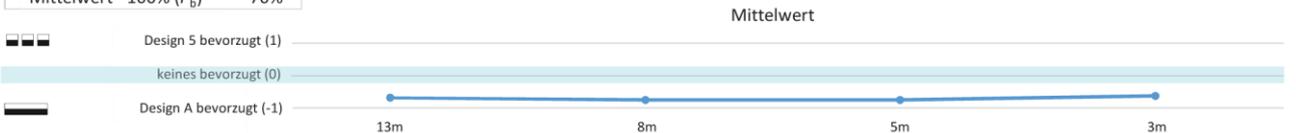
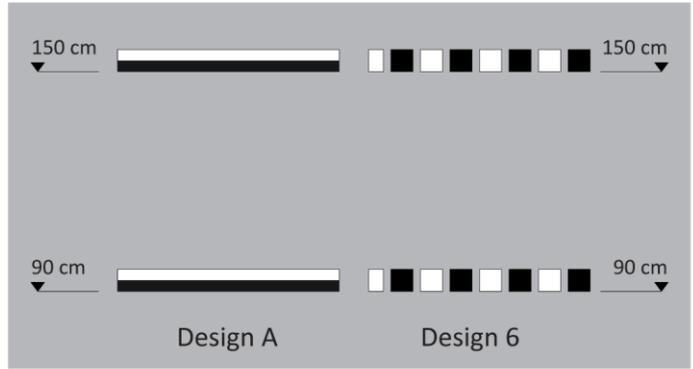


Abbildung 4.10: Design-Vergleich 5-A, mit Hintergrundbeleuchtung

Design:
Balken Schwarz-Weiß, 75% der Fläche markiert, Anordnung groß
 Design 6 (SW_75%_gr)

Referenzdesign:
Balken Schwarz-Weiß, durchgehend
 Design A (SW_d)

 ohne Hintergrundbeleuchtung (OH)



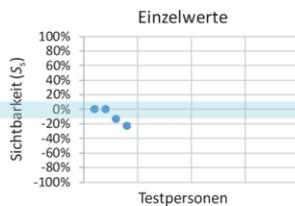
 – Schlechter sehende Testpersonen

 **SICHTBARKEIT (S_s)**

Anzahl Testpersonen: 4
 Mittelwert (S_s): -9%

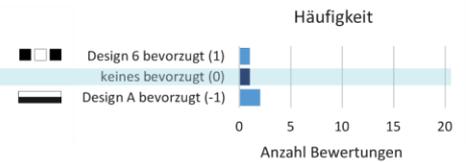
$$S_s(W_i, W_r) = \begin{cases} W_i > W_r: \frac{W_i - W_r}{W_i} \cdot 100\% & \blacksquare \blacksquare \text{ besser als } \blacksquare \\ W_i = W_r: 0 & \blacksquare \blacksquare \text{ besser als } \blacksquare \\ W_i < W_r: \frac{W_r - W_i}{W_r} \cdot 100\% & \blacksquare \text{ besser als } \blacksquare \blacksquare \end{cases}$$

S_s ... Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen
 W_i ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Design ($i=1..13$)
 W_r ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Referenzdesign ($r=A..D$)



 **PRÄFERENZ (P_s)**

Anzahl Testpersonen: 4
 Mittelwert · 100% (P_s): -25%

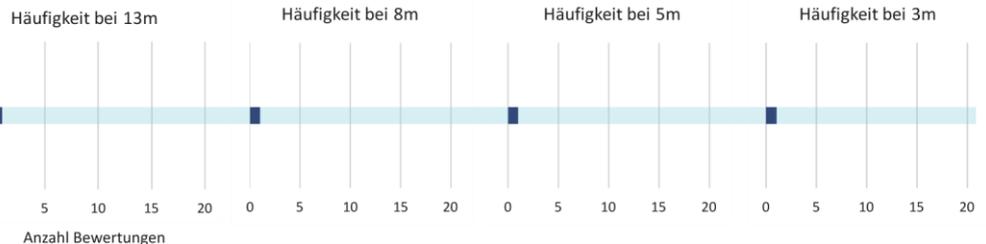


 + Besser sehende Testpersonen

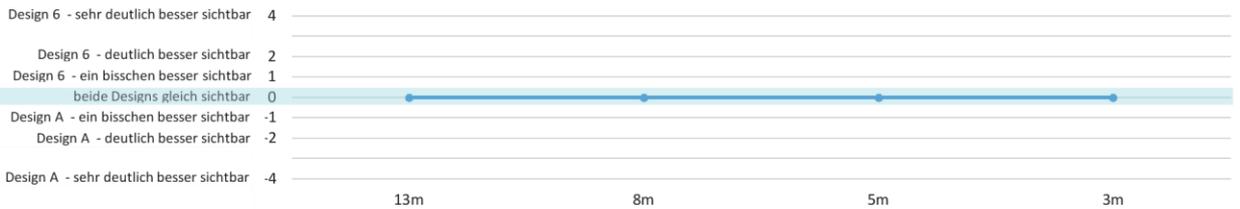
 **SICHTBARKEIT (S_b)**

Anzahl Testpersonen: 1

- Design 6 - sehr deutlich besser sichtbar (4)
- Design 6 - deutlich besser sichtbar (2)
- Design 6 - ein bisschen besser sichtbar (1)
- beide Designs gleich sichtbar (0)
- Design A - ein bisschen besser sichtbar (-1)
- Design A - deutlich besser sichtbar (-2)
- Design A - sehr deutlich besser sichtbar (-4)



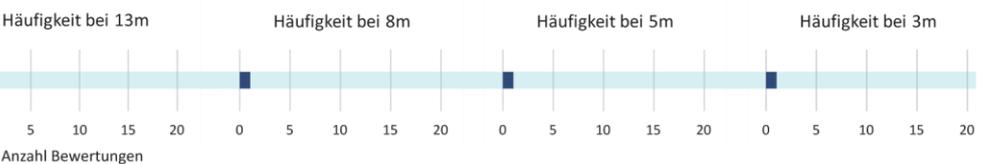
Mittelwert · 4⁻¹ · 100% (S_b): 0%



 **PRÄFERENZ (P_b)**

Anzahl Testpersonen: 1

- Design 6 bevorzugt (1)
- keines bevorzugt (0)
- Design A bevorzugt (-1)



Mittelwert · 100% (P_b): 0%



Abbildung 4.11: Design-Vergleich 6-A, ohne Hintergrundbeleuchtung

Design:

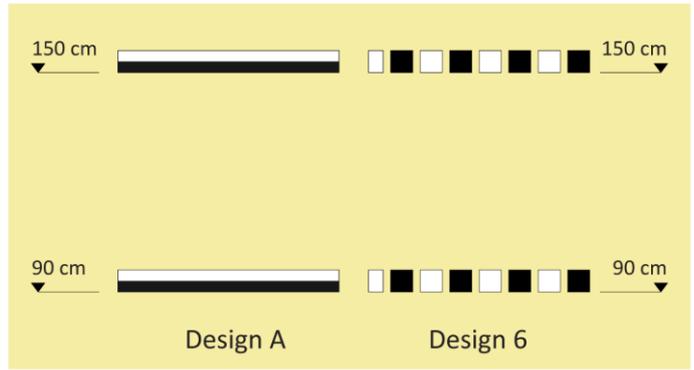
Balken Schwarz-Weiß, 75% der Fläche markiert, Anordnung groß
 Design 6 (SW_75%_gr)

Referenzdesign:

Balken Schwarz-Weiß, durchgehend
 Design A (SW_d)



mit Hintergrundbeleuchtung (MH)



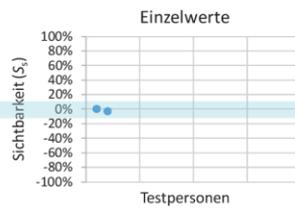
– Schlechter sehende Testpersonen

SICHTBARKEIT (S_s)

Anzahl Testpersonen	2
Mittelwert (S _s)	-1%

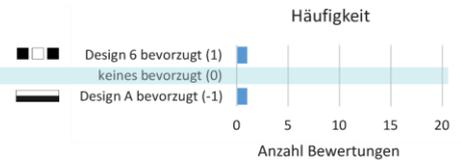
$$S_s(W_i, W_r) = \begin{cases} W_i > W_r: & \frac{W_i - W_r}{W_r} \cdot 100\% \quad \blacksquare \blacksquare \text{ besser als } \blacksquare \blacksquare \\ W_i = W_r: & 0 \\ W_i < W_r: & \frac{W_i - W_r}{W_r} \cdot 100\% \quad \blacksquare \blacksquare \text{ besser als } \blacksquare \blacksquare \end{cases}$$

S_s ... Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen
 W_i ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Design (i=1...13)
 W_r ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Referenzdesign (r=A...D)



PRÄFERENZ (P_s)

Anzahl Testpersonen	2
Mittelwert · 100% (P _s)	0%

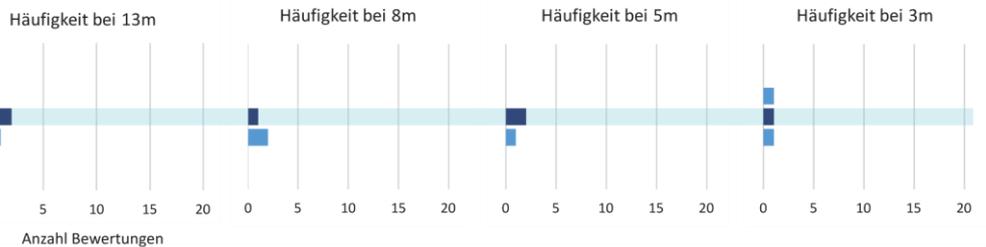


+ Besser sehende Testpersonen

SICHTBARKEIT (S_b)

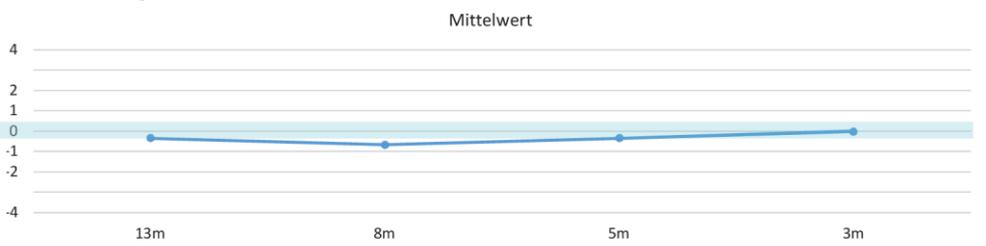
Anzahl Testpersonen	3
---------------------	---

- Design 6 - sehr deutlich besser sichtbar (4)
- ■ Design 6 - deutlich besser sichtbar (2)
- Design 6 - ein bisschen besser sichtbar (1)
- beide Designs gleich sichtbar (0)
- Design A - ein bisschen besser sichtbar (-1)
- ■ Design A - deutlich besser sichtbar (-2)
- Design A - sehr deutlich besser sichtbar (-4)



Mittelwert · 4 ⁻¹ · 100% (S _b)	-8%
---	-----

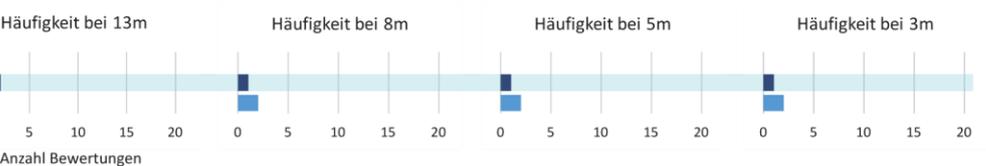
- Design 6 - sehr deutlich besser sichtbar 4
- ■ Design 6 - deutlich besser sichtbar 2
- Design 6 - ein bisschen besser sichtbar 1
- beide Designs gleich sichtbar 0
- Design A - ein bisschen besser sichtbar -1
- ■ Design A - deutlich besser sichtbar -2
- Design A - sehr deutlich besser sichtbar -4



PRÄFERENZ (P_b)

Anzahl Testpersonen	3
---------------------	---

- ■ Design 6 bevorzugt (1)
- keines bevorzugt (0)
- ■ Design A bevorzugt (-1)



Mittelwert · 100% (P _b)	-58%
-------------------------------------	------

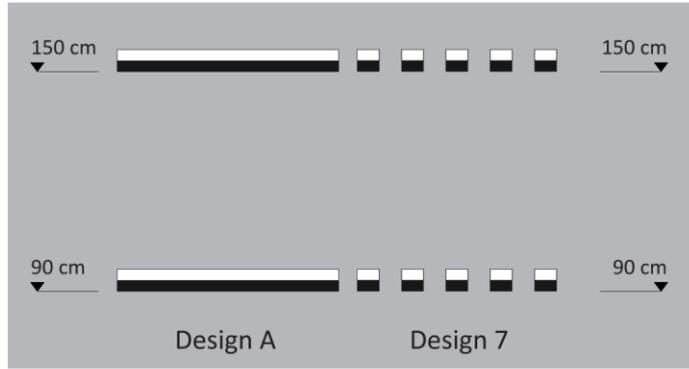
- ■ Design 6 bevorzugt (1)
- keines bevorzugt (0)
- ■ Design A bevorzugt (-1)



Abbildung 4.12: Design-Vergleich 6-A, mit Hintergrundbeleuchtung

Design:
Balken Schwarz-Weiß, 50% der Fläche markiert
 Design 7 (SW_50%)

Referenzdesign:
Balken Schwarz-Weiß, durchgehend
 Design A (SW_d)



ohne Hintergrundbeleuchtung (OH)

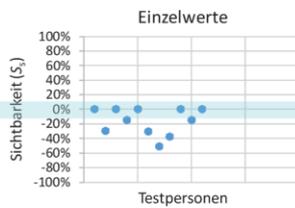
– Schlechter sehende Testpersonen

SICHTBARKEIT (S_s)

Anzahl Testpersonen: 11
 Mittelwert (S_s): -16%

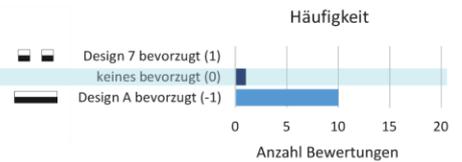
$$S_s(W_i, W_r) = \begin{cases} W_i > W_r: & \frac{W_i - W_r}{W_r} \cdot 100\% \quad \text{besser als } \blacksquare \\ W_i = W_r: & 0 \\ W_i < W_r: & \frac{W_i - W_r}{W_r} \cdot 100\% \quad \text{besser als } \blacksquare \end{cases}$$

S_s ... Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen
 W_i ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Design ($i=1...13$)
 W_r ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Referenzdesign ($r=A...D$)



PRÄFERENZ (P_s)

Anzahl Testpersonen: 11
 Mittelwert · 100% (P_s): -91%

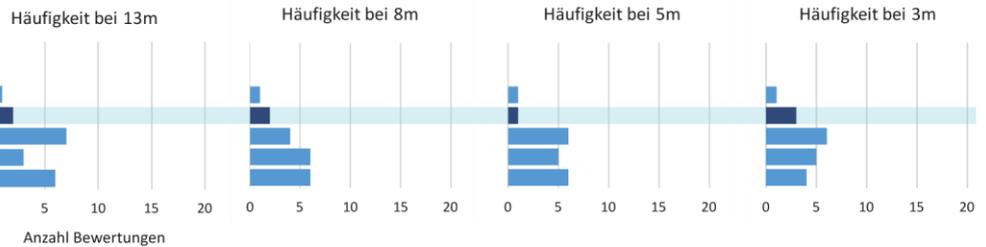


+ Besser sehende Testpersonen

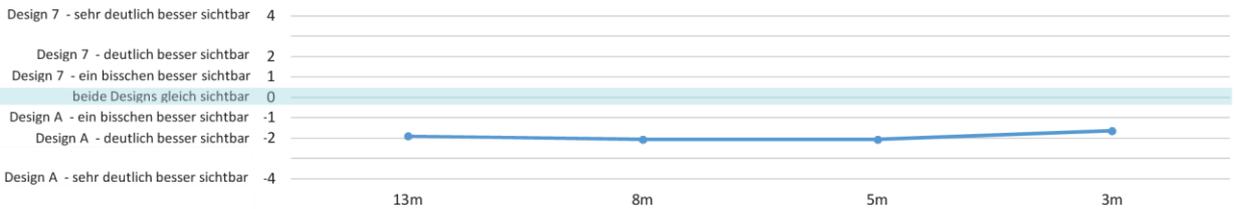
SICHTBARKEIT (S_b)

Anzahl Testpersonen: 19

- Design 7 - sehr deutlich besser sichtbar (4)
- Design 7 - deutlich besser sichtbar (2)
- Design 7 - ein bisschen besser sichtbar (1)
- beide Designs gleich sichtbar (0)
- Design A - ein bisschen besser sichtbar (-1)
- Design A - deutlich besser sichtbar (-2)
- Design A - sehr deutlich besser sichtbar (-4)



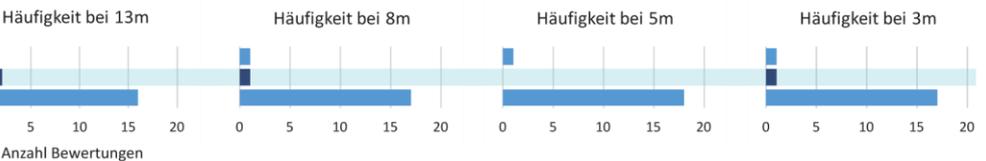
Mittelwert · 4⁻¹ · 100% (S_b): -48%



PRÄFERENZ (P_b)

Anzahl Testpersonen: 19

- Design 7 bevorzugt (1)
- keines bevorzugt (0)
- Design A bevorzugt (-1)



Mittelwert · 100% (P_b): -84%



Abbildung 4.13: Design-Vergleich 7-A, ohne Hintergrundbeleuchtung

Design:
Balken Schwarz-Weiß, 50% der Fläche markiert

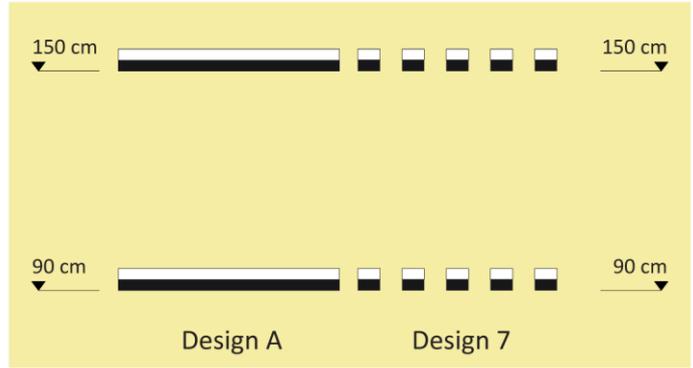
Design 7 (SW_50%)

Referenzdesign:

Balken Schwarz-Weiß, durchgehend

Design A (SW_d)

 mit Hintergrundbeleuchtung (MH)



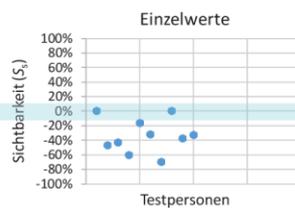
 – Schlechter sehende Testpersonen

SICHTBARKEIT (S_s)

Anzahl Testpersonen	10
Mittelwert (S _s)	-34%

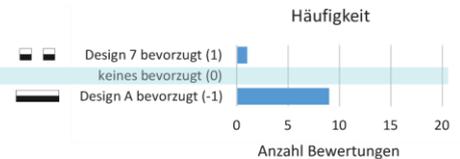
$$S_s(W_i, W_r) = \begin{cases} W_i > W_r: & \frac{W_i - W_r}{W_r} \cdot 100\% & \text{besser als} \\ W_i = W_r: & 0 \\ W_i < W_r: & \frac{W_i - W_r}{W_r} \cdot 100\% & \text{besser als} \end{cases}$$

S_s ... Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen
 W_i ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Design (i=1...13)
 W_r ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Referenzdesign (r=A...D)



PRÄFERENZ (P_s)

Anzahl Testpersonen	10
Mittelwert · 100% (P _s)	-80%

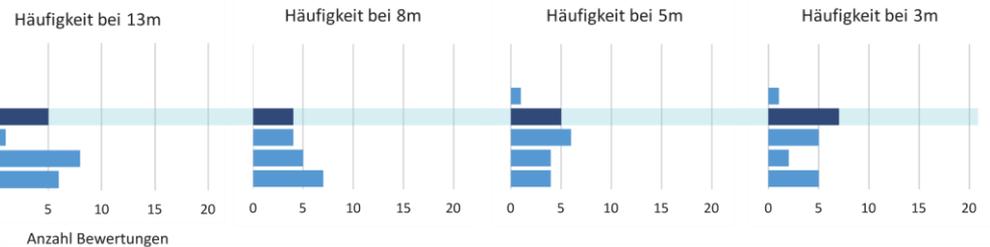


 + Besser sehende Testpersonen

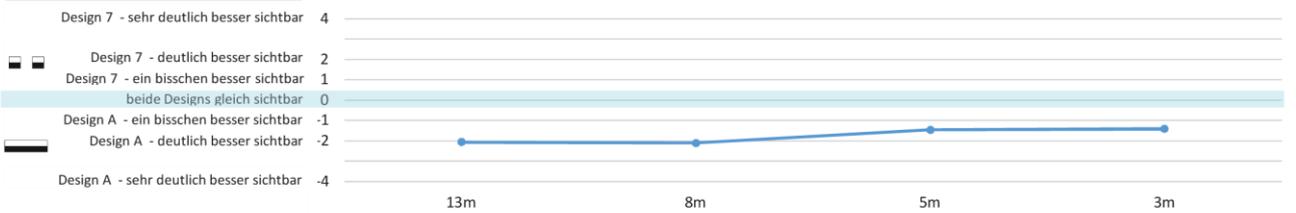
SICHTBARKEIT (S_b)

Anzahl Testpersonen	20
---------------------	----

- Design 7 - sehr deutlich besser sichtbar (4)
-  Design 7 - deutlich besser sichtbar (2)
- Design 7 - ein bisschen besser sichtbar (1)
- beide Designs gleich sichtbar (0)
- Design A - ein bisschen besser sichtbar (-1)
-  Design A - deutlich besser sichtbar (-2)
- Design A - sehr deutlich besser sichtbar (-4)



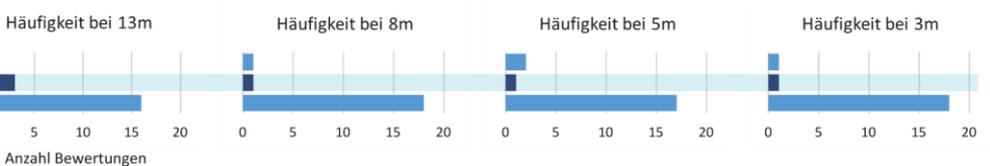
Mittelwert · 4 ⁻¹ · 100% (S _b)	-44%
---	------



PRÄFERENZ (P_b)

Anzahl Testpersonen	20
---------------------	----

-  Design 7 bevorzugt (1)
- keines bevorzugt (0)
-  Design A bevorzugt (-1)



Mittelwert · 100% (P _b)	-80%
-------------------------------------	------

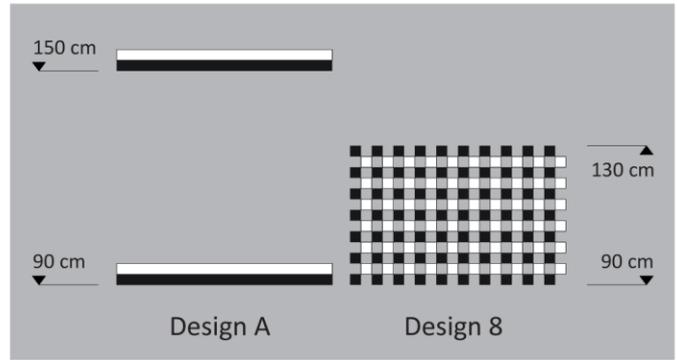


Abbildung 4.14: Design-Vergleich 7-A, mit Hintergrundbeleuchtung

Design:
40cm-Fläche, Schwarz-Weiß, kariert
 Design 8 (40_SW_karo)

Referenzdesign:
Balken Schwarz-Weiß, durchgehend
 Design A (SW_d)

 ohne Hintergrundbeleuchtung (OH)



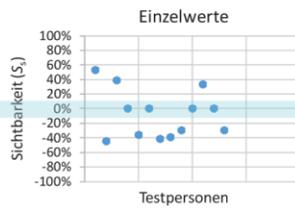
 – Schlechter sehende Testpersonen

 **SICHTBARKEIT (S_s)**

Anzahl Testpersonen	13
Mittelwert (S_s)	-7%

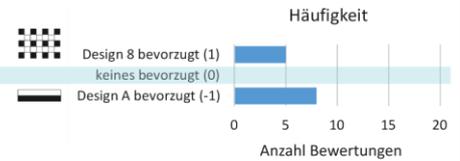
$$S_s(W_i, W_r) = \begin{cases} W_i > W_r: & \frac{W_i - W_r}{W_i} \cdot 100\% \\ W_i = W_r: & 0 \\ W_i < W_r: & \frac{W_r - W_i}{W_r} \cdot 100\% \end{cases}$$

S_s ... Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen
 W_i ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Design (i=1...13)
 W_r ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Referenzdesign (r=A...D)



 **PRÄFERENZ (P_s)**

Anzahl Testpersonen	13
Mittelwert · 100% (P_s)	-23%

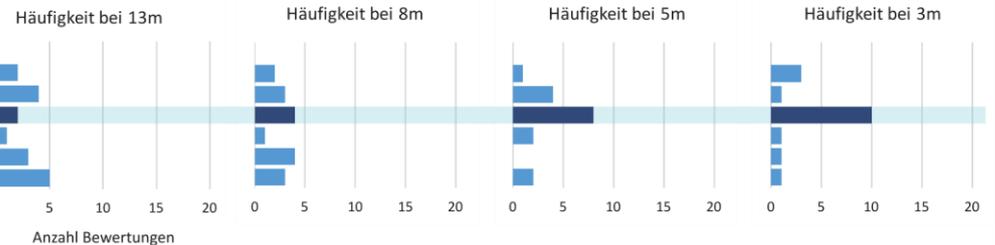


 + Besser sehende Testpersonen

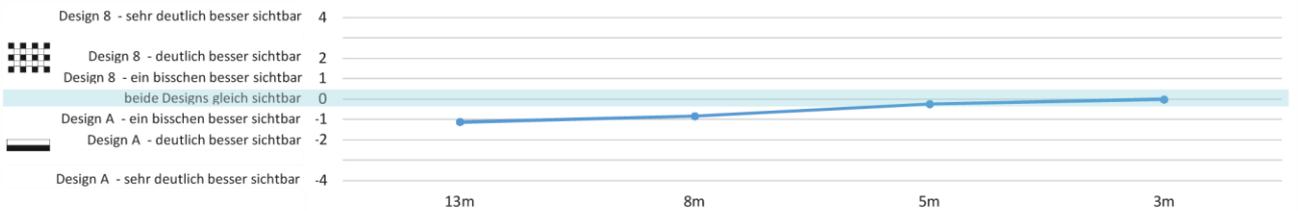
 **SICHTBARKEIT (S_b)**

Anzahl Testpersonen	17
---------------------	----

- Design 8 - sehr deutlich besser sichtbar (4)
- Design 8 - deutlich besser sichtbar (2)
- Design 8 - ein bisschen besser sichtbar (1)
- beide Designs gleich sichtbar (0)
- Design A - ein bisschen besser sichtbar (-1)
- Design A - deutlich besser sichtbar (-2)
- Design A - sehr deutlich besser sichtbar (-4)



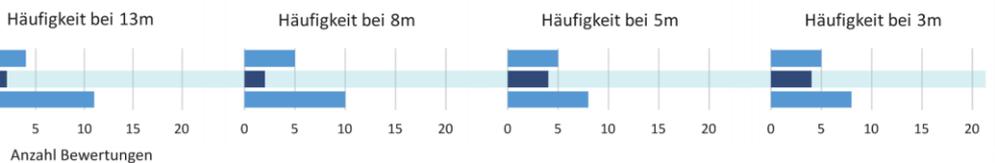
Mittelwert · 4 ⁻¹ · 100% (S_b)	-14%
---	------



 **PRÄFERENZ (P_b)**

Anzahl Testpersonen	17
---------------------	----

- Design 8 bevorzugt (1)
- keines bevorzugt (0)
- Design A bevorzugt (-1)



Mittelwert · 100% (P_b)	-26%
-----------------------------	------

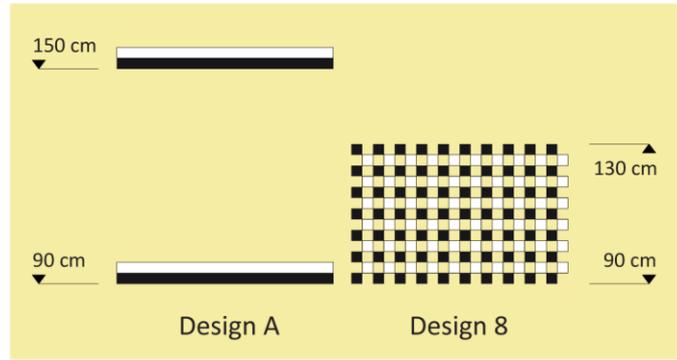


Abbildung 4.15: Design-Vergleich 8-A, ohne Hintergrundbeleuchtung

Design:
40cm-Fläche, Schwarz-Weiß, kariert
 Design 8 (40_SW_karo)

Referenzdesign:
Balken Schwarz-Weiß, durchgehend
 Design A (SW_d)

mit Hintergrundbeleuchtung (MH)



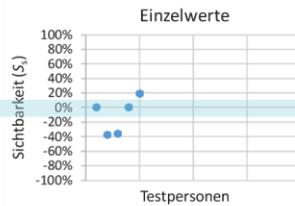
– Schlechter sehende Testpersonen

SICHTBARKEIT (S_s)

Anzahl Testpersonen: 5
 Mittelwert (S_s): -11%

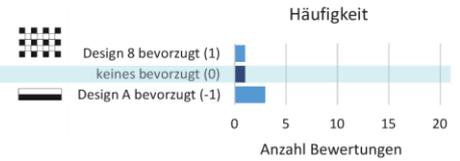
$$S_s(W_i, W_r) = \begin{cases} W_i > W_r: & \frac{W_i - W_r}{W_r} \cdot 100\% \\ W_i = W_r: & 0 \\ W_i < W_r: & \frac{W_r - W_i}{W_r} \cdot 100\% \end{cases}$$

S_s ... Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen
 W_i ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Design (i=1...13)
 W_r ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Referenzdesign (r=A...D)



PRÄFERENZ (P_s)

Anzahl Testpersonen: 5
 Mittelwert · 100% (P_s): -40%

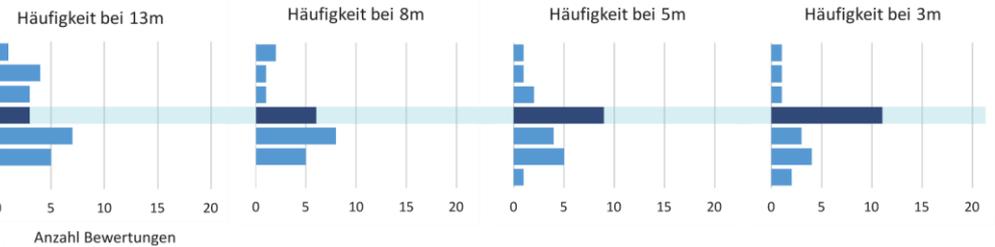


+ Besser sehende Testpersonen

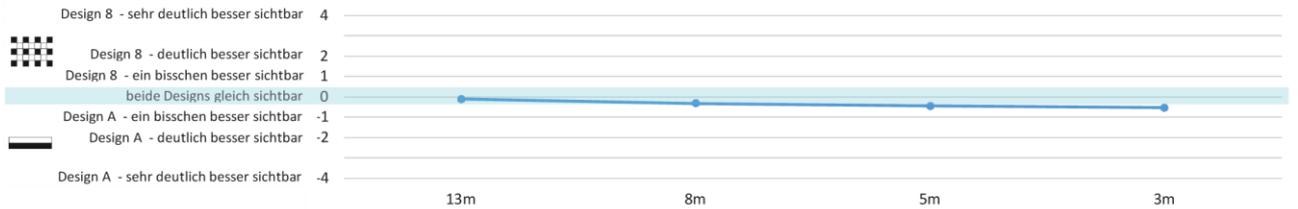
SICHTBARKEIT (S_b)

Anzahl Testpersonen: 23

Häufigkeit bei 13m: Design 8 - sehr deutlich besser sichtbar (4), Design 8 - deutlich besser sichtbar (2), Design 8 - ein bisschen besser sichtbar (1), beide Designs gleich sichtbar (0), Design A - ein bisschen besser sichtbar (-1), Design A - deutlich besser sichtbar (-2), Design A - sehr deutlich besser sichtbar (-4)



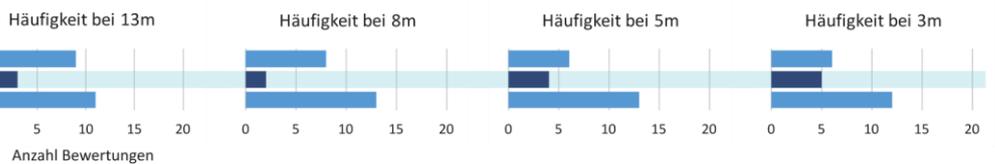
Mittelwert · 4⁻¹ · 100% (S_b): -8%



PRÄFERENZ (P_b)

Anzahl Testpersonen: 23

Häufigkeit bei 13m: Design 8 bevorzugt (1), keines bevorzugt (0), Design A bevorzugt (-1)



Mittelwert · 100% (P_b): -22%

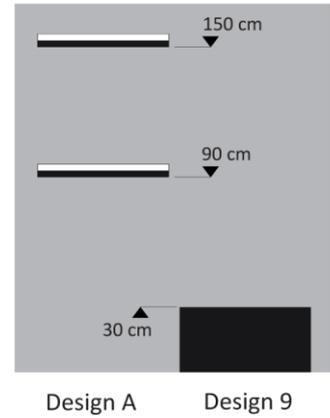


Abbildung 4.16: Design-Vergleich 8-A, mit Hintergrundbeleuchtung

Design:
Sockel, Schwarz
 Design 9 (Soc_S)

Referenzdesign:
Balken Schwarz-Weiß, durchgehend
 Design A (SW_d)

ohne Hintergrundbeleuchtung (OH)



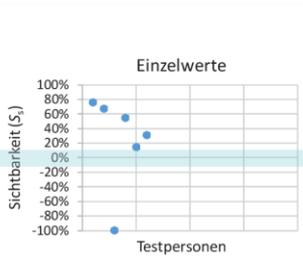
– Schlechter sehende Testpersonen

SICTBARKEIT (S_s)

Anzahl Testpersonen: 6
 Mittelwert (S_s): 24%

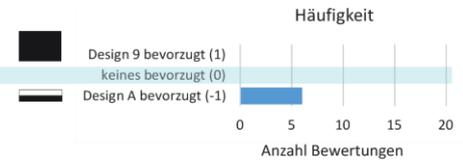
$$S_s(w_i, w_r) = \begin{cases} w_i > w_r: & \frac{w_i - w_r}{w_r} \cdot 100\% \quad \blacksquare \text{ besser als } \blacksquare \\ w_i = w_r: & 0 \\ w_i < w_r: & \frac{w_i - w_r}{w_r} \cdot 100\% \quad \blacksquare \text{ besser als } \blacksquare \end{cases}$$

S_s ... Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen
 w_i ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Design ($i=1..13$)
 w_r ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Referenzdesign ($r=A..D$)



PRÄFERENZ (P_s)

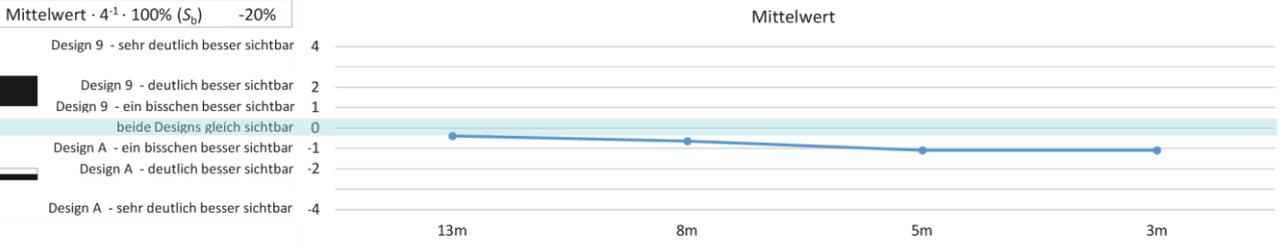
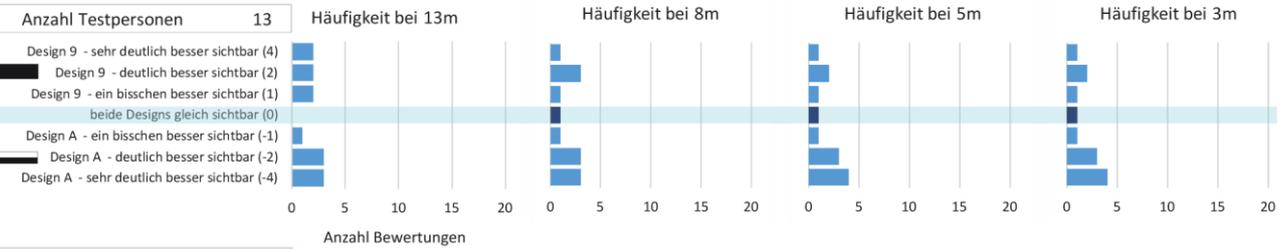
Anzahl Testpersonen: 6
 Mittelwert · 100% (P_s): -100%



+ Besser sehende Testpersonen

SICTBARKEIT (S_b)

Anzahl Testpersonen: 13
 Mittelwert · $4^{-1} \cdot 100\%$ (S_b): -20%



PRÄFERENZ (P_b)

Anzahl Testpersonen: 13
 Mittelwert · 100% (P_b): -85%

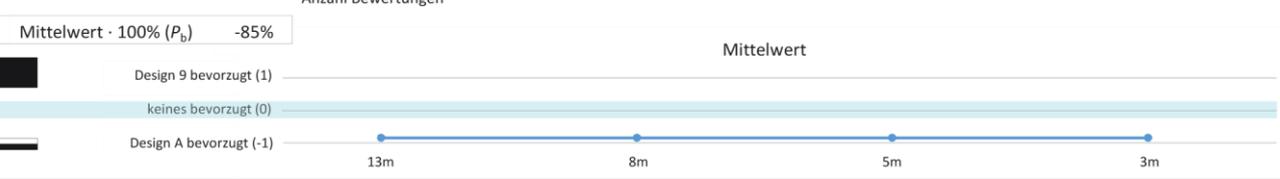
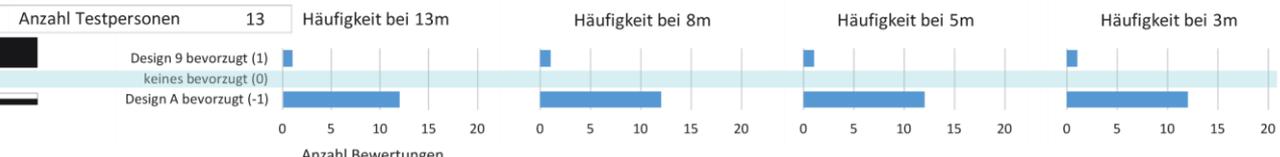
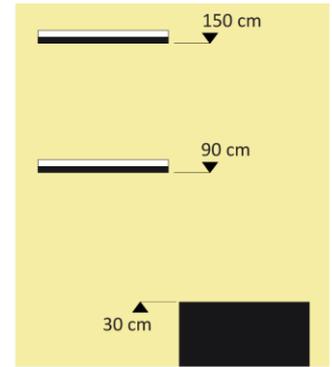


Abbildung 4.17: Design-Vergleich 9-A, ohne Hintergrundbeleuchtung

Design:
Sockel, Schwarz
 Design 9 (Soc_S)

Referenzdesign:
Balken Schwarz-Weiß, durchgehend
 Design A (SW_d)

mit Hintergrundbeleuchtung (MH)



Design A Design 9

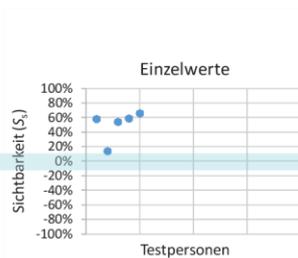
– Schlechter sehende Testpersonen

SICHTBARKEIT (S_s)

Anzahl Testpersonen: 5
 Mittelwert (S_s): 50%

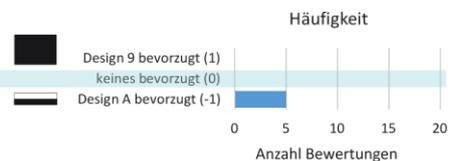
$$S_s(w_i, w_j) = \begin{cases} W_j > W_i: & \frac{W_j - W_i}{W_i} \cdot 100\% \quad \text{besser als} \\ W_i = W_j: & 0 \\ W_i < W_j: & \frac{W_i - W_j}{W_j} \cdot 100\% \quad \text{besser als} \end{cases}$$

S_s, \dots Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen
 W_i, \dots Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Design ($i=1..13$)
 W_j, \dots Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Referenzdesign ($j=A..D$)



PRÄFERENZ (P_s)

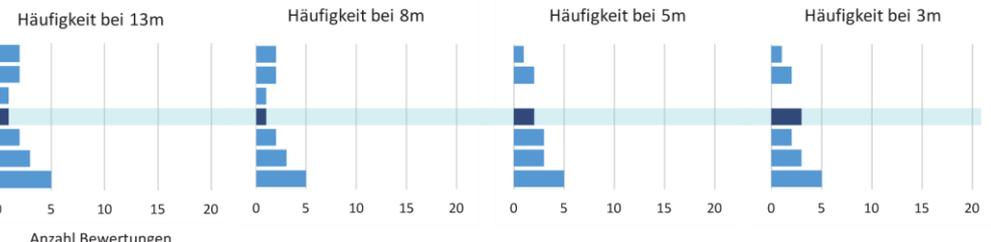
Anzahl Testpersonen: 5
 Mittelwert $\cdot 100\%$ (P_s): -100%



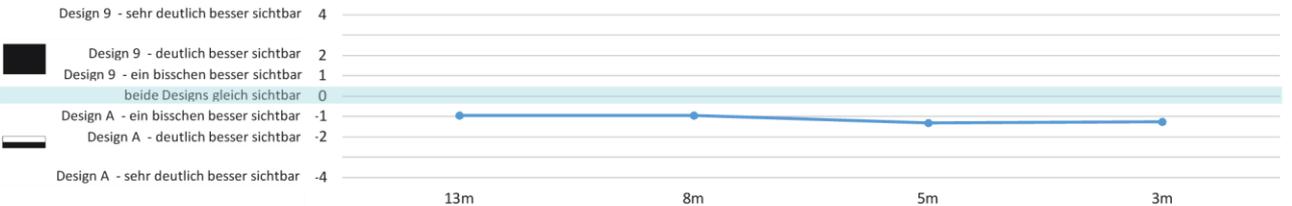
+ Besser sehende Testpersonen

SICHTBARKEIT (S_b)

Anzahl Testpersonen: 16

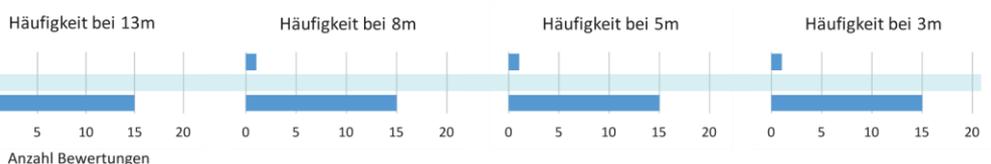
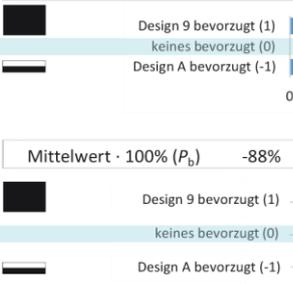


Mittelwert $\cdot 4^{-1} \cdot 100\%$ (S_b): -28%



PRÄFERENZ (P_b)

Anzahl Testpersonen: 16



Mittelwert $\cdot 100\%$ (P_b): -88%

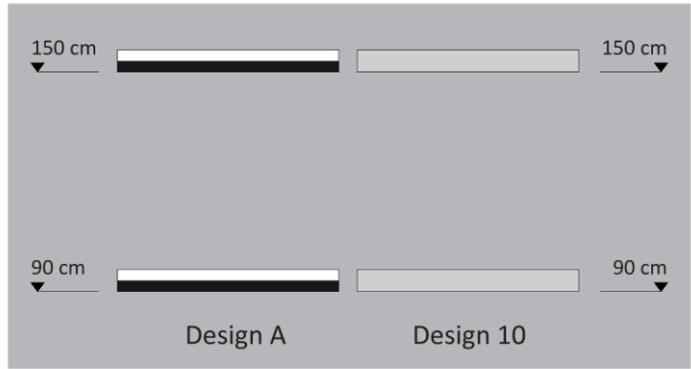


Abbildung 4.18: Design-Vergleich 9-A, mit Hintergrundbeleuchtung

Design:
Satiniert
 Design 10 (Sat)

Referenzdesign:
Balken Schwarz-Weiß, durchgehend
 Design A (SW_d)

 ohne Hintergrundbeleuchtung (OH)



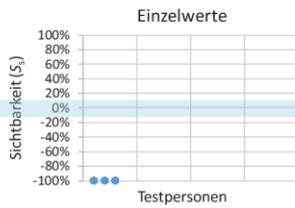
 – Schlechter sehende Testpersonen

 **SICHTBARKEIT (S_s)**

Anzahl Testpersonen: 3
 Mittelwert (S_s): -100%

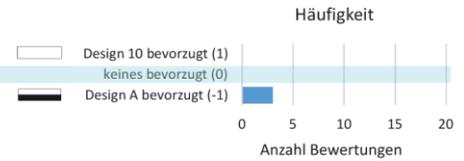
$$S_s(w_i, w_r) = \begin{cases} w_i > w_r: & \frac{w_i - w_r}{w_r} \cdot 100\% & \text{besser als} & \text{---} \\ w_i = w_r: & 0 & & \\ w_i < w_r: & \frac{w_i - w_r}{w_r} \cdot 100\% & \text{besser als} & \text{---} \end{cases}$$

S_s ... Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen
 w_i ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Design ($i=1...13$)
 w_r ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Referenzdesign ($r=A...D$)



 **PRÄFERENZ (P_s)**

Anzahl Testpersonen: 3
 Mittelwert · 100% (P_s): -100%

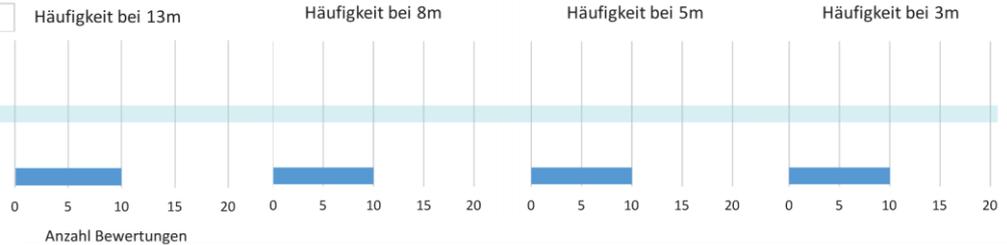


 + Besser sehende Testpersonen

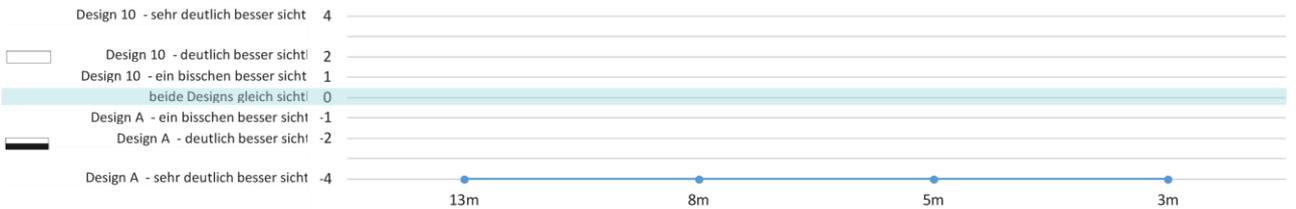
 **SICHTBARKEIT (S_b)**

Anzahl Testpersonen: 10

- Design 10 - sehr deutlich besser sichtbar
- Design 10 - deutlich besser sichtbar
- Design 10 - ein bisschen besser sichtbar
- beide Designs gleich sichtbar
- Design A - ein bisschen besser sichtbar
- Design A - deutlich besser sichtbar
- Design A - sehr deutlich besser sichtbar



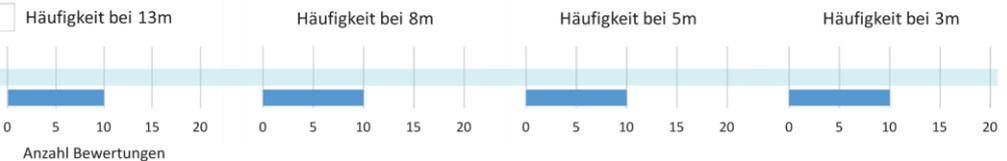
Mittelwert · 4⁻¹ · 100% (S_b): -100%



 **PRÄFERENZ (P_b)**

Anzahl Testpersonen: 10

- Design 10 bevorzugt (1)
- keines bevorzugt (0)
- Design A bevorzugt (-1)



Mittelwert · 100% (P_b): -100%

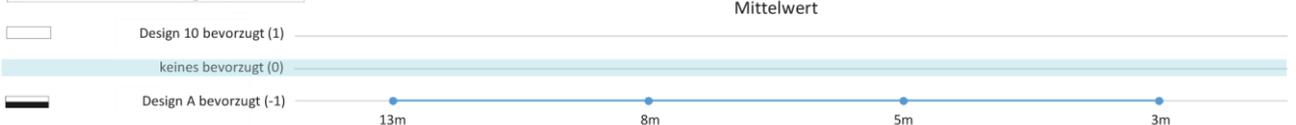
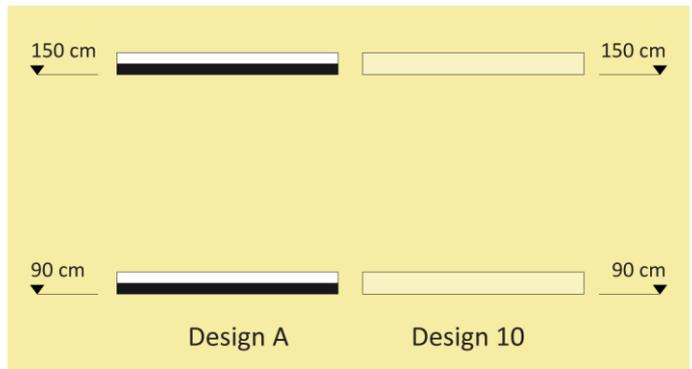


Abbildung 4.19: Design-Vergleich 10-A, ohne Hintergrundbeleuchtung

Design:
Satiniert
 Design 10 (Sat)

Referenzdesign:
Balken Schwarz-Weiß, durchgehend
 Design A (SW_d)

 mit Hintergrundbeleuchtung (MH)



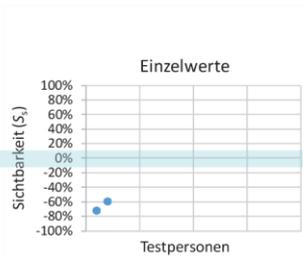
 – Schlechter sehende Testpersonen

 **SICHTBARKEIT (S_s)**

Anzahl Testpersonen: 2
 Mittelwert (S_s): -66%

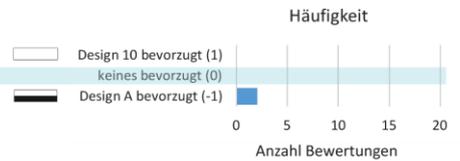
$$S_s(W_i, W_j) = \begin{cases} W_i > W_j: & \frac{W_i - W_j}{W_i} \cdot 100\% & \text{weiss besser als schwarz} \\ W_i = W_j: & 0 & \\ W_i < W_j: & \frac{W_i - W_j}{W_j} \cdot 100\% & \text{schwarz besser als weiss} \end{cases}$$

S_s ... Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen
 W_i ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Design ($i=1...13$)
 W_j ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Referenzdesign ($j=A...D$)



 **PRÄFERENZ (P_s)**

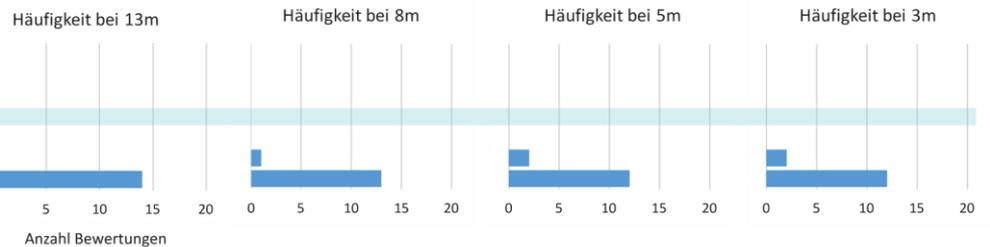
Anzahl Testpersonen: 2
 Mittelwert · 100% (P_s): -100%



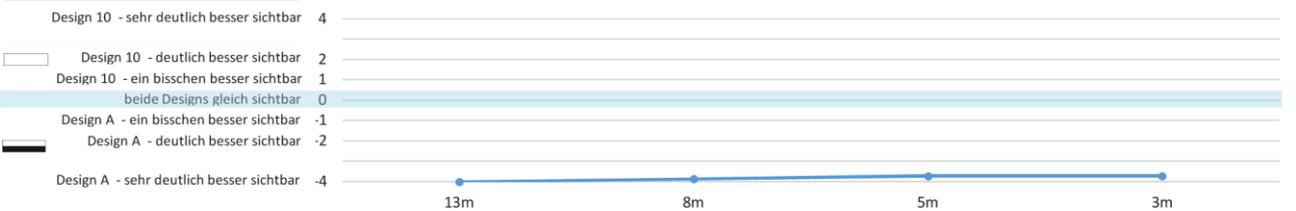
 + Besser sehende Testpersonen

 **SICHTBARKEIT (S_b)**

Anzahl Testpersonen: 14
 Design 10 - sehr deutlich besser sichtbar (4)
 Design 10 - deutlich besser sichtbar (2)
 Design 10 - ein bisschen besser sichtbar (1)
 beide Designs gleich sichtbar (0)
 Design A - ein bisschen besser sichtbar (-1)
 Design A - deutlich besser sichtbar (-2)
 Design A - sehr deutlich besser sichtbar (-4)

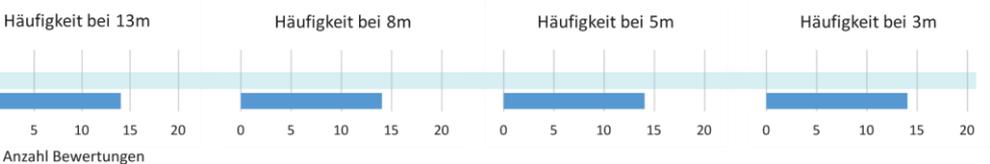


Mittelwert · 4⁻¹ · 100% (S_b): -96%



 **PRÄFERENZ (P_b)**

Anzahl Testpersonen: 14
 Design 10 bevorzugt (1)
 keines bevorzugt (0)
 Design A bevorzugt (-1)



Mittelwert · 100% (P_b): -100%

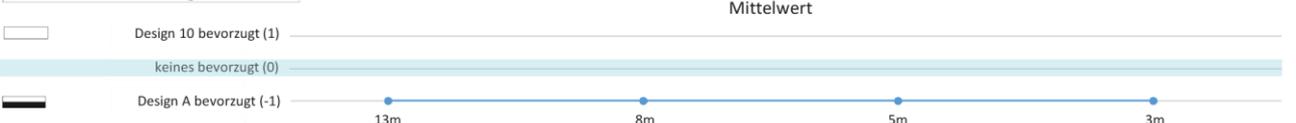
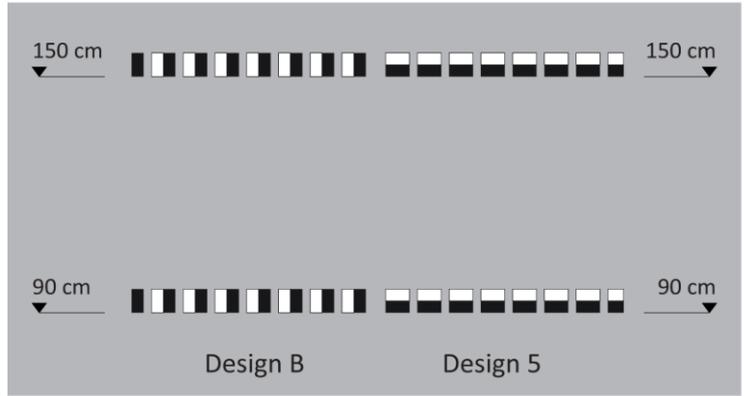


Abbildung 4.20: Design-Vergleich 10-A, mit Hintergrundbeleuchtung

Design:
Balken Schwarz-Weiß, 75% der Fläche markiert, Anordnung horizontal
 Design 5 (SW_75%_hor)

Referenzdesign:
Balken Schwarz-Weiß, 75% der Fläche markiert, Anordnung vertikal
 Design B (SW_75%_vert)

 ohne Hintergrundbeleuchtung (OH)



 – Schlechter sehende Testpersonen

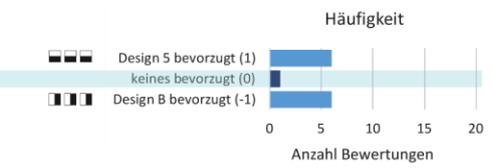
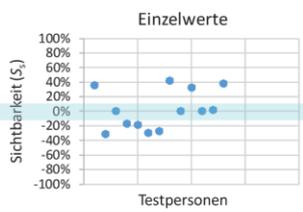
SIHTBARKEIT (S_s)

PRÄFERENZ (P_s)

Anzahl Testpersonen	13
Mittelwert (S_s)	2%

Anzahl Testpersonen	13
Mittelwert · 100% (P_s)	0%

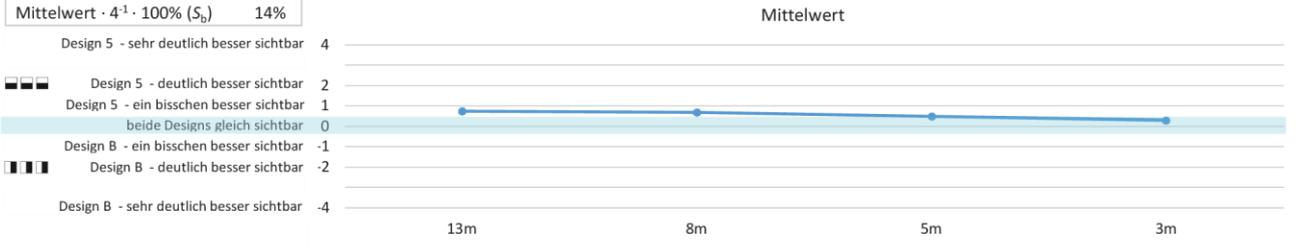
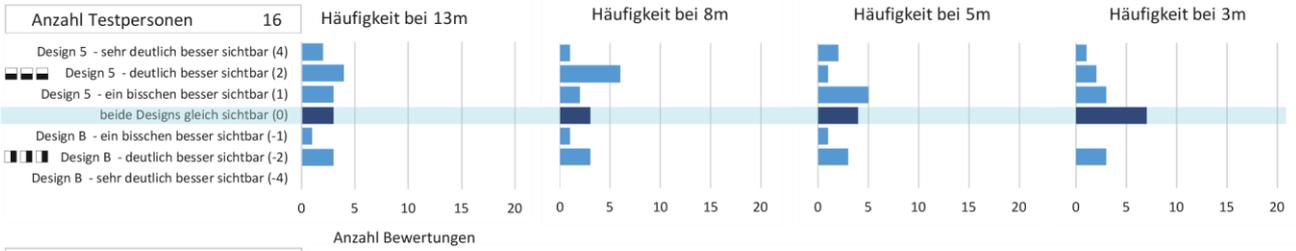
$$S_s(W_i, W_j) = \begin{cases} W_j > W_i: & \frac{W_j - W_i}{W_i} \cdot 100\% \quad \blacksquare\blacksquare\blacksquare \text{ besser als } \square\square\square \\ W_j = W_i: & 0 \\ W_j < W_i: & \frac{W_j - W_i}{W_i} \cdot 100\% \quad \blacksquare\blacksquare\blacksquare \text{ besser als } \square\square\square \end{cases}$$



S_s ... Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen
 W_i ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Design ($i=1..13$)
 W_j ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Referenzdesign ($j=A..D$)

 + Besser sehende Testpersonen

SIHTBARKEIT (S_b)



PRÄFERENZ (P_b)

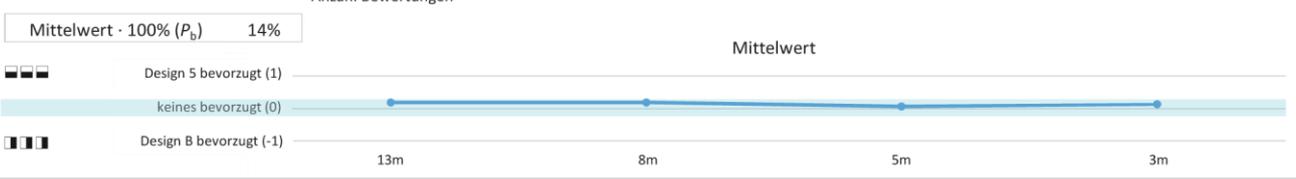
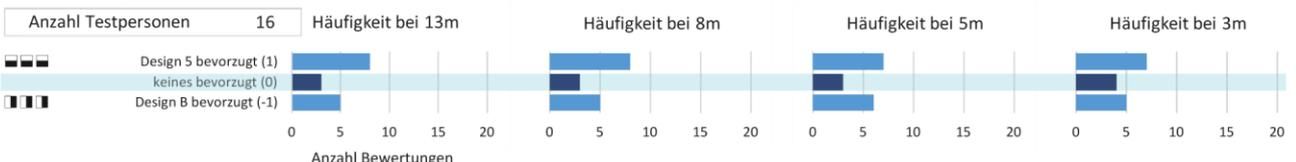


Abbildung 4.21: Design-Vergleich 5-B, ohne Hintergrundbeleuchtung

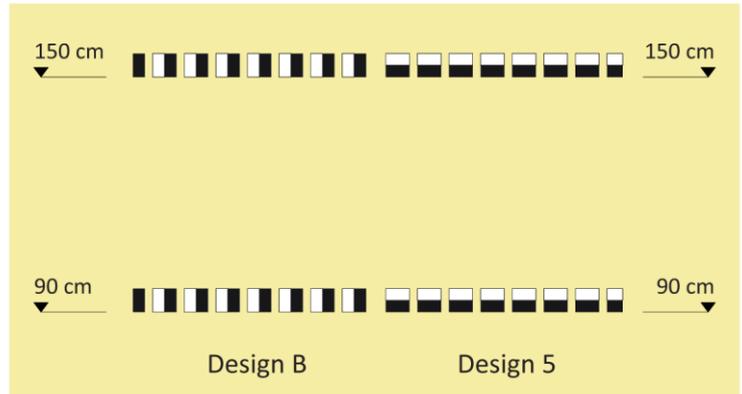
Design:

Balken Schwarz-Weiß, 75% der Fläche markiert, Anordnung horizontal
Design 5 (SW_75%_hor)

Referenzdesign:

Balken Schwarz-Weiß, 75% der Fläche markiert, Anordnung vertikal
Design B (SW_75%_vert)

mit Hintergrundbeleuchtung (MH)



– Schlechter sehende Testpersonen

SICHTBARKEIT (S_s)

Anzahl Testpersonen	7
Mittelwert (S _s)	0%

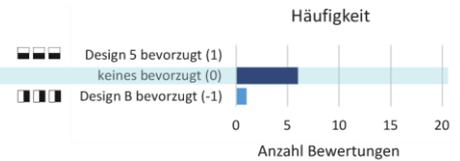
$$S_s(W_i, W_r) = \begin{cases} W_i > W_r: & \frac{W_i - W_r}{W_r} \cdot 100\% \quad \text{besser als } \blacksquare\blacksquare\blacksquare \\ W_i = W_r: & 0 \\ W_i < W_r: & \frac{W_i - W_r}{W_r} \cdot 100\% \quad \text{besser als } \blacksquare\blacksquare\blacksquare \end{cases}$$

S_s ... Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen
W_i ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Design (i=1...13)
W_r ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Referenzdesign (r=A...D)



PRÄFERENZ (P_s)

Anzahl Testpersonen	7
Mittelwert · 100% (P _s)	-14%

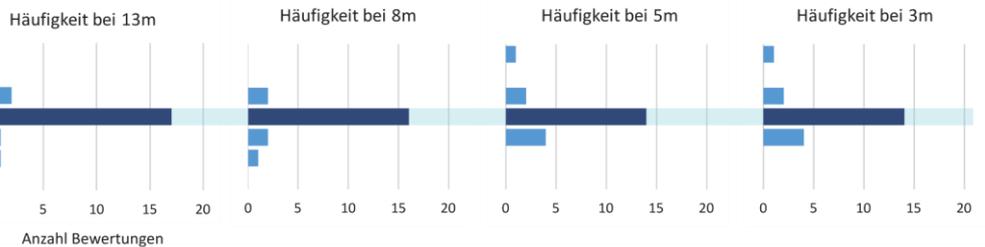


+ Besser sehende Testpersonen

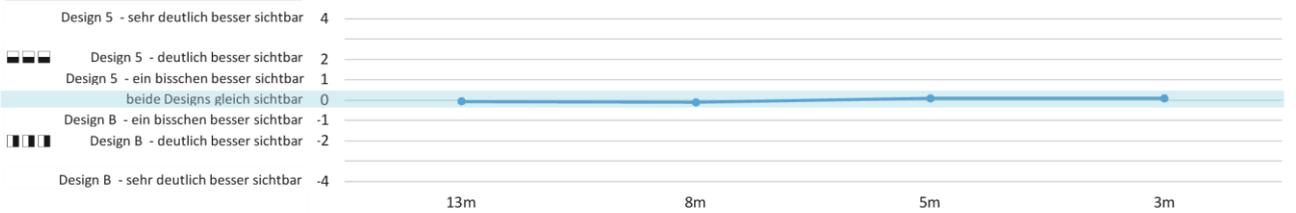
SICHTBARKEIT (S_b)

Anzahl Testpersonen	21
---------------------	----

- Design 5 - sehr deutlich besser sichtbar (4)
- Design 5 - deutlich besser sichtbar (2)
- Design 5 - ein bisschen besser sichtbar (1)
- beide Designs gleich sichtbar (0)
- Design B - ein bisschen besser sichtbar (-1)
- Design B - deutlich besser sichtbar (-2)
- Design B - sehr deutlich besser sichtbar (-4)



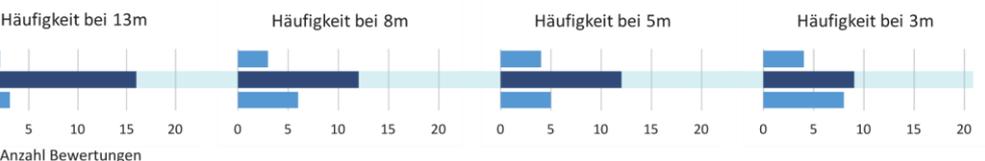
Mittelwert · 4 ⁻¹ · 100% (S _b)	0%
---	----



PRÄFERENZ (P_b)

Anzahl Testpersonen	21
---------------------	----

- Design 5 bevorzugt (1)
- keines bevorzugt (0)
- Design B bevorzugt (-1)



Mittelwert · 100% (P _b)	-11%
-------------------------------------	------

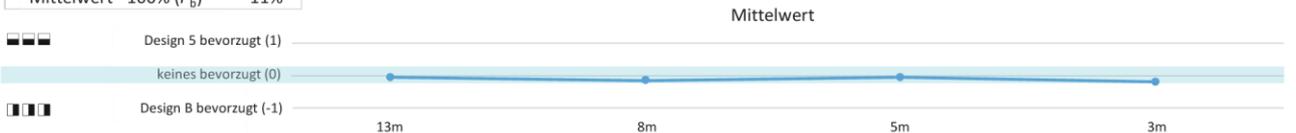
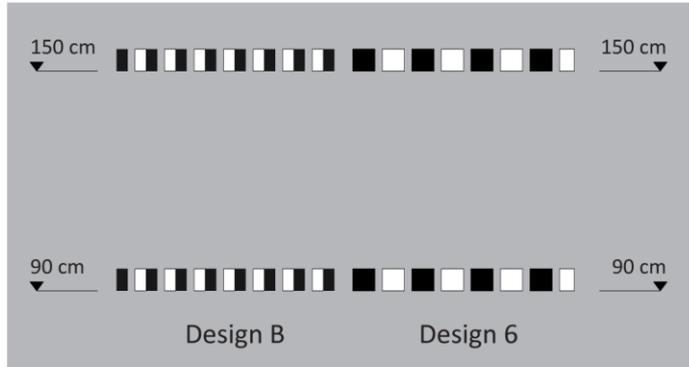


Abbildung 4.22: Design-Vergleich 5-B, mit Hintergrundbeleuchtung

Design:
Balken Schwarz-Weiß, 75% der Fläche markiert, Anordnung groß
 Design 6 (SW_75%_gr)

Referenzdesign:
Balken Schwarz-Weiß, 75% der Fläche markiert, Anordnung vertikal
 Design B (SW_75%_vert)



ohne Hintergrundbeleuchtung (OH)

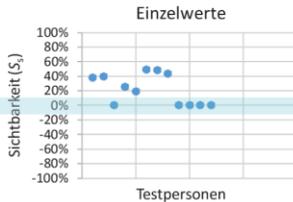
– Schlechter sehende Testpersonen

SIHTBARKEIT (S_s)

Anzahl Testpersonen	12
Mittelwert (S _s)	22%

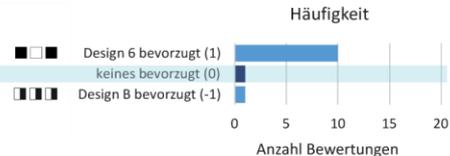
$$S_s(W_i, W_j) = \begin{cases} W_j > W_i: & \frac{W_j - W_i}{W_i} \cdot 100\% \quad \blacksquare \blacksquare \text{ besser als } \square \square \square \\ W_j = W_i: & 0 \\ W_j < W_i: & \frac{W_i - W_j}{W_i} \cdot 100\% \quad \square \square \square \text{ besser als } \blacksquare \blacksquare \end{cases}$$

S_s ... Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen
 W_i ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Design (i=1...13)
 W_j ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Referenzdesign (j=A...D)



PRÄFERENZ (P_s)

Anzahl Testpersonen	12
Mittelwert · 100% (P _s)	75%

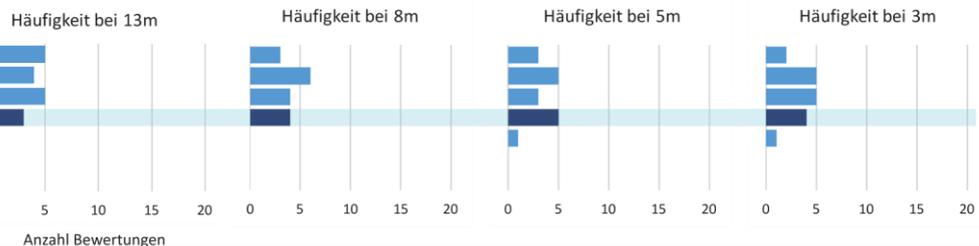


+ Besser sehende Testpersonen

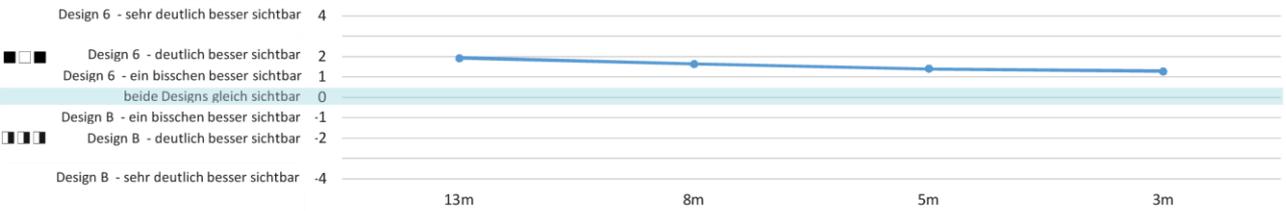
SIHTBARKEIT (S_b)

Anzahl Testpersonen	17
---------------------	----

- Design 6 - sehr deutlich besser sichtbar (4)
- Design 6 - deutlich besser sichtbar (2)
- Design 6 - ein bisschen besser sichtbar (1)
- beide Designs gleich sichtbar (0)
- Design B - ein bisschen besser sichtbar (-1)
- Design B - deutlich besser sichtbar (-2)
- Design B - sehr deutlich besser sichtbar (-4)



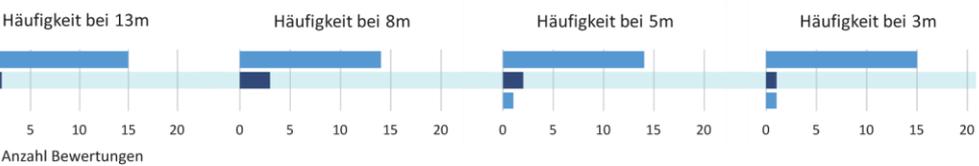
Mittelwert · 4 ⁻¹ · 100% (S _b)	39%
---	-----



PRÄFERENZ (P_b)

Anzahl Testpersonen	17
---------------------	----

- Design 6 bevorzugt (1)
- keines bevorzugt (0)
- Design B bevorzugt (-1)



Mittelwert · 100% (P _b)	82%
-------------------------------------	-----

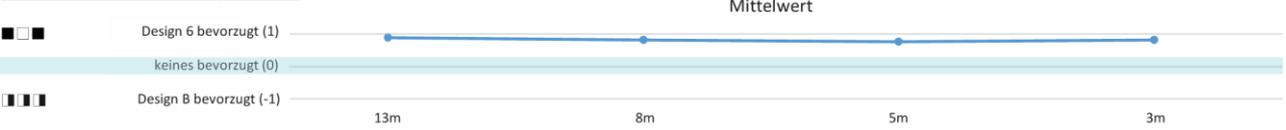
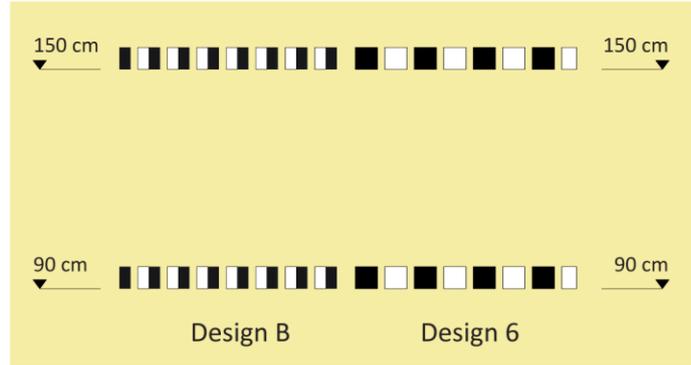


Abbildung 4.23: Design-Vergleich 6-B, ohne Hintergrundbeleuchtung

Design:
Balken Schwarz-Weiß, 75% der Fläche markiert, Anordnung groß
 Design 6 (SW_75%_gr)



Referenzdesign:
Balken Schwarz-Weiß, 75% der Fläche markiert, Anordnung vertikal
 Design B (SW_75%_vert)

mit Hintergrundbeleuchtung (MH)

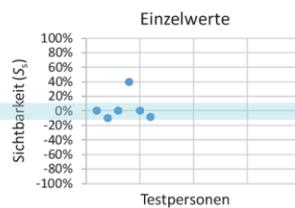
– Schlechter sehende Testpersonen

SICHTBARKEIT (S_s)

Anzahl Testpersonen	6
Mittelwert (S_s)	4%

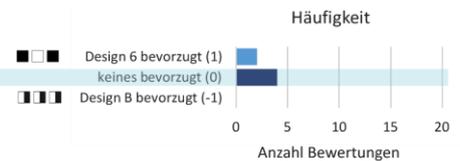
$$S_s(W_i, W_r) = \begin{cases} W_i > W_r: & \frac{W_i - W_r}{W_r} \cdot 100\% \quad \blacksquare \blacksquare \text{ besser als } \blacksquare \blacksquare \blacksquare \\ W_i = W_r: & 0 \\ W_i < W_r: & \frac{W_i - W_r}{W_r} \cdot 100\% \quad \blacksquare \blacksquare \blacksquare \text{ besser als } \blacksquare \blacksquare \end{cases}$$

S_s ... Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen
 W_i ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Design ($i=1..13$)
 W_r ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Referenzdesign ($r=A..D$)



PRÄFERENZ (P_s)

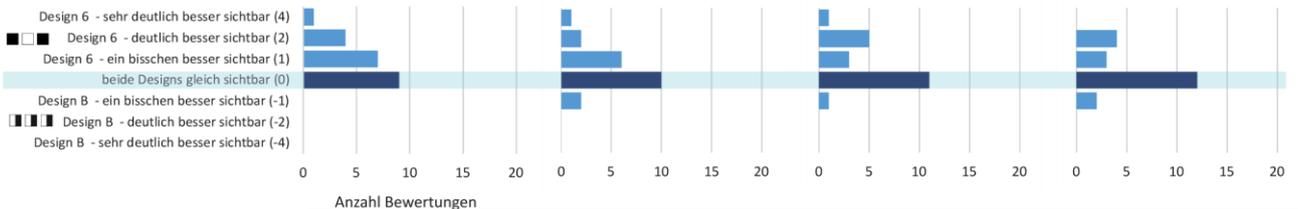
Anzahl Testpersonen	6
Mittelwert · 100% (P_s)	33%



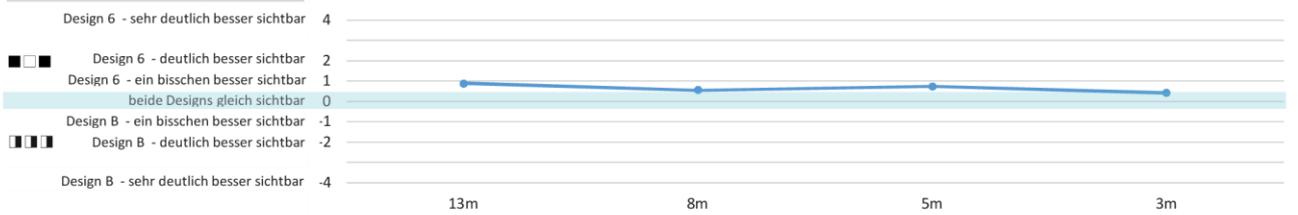
+ Besser sehende Testpersonen

SICHTBARKEIT (S_b)

Anzahl Testpersonen	21
---------------------	----

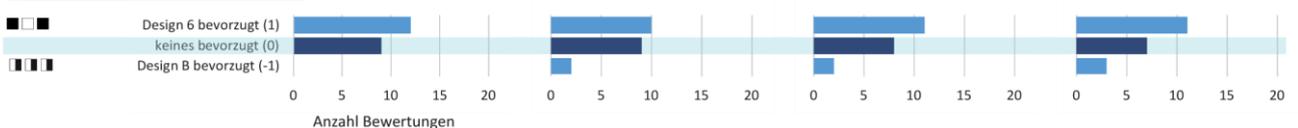


Mittelwert · 4 ⁻¹ · 100% (S_b)	17%
---	-----



PRÄFERENZ (P_b)

Anzahl Testpersonen	21
---------------------	----



Mittelwert · 100% (P_b)	44%
-----------------------------	-----

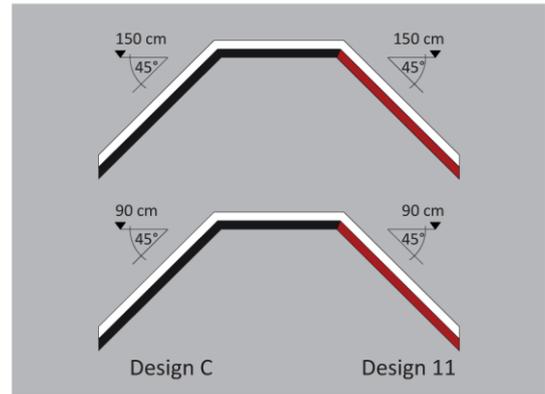


Abbildung 4.24: Design-Vergleich 6-B, mit Hintergrundbeleuchtung

Design:
45° geneigt, Balken Rot-Weiß,
durchgehend
 Design 11 (45°_RW_d)

Referenzdesign:
45° geneigt, Balken Schwarz-Weiß,
durchgehend
 Design C (45°_SW_d)

 ohne Hintergrundbeleuchtung (OH)



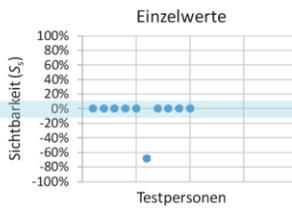
 – Schlechter sehende Testpersonen

SIHTBARKEIT (S_s)

Anzahl Testpersonen	10
Mittelwert (S_s)	-7%

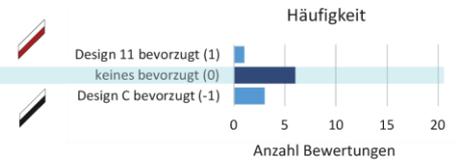
$$S_s(w_i, w_j) = \begin{cases} w_j > w_i: & \frac{w_j - w_i}{w_i} \cdot 100\% & \text{besser als} \\ w_i = w_j: & 0 & \\ w_i < w_j: & \frac{w_i - w_j}{w_j} \cdot 100\% & \text{besser als} \end{cases}$$

S_s ... Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen
 w_i ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Design (i=1...13)
 w_j ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Referenzdesign (r=A...D)



PRÄFERENZ (P_s)

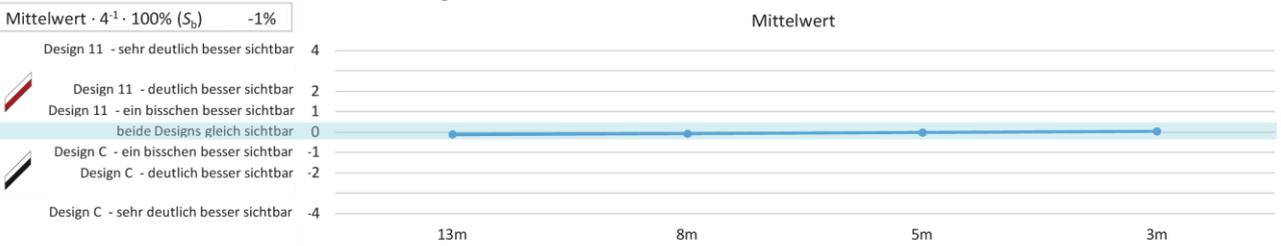
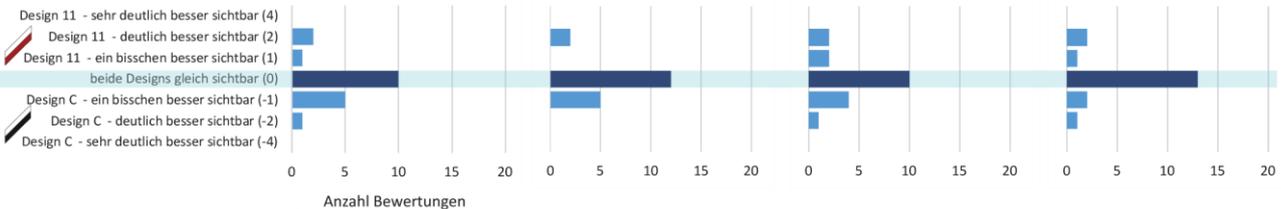
Anzahl Testpersonen	10
Mittelwert · 100% (P_s)	-20%



 + Besser sehende Testpersonen

SIHTBARKEIT (S_b)

Anzahl Testpersonen	19
Mittelwert · 4 ⁻¹ · 100% (S_b)	-1%



PRÄFERENZ (P_b)

Anzahl Testpersonen	19
Mittelwert · 100% (P_b)	-3%

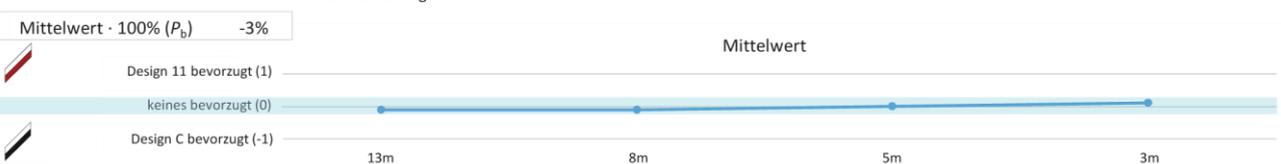
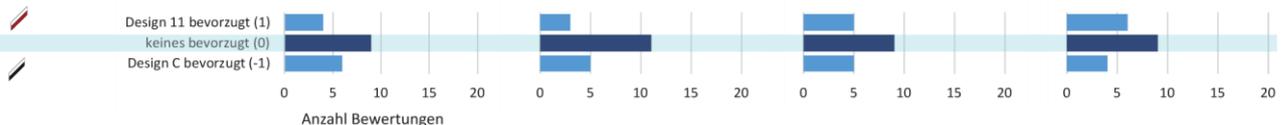
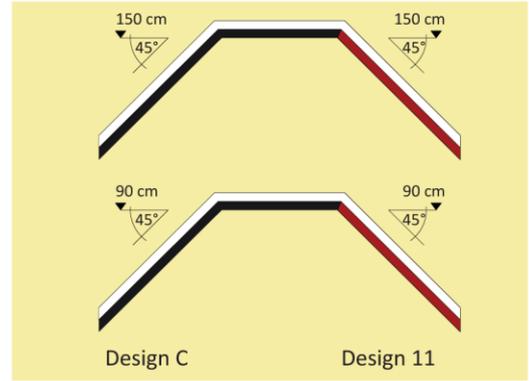


Abbildung 4.25: Design-Vergleich 11-C, ohne Hintergrundbeleuchtung

Design:
45° geneigt, Balken Rot-Weiß,
durchgehend
 Design 11 (45°_RW_d)

Referenzdesign:
45° geneigt, Balken Schwarz-Weiß,
durchgehend
 Design C (45°_SW_d)

 mit Hintergrundbeleuchtung (MH)



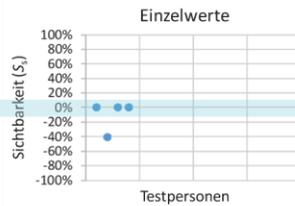
 – Schlechter sehende Testpersonen

SICHTBARKEIT (S_s)

Anzahl Testpersonen: 4
 Mittelwert (S_s): -10%

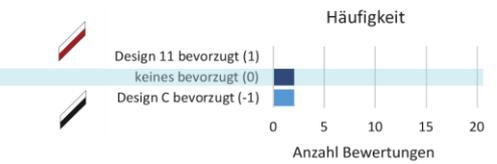
$$S_s(W_i, W_r) = \begin{cases} W_i > W_r: & \frac{W_i - W_r}{W_r} \cdot 100\% \\ W_i = W_r: & 0 \\ W_i < W_r: & \frac{W_r - W_i}{W_r} \cdot 100\% \end{cases}$$

S_s ... Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen
 W_i ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Design (i=1...13)
 W_r ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Referenzdesign (r=A...D)



PRÄFERENZ (P_s)

Anzahl Testpersonen: 4
 Mittelwert · 100% (P_s): -50%

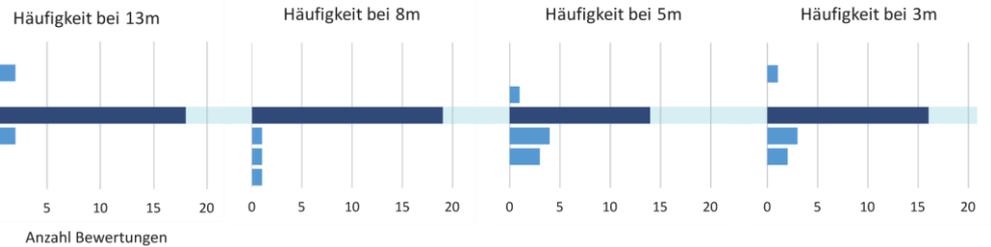


 + Besser sehende Testpersonen

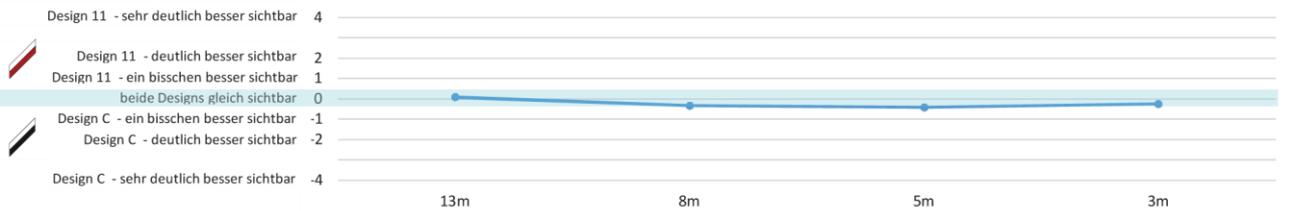
SICHTBARKEIT (S_b)

Anzahl Testpersonen: 22

Design 11 - sehr deutlich besser sichtbar (4)
 Design 11 - deutlich besser sichtbar (2)
 Design 11 - ein bisschen besser sichtbar (1)
 beide Designs gleich sichtbar (0)
 Design C - ein bisschen besser sichtbar (-1)
 Design C - deutlich besser sichtbar (-2)
 Design C - sehr deutlich besser sichtbar (-4)



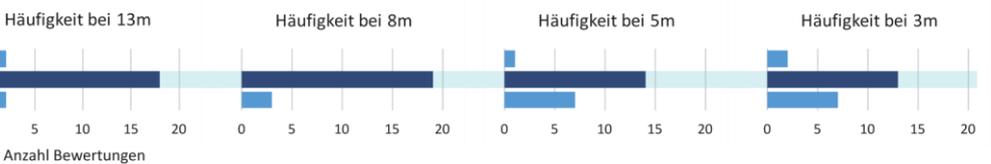
Mittelwert · 4⁻¹ · 100% (S_b): -5%



PRÄFERENZ (P_b)

Anzahl Testpersonen: 22

Design 11 bevorzugt (1)
 keines bevorzugt (0)
 Design C bevorzugt (-1)



Mittelwert · 100% (P_b): -16%

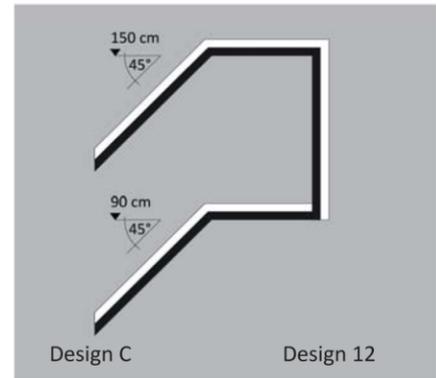


Abbildung 4.26: Design-Vergleich 11-C, mit Hintergrundbeleuchtung

Design:
90° geneigt, Balken Schwarz-Weiß, durchgehend
 Design 12 (90°_SW_d)

Referenzdesign:
45° geneigt, Balken Schwarz-Weiß, durchgehend
 Design C (45°_SW_d)

 ohne Hintergrundbeleuchtung (OH)



 – Schlechter sehende Testpersonen

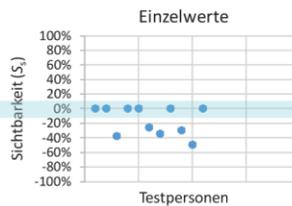
SIHTBARKEIT (S_s)

Anzahl Testpersonen	11
Mittelwert (S_s)	-16%

$$S_s(w_i, w_j) = \begin{cases} w_i > w_j: & \frac{w_i - w_j}{w_i} \cdot 100\% \\ w_i = w_j: & 0 \\ w_i < w_j: & \frac{w_j - w_i}{w_j} \cdot 100\% \end{cases}$$

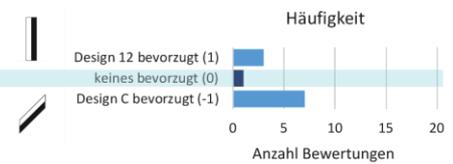
besser als  

S_s ... Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen
 w_i ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Design ($i=1...13$)
 w_j ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Referenzdesign ($r=A...D$)



PRÄFERENZ (P_s)

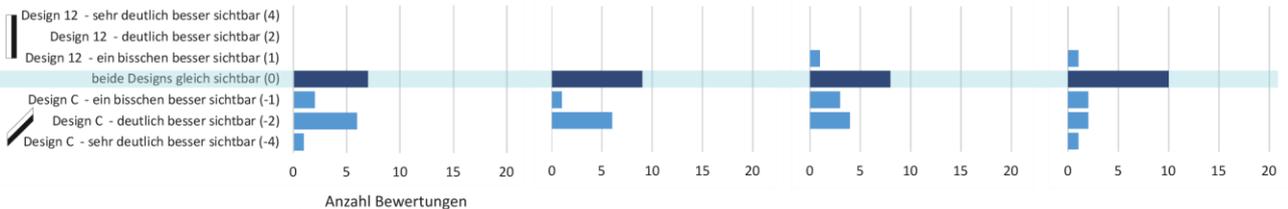
Anzahl Testpersonen	11
Mittelwert · 100% (P_s)	-36%



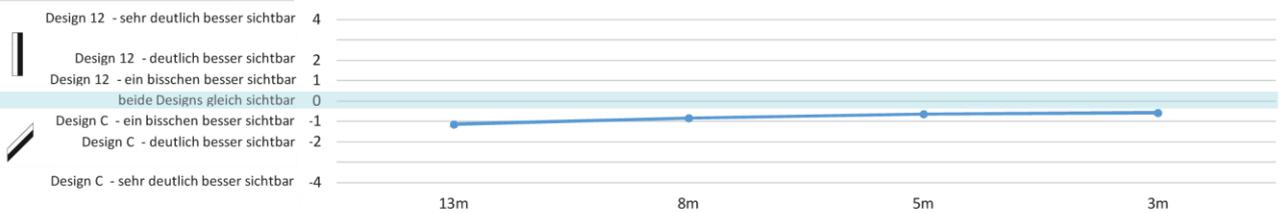
 + Besser sehende Testpersonen

SIHTBARKEIT (S_b)

Anzahl Testpersonen	16
---------------------	----

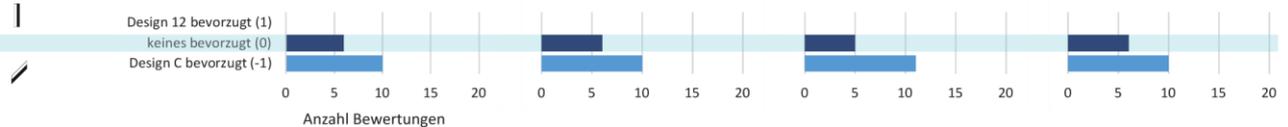


Mittelwert · 4 ⁻¹ · 100% (S_b)	-20%
---	------



PRÄFERENZ (P_b)

Anzahl Testpersonen	16
---------------------	----



Mittelwert · 100% (P_b)	-64%
-----------------------------	------

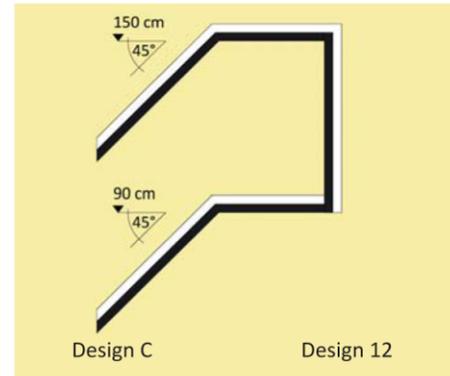


Abbildung 4.27: Design-Vergleich 12-C, ohne Hintergrundbeleuchtung

Design:
90° geneigt, Balken Schwarz-Weiß, durchgehend
 Design 12 (90°_SW_d)

Referenzdesign:
45° geneigt, Balken Schwarz-Weiß, durchgehend
 Design C (45°_SW_d)

 mit Hintergrundbeleuchtung (MH)



 – Schlechter sehende Testpersonen

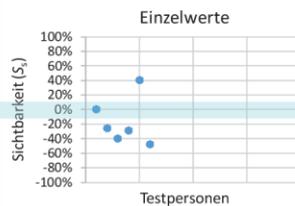
SICHTBARKEIT (S_s)

Anzahl Testpersonen	6
Mittelwert (S_s)	-17%

$$S_s(w_i, w_j) = \begin{cases} w_i > w_j: & \frac{w_i - w_j}{w_i} \cdot 100\% \\ w_i = w_j: & 0 \\ w_i < w_j: & \frac{w_j - w_i}{w_j} \cdot 100\% \end{cases}$$

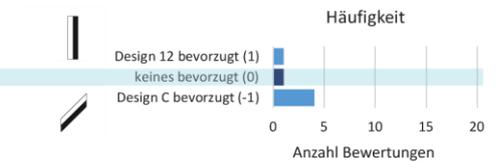
besser als

S_s ... Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen
 w_i ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Design (i=1...13)
 w_j ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Referenzdesign (j=A...D)



PRÄFERENZ (P_s)

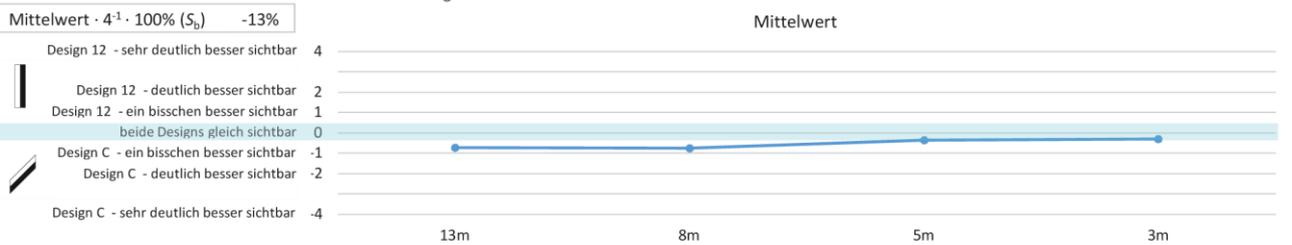
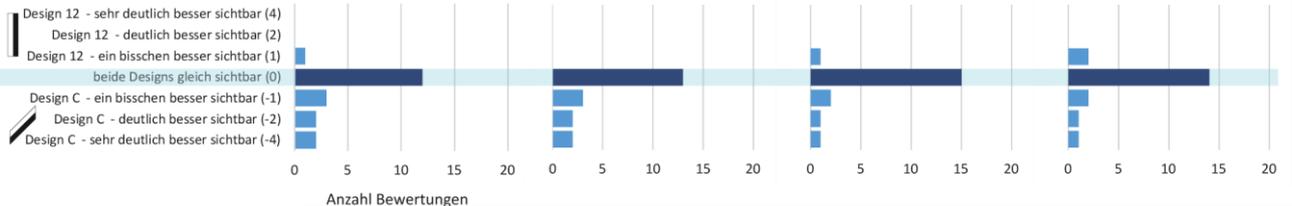
Anzahl Testpersonen	6
Mittelwert · 100% (P_s)	-50%



 + Besser sehende Testpersonen

SICHTBARKEIT (S_b)

Anzahl Testpersonen	20
Mittelwert · 4 ⁻¹ · 100% (S_b)	-13%



PRÄFERENZ (P_b)

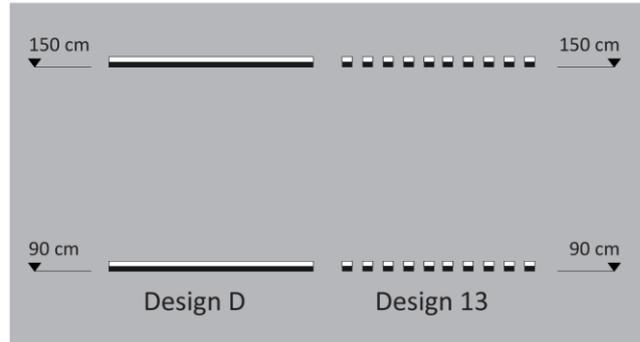
Anzahl Testpersonen	20
Mittelwert · 100% (P_b)	-44%



Abbildung 4.28: Design-Vergleich 12-C, mit Hintergrundbeleuchtung

Design:
klein, Balken Schwarz-Weiß, 50% der Fläche markiert
 Design 13 (kl_SW_50%)

Referenzdesign:
klein, Balken Schwarz-Weiß, durchgehend
 Design D (kl_SW_d)



ohne Hintergrundbeleuchtung (OH)

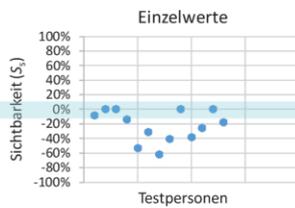
– Schlechter sehende Testpersonen

SICTBARKEIT (S_s)

Anzahl Testpersonen: 13
 Mittelwert (S_s): -22%

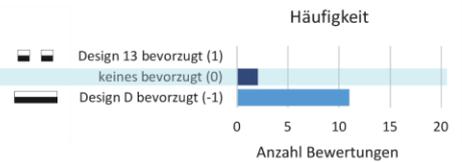
$$S_s(w_i, w_j) = \begin{cases} w_i > w_j: & \frac{w_i - w_j}{w_i} \cdot 100\% \\ w_i = w_j: & 0 \\ w_i < w_j: & \frac{w_j - w_i}{w_j} \cdot 100\% \end{cases}$$

S_s ... Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen
 w_i ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Design ($i=1...13$)
 w_j ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Referenzdesign ($j=A...D$)



PRÄFERENZ (P_s)

Anzahl Testpersonen: 13
 Mittelwert · 100% (P_s): -85%

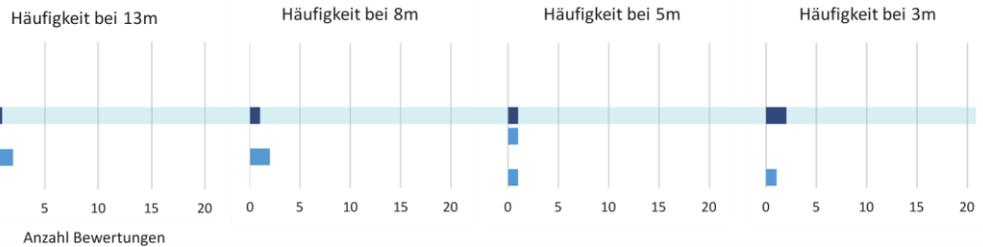


+ Besser sehende Testpersonen

SICTBARKEIT (S_b)

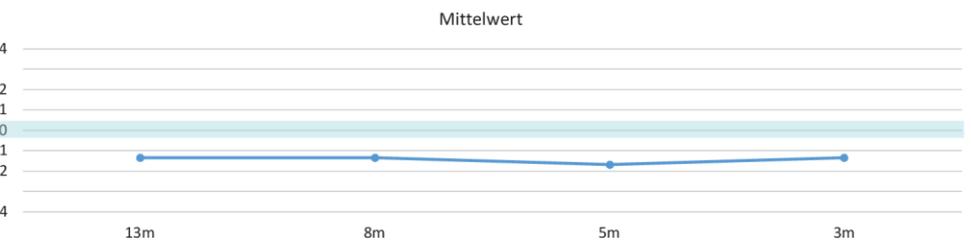
Anzahl Testpersonen: 3

- Design 13 - sehr deutlich besser sichtbar (4)
- Design 13 - deutlich besser sichtbar (2)
- Design 13 - ein bisschen besser sichtbar (1)
- beide Designs gleich sichtbar (0)
- Design D - ein bisschen besser sichtbar (-1)
- Design D - deutlich besser sichtbar (-2)
- Design D - sehr deutlich besser sichtbar (-4)



Mittelwert · 4⁻¹ · 100% (S_b): -35%

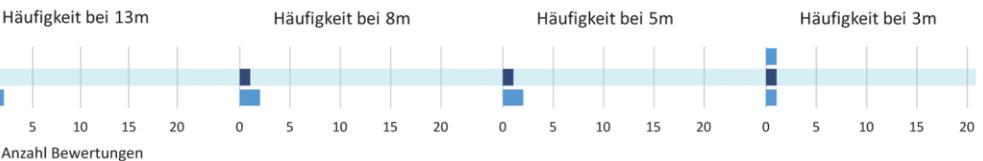
- Design 13 - sehr deutlich besser sichtbar 4
- Design 13 - deutlich besser sichtbar 2
- Design 13 - ein bisschen besser sichtbar 1
- beide Designs gleich sichtbar 0
- Design D - ein bisschen besser sichtbar -1
- Design D - deutlich besser sichtbar -2
- Design D - sehr deutlich besser sichtbar -4



PRÄFERENZ (P_b)

Anzahl Testpersonen: 3

- Design 13 bevorzugt (1)
- keines bevorzugt (0)
- Design D bevorzugt (-1)



Mittelwert · 100% (P_b): -50%

- Design 13 bevorzugt (1)
- keines bevorzugt (0)
- Design D bevorzugt (-1)



Abbildung 4.29: Design-Vergleich 13-D, ohne Hintergrundbeleuchtung

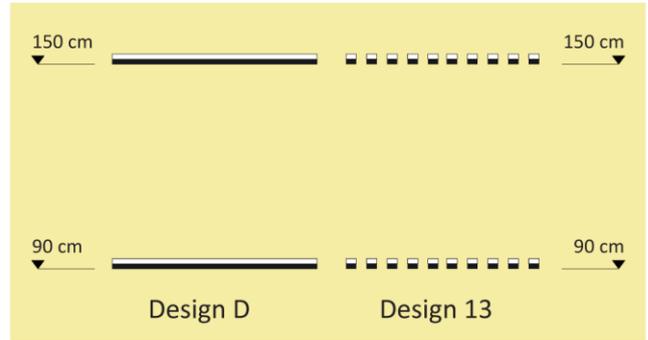
Design:
klein, Balken Schwarz-Weiß, 50% der Fläche markiert

Design 13 (kl_SW_50%)

Referenzdesign:

klein, Balken Schwarz-Weiß, durchgehend

Design D (kl_SW_d)



mit Hintergrundbeleuchtung (MH)

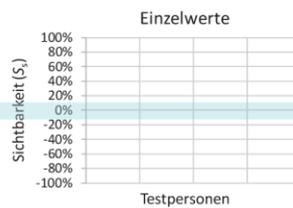
– Schlechter sehende Testpersonen

SICHTBARKEIT (S_s)

Anzahl Testpersonen: 0
 Mittelwert (S_s): 0%

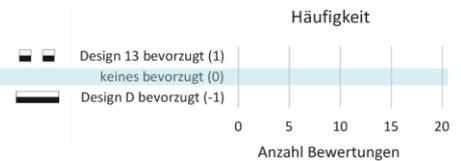
$$S_s(W_i, W_r) = \begin{cases} W_i > W_r: & \frac{W_i - W_r}{W_i} \cdot 100\% \quad \text{besser als} \\ W_i = W_r: & 0 \\ W_i < W_r: & \frac{W_r - W_i}{W_r} \cdot 100\% \quad \text{besser als} \end{cases}$$

S_s ... Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen
 W_i ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Design ($i=1...13$)
 W_r ... Wahrnehmbarkeitsschwelle (m) für das Referenzdesign ($r=A...D$)



PRÄFERENZ (P_s)

Anzahl Testpersonen: 0
 Mittelwert · 100% (P_s): 0%

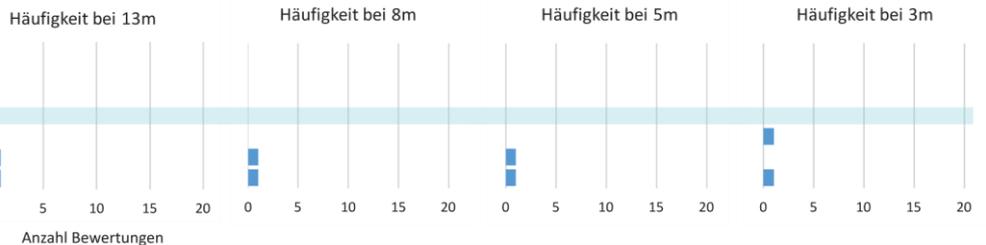


+ Besser sehende Testpersonen

SICHTBARKEIT (S_b)

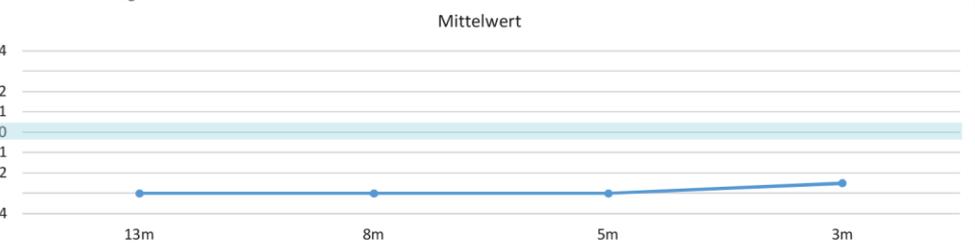
Anzahl Testpersonen: 2

- Design 13 - sehr deutlich besser sichtbar (4)
- Design 13 - deutlich besser sichtbar (2)
- Design 13 - ein bisschen besser sichtbar (1)
- beide Designs gleich sichtbar (0)
- Design D - ein bisschen besser sichtbar (-1)
- Design D - deutlich besser sichtbar (-2)
- Design D - sehr deutlich besser sichtbar (-4)



Mittelwert · 4⁻¹ · 100% (S_b): -72%

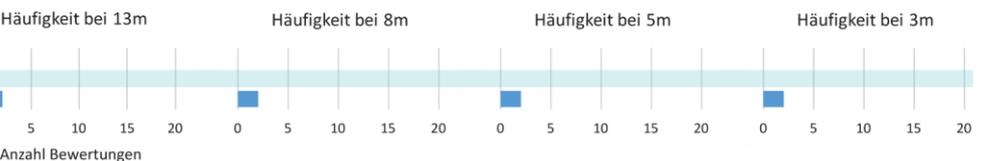
- Design 13 - sehr deutlich besser sichtbar: 4
- Design 13 - deutlich besser sichtbar: 2
- Design 13 - ein bisschen besser sichtbar: 1
- beide Designs gleich sichtbar: 0
- Design D - ein bisschen besser sichtbar: -1
- Design D - deutlich besser sichtbar: -2
- Design D - sehr deutlich besser sichtbar: -4



PRÄFERENZ (P_b)

Anzahl Testpersonen: 2

- Design 13 bevorzugt (1)
- keines bevorzugt (0)
- Design D bevorzugt (-1)



Mittelwert · 100% (P_b): -100%

- Design 13 bevorzugt (1)
- keines bevorzugt (0)
- Design D bevorzugt (-1)



Abbildung 4.30: Design-Vergleich 13-D, mit Hintergrundbeleuchtung

4.2 Ranking der Bewertungsparameter

Vergleich und Ranking der Designs kann nur innerhalb desselben Referenzdesigns erfolgen. Nachstehend folgt das Ranking der Designs, relativ zum Referenzdesign A. Die Unterfragestellungen mit anderen Referenzdesigns (B - D) werden im Abschnitt 5.2 behandelt.

S_s – Sichtbarkeit für schlechter sehende Personen

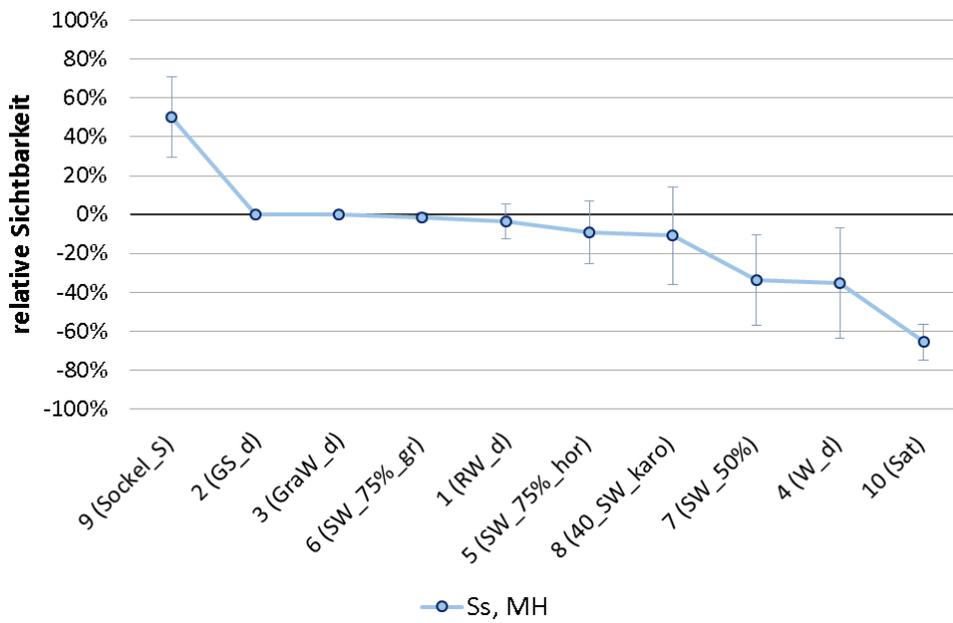


Abbildung 4.31: Mittelwert (mit Intervall von zwei Standardabweichungen) der Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen (S_s) für die Designs 1-10, relativ zum Referenzdesign A (SW_d), mit Hintergrundbeleuchtung (MH)

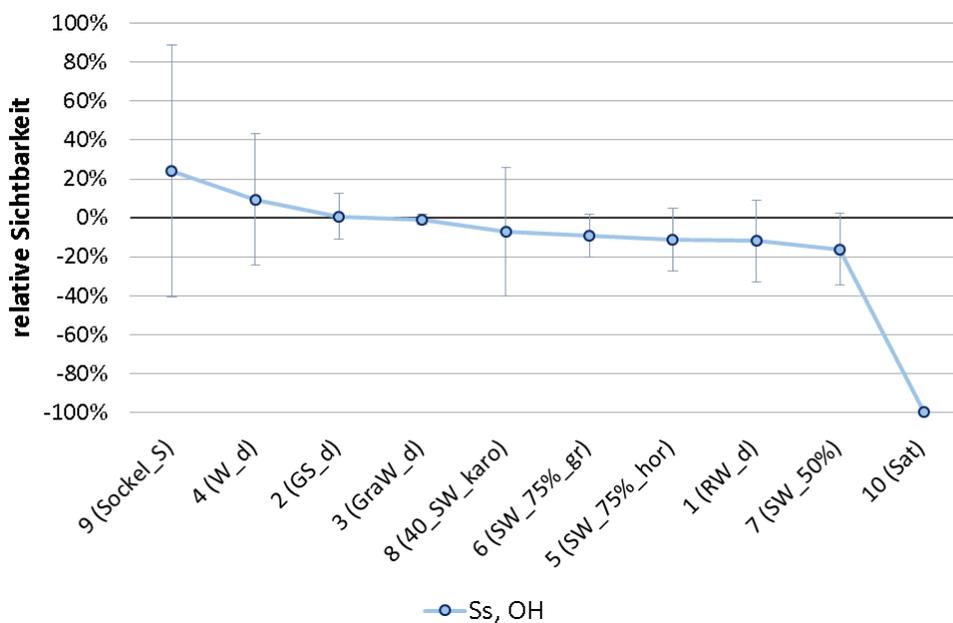


Abbildung 4.32: Mittelwert (mit Intervall von zwei Standardabweichungen) der Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen (S_s) für die Designs 1-10, relativ zum Referenzdesign A (SW_d), ohne Hintergrundbeleuchtung (OH)

S_b – Sichtbarkeit für besser sehende Personen

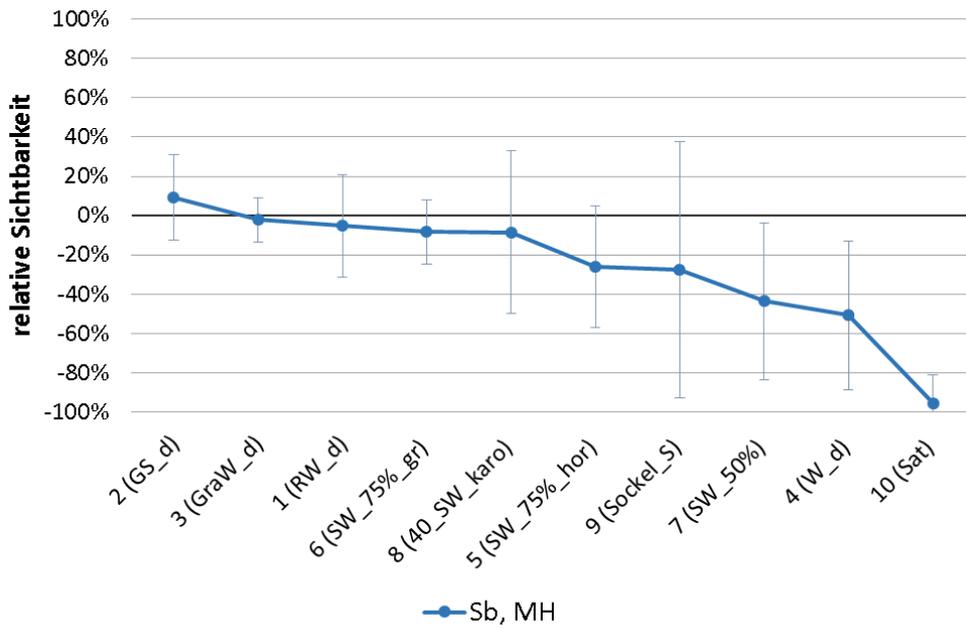


Abbildung 4.33: Mittelwert (mit Intervall von zwei Standardabweichungen) der Sichtbarkeit für besser sehende Testpersonen (S_b) für die Designs 1-10, relativ zum Referenzdesign A (SW_d), mit Hintergrundbeleuchtung (MH)

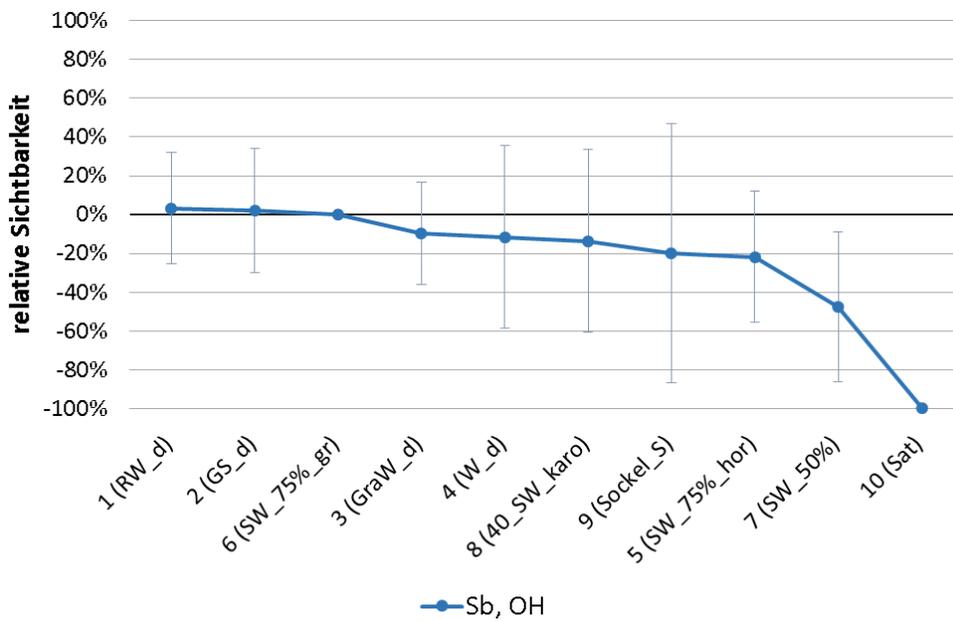


Abbildung 4.34: Mittelwert (mit Intervall von zwei Standardabweichungen) der Sichtbarkeit für besser sehende Testpersonen (S_b) für die Designs 1-10, relativ zum Referenzdesign A (SW_d), ohne Hintergrundbeleuchtung (OH)

P_s – Präferenz schlechter sehender Personen

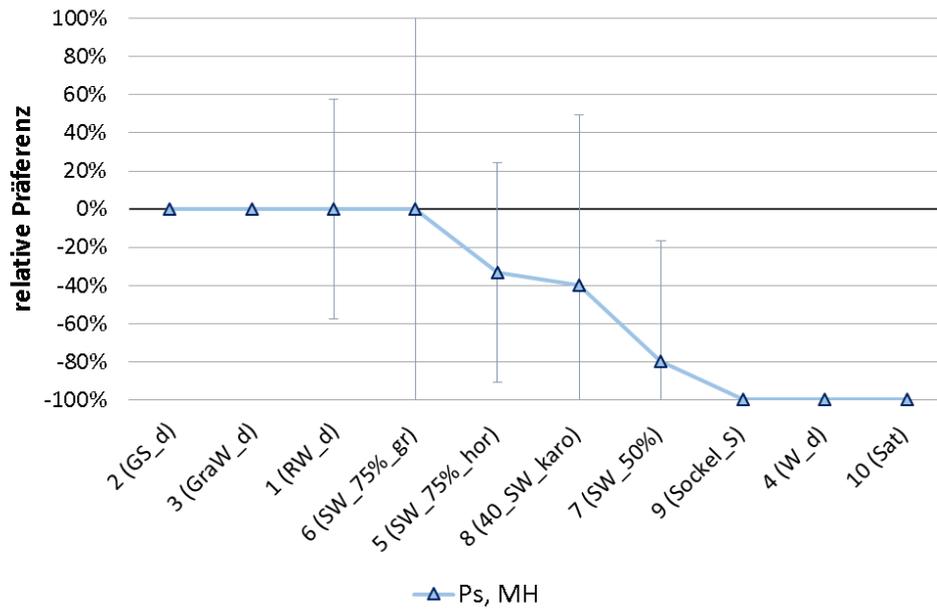


Abbildung 4.35: Mittelwert (mit Intervall von zwei Standardabweichungen) der Präferenz schlechter sehender Testpersonen (P_s) für die Designs 1-10, relativ zum Referenzdesign A (SW_d), mit Hintergrundbeleuchtung (MH)

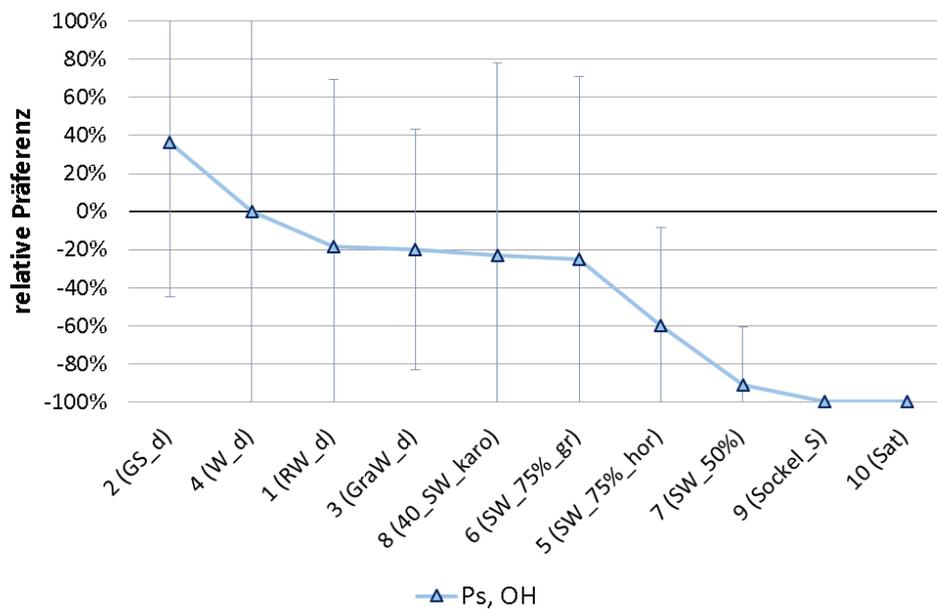


Abbildung 4.36: Mittelwert (mit Intervall von zwei Standardabweichungen) der Präferenz schlechter sehender Testpersonen (P_s) für die Designs 1-10, relativ zum Referenzdesign A (SW_d), ohne Hintergrundbeleuchtung (OH)

P_b – Präferenz besser sehender Personen

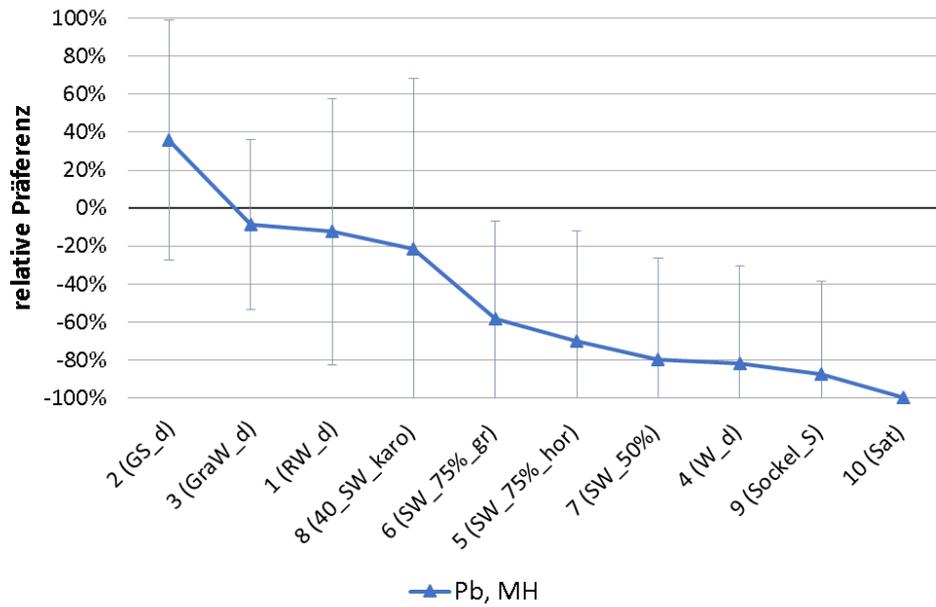


Abbildung 4.37: Mittelwert (mit Intervall von zwei Standardabweichungen) der Präferenz besser sehender Testpersonen (P_b) für die Designs 1-10, relativ zum Referenzdesign A (SW_d), mit Hintergrundbeleuchtung (MH)

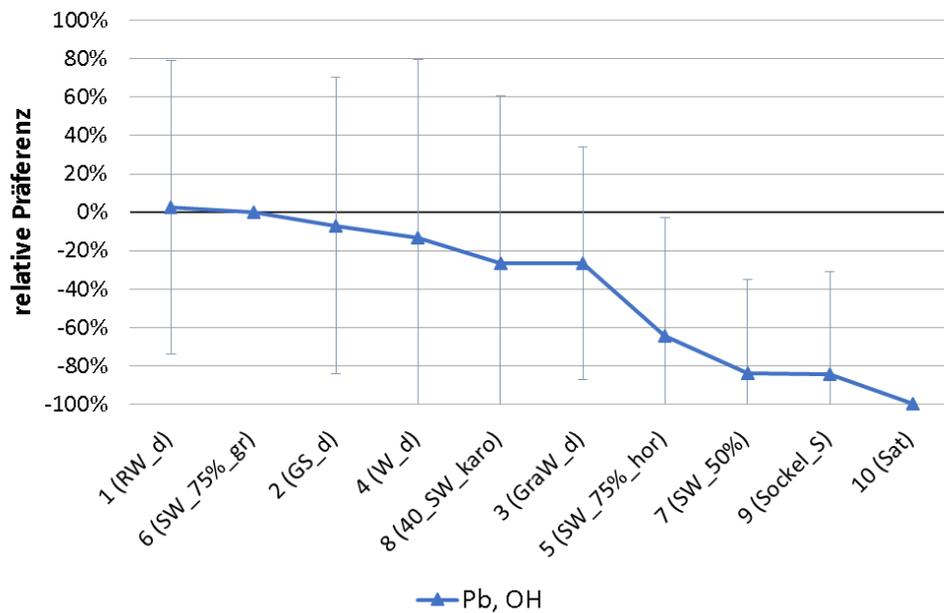


Abbildung 4.38: Mittelwert (mit Intervall von zwei Standardabweichungen) der Präferenz besser sehender Testpersonen (P_b) für die Designs 1-10, relativ zum Referenzdesign A (SW_d), ohne Hintergrundbeleuchtung (OH)

Übersicht über alle 4 Bewertungsparameter

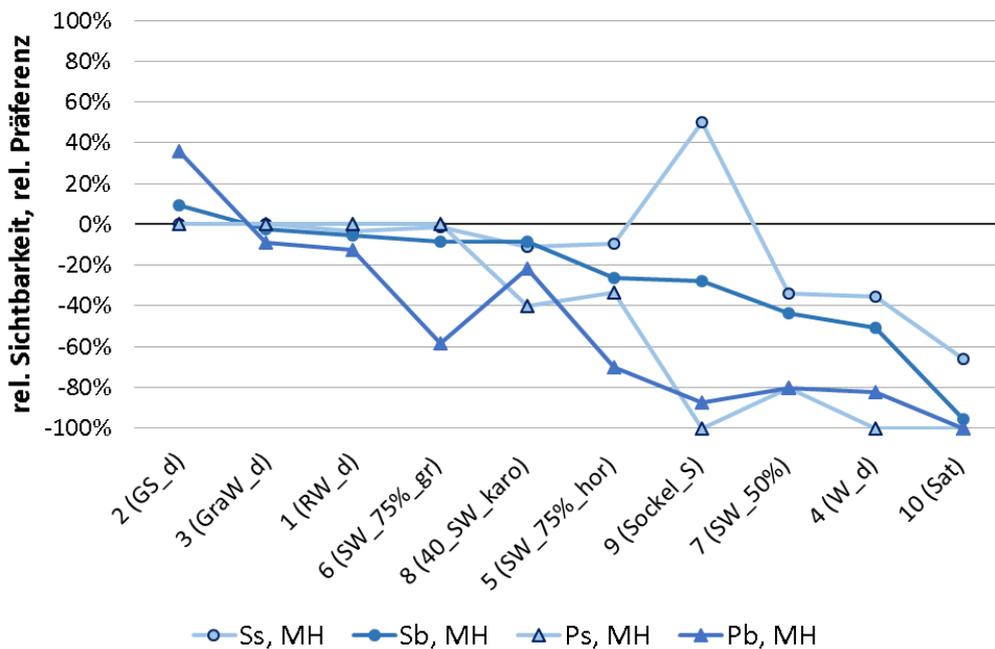


Abbildung 4.39: Mittelwerte aller 4 Bewertungsparameter (Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen S_s , Sichtbarkeit für besser sehende Testpersonen S_b , Präferenz schlechter und besser sehender Testpersonen P_s und P_b , für die Designs 1-10, relativ zum Referenzdesign A (SW_d), mit Hintergrundbeleuchtung (MH))

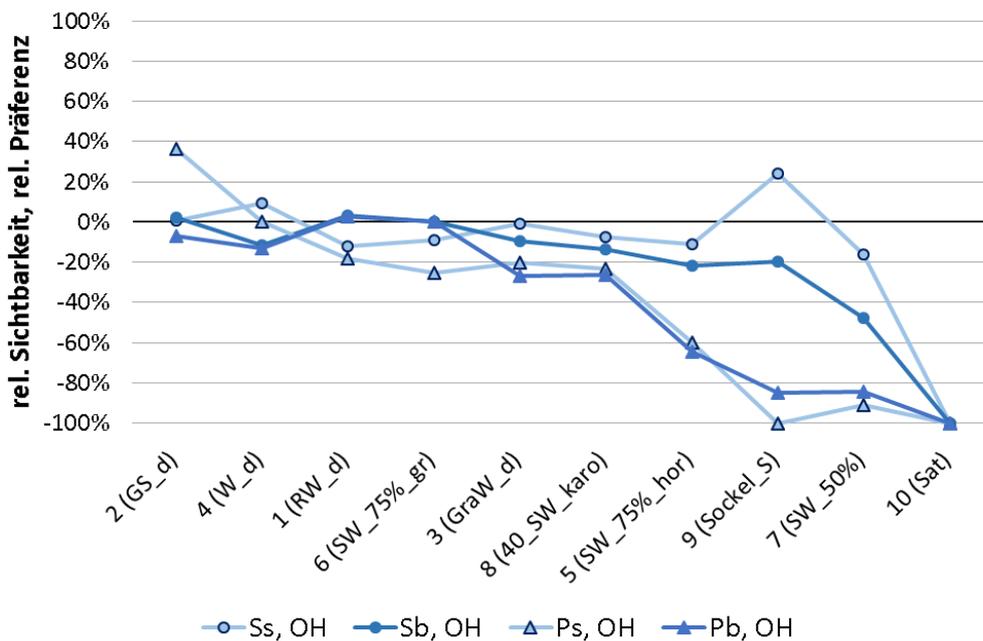


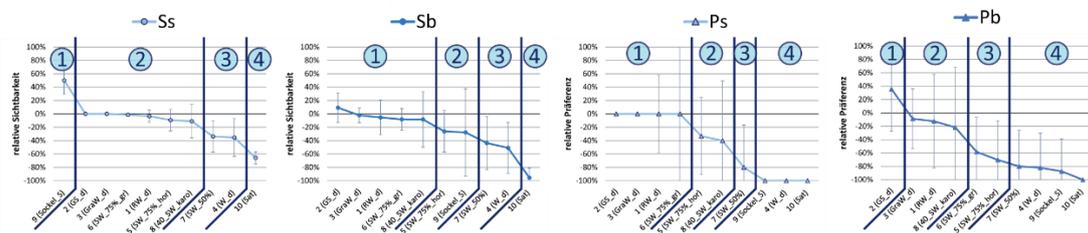
Abbildung 4.40: Mittelwerte aller 4 Bewertungsparameter (Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen S_s , Sichtbarkeit für besser sehende Testpersonen S_b , Präferenz schlechter und besser sehender Testpersonen P_s und P_b , für die Designs 1-10, relativ zum Referenzdesign A (SW_d), ohne Hintergrundbeleuchtung (OH))

5 Diskussion

5.1 Zusammenfassende Auswertung (Referenzdesign A)

Aufgrund der Unterschiedlichkeit der Bewertungsparameter und Beleuchtungssituationen, muss die Auswertung für jeden Bewertungsparameter und jede Beleuchtungssituation separat erfolgen. Um zu einer Gesamtaussage zu kommen wird so vorgegangen, dass die Einzelrankings (nach Parameter und Beleuchtungssituation, dargestellt in Abbildung 4.31 bis Abbildung 4.40) dem Augenschein nach in 4 Gruppen eingeteilt werden: Eine sehr gute Gruppe (Note 1), ein oberes Mittelfeld (Note 2), ein unteres Mittelfeld (Note 3) und eine schlechte Gruppe (Note 4), siehe Abbildung 5.1. Das Referenzdesign (auf der Nulllinie) wird in die jeweilige Gruppe eingeordnet. Tabelle 5.1 zeigt die Noten für jedes Design.

Mit Hintergrundbeleuchtung



Ohne Hintergrundbeleuchtung

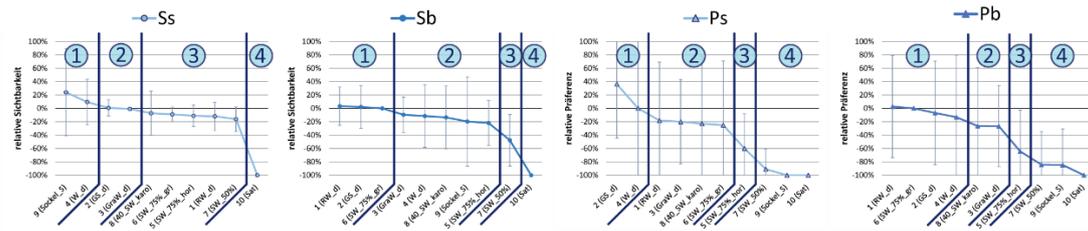


Abbildung 5.1: Einteilung der Rankings (Designs 1-10 relativ zum Referenzdesign A) dem Augenschein nach in 4 Gruppen (1 - sehr gut, 2 - obere Mittelklasse, 3 - untere Mittelklasse, 4 – schlecht). Durchgeführt für jeden Bewertungsparameter (Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen S_s , Sichtbarkeit für besser sehende Testpersonen S_b , Präferenz schlechter und besser sehender Testpersonen P_s und P_b) pro Beleuchtungssituation (mit und ohne Hintergrundbeleuchtung).

Tabelle 5.1: Benotung der Designs 1-10 (relativ zum Referenzdesign A), pro Bewertungsparameter, pro Beleuchtungssituation

Design	Mit Hintergrundbeleuchtung				Ohne Hintergrundbeleuchtung			
	Note S_s	Note S_b	Note P_s	Note P_b	Note S_s	Note S_b	Note P_s	Note P_b
A (SW_d)	2	1	1	2	2	1	1	1
1 (RW_d)	2	1	1	2	3	1	2	1
2 (GS_d)	2	1	1	1	2	1	1	1
3 (GraW_d)	2	1	1	2	2	2	2	2
4 (W_d)	3	3	4	4	1	2	1	1
5 (SW_75%_hor)	2	2	2	3	3	2	3	3
6 (SW_75%_gr)	2	1	1	3	3	1	2	1
7 (SW_50%)	3	3	3	4	3	3	4	4
8 (40_SW_karo)	2	1	2	2	3	2	2	2
9 (Soc_S)	1	2	4	4	1	2	4	4
10 (Sat)	4	4	4	4	4	4	4	4

Weiterführend kann auf Grundlage der Benotung (ebenfalls dem Augenschein nach) eine Einteilung in sehr gute Designs, obere Mittelklasse, untere Mittelklasse und schlechte Designs erfolgen. Designs, bei denen zwei Situationen (mit und ohne Hintergrundbeleuchtung bzw. Sichtbarkeit und Präferenz) stark variieren, werden als Sonderfälle angeführt, siehe Tabelle 5.2.

Tabelle 5.2: Gruppierung der Designs 1-10 (relativ zum Referenzdesign A) in sehr gute Designs, obere Mittelklasse, untere Mittelklasse, schlechte Designs und Sonderfälle, anhand der ermittelten Noten pro Bewertungsparameter (Vgl. Tabelle 5.1)

	Mit Hintergrundbeleuchtung					Ohne Hintergrundbeleuchtung					Ges. ∅
	Note S _s	Note S _b	Note P _s	Note P _b	∅	Note S _s	Note S _b	Note P _s	Note P _b	∅	
Sehr gute Designs											
2 (GS_d)	2	1	1	1	1,25	2	1	1	1	1,25	1,25
A (SW_d)	2	1	1	2	1,5	2	1	1	1	1,25	1,38
Obere Mittelklasse											
1 (RW_d)	2	1	1	2	1,5	3	1	2	1	1,75	1,63
3 (GraW_d)	2	1	1	2	1,5	2	2	2	2	2	1,75
6 (SW_75%_gr)	2	1	1	3	1,75	3	1	2	1	1,75	1,75
8 (40_SW_karo)	2	1	2	2	1,75	3	2	2	2	2,25	2,00
Untere Mittelklasse											
5 (SW_75%_hor)	2	2	2	3	2,25	3	2	3	3	2,75	2,50
Schlechte Designs											
7 (SW_50%)	3	3	3	4	3,25	3	3	4	4	3,5	3,38
10 (Sat)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,00
Sehr gut ohne Licht, schlecht mit Licht											
4 (W_d)	3	3	4	4	3,5	1	2	1	1	1,25	2,38
Sehr gut sichtbar, gar nicht präferiert											
9 (Soc_S)	1	2	4	4	2,75	1	2	4	4	2,75	2,75

Es zeigt sich, dass die zweifärbigen, durchgehenden Balken die obersten Plätze belegen. Danach folgen die unterbrochenen Designs mit der größeren Flächengröße, schließlich die unterbrochenen Designs mit der kleineren Flächengröße und als Schlusslicht die satinierte Markierung. Eine Sonderstellung nimmt das weiße Design (4) ein, das ohne Hintergrundbeleuchtung sehr gut und mit Hintergrundbeleuchtung sehr schlecht sichtbar ist. Ebenfalls spaltet sich die Beurteilung des Sockels (9), der sehr gut sichtbar aber nicht präferiert ist. Grafisch veranschaulicht wird dies in Abbildung 5.2 und Abbildung 5.3. Hier kann man sehen, dass die Präferenz durchwegs stärker gewichtet wird, als die Sichtbarkeit. Das kann durch die unterschiedlichen Bewertungsschlüssel (3 statt 7 Stufen) erklärt werden.

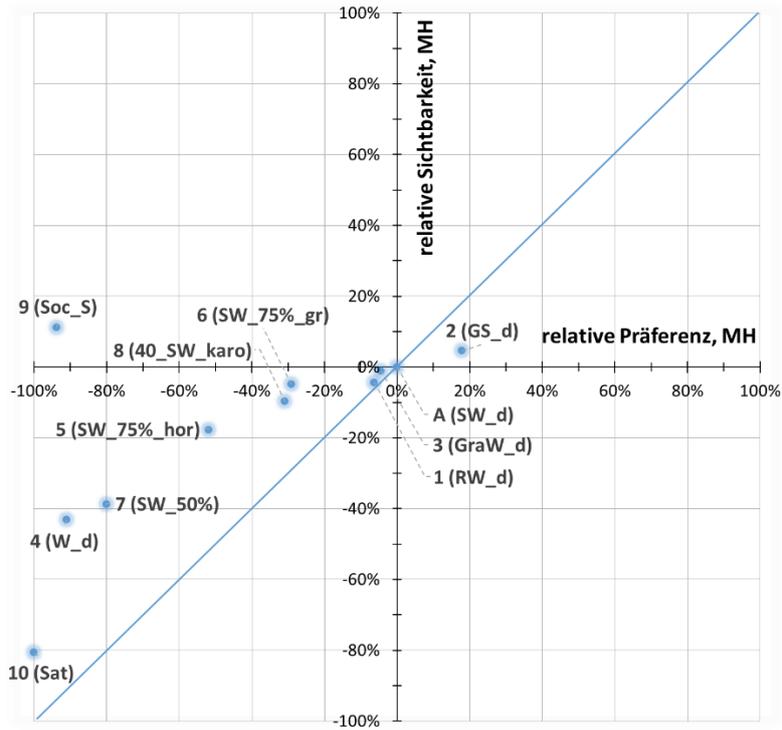


Abbildung 5.2: relative Sichtbarkeit ($\emptyset S_s, S_b$) aufgetragen gegen die relative Präferenz ($\emptyset P_s, P_b$), für Designs 1-10, relativ zum Referenzdesign A, mit Hintergrundbeleuchtung (MH)

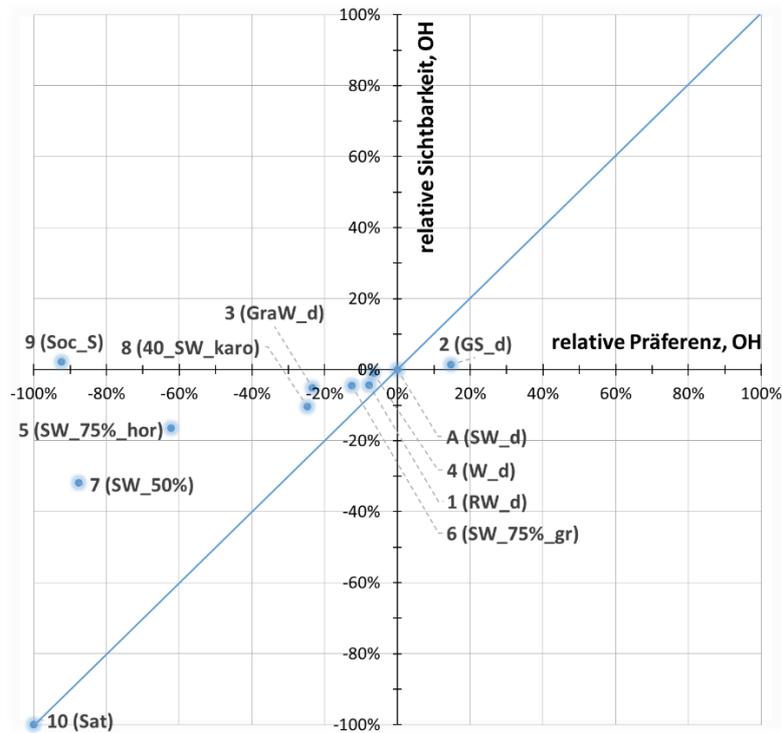


Abbildung 5.3: relative Sichtbarkeit ($\emptyset S_s, S_b$) aufgetragen gegen die relative Präferenz ($\emptyset P_s, P_b$), für Designs 1-10, relativ zum Referenzdesign A, ohne Hintergrundbeleuchtung (OH)

Bei der Gegenüberstellung der beiden Hintergrundbeleuchtungsarten (Abbildung 5.4) zeigt sich bei allen zweifarbigem Designs eine durchwegs gute Stabilität. Das einfarbig weiße Design (4) wird mit Hintergrundbeleuchtung wesentlich schlechter beurteilt, als ohne. Für diese Darstellung wurde der Mittelwert aller Bewertungsparameter (S_s , S_b , P_s , P_b) verwendet. Die Vergleichbarkeit bzw. der große Unterschied (bei Design 4) ist ebenfalls aus Tabelle 5.2 zu ersehen.

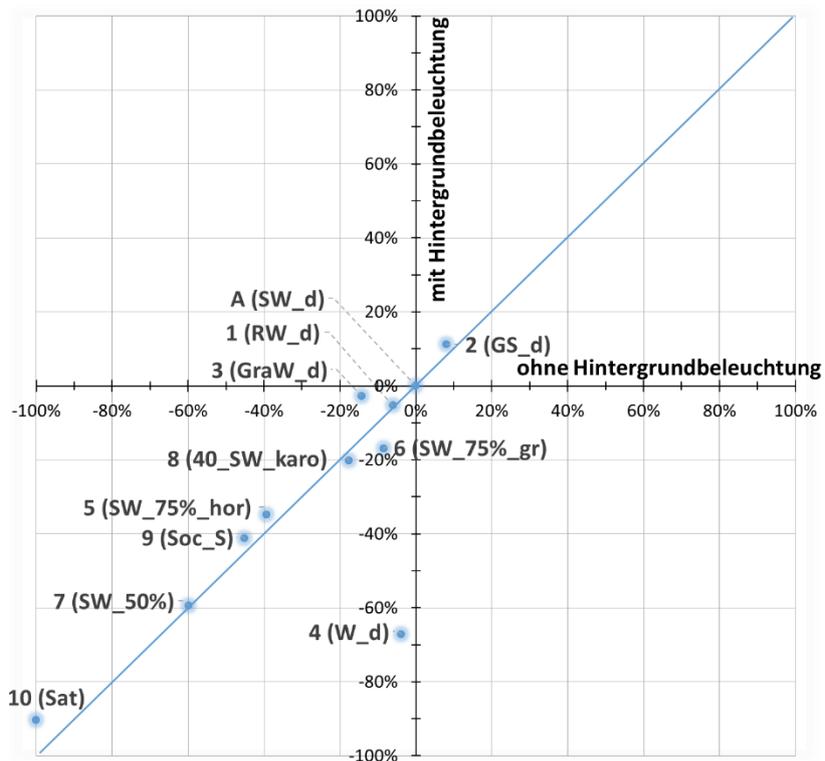


Abbildung 5.4: Beurteilung mit Hintergrundbeleuchtung ($\emptyset S_s, S_b, P_s, P_b$), aufgetragen gegen die Beurteilung ohne Hintergrundbeleuchtung ($\emptyset S_s, S_b, P_s, P_b$) der Designs 1-10, relativ zum Referenzdesign A

5.2 Fragestellungen

In diesem Abschnitt werden die einzelnen Design-Vergleiche, gruppiert nach Fragestellung, diskutiert und um die Kommentare der Testpersonen ergänzt.

5.2.1 Farbe

Abbildung 5.5 gibt einen Überblick über die Design-Vergleiche, die bezüglich der Auswirkung von Farbe auf die Erkennbarkeit getestet wurden. Abbildung 5.6 zeigt die zugehörigen Bewertungsparameter.

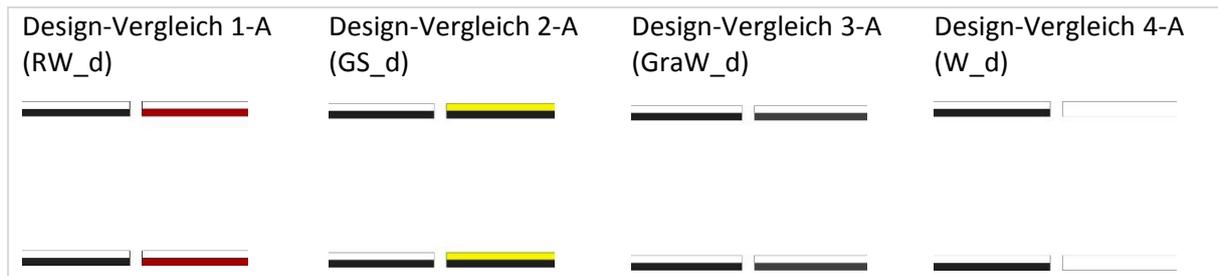


Abbildung 5.5: Design-Vergleiche zur Fragestellung "Farbe"

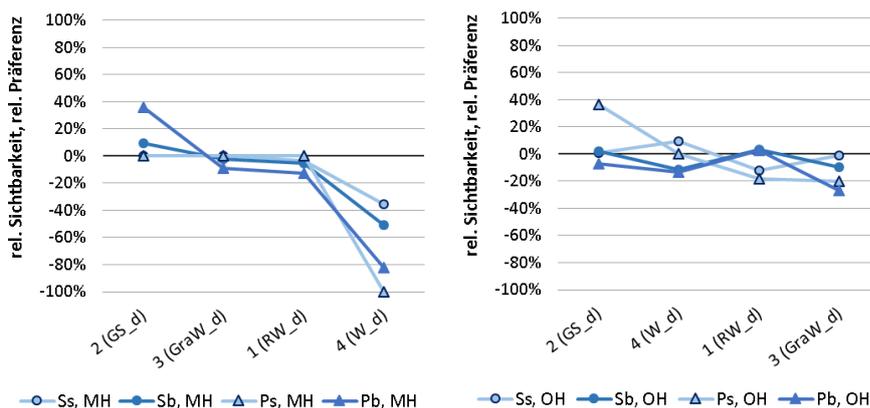


Abbildung 5.6: Mittelwerte der 4 Bewertungsparameter Sichtbarkeit und Präferenz für schlechter und besser sehende Testpersonen: S_s, S_b, P_s und P_b, für Designs 1-4, relativ zum Referenzdesign A, mit Hintergrundbeleuchtung (MH) und ohne (OH).

In der Gesamtbewertung (Tabelle 5.2) zeigt sich, dass die zweifarbigen Designs am besten bewertet wurden. Farben wurden von den Testpersonen meist bevorzugt, mit dem Argument, dass sie sich in vielen Situationen und bei vielen Wetterbedingungen besser vom Hintergrund abheben als schwarz-weiße Markierungen. Von einer Testperson wurde jedoch auch rückgemeldet, dass Farben gezielt eingesetzt werden sollten, wie z.B. das Leitsystem der verschiedenen U-Bahn-Linien in Wien. Würden alle Glasflächen farbig markiert werden, wäre es ein zu viel an Information, relevante Orientierungselemente könnten dann nicht mehr herausgefiltert werden. Andere Testpersonen wiederum konnten Farben nicht gut wahrnehmen und bevorzugten dann die dunklere Markierung mit dem höheren Kontrast. Für eine Testperson waren die Farben bereits zu grell und schmerzhaft für die Augen.

Design-Vergleich 2-A (GS_d)

- Ist die einzige Markierung, die das Referenzdesign übertrifft, wobei den Ausschlag hauptsächlich die Präferenz und leicht die Sichtbarkeit für besser sehende Personen geben.
- Vor allem mit Hintergrundbeleuchtung wird es besser gesehen und der schwarz-weißen Referenzmarkierung vorgezogen, da es dunkler als das Weiß ist und die Markierung dadurch großflächiger wirkt.
- Die Farbe wird unterschiedlich wahrgenommen und bewertet. Von einigen bevorzugt, da sie hervorsteht, sich abhebt und leichter zu erkennen ist. Für eine Person war das Gelb unangenehm, da es zu hell war und in den Augen geschmerzt hat. Eine andere hat das Schwarz-Weiße Design deshalb bevorzugt, da das Gelb mit dem Schwarz verschwommen ist und deshalb nicht so klar sichtbar war und trüb gewirkt hat.
- Es wurde genannt, dass Gelb in Situationen, in denen alles andere Schwarz-Weiß ist, jedenfalls besser gesehen würde und deshalb bevorzugt wird.

Design-Vergleich 1-A (RW_d)

- Ohne Hintergrundbeleuchtung war die Farbe von hinten für einige Testpersonen nicht sichtbar. Dadurch wurde die schwarze Farbe aufgrund des höheren Kontrastes besser gesehen, was sich im Bewertungsparameter Sichtbarkeit widerspiegelt. In der Nähe, sobald die Farbe wahrgenommen werden konnte, war das Rot tendenziell besser sichtbar und bevorzugt.
- Oft wurde das Rot, sobald es gesehen wurde, bevorzugt, da es eine Warnfarbe ist und in der Natur nicht so oft vorkommt. Ebenfalls hebt es sich bei vielen Wetterverhältnissen und verschiedenen Situationen gut vom Hintergrund ab.
- Für eine Person war das rot zu kräftig und hat geschmerzt, von anderen wurde es als angenehmer für das Auge empfunden als das Schwarze. Für eine Person, die Rot nicht so gut Wahrnehmen konnte, war das Schwarz aufgrund des höheren Kontrastes besser, die rote Markierung wurde jedoch auch wahrgenommen.

Design-Vergleich 3-A (GraW_d)

- Die Markierungen werden vom Großteil der Personen gleich bewertet mit leichter Tendenz zum Schwarzen aufgrund des besseren Kontrastes.
- Für eine Person war das Schwarz sehr deutlich besser sichtbar, eine Person empfand das Grau als angenehmer und konnte ein bisschen besser gesehen, da es nicht so grell war.

Design-Vergleich 4-A (W_d)

- Das Auffälligste bei dem weißen Design ist die sehr schlechte Bewertung bei beleuchtetem Hintergrund. Für den Großteil der Personen war es wenig zu sehen, wurde als Schattierung und verschwommen bezeichnet. Für andere war es ausreichend und für eine Person sogar besser, da es nicht so geflimmert hat, wie das schwarz-weiße Design.
- Ohne Licht wurde es wiederum von manchen bevorzugt, da es mehr strahlte und durch die Größe besser wahrgenommen werden konnte.
- Von anderen konnte es nicht so gut gesehen werden. Ein Proband beschrieb es so, dass das Auge die Linie des Referenzdesigns schneller fangen kann, als den einfarbigen Balken.
- Für zwei Personen war das Weiß aus der Ferne unangenehm, weil es geblendet/gespiegelt hat.

5.2.2 Unterbrochene Designs

In Abbildung 5.7 werden die Design-Vergleiche bezüglich der Auswirkung von Unterbrechungen auf die Wahrnehmbarkeit gezeigt, in Abbildung 5.8 die zugehörigen 4 Bewertungsparameter.

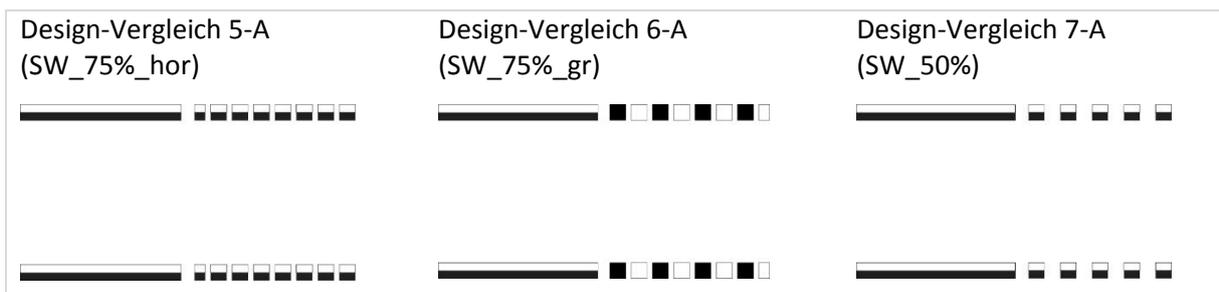


Abbildung 5.7: Design-Vergleiche zur Fragestellung „Unterbrochene Kennzeichnungen“

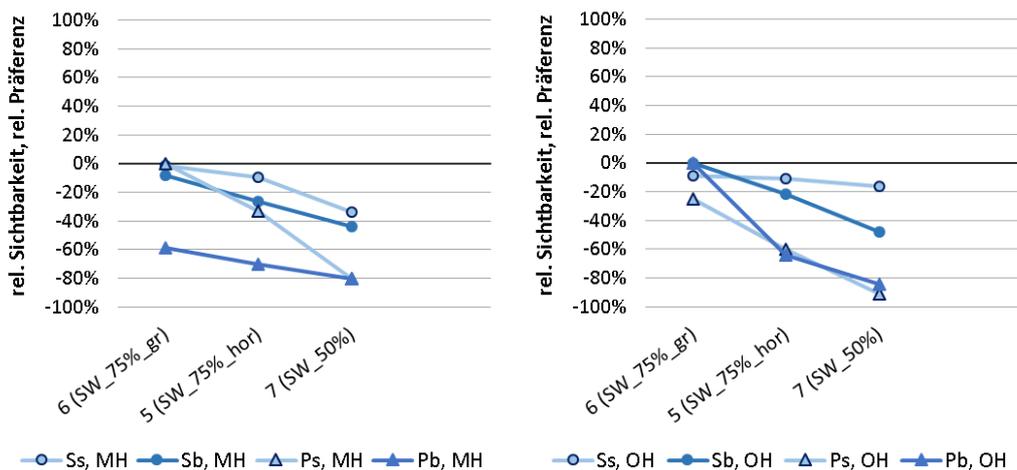


Abbildung 5.8: Mittelwerte der 4 Bewertungsparameter Sichtbarkeit und Präferenz für schlechter und besser sehende Testpersonen: S_s , S_b , P_s und P_b , für Designs 5-6, relativ zum Referenzdesign A, mit Hintergrundbeleuchtung (MH) und ohne (OH).

Die unterbrochenen Markierungen wurden, sobald die Unterbrechungen sichtbar waren, deutlich abgelehnt. Sie wurden dann als „verwirrend, schwerer einzuordnen, unsicher, undefiniert, unruhig, hüpfend“ beschrieben. Es wurde genannt, dass alles, was man nicht deuten kann, alles Mögliche sein und zu Fehlinterpretationen führen könne und sich die Unsicherheit und Unruhe auf die Personen übertrage. Glasflächenmarkierungen sollten eindeutig und schnell als Hindernis eingestuft werden können, weshalb die durchgehenden Balken deutlich bevorzugt wurden. Diese wurden als „optisch wesentlich kräftiger, klarer von der Aussage, besser sichtbar und markanter“ beschrieben. Von einer (gut sehenden Person) wurden die unterbrochenen Markierungen bevorzugt, da sie „nicht so scharf auf der Netzhaut und daher angenehmer“ waren.

Design-Vergleich 5-A (SW_75%_hor)

- Das durchgehende Design wird deutlich bevorzugt und von allen, bis auf eine Probandin besser gesehen. Diese konnte das unterbrochene Design schärfer wahrnehmen.
- Solange die Unterbrechungen nicht wahrgenommen werden konnten, wurde das Design als „dünner, schwächer, nicht so deutlich“ beschrieben.

Design-Vergleich 6-A (SW_75%_gr)

- Ist durchwegs die beste der unterbrochenen Markierungen, was auf die größere Flächengröße zurückzuführen ist.
- Es wurde mehrfach berichtet, dass die Unterbrechungen ohne Hintergrundbeleuchtung nicht wahrgenommen wurden. Erst mit Hintergrundbeleuchtung konnten sie gesehen werden und wurden dann deutlich abgelehnt. Besonders klar kann man das bei der Präferenz der besser sehenden Testpersonen sehen, vergleicht man die zwei Diagramme (Abbildung 5.8).
- Bei diesem Design ist die sehr geringe Anzahl der Testpersonen zu beachten, da der Vergleich erst bei den letzten 5 Personen statt dem satinierten Design durchgeführt wurde.

Design-Vergleich 7-A (SW_50%)

- Dieses Design wurde deutlich schlechter gesehen als das durchgängige Referenzdesign. Im Gesamttranking nimmt es den vorletzten Platz ein.
- Sobald Unterbrechungen erkannt wurden, wurden sie als „verwirrend, schwerer einzuordnen, undefiniert, unruhig, auf der Netzhaut hüpfend beschrieben“. Alles, was man nicht deuten kann, kann zu Fehlinterpretationen führen.
- Die durchgehenden Linien wurden beinahe von allen bevorzugt, da sie „klarer von der Aussage, optisch wesentlich kräftiger, besser sichtbar und markanter“ waren.
- Zwei Personen empfanden Unterbrochenes als angenehmer, weil es „nicht so scharf auf der Netzhaut und dadurch angenehmer bzw. dezenter und deshalb schöner“ war.

5.2.3 Anordnung unterbrochener Designs (Referenzdesign B)

Als Unterfragestellung bei unterbrochenen Kennzeichnungen wurde die Anordnung untersucht, vergleiche Abbildung 5.9 und Abbildung 5.10.

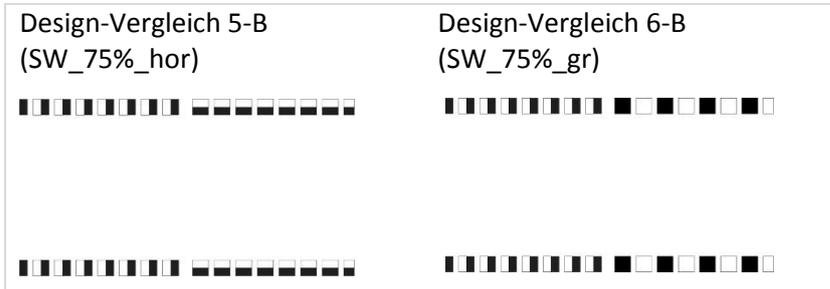


Abbildung 5.9: Design-Vergleiche zur Fragestellung „Anordnung bei unterbrochenen Kennzeichnungen“

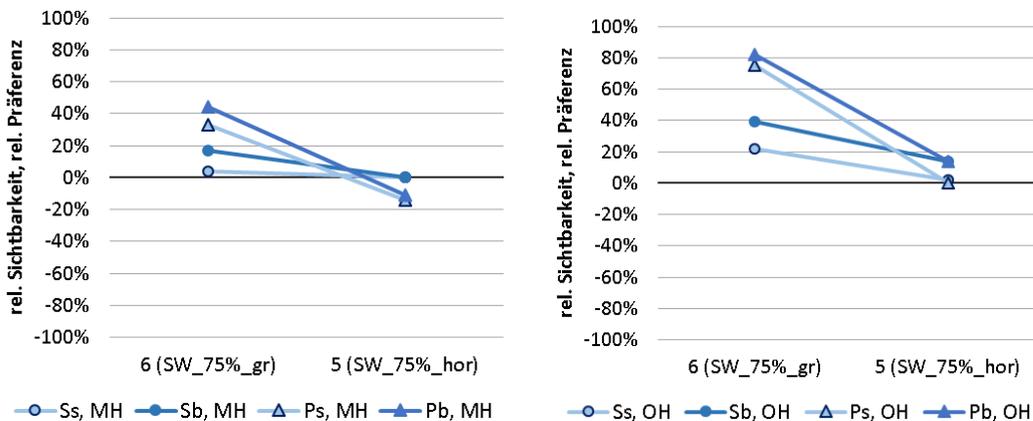


Abbildung 5.10: Mittelwerte der 4 Bewertungsparameter Sichtbarkeit und Präferenz für schlechter und besser sehende Testpersonen: S_s , S_b , P_s und P_b , für Designs 5-6, relativ zum Referenzdesign B, mit Hintergrundbeleuchtung (MH) und ohne (OH).

Die Auswertung von Referenzdesign B zeigt, dass die großen Flächen eindeutig besser bewertet wurden als das Referenzdesign, das horizontal angeordnete Design in etwa gleich.

Design-Vergleich 5-B (SW_75%_hor)

- Dieser Vergleich polarisiert. Ohne Hintergrundbeleuchtung war für circa die Hälfte der Personen das vertikal Angeordnete besser sichtbar, für die andere Hälfte das horizontal Angeordnete, mit leichter Tendenz zum horizontal Angeordneten.
- Mit Hintergrundbeleuchtung ist der Unterschied deutlich geringer, für die meisten waren beide Designs gleich gut sichtbar, für einige das vertikal Angeordnete besser und für ein paar das horizontal Angeordnete.
- Argumente für die horizontale Anordnung waren die größere Angriffsfläche, da es fast als durchgehend wahrgenommen wurde. Durch den größeren Schwarzanteil konnte es schneller erkannt werden, als das Referenzdesign.

- Argumente für die vertikale Anordnung waren die größere Auffälligkeit, es wurde als größer und kontrastreicher wahrgenommen als das horizontal angeordnete Design.
- Einige ProbandInnen (vor allem jene mit Nystagmus) berichteten, dass die zwei Farben verschwimmen und flackern würden.
- Für einige Testpersonen waren beide Markierungen nicht gut erkennbar und unangenehm.

Design-Vergleich 6-B (SW_75%_gr)

- Die größeren Flächen wurden mit und ohne Licht eindeutig besser gesehen und eindeutig bevorzugt. Für eine Person war das Weiß der größeren Fläche schon zu viel und blendete.
- Die kleinteiligen Flächen des Referenzdesigns wurden als „verschwommen und flackernd“ beschrieben, sowie dass sie mehr Konzentration erfordern würden“.
- Bei Hintergrundbeleuchtung ist der Unterschied zum Referenzdesign allerdings nicht mehr so groß.

5.2.4 Flächengröße

Abbildung 5.11 zeigt die Design-Vergleiche zur Fragestellung „Flächengröße“. Die zugehörigen Bewertungsparameter sind in Abbildung 5.12 und für den Vergleich 6-B in Abbildung 5.10 dargestellt.

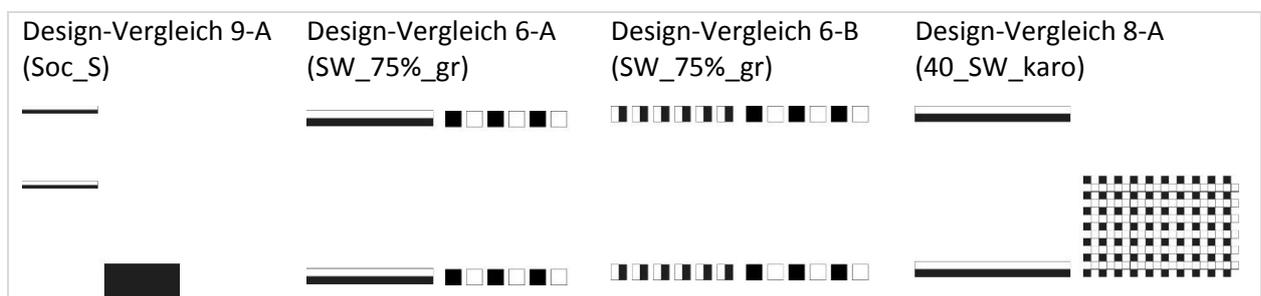


Abbildung 5.11: Design-Vergleiche zur Fragestellung „Flächengröße“

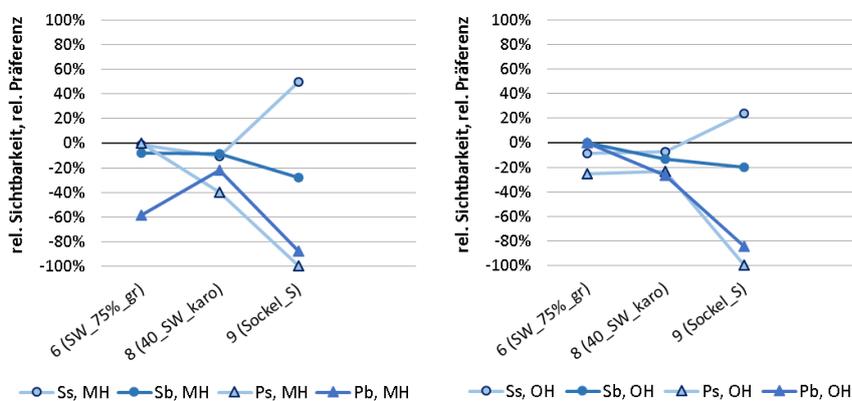


Abbildung 5.12: Mittelwerte der 4 Bewertungsparameter Sichtbarkeit und Präferenz für schlechter und besser sehende Testpersonen: S_s, S_b, P_s und P_b, für Designs 6, 8 und 9, relativ zum Referenzdesign A, mit Hintergrundbeleuchtung (MH) und ohne (OH).

Bezüglich Flächengröße ist klar erkennbar, dass die flächengrößeren Markierungen besser erkannt werden. Sehr gut wurde Design 9 (Soc_S) gesehen. Als einziges Design konnte es aufgrund der Flächengröße und des sehr guten Kontrastes auch von den schlechter sehenden Testpersonen bereits von hinten erkannt werden. Nachstehend wird der Design-Vergleich 8-A (40_SW_karo) bezogen auf die Flächengröße beschrieben. Die Design-Vergleiche 6-A (SW_75%_gr) und 6-B (SW_75%_gr) sind bereits oben bei „Unterbrochene Designs“ und „Anordnung unterbrochener Designs“ erläutert. Die Auswertung des Design-Vergleiches 9-A (Soc_S) folgt weiter unten bei „Anbringungshöhe“, ebenfalls wird hier der Design-Vergleich 8-A (40_SW_karo) noch einmal bezüglich der Anbringungshöhe diskutiert.

Design-Vergleich 8-A (40_SW_karo)

- Dieser Design-Vergleich polarisierte. Die größere Fläche war für einige besser wahrnehmbar, da sie mehr ins Auge stach. Ein Proband bevorzugte sie eindeutig aufgrund der Großflächigkeit und meinte, dass der Unterschied in Natur noch größer sei, als in diesem Testsetting zum Ausdruck kommen würde.
- Andererseits wurde die Markierung aufgrund der kleinteiligen Flächen oftmals nicht gut gesehen. Es wurde beschrieben, dass sie „verschwimmen, flackern, unangenehm und unruhig“ sind und für manche kaum wahrgenommen werden konnten. Weiters wurde genannt, dass das Design als Glasflächenkennzeichnung zu undefiniert sei. Man frage sich, ob noch weiterer Informationsgehalt, wie etwa Schrift drinstecke, es würde ein größerer Interpretationsspielraum offen bleiben.
- Die durchgehenden Linien waren für die Mehrheit besser sichtbar und wurden tendenziell mehr bevorzugt, da sie von der Aussage her klarer und dadurch leichter als Markierung zu erkennen waren. Der Informationsgehalt ist bei den Balken eindeutig, sie sind sofort als Glasflächenmarkierungen einsichtig. Ebenfalls wurden die dunklen Flächen bei den Balken als dominanter im Vergleich zur kleinteiligen Markierung beschrieben.

5.2.5 Anbringungshöhe

Abbildung 5.13 und Abbildung 5.14 zeigen die Design-Vergleiche zur Fragestellung Anbringungshöhe sowie die Bewertungsparameter.

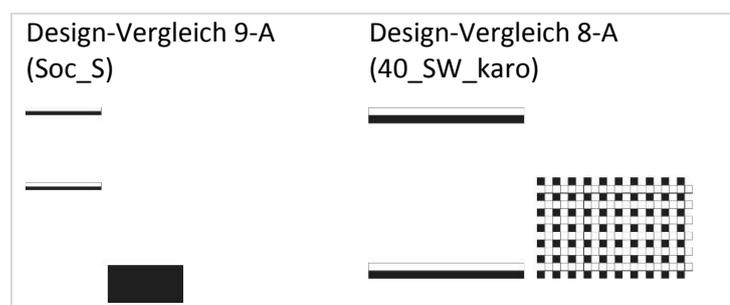


Abbildung 5.13: Design-Vergleiche zur Fragestellung „Anbringungshöhe“

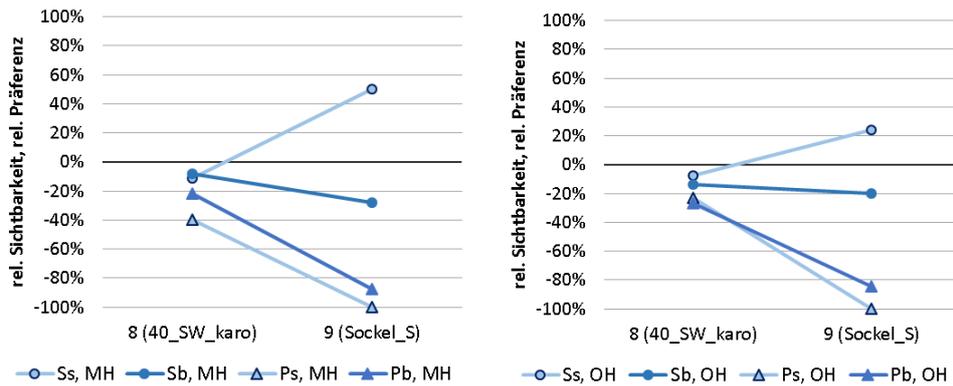


Abbildung 5.14: Mittelwerte der 4 Bewertungsparameter Sichtbarkeit und Präferenz für schlechter und besser sehende Testpersonen: S_s , S_b , P_s und P_b , für Designs 8-9, relativ zum Referenzdesign A, mit Hintergrundbeleuchtung (MH) und ohne (OH).

Bezüglich Positionierung der Kennzeichnung zeigte sich folgendes: ProbandInnen, die mehr auf den oberen Balken achteten und diesen besser wahrnehmen konnten sowie ProbandInnen, die mehr auf den unteren Balken achteten und diesen besser wahrnehmen konnten, hielten sich in etwa die Waage. Auf die Frage im Vorfeld der Tests, ob sie vermehrt auf Augenhöhe schauen oder vermehrt auf den Boden achten oder ständig hin- und herpendeln würden, gaben ca. 2/5 der ProbandInnen an, dass sie vermehrt auf Augenhöhe schauen, 2/5 achteten mehr auf den Boden vor sich und 1/5 pendelte die ganze Zeit. Weiters kamen folgende Rückmeldungen von den Testpersonen:

- Tendenziell sind die Kennzeichnungen leicht unter Augenhöhe am angenehmsten.
- Markierungen sind gut in einer Höhe, wo man nicht mehr hineinlaufen würde (Hüfthöhe, Brusthöhe).
- Es sind beide Linien notwendig, da es als Kombination wirkt.
- Wenn die zwei Streifen näher zusammen wären, würde sie mehr als Einheit und somit als größere Fläche wahrgenommen werden.
- Bei der mittigen Fläche ist keine Durchsicht möglich, deshalb werden die Balken bevorzugt.
- Markierungen sollen nicht auf Augenhöhe sein sondern etwas darunter (ca. 1,30 m), das entspricht eher der Sehrichtung bei leicht gesenktem Kopf
- Die Balken sollten näher beieinander sein, da es sein kann, dass er durch die Gesichtsausfälle den oberen nicht sieht. Auf den unteren schaut er nicht, er beginnt ab 1,30 m darauf zu achten. Für ihn wären die Kennzeichnungen gut in Augenhöhe, zwischen 1,30 und 1,80 cm, die Fläche ist bereits zu tief für ihn.
- Wenn man die Streifen näher zusammenrücken würde bzw. die obere Linie 30 cm tiefer hängen würde, wäre das auch OK, dann bräuchte man nur einen Streifen.
- Der untere Streifen ist absolut notwendig, der obere befindet sich bei einem Probanden im Rollstuhl bereits außerhalb des Gesichtsfeldes.

Design-Vergleich 9-A (Soc_S)

- Die große Streuung bei der Bewertung der Sichtbarkeit rührt daher, dass viele ProbandInnen aufgrund der vorher gezeigten Markierungen nicht auf den Boden geachtet und die Markierung deshalb zuerst nicht wahrgenommen haben. Andere konnten den Sockel aufgrund der Größe und des sehr guten Kontrastes deutlich besser sehen, als die Balken.
- Von Personen mit fehlender räumlicher Wahrnehmung (Sicht nur auf einem Auge) wurde er als flächiges Element am Boden gesehen.
- Die meisten Personen hätten den Sockel als Barriere oder Hindernis erkannt und wahrgenommen, aber nicht als Glasflächenmarkierung eingeordnet. Er wurde eher als Treppe, Gestaltungselement am Boden oder Box interpretiert und nicht mit einer Tür oder Glasfläche in Verbindung gebracht. Die Balken auf Augenhöhe wurden deshalb eindeutig bevorzugt.
- Für zwei Probanden war der Sockel in der Nähe bereits außerhalb des Gesichtsfeldes.
- Für einen Probanden wäre es gefährlich, wenn bei einem Gebäude teilweise Balken und teilweise Markierungen im Sockelbereich verwendet würden, da er die schwarze Sockelmarkierung als Fußmatte wahrnimmt und somit als offene Türe interpretieren würde.
- Um tatsächlich Aussagen zur Sockelmarkierung treffen zu können, müsste die Situation in einem räumlichen Zusammenhang getestet werden.

5.2.6 Satinierte Kennzeichnung

Abbildung 5.15 zeigt den Design-Vergleich zu satinierter Kennzeichnung, Abbildung 5.16 die zugehörigen Bewertungsparameter.

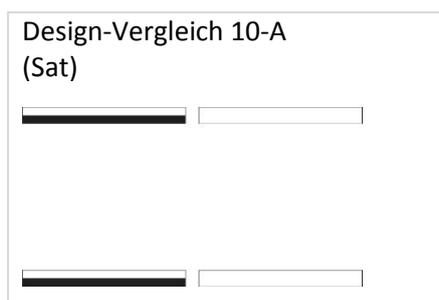


Abbildung 5.15: Design-Vergleiche zur Fragestellung „Satinerte Kennzeichnung“

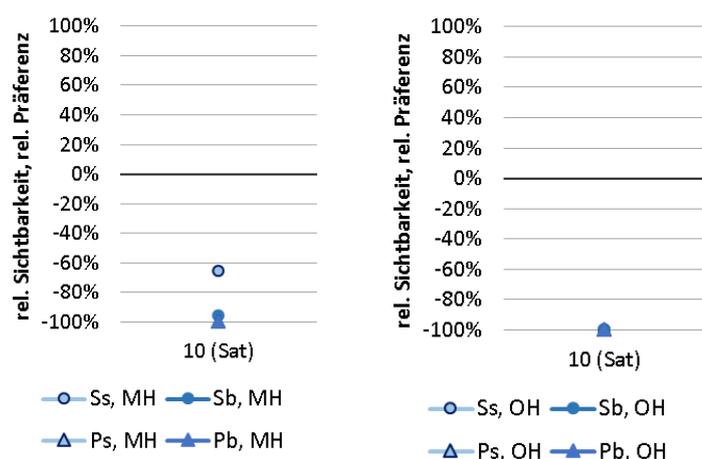


Abbildung 5.16: Mittelwerte der 4 Bewertungsparameter Sichtbarkeit und Präferenz für schlechter und besser sehende Testpersonen: S_s , S_b , P_s und P_b , für Design 10, relativ zum Referenzdesign A, mit Hintergrundbeleuchtung (MH) und ohne (OH).

Bei diesem Design-Vergleich ist die Tatsache zu berücksichtigen, dass der Hintergrund trotz repräsentativer Leuchtdichten keine repräsentative Leuchtdichteverteilung respektive Textur aufwies. Auch diese Situation müsste, um eine fundierte Aussage treffen zu können, in einem realen Zusammenhang getestet werden. Die Ergebnisse zeigen, dass satinierte Kennzeichnungen bei bestimmten Bedingungen unzureichend sind.

Auf die Frage im Vorfeld, ob Milchglas für die Testpersonen sichtbar sein, wurde genannt, dass es auf die Lichtverhältnisse ankomme. Für einige ProbandInnen ist Milchglas unter geeigneten Bedingungen sichtbar, unter der Voraussetzung, dass die Kennzeichnung durchgehend ist. Für andere muss es auch markiert sein um wahrgenommen werden zu können.

5.2.7 Türöffnung (Referenzdesign C)

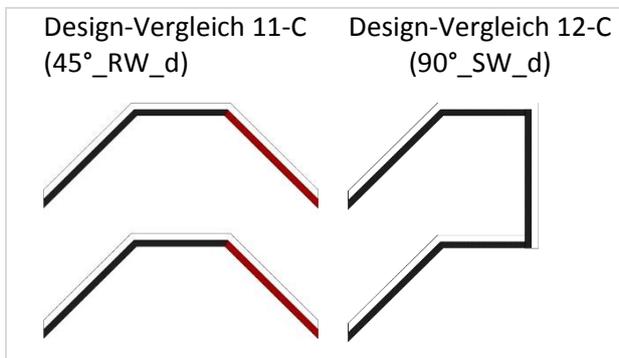


Abbildung 5.17 zeigt die Design-Vergleiche, die bezüglich der Kennzeichnung von Türöffnungen gestellt wurde. In Abbildung 5.18 sind die zugehörigen Bewertungsparameter abgebildet.

Abbildung 5.17: Design-Vergleiche zur Fragestellung "Türöffnung"

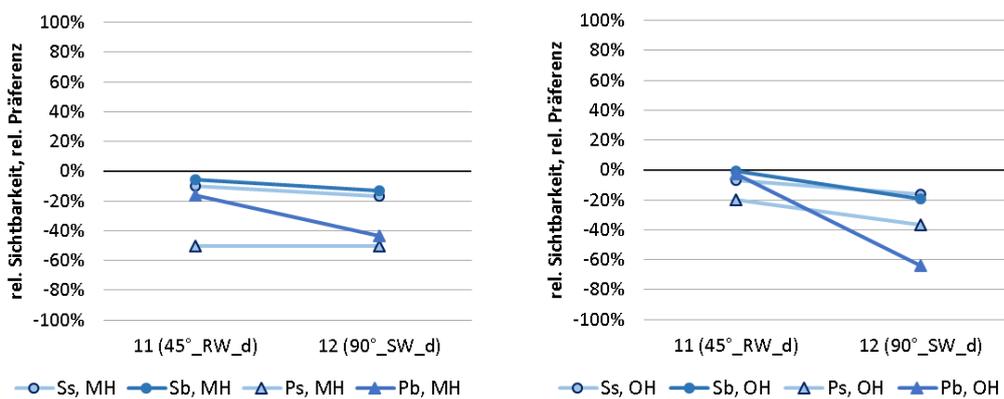


Abbildung 5.18: Mittelwerte der 4 Bewertungsparameter Sichtbarkeit und Präferenz für schlechter und besser sehende Testpersonen: Ss, Sb, Ps und Pb, für die Designs 11-12, relativ zum Referenzdesign C, mit Hintergrundbeleuchtung (MH) und ohne (OH).

Auf die Frage im Vorfeld, worauf die Testpersonen achten würden, wenn sie nach einer Tür Ausschau halten, kamen folgende Antworten:

- Türgriff, Türschnalle, Knauf, Türstange
- Nach etwas silbernem, spiegelndem in Greifhöhe, weil die Griffe meistens metallisch sind
- Nach Markierungen oder Pfeilen
- Nach dem Türrahmen
- Nach schrägen Linien, weil Türen oft so markiert sind
- Nach den Türbändern
- Nach einem Wechsel im System, da Türen von der Fläche her meist anders verbaut seien
- Nach dem großen silbernen Schließgewicht
- Geht immer am taktilen Leitsystem wenn eines vorhanden ist, weil sie weiß, dass es zur Tür führt und man nirgends dagegen laufen kann
- Orientiert sich an anderen Menschen
- Wenn eine Tür vermutet wird, wird die Testperson langsamer und sucht nach wegstehendem Glas. Oft weiß sie nicht, ob die Tür offen ist oder nicht, das ist der Person nicht geheuer
- Hört auf das Geräusch bei automatischen Türen. Für sie ist es wichtig, dass die Türen nicht lautlos aufgehen

Weiters wurden in Bezug auf Türen und Türöffnungen folgende Kommentare aufgenommen:

- Bei Glasflächenkennzeichnungen wäre gut, wenn die Schräge direkt zum Türgriff führt (wenn es keine automatische Türe ist), da die Markierung den Blick leitet und man dort den Türgriff vermutet.
- Die Abweichung in der Markierung (z.B. Schräge) sollte nur auf dem beweglichen Element der Türe angebracht sein.
- Senkrechte Markierungen auf Bahnhöfen sind oft so nah an den vertikalen tragenden Elementen, dass sie nicht ausgemacht werden können. Von weiter weg kann die Tür nicht erkannt werden.
- Eine zusätzliche Orientierungshilfe am Boden (Leitsystem, Änderung im Bodenbelag) ist hilfreich.
- Vertikale silberne Griffstangen können von einer Person nicht so gut ausgemacht werden, eine bunte Markierung wäre hilfreich.
- Eine der Testpersonen muss manchmal nach dem Griff suchen und umhertasten. Das ist sehr unangenehm, da sie sich aufgrund schlechter Erfahrungen nicht gerne als sehbehinderte Person und damit als potentiell Opfer (für kriminelle Angriffe) deklariert.
- Bei Drehtüren orientiert sich eine der Testpersonen am weißen Rahmen.

Design-Vergleich 11-C (45°_RW_d)

- Ohne Hintergrundbeleuchtung waren beide Designs für die meisten gleich gut sichtbar.
- Mit Hintergrundbeleuchtung ebenfalls, mit leichter Tendenz zum Schwarz-Weißen Referenzdesigns aufgrund des höheren Kontrastes.
- Auch vom Großteil der schlechter sehenden ProbandInnen wurden die Designs gleich bewertet, die Präferenz zeigte eine Tendenz zum Schwarz aufgrund des höheren Kontrastes.
- Eine Testperson bevorzugte die schwarz-weiße Schräge, weil es mit der horizontalen Markierung eine Einheit bildete und deshalb insgesamt besser als Markierung wahrgenommen werden konnte.

Design-Vergleich 12-C (90°_SW_d)

- Die Schrägen werden besser gesehen und bevorzugt, nach Aussagen eines Optikers werden durch eine Schräge mehr rezeptive Felder gereizt, als durch eine Senkrechte oder Waagrechte.
- Die Schräge ist „besser sichtbar, auffälliger, nimmt mehr Raum ein, springt mehr ins Auge, ist besser auszunehmen, wird eher mit der Bewegung der Tür in Verbindung gebracht“.
- Die Senkrechte geht für die meisten unter, da sie als fixes Element eingeordnet wird. Tragende Elemente sind in der Regel auch senkrecht.
- Eine Probandin bevorzugt die Senkrechte, da sie direkt auf Augenhöhe und vor ihr ist.

5.2.8 Schwellenmessung bei besser sehenden Testpersonen (Referenzdesign D)

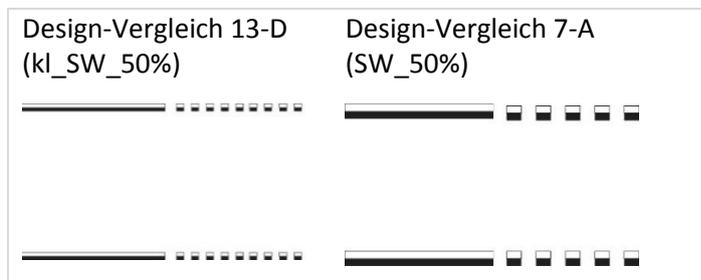


Abbildung 5.19: Design-Vergleiche zur Fragestellung "Schwellenmessung bei besser sehenden Testpersonen"

Die Durchführung des Vergleiches mit dem kleinen Design (13-D, siehe Abbildung 5.19) hat zum Hintergrund, die Parameter S_s (Sichtbarkeit für schlechter sehende Testpersonen) und S_b (Sichtbarkeit für besser sehende Testpersonen) gegenüberstellen zu können. Design 13 entspricht Design 7, um 50% verkleinert. So konnten die Personen, die das Design im Vergleich 7-A als besser sehende Person beurteilten (S_b) im Folgenden beim Design-Vergleich 13-D als schlechter sehende Personen beurteilen (S_s). Dies konnte bei 12 Testpersonen durchgeführt werden (Siehe Abbildung 5.20). Für die Gegenüberstellung wurde nur S_b der entferntesten Testposition (bei 13 m) berücksichtigt.

Deutlich zu sehen sind in Abbildung 5.20 die 4 Abstufungen von S_b (0%: beide Designs gleich gut sichtbar, -25%: Referenzdesign bisschen besser sichtbar, -50%: Referenzdesign deutlich besser sichtbar, -100%: Referenzdesign sehr deutlich besser sichtbar). Die subjektiven Aussagen decken sich relativ gut mit der Abweichung der Wahrnehmungsschwelle, Ausreißer sind P10 und P16. Wollte man die zwei Parameter vergleichbar machen, müsste die letzte Steigerung bei S_b eigentlich „als einziges sichtbar“ (quasi das andere Design gar nicht sichtbar) sein. Mit einer größeren Anzahl von Stichproben und mehr Design-Vergleichen könnte man so jedenfalls versuchen, die Skalen der zwei Sichtbarkeitsparameter anzugleichen.

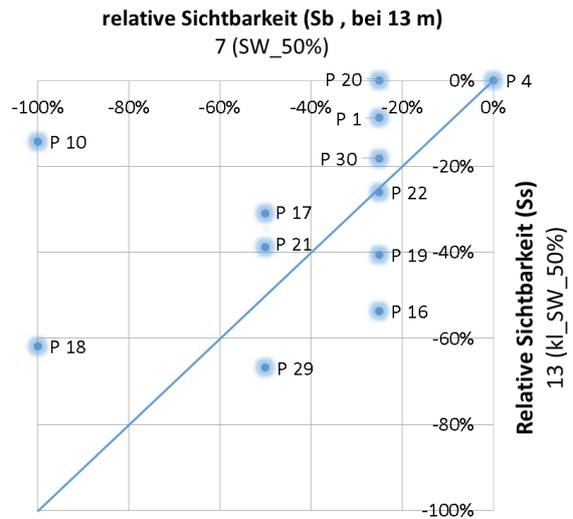


Abbildung 5.20: Gegenüberstellung der relativen Sichtbarkeit S_b und S_s für dieselbe Testperson (P1...P29), S_b ermittelt bei Design 7 (relativ zum Referenzdesign A), S_s ermittelt bei Design 13 (relativ zum Referenzdesign D)

6 Schlussfolgerung und Empfehlungen

Die vorliegende Arbeit stellt einen ersten Schritt dar, die Sichtbarkeit und Zweckmäßigkeit von Glasflächenkennzeichnungen für sehbehinderte Personen wissenschaftlich zu erfassen. Hierfür wurden ein eigenes Versuchsdesign und eine eigene Auswertemethodik entwickelt, um der großen Unterschiedlichkeit von Sehbehinderungen sowie den vielfältigen Anforderungen, die Glasflächenkennzeichnungen erfüllen sollen, (so weit wie in diesem Rahmen möglich) gerecht zu werden. Um reproduzierbare Testbedingungen für alle ProbandInnen zu ermöglichen, fand die Untersuchung unter Laborbedingungen statt. Ausgangspunkt für die getesteten Kennzeichnungen (Designs) sind die Spezifikationen der ÖNORM B 1600:2017. Getestet wurden einerseits normgerechte Vorgaben und andererseits Abwandlungen der Norm. Inspiriert wurden die Abwandlungen durch Vorgaben in anderen Normen (wie beispielweise der ÖNORM EN 16584-1:2017, die bei Bahnhöfen Gültigkeit besitzt) sowie von in Realität angebrachten Glasflächenkennzeichnungen. Die Beurteilung der verschiedenen Designs erfolgte von Personen mit unterschiedlichsten Sehbehinderungen. Die einzelnen Designs wurden immer im Vergleich zu einem gleichzeitig sichtbaren Referenzdesign bewertet, um die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zu verbessern.

Die Versuchsergebnisse mit den Rückmeldungen der Testpersonen zeigen deutlich, dass einfache und klare Markierungen benötigt werden. Kennzeichnungen sollen schnell wahrgenommen und leicht als solche interpretiert werden können. Folgende Eigenschaften sind hierfür hilfreich:

- Durchgängigkeit, da diese im Gegensatz zu unterbrochenen Markierungen keinen Interpretationsspielraum offen lässt.
- Großflächigkeit, da große Flächen leichter und besser erkannt werden. Kleinteilige Markierungen sind schlechter sichtbar und sind nicht so leicht einzuordnen, da sie weiteren Informationsgehalt, wie beispielsweise Text, suggerieren können.
- Hohe Kontraste (Helligkeits- und Farbkontraste), da sich diese besser vom Hintergrund abheben und leichter gesehen werden.
- Anbringung auf Augenhöhe oder leicht darunter, um die Glasfläche als vertikales Hindernis erkennen zu können.
- Einheitliche Ausführung, um einen Wiedererkennungswert und Lerneffekt zu ermöglichen. Die Kombination der zwei Linien in fixem Abstand zueinander ist z.B. gut für die Zuordenbarkeit.

Die besten Designs im Versuch sind die durchgängigen Linien in den Farbkombinationen Gelb-Schwarz und Schwarz-Weiß, gefolgt von den durchgängigen Linien in den Farbkombinationen Rot-Weiß und Grau-Weiß sowie den großflächigen unterbrochenen Kennzeichnungen. Im unteren Mittelfeld befinden sich die kleinflächigeren unterbrochenen Markierungen und am schlechtesten wird die

satinierte Markierung beurteilt. Ambivalenzen zeigen sich bei dem einfarbig weißen Design, das sehr gut bei dunklem Hintergrund, jedoch schlecht bei hellem Hintergrund gesehen wird. Ebenfalls ist die Beurteilung der Kennzeichnung im Sockelbereich nicht eindeutig, da sie aufgrund der Größe und des guten Kontrastes zwar sehr gut sichtbar ist, aber nicht als Glasfläche interpretiert werden kann und deshalb die Markierungen auf Augenhöhe eindeutig bevorzugt werden.

Bezüglich der untersuchten Design-Charakteristiken können folgende Aussagen getroffen werden:

- Je mehr sich die Farbe von der Umgebung abhebt (durch Helligkeits- und/oder Farbunterschied), desto klarer wird sie gesehen und bevorzugt. Um auch gegen helle Hintergründe einen ausreichenden Kontrast bieten zu können, ist ein dunkler Anteil innerhalb der Markierung notwendig.
- Unterbrochene Kennzeichnungen werden bereits unter idealen Bedingungen (Reflexionsfreiheit, Blendfreiheit, einheitlichem Hintergrund und Beurteilung im Stehen) schlechter gesehen. Je größere die Unterbrechungen sind, desto schlechter ist die Bewertung.
- Größere Farbflächen werden besser gesehen als kleine Flächen und lassen durch die bessere Erkennbarkeit weniger Interpretationsspielraum offen.
- Markierungen im Sockelbereich allein sind nicht ausreichend, da sie eher als gestalterische Elemente oder Hindernis am Boden interpretiert werden. Es benötigt zusätzlich eine Kennzeichnung in geeigneter Höhe, um das vertikale Hindernis sichtbar zu machen.
- Bei der Kennzeichnung von Türöffnungen sind schräge Linien besser sichtbar, weil sie großflächiger sind. Sie sind zudem auffälliger und heben sich mehr von der Umgebung ab, da viele tragende Elemente ebenfalls vertikal sind.

Die Beurteilung bei verschiedenen Hintergrundbeleuchtungen zeigt, dass jene Designs in der Beurteilung sehr stabil sind, die zwei unterschiedlichen Farbtöne aufweisen. Fehlt der dunkle Farbanteil bei dem Design, ist eine gute Erkennbarkeit bei größeren Hintergrundleuchtdichten nicht mehr möglich.

Insgesamt bestätigten die Versuche die große Unterschiedlichkeit verschiedener Sehbehinderungen und die daraus resultierenden, teilweise sehr konträren Anforderungen und Wünsche sehbehinderter Menschen. Dennoch konnten eindeutige Tendenzen aufgezeigt werden: die bessere Bewertung von durchgehenden Markierungen im Gegensatz zu unterbrochenen Markierungen, die bessere Bewertung von höherem Kontrast im Gegensatz zu niedrigerem Kontrast, die Notwendigkeit von einem hellen und einem dunklen Farbanteil, die Bevorzugung der Anbringung auf Augenhöhe sowie der Wunsch nach schneller und eindeutiger Einordnung als Kennzeichnung.

6.1 Empfehlung für die Normung

Vergleicht man die Versuchsergebnisse mit der derzeit gültigen österreichischen Norm, ÖNORM B 1600:2017, kann folgendes gesagt werden:

- Die zweifarbigen, durchgehenden Streifen werden sehr gut gesehen und als Glasflächenkennzeichnung präferiert. Auffällige Farben zeigen hierbei das Potential für bessere Erkennbarkeit. Die Anbringung auf zwei Höhen ist gut und notwendig, da dadurch sowohl durchschnittlich große Personen, als auch Kinder, Personen im Rollstuhl und kleinwüchsige Personen berücksichtigt werden. Die genauen Höhen könnten eventuell noch variiert werden, wobei rückgemeldet wurde, dass die zwei Linien durch den fixen Abstand zueinander als Kombination wahrnehmbar sind und Wiedererkennungswert haben.
- Die Fläche von 40 cm Breite liegt im oberen Mittelfeld bei der Beurteilung. Zu beachten ist hierbei, dass Unterbrechungen in der Markierung (die bis zu einem Durchmesser von 5 cm normkonform sind) bei hellen Hintergründen (beispielsweise bei beleuchteten Geschäften oder bei Tageslicht) als störend empfunden werden. Ebenfalls wird die Fläche nicht so gut gesehen, wenn die hellen und dunklen Flächenanteile sehr kleinteilig sind. Die Definition einer Mindestabmessung der einzelnen Anteile der Flächenfarben wäre hier empfehlenswert. Je klarer und einfacher das Muster ist, desto besser kann es wahrgenommen werden. Je kleinteiliger und unregelmäßiger das Muster ist, desto schlechter kann es wahrgenommen werden und desto größer ist die Wahrscheinlichkeit für Fehlinterpretationen.
- Die Markierung im Sockelbereich ist als Glasflächenmarkierung unzureichend. Obwohl sie (bei ausreichendem Kontrast) wahrgenommen wird, wird sie eher als flächiges Element am Boden interpretiert und kann nicht als Glasfläche eingeordnet werden.

6.2 Künftige Forschung

Diese Arbeit ist ein erster Versuch, sowohl den Anforderungen von Personen mit Seheinschränkungen, als auch den gestalterischen Ansprüchen von ArchitektInnen gerecht zu werden.

Aus architektonischer Sicht müsste hierbei noch viel mehr im räumlichen Zusammenhang geforscht werden, wie sich gestalterische Elemente, wie beispielsweise unterschiedliche Bodenbeläge, der Einsatz von Beleuchtung und baulichen Elementen (z.B. massive Sockel, Vor- und Rücksprünge) auf die Erkennbarkeit von Glasflächen auswirken.

Versuche unter Laborbedingungen sind notwendig, um die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse sicherzustellen. Damit die Unterschiede in der Beurteilung auf die Eigenschaften der Kennzeichnung zurückzuführen sind, wurde bei den durchgeführten Tests sichergestellt, dass mögliche Störeinflüsse (wie z.B. Reflexionen, Blendung oder Unregelmäßigkeiten im Hintergrund) weitestgehend

ausgeschlossen wurden. Durch die Rückmeldung der Testpersonen wurde deutlich, dass manche Eigenschaften, wie z.B. Unterbrechungen oder Farbe, unter realen Bedingungen noch schlechter bzw. besser wahrgenommen würden, als es im Testsetting der Fall war. Gut wäre es deshalb, ein Testsetting zu entwerfen, in dem Störfaktoren (Reflexionen auf der Glasfläche, Blendung durch Tageslicht oder alternierende Hintergründe) reproduzierbar getestet werden können. Eine größere Anzahl von Testpersonen ist aufgrund der Unterschiedlichkeit von Sehbehinderungen zu empfehlen.

Vertiefende Forschung auf dem Gebiet wäre in Hinblick auf eine möglichst zweckentsprechende Ausführung und Weiterentwicklung von Glasflächenkennzeichnungen sinnvoll und notwendig. Dies ist nicht nur essentiell für Menschen mit Sehbehinderungen, sondern kommt auch älteren Personen und allen Menschen bei ungünstigen Bedingungen zugute.

Literaturverzeichnis

ABSV, ALLGEMEINER BLINDEN UND SEHBEHINDERTENVERBAND BERLIN (2017). *Sehbehinderungs-Simulator*. ABSV. Online verfügbar unter <http://www.absv.de/sehbehinderungs-simulator>, zuletzt geprüft am 23.05.2017.

AREND, L. (2017). *Luminance Contrast*. Washington: Nasa Ames Research Center. Online verfügbar unter https://colorusage.arc.nasa.gov/luminance_cont.php, zuletzt geprüft am 23.05.2017.

ASI, AUSTRIAN STANDARDS INSTITUTE (2017). ÖNORM EN 16584-1:2017. *Bahnanwendungen - Gestaltung für die Nutzung durch PRM - Allgemeine Anforderungen Teil 1: Kontrast*. Austrian Standards Institute.

ASI, AUSTRIAN STANDARDS INSTITUTE (2017). ÖNORM B 1600:2017. *Barrierefreies Bauen - Planungsgrundlagen*. Wien: Austrian Standards Institute.

BAER, R., BILLY, H., CARRARO, U., ECKERT, M., GALL, D., SCHNOR, R. (2006). *Grundlagen Beleuchtungstechnik*. 3., vollst. überarb. Aufl. ISBN: 3-341-01497-7. Berlin: Huss-Medien GmbH.

BAUA, BUNDESANSTALT FÜR ARBEITSSCHUTZ UND ARBEITSMEDIZIN (2014a). ASR A1.6. *Technische Regeln für Arbeitsstätten. Fenster, Oberlichter, lichtdurchlässige Wände*. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Online verfügbar unter https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/ASR/pdf/ASR-A1-6.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 23.05.2017.

BAUA, BUNDESANSTALT FÜR ARBEITSSCHUTZ UND ARBEITSMEDIZIN (2014b). ASR A1.7. *Technische Regeln für Arbeitsstätten. Türen und Tore*. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Online verfügbar unter https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/ASR/pdf/ASR-A1-7.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 23.05.2017.

BAUA, BUNDESANSTALT FÜR ARBEITSSCHUTZ UND ARBEITSMEDIZIN (2016). ASR V3a.2. *Technische Regeln für Arbeitsstätten. Barrierefreie Gestaltung von Arbeitsstätten*. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Online verfügbar unter https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/ASR/pdf/ASR-V3a-2.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 23.05.2017.

BMG, BUNDESMINISTERIUM FÜR GESUNDHEIT (1996). *Verbesserung von visuellen Informationen im öffentlichen Raum. Handbuch für Planer und Praktiker zur bürgerfreundlichen und behindertengerechten Gestaltung des Kontrasts, der Helligkeit, der Farbe und der Form von optischen Zeichen und Markierungen in Verkehrsräumen und in Gebäuden*. ISBN: 3926181281. Bad Homburg: FMS Fach-Media-Service-Verl.-Ges. Online verfügbar unter http://www.pro-retina.de/dateien/ea_handbuch_fuer_planer_und_praktiker.pdf, zuletzt geprüft am 23.05.2017.

BODMANN, H. W. und VOIT, A. E. (1962). *Versuche zur Beschreibung der Hellempfindung*. *Lichttechnik* 14 (8), S. 394–400.

BOURNE, R. R. A., STEVENS, G. A., WHITE, R. A., SMITH, J. L., FLAXMAN, S. R., PRICE, H., JONAS, J. B., KEEFFE, J., LEASHER, J., NAIDOO, K., PESUDOV, K., RESNIKOFF, S., TAYLOR, H. R. (2013). *Causes of vision loss worldwide, 1990–2010. A systematic analysis*. *The Lancet Global Health* 1 (6), e339–e349. DOI: 10.1016/S2214-109X(13)70113-X.

BRAILLE INSTITUTE (2017). *Mobile Applications, Simulation of Visual Impairment*. Online verfügbar unter <http://www.brailleinstitute.org/digital/mobile-applications.html>, zuletzt geprüft am 23.05.2017.

BS, BRITISH STANDARDS (2009). BS 8300:2009. *Design of buildings and their approaches to meet the needs of disabled people - Code of practice*. London: British Standards Institution.

BS, BRITISH STANDARDS (2010). BS 8493:2008+A1:2010. *Light reflectance value (LRV) of a surface - Method of test*. London: British Standards Institution.

BSVWNB, BLINDEN UND SEHBEHINDERTENVERBAND WIEN, NIEDERÖSTERREICH, BURGENLAND (2017). *Die 7 häufigsten Augenerkrankungen - Blinden- und Sehbehindertenverband Wien, NÖ und Bgld*. Online verfügbar unter <https://www.blindenverband-wnb.at/wissenswertes/die-7-haeufigsten-augenerkrankungen/>, zuletzt geprüft am 23.05.2017.

CIE, INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION (2004) CIE 15:2004. *Colorimetry*. 3. ed. (Technical report / CIE, 15). ISBN: 978 3 901906 33 6. Vienna: CIE Central Bureau.

CIE, INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION (2011) CIE 196:2011. *CIE guide to increasing accessibility in light and lighting. Vision data and design considerations for better visibility and lighting for older people and people with disabilities*. Technical report. ISBN: 9783901906947. Vienna: CIE Central Bureau.

DBSV, DEUTSCHER BLINDEN- UND SEHBEHINDERTENVERBAND (2017). *Augenkrankheiten - Informationen zu den 7 häufigsten Augenerkrankungen*. Online verfügbar unter <http://www.dbsv.org/augenkrankheiten.html>, zuletzt geprüft am 23.05.2017.

DIEPES, H., KRAUSE, K., ROHRSCHEIDER, K. (2007). *Sehbehinderung. Ursachen - Auswirkungen - Versorgung*. ISBN: 978-3922269779. Heidelberg: DOZ.

DIETZE, H. (2008). *Die optometrische Untersuchung*. ISBN: 978-3-13-142231-6. Stuttgart u.a.: Thieme.

DIN, DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (2009). DIN EN ISO 8596:2009. *DIN EN ISO 8596*. Berlin: Deutsches Institut für Normung.

DIN, DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (2009). DIN 32975:2009. *Gestaltung visueller Informationen im öffentlichen Raum zur barrierefreien Nutzung*. Berlin: Deutsches Institut für Normung.

DIN, DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (2010). DIN 18040-1:2010. *Barrierefreies Bauen - Planungsgrundlagen Teil 1: Öffentlich zugängliche Gebäude*. Berlin: Deutsches Institut für Normung.

DIN, DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (2011). DIN EN 12665:2011. *Licht und Beleuchtung – Grundlegende Begriffe und Kriterien für die Festlegung von Anforderungen an die Beleuchtung*. Berlin: Deutsches Institut für Normung.

DOG, DEUTSCHE OPHTHALMOLOGISCHE GESELLSCHAFT E.V. (2011). *Prüfung des Kontrast- oder Dämmerungssehens*. *Ophthalmologie* 108 (12), S. 1195–1198. DOI: 10.1007/s00347-011-2488-5.

EU, EUROPÄISCHE UNION (2004). *Koordinierung der Verfahren zur Vergabe öffentlicher Bauaufträge, Lieferaufträge und Dienstleistungsaufträge*. Fundstelle: Richtlinie 2004/18/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates.

EU, EUROPÄISCHE UNION (2014). *TSI PRM - Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität bezüglich der Zugänglichkeit des Eisenbahnsystems der Union für Menschen mit Behinderungen und Menschen mit eingeschränkter Mobilität*. Fundstelle: Verordnung (EU) Nr. 1300/2014 der Kommission vom 18.11.2014.

GOLDSTEIN, E. B. (2002). *Wahrnehmungspsychologie*. 2., dt. Aufl. / hrsg. von Manfred Ritter. Hg. v. Manfred Ritter. Heidelberg u.a.: Spektrum Akademischer Verlag (Spektrum-Lehrbuch).

GOTTLIEB, J. L. (2002). *Age-related macular degeneration*. JAMA 288 (18), S. 2233–2236.

GRUNDNER, M. R. (2013). *Barrierefreies Planen und Bauen in Österreich. Handbuch für mehr Mobilität - mit vielen Bildern und Praxistipps*. 1. Aufl., Stand 2013-09-01. ISBN: 978-3-85402-282-4. Wien: Austrian Standards plus Publishing.

HAUBNER, P., BODMANN, H. W., MARSDEN, A. M. (1980). *A Unified Relationship between Brightness and Luminance*. Siemens Forschungs- und Entwicklungsberichte 9 (6), S. 315–318.

HENTSCHEL, H.-J. (Hg.) (2002). *Licht und Beleuchtung. Grundlagen und Anwendungen der Lichttechnik*. 5., neubearb. u. erw. Aufl. Heidelberg: Hüthig.

HÖLLERHAGE, K. (2011). *Das menschliche Kontrastsehen – Vergleich zweier Testverfahren. Dissertation*. ALBERT-LUDWIGS-UNIVERSIÄT, Freiburg, Medizinische Fakultät. Online verfügbar unter <https://freidok.uni-freiburg.de/dnb/download/8709>, zuletzt geprüft am 23.05.2017.

IES, ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY (Hg.) (2011). *The lighting handbook. Reference and application*. DiLaura, D. L., Houser, K. W., Mistrick, R. G., Steffy, G. R. 10. ed. New York: IES.

ISO, INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (2011). ISO 21542:2011. *Building Construction - Accessibility and usability of the built environment*. Geneva: International Organization for Standardization.

ISO, INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (2011). DIN EN ISO 24502:2011. *Ergonomie - Zugängliche Gestaltung - Spezifikationen des altersbezogenen Leuchtdichtekontrastes für farbiges Licht*. Geneva: International Organization for Standardization.

JOOS, R., BUSER, F., SCHEIDEGGER, A., HORLACHER, F., HINNI, S., GOGNIAT, F. (2012). *Eruierung des für Sehingeschränkte relevanten Blickwinkels auf Objekte im öffentlichen Verkehr bezüglich Kontrolle des gesetzlich geforderten Kontrastes. Bericht erstellt im Auftrag des Bundesamtes für Verkehr*. Fachhochschule Nordwestschweiz. Hochschule für Technik. Institut für Optometrie. Online verfügbar unter https://www.bav.admin.ch/dam/bav/en/dokumente/themen/barrierefreiheit/bericht_eruierungdesfuersehingeschraenkterelevantenblickwinkels.pdf.download.pdf/bericht_eruierungdesfuersehingeschraenkterelevantenblickwinkels.pdf., zuletzt geprüft am 23.05.2017.

KLENOVEC, M. A. (2014). *Design for all. Bauen für die Zukunft - smart und nachhaltig bauen*. Vorlesungsskriptum. TU - Wien.

LEITNER, B. (2008). *Menschen mit Beeinträchtigungen, Ergebnisse der Mikrozensus-Zusatzfragen im 4. Quartal 2007*. Statistische Nachrichten 12/2008, S. 1132–1141. Wien: Statistik Austria.

LINDNER, H., BEYER, I., BUNZENTHAL, W., BEHRENS-BAUMANN, W., RÖHL, F. W., LÄUTER, J. (1994). *Orientierungshilfen für Sehbehinderte im öffentlichen Bereich durch Verbesserung der visuellen*

Kontraste. Abschlussbericht Forschungsprojekt Kontrastoptimierung. Gz. 413-335 5/4 5. Magdeburg: Otto-von-Guericke-Universität.

LÜBBE, E. (2013). *Farbempfindung, Farbbeschreibung und Farbmessung. Eine Formel für die Farbsättigung.* ISBN: 978-3-8348-1801-0. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

MAHDAVI, A. (2014). *Visual aspects of the built environment.* Vorlesungsskriptum. TU - Wien.

OIB, ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK (2015). OIB-330.4-020/15. OIB Richtlinie 4. *Nutzungssicherheit und Barrierefreiheit.* Wien: Österreichisches Institut für Bautechnik. Online verfügbar unter https://www.oib.or.at/sites/default/files/richtlinie_4_26.03.15_0.pdf, zuletzt geprüft am 23.05.2017.

OIB, ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK (2017). *Inkrafttreten der OIB-Richtlinien 2015.* Online verfügbar unter <https://www.oib.or.at/de/inkrafttreten-2015>, zuletzt geprüft am 23.05.2017.

PRO RETINA, DEUTSCHLAND E.V. (2017). *Sehstörungen Simulator von Pro Retina und BKK.* Online verfügbar unter <http://www.pro-retina.de/simulation>, zuletzt geprüft am 23.05.2017.

REIDENBACH, H.-D. (2008). *Blendung durch optische Strahlungsquellen.* Forschung Projekt F 2185. Dortmund, Berlin: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Online verfügbar unter https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/F2185.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 23.05.2017.

REPUBLIK ÖSTERREICH (1993). *Bundespflegegeldgesetz - Bundesrecht konsolidiert, Fassung vom 19.05.2017.* Fundstelle: BGBl - Nr. 110/1993. Online verfügbar unter <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008859>, zuletzt geprüft am 23.05.2017.

REPUBLIK ÖSTERREICH (1997). *Kennzeichnungsverordnung. Kenn-V.* Fundstelle: BGBl II - Nr. 101/1997. Online verfügbar unter <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10009067>, zuletzt geprüft am 23.05.2017.

REPUBLIK ÖSTERREICH (1998). *Arbeitsstättenverordnung.* Fundstelle: BGBl II - Nr. 368/1998. Online verfügbar unter <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10009098>, zuletzt geprüft am 23.05.2017.

REPUBLIK ÖSTERREICH (2005). *Bundes-Behindertengleichstellungsgesetz - Bundesrecht konsolidiert.* Fundstelle: BGBl I - Nr. 82/2005. Online verfügbar unter <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20004228>, zuletzt geprüft am 23.05.2017.

REPUBLIK ÖSTERREICH (2006). *Bundesvergabegesetz 2006 - Bundesrecht konsolidiert.* Fundstelle: BGBl I - Nr. 17/2006. Online verfügbar unter <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20004547>, zuletzt geprüft am 23.05.2017.

REPUBLIK ÖSTERREICH (2008). *Übereinkommen über die Rechte von Menschen mit Behinderungen.* Fundstelle: BGBl III - Ausgegeben am 23.Oktober 2008 - Nr. 155. Online verfügbar unter https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA_2008_III_155/COO_2026_100_2_483536.pdf, zuletzt geprüft am 23.05.2017.

RIS, H. R. (2008). *Beleuchtungstechnik für Praktiker. Grundlagen - Lampen - Leuchten - Planung - Messung*. 4. Aufl. ISBN: 978-3-8007-3013-1. Berlin u.a.: VDE Verlag.

RÖHLER, R. (1995). *Sehen und Erkennen. Psychophysik des Gesichtssinnes*. ISBN: 3-540-58537-0. Berlin u.a.: Springer, zuletzt geprüft am 19.11.2016.

SCHMIDT, E. und BUSER, F. (2014). *Planung und Bestimmung visueller Kontraste*. Zürich: Schweizerische Fachstelle für behindertengerechtes Bauen.

SIA, SCHWEIZERISCHER INGENIEUR- UND ARCHITEKTENVEREIN (2009). SIA 500:2009. *Hindernisfreie Bauten*. Zürich: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein.

STEIN, B., REYNOLDS, J. S., GRONDZIK, W. T., KWOK, A. G. (2006). *Mechanical and electrical equipment for buildings*. 10. ed. ISBN: 978-0-471-46591-1. Hoboken NJ: Wiley.

VALBERG, A. (2005). *Light, vision, color*. ISBN: 978-0-470-84903-3. Chichester u.a.: Wiley & Sons.

VOGELAUER, C., FÜRST, E., HAUCK, N., HAUCK, C. (2013). *Sehschwäche als mobilitätsrelevante Einschränkung. Parameter und Guideline zur Abgrenzung einer wenig wahrgenommenen Gruppe*. *Diversitas - Zeitschrift für Managing Diversity und Diversity Studies* (1), S. 29–40.

WESEMANN, W., SCHIEFER, U., BACH, M. (2010). *Neue DIN-Normen zur Sehscharfebestimmung*. *Der Ophthalmologe - Zeitschrift der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft* 107 (9), S. 821–826. DOI: 10.1007/s00347-010-2228-2.

WHO, WORLD HEALTH ORGANIZATION (2001). *International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF)*. Geneva: World Health Organization.

WHO, WORLD HEALTH ORGANIZATION (2012). *Global Data on Visual Impairments 2010*. Geneva: World Health Organization.

WHO, WORLD HEALTH ORGANIZATION (2015). ICD-10 Version:2015. *International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems. 10th Revision*. Chapter VII (H54). Geneva: World Health Organization. Online verfügbar unter <http://apps.who.int/classifications/icd10/browse/2015/en#/H53-H54>, zuletzt geprüft am 23.05.2017.

ZAGLER, W. (2009). *Rehabilitationstechnik 1. Elektronische Hilfen für behinderte und alte Menschen*. Vorlesungsskriptum. TU - Wien.

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 2.1: WELLENLÄNGENBEREICH DES SICHTBAREN LICHTES (RIS, 2008)	17
ABBILDUNG 2.2: VEREINFACHTER SCHNITT DURCH DAS MENSCHLICHE AUGE (BAER ET AL., 2006, S.52)	18
ABBILDUNG 2.3: QUERSCHNITT DURCH DAS MENSCHLICHE AUGE MIT DARSTELLUNG DER ABBILDUNG AUF DER NETZHAUT (GOLDSTEIN, 2002)	19
ABBILDUNG 2.4: QUERSCHNITT DURCH DIE NETZHAUT MIT DEN 5 WICHTIGSTEN ZELLTYPEN (GOLDSTEIN, 2002, S.45)	19
ABBILDUNG 2.5: VERTEILUNG DER STÄBCHEN UND ZAPFEN ÜBER DIE NETZHAUT (HENTSCHEL, 2002, S.11)	19
ABBILDUNG 2.6: VERLAUF DER NERVENBAHNEN FÜR DIE WAHRNEHMUNG VON REIZEN, AUFGETEILT AUF LINKE UND RECHTE GESICHTSHÄLFTE (UNIVERSITÄT HEIDELBERG, 2003)	21
ABBILDUNG 2.7: BEREICHE IM MENSCHLICHEN GEHIRN, DIE DIE VISUELLE WAHRNEHMUNG BETREFFEN (IES, 2011, S. 2.10)	21
ABBILDUNG 2.8: GESICHTSFELD BEIM RECHTEN AUGE (DIETZE, 2008, S.36)	22
ABBILDUNG 2.9: LAGE DES GESICHTSFELDES AUF DER NETZHAUT (GOLDSTEIN, 2002, S.51)	22
ABBILDUNG 2.10: ADAPTATIONSZEIT DER REZEPTORTYPEN: GRAU FÜR ZAPFEN, SCHWARZ FÜR STÄBCHEN (VALBERG, 2005, S.147)	24
ABBILDUNG 2.11: DARSTELLUNG DER HELLEMPFINDUNG VON FLÄCHEN, DEFINIERT DURCH DEN FAKTOR L/L_A , L_A IST DIE ADAPTATIONSLEUCHTDICHTE (NACH BODMANN UND VOIT, ZITIERT IN HENTSCHEL, 2002, S.58)	27
ABBILDUNG 2.12: RELATIVE HELLEMPFINDLICHKEITSKURVE FÜR TAG- UND NACHTADAPTIERTES AUGE (VALBERG, 2005, S.152) ...	29
ABBILDUNG 2.13: DIE 1988 VON DER CIE REVIDIERTE MENSCHLICHE HELLEMPFINDLICHKEITSKURVE (VALBERG, 2005), S.174) ...	29
ABBILDUNG 2.14: VERANSCHAULICHUNG EINES VISUS VON 1,0. DAS ABGEBILDETE SEHZEICHEN IST DER LANDOLT-RING.....	30
ABBILDUNG 2.15: NONIUSSEHSCHÄRFE - SEITLICHE VERSETZUNG VON LINIEN (ZAGLER, 2009, A 15)	31
ABBILDUNG 2.16: SINUSGITTER ZUR ERMITTLUNG DER GITTERSEHSCHÄRFE (DIETZE, 2008)	31
ABBILDUNG 2.17: KONTRASTFUNKTION IN ABHÄNGIGKEIT VON DER ADAPTATIONSLEUCHTDICHTE,	33
ABBILDUNG 2.18: ILLUSTRATION DER EIGENSCHAFT DES MENSCHLICHEN VISUELLEN SYSTEMS, VORHANDENE KONTRASTE ZU VERSTÄRKEN.....	33
ABBILDUNG 2.19: BILDSIMULATION VON NORMALEM SEHEN (© NICO HAUCK).....	40
ABBILDUNG 2.20: BILDSIMULATION VON ACHROMATOPSIE (VOLLSTÄNDIGE FARBENBLINDHEIT) (© NICO HAUCK)	40
ABBILDUNG 2.21: BILDSIMULATION VON LEICHTEREM KATARAKT (GRAUER STAR) (© NICO HAUCK).....	41
ABBILDUNG 2.22: BILDSIMULATION VON STÄRKEREM KATARAKT (GRAUER STAR) (© NICO HAUCK)	41
ABBILDUNG 2.23: BILDSIMULATION EINES RINGFÖRMIGEN SKOTOMS (© NICO HAUCK).....	41
ABBILDUNG 2.24: BILDSIMULATION EINES ZENTRALSOTOMS (© NICO HAUCK)	41
ABBILDUNG 2.25: BILDSIMULATION EINES GLAUKOMS (GRÜNER STAR) MIT SICHELAUSSPARUNG (© NICO HAUCK).....	41
ABBILDUNG 2.26: BILDSIMULATION VON HEMIANOPSIE (HALBSEITIGER GESICHTSFELDAUSFALL) MIT ZENTRALSOTOM (© NICO HAUCK)	41
ABBILDUNG 2.27: ABBILDUNG DER RAL-FARBEN: 7024 GRAPHITGRAU UND 9011 GRAPHITSCHWARZ.....	53
ABBILDUNG 2.28: VORGABEN IN NORMEN BEZÜGLICH GLASFLÄCHENKENNZEICHNUNGEN: ANBRINGUNGSHÖHE, VERTIKALE MINDESTHÖHE SOWIE PROZENTUALER ANTEIL DER VORGEgebenEN FLÄCHE, DER MARKIERT WERDEN MUSS.	55

ABBILDUNG 2.29: KENNZEICHNUNG VON HINDERNISSEN UND GEFAHRENSTELLEN NACH DER ÖSTERREICHISCHEN KENNZEICHNUNGSVERORDNUNG (REPUBLIK ÖSTERREICH, 2015, ANHANG 2)	57
ABBILDUNG 2.30: GLASFLÄCHENMARKIERUNGEN, IN ÜBEREINSTIMMUNG MIT DER ÖNORM EN 16584-1 (ÖNORM EN 16584- 1:2017, ANHANG B.3).....	59
ABBILDUNG 2.31: GRAFIK FÜR DIE BEMESSUNG DES ALLGEMEINEN KONTRASTES IN DER ÖNORM EN 16584-1 (ÖNORM EN 16584-1:2017, ANHANG A.1)	59
ABBILDUNG 2.32: GLASFLÄCHENMARKIERUNGEN IN ÜBEREINSTIMMUNG MIT DER ÖNORM B 1600	61
ABBILDUNG 2.33: GLASFLÄCHENMARKIERUNG IN PARIS AM FLUGHAFEN-BAHNHOF CHARLES DE GAULLE, 2016.....	67
ABBILDUNG 2.34: UNZUREICHEND MARKIERTE GLASSCHEIBE QUER ZUR GEHRELATION IN DER HAUPTBÜCHEREI WIEN, 2017	68
ABBILDUNG 2.35: UNZUREICHEND MARKIERTE GLASFLÄCHE QUER ZUR GEHRELATION IM BAHNHOF WIEN FLORIDSDORF, 2017	68
ABBILDUNG 2.36: SATINIERTER KENNZEICHNUNG AN DER AUßENFASADE EINES LOKALS IM 15. BEZIRK, WIEN, 2017	69
ABBILDUNG 2.37: SATINIERTER KENNZEICHNUNG IM FOYER EINER BANK, WIEN, 2017.....	69
ABBILDUNG 2.38: KENNZEICHNUNGEN EINER GEBÄUDEFASADE AM PRATERSTERN, WIEN, 2014	69
ABBILDUNG 2.39: GESCHÄFT IM MUSEUMSQUARTIER WIEN, 2016.....	70
ABBILDUNG 2.40: WARTEBEREICH AM HAUPTBAHNHOF HANNOVER, 2017	70
ABBILDUNG 2.41: AUSGANG VON DER U-BAHNSTATION IN WIEN SIMMERING, 2017	70
ABBILDUNG 2.42: EINGANG IN EIN GESCHÄFT IN DER SEESTADT ASPERN, WIEN, 2017.....	71
ABBILDUNG 2.43: EINGANG IN EIN SPORTZENTRUM IM 22. BEZIRK IN WIEN, 2017	71
ABBILDUNG 2.44: FASSADE UND EINGANG IN DIE ZWEIGSTELLE EINER KRANKENVERSICHERUNG, WIEN, 2017	71
ABBILDUNG 3.1: IM VORVERSUCH GETESTETE DESIGNS 1-4 VOR DEN ZWEI UNTERSCHIEDLICHEN HINTERGRÜNDEN	72
ABBILDUNG 3.2: DOKUMENTATION DES VORVERSUCHS	72
ABBILDUNG 3.3: WAHRNEHMUNGSSCHWELLE "KLAR ALS MARKIERUNG ERKENNBAR" (MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG VON 5 TESTS PRO DESIGN) FÜR DIE DESIGNS 1-4 IM VORVERSUCH, VOR WEIßEM HINTERGRUND, TESTPERSON 1	73
ABBILDUNG 3.4: WAHRNEHMUNGSSCHWELLE "KLAR ALS MARKIERUNG ERKENNBAR" (MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG VON 5 TESTS PRO DESIGN) FÜR DIE DESIGNS 1-4 IM VORVERSUCH, VOR WEIßEM HINTERGRUND, TESTPERSON 2	73
ABBILDUNG 3.5: SKIZZE DER VERSUCHSANORDNUNG, GRUNDRISS, LÄNGS- UND QUERSCHNITT.....	74
ABBILDUNG 3.6: VERSUCHSAUFBAU MIT HINTERGRUNDBELEUCHTUNG	74
ABBILDUNG 3.7: VERSUCHSAUFBAU OHNE HINTERGRUNDBELEUCHTUNG	74
ABBILDUNG 3.8: WAGEN ZUR AUFBEWAHRUNG DER DESIGNS AM VERSUCHSORT	75
ABBILDUNG 3.9: ERMITTLUNG DER KONTRASTE MITTELS SPEKTROPHOTOMETER (LINKS), VERGLEICH MIT EINEM FARBFÄCHER (MITTE) UND LEUCHTDICHTEBILDERN (RECHTS).....	82
ABBILDUNG 3.10: VERGLEICH DER LEUCHTDICHTEKONTRASTE NACH MICHELSON (K_M), ERMITTELT ANHAND VON LEUCHTDICHTEN (L), LRV-WERTEN AUS MESSUNGEN ($Y(10^\circ/D65)$) UND LRV-WERTEN VON ENTSPRECHENDEN RAL-FARBEN; OHNE HINTERGRUNDBELEUCHTUNG	83
ABBILDUNG 4.1: DESIGN-VERGLEICH 1-A, OHNE HINTERGRUNDBELEUCHTUNG.....	88
ABBILDUNG 4.2: DESIGN-VERGLEICH 1-A, MIT HINTERGRUNDBELEUCHTUNG	89
ABBILDUNG 4.3: DESIGN-VERGLEICH 2-A, OHNE HINTERGRUNDBELEUCHTUNG.....	90
ABBILDUNG 4.4: DESIGN-VERGLEICH 2-A, MIT HINTERGRUNDBELEUCHTUNG	91

ABBILDUNG 4.5: DESIGN-VERGLEICH 3-A, OHNE HINTERGRUNDBELEUCHTUNG.....	92
ABBILDUNG 4.6: DESIGN-VERGLEICH 3-A, MIT HINTERGRUNDBELEUCHTUNG	93
ABBILDUNG 4.7: DESIGN-VERGLEICH 4-A, OHNE HINTERGRUNDBELEUCHTUNG.....	94
ABBILDUNG 4.8: DESIGN-VERGLEICH 4-A, MIT HINTERGRUNDBELEUCHTUNG	95
ABBILDUNG 4.9: DESIGN-VERGLEICH 5-A, OHNE HINTERGRUNDBELEUCHTUNG.....	96
ABBILDUNG 4.10: DESIGN-VERGLEICH 5-A, MIT HINTERGRUNDBELEUCHTUNG	97
ABBILDUNG 4.11: DESIGN-VERGLEICH 6-A, OHNE HINTERGRUNDBELEUCHTUNG.....	98
ABBILDUNG 4.12: DESIGN-VERGLEICH 6-A, MIT HINTERGRUNDBELEUCHTUNG	99
ABBILDUNG 4.13: DESIGN-VERGLEICH 7-A, OHNE HINTERGRUNDBELEUCHTUNG.....	100
ABBILDUNG 4.14: DESIGN-VERGLEICH 7-A, MIT HINTERGRUNDBELEUCHTUNG	101
ABBILDUNG 4.15: DESIGN-VERGLEICH 8-A, OHNE HINTERGRUNDBELEUCHTUNG.....	102
ABBILDUNG 4.16: DESIGN-VERGLEICH 8-A, MIT HINTERGRUNDBELEUCHTUNG	103
ABBILDUNG 4.17: DESIGN-VERGLEICH 9-A, OHNE HINTERGRUNDBELEUCHTUNG.....	104
ABBILDUNG 4.18: DESIGN-VERGLEICH 9-A, MIT HINTERGRUNDBELEUCHTUNG	105
ABBILDUNG 4.19: DESIGN-VERGLEICH 10-A, OHNE HINTERGRUNDBELEUCHTUNG.....	106
ABBILDUNG 4.20: DESIGN-VERGLEICH 10-A, MIT HINTERGRUNDBELEUCHTUNG	107
ABBILDUNG 4.21: DESIGN-VERGLEICH 5-B, OHNE HINTERGRUNDBELEUCHTUNG.....	108
ABBILDUNG 4.22: DESIGN-VERGLEICH 5-B, MIT HINTERGRUNDBELEUCHTUNG.....	109
ABBILDUNG 4.23: DESIGN-VERGLEICH 6-B, OHNE HINTERGRUNDBELEUCHTUNG.....	110
ABBILDUNG 4.24: DESIGN-VERGLEICH 6-B, MIT HINTERGRUNDBELEUCHTUNG.....	111
ABBILDUNG 4.25: DESIGN-VERGLEICH 11-C, OHNE HINTERGRUNDBELEUCHTUNG.....	112
ABBILDUNG 4.26: DESIGN-VERGLEICH 11-C, MIT HINTERGRUNDBELEUCHTUNG.....	113
ABBILDUNG 4.27: DESIGN-VERGLEICH 12-C, OHNE HINTERGRUNDBELEUCHTUNG.....	114
ABBILDUNG 4.28: DESIGN-VERGLEICH 12-C, MIT HINTERGRUNDBELEUCHTUNG.....	115
ABBILDUNG 4.29: DESIGN-VERGLEICH 13-D, OHNE HINTERGRUNDBELEUCHTUNG.....	116
ABBILDUNG 4.30: DESIGN-VERGLEICH 13-D, MIT HINTERGRUNDBELEUCHTUNG	117
ABBILDUNG 4.31: MITTELWERT (MIT INTERVALL VON ZWEI STANDARDABWEICHUNGEN) DER SICHTBARKEIT FÜR SCHLECHTER SEHENDE TESTPERSONEN (S_s) FÜR DIE DESIGNS 1-10, RELATIV ZUM REFERENZDESIGN A (SW_D), MIT HINTERGRUNDBELEUCHTUNG (MH)	118
ABBILDUNG 4.32: MITTELWERT (MIT INTERVALL VON ZWEI STANDARDABWEICHUNGEN) DER SICHTBARKEIT FÜR SCHLECHTER SEHENDE TESTPERSONEN (S_s) FÜR DIE DESIGNS 1-10, RELATIV ZUM REFERENZDESIGN A (SW_D), OHNE HINTERGRUNDBELEUCHTUNG (OH)	118
ABBILDUNG 4.33: MITTELWERT (MIT INTERVALL VON ZWEI STANDARDABWEICHUNGEN) DER SICHTBARKEIT FÜR BESSER SEHENDE TESTPERSONEN (S_b) FÜR DIE DESIGNS 1-10, RELATIV ZUM REFERENZDESIGN A (SW_D), MIT HINTERGRUNDBELEUCHTUNG (MH)	119
ABBILDUNG 4.34: MITTELWERT (MIT INTERVALL VON ZWEI STANDARDABWEICHUNGEN) DER SICHTBARKEIT FÜR BESSER SEHENDE TESTPERSONEN (S_b) FÜR DIE DESIGNS 1-10, RELATIV ZUM REFERENZDESIGN A (SW_D), OHNE HINTERGRUNDBELEUCHTUNG (OH)	119

ABBILDUNG 4.35: MITTELWERT (MIT INTERVALL VON ZWEI STANDARDABWEICHUNGEN) DER PRÄFERENZ SCHLECHTER SEHENDER TESTPERSONEN (P_s) FÜR DIE DESIGNS 1-10, RELATIV ZUM REFERENZDESIGN A (SW_D), MIT HINTERGRUNDBELEUCHTUNG (MH)	120
ABBILDUNG 4.36: MITTELWERT (MIT INTERVALL VON ZWEI STANDARDABWEICHUNGEN) DER PRÄFERENZ SCHLECHTER SEHENDER TESTPERSONEN (P_s) FÜR DIE DESIGNS 1-10, RELATIV ZUM REFERENZDESIGN A (SW_D), OHNE HINTERGRUNDBELEUCHTUNG (OH)	120
ABBILDUNG 4.37: MITTELWERT (MIT INTERVALL VON ZWEI STANDARDABWEICHUNGEN) DER PRÄFERENZ BESSER SEHENDER TESTPERSONEN (P_b) FÜR DIE DESIGNS 1-10, RELATIV ZUM REFERENZDESIGN A (SW_D), MIT HINTERGRUNDBELEUCHTUNG (MH)	121
ABBILDUNG 4.38: MITTELWERT (MIT INTERVALL VON ZWEI STANDARDABWEICHUNGEN) DER PRÄFERENZ BESSER SEHENDER TESTPERSONEN (P_b) FÜR DIE DESIGNS 1-10, RELATIV ZUM REFERENZDESIGN A (SW_D), OHNE HINTERGRUNDBELEUCHTUNG (OH)	121
ABBILDUNG 4.39: MITTELWERTE ALLER 4 BEWERTUNGSPARAMETER (SICHTBARKEIT FÜR SCHLECHTER SEHENDE TESTPERSONEN S_s , SICHTBARKEIT FÜR BESSER SEHENDE TESTPERSONEN S_b , PRÄFERENZ SCHLECHTER UND BESSER SEHENDER TESTPERSONEN P_s UND P_b , FÜR DIE DESIGNS 1-10, RELATIV ZUM REFERENZDESIGN A (SW_D), MIT HINTERGRUNDBELEUCHTUNG (MH).....	122
ABBILDUNG 4.40: MITTELWERTE ALLER 4 BEWERTUNGSPARAMETER (SICHTBARKEIT FÜR SCHLECHTER SEHENDE TESTPERSONEN S_s , SICHTBARKEIT FÜR BESSER SEHENDE TESTPERSONEN S_b , PRÄFERENZ SCHLECHTER UND BESSER SEHENDER TESTPERSONEN P_s UND P_b , FÜR DIE DESIGNS 1-10, RELATIV ZUM REFERENZDESIGN A (SW_D), OHNE HINTERGRUNDBELEUCHTUNG (OH).....	122
ABBILDUNG 5.1: EINTEILUNG DER RANKINGS (DESIGNS 1-10 RELATIV ZUM REFERENZDESIGN A) DEM AUGENSCHHEIN NACH IN 4 GRUPPEN (1 - SEHR GUT, 2 - OBERE MITTELKLASSE, 3 - UNTERE MITTELKLASSE, 4 – SCHLECHT). DURCHFÜHRT FÜR JEDEN BEWERTUNGSPARAMETER (SICHTBARKEIT FÜR SCHLECHTER SEHENDE TESTPERSONEN S_s , SICHTBARKEIT FÜR BESSER SEHENDE TESTPERSONEN S_b , PRÄFERENZ SCHLECHTER UND BESSER SEHENDER TESTPERSONEN P_s UND P_b) PRO BELEUCHTUNGSSITUATION (MIT UND OHNE HINTERGRUNDBELEUCHTUNG).....	123
ABBILDUNG 5.2: RELATIVE SICHTBARKEIT ($\emptyset S_s, S_b$) AUFGETRAGEN GEGEN DIE RELATIVE PRÄFERENZ ($\emptyset P_s, P_b$), FÜR DESIGNS 1-10, RELATIV ZUM REFERENZDESIGN A, MIT HINTERGRUNDBELEUCHTUNG (MH)	125
ABBILDUNG 5.3: RELATIVE SICHTBARKEIT ($\emptyset S_s, S_b$) AUFGETRAGEN GEGEN DIE RELATIVE PRÄFERENZ ($\emptyset P_s, P_b$), FÜR DESIGNS 1-10, RELATIV ZUM REFERENZDESIGN A, OHNE HINTERGRUNDBELEUCHTUNG (OH)	125
ABBILDUNG 5.4: BEURTEILUNG MIT HINTERGRUNDBELEUCHTUNG ($\emptyset S_s, S_b, P_s, P_b$), AUFGETRAGEN GEGEN DIE BEURTEILUNG OHNE HINTERGRUNDBELEUCHTUNG ($\emptyset S_s, S_b, P_s, P_b$) DER DESIGNS 1-10, RELATIV ZUM REFERENZDESIGN A.....	126
ABBILDUNG 5.5: DESIGN-VERGLEICHE ZUR FRAGESTELLUNG "FARBE"	127
ABBILDUNG 5.6: MITTELWERTE DER 4 BEWERTUNGSPARAMETER SICHTBARKEIT UND PRÄFERENZ FÜR SCHLECHTER UND BESSER SEHENDE TESTPERSONEN: S_s, S_b, P_s UND P_b , FÜR DESIGNS 1-4, RELATIV ZUM REFERENZDESIGN A, MIT HINTERGUNDBELEUCHTUNG (MH) UND OHNE (OH).....	127
ABBILDUNG 5.7: DESIGN-VERGLEICHE ZUR FRAGESTELLUNG „UNTERBROCHENE KENNZEICHNUNGEN“	129
ABBILDUNG 5.8: MITTELWERTE DER 4 BEWERTUNGSPARAMETER SICHTBARKEIT UND PRÄFERENZ FÜR SCHLECHTER UND BESSER SEHENDE TESTPERSONEN: S_s, S_b, P_s UND P_b , FÜR DESIGNS 5-6, RELATIV ZUM REFERENZDESIGN A, MIT HINTERGUNDBELEUCHTUNG (MH) UND OHNE (OH).....	129
ABBILDUNG 5.9: DESIGN-VERGLEICHE ZUR FRAGESTELLUNG „ANORDNUNG BEI UNTERBROCHENEN KENNZEICHNUNGEN“	131

ABBILDUNG 5.10: MITTELWERTE DER 4 BEWERTUNGSPARAMETER SICHTBARKEIT UND PRÄFERENZ FÜR SCHLECHTER UND BESSER SEHENDE TESTPERSONEN: S_s , S_b , P_s UND P_b , FÜR DESIGNS 5-6, RELATIV ZUM REFERENZDESIGN B, MIT HINTERGUNDBELEUCHTUNG (MH) UND OHNE (OH).....	131
ABBILDUNG 5.11: DESIGN-VERGLEICHE ZUR FRAGESTELLUNG „FLÄCHENGRÖÖE“	132
ABBILDUNG 5.12: MITTELWERTE DER 4 BEWERTUNGSPARAMETER SICHTBARKEIT UND PRÄFERENZ FÜR SCHLECHTER UND BESSER SEHENDE TESTPERSONEN: S_s , S_b , P_s UND P_b , FÜR DESIGNS 6, 8 UND 9, RELATIV ZUM REFERENZDESIGN A, MIT HINTERGUNDBELEUCHTUNG (MH) UND OHNE (OH).....	132
ABBILDUNG 5.13: DESIGN-VERGLEICHE ZUR FRAGESTELLUNG „ANBRINGUNGSHÖHE“	133
ABBILDUNG 5.14: MITTELWERTE DER 4 BEWERTUNGSPARAMETER SICHTBARKEIT UND PRÄFERENZ FÜR SCHLECHTER UND BESSER SEHENDE TESTPERSONEN: S_s , S_b , P_s UND P_b , FÜR DESIGNS 8-9, RELATIV ZUM REFERENZDESIGN A, MIT HINTERGUNDBELEUCHTUNG (MH) UND OHNE (OH).....	134
ABBILDUNG 5.15: DESIGN-VERGLEICHE ZUR FRAGESTELLUNG „SATINIERTER KENNZEICHNUNG“	135
ABBILDUNG 5.16: MITTELWERTE DER 4 BEWERTUNGSPARAMETER SICHTBARKEIT UND PRÄFERENZ FÜR SCHLECHTER UND BESSER SEHENDE TESTPERSONEN: S_s , S_b , P_s UND P_b , FÜR DESIGN 10, RELATIV ZUM REFERENZDESIGN A, MIT HINTERGUNDBELEUCHTUNG (MH) UND OHNE (OH).....	135
ABBILDUNG 5.17: DESIGN-VERGLEICHE ZUR FRAGESTELLUNG "TÜRÖFFNUNG"	136
ABBILDUNG 5.18: MITTELWERTE DER 4 BEWERTUNGSPARAMETER SICHTBARKEIT UND PRÄFERENZ FÜR SCHLECHTER UND BESSER SEHENDE TESTPERSONEN: S_s , S_b , P_s UND P_b , FÜR DIE DESIGNS 11-12, RELATIV ZUM REFERENZDESIGN C, MIT HINTERGUNDBELEUCHTUNG (MH) UND OHNE (OH).....	136
ABBILDUNG 5.19: DESIGN-VERGLEICHE ZUR FRAGESTELLUNG "SCHWELLENMESSUNG BEI BESSER SEHENDEN TESTPERSONEN"	138
ABBILDUNG 5.20: GEGENÜBERSTELLUNG DER RELATIVEN SICHTBARKEIT S_b UND S_s FÜR DIESELBE TESTPERSON (P1...P29), S_b ERMITTELT BEI DESIGN 7 (RELATIV ZUM REFERENZDESIGN A), S_s ERMITTELT BEI DESIGN 13 (RELATIV ZUM REFERENZDESIGN D)	139

Tabellenverzeichnis

TABELLE 2.1 – GEGENÜBERSTELLUNG DER REZEPTORTYPEN IM MENSCHLICHEN AUGE	20
TABELLE 2.2 – FAKTOREN FÜR DIE FORMEL DER HELLEMPFINDUNG (2.8), NACH (HAUBNER ET AL., 1980)	28
TABELLE 2.3 - DEZIMALVISUS, SNELLENVISUS UND LOGMAR (DIETZE, 2008)	31
TABELLE 2.4 - EINTEILUNG DER SCHWERE VON SEHBEHINDERUNGEN NACH DER WHO (WHO 2015)	34
TABELLE 2.5 - EINTEILUNG DER SCHWERE VON SEHBEHINDERUNGEN NACH DEM ÖSTERREICHISCHEN PFLEGEgeldGESETZ (REPUBLIK ÖSTERREICH, 1993)	34
TABELLE 2.6: AUSWIRKUNG VON MEDIEN TRÜBUNGEN AUF DIE SEHLEISTUNGSPARAMETER	36
TABELLE 2.7: AUSWIRKUNG VON MAKULOPATHIEN AUF DIE SEHLEISTUNGSPARAMETER	37
TABELLE 2.8: AUSWIRKUNG VON GLAUKOMEN AUF DIE SEHLEISTUNGSPARAMETER	38
TABELLE 2.9: AUSWIRKUNG VON DYSTROPHIEN AUF DIE SEHLEISTUNGSPARAMETER	39
TABELLE 2.10: UMRECHNUNG DER KONTRASTDEFINITIONEN NACH MICHELSON UND WEBER SOWIE DES KONTRASTVERHÄLTNISSSES (DOG, 2011)	51
TABELLE 2.11: SPEZIFIKATIONEN HINSICHTLICH DER AUSFÜHRUNG VON GLASFLÄCHENKENNZEICHNUNGEN IN VERORDNUNGEN UND RICHTLINIEN, AUF DIE IN GESETZTEN VERWIESEN WIRD	56
TABELLE 2.12: SPEZIFIKATIONEN HINSICHTLICH DER AUSFÜHRUNG VON GLASFLÄCHENKENNZEICHNUNGEN IN NATIONALEN UND INTERNATIONALEN NORMEN	58
TABELLE 2.13: BEISPIELSAMMLUNG VON GELUNGENEN UND VERBESSERUNGSWÜRDIGEN GLASFLÄCHENKENNZEICHNUNGEN	67
TABELLE 3.1: ABBILDUNG UND BESCHREIBUNG VON DESIGN A SOWIE DESIGN 1 - 10	76
TABELLE 3.2: ABBILDUNG UND BESCHREIBUNG VON DESIGN B SOWIE DESIGN 5 - 6	78
TABELLE 3.3: ABBILDUNG UND BESCHREIBUNG VON DESIGN C SOWIE DESIGN 11 - 12	78
TABELLE 3.4: ABBILDUNG UND BESCHREIBUNG VON DESIGN D SOWIE DESIGN 13	79
TABELLE 3.5: ABBILDUNG UND MESSWERTE (SPANNE DER LEUCHTDICHTEN) DER REFERENZSITUATIONEN FÜR DIE JUSTIERUNG DES VERSUCHSAUFBAUS SOWIE ABBILDUNG UND MESSWERTE (SPANNE DER LEUCHTDICHTEN) DES VERSUCHSAUFBAUS	80
TABELLE 3.6: MESSWERTE DER DESIGN-FARBEN UND DES HINTERGRUNDES: LEUCHTDICHTE (L – MITTELWERT VON OBEREM UND UNTEREM BALKEN), VERTIKALE BELEUCHTUNGSSTÄRKE AUF HÖHE DER MARKIERUNGEN (E_{VERT}), REFLEXIONSGRAD (P, ERRECHNET AUS L UND E) SOWIE LRV- WERTE GEWONNEN DURCH MESSUNGEN ($Y(10^\circ/D65)$) UND SCHÄTZUNG MIT HILFE EINES FARBFÄCHERS (RAL-FARBE)	82
TABELLE 3.7: LEUCHTDICHTEKONTRAST NACH MICHELSON (K_M) ERRECHNET AUF DREI VERSCHIEDENE ARTEN: ANHAND DER LEUCHTDICHTEN (L), LRV-WERTE DER SPEKTROPHOTOMETER-MESSUNGEN ($LRV Y 10^\circ/D65$) UND LRV-WERTEN DER RAL-FARBEN	83
TABELLE 4.1: ANZAHL DER TESTPERSONEN PRO DESIGN-VERGLEICH, BELEUCHTUNGSSZENARIO UND SEHGRAD	87
TABELLE 5.1: BENOTUNG DER DESIGNS 1-10 (RELATIV ZUM REFERENZDESIGN A), PRO BEWERTUNGSPARAMETER, PRO BELEUCHTUNGSSITUATION	123
TABELLE 5.2: GRUPPIERUNG DER DESIGNS 1-10 (RELATIV ZUM REFERENZDESIGN A) IN SEHR GUTE DESIGNS, OBERE MITTELKLASSE, UNTERE MITTELKLASSE, SCHLECHTE DESIGNS UND SONDERFÄLLE, ANHAND DER ERMITTELTEN NOTEN PRO BEWERTUNGSPARAMETER (VGL. TABELLE 5.1)	124

Anhang

A) Bewertungsparameter pro Design-Vergleich

Mittelwerte der 4 Bewertungsparameter pro Design-Vergleich, getrennt nach mit (MH) und ohne (OH) Hintergrundbeleuchtung

Design	Referenzdesign	Beleuchtung	Mittelwert			
			Ss	Sb	Ps	Pb
1 (RW_d)	A (SW_d)	MH	-3 %	-5 %	0 %	-13 %
1 (RW_d)	A (SW_d)	OH	-12 %	3 %	-18 %	3 %
2 (GS_d)	A (SW_d)	MH	0 %	9 %	0 %	36 %
2 (GS_d)	A (SW_d)	OH	1 %	2 %	36 %	-7 %
3 (GraW_d)	A (SW_d)	MH	0 %	-2 %	0 %	-9 %
3 (GraW_d)	A (SW_d)	OH	-1 %	-10 %	-20 %	-27 %
4 (W_d)	A (SW_d)	MH	-35 %	-51 %	-100 %	-82 %
4 (W_d)	A (SW_d)	OH	9 %	-12 %	0 %	-13 %
5 (SW_75%_hor)	A (SW_d)	MH	-9 %	-26 %	-33 %	-70 %
5 (SW_75%_hor)	A (SW_d)	OH	-11 %	-22 %	-60 %	-64 %
6 (SW_75%_gr)	A (SW_d)	MH	-1 %	-8 %	0 %	-58 %
6 (SW_75%_gr)	A (SW_d)	OH	-9 %	0 %	-25 %	0 %
7 (SW_50%)	A (SW_d)	MH	-34 %	-44 %	-80 %	-80 %
7 (SW_50%)	A (SW_d)	OH	-16 %	-48 %	-91 %	-84 %
8 (40_SW_karo)	A (SW_d)	MH	-11 %	-8 %	-40 %	-22 %
8 (40_SW_karo)	A (SW_d)	OH	-7 %	-14 %	-23 %	-26 %
9 (Soc_S)	A (SW_d)	MH	50 %	-28 %	-100 %	-88 %
9 (Soc_S)	A (SW_d)	OH	24 %	-20 %	-100 %	-85 %
10 (Sat)	A (SW_d)	MH	-66 %	-96 %	-100 %	-100 %
10 (Sat)	A (SW_d)	OH	-100 %	-100 %	-100 %	-100 %
5 (SW_75%_hor)	B (SW_75%_vert)	MH	0 %	0 %	-14 %	-11 %
5 (SW_75%_hor)	B (SW_75%_vert)	OH	2 %	14 %	0 %	14 %
6 (SW_75%_gr)	B (SW_75%_vert)	MH	4 %	17 %	33 %	44 %
6 (SW_75%_gr)	B (SW_75%_vert)	OH	22 %	39 %	75 %	82 %
11 (45°_RW_d)	C (45°_SW_d)	MH	-10 %	-5 %	-50 %	-16 %
11 (45°_RW_d)	C (45°_SW_d)	OH	-7 %	-1 %	-20 %	-3 %
12 (90°_SW_d)	C (45°_SW_d)	MH	-17 %	-13 %	-50 %	-44 %
12 (90°_SW_d)	C (45°_SW_d)	OH	-16 %	-20 %	-36 %	-64 %
13 (kl_SW_50%)	D (kl_SW_d)	MH	0 %	-72 %	-	-100 %
13 (kl_SW_50%)	D (kl_SW_d)	OH	-22 %	-35 %	-85 %	-50 %

Standardabweichungen der 4 Bewertungsparameter pro Design-Vergleich, getrennt nach mit (MH) und ohne (OH) Hintergrundbeleuchtung

Design	Referenzdesign	Beleuchtung	Standardabweichung			
			Ss	Sb	Ps	Pb
1 (RW_d)	A (SW_d)	MH	9%	26%	58%	70%
1 (RW_d)	A (SW_d)	OH	21%	29%	87%	77%
2 (GS_d)	A (SW_d)	MH	0%	22%	0%	63%
2 (GS_d)	A (SW_d)	OH	12%	32%	81%	78%
3 (GraW_d)	A (SW_d)	MH	0%	11%	0%	45%
3 (GraW_d)	A (SW_d)	OH	3%	26%	63%	61%
4 (W_d)	A (SW_d)	MH	28%	38%	0%	52%
4 (W_d)	A (SW_d)	OH	34%	47%	104%	93%
5 (SW_75%_hor)	A (SW_d)	MH	16%	31%	58%	58%
5 (SW_75%_hor)	A (SW_d)	OH	16%	34%	52%	62%
6 (SW_75%_gr)	A (SW_d)	MH	2%	16%	141%	51%
6 (SW_75%_gr)	A (SW_d)	OH	11%	0%	96%	0%
7 (SW_50%)	A (SW_d)	MH	23%	40%	63%	54%
7 (SW_50%)	A (SW_d)	OH	18%	39%	30%	49%
8 (40_SW_karo)	A (SW_d)	MH	25%	41%	89%	90%
8 (40_SW_karo)	A (SW_d)	OH	33%	47%	101%	87%
9 (Soc_S)	A (SW_d)	MH	21%	65%	0%	49%
9 (Soc_S)	A (SW_d)	OH	65%	67%	0%	54%
10 (Sat)	A (SW_d)	MH	9%	14%	0%	0%
10 (Sat)	A (SW_d)	OH	0%	0%	0%	0%
5 (SW_75%_hor)	B (SW_75%_vert)	MH	6%	21%	38%	64%
5 (SW_75%_hor)	B (SW_75%_vert)	OH	27%	44%	100%	89%
6 (SW_75%_gr)	B (SW_75%_vert)	MH	18%	27%	52%	65%
6 (SW_75%_gr)	B (SW_75%_vert)	OH	21%	36%	62%	46%
11 (45°_RW_d)	C (45°_SW_d)	MH	20%	21%	58%	50%
11 (45°_RW_d)	C (45°_SW_d)	OH	22%	23%	63%	71%
12 (90°_SW_d)	C (45°_SW_d)	MH	33%	30%	84%	57%
12 (90°_SW_d)	C (45°_SW_d)	OH	19%	27%	92%	48%
13 (kl_SW_50%)	D (kl_SW_d)	MH	0%	31%	-	0%
13 (kl_SW_50%)	D (kl_SW_d)	OH	21%	38%	38%	67%

B) Ergebnisse der LRV-Messungen

Ergebnis der LRV-Messungen der einzelnen Materialien:

	LRV Y (10°/D65)	x (10°/D65)	y (10°/D65)
Hintergrund (Stoff) auf weißer Unterlage	87,26	0,312	0,328
	87,79	0,312	0,328
	87,75	0,312	0,328
	87,80	0,312	0,328
MW	87,65	0,312	0,328
Hintergrund (Stoff) auf grauer Unterlage	73,14	0,308	0,323
	73,44	0,308	0,323
	73,69	0,308	0,323
	73,50	0,308	0,323
MW	73,44	0,308	0,323
weiße Folie	82,35	0,304	0,325
	82,42	0,304	0,325
	82,53	0,304	0,325
	82,58	0,304	0,325
MW	82,47	0,304	0,325
gelbe Folie	45,94	0,483	0,444
	46,04	0,483	0,444
	46,02	0,483	0,444
	46,03	0,483	0,444
MW	46,01	0,483	0,444
rote Folie	13,95	0,526	0,326
	13,99	0,526	0,326
	13,98	0,525	0,326
	13,95	0,526	0,326
MW	13,97	0,526	0,326
graue Folie	10,28	0,308	0,327
	10,28	0,308	0,327
	10,28	0,308	0,327
	10,23	0,308	0,327
MW	10,27	0,308	0,327
schwarze Folie	4,62	0,309	0,327
	4,60	0,309	0,327
	4,57	0,309	0,327
	4,57	0,309	0,327
MW	4,59	0,309	0,327

C) Testpersonen (deskriptive Statistik)

Im Folgenden werden Alter, Geschlecht, Sehbehinderung (Beschreibung der ProbandInnen), Visus, etwaige Gesichtsfeldausfälle, Kontrastsehvermögen und Blendempfindlichkeit der Testpersonen aufgelistet. Der Visus wurde erfragt und bei Nichtwissen anhand einer Nahleseprobe (freundlicherweise zur Verfügung gestellt von der Firma TSB, Transdanubia Nikolai GmbH) ermittelt. Das Kontrastsehvermögen wurde anhand des Kontrasttests nach Dießner und Hauck ermittelt, Gesichtsfeldausfälle und Blendempfindlichkeit wurden erfragt.

Nr.	m/w	Alter	Sehbehinderung	Visus	Gesichtsfeldausfälle 0 = keine 1 = im Zentrum 2 = in der Peripherie 3 = auf einem Auge 4 = unregelmäßig	Kontrastsehen 0 = nicht eingeschränkt 1 = eingeschränkt 2 = stark eingeschränkt	Blendempfindlichkeit 0 = nicht blendempfindlich 1 = erhöht blendempfindlich 2 = stark blendempfindlich
P01	m	38	Makuladegeneration	0,05	1	1	2
P02	m	60	Grüner Star (Typ I Diabetiker)	0,3	0	1	1
P03	m	45	Sehnervenstörung an der Sehnervenkreuzung (aufgrund eines Tumors)	0,4	4	1	0
P04	m	35	Nervus Opticus Atrophie	0,07	0	2	0
P05	m	30	Albinismus, Nystagmus	0,4	0	0	2
P06	m	66	Durchtrennter Sehnerv (aufgrund einer Granatenexplosion)	0,02	3	2	1
P07	w	42	Angeborenes Glaukom, Hornhautleiden, künstliche Linse im linken Auge	0,02	4	2	2
P08	w	69	Hochgradige Kurzsichtigkeit, Netzhautblutungen und -ablösungen	0,5	4	1	1
P09	m	38	Makuladegeneration, Netzhautdystrophie	0,02	4	0	2
P10	w	45	Leichter Albinismus, Tunnelblick, Netzhaut ist nicht in Ordnung, Astigmatismus, Kurzsichtigkeit, leicht Nachtblind	0,32	2	0	1
P11	m	42	Hemianopsie	0,04	3	1	1
P12	m	59	Retinopathia Pigmentosa	0,1	2	2	2
P13	m	60	Hochgradige Kurzsichtigkeit, Zucken der Pupille, Schwierigkeiten beim Fokussieren	0,1	2	1	0
P14	m	69	Narben in der Pupille, Unschärfe, keine Sicht im Zentrum	0,1	1	1	2

Nr.	m/w	Alter	Sehbehinderung	Visus	Gesichtsfeldausfälle 0 = keine 1 = im Zentrum 2 = in der Peripherie 3 = auf einem Auge 5 = unregelmäßig	Kontrastsehen 0 = nicht eingeschränkt 1 = eingeschränkt 2 = stark eingeschränkt	Blendempfindlichkeit 0 = nicht blendempfindlich 1 = erhöht blendempfindlich 2 = stark blendempfindlich
P15	w	68	wie Makuladegeneration, nur andere Ursache	0,03	1	1	2
P16	w	58	Netzhautablösung, Glaskörpertrübung	0,2	4	2	1
P17	w	28	starke Kurzsichtigkeit, Netzhautablösungen	0,2	4	1	2
P18	w	32	von Geburt an hohe Dioptrien, rechts künstliche Linse (keine Akkomodation), Flüssigkeitsansammlungen im Auge, Narben durch Operation	0,32	4	0	1
P19	m	58	Netzhautrisse auf beiden Augen	0,1	4	1	2
P20	w	35	Rechts gar keine Sicht, links sehr eingeschränkt	0,1	3	1	0
P21	w	35	Juvenile Retinopathie, Nystagmus, Katarakt	0,15	0	0	0
P22	m	69	Links blind, Transplantation am rechten Auge und Dellen in der Hornhaut, sieht vieles doppelt, hat keine Linse	0,1	3	1	2
P23	w	62	Makuladegeneration und schwere Kurzsichtigkeit (mit Linsen gut korrigierbar)	0,5	4	1	2
P24	m	31	Netzhaut-Aderhautkolombom	0,05	2	0	0
P25	m	41	Prellung des Sehnervs (durch Unfall)	0,02	3	1	1
P26	m	42	Albinismus, Nystagmus	0,1	0	0	1
P27	m	48	Sehnervatrophie, unregelmäßige Lichtblitze (gefolgt von starker Blendempfindlichkeit), grauer Star	0,2	4	2	2
P28	w	29	Makulopathie (Sehnerv arbeitet nicht richtig, starke Kurzsichtigkeit)	0,05	0	0	0
P29	w	37	Iris fehlt	0,125	0	2	2
P30	w	37	Extremst Blendempfindlich, in der Dämmerung fast keine Sicht, in der Nacht sehr schlechte Sicht	0,3	0	1	2

D) Versuchsprotokoll

Positionsnummer (Reihenfolge im Versuch): _____

Licht ja nein

Markierung LINKS:		Markierung RECHTS:	
Als Hindernis erkennbar bei [m]:	Vorzug	Als Hindernis erkennbar bei [m]:	Vorzug
	links (-1) <input type="checkbox"/> keine (0) <input type="checkbox"/> rechts (1) <input type="checkbox"/>		links (-1) <input type="checkbox"/> keine (0) <input type="checkbox"/> rechts (1) <input type="checkbox"/>

Ist eine Seite besser sichtbar für Sie? (Was sehen Sie?)		Bevorzugen Sie eine Seite als Markierung?	
Wie groß ist der Unterschied?			
LINKS		RECHTS	
13m	sehr deutlich (-3) <input type="checkbox"/> deutlich (-2) <input type="checkbox"/> bisschen (-1) <input type="checkbox"/> keine (0) <input type="checkbox"/>	bisschen (1) <input type="checkbox"/> deutlich (2) <input type="checkbox"/> sehr deutlich (3) <input type="checkbox"/>	links (-1) <input type="checkbox"/> keine (0) <input type="checkbox"/> rechts (1) <input type="checkbox"/>
8m	sehr deutlich (-3) <input type="checkbox"/> deutlich (-2) <input type="checkbox"/> bisschen (-1) <input type="checkbox"/> keine (0) <input type="checkbox"/>	bisschen (1) <input type="checkbox"/> deutlich (2) <input type="checkbox"/> sehr deutlich (3) <input type="checkbox"/>	links (-1) <input type="checkbox"/> keine (0) <input type="checkbox"/> rechts (1) <input type="checkbox"/>
5m	sehr deutlich (-3) <input type="checkbox"/> deutlich (-2) <input type="checkbox"/> bisschen (-1) <input type="checkbox"/> keine (0) <input type="checkbox"/>	bisschen (1) <input type="checkbox"/> deutlich (2) <input type="checkbox"/> sehr deutlich (3) <input type="checkbox"/>	links (-1) <input type="checkbox"/> keine (0) <input type="checkbox"/> rechts (1) <input type="checkbox"/>
3m	sehr deutlich (-3) <input type="checkbox"/> deutlich (-2) <input type="checkbox"/> bisschen (-1) <input type="checkbox"/> keine (0) <input type="checkbox"/>	bisschen (1) <input type="checkbox"/> deutlich (2) <input type="checkbox"/> sehr deutlich (3) <input type="checkbox"/>	links (-1) <input type="checkbox"/> keine (0) <input type="checkbox"/> rechts (1) <input type="checkbox"/>

Kommentare:

13m)

8m)

5m)

3m)

Versuchsprotokoll | Beurteilung von Glasflächenkennzeichnungen | Diplomarbeit Maringer

E) Curriculum Vitae



Persönliche Daten

Name | Magdalena Maringer
E-mail | magdalena.maringer@gmx.net

Arbeitserfahrung

Mär 2014 – Jun 2016	TU-Wien und Wirtschaftsuniversität Wien, wissenschaftliche Projektassistentin für das Forschungsprojekt ViDeA (Visual Design for all) Unterstützung bei der Projektkonzeption und Antragstellung des Forschungsvorhabens, koordinative Tätigkeiten, Akquise und Auswertung von Literatur, Vorbereitung und Durchführung von Feldversuchen
Dez 2013	Wien Work, Gestaltung von Bildern für die Publikation „Wohnbau Barrierefrei“ Erstellung von Buchcovern
Sep 2013	Austrian Standards Institute, Gestaltung von Bildern für die Publikation „Barrierefreies Planen und Bauen in Österreich“ Erstellung des Buchcovers sowie mehrerer Illustrationen, unter anderem zu barrierefreien Glasflächenmarkierungen
Seit Jun 2013	Blinden- und Sehbehindertenverband Österreich, Vorstandstätigkeit Schriftführerin
Mär 2013 – Mär 2014	aap.architekten, Wien Technische Zeichnerin, Begleitung von Partizipationsprozesse an Schulen (Vorbereitung, Mithilfe bei der Durchführung, Nachbereitung),
Mär 2013 – Mai 2013	Blinden- und Sehbehindertenverband Österreich, Praktikum Praktikum im Referat für Barrierefreies Bauen bei Dipl.-Ing. Doris Ossberger
Jan 2011 – Nov 2013	Wiener Assistenzgenossenschaft, Persönliche Assistentin Leistung von persönlicher Assistenz für eine Frau im Rollstuhl, sowohl am Arbeitsplatz als auch in der Freizeit
Mär 2008 – Feb 2013	Institut für Baugeschichte und Bauforschung, TU-Wien, Tutorin für die Lehrveranstaltungen Bauaufnahme 1, Modul Bauforschung: Konstruktion und Material sowie Seminar Baugeschichte Bauforschung, Einführung in die Methoden der Bauforschung; Hilfe bei den Vorbereitungen, Betreuung der Studierenden
Dez 2009 – Feb 2012 (zeitweise)	Österreichische Akademie der Wissenschaften, Österreichisches Archäologisches Institut und TU-Wien, Studentische Hilfskraft Umzeichnung, Nachbearbeitung und Katalogisierung von Bauaufnahme-Material
Jul 2007 – Jun 2010 (zeitweise)	Österreichische Akademie der Wissenschaften, Studentische Hilfskraft Steingerechtes Aufmaß für die Bauforschung am Theater in Ephesos, Türkei
Sep 2004 – Sep 2009	Mondial Kongress, Wien Vorbereitung der Kongressunterlagen, Registratur der Teilnehmer, Begleitung und Betreuung der Teilnehmenden während des Kongresses