

Hochschule für Technik
Institut für Optometrie

Erläuterungen zu den Normen

- **SN EN 16584-1:2017**
Bahnanwendungen — für die Nutzung durch PRM—
Allgemeine Anforderungen — Teil 1: Kontrast
- **SN EN 16584-2:2017**
Bahnanwendungen — für die Nutzung durch PRM—
Allgemeine Anforderungen — Teil 2: Informationen
- **SN EN 16584-3:2017**
Bahnanwendungen — für die Nutzung durch PRM—
Allgemeine Anforderungen — Teil 3: Optische Eigenschaften
und Rutschfestigkeit

Deutsch

Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Technik
Institut für Optometrie
Riggenbachstrasse 16
4600 Olten

Prof. Dr. Roland Joos
Dr. Daniela Nosch
Beate Spychala
Anton Scheidegger

Datum: 3. Juni 2016
Rev. 23. Oktober 2017
Rev. 30. Oktober 2020
Ort: Olten

Auftraggeber: BAV Bundesamt für Verkehr

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Kontrast – SN EN 16584-1:2017	4
2.1	Einleitung	4
2.2	Kontrast von selbstleuchtenden optischen Kundeninformationen	4
2.3	Kontrast von nicht selbstleuchtenden optischen Informationen und Flächen	5
2.3.1	Grundsätzliches über den Kontrast von Nichtselbstleuchtern	5
2.3.2	Anwendungsbeispiele	11
2.3.3	Anmerkungen	15
2.3.4	Bestimmung der LRV-Werte	15
2.3.5	Beständigkeit von LRV-Werten	18
2.3.6	Bestimmung von LRV-Werten von unebenen Flächen und Texturen	18
2.4	Selbstleuchtende Anzeigetafeln - Einfluss von Umgebungsleuchtdichte auf den Kontrast auf der Anzeigetafel	20
3	Infrastruktur: Informationsanzeigen und Schriftgrößen, massgebliche Lesedistanzen	27
3.1	Grundsätzliche Informationen	27
3.2	Mindestschriftgrößen bei Überkopfanzeigen	28
3.2.1	Bestimmung, Blickwinkel und massgebliche Lesedistanz zu den Informationsanzeigen	28
3.2.2	Mindestschriftgröße und Adaptationsleuchtdichte	29
3.2.3	Bestimmung der Mindestschriftgröße von dynamischen Informationsanzeigen	32
4	Fahrzeuge	40
4.1	Lesedistanz zu Informationsanzeigen und Schriftgrößen	40
4.1.1	Grundsätzliche Informationen	40
4.1.2	Mindestschriftgrößen im Fahrzeuginnern (Referenz: Grossbuchstabe „H“)	41
4.2	Aussenseitige Erkennbarkeit für durch Fahrgäste zu bedienende Fahrzeugzugangstüren von Trams und Bussen	48
4.2.1	Kontrastanforderungen	48
4.2.2	LRV-Werte von Verglasungen	48
4.2.3	Kontraststreifen bei Bussen und Tramfahrzeugen	49
4.3	Fahrzeugseitenanzeigen	51
4.4	Besondere Bewertungskriterien für farblos eloxierte Aluminium-Treppenkantenprofile	52
4.5	Transparente Werkstoffe im Innern von Fahrzeugen	54
5	Helligkeit von amberfarbigen und weissen LED-Anzeigen	56
6	Anhang 1: Vorlage Transluzenz	62
7	Anhang 2: Umrechnung CIE-L*a*b* zu LRV	63
8	Anhang 3: Begriffe - Symbole	65

1 Einleitung

Anhand der Revision 2016 der VAböV¹ wurden die Europäischen Normen SN EN 16584-1, SN EN 16584-2 und SN EN 16584-3 ins Bundesrecht integriert. Aus organisatorischen Gründen wurden damals die FprEN²-Versionen dieser Normen trilogie in die VAböV aufgenommen. Mit der Revision 2020 der VAböV³ wurden die FprEN-Versionen⁴ durch deren SN EN-Fassungen⁵ abgelöst. Inhaltlich besteht zwischen den FprEN- und den SN EN-Versionen dieser Normen kein Unterschied. Die FprEN-Fassungen existieren nur auf Englisch, die SN EN-Versionen wurden zudem auch auf Deutsch und Französisch publiziert.

Diese Normen trilogie gilt in der Schweiz aus Gründen der Einheit der Materie für alle Fahrzeuge des öffentlichen Verkehrs und für die Kundeninformation. Für Infrastrukturbauten gilt nach wie vor die SN 521 500 (SIA 500). Im Rahmen des Verhältnismässigkeitsprinzips sollen die diesbezüglichen Vorgaben zur Kundeninformation grundsätzlich in neuen Fahrzeugen oder bei neu zu beschaffenden Anzeigen in Bahnhöfen oder Haltestellen angewandt werden. Die vorliegende Anleitung hat zum Ziel, die z.T. komplexen Vorgaben dieser Normen in wichtigen Abschnitten zu interpretieren und mit einfachen Schritt-für-Schritt-Anleitungen in eine Form zu bringen, die Personen, die wenig Zeit zur Lektüre von Normenliteratur aufbringen können bzw. im Bereich Optometrie nicht beheimatet sind, zu einer sicheren Anwendung bringt.

Objektspezifisch gelten folgende Regelwerke:

- ÖV-Infrastrukturbauten: SN 521 500 : 2009 (SIA 500) und die darin aufgeführten Regelwerke
- ÖV-Fahrzeuge: TSI PRM, SN EN 16584-1, -2 und 3: 2017
- Fahrgastinformationssysteme: SN EN 16584-1, -2 und 3: 2017

¹ Verordnung des UVEK über die technischen Anforderungen an die behindertengerechte Gestaltung des öffentlichen Verkehrs (SR 151.342)

² Final project EN (FprEN), finale Entwurfsversionen der SN EN

³ Inkraftsetzung am 01.11.2020

⁴ FprEN 16584-1:2015, FprEN 16584-2:2015, FprEN 16584-3:2015

⁵ SN EN 16584-1:2017, SN EN 16584-2:2017, SN EN 16584-3:2017

Die in dieser Schrift erläuterten Normenabschnitte umfassen im Wesentlichen die folgenden Punkte:

- Bahnhöfe und Haltestellen (Infrastruktur)
 - Kontrast
 - Kontrast nichtselbleuchtender Informationselemente
 - Kontrast selbsteleuchtender Informationselemente
 - Mindestschriftgrößen
 - Mindestschriftgrößen bei Überkopf-Anzeigen
 - Mindestschriftgrößen bei Anzeigen auf Augenhöhe
- Fahrzeuge
 - Kontrast
 - Kontrast nichtselbleuchtender Flächen und Informationselemente
 - Kontrast selbsteleuchtender Informationselemente
 - Mindestschriftgrößen
 - Mindestschriftgrößen unter Berücksichtigung der Lesedistanz und der Vorgabe, dass die Informationen von 51% der Sitzplätze und vom Rollstuhlplatz aus lesbar sein müssen

Kontrastmessung kann mit hohem messtechnischen Aufwand verbunden sein; dies stellt beim Design von kontrastrelevanten Elementen eine Schwierigkeit dar. Vor allem aber sind grosse experimentelle Schwierigkeiten vorhanden, wenn Kontrast im Felde an existierenden Flächen bestimmt werden soll. Damit die Normentriologie SN EN 16584: 2017 praktikabel wird, werden im Folgenden weitgehend Anleitungen ohne Messungen beschrieben. Für Kontrast-Messungen im Felde werden praktikable Wege aufgezeigt, die mit überschaubarem finanziellen Aufwand verbunden sind.

Die im Folgenden verwendeten Begriffe werden aus den Normen übernommen, entsprechend verwendet und in «Anhang 3: Begriffe - Symbole» definiert.

Die Gliederung verfolgt das Ziel, dem Leser und Anwender nicht zwingend erforderliche Lektüre zu ersparen und zu erlauben, dass dieser sich auf die für ihn relevanten Themenbereiche fokussieren kann. Damit dies funktionieren kann, ist das Verständnis der Grobstruktur wichtig. Wir differenzieren zweifach:

	Infrastruktur	Fahrzeuge
Selbstleuchtende Objekte, Anzeigen, Monitore etc.	Kapitel 2.1, 2.2, 2.4, 3	Kapitel 2.1, 2.2, 2.4, 4
Nicht selbstleuchtende Infor- mationselemente, Beschilder- ungen, Piktogramme, etc.	Kapitel 2.1., 2.3, 3	Kapitel 2.1., 2.3, 4
Reflektierende Flächen, Bo- denmarkierungen,	- <i>hier nicht erläutert (es gilt SIA 500)</i>	Kapitel 2.1., 2.3, 4
Treppenkantenprofile		Kapitel 4.4

2 Kontrast – SN EN 16584-1:2017

2.1 Einleitung

Die Norm SN EN 16584-1:2017 enthält Angaben für die Ermittlung und Mindestanforderungen für den Kontrast von nicht selbstleuchtenden und selbstleuchtenden Anzeigen.

Im Gegensatz zu früheren Vorgaben wird nun der Kontrast nicht mehr durchgehend anhand von einer Leuchtdichtemessung errechnet. Man hat zu differenzieren zwischen „**Selbstleuchtenden Objekten**“ (Anzeigen, Monitore etc.) und „**Nichtselbstleuchtenden Objekten**“ (Aushangfahrpläne, Printtafeln, Piktogramme, Beschriftungen, Merkmale zur Erkennbarkeit von Funktionselementen wie Haltestangen und Türen etc.).

2.2 Kontrast von selbstleuchtenden optischen Kundeninformationen

Bei den Selbstleuchtern beruht die Kontrastnorm nach wie vor auf Leuchtdichtemessungen, wobei der Kontrast nach Michelson (K_M) gemäss folgender Formel zu errechnen ist:

$$K_M = \frac{L_O - L_H}{L_O + L_H}$$

(L_O : Leuchtdichte des Objektes (Schrift), L_H : Leuchtdichte des Hintergrundes) Hier ist im Wesentlichen neu, dass ein Mindestkontrast von 0.6⁶ verlangt wird (bisher: 0.4) und dies auch bei Einwirkung von Störlicht.

In der Norm SN EN 16584-1:2017 wird der Kontrast nicht einheitlich mit dem Symbol K bezeichnet. Diese Bezeichnung steht in Konflikt mit der Einheit K (Kelvin) der (Farb-) Temperatur, welche in den Begriffserläuterungen der Norm aufgeführt, sonst aber in dieser Norm nicht verwendet wird. Da es zudem verschiedene Definitionen des Begriffs Kontrast gibt (Kontrast nach Michelson, nach Weber, Kontrastverhältnis etc.) und in diesen Erläuterungen durchwegs die Kontrastdefinition nach Michelson verwendet wird, wurde K_M als Symbol für den Kontrast eingesetzt.

Gemäss Definition und Formel zur Berechnung des Kontrastes nach Michelson kann dieser je nach Helligkeit des Hintergrunds und des Objektes einen positiven oder negativen Wert annehmen. Bei der sehr häufigen Situation „Zeitunglesen“, das heisst bei schwarzer Schrift auf hellem Hintergrund, handelt es sich um einen negativen Kontrast. Dagegen liegt bei der **Abbildung**

⁶ SN EN 16584-1:2017, Ziffer 6.3.4 und SN EN 16584-2:2017, Annex D

1 ein positiver Kontrast vor, da helle Zeichen auf dunklem Grund eingesetzt werden. Wichtig im Zusammenhang der SN EN 16584:2017 Normentriologie ist, dass nach dieser keine Unterscheidung zwischen negativen und positiven Kontrasten vorgenommen wird. Die Aussage, dass nach der SN EN 16584-1:2017 ein Kontrast von mindestens 0.6 für Selbstleuchter erreicht werden muss, ist also so zu verstehen, dass Kontrastwerte zwischen 0.6 und 1.0 die Norm erfüllen, aber auch solche Werte, die zwischen -1.0 und -0.6 liegen.

Ein wichtiges Thema im Zusammenhang mit selbstleuchtenden optischen Kundeninformationen ist die Einwirkung von Störlicht. Diese Thematik wird in einem eigenen Kapitel erläutert.



Abbildung 1: Erläuterung der Kontrastformel. In der linken Bildhälfte ist ein Monitor dargestellt, wie er häufig an Bahnhöfen vorzufinden ist. Die Ausschnittvergrößerung in der rechten Bildhälfte zeigt, auf was sich die Leuchtdichten L_O von Objekt (Schriftzeichen) und L_H und Hintergrund beziehen. In der dargestellten Situation liegt ein positiver Kontrast nach Michelson vor, da helle Zeichen auf dunklem Hintergrund gegeben sind.

2.3 Kontrast von nicht selbstleuchtenden optischen Informationen und Flächen

2.3.1 Grundsätzliches über den Kontrast von Nichtselbstleuchtern

Ein Umdenken ist für Kenner der bisherigen Vorgaben bei den Nichtselbstleuchtern erforderlich. Hier wird neu mit den so genannten LRV, den Lichtreflexionswerten, gearbeitet. LRV steht hier als Abkürzung für „Light Reflectance Value“. In der Normentriologie SN EN 16584-1:2017 wird der LRV in Prozentpunkten angegeben (Beispiel: 75% = LRV = 75 Punkte, das heisst 75 Prozentpunkte).

Unter dem LRV kann man sich die Menge des „sichtbaren Lichts“, welches von einer Oberfläche reflektiert wird, vorstellen. Je heller die Fläche, desto höher wird der LRV Wert (0-100).

Die Frage, wie die LRV bestimmt werden, wird weiter unten beantwortet.

Es ist wichtig zu wissen, dass in die Kontrastnorm die LRV von Objekt und Hintergrund eingehen. Die LRV von Objekt und Hintergrund werden neu danach beurteilt, ob sie in einem Diagramm im „erlaubten Bereich“ oder „nicht erlaubten Bereich“ liegen.

Für den Kontrast bei öV-Infrastrukturbauten gelten die Vorgaben der SIA 500; diese sind hier nicht behandelt.

Gemäss Norm SN EN 16584-1:2017 müssen für unterschiedliche Situationen unterschiedliche Diagramme verwendet werden. Es sind insgesamt vier Anwendungsfälle zu unterscheiden:

1. Allgemeine Situation, vgl. Abbildung 2

- Flächen (Türen etc.), Funktionsobjekte (Haltestangen etc.) und zu markierenden Treppenkanten in Fahrzeugen

2. Bodenmarkierungen, vgl. Abbildung 3

- Wechsel von kontrastierenden Bodenmaterialien (ohne Treppenkanten) in Fahrzeugen

3. Nicht selbstleuchtende Informationselemente, vgl. Abbildung 4

4. Regel für sehbehindertengerechte Markierungen auf grösseren Glasflächen (Türen, Raumtrenner etc.) in Fahrzeugen, vgl. Abbildung 5: Die Teilflächen / Farben innerhalb der Markierungen müssen einen minimalen Unterschied von 60 Punkten aufweisen.

Die Abbildungen 2-4 geben die zulässigen LRV Unterschiede allgemein, für Bodenmarkierungen in Fahrzeugen und für nicht selbstleuchtende Informationselemente an. Die LRV zwischen dem Objekt / dem Zeichen (L_O) und dem Hintergrund (L_H) werden jeweils an der x- und y-Achse ausgewählt und, wenn die Geraden ausgehend von den LRV und parallel zu der x- und y-Achse sich ausserhalb des grau hinterlegten Bereiches zwischen den schwarzen Geraden treffen, ist der geforderte LRV Mindestunterschied erfüllt.

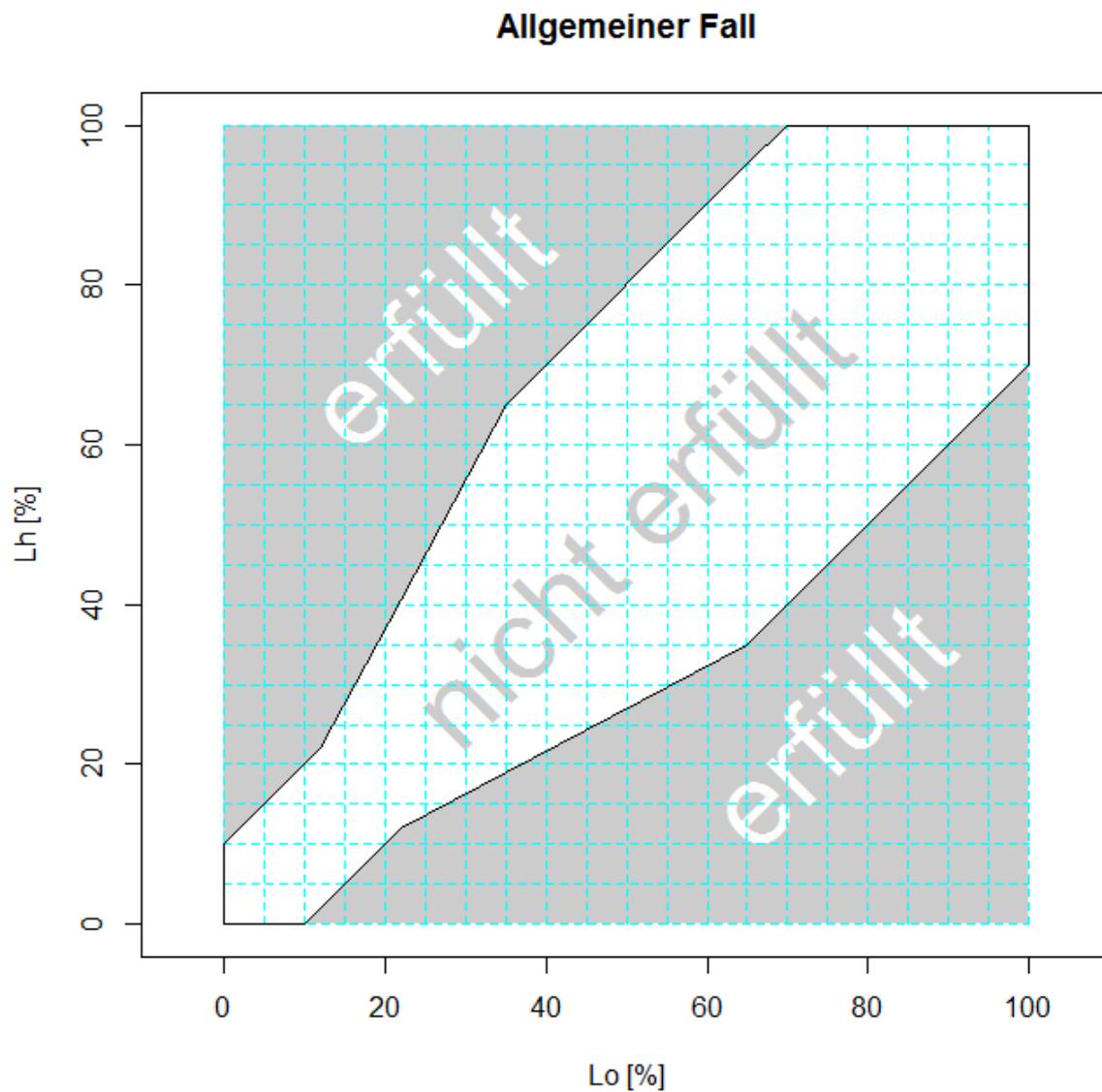


Abbildung 2: Allgemeine Kontrasttafel (Annex A.1 in der SN EN 16584-1:2017). Nur LRV-Kombinationen (Schnittpunkt der beiden LRV) innerhalb der grau markierten Bereiche sind zulässig. Diese kommt zur Anwendung, wenn keiner der nachstehenden Spezialfälle zutrifft. Typischerweise kommt die allgemeine Kontrasttafel für Flächen (Türen etc.) und Funktionsobjekte (Haltestangen etc.) zur Anwendung.

Bodenmarkierungen

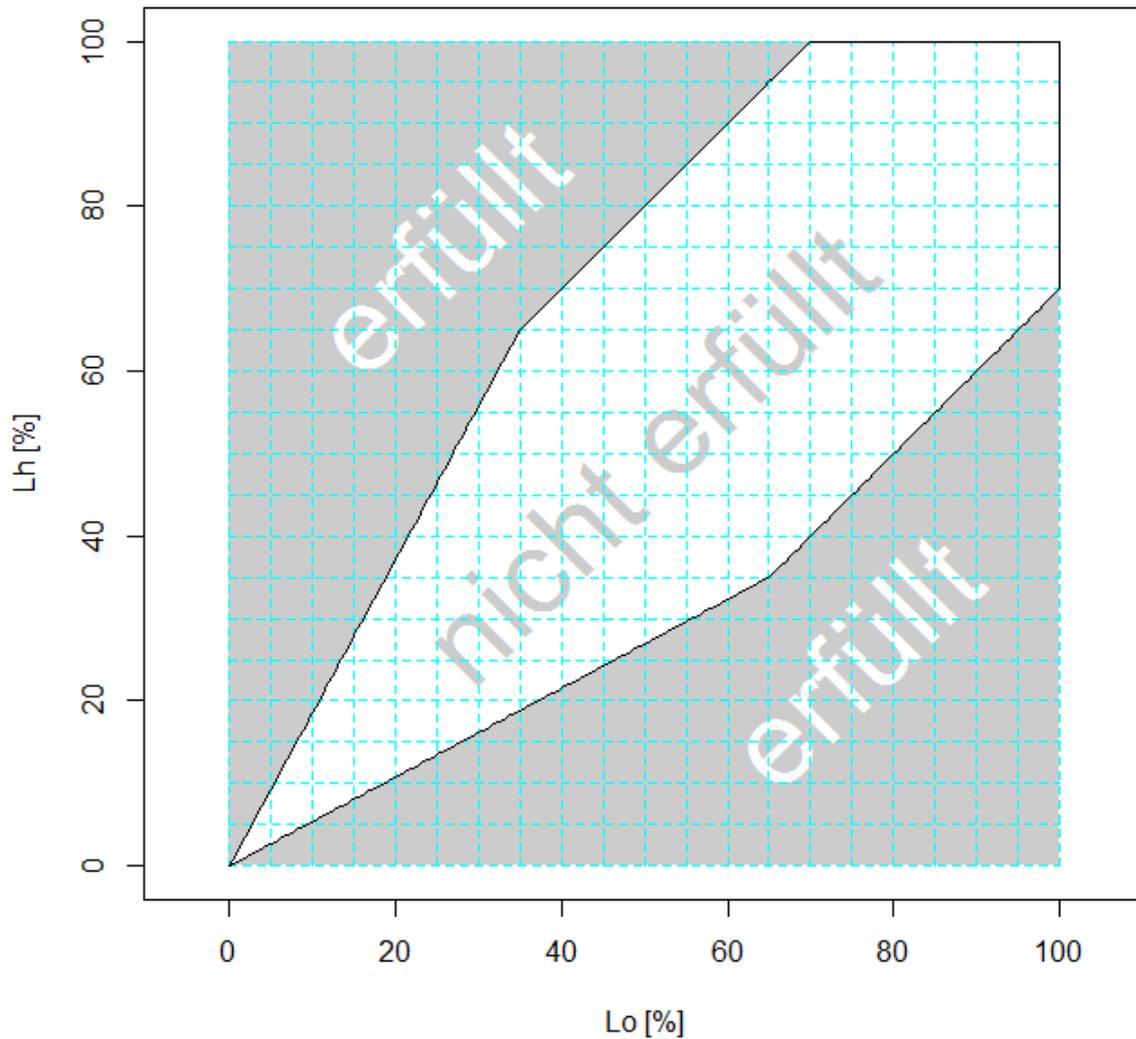


Abbildung 3: Kontrasttafel für Bodenmarkierungen in Fahrzeugen (Annex A.1 in der SN EN 16584-1:2017). Nur LRV-Kombinationen (Schnittpunkt der beiden LRV) innerhalb der grau markierten Bereiche sind zulässig.

Nicht selbstleuchtende Informationselemente

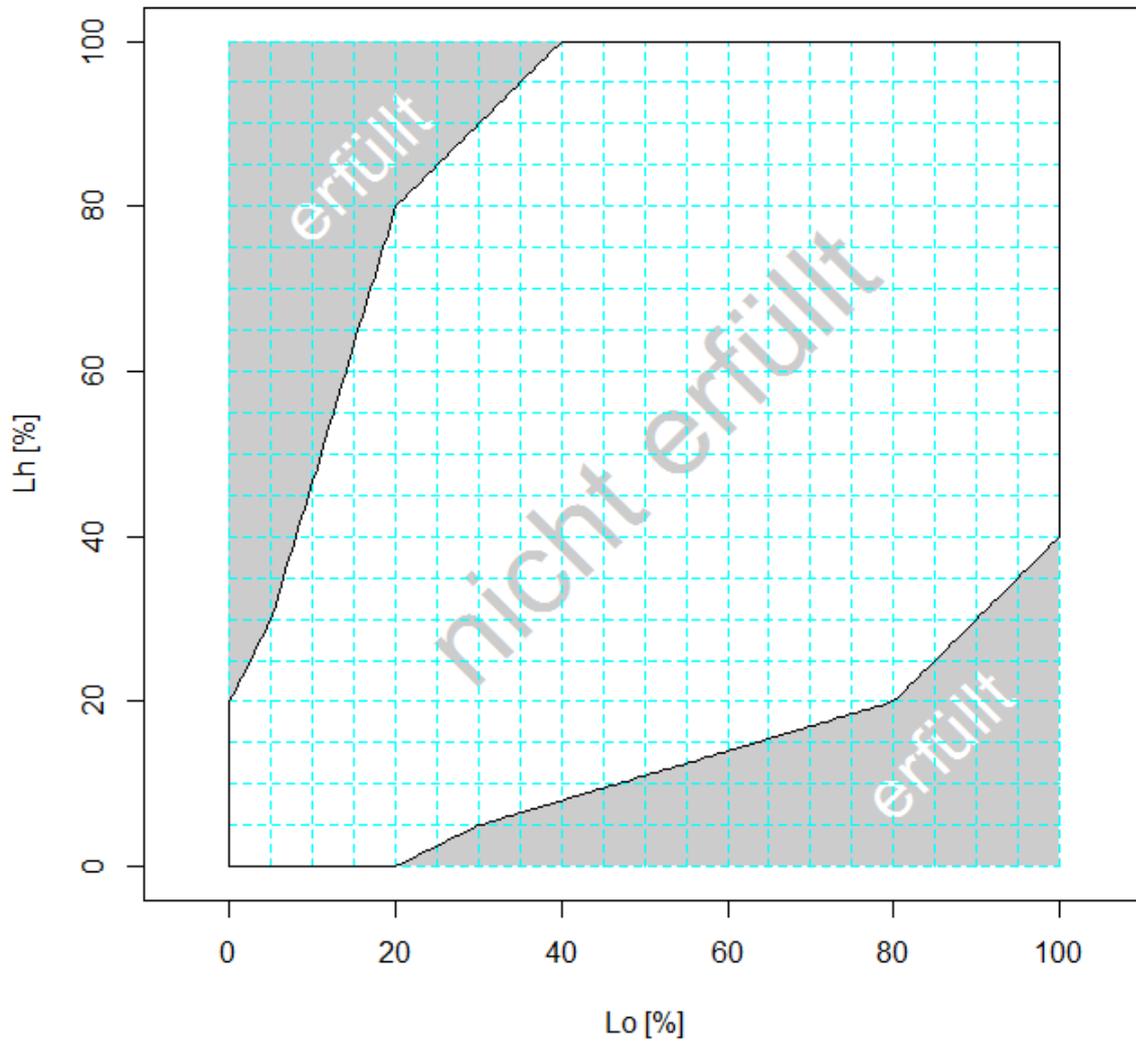


Abbildung 4: Kontrasttafel für alle nicht selbstleuchtenden Informationselemente (Annex A.2 in der SN EN 16584-1:2017). Nur LRV-Kombinationen innerhalb der grau markierten Bereiche sind zulässig.

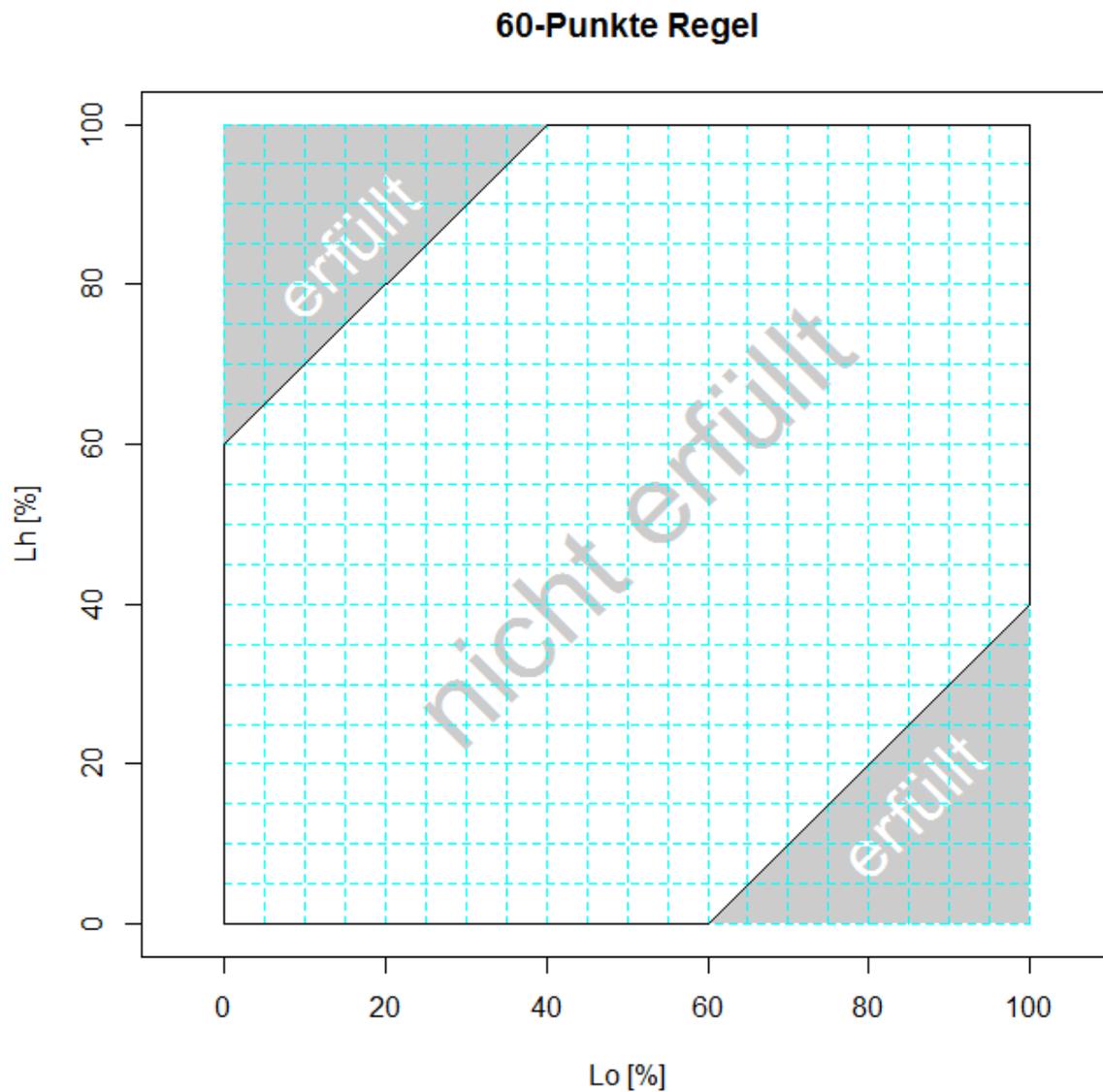


Abbildung 5: Kontrasttafel für Kontraste nach der 60-Punkte-Unterschiedsregel (transparente Hindernisse in Fahrzeugen gemäss SN EN 16584-3:2017, Ziffer 5.3.1 (Definition) in Verbindung mit SN EN 16584-1:2017, Ziff 5.2.3. Nur LRV-Kombinationen (Schnittpunkt der beiden LRV) innerhalb der grau markierten Bereiche sind zulässig.

2.3.2 Anwendungsbeispiele

Ein LRV eines Objekts mit einem LRV von 50 und Hintergrund mit einem LRV von 20 ist, gemäss der allgemeinen Kontrasttafel in Abbildung 2, zulässig, vgl. Abbildung 6. Beträgt bei gleichem Objekt-LRV der des Hintergrundes jedoch nur 35, so ist diese LRV-Kombination nicht mehr zulässig, vgl. Abbildung 7. Beträgt der LRV des Hintergrundes jedoch nur 5 Punkte, so ist die LRV-Kombination von Objekt und Hintergrund wieder zulässig, vgl. Abbildung 8. Für eine Beschilderungsinformation wäre dieser LRV-Unterschied jedoch nicht zulässig, da sich diese roten Geraden in der Graphik in Abbildung 9 in dem nicht zulässigen Bereich zwischen den zwei schwarzen Normgrenzen schneiden.

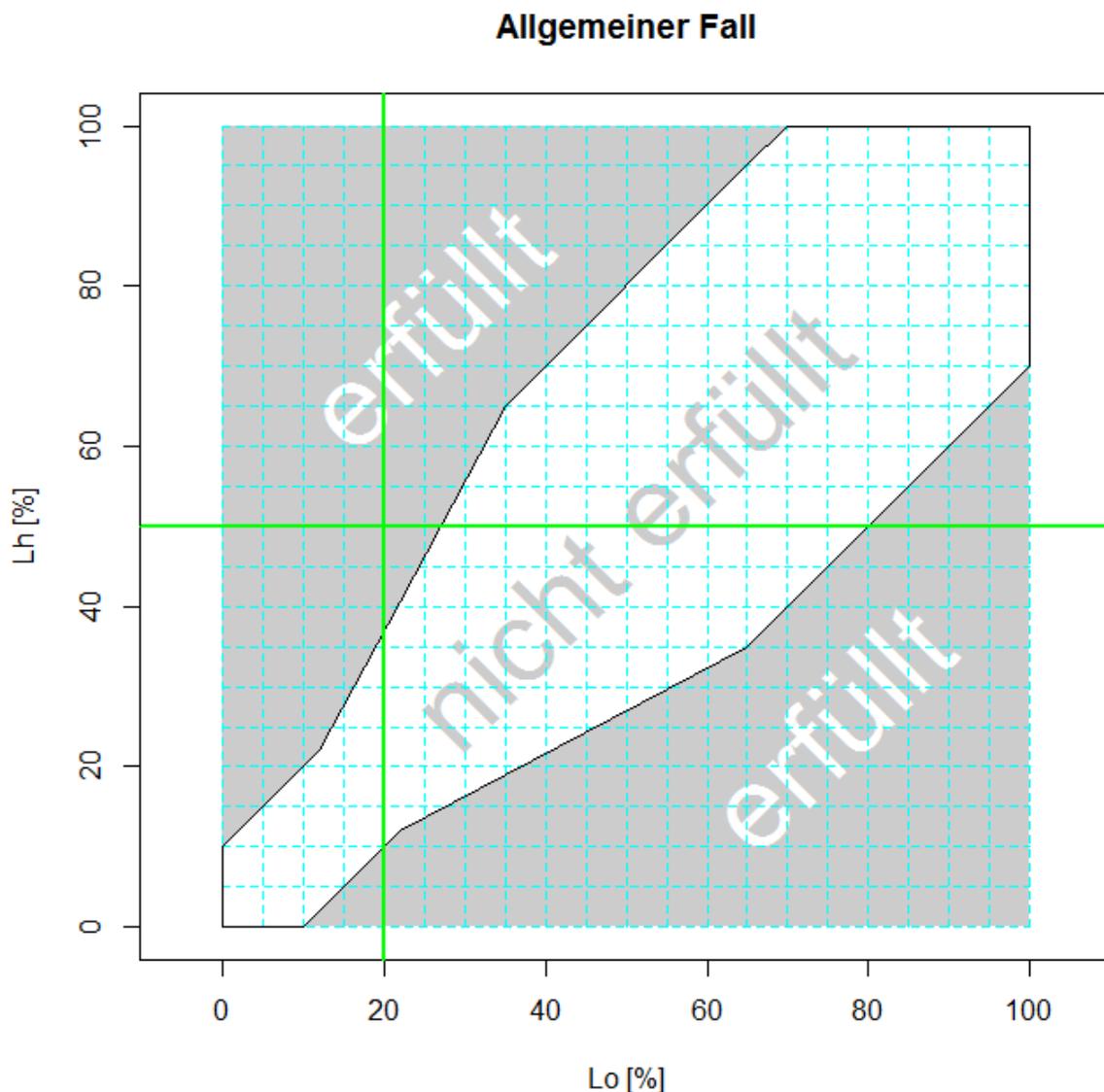


Abbildung 6: Anwendungsbeispiel 1; Allgemeiner Fall, $LRV_O = 20$, $LRV_H = 50$, LRV-Kombination ist zulässig.

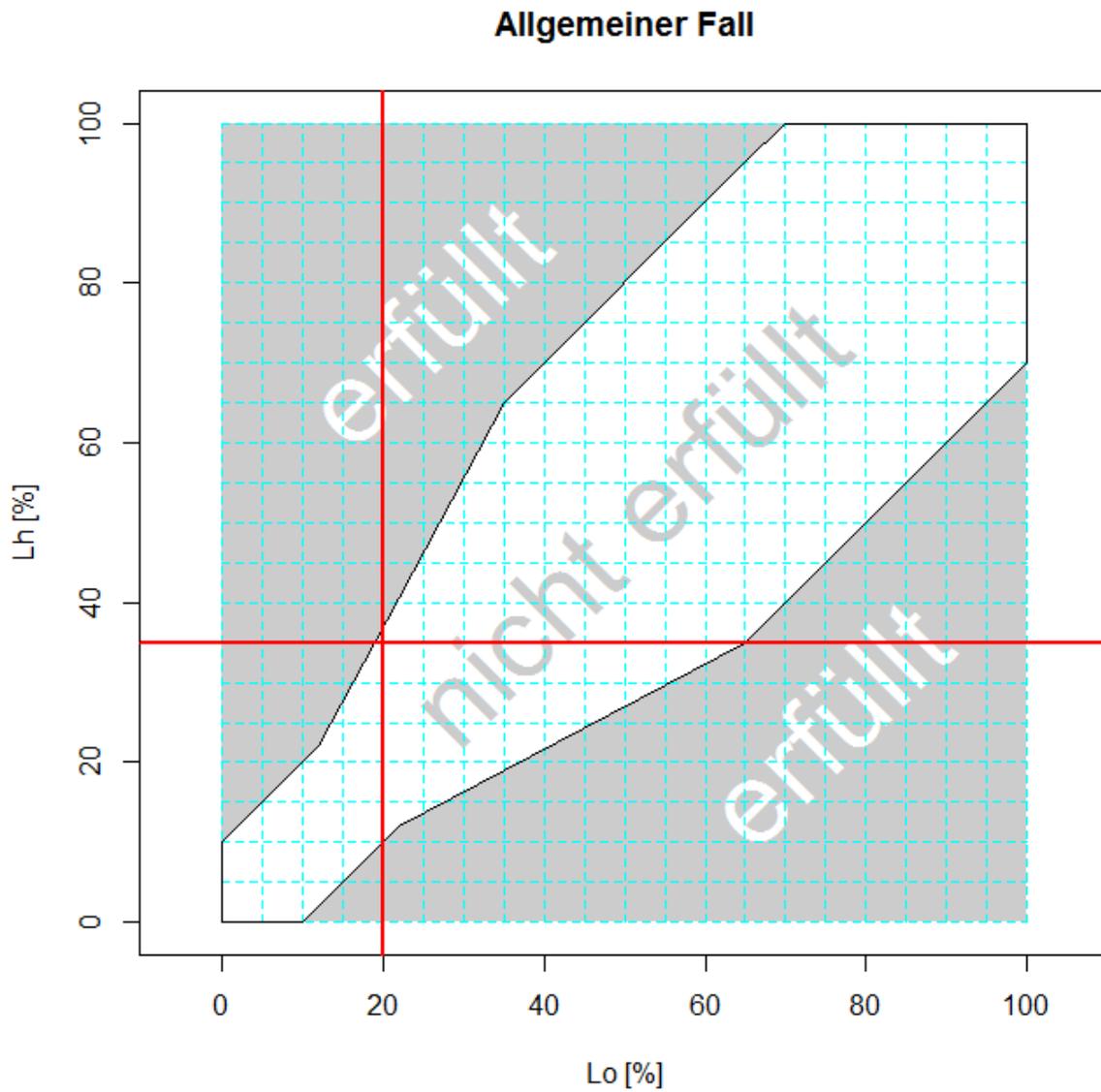


Abbildung 7: Anwendungsbeispiel 2; Allgemeiner Fall, $LRV_O = 20$, $LRV_H = 35$, LRV-Kombination ist nicht zulässig.

Allgemeiner Fall

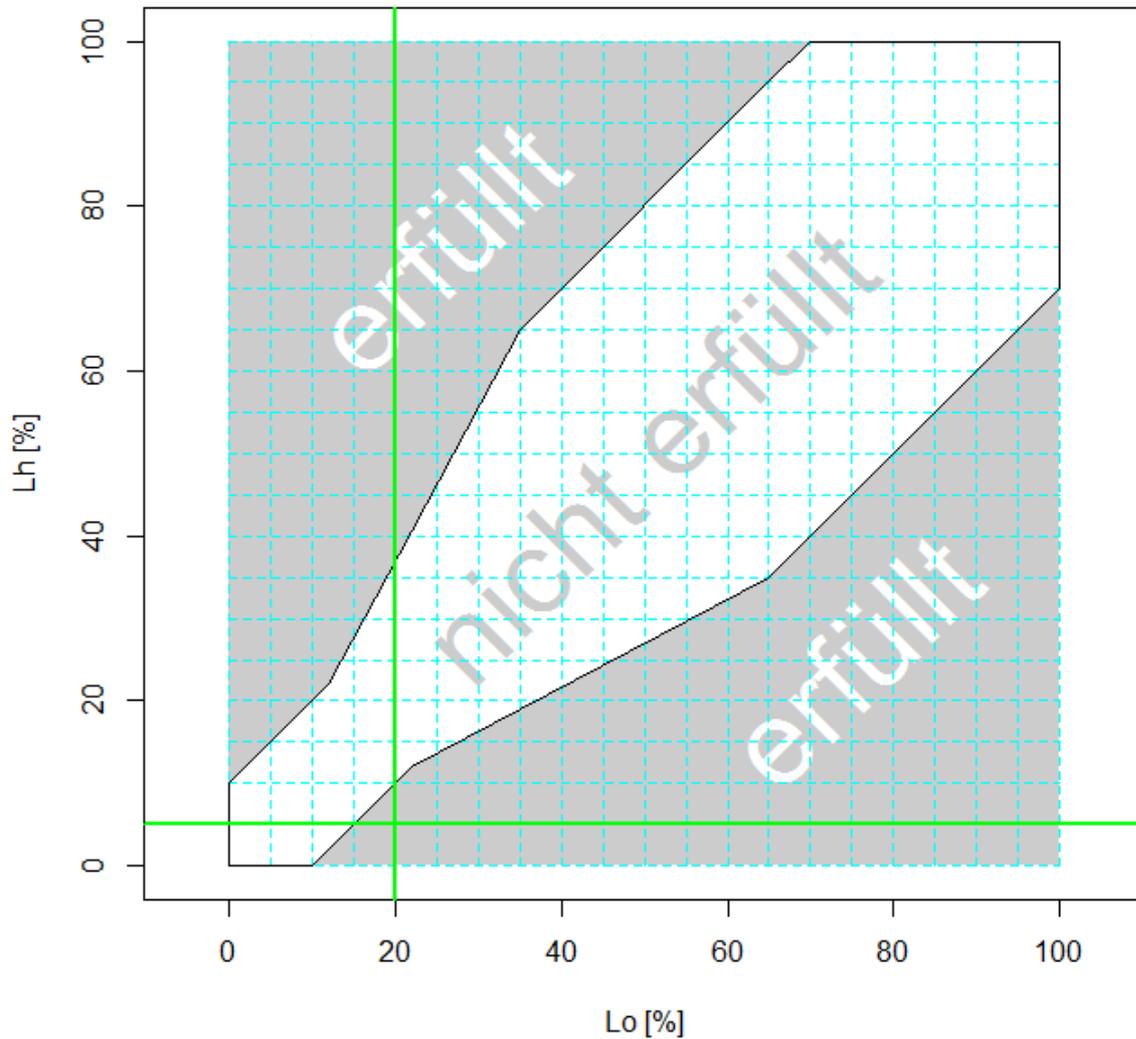


Abbildung 8: Anwendungsbeispiel 3; Allgemeiner Fall, $LRV_o = 20$, $LRV_h = 5$, LRV-Kombination ist zulässig.

Nicht selbstleuchtende Informationselemente

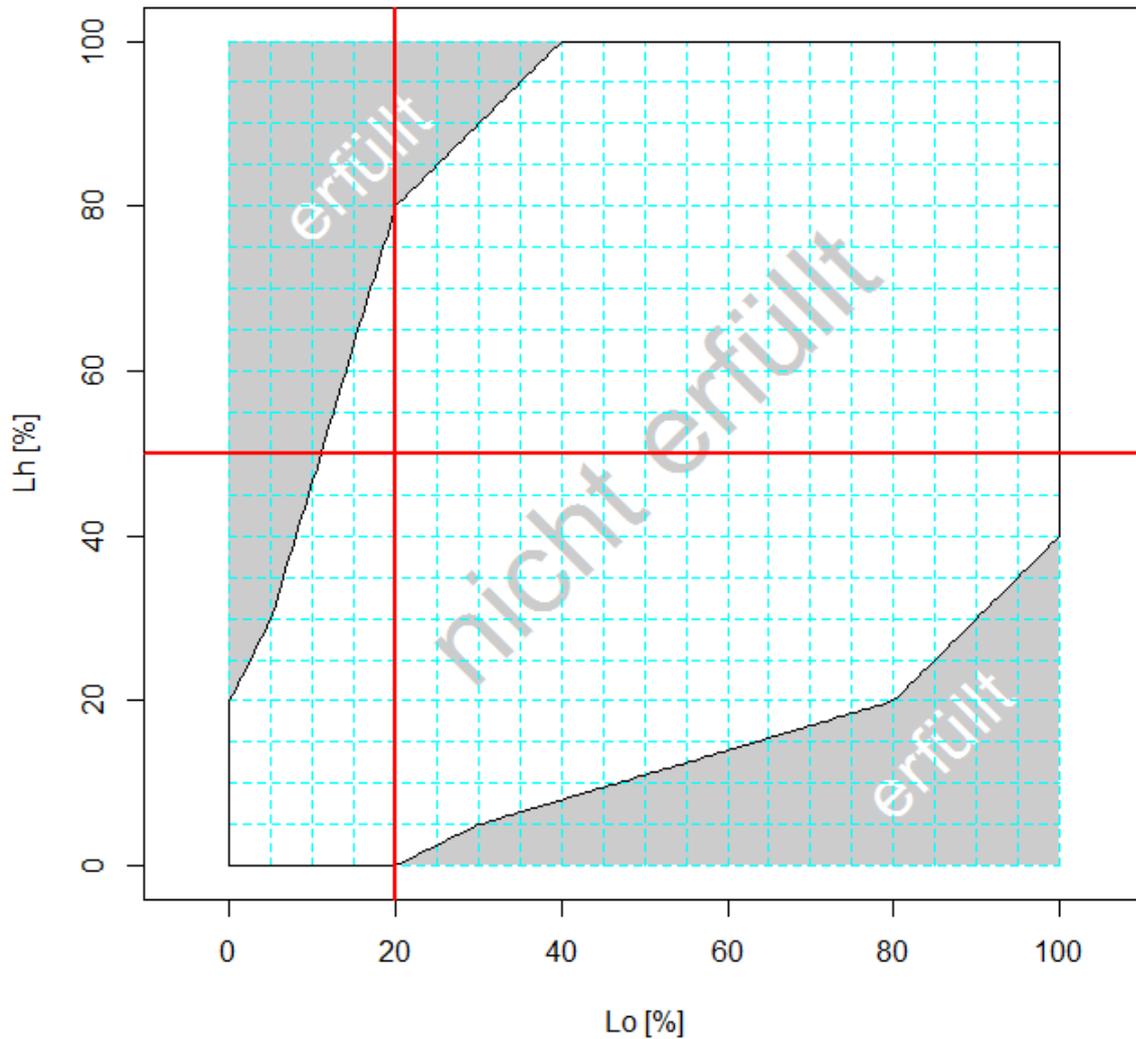


Abbildung 9: Anwendungsbeispiel 4; Beschilderung, $LRV_O = 20$, $LRV_H = 50$, LRV-Kombination ist nicht zulässig.

2.3.3 Anmerkungen

Variable anstatt fixe Kontrastgrenzwerte (gilt nur für nichtselbstleuchtende Flächen in Fahrzeugen und Informationselemente)

Bis zur Revision 2016 der VAböV war ein absoluter Grenzwert für den Kontrast in dieser Verordnung festgelegt. Bei der Berechnung des Kontrasts unter Verwendung von LRV-Werten sind nun die minimalen Kontrastwerte nicht mehr konstant, sondern hängen von den LRV-Werten des Objekts und des Hintergrundes ab. Bei sehr dunklem Objekt / Hintergrund steigen die Anforderungen für den Minimalkontrast, bei sehr hellem Objekt / Hintergrund sinken sie hingegen. Als Begründung seien hier zwei Faktoren genannt:

1. Aus der Physiologie der Wahrnehmung ist bekannt, dass bei ganz tiefen Umgebungsleuchtdichten die Wahrnehmung und die Sehleistung reduziert sind. Dies kann nicht durch höheren Kontrast kompensiert werden. Diesem Umstand trägt die Norm Rechnung.
2. Ein Designer wird sich bei der Gestaltung die Frage stellen, welche Farbgebung einerseits ästhetisch ist, und andererseits die Kontrastanforderungen erfüllen wird. Dazu wird er fast zwingend die LRV-Werte anwenden. Für den Designer erleichtert sich die Arbeit, wenn er schon im Designprozess sicherstellen kann, dass die Kontrastanforderungen erfüllt sein werden. Zusätzliche Labormessungen mittels Leuchtdichtemessgeräten etc. stellen für den Designer einen Mehraufwand dar.

2.3.4 Bestimmung der LRV-Werte

1) Tabellenwerte

Die LRV-Tabellenwerte von Farben (z.B. RAL, NCS)⁷, wo vorhanden, beruhen im Wesentlichen auf Labormessungen, wobei RAL LRV-Werte und NCS Hellbezugswerte angeben. Für eine Kontrastbestimmung können entweder die LRV oder die Hellbezugswerte paarweise eingesetzt werden (Eine Mischung von LRV und Hellbezugswerten ist nicht zulässig). Die Normenreihe SN EN 16584-1:2017 sagt, dass Tabellenwerte, die offiziell verfügbar sind, verwendet werden sollen. Damit entfallen aufwändige Labormessungen in einer Vielzahl der Fälle.

⁷ Mögliche Bezugsquellen:

- Firma RAL-Farben, D-53757 Sankt Augustin (www.ral-farben.de)
- Firma NCS Colour GmbH, Unter den Linden 10, 10117 Berlin (www.ncscolour.com)
- iOS-App "Colorix.com", COLORIX SA, Rue des Draizes 5, 2000 Neuchâtel, Suisse (www.colorix.ch)

2) Laborwerte

Ist für eine bestimmte Farbe kein Tabellenwert verfügbar, so müsste eine Labormessung vorgenommen werden. Dazu wird in der SN EN 16584-1:2017 die Verwendung eines Spektralphotometers als Standard verlangt. Dies ist in einer alltäglichen Messsituation jedoch oft nicht möglich, da diese Messung zu Laborbedingungen die Verwendung einer Ulbricht-Kugel (Kontrolle von Umgebungslicht und Lichtquelle) erfordert.

3) Abgleichung mit Farbfächer

Eine brauchbare Methode besteht in der Abgleichung mit einem Farbfächer, von dessen Farben die LRV-Werte bekannt sind: Kann die Farbe nicht eindeutig zugeordnet werden, so ist von den beiden nächstliegenden Farben der ungünstigere LRV-Wert einzusetzen. Das heisst, dass bei der dunkleren zu kontrastierenden Fläche der höhere LRV-Wert der beiden nächstliegenden Farben einzusetzen ist. Bei der helleren zu kontrastierenden Fläche ist entsprechend der tiefere LRV-Wert der beiden nächstliegenden Farben einzusetzen.

4) Spectro 1 und Colourpin II

Die Firma Variable bietet zwei Geräte, Spectro 1 (www.variableinc.com/spectro.html) und über die Firma CRB das NCS Colourpin II (www.crb.ch/NCS/Farblesegeraet-Colourpin.html) an. Ersteres arbeitet mit mehreren Lichtquellen unterschiedlicher spektraler Zusammensetzung und erreicht dadurch höhere Genauigkeit. Der Anschaffungspreis des Spectro I liegt in der Größenordnung von unter CHF 500.-

Die Bezugsquelle ist:

Variable

2474 Clay Street

Chattanooga, TN 37406

www.variableinc.com

Das Colourpin II kostet um CHF 150.- und kann bezogen werden via:
https://webshop.crb.ch/de/node/farblesegeraete-ncs-15?node_id=15.

In der ursprünglichen getesteten Version wurden keine LRV-Werte gerechnet. Ein App-Update hat in der Zwischenzeit diese Lücke gefüllt. Die Messgenauigkeiten dieser beiden Geräte wurden am Institut für Optometrie anhand von RAL-Farbtafeln geprüft und es konnte eine gute Übereinstimmung zwischen den beiden Geräten und zu den RAL Tabellenwerten bestätigt werden.



Abbildung 10: Links: Spectro 1 mit den drei Eichkacheln, rechts: Colourpin II mit aufgesetztem Reflexionsnormal für die Kalibration.

Der Hersteller der genannten Geräte, Variable, hat, im Gegensatz zum Vorgänger-Gerät «Node+Chroma», die Schnittstelle zur Programmierung eigener Apps nicht freigegeben. Somit kann die vom Institut für Optometrie entwickelte LRV-App (Android) leider nur noch im «Calculate-Modus» verwendet werden. Dabei müssen die LRV-Werte von zwei Flächen eingegeben werden und es wird geprüft, ob die Kontrastbestimmungen gemäss SN EN 16584-1:2017 erfüllt sind. Die App verwendet noch die Bezeichnung Fpr EN16584; es haben sich hier aber keine Änderungen ergeben. Das Institut für Optometrie hat auch noch eine Web-basierte Version entwickelt:

<https://rjoosfhnw.shinyapps.io/LRV-Berechnungen/>

Diese App gestattet die Eingabe mit CIE-L*a*b* Werten, LRV-Werten oder CMYK-Werten. Die App liefert auch die Umrechnung von CIE-L*a*b* zu LRV oder CMYK zu LRV.

Der Umgang mit CIE-L*a*b*-Werten mag auch durch die Grafik bzw. Tabelle im «Anhang 2: Umrechnung CIE-L*a*b* zu LRV» erleichtert werden.

5) Node+Chroma

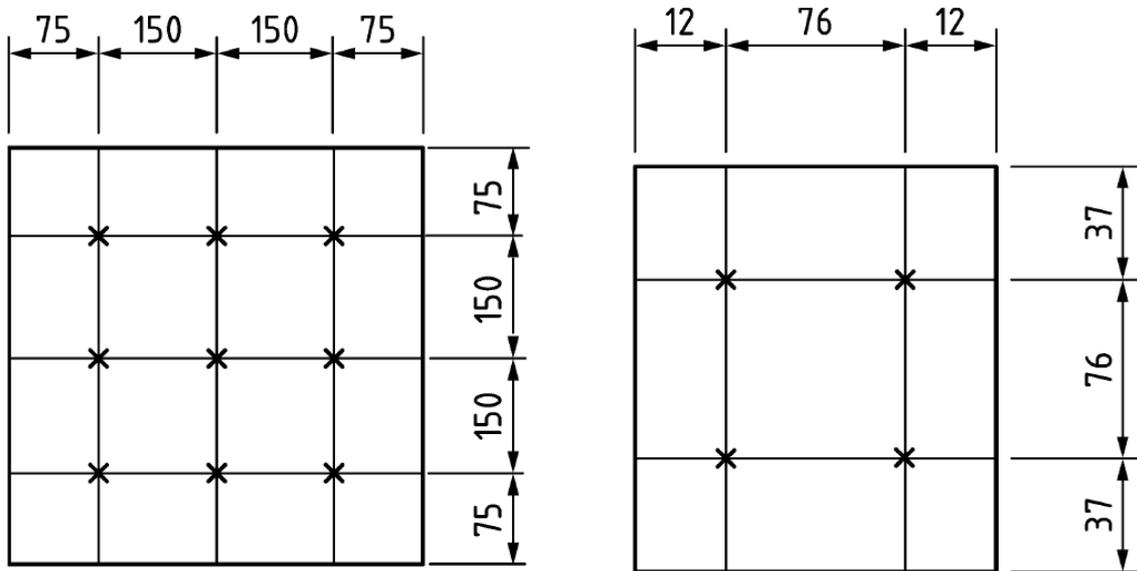
Anstelle der unter 4) beschriebenen Spectro I und Colorpin II wurde in der ersten Auflage dieser Erläuterungen das Node+Chroma als praktische Lösung für Messungen im Felde beschrieben. Es wird hier nur noch erwähnt für den Fall, dass ein Anwender bereits im Besitze dieses Gerätes ist.

2.3.5 Beständigkeit von LRV-Werten

Abweichungen infolge Degradation der Farben (Ausbleichen) sollen mit entsprechenden Toleranzzugaben beim Auswerten der LRV-Tabellenwerte Rechnung getragen werden. Wie schon angedeutet verlangt die Norm, dass die LRV-Werte auch nach längerer Einsatzzeit noch erfüllt sind. Denkbar ist, dass nach einigen Monaten oder Jahren Betriebszeit die LRV-Werte mit einer Methode ähnlich der eben beschriebenen Lösung mit dem Node+Chroma bestimmt wird. Alternativ kann ein Designer vorhandene Information über ein späteres Ausbleichen nutzen, um die Flächenwahl für lange Zeit normgerecht zu gestalten. Ist z.B. bekannt, dass durch Ausbleichen eine Veränderung des LRV-Wertes eines Flächenanteils um 8 Punkte bis zum Ende der Einsatzzeit ergibt, dann ist die Auswirkung dieser Veränderung entsprechend zu berücksichtigen.

2.3.6 Bestimmung von LRV-Werten von unebenen Flächen und Texturen

Das Verfahren wird in der SN EN 16584-1:2017 unter Ziffer 6.2.2.2.4 dargestellt. Hier wird beschrieben, wie mit den Geräten Spectro 1, ColorPin II oder Node-+Chroma vorgegangen werden kann, um die LRV-Werte zu ermitteln. Das Prüfverfahren sieht vor, dass ein Flächenstück von 450 mm x 450 mm zur Verfügung steht. Dann muss dieses Flächenstück mit einem regelmässigen Gitter in Messpunkte unterteilt werden. Die Aufteilung der Messpunkte ist der Abbildung 11 zu entnehmen. An den einzelnen Messpunkten, durch Kreuze bezeichnet, ist je vier Mal zu messen, wobei das Messinstrument jeweils um 90° gedreht werden soll. Der LRV-Wert errechnet sich als arithmetischer Mittelwert aller Messungen.



**a) Messgitter für
450 mm × 450 mm Prüfmuster**

**b) Messgitter für
100 mm × 150 mm Prüfmuster**

Abbildung 11: Anordnung der Messpunkte für die LRV-Bestimmung bei Texturen.

2.3.7 Selbstleuchtende Anzeigetafeln - Einfluss von Umgebungsleuchtdichte auf den Kontrast auf der Anzeigetafel

Wie unter 2.2 erwähnt, muss bei selbstleuchtenden Anzeigen der Michelson-Kontrast mittels Leuchtdichtewerten bestimmt werden und muss mindestens 0.6 betragen. Für Informationsanzeigen mit Buchstaben oder Zeichen in Innenräumen muss der Kontrast mit Kunst- oder Tageslicht von mind. 200lx (vertikal gemessen) und bei Ausseninstallationen mit Tageslicht von mind. 2000lx (ebenfalls vertikal gemessen) geprüft werden, da der effektive Kontrast mit zunehmender Umgebungshelligkeit abnimmt (siehe Abb. C1 in Appendix C von SN EN 16584-1:2017). Das kann so verstanden werden, dass das auf die Oberfläche der Anzeige einfallende Kunst- oder Tageslicht entweder direkt auf der Anzeigenoberfläche oder an einem zusätzlich angebrachten Schutzglas teilweise reflektiert wird. Dieses reflektierte Licht wirkt störend und reduziert den Kontrast (Abbildung 12). Um diesen Effekt zu reduzieren, verfügen neuere digitale Anzeigen über eine Helligkeitsnachführung. Im Aussenbereich werden überwiegend Schutzgläser vorgeschaltet, um einen Schutz gegen Feuchtigkeit und Staub zu gewährleisten.



Abbildung 12: Kontrastvermindernde Reflexionen bei einer Anzeige im Freien. Es wird ersichtlich, dass die Reflexionen die Lesbarkeit praktisch vollständig verunmöglichen können. Ein bewölkter Himmel kann eine höhere Leuchtdichte aufweisen als ein wolkenloser Himmel.

In der SN EN 16584-1: 2017 wird ein Zusammenhang zwischen dem gerätespezifischen Kontrast einer selbstleuchtenden Informationsanzeige, dem einwirkenden Störlicht und den Reflexionseigenschaften dieser Anzeige und dem resultierenden effektiven Kontrast hergestellt. Dabei wird angenommen, dass die Anzeigenoberfläche völlig diffus reflektierend sei. Weiter wird davon ausgegangen, dass solche Anzeigen-Oberflächen zwischen 5% und 10% des einfallenden Störlichtes reflektieren, was in guter Näherung einseitig entspiegeltem Glas (5%) oder beidseitig unentspiegeltem Glas (10%) entspricht. Dieser sogenannte „Reflexionsgrad, ähnlich den LRV-Werten, werden in der technischen Optik mit ρ „rho“ bezeichnet, dort aber nicht in Prozentwerten, sondern mit absoluten Zahlen (0.05 entspricht 5%, 0.10 entspricht 10%) bezeichnet.

Effektiver Kontrast bei Fremdlichteinwirkung

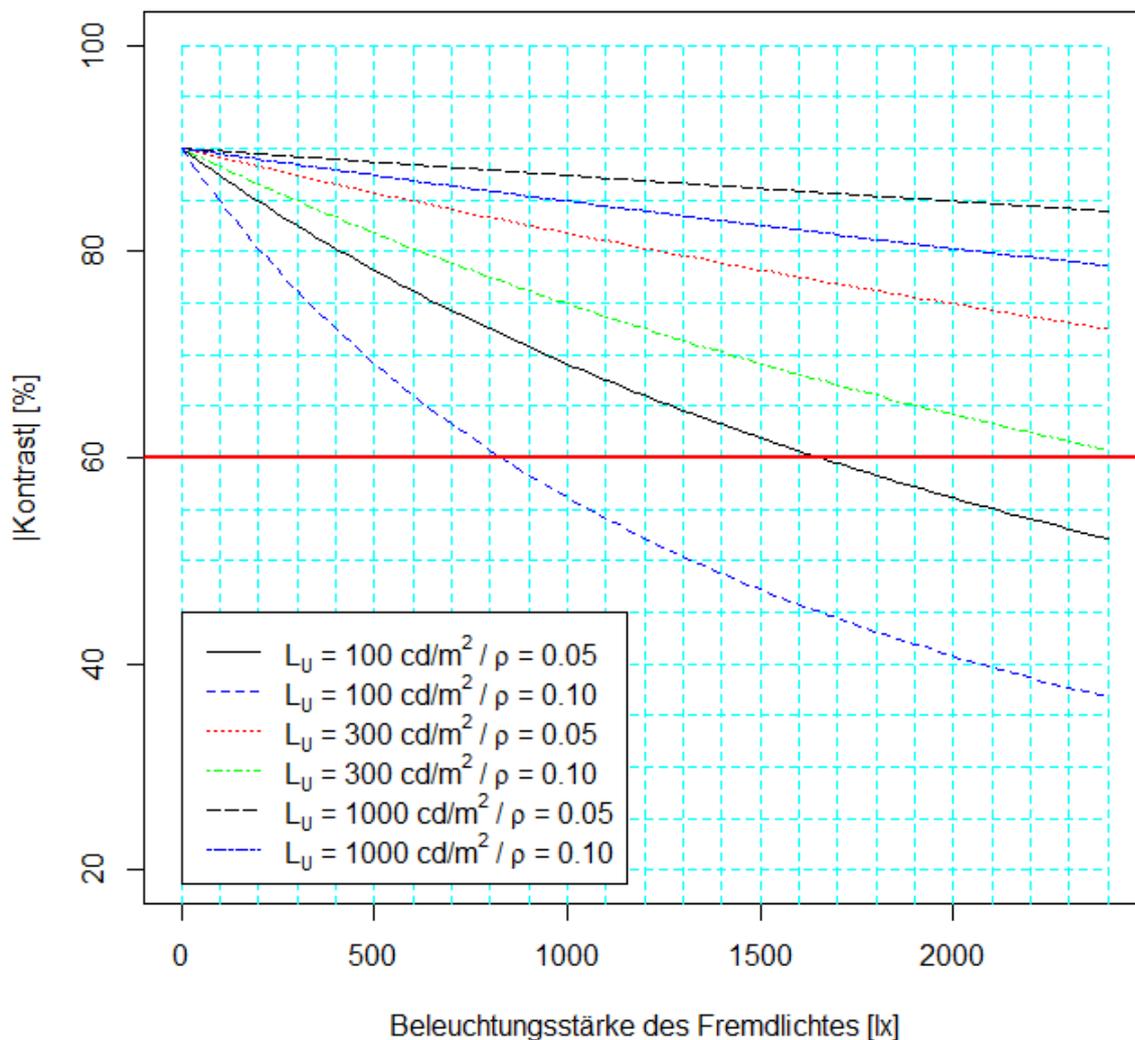


Abbildung 13: Effektiver Kontrast bei Einwirkung von Fremdlicht. Das Fremdlicht wird mittels der erzielten Beleuchtungsstärke bestimmt. Parametrisiert sind die Kurven durch verschiedene Stufen der Leuchtdichte der Anzeige und verschiedene Reflexionsgrade «rho». Mit den in der technischen Optik verwendeten Reflexionsgraden ρ (griechisches „rho“), wird angegeben, wie viel vom eingestrahlt Licht reflektiert wird; diese Reflexionsgrade sind also sehr verwandt mit den LRV, nur dass üblicherweise Reflexionsgrade als Zahlen von 0.0 bis 1.0 annehmen, LRV aber Werte von 0 bis 100. Zu beachten ist, dass in der Praxis die Leuchtdichten von Informationsanzeigen kaum über 300cd/m² liegen. Die kritische Grenze von K=0.6 ist mit einer roten horizontalen Linie eingezeichnet.

In

Effektiver Kontrast bei Fremdlichteinwirkung

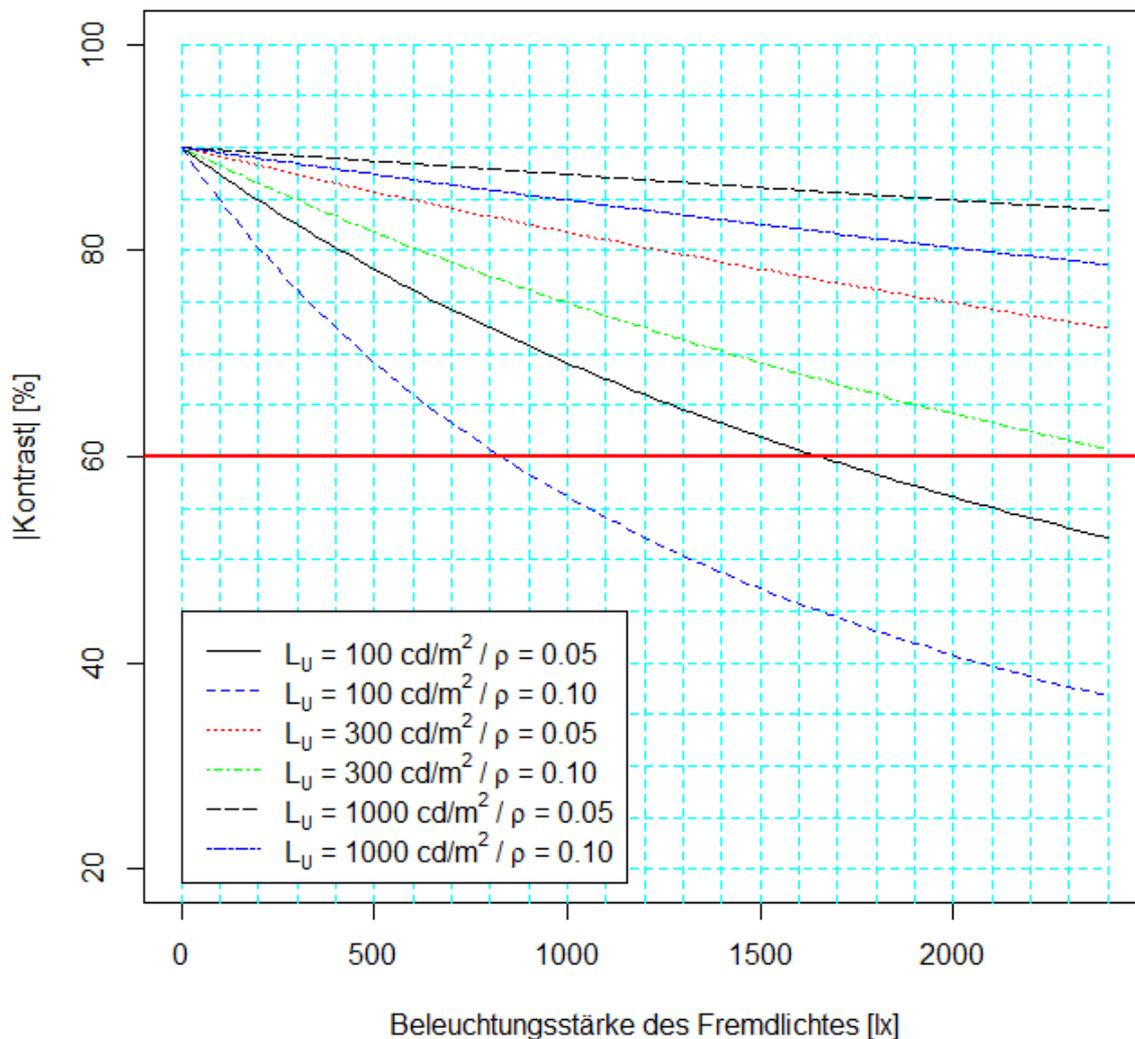


Abbildung 13 ist nun dargestellt, welcher effektive Kontrast sich für eine Anzeige ergibt, die ohne Fremdlichteinstrahlung einen Michelson-Kontrast von 0.90 aufweist, wenn unterschiedlich stark Fremdlicht einwirkt. Das Fremdlicht wird als vertikale Beleuchtungsstärke in Lux (lx) an der Monitoroberfläche gemessen. Die Kurven werden weiter unterschieden nach Helligkeit des Bildschirmhintergrundes (L_U : Helligkeit des Bildschirmhintergrundes, vgl. Abbildung 1) und nach Stärke der Reflexionen (Reflexionsgrade ρ). Daraus geht hervor, dass die Kontrastverminderung durch Reflexionen von Fremdlicht umso geringer ausfallen:

- je grösser die Leuchtdichte des Bildschirms einerseits und
- je geringer der Reflexionsgrad der Bildschirmoberfläche inklusive Schutzgläser ist.

Sollen also gute Kontraste bei Bildschirmanzeigen erreicht werden, so empfiehlt es sich, hohe Leuchtdichten und entspiegelte Oberflächen zu verwenden.

Die

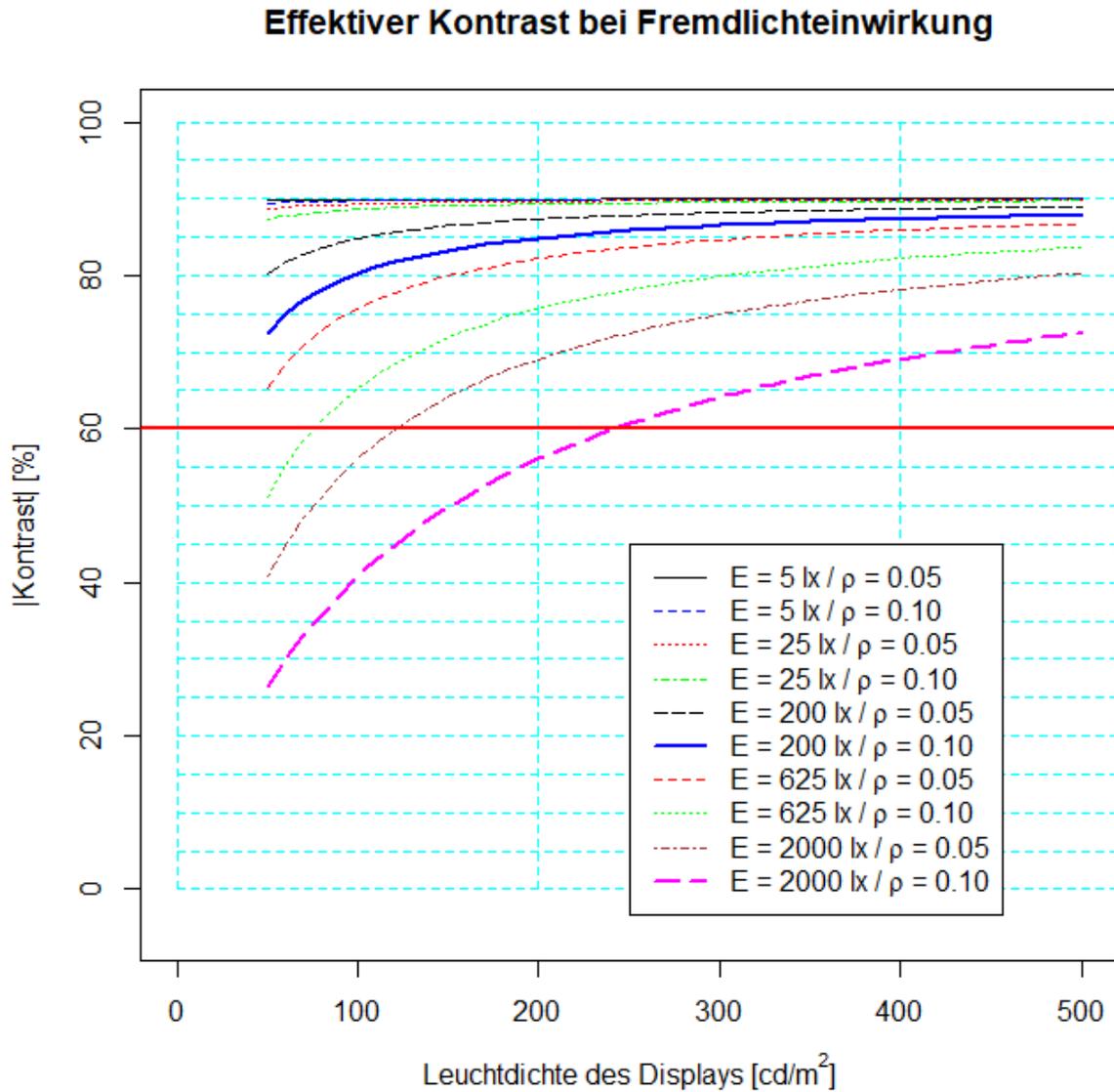


Abbildung 14 zeigt diese Zusammenhänge nochmals in leicht variiert Form. Hier sind wieder die effektiven Kontraste in Abhängigkeit von der Leuchtdichte des Bildschirms und den Reflexionsgraden dargestellt. Wiederum wird davon ausgegangen, dass die Informationsanzeige ohne Fremdlichteinwirkung einen Michelson-Kontrast von 0.9 erreicht. Weiter wird nun in dieser Abbildung die Leuchtdichte des Bildschirms (L_U : Leuchtdichte des Bildschirmhintergrundes in cd/m^2 , vgl. Abbildung 1) variiert. Die Kurven unterscheiden sich hinsichtlich unterschiedlicher Stärke der Reflexionen (Reflexionsgrade ρ) und durch Fremdlichteinstrahlung

verursachter „Beleuchtungsstärke“. Zu beachten ist, dass realistische Leuchtdichten für Bildschirme eher im Bereich von 100 cd/m^2 bis 200 cd/m^2 liegen.

Die Folgerungen sind identisch wie bei der vorangehenden Diskussion. Oder umgekehrt formuliert: Starke Kontrasteinbussen sind zu erwarten, wenn die Leuchtdichte des Bildschirmes gering, die Beleuchtungsstärke infolge Fremdlicht gross und die Reflexionsgrade hoch sind.

In der Praxis hat man anstelle der diffusen Reflexion eher gerichtete Reflexion zu erwarten. Eine Vorneigung der Informationsanzeige führt daher in vielen Fällen dazu, dass weniger Fremdlicht in das Auge des Lesers fällt. Damit erreicht man bessere effektive Kontraste.

Zusammengefasst:

In Innenräumen muss ein Kontrast von 0.6 bei einer Kunst- oder Tageslichteinwirkung von einer vertikal in der Bildmitte gemessenen Beleuchtungsstärke von 200 lx eingehalten werden. Dabei darf die Helligkeitsnachführung aktiv sein.

Im Freien muss ein Kontrast von 0.6 bei einer Kunst- oder Tageslichteinwirkung von einer vertikal in der Bildmitte gemessenen Beleuchtungsstärke von 2000 lx eingehalten werden. Dabei darf die Helligkeitsnachführung aktiv sein.

Eine Vorneigung der Informationsanzeige führt in vielen Fällen dazu, dass weniger Fremdlicht in das Auge des Lesers fällt. Damit erreicht man bessere effektive Kontraste.

Effektiver Kontrast bei Fremdlichteinwirkung

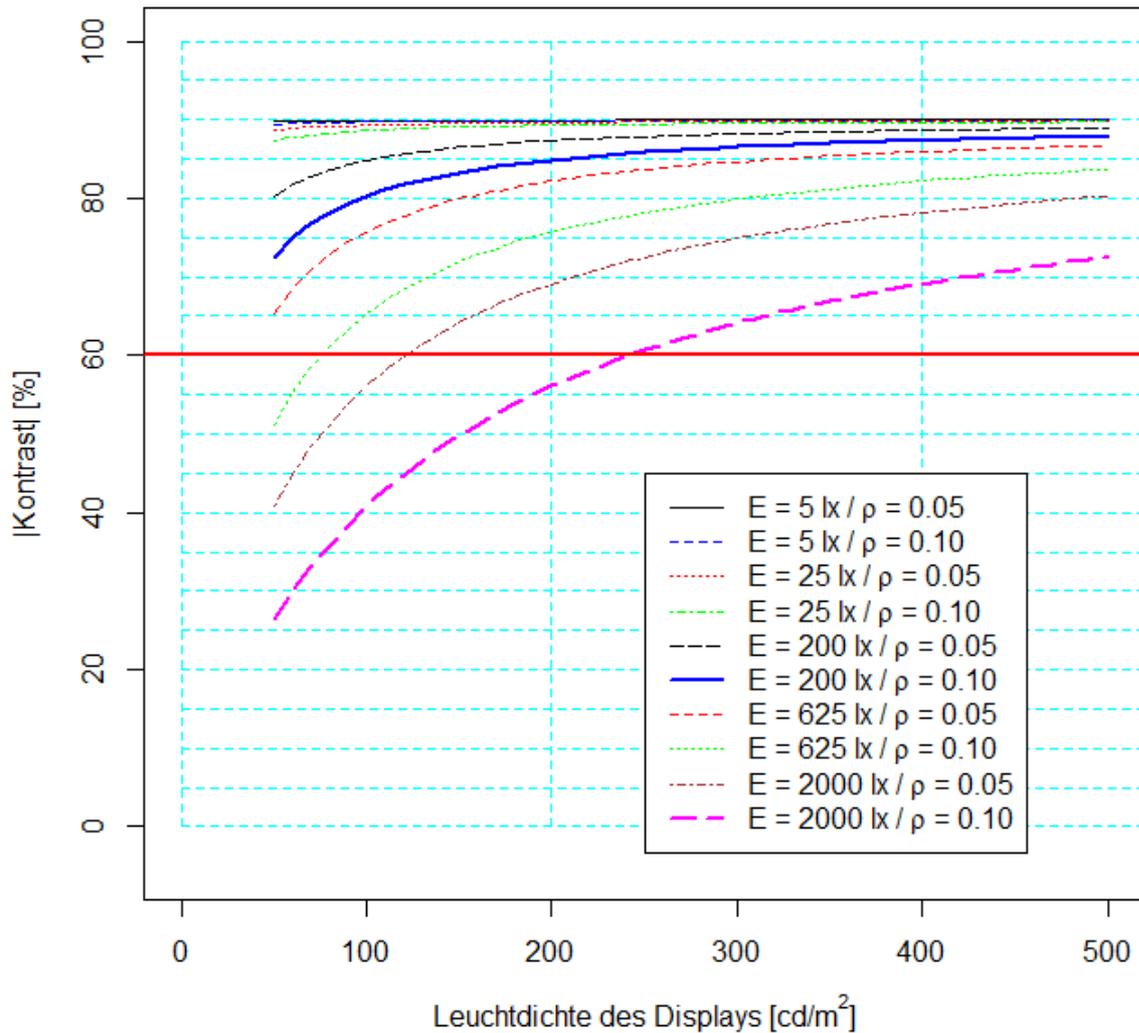


Abbildung 14: Effektiver Kontrast bei Einwirkung von Fremdlicht. Das Fremdlicht wird mittels der erzielten Beleuchtungsstärke bestimmt. Parametrisiert sind die Kurven durch verschiedene Stufen der Beleuchtungsstärke des Fremdlichtes und verschiedene Reflexionsgrade. Zu beachten ist, dass in der Praxis die Leuchtdichten von Anzeigen kaum über 300 cd/m² liegen. Die kritische Grenze von K=0.6 ist mit einer roten horizontalen Linie gekennzeichnet.

3 Infrastruktur: Informationsanzeigen und Schriftgrössen, massgebliche Lesedistanzen

In der Norm SN EN 16584-2:2017 werden die massgeblichen Lesedistanzen und Mindestschriftgrössen für Informationsbildschirme festgelegt. Grundsätzlich wird empfohlen, einen Sans Serif Font (auf Deutsch ‚serifenloser Zeichensatz‘) für Informationsanzeigen zu verwenden.

Die nachfolgende Anleitung beruht auf der Empfehlung der SN EN 16584-2:2017 (Anhang D), wonach bei Anzeigen eine Sehschärfe von 0.1 zu berücksichtigen sei. Wir gehen davon aus, dass dies bei grösstmöglicher Annäherung an die Anzeige erfüllt sein muss. Anhang D in der SN EN 16584-2:2017 gibt eine Sehschärfenempfehlung zwischen 0.5 und 0.1 an, wobei 0.1 anzustreben ist, da eine mittelschwere Sehbehinderung gemäss WHO schon im Bereich 0.3-0.1 liegt. Demzufolge wird dem Anwender dieser Anleitung empfohlen, die Anforderungen der folgenden Abschnitte zu erfüllen, um eine vollumfängliche Einhaltung der SN EN 16584 gewährleisten zu können, die sich nach der Sehschärfe von 0.1 orientiert. Entscheidet sich der Anwender, diesen Anleitungen nicht in allen Punkten zu folgen, so steht er in der Pflicht, die Einhaltung der SN EN 16584-2:2017 nachzuweisen.

3.1 Grundsätzliche Informationen

Hier werden einige Zusammenhänge erläutert, damit die nachfolgend beschriebene Methodik besser verstanden werden kann. Grundsätzlich wünscht ein Hersteller oder Betreiber einer Anzeige, möglichst viel Information auf einer Informationsanzeige zur Darstellung zu bringen. Bei gegebener Anzeigegrösse führt dies zu stets kleiner werdenden Schriftgrössen, je grösser der Informationsgehalt ist, der dargestellt werden soll. Dies steht im Widerspruch zu den Ansprüchen von Personen mit reduziertem Sehvermögen, eventuell sogar zu den Ansprüchen von normalsichtigen Personen. Menschen mit geringerem Sehvermögen werden sich näher an die Informationsanzeige heranbewegen, um die Schriftzeichen lesen zu können.

Ist die Anzeige auf Augenhöhe, so kann sich der Beobachter grundsätzlich so nahe wie erforderlich an die Anzeige heranbewegen. Anders ist die Situation, wenn die Anzeige in einer Höhe angebracht ist, die über der Augenhöhe des Beobachters liegt. In diesem Fall muss die Blickrichtung umso mehr nach oben geneigt werden, je mehr sich der Beobachter der Anzeige nähert. Das Anheben der Blickrichtung und das damit verbunden nach oben Richten des Hauptes ist für ältere Menschen oder Menschen mit Seheinschränkungen oft erschwert; deshalb wird davon ausgegangen, dass nicht mehr als 45° nach oben geschaut werden kann.

Nach dem eben Beschriebenen ist es daher logisch, dass zwischen den beiden Situationen „Überkopfanzeige“ und „Anzeige auf „Augenhöhe“ unterschieden wird, da sich das Bestimmen des möglichen Mindestabstandes in den beiden Fällen grundsätzlich unterscheidet.

3.2 Mindestschriftgrößen bei Überkopfanzeigen

3.2.1 Bestimmung, Blickwinkel und massgebliche Lesedistanz zu den Informationsanzeigen

An dieser Stelle werden nochmals ein paar grundsätzliche Informationen für das bessere Verständnis der Situation bei den Überkopfanzeigen gegeben. Wie im vorangehenden Abschnitt erklärt, hat der Beobachter das Bestreben, so nah an die Anzeige heranzugehen, dass die Anzeige gelesen werden kann. Dabei wird sich aber die Erkennbarkeit mit zunehmendem Winkel zwischen der Senkrechten zur Anzeige und Blickrichtung verschlechtern, sowohl wegen Gröszenverzerrungen als auch wegen der Abstrahlcharakteristik der Anzeige oder Reflexionen an der Anzeige-Oberfläche. Die Norm legt deshalb fest, dass der Winkel zwischen der Senkrechten zur Anzeigenfläche und Blickrichtung 30° beträgt. In der Praxis wird davon ausgegangen, dass der Beobachter aus ergonomischen Gründen nicht mehr als 45° nach oben schauen muss. Gemessen wird der Winkel zwischen der Senkrechten zur Anzeigenfläche und der Blickrichtung in der obersten informationshaltigen Zeile der Anzeige (Abbildung 15).



Abbildung 15: Die erste Informationszeile als Bezugspunkt für die Höhenangabe einer Anzeigetafel (gelber Pfeil).

Ist eine Anzeige senkrecht angeordnet, so muss der Beobachter den Blick also um 30° zur Horizontalen anheben. Die Lesedistanz kann nun verringert werden, indem die Anzeige gegenüber dem Beobachter vorgeneigt wird. Dies ist exemplarisch in Abbildung 16 dargestellt, in der die Anzeige um 15° vorgeneigt wurde und die Blickrichtung gegenüber der Horizontalen 45° beträgt. Würde die Anzeige steiler (mehr senkrecht) angebracht, ergäbe sich eine grössere Lesedistanz. Bei noch grösserer Vorneigung würde die Lesedistanz dennoch nicht kleiner, weil dann die Blickneigung zu gross würde.

Eine noch grössere Vorneigung der Anzeige von mehr als 15° ist dennoch denkbar und sinnvoll, weil dann der Blick senkrechter auf die Anzeige fällt und die Schriftgrösse dadurch noch etwas kleiner gewählt werden kann (Tabelle 2, Tabelle 3, Tabelle 4, Tabelle 6, Tabelle 7).

3.2.2 Mindestschriftgrösse und Adaptationsleuchtdichte

Ein weiterer Umstand, der bei der Bestimmung der Mindestschriftgrösse berücksichtigt werden muss, ist die Adaptationsleuchtdichte. Der Grundgedanke dabei ist der, dass bei geringerer Bildschirmhelligkeit die Lesbarkeit verringert wird. Es stellt sich somit die Frage, bei welcher Helligkeitseinstellung eines Bildschirms die Schriftgrösse festgelegt werden soll. Erschwerend kommt hinzu, dass die meisten Bildschirme über eine Helligkeitsnachführung verfügen, die dafür sorgt, dass bei grösserer Fremdlichteinwirkung dennoch akzeptable Kontrastwerte resultieren.

Um die Anwendung der Norm praktikabel zu machen wurde daher

- a) die Adaptationsleuchtdichte festgelegt als die sich über den informationshaltigen Bereich der Anzeige erstreckende mittlere Leuchtdichte (gleichgewichtet integriert).
- b) die Adaptationsleuchtdichten von fünf aktuell verwendeten Anzeigen ermittelt.

Der Anwender muss sich also festlegen, welche Art von Anzeige verwendet wird.

In der nachfolgenden Tabelle 1 können die Mindestdistanzen zu den Informationsanzeigen unter Berücksichtigung der Neigung der Bildebene der Anzeigetafel bzw. –bildschirm entnommen werden. Hierbei gilt zu berücksichtigen, dass die geforderte Mindestdistanz sich bei einer Neigung der Bildebene von mehr als 15° nicht weiter verringert, da dann der Beobachter den Blick um mehr als 45° anheben müsste (Abbildung 16), was nicht anwenderfreundlich ist. Je höher die Informationsanzeige sich über der Augenhöhe des Beobachters befindet, desto grösser ergibt sich die massgebliche Lesedistanz zwischen Betrachter und der Informationsanzeige (Tabelle 1). Bezugspunkt für die Höhe der Anzeigetafel ist grundsätzlich die erste Informationszeile (Abbildung 15).

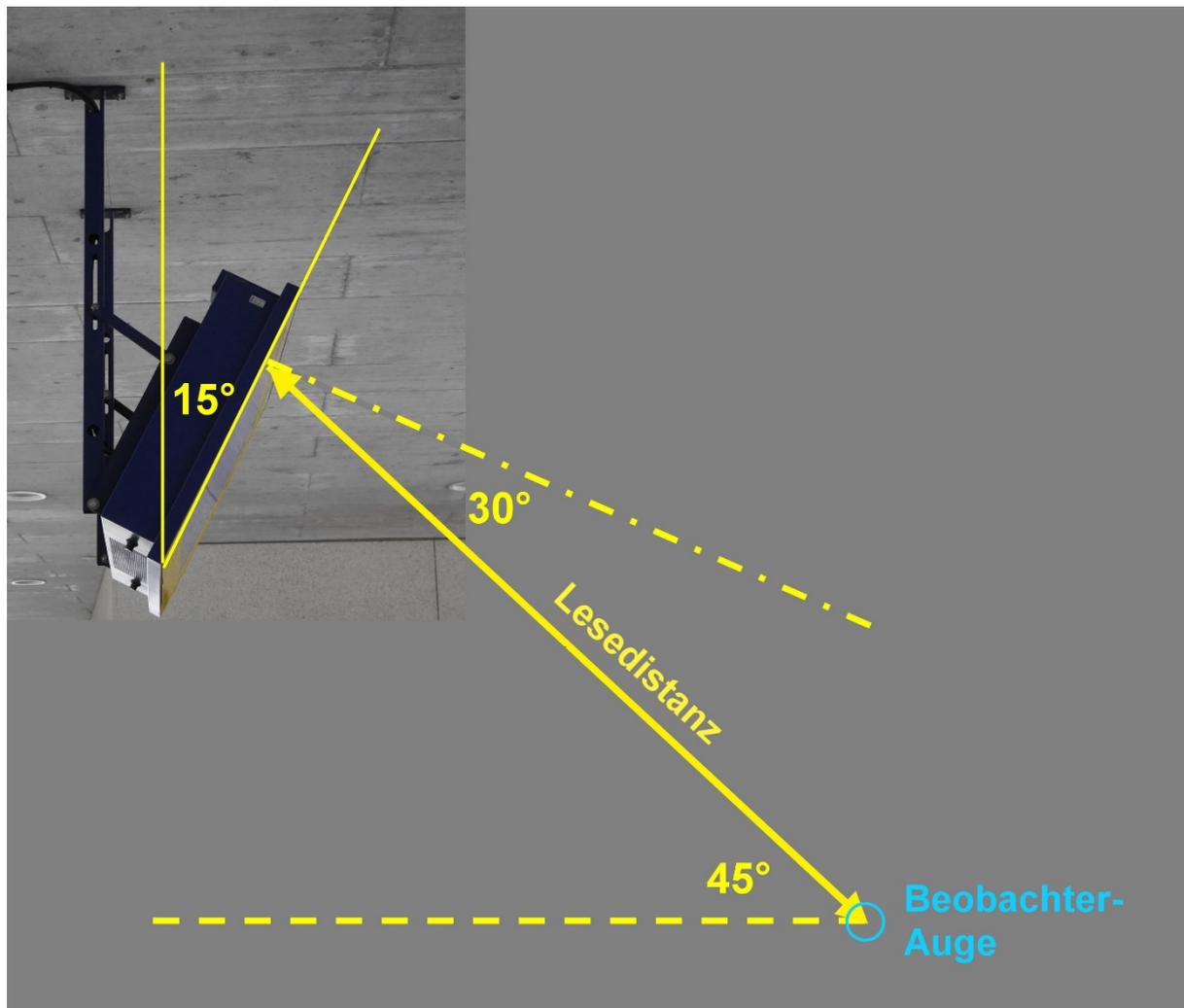


Abbildung 16: Graphische Darstellung mit 15° Vorneigungswinkel der Anzeigentafel bei max. zulässiger Blickhebung des Betrachters von 45° . Als Augenhöhe wird 160 cm über Boden definiert. Es sei in Erinnerung gerufen, dass die maximale Neigung der Blickrichtung gegenüber der Horizontalen 45° beträgt; d.h. die Abbildung zeigt die Grenzsituation; eine zusätzliche Neigung des Bildschirms über 15° hinaus verringert die minimale Beobachtungsdistanz nicht weiter.

Massgebliche Lesedistanz zwischen Informationsanzeige und Beobachter in Meter														
		Neigung der Bildebene der Anzeige zur Senkrechten (°)												
		0.0	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0	27.5	30.0
Höhe der ersten Informationszeile über Boden (m)	1.7	0.20	0.19	0.17	0.16	0.16	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
	1.8	0.40	0.37	0.35	0.33	0.31	0.30	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
	1.9	0.60	0.56	0.52	0.49	0.47	0.44	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
	2.0	0.80	0.74	0.70	0.66	0.62	0.59	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57
	2.1	1.00	0.93	0.87	0.82	0.78	0.74	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
	2.2	1.20	1.12	1.05	0.99	0.93	0.89	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
	2.3	1.40	1.30	1.22	1.15	1.09	1.04	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
	2.4	1.60	1.49	1.39	1.31	1.24	1.18	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13
	2.5	1.80	1.68	1.57	1.48	1.40	1.33	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27
	2.6	2.00	1.86	1.74	1.64	1.56	1.48	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41
	2.7	2.20	2.05	1.92	1.81	1.71	1.63	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56
	2.8	2.40	2.23	2.09	1.97	1.87	1.78	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70
	2.9	2.60	2.42	2.27	2.14	2.02	1.92	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84
	3.0	2.80	2.61	2.44	2.30	2.18	2.07	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98
	3.1	3.00	2.79	2.62	2.46	2.33	2.22	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12
	3.2	3.20	2.98	2.79	2.63	2.49	2.37	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26
	3.3	3.40	3.16	2.96	2.79	2.64	2.52	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40
	3.4	3.60	3.35	3.14	2.96	2.80	2.66	2.55	2.55	2.55	2.55	2.55	2.55	2.55
	3.5	3.80	3.54	3.31	3.12	2.96	2.81	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69
	3.6	4.00	3.72	3.49	3.29	3.11	2.96	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83
3.7	4.20	3.91	3.66	3.45	3.27	3.11	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97	
3.8	4.40	4.09	3.84	3.61	3.42	3.26	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11	
3.9	4.60	4.28	4.01	3.78	3.58	3.40	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25	
4.0	4.80	4.47	4.18	3.94	3.73	3.55	3.39	3.39	3.39	3.39	3.39	3.39	3.39	
4.1	5.00	4.65	4.36	4.11	3.89	3.70	3.54	3.54	3.54	3.54	3.54	3.54	3.54	

Tabelle 1: Massgebliche Lesedistanz zwischen Informationsanzeige und Beobachter (Einheit in m).

Anwendungsbeispiel

Wenn sich die erste Informationszeile 2.60m über dem Boden befindet und die Bildebene der Anzeige zur Senkrechten 5° geneigt ist, so ergibt sich für den Beobachter eine Lesedistanz von 1.74m.

Je höher die erste Informationszeile angebracht ist, desto länger wird die Lesedistanz.

Je stärker die Bildebene der Anzeige zur Senkrechten geneigt ist, desto kürzer wird die Mindestdistanz. Ab einer Neigung der Bildebene von >15° verkürzt sich jedoch die Lesedistanz nicht weiter.

3.2.3 Bestimmung der Mindestschriftgrösse von dynamischen Informationsanzeigen

Die geforderte Mindestschriftgrösse hängt von der Höhe der Informationsanzeige, der Neigung der Bildebene der Anzeige zur Senkrechten und von der Leuchtdichte der Anzeige ab:

- Je höher die Informationsanzeige sich befindet, desto grösser wird die Mindestschriftgrösse
- Je stärker die Bildebene der Anzeige in Richtung Betrachter geneigt wird, desto kleiner wird die Mindestschriftgrösse.
- Je höher die gemittelte Leuchtdichte der Anzeige, desto kleiner wird die Mindestschriftgrösse.

In den nachfolgenden Tabellen werden die Mindestschriftgrössen angegeben:

- für eine gemittelte Leuchtdichte von 100 cd/m^2 als Referenz (Tabelle 2)
- 14 mm gilt als Referenz-Mindestschriftgrösse, die auch nicht unterschritten werden soll, wenn eine beliebige Annäherung an den Bildschirm möglich ist (Kongruenz zur Vorgabe der betreffenden Displays an Informationsschaltern gemäss der Ziffer 5.2.4 3) iii) der SN EN 16584-2:2017). Die SN EN 16584-2:2017 macht diese Vorgabe nur für Preisanzeigen bei Billettschaltern (Ziff 5.2.4 3) iii); sinnvollerweise wird diese Vorgabe für alle Anzeigen übernommen (Ausnahme: Billettautomaten: 7mm)
- für eine monochrome LED-Anzeige (gemittelt 100 cd/m^2 ; Tabelle 2)
- für einen TFT Bildschirm (gemittelt 80 cd/m^2 ; Tabelle 3)
- für eine Multicolor LED-Anzeige (gemittelt 60 cd/m^2 ; Tabelle 4) und
- e-Paper-Anzeige (gemittelt 35 cd/m^2 ; unabhängig ob helle Schrift auf dunklem Hintergrund oder umgekehrt, Tabelle 5) und
- für eine LCD-Anzeige (gemittelt 20 cd/m^2 ; Tabelle 6) angegeben

Diese Arten von Anzeigen werden in der Schweiz häufig eingesetzt.

Die Anpassung der Mindestschriftgrösse in Abhängigkeit von der gemittelten Leuchtdichte der Anzeige ergibt sich aus der Überlegung, dass sich die Augen des Betrachters auf die Leuchtdichte der Anzeige einstellen, sodass der Adaptationsleuchtdichte Rechnung getragen werden kann.

Die Mindestschriftgrössen wurden gemäss den Vorgaben in Annex D der SN EN 16584-2:2017 für eine Adaptationsleuchtdichte von 100 cd/m^2 und einen Visus von 0.1 berechnet. Sie sind in Tabelle 2 als "Referenz-Mindestschriftgrössen" festgehalten. Die verschiedenen gängigen Anzeigetypen (s. oben) weisen unterschiedliche Adaptationsleuchtdichten auf. In der Tabelle 2, Tabelle 3, Tabelle 4, Tabelle 5 und Tabelle 6 sind die Mindestschriftgrössen des jeweiligen Anzeigetyps unter Berücksichtigung seiner spezifischen Adaptationsleuchtdichte (anhand eines entsprechenden Korrekturfaktors bezogen auf die Referenzschriftgrössen) umgerechnet.

Es wird bei e-Paper-Anzeigen empfohlen, dunkle Schrift auf hellem Hintergrund zu verwenden, da so Reflexionen weniger störend wirken. Bei diesen Anzeigen müssen reines Schwarz und Weiss anstelle von Grauwerten verwendet werden, damit der Mindestkontrast von $K_M = 0.6$ erreicht werden kann.

Referenz Schriftgrösse / Monochrome LED-Anzeige														
Mindestschriftgrösse in mm (Grossbuchstabe H) für eine gemittelte Leuchtdichte 100cd/m²														
		Neigung der Bildebene der Anzeige zur Senkrechten (°)												
		0.0	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0	27.5	30.0
Höhe der ersten Anzeigenzeile über Boden (m)	1.7	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	1.8	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	1.9	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	2.0	16	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	2.1	19	18	17	16	15	14	14	14	14	14	14	14	14
	2.2	23	21	20	19	18	17	16	16	16	15	15	15	15
	2.3	26	25	23	22	21	20	19	19	18	18	17	17	17
	2.4	30	28	26	25	24	23	22	21	21	20	20	20	19
	2.5	34	31	30	28	26	25	24	24	23	23	22	22	22
	2.6	37	35	33	31	29	28	27	26	26	25	25	24	24
	2.7	41	38	36	34	32	31	29	29	28	27	27	27	26
	2.8	45	42	39	37	35	33	32	31	30	30	29	29	29
	2.9	48	45	42	40	38	36	34	34	33	32	32	31	31
	3.0	52	48	45	43	41	39	37	36	35	35	34	34	33
	3.1	56	52	49	46	44	41	40	39	38	37	37	36	36
	3.2	59	55	52	49	46	44	42	41	40	40	39	38	38
	3.3	63	59	55	52	49	47	45	44	43	42	41	41	40
	3.4	67	62	58	55	52	50	47	46	45	44	44	43	42
	3.5	70	65	61	58	55	52	50	49	48	47	46	45	45
	3.6	74	69	65	61	58	55	53	51	50	49	48	48	47
3.7	78	72	68	64	61	58	55	54	53	52	51	50	49	
3.8	81	76	71	67	63	60	58	56	55	54	53	52	52	
3.9	85	79	74	70	66	63	60	59	58	57	56	55	54	
4.0	89	82	77	73	69	66	63	61	60	59	58	57	56	
4.1	92	86	80	76	72	68	65	64	63	61	60	59	59	

Tabelle 2: Mindestschriftgrösse (Einheit in mm) für eine gemittelte Leuchtdichte 100 cd/m² für monochrome LED-Anzeigen der Abfahrzeiten bei Bus- und Tramhaltestellen. Die Tabelle dient auch als Referenzschriftgrösse, da letztere für eine Adaptationsleuchtdichte von 100 cd/m² berechnet ist.

Anwendungsbeispiel

Bei einer gemittelten Leuchtdichte der Anzeigetafel ergibt sich eine Mindestschriftgrösse von 33 mm, wenn die erste Informationszeile 2.6 m über dem Boden hängt und die Anzeigetafel um 5° zur Senkrechten geneigt ist.

Je höher die Anzeigetafel ist, desto grösser wird die Mindestschriftgrösse.

Je stärker die Anzeigetafel zur Senkrechten geneigt ist, desto kleiner wird die Mindestschriftgrösse.

TFT-Bildschirm														
Mindestschriftgrösse in mm (Grossbuchstabe H) für eine gemittelte Leuchtdichte von 80cd/m²														
		Neigung der Bildebene der Anzeige zur Senkrechten (°)												
		0.0	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0	27.5	30.0
Höhe der ersten Anzeigenzeile über Boden (m)	1.7	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	1.8	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	1.9	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	2.0	16	15	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	2.1	20	18	17	16	15	15	14	14	14	14	14	14	14
	2.2	23	22	20	19	18	17	17	16	16	16	15	15	15
	2.3	27	25	24	22	21	20	19	19	19	18	18	18	17
	2.4	31	29	27	25	24	23	22	22	21	21	20	20	20
	2.5	35	32	30	29	27	26	25	24	24	23	23	22	22
	2.6	38	36	33	32	30	29	27	27	26	26	25	25	25
	2.7	42	39	37	35	33	31	30	29	29	28	28	27	27
	2.8	46	43	40	38	36	34	33	32	31	31	30	30	29
	2.9	50	46	43	41	39	37	35	34	34	33	33	32	32
	3.0	53	50	47	44	42	40	38	37	36	36	35	34	34
	3.1	57	53	50	47	45	42	41	40	39	38	37	37	36
	3.2	61	57	53	50	47	45	43	42	41	41	40	39	39
	3.3	64	60	56	53	50	48	46	45	44	43	42	42	41
	3.4	68	64	60	56	53	51	48	47	46	45	45	44	43
	3.5	72	67	63	59	56	53	51	50	49	48	47	46	46
	3.6	76	70	66	62	59	56	54	53	51	50	50	49	48
3.7	79	74	69	65	62	59	56	55	54	53	52	51	51	
3.8	83	77	73	68	65	62	59	58	56	55	54	54	53	
3.9	87	81	76	72	68	65	62	60	59	58	57	56	55	
4.0	91	84	79	75	71	67	64	63	61	60	59	58	58	
4.1	94	88	82	78	74	70	67	65	64	63	62	61	60	

Tabelle 3: Mindestschriftgrösse (Einheit in mm) für eine gemittelte Leuchtdichte von 80 cd/m² (TFT-Bildschirm).

Tabelle 3 wurde analog zu Tabelle 2 erstellt, jedoch für eine Anzeigetafel mit einer gemittelten Leuchtdichte von 80 cd/m², wie es bei einem TFT Bildschirm der Fall ist.

Anwendungsbeispiel

Bei einer gemittelten Leuchtdichte der Anzeigetafel ergibt sich eine Mindestschriftgrösse von 15 mm, wenn die erste Informationszeile 2.1 m über dem Boden hängt und die Anzeigetafel um 10° zur Senkrechten geneigt ist.

Je höher die Anzeigetafel ist, desto grösser wird die Mindestschriftgrösse.

Je stärker die Anzeigetafel zur Senkrechten geneigt ist, desto kleiner wird die Mindestschriftgrösse.

Multicolor LED														
Mindestschriftgrösse in mm (Grossbuchstabe H) für eine gemittelte Leuchtdichte 60cd/m²														
		Neigung der Bildebene der Anzeige zur Senkrechten (°)												
		0.0	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0	27.5	30.0
Höhe der ersten Anzeigenzeile über Boden (m)	1.7	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	1.8	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	1.9	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	2.0	16	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	2.1	20	19	18	17	16	15	15	15	15	15	15	15	15
	2.2	24	22	21	20	19	18	17	17	17	16	16	16	15
	2.3	28	26	24	23	22	21	20	20	19	19	18	18	18
	2.4	32	30	28	26	25	24	23	22	22	21	21	21	20
	2.5	36	33	31	29	28	27	25	25	24	24	23	23	23
	2.6	39	37	35	33	31	29	28	28	27	26	26	26	25
	2.7	43	40	38	36	34	32	31	30	30	29	28	28	28
	2.8	47	44	41	39	37	35	34	33	32	32	31	31	30
	2.9	51	48	45	42	40	38	36	36	35	34	34	33	33
	3.0	55	51	48	45	43	41	39	38	37	37	36	36	35
	3.1	59	55	51	48	46	44	42	41	40	39	39	38	38
	3.2	63	58	55	52	49	47	45	44	43	42	41	40	40
	3.3	66	62	58	55	52	49	47	46	45	44	44	43	42
	3.4	70	66	61	58	55	52	50	49	48	47	46	45	45
	3.5	74	69	65	61	58	55	53	51	50	49	49	48	47
	3.6	78	73	68	64	61	58	55	54	53	52	51	50	50
3.7	82	76	72	67	64	61	58	57	56	55	54	53	52	
3.8	86	80	75	71	67	64	61	59	58	57	56	55	55	
3.9	90	83	78	74	70	67	64	62	61	60	59	58	57	
4.0	94	87	82	77	73	69	66	65	63	62	61	60	60	
4.1	97	91	85	80	76	72	69	67	66	65	64	63	62	

Tabelle 4: Mindestschriftgrösse (Einheit in mm) für eine gemittelte Leuchtdichte von 60 cd/m² (Multicolor LED-Anzeige).

Tabelle 4 wurde analog zu Tabelle 2 erstellt, jedoch für eine Anzeigetafel mit einer gemittelten Leuchtdichte von 60 cd/m², wie es bei einer Multicolor LED-Anzeige der Fall ist.

Anwendungsbeispiel

Bei einer gemittelten Leuchtdichte der Anzeigetafel ergibt sich eine Mindestschriftgrösse von 35 mm, wenn die erste Informationszeile 2.6 m über dem Boden hängt und die Anzeigetafel um 5° zur Senkrechten geneigt ist.

Je höher die Anzeigetafel ist, desto grösser wird die Mindestschriftgrösse.

Je stärker die Anzeigetafel zur Senkrechten geneigt ist, desto kleiner wird die Mindestschriftgrösse.

e-Paper														
Mindestschriftgrösse in mm (Grossbuchstabe H) für eine gemittelte Leuchtdichte 35 cd/m²														
		Neigung der Bildebene der Anzeige zur Senkrechten (°)												
		0	2.5	5	7.5	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25	27.5	30
Höhe der ersten Anzeigenzeile über Boden (m)	1.7	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
	1.8	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
	1.9	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
	2.0	17	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
	2.1	21	20	19	18	17	16	16	16	16	16	16	16	16
	2.2	26	24	22	21	20	19	18	18	18	17	17	17	16
	2.3	30	28	26	25	23	22	21	21	20	20	20	19	19
	2.4	34	31	30	28	26	25	24	24	23	23	22	22	22
	2.5	38	35	33	31	30	28	27	26	26	25	25	25	24
	2.6	42	39	37	35	33	31	30	29	29	28	28	27	27
	2.7	46	43	40	38	36	34	33	32	31	31	30	30	29
	2.8	50	47	44	41	39	37	36	35	34	34	33	32	32
	2.9	54	51	47	45	42	40	39	38	37	36	36	35	35
	3.0	58	54	51	48	46	43	42	41	40	39	38	38	37
	3.1	62	58	55	51	49	46	44	43	42	42	41	40	40
	3.2	67	62	58	55	52	50	47	46	45	44	44	43	42
	3.3	71	66	62	58	55	53	50	49	48	47	46	46	45
	3.4	75	70	65	62	58	56	53	52	51	50	49	48	48
	3.5	79	73	69	65	62	59	56	55	54	53	52	51	50
	3.6	83	77	72	68	65	62	59	58	56	55	54	54	53
3.7	87	81	76	72	68	65	62	60	59	58	57	56	55	
3.8	91	85	80	75	71	68	65	63	62	61	60	59	58	
3.9	95	89	83	78	74	71	68	66	65	63	62	61	61	
4.0	99	93	87	82	78	74	71	69	67	66	65	64	63	
4.1	103	96	90	85	81	77	73	72	70	69	68	67	66	

Tabelle 5: Tabelle 5 wurde analog zu Tabelle 2 erstellt, jedoch für eine Anzeigetafel mit einer gemittelten Leuchtdichte von 35 cd/m², wie es bei einer e_Paper-Anzeige der Fall ist.⁸

⁸ Für die Bestimmung der Schriftgrösse wird eine Adaptationsleuchtdichte von 35 cd/m² angenommen (wenig Umgebungslicht und zugeschaltete Beleuchtung) Korrekturfaktor nach SN EN 16584-2:2017, Anhang D, Tab. D.2 KS = 0.8881 als Mittelwert zwischen KS für 30 cd/m² und KS für 40 cd/m². Die Leuchtdichte von 35 ergab sich als Mittelwert aus Messungen der 13-Zoll-e-Paper-Anzeigen der Firma Trapeze AG.

LCD-Anzeige														
Mindestschriftgrösse in mm (Grossbuchstabe H) für eine gemittelte Leuchtdichte 20 cd/m²														
		Neigung der Bildebene der Anzeige zur Senkrechten (°)												
		0.0	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0	27.5	30.0
Höhe der ersten Anzeigenzeile über Boden (m)	1.7	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
	1.8	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
	1.9	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
	2.0	18	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
	2.1	23	21	20	19	18	17	17	17	17	17	17	17	17
	2.2	27	25	24	23	21	20	20	19	19	18	18	18	18
	2.3	32	30	28	26	25	24	23	22	22	21	21	21	20
	2.4	36	34	32	30	28	27	26	25	25	24	24	23	23
	2.5	40	38	35	33	32	30	29	28	28	27	27	26	26
	2.6	45	42	39	37	35	33	32	31	31	30	29	29	29
	2.7	49	46	43	41	39	37	35	34	34	33	32	32	31
	2.8	54	50	47	44	42	40	38	37	37	36	35	35	34
	2.9	58	54	51	48	45	43	41	40	39	39	38	38	37
	3.0	62	58	55	51	49	46	44	43	42	42	41	40	40
	3.1	67	62	58	55	52	50	48	46	45	45	44	43	43
	3.2	71	66	62	59	56	53	51	49	48	47	47	46	45
	3.3	76	70	66	62	59	56	54	52	51	50	50	49	48
	3.4	80	75	70	66	62	59	57	56	54	53	52	52	51
	3.5	84	79	74	70	66	63	60	59	57	56	55	54	54
	3.6	89	83	78	73	69	66	63	62	60	59	58	57	57
3.7	93	87	81	77	73	69	66	65	63	62	61	60	59	
3.8	98	91	85	80	76	73	69	68	66	65	64	63	62	
3.9	102	95	89	84	80	76	72	71	69	68	67	66	65	
4.0	106	99	93	88	83	79	76	74	72	71	70	69	68	
4.1	111	103	97	91	86	82	79	77	75	74	72	71	71	

Tabelle 6: Mindestschriftgrösse (Einheit in mm) für eine gemittelte Leuchtdichte von 20 cd/m² (LCD-Anzeige).

Tabelle 6 wurde analog zu Tabelle 2 erstellt, jedoch für eine Anzeigetafel mit einer gemittelten Leuchtdichte von 20cd/m², wie es bei einer LCD Doppelanzeige der Fall ist.

Anwendungsbeispiel

Bei einer gemittelten Leuchtdichte der Anzeigetafel ergibt sich eine Mindestschriftgrösse von 39 mm, wenn die erste Informationszeile 2.6 m über dem Boden hängt und die Anzeigetafel um 5° zur Senkrechten geneigt ist.

Je höher die Anzeigetafel ist, desto grösser wird die Mindestschriftgrösse.

Je stärker die Anzeigetafel zur Senkrechten geneigt ist, desto kleiner wird die Mindestschriftgrösse.

Die Mindestschriftgrösse für Hauptinformationen von nicht selbstleuchtenden Informationselementen ist nicht in den SN EN 16584:2017, sondern direkt in der VAböV geregelt. Massgebend ist Art. 5 Abs. 4 VAböV. Aus Gründen der Praktikabilität wurde die Tabelle 7 in die vorliegenden Erläuterungen integriert. Als absolute Mindestschriftgrösse werden hier 14 mm empfohlen.

Nicht selbstleuchtende Informationselemente (ohne Aushangfahrpläne)												
Mindestschriftgrösse in mm (Grossbuchstabe H)												
		Neigung der Bildebene der Anzeige zur Senkrechten (°)										
		0.0	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	30.0
Höhe der ersten Anzeigenzeile über Boden (m)	1.6	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	1.7	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	1.8	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	1.9	15	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	2.0	20	19	18	18	17	17	16	16	16	15	15
	2.1	25	24	23	22	22	21	20	20	20	19	18
	2.2	30	29	28	27	26	25	24	24	23	23	22
	2.3	35	34	32	31	30	29	29	28	27	27	26
	2.4	40	38	37	36	35	34	33	32	31	31	29
	2.5	45	43	42	40	39	38	37	36	35	34	33
	2.6	50	48	46	45	43	42	41	40	39	38	37
	2.7	55	53	51	49	47	46	45	44	43	42	40
	2.8	60	58	55	53	52	50	49	48	47	46	44
	2.9	65	62	60	58	56	54	53	52	51	50	48
	3.0	70	67	65	62	60	59	57	56	55	54	51
	3.1	75	72	69	67	65	63	61	60	59	57	55
	3.2	80	77	74	71	69	67	65	64	62	61	59
	3.3	85	82	78	76	73	71	69	68	66	65	62
3.4	90	86	83	80	78	75	73	73	70	69	66	
3.5	95	91	88	85	82	80	78	76	74	73	70	
3.6	100	96	92	89	86	84	82	80	78	77	73	
3.7	105	101	97	94	91	88	86	84	82	80	77	
3.8	110	105	102	98	95	92	90	88	86	84	81	

Tabelle 7: Mindestschriftgrössen von nicht selbstleuchtenden Informationselementen (ohne Aushangfahrpläne).

4 Fahrzeuge

4.1 Lesedistanz zu Informationsanzeigen und Schriftgrössen

Die «Vorschrift über Standards der Kundeninformation im öffentlichen Verkehr» (V580 - FIScommun) wird von der Kommission Kundeninformation Verkehr (KKV) des Branchenverbandes Alliance SwissPass (ASP) im Sinne eines öV-Branchenstandards erarbeitet. In diesem Zusammenhang hat die KKV auch eine Interpretationshilfe zu den VAböV-Vorgaben betreffend die Kundeninformation erarbeitet⁹. Die BAV-Fachstelle «Barrierefreiheit im öV» hat hier namhaft mitgewirkt.

In der Norm SN EN 16584-2:2017 werden die Mindestabstände und Mindestschriftgrössen für Informationstafeln und –bildschirme festgelegt. Grundsätzlich wird empfohlen, einen Sans Serif Font (auf Deutsch: „serifenloser Zeichensatz“) für Informationsanzeigen zu verwenden.

Die nachfolgende Anleitung beruht auf der Empfehlung der SN EN 16584-2:2017 (Anhang D), wonach bei Anzeigen eine Sehschärfe von 0.1 zu berücksichtigen sei. Wir gehen davon aus, dass dies bei grösstmöglicher Annäherung an die Anzeige erfüllt sein muss. Anhang D gibt eine Sehschärfenempfehlung zwischen 0.5 und 0.1 an, wobei 0.1 anzustreben ist. Dem Anwender dieser Anleitung wird empfohlen, die Anforderungen der folgenden Abschnitte zu entsprechen, um eine vollumfängliche Einhaltung der SN EN 16584 gewährleisten zu können. Entscheidet sich der Anwender, diesen Anleitungen nicht in allen Punkten zu folgen, so steht er in der Pflicht, die Einhaltung der SN EN 16584 Normen nachzuweisen.

Der Abschnitt 4.1 konzentriert sich auf die Lesedistanz und Mindestschriftgrösse bei Anzeigen in Fahrzeug-Innern im Zusammenhang mit der 51 % Sitzplätze- Regel.

4.1.1 Grundsätzliche Informationen

Hier werden einige Zusammenhänge erläutert, damit die nachfolgend beschriebene Methodik besser verstanden werden kann. Grundsätzlich wünscht ein Hersteller oder Betreiber einer Anzeige, möglichst viel Information auf einer Informationsanzeige zur Darstellung zu bringen. Bei gegebener Anzeigegrösse führt dies zu stets kleiner werdenden Schriftgrössen, je grösser der Informationsgehalt ist, der dargestellt werden soll. Dies steht im Widerspruch zu den Ansprüchen von Personen mit reduziertem Sehvermögen, eventuell sogar zu den Ansprüchen von

⁹ www.al-sp.ch/v580 → Produkte der V580-FIScommun → Produkt 07 Kundeninformation: Interpretationshilfe VAböV

normalsichtigen Personen. Menschen mit geringerem Sehvermögen werden sich näher an die Informationsanzeige heranbewegen, um die Schriftzeichen auflösen zu können.

4.1.2 Mindestschriftgrößen im Fahrzeuginnern (Referenz: Grossbuchstabe „H“)

Die Informationsanzeigen müssen von 51% aller Sitzplätze, von 51% aller Vorrangsitze (für Menschen mit Behinderung) und von allen Rollstuhlplätzen aus lesbar sein. Als Gefässgröße ‚Fahrzeug‘ für die Anwendung dieser 51 %-Regel gelten die folgenden Einheiten:

- Triebzüge
- Reisezugwagen
- Busse, Trams

Die Bestimmung der Schriftgröße für die Informationen über den nächsten Halt¹⁰ unterliegt den folgenden Kriterien:

- Lesbarkeit durch mindestens 51% aller Sitze (Klappsitze sind miteinzubeziehen)
- Lesbarkeit durch mindestens 51% der Vorrangsitze (priority seats), wobei Vorrangsitze keine Klappsitze sein dürfen; Diese können Bestandteil aller Sitze der 51% Regel sein.
- Lesbarkeit von allen erforderlichen Rollstuhlplätzen. Werden mehr als die erforderlichen Rollstuhlplätze angeboten, so unterliegt dieses Mehrangebot nicht den Anforderungen der Sichtlinie zur Anzeige.

Anrechenbar an die 51%-Regel sind Sitzplätze, die folgende Bedingungen erfüllen:

- Die Sichtlinie zwischen Anzeige und Sitzmitte darf durch keine halb- oder intransparente Elemente unterbrochen werden.
- Die Sitzrichtung ist zur Anzeige hin orientiert.
- Die Sitzrichtung ist quer zur Fahrriehtung angeordnet (ausser Interop-Fahrzeuge).

Massgeblich für die Lesedistanz ist der Sitzplatz mit der grössten Distanz zum Anzeigeelement innerhalb obiger Kriterien.

Gemessen wird die horizontale Distanz, sofern diese 5.0 m oder mehr beträgt. Ist die horizontale Distanz zum Anzeigeelement geringer als 5.0 m, so muss die Lesedistanz entlang dem Sehstrahl zur Anzeigemitte gemessen werden.

¹⁰Unter den Informationen über den nächsten Halt versteht das BAV den allenfalls abgekürzten Namen des nächsten Halts, den Hinweis "Halt auf Verlangen", die Meldung "Stopp" o.ä. bei verlangtem Halt sowie das Wort "Störungsmittteilung" o.ä. bei Betriebsstörungen.

Anwendungsbeispiele für Neubeschaffungen

Aus Illustrationsgründen auf der Basis von aktuellen bestehenden Fahrzeugen:

- Niederflerbus 12 m (HESS) und Niederflur Swiss Trolley 18.7 m (HESS) in Abbildung 17
- Combino XL (BERNMOBIL) in Abbildung 18
- Zweispannungstriebzug RhB in Abbildung 19

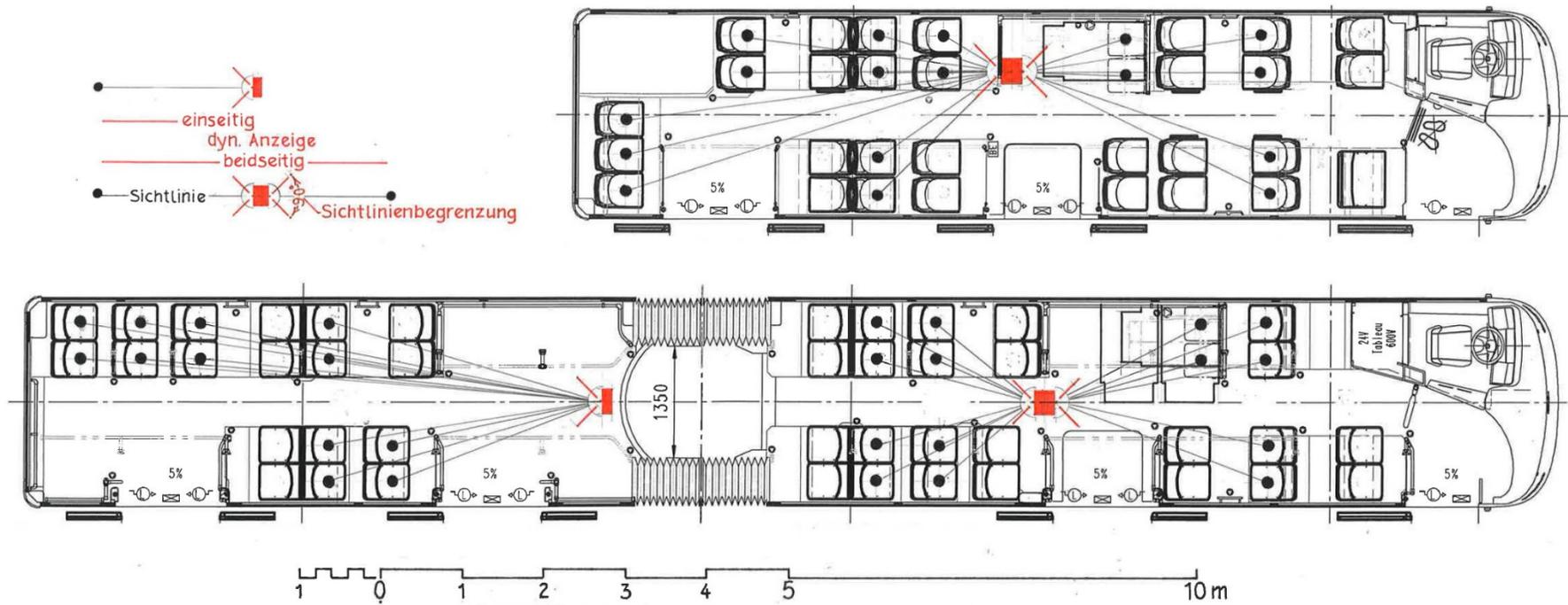


Abbildung 17: Oben: Niederflerbus 12 m (HESS) und unten: Niederflur Swiss Trolley 18.7 m (HESS), Anwendungsbeispiel "51%-Regel"

	Niederflerbus 12 m	Swiss Trolley 18.7 m
Anzahl der Sitzplätze total:	32 (30 Festsitze + 2 Klappsitze)	44 (42 Festsitze + 2 Klappsitze)
Sitzplätze erforderlich:	17 (im Anwendungsbeispiel realisiert: 17; 15 Festsitze + 2 Klappsitze)	23 (im Anwendungsbeispiel realisiert: 26; 24 Festsitze + 2 Klappsitze)
Rollstuhlstellplatz, 100% erforderlich:	1 (im Anwendungsbeispiel realisiert: 1)	2 (im Anwendungsbeispiel realisiert: 2)

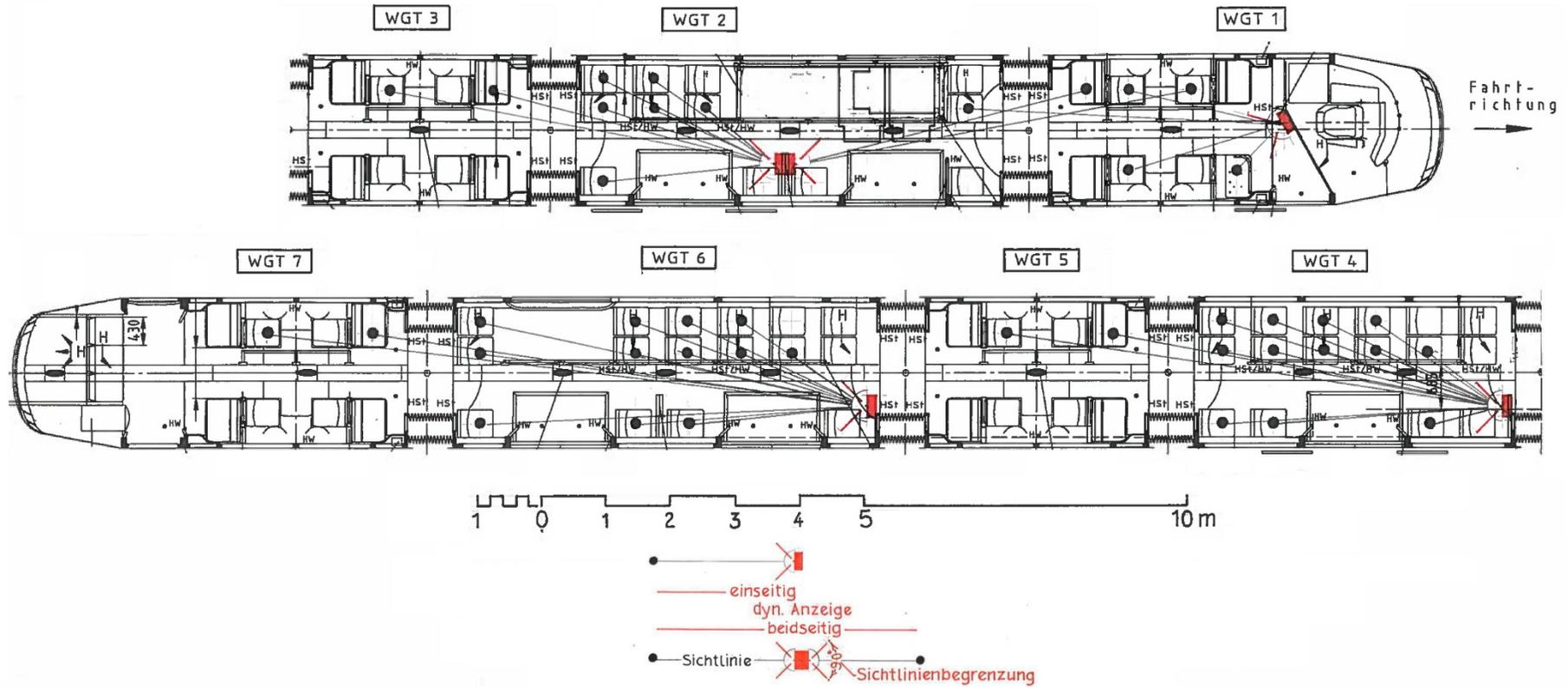


Abbildung 18: Combino XL (BERNMOBIL), Anwendungsbeispiel "51%-Regel"

Anzahl der Sitzplätze insgesamt: 76 (Festsitze)

Sitzplätze, gem. 51%-Regel erforderlich: 39 (im Anwendungsbeispiel realisiert: 42)

Rollstuhlstellplätze, 100% erforderlich: 2 (im Anwendungsbeispiel realisiert: 2)

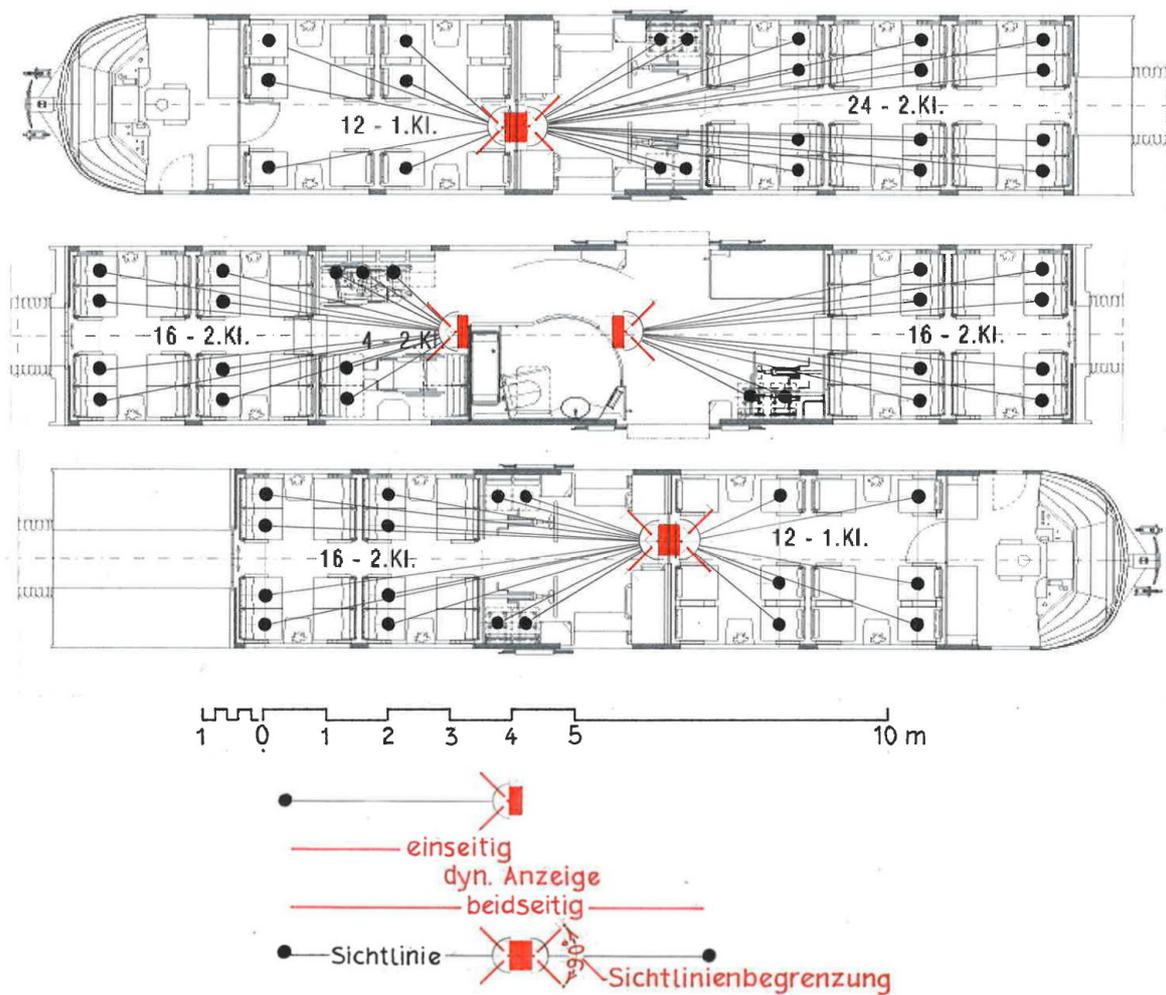


Abbildung 19: Zweispannungstriebzug RhB, Anwendungsbeispiel "51%-Regel"

Anzahl der Sitzplätze insgesamt: 117 (100 Festsitze + 17 Klappsitze gem. technischem Beschrieb Stadler Rail)

Sitzplätze, gem. 51%-Regel erforderlich: 59 (im Anwendungsbeispiel realisiert: 61 (48 Festsitze + 13 Klappsitze))

Rollstuhlstellplätze, 100 % erforderlich: 2 (im Anwendungsbeispiel realisiert: 2)

Die Mindestschriftgrößen auf Informationsanzeigen im Fahrzeuginnern in Abhängigkeit von der Sehdistanz können Tabelle 8 entnommen werden. Auf eine Berücksichtigung der Adaptationsleuchtdichte kann im Fahrzeuginnern wegen dem für neue Fahrzeuge üblichen Einsatz von Bildschirmen mit hoher Leuchtdichte (Anzeige der "Perlschnur") verzichtet werden.

Mindestschriftgröße im Fahrzeuginnern			
Lesedistanz [m]	Schriftgröße [mm]	Lesedistanz [m]	Schriftgröße [mm]
0.1	7	2.8	30
0.2	7	3.0	31
0.3	7	3.2	32
0.4	7	3.4	32
0.5	9	3.6	33
0.6	10	3.8	34
0.7	11	4.0	34
0.8	13	4.2	34
0.9	14	4.4	35
1.0	15	4.6	35
1.1	17	4.8	35
1.2	18	5.0-10.0	35
1.3	19		
1.4	20	10.5	37
1.5	21	11.0	39
1.6	22	11.5	40
1.7	23	12.0	42
1.8	23	12.5	44
1.9	24	13.0	46
2.0	25	13.5	47
2.2	26	14.0	49
2.4	28	14.5	51
2.6	29	15.0	53

Tabelle 8: Mindestschriftgröße in Abhängigkeit von der Sehdistanz im Fahrzeuginnern. Die Lesedistanz ergibt sich aus dem weitest entfernten Sitz gemäss der 51% Regel, bzw. dem Rollstuhlplatz.

Abbildung 20 zeigt das Verhältnis zwischen Sehdistanz und Mindestgrösse der Schrift. Praktisch ist davon auszugehen, dass wegen der 51 %-Regel die Schriftgrösse 35 mm gewählt werden muss. Für Sehdistanzen von weniger als 5 m, welche für einen grossen Anteil der Sitzplätze innerhalb der 51 %-Regel realistisch sind, resultiert daraus ein Visus von 0.1 bis 0.2. Für grössere Distanzen ab 10 m ist die Mindestschriftgrösse leicht grösser als Visus 0.5.

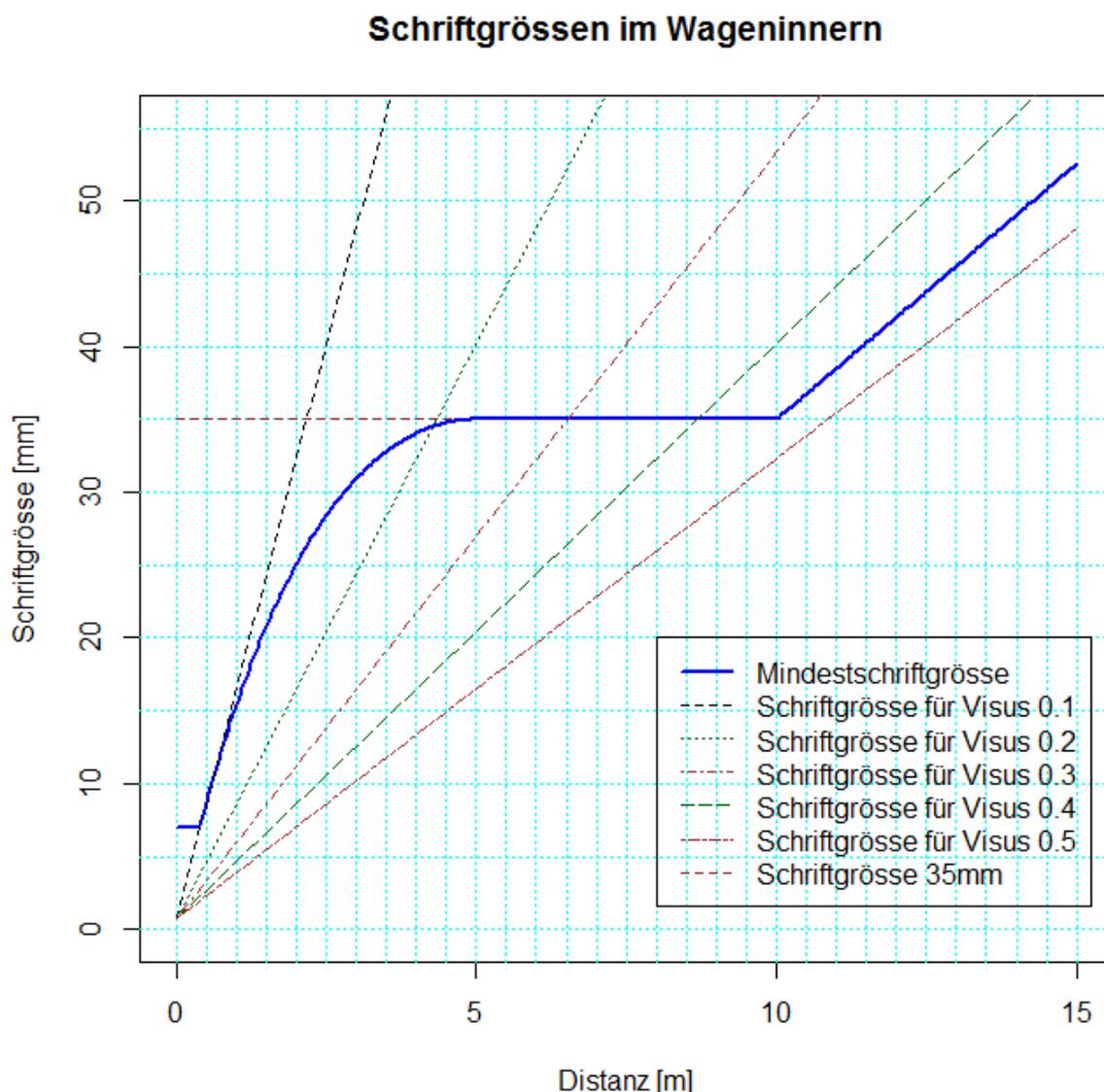


Abbildung 20: Verhältnis zwischen Sehdistanz (x-Achse, Distanz, in m) und Mindestgrösse der Schrift (y-Achse, Schriftgrösse in mm). Zusätzlich sind Geraden eingezeichnet, die dem jeweiligen Visus von 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 und 0.5 entsprechen. Praktisch ist davon auszugehen, dass wegen der 51%-Regel die Schriftgrösse 35mm gewählt werden muss. Für Sehdistanzen von weniger als 5m, welche für die 51% - Regel realistisch sind, resultiert daraus ein Visus von 0.1 bis 0.2. Für grössere Distanzen ab 10 m ist die Mindestschriftgrösse leicht grösser als Visus 0.5. Die Informationsanzeigen müssen von 51% aller Sitzplätze, von 51% aller Vorrangsitze (für Menschen mit Behinderung) und von allen Rollstuhlplätzen aus lesbar sein.

4.2 Aussenseitige Erkennbarkeit für durch Fahrgäste zu bedienende Fahrzeugzugangstüren von Trams und Bussen

Damit eine Fahrzeugzugangstür durch Fahrgäste von aussen bedient werden kann, sind zwei Vorgänge wesentlich:

- Die Tür oder der Türbereich muss optisch erkennbar sein.
- Der zugehörige Türdrücker auf der Türfläche oder in unmittelbarer Nähe auf der Fahrzeugflanke muss optisch und taktil wahrnehmbar sein.

Damit sich zwei aneinander angrenzende Flächen optisch voneinander abheben und für Sehbehinderte erkennbar sind, müssen sie sich durch ihren Lichtreflexionswert (LRV) voneinander unterscheiden.

Ist der Kontrast aufgrund des LRV der Türfläche und der angrenzenden Fahrzeugaussenseite ungenügend, so ist ein Streifen mit genügendem Kontrast zwischen der Türfläche und der übrigen Fahrzeugaussenseite anzubringen.

Die Erkennbarkeit von aussenseitig vollflächig aus Glas bestehenden Türen (Türflügeln), die typischerweise bei Trams und Bussen eingebaut werden, ist in der SN EN 16584-1:2017 nicht geregelt. Solchen Glasflächen kann jedoch ein LRV-Wert zugeordnet werden. Der Umstand, dass ein Teil dieses Glases transparent ist, muss dabei nicht berücksichtigt werden (vgl. Ziffer dieser Erläuterungen). Somit können die Grundsätze der SN EN 16584-1:2017 zur Anwendung kommen.

4.2.1 Kontrastanforderungen

Die Kontrastanforderungen für die Erkennbarkeit von Aussentüren (inkl. vollflächigen Glastüren) sind in Abbildung 2 festgehalten.

4.2.2 LRV-Werte von Verglasungen

Für Fahrzeugseitenverglasungen ist als Rechenwert ein LRV-Wert von 10 einzusetzen. Gemäss Abbildung 2 verlangt dieser LRV-Wert 10 für die zu kontrastierende Fläche einen LRV-Wert von ≥ 20 .

Ist vom Glashersteller oder Glaslieferant ein anderer, spezifischer Glaskennwert für die Lichtreflexion erhältlich, so kann dieser verwendet werden.

4.2.3 Kontraststreifen bei Bussen und Tramfahrzeugen

Ziffer B 2.3 der SN EN 16584-1:2017 schreibt als Alternative bei fehlendem Kontrast der Flächen einen kontrastierenden Streifen von mindestens 150 mm Breite seitlich und oberhalb der Aussentüre vor (Figure B.9).

Breite des Kontraststreifens

Bei Bussen und Trams schlagen wir in Abweichung zu der obigen Ziffer eine Breite des Kontraststreifens von 100 bis 150 mm vor. Grund dafür ist, dass bei Bussen und Trams die Aussentüren im Vergleich zu Eisenbahnfahrzeugen tendenziell näher beieinanderliegen.

Einzuhaltender Mindestkontrast

Der Kontrast der Türen von Bussen und Trams zu der übrigen Fahrzeugaussenseite ist beidseitig und oberhalb der Türen gemäss Figure A.1 der SN EN 16584-1:2017 zu gewährleisten. Eingeklappte Klapptritte gehören zu der Türfläche. Wenn bei den Aussentüren die jeweiligen zu kontrastieren Flächenpaare (pro Türe sind mehrere und Flächenpaare seitlich und oberhalb möglich, z.B. Glas – Karosserie, Glas – Glas) einen ungenügenden Kontrast aufweisen, so ist ein Kontraststreifen anzubringen. Dabei bezieht sich der zu kontrastierende LRV-Wert des Streifens auf den LRV-Wert der Türfläche. Die zwischen den beiden massgebenden kontrastierenden Farbflächen liegenden schwarzen Gummidichtungsprofile (LRV-Wert ca. 5) werden in die Kontrastbestimmung nicht miteinbezogen.

Sichtbarkeit des Kontraststreifens

Der Kontraststreifen soll eine Breite von 100 bis 150 mm aufweisen. Ein auslaufender Farbverlauf ist nur karosserie-seitig und erst ab einer Streifenbreite von 100 mm zulässig.

Damit der Kontraststreifen sowohl bei geöffneten als auch bei geschlossenen Türen sichtbar ist, empfehlen wir, den Streifen bei Innenschwenktüren auf der Karosserie (Abbildung 21), bei Aussenschwenktüren und Schwenkschiebetüren auf dem/den Türflügel(n) anzubringen (Abbildung 23).

Alternativer tieferliegender Streifen zu horizontalem Streifen oberhalb

Zusätzlich oder anstelle des obenliegenden horizontalen Kontraststreifens kann ein tiefer liegender horizontaler Kontraststreifen (Breite 100 bis 150 mm) über die gesamte Breite des/der Türflügel(s) angebracht werden. Ein solcher Streifen kann es den Sehbehinderten ermöglichen, zu erkennen, ob die Türe offensteht oder geschlossen ist. Dieser Streifen soll ab der zweiten Türe auf der Höhe des Türdrückers für die Allgemeinheit realisiert werden. Bei der ersten Türe soll die Oberkante des Streifens aus Gründen der Verkehrssicherheit (keine Sichtbehinderung des Wagenführers) auf max. 100 cm über Fahrbahnhöhe angebracht werden.

Sonderfall vorderste Türe bei Bussen

Von den obigen Regelungen ausgenommen ist, primär bedingt durch die sicherheitsbedingte freie Sicht für den Busfahrer, die vorderste Türe bei Bussen. Bei dieser Türe dürfen Kontraststreifenapplikationen das Sichtfeld des Fahrers nicht beschränken Sie dürfen nur auf Flächen aufgebracht werden, die bereits konstruktionsbedingt nicht transparent sind. Dazu gehören auch nicht transparente Glasflächen. (Ausnahme: horizontaler Streifen für vorderste Türe gem. vorangehendem Abschnitt „Sichtbarkeit des Kontraststreifens“).

Diese Tür unterliegt bezüglich ihrer optischen Erkennbarkeit geringerer Anforderungen, kommt sie doch unmittelbar beim infrastrukturseitig taktile markierten Aufmerksamkeitsfeld (Wartebereich für sehbehinderte und blinde Personen) zu liegen. Die vorderste Türe soll durch den Fahrer geöffnet werden, wenn sich eine sehbehinderte / blinde wartende Person auf diesem Feld befindet.

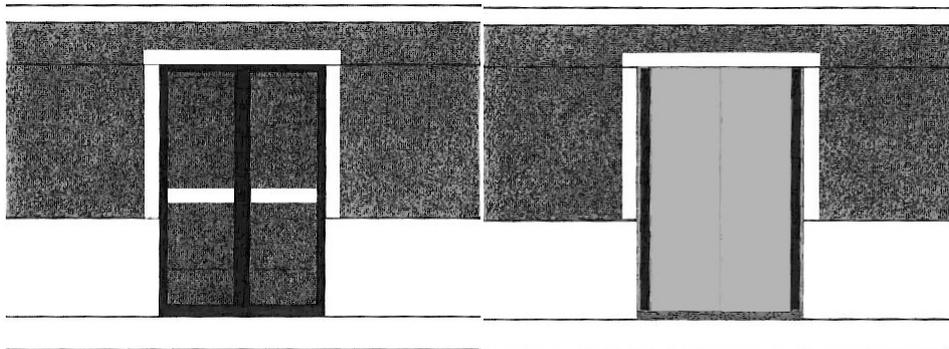


Abbildung 21: Mögliche Anordnung der kontrastgebenden Streifen bei einem Fahrzeug. Links im geschlossenen, rechts im geöffneten Zustand, Innenschwenktüre (IST).

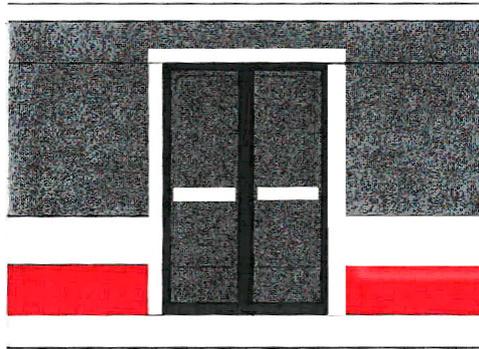


Abbildung 22: Mögliche Variation der kontrastgebenden Streifen unter Einbezug einer kontrastierenden Farbgebung.

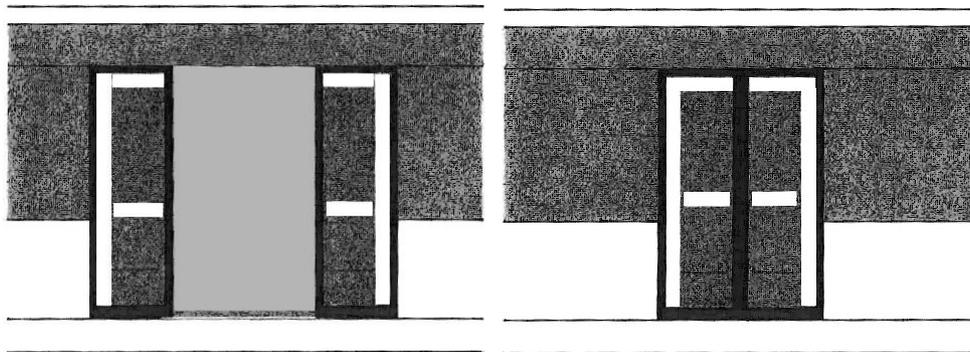


Abbildung 23: Mögliche Anordnung der kontrastgebenden Streifen bei einem Fahrzeug. Links im geschlossenen, rechts im geöffneten Zustand, Aussenschwingtüre (AST) oder Schwenkschiebetüre (SST).

4.3 Fahrzeugseitenanzeigen

Aufmerksamkeit ist unter anderem den seitlichen Aussenanzeigen der Fahrzeuge zu widmen. Sie müssen auch von sehbeeinträchtigten Menschen am Perron bzw. an der Haltestelle innert Sekunden auffindbar, erkennbar und lesbar sein. Wo der geforderte Michelson-Mindestkontrast von 0,6 nicht nachgewiesen werden kann, verlangt das BAV bei Fahrzeugen über 20 m Länge einen weissen Rahmen von drei bis fünf Zentimetern Breite um die Aussenanzeige. Dies, weil ab dieser Fahrzeuglänge insbesondere bei Bussen und Trams davon ausgegangen werden muss, dass sich die sehbeeinträchtigte Person nicht innert der nützlichen Zeit zur ersten Türe begeben kann, um dem Wagenführer einen Informationsbedarf zu kommunizieren. Diese Massnahme ist nicht zu verwechseln mit der Funktion des Aufmerksamkeitsfelds («Blindenquadrat») auf dem Perron gemäss Art. 12 VAböV bzw. AB-EBV zu Art. 34, AB 34, Ziff. 2.2.3.1. Nur wenn eine Person mit Blindenstock oder Blindenhund auf diesem Aufmerksamkeitsfeld steht, hat der Wagenführer von sich aus die Kommunikation mit dieser Person aufzunehmen. Personen mit Blindenstock oder Blindenhund sind normalerweise nicht in der Lage, eine Aussenanzeige zu lesen.

4.4 Besondere Bewertungskriterien für farblos eloxierte Aluminium-Treppenkantenprofile

Allgemeines

Farblos eloxiertes Aluminium hat eine Reihe von Vorteilen, die es zu einem beliebten Werkstoff machen:

- rutschhemmende Oberflächenprofilierung möglich
- Farbkonstanz bei Oberflächenabrieb
- leicht zu bearbeiten bei der Montage vor Ort (Ablängen, Gehrungsschnitte, usw.)
- Glanzeffekte an der abgerundeten Stufenvorderkante

Treppenstufenkantenprofile aus Aluminium

Farblos eloxiertes Aluminium ist in Abhängigkeit der Oberflächenbehandlung (Schleifen, Bürsten, Schleifen und Bürsten) weder ein diffuser noch ein gerichteter, sondern ein richtungsabhängiger streuender Lichtreflektor. Es treten sowohl diffuse Reflexionen als auch gerichtete Reflexionen auf.

Laborwerte:

Die Firma Gooding Aluminium Limited¹¹ hat für drei Treppenstufenkantenprofile, die in den Abmessungen TSI PRM konform sind, Laborwerte gemessen:

Lichtquelle: diffuses Tageslicht D65, Betrachtungswinkelöffnung 10°

- Aluminium unbehandelt LRV 75
- Aluminium farblos eloxiert LRV 62 und LRV 70

Unbehandelte und eloxierte Aluminiumoberflächen sind – bezogen auf Lichteinfall und Blickrichtung – richtungsabhängig streuende Lichtreflektoren. «Streuend» ist nicht gleichzusetzen mit «diffus».

Zu ihrer Erkennbarkeit sind die Blickrichtung und die Lichteinfallrichtung massgebend¹².

Daher kann kein allgemein reproduzierbarer LRV-Wert für farblos eloxiertes Aluminium bestimmt werden.

¹¹ <https://goodingalum.com>

¹² Bei den üblichen variierenden Blickrichtungen (z.B. in einem Eisenbahnfahrzeug) können daher partiell Leuchtdichten gemessen werden, die im Vergleich mit einem Reflexionsnormal (komplett diffuse Reflexion) zu theoretischen LRV-Werten >100 führen. Dies ist ein Beweis, dass gerichtete Reflexion auftreten.

„best practice“

Im Sinne der „best practice“ wird empfohlen, bei Treppenstufenkantenprofile in farblosem eloxiertem Aluminium auf einen Kontrastnachweis zu verzichten.

Einfärbung

Für eine Einfärbung der Oberfläche steht eine breite Farbpalette zur Auswahl. Die Einfärbung erfolgt aber nur in der so genannten Eloxalschicht. Wird diese abgerieben, so entfällt die Einfärbung und die natürliche Farbe des Aluminiums tritt hervor, d.h. der LRV-Wert verändert sich.

Aluminium schwarz eloxiert (LRV 5) ist aus Gründen der Kontrastanforderungen gemäss Bild A.1 der SN EN 16584-1:2017 die ideale Profilarbe, da es für Bodenbeläge ab einem LRV-Wert ≥ 10 die Kontrastanforderungen erfüllt

4.5 Transparente Werkstoffe im Innern von Fahrzeugen

Gemäss SN EN 16584-1:2017, Ziff. 5.3.4 und SN EN 16584-3:2017, Ziff. 5.3.1, besteht folgende Regelung: "Bestehen mehr als 75 % der sichtbaren Türoberfläche aus einem transparenten Werkstoff, so ist die Tür durch deutlich sichtbare Markierungen zu kennzeichnen (...)"

Weiter besagt SN EN 16584-3:2017, Ziff. 5.3.1: "(...) Die Bewertung der Transparenz muss mittels eines Transparenzmessgerätes durchgeführt werden; wenn die Transparenz grösser als 50 % ist, muss die Türfläche gekennzeichnet werden (...)"

Diese beiden Aspekte werden im Folgenden erläutert.

Allgemeines

Die SN EN 16584-3:2017 setzt einen absoluten Transparenzwert von 50 %, dies ohne Unterscheidung der Art der Lichtdurchleitung (Transmission).

Man unterscheidet nach:

- Lichtdurchlässige Materialien:
 - Transparenz (gerichtete Transmission, z.B. Fensterglas):
dahinterliegende Gegenstände / Objekte sind relativ klar erkennbar
 - Transluzenz (gestreute Transmission, z.B. Milchglas)
Licht wird durchgelassen, aber dahinterliegende Gegenstände ohne unmittelbarem Kontakt mit dem Glas sind nicht erkennbar; siehe Abbildungen. Das transluzente Material erhält infolge der Lichtstreuung eine in der Regel diffus streuende weisse Farbe
- Lichtundurchlässige Materialien (z.B. Holz):
Opazität, keine Lichttransmission, ausschliesslich Lichtreflexion

Dem Effekt der transluzenten Lichtdurchlässigkeit trägt der Transparenzgrenzwert der SN EN-Norm von 50 % nicht Rechnung.

Transluzente Flächenelemente sind als lichtundurchlässige Flächenelemente einzustufen.

Abgeleitet aus den Anforderungen gemäss SN EN 16584-1:2017, Ziff. 5.3.4 und SN EN 16584-3:2017, Ziff. 5.3.1 ergibt sich Folgendes:

Damit keine Türmarkierung (SN EN 16581-1, Anhang B.6) erforderlich ist, müssen mind. 25 % einer lichten Türöffnung mit opakem und / oder transluzentem Material belegt sein.

Bewertung der Transluzenz

Das in der SN EN-Norm aufgeführte Messverfahren für die Transparenz könnte für die Transluzenz angewendet werden, ist aber nicht zielführend; anstelle dessen ist die Prüfung auf optische Transluzenz, wie nachfolgend beschrieben, durchzuführen.

Prüfung der Transluzenz

Das Optische Verfahren besteht in einem Nachweis durch Fotografie. Dazu wird die Vorlage «Transluzenz» einmal unmittelbar hinter der transluzenten und ein weiteres Mal mit 20 cm Abstand hinter der transluzenten Fläche aufgenommen. Im letzteren Fall müssen die Schrift- und Informationselemente – im Gegensatz zum ersteren – entschieden unkenntlich erscheinen. Dazu soll die Vorlage «Transluzenz» verwendet werden.

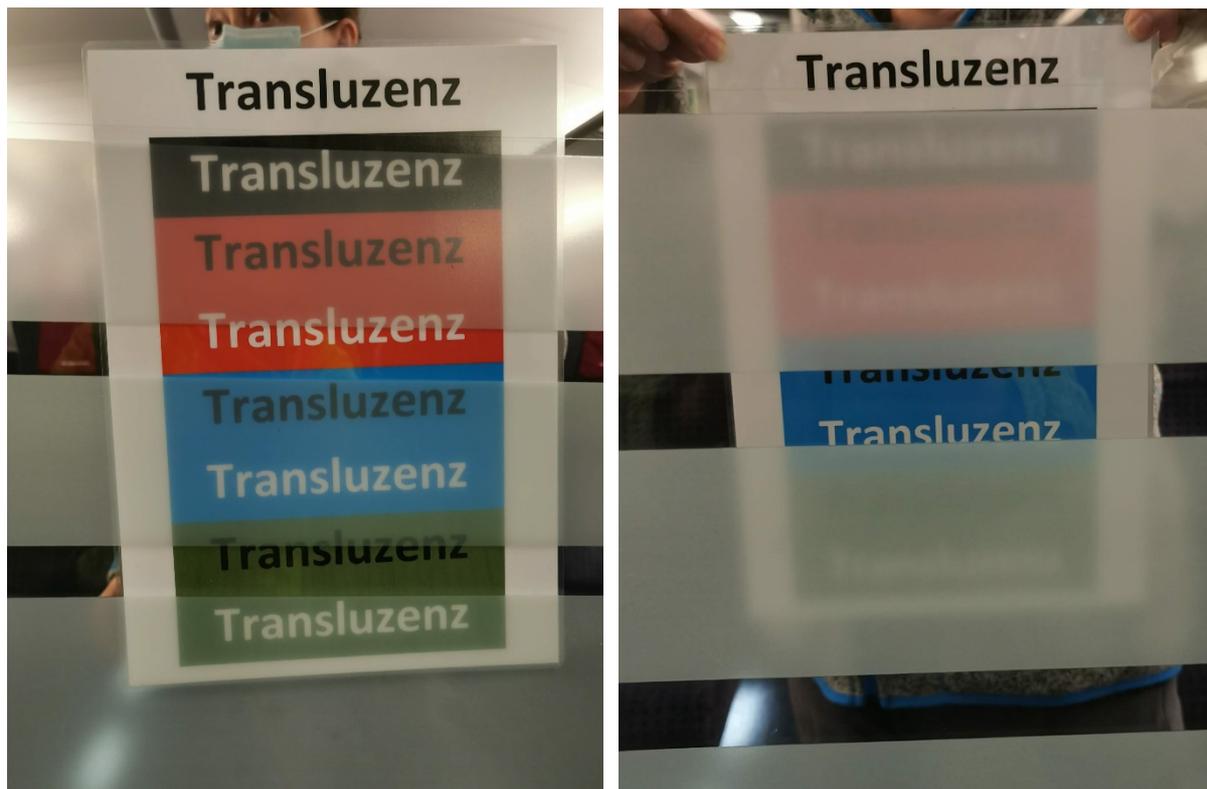


Abbildung 24: Zum Nachweis der Wirkung von transluzenten Flächenstücken. Ab einem Abstand von 20 cm muss der Text der Vorlage unlesbar erscheinen.

5 Helligkeit von amberfarbigen und weissen LED-Anzeigen

Anzeigen mit farbigen LEDs finden zunehmend Verbreitung. So z.B. bei Bushaltestellen oder bei Front-, Seiten- und Rückanzeigen bei Bussen. Die Entwicklung weisser LED hat grosse Fortschritte gemacht und dadurch sind Anzeigen mit weissen LED in den genannten Anwendungsbereichen vermehrt anzutreffen. Ein Vorteil weisser LED ist in der besseren Lichtausbeute zu sehen, was klare Einsparungen im Energieverbrauch gestattet. Andererseits stellt sich die Frage, wie gut die Erkennbarkeit relevanter Information weisser LED-Anzeigen im Vergleich zu farbigen LED-Anzeigen ist. Um diese Frage zu beantworten, hat das Institut für Optometrie eine Studie durchgeführt. Motivation für diese Studie waren Meldungen, dass durch die weissen LED-Anzeigen oftmals Blendung bewirkt werde oder die Wirkung von weissen LED als weniger angenehm beschrieben wurde. In der Studie wurden exemplarisch zwei bis auf die Farbe identische LED-Anzeigen, einmal mit amberfarbigen und einmal mit weissen LED, der Firma LTG untersucht (imotion LED.advanced 26 x192 amber Gorba-Nr. 31.82.93.00.102; imotion LED.advanced 26 x192 weiss Gorba-Nr. 31.82.93.00.502).

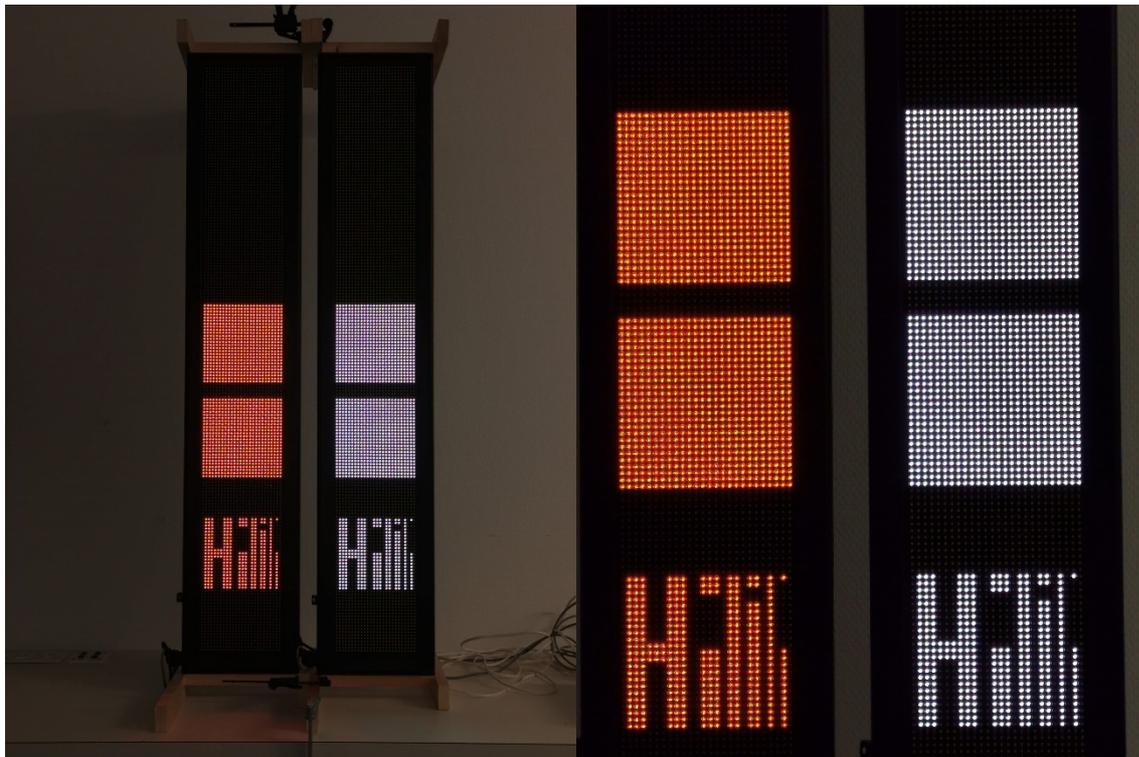


Abbildung 25: LED-Anzeigen, die für die Studie verwendet wurden in der für die Studie zweckmässigen Orientierung. Links: Gesamtansicht, rechts: Ausschnitt der für die Studie relevanten Ausschnitts.

Im ersten Teil der Studie wurden die beiden Anzeigen lichttechnisch untersucht. Dabei ging es darum, den Zusammenhang zwischen «programmierter Helligkeit» und effektiven Leuchtdichten zu ermitteln. Bei diesen Anzeigen lassen sich die Helligkeiten in Prozenten der maximalen Helligkeit in 2%-Schritten einstellen. Da im praktischen Einsatz kaum zwischen weissen und amberfarbigen Anzeigern unterschieden werden wird, ist davon auszugehen, dass die so gemessenen Leuchtdichtenverhältnisse in der Wirklichkeit auftreten werden.

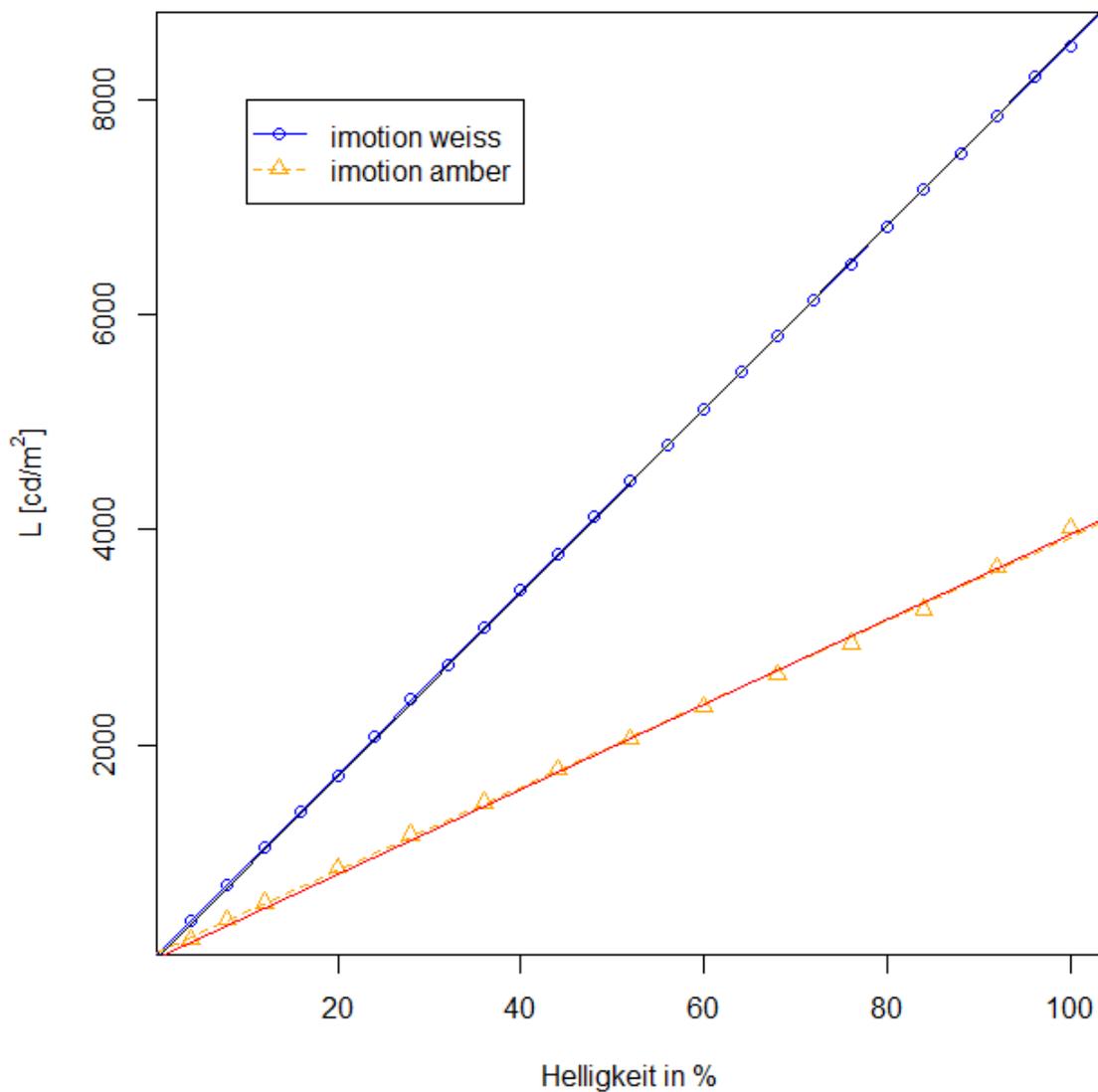


Abbildung 26: Leuchtdichte als Funktion der Helligkeitseinstellung in % bei den imotion LED-Anzeigern

Die Analyse ergibt, dass die Leuchtdichten beim weissen LED-Anzeiger etwas mehr als doppelt so hoch sind wie beim amberfarbigen Anzeiger (85.4 cd/m^2 pro Prozent bei weiss versus 39.6 cd/m^2 pro Prozent bei amber). Es kann daraus geschlossen werden, dass weisse LED-

Anzeiger vom untersuchten Typ in der Praxis rund doppelt so hell betrieben werden wie die amberfarbigen. Die Rückmeldungen von Personen mit Seheinschränkungen kann somit als begründet betrachtet werden.

Es ist noch zu bemerken, dass die elektrischen Leistungen der beiden LED-Anzeigen bei gleicher prozentualer Helligkeit nahezu identisch sind; d.h. die Lichtausbeute der weissen LED ist deutlich besser als diejenige der amberfarbigen LED. Dies kann als Vorteil angesehen werden, wenn Energiefragen im Vordergrund stehen.

Unsere Nachfrage beim Hersteller hat ergeben, dass die deutlich höhere Helligkeit bei gleicher Prozent-Helligkeit absichtlich eingestellt wurde. Aus der Physiologie der Wahrnehmung ist bekannt, dass Kontraste im gelb-orange zu schwarz erheblich besser wahrgenommen werden können als reine Weiss - Schwarz-Kontraste. Die Frage, ob diesem Umstand mit einem Faktor von 2.15 der Helligkeiten richtig Rechnung getragen wird, ist Gegenstand des zweiten Teils der Studie. In diesem zweiten Teil wurden 20 Personen ohne Seheinschränkungen und weitere 20 Personen mit Seheinschränkungen aufgefordert, die Helligkeiten der weissen und amberfarbigen LED-Anzeiger zu beurteilen und aufeinander abzustimmen. Die Versuchspersonen konnten bei beispielsweise vorgegebener Helligkeit des weissen LED-Anzeigers, die Helligkeit des anderen Anzeigers so lange regeln, bis gleicher Helligkeitseindruck entstand.

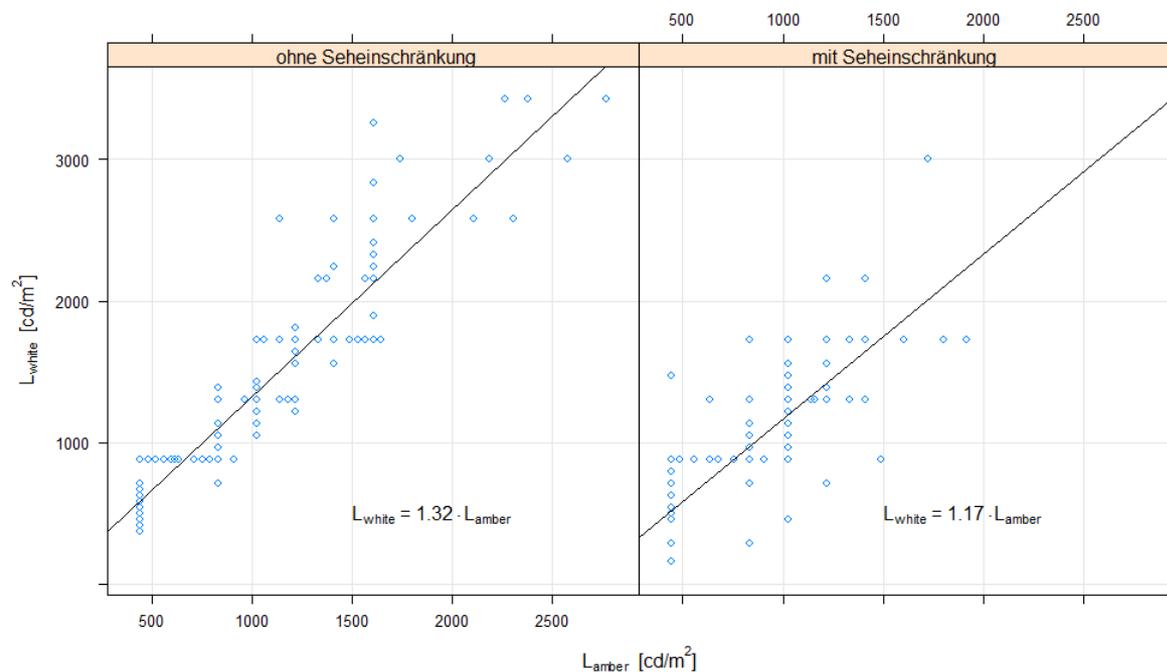


Abbildung 27: Verhältnis der als gleich wahrgenommenen Helligkeiten von weißen und amberfarbigen LED-Anzeigern, getrennt nach Personen ohne und mit Seheinschränkungen. Personen mit Seheinschränkungen tendieren dazu, die weißen LED-Anzeiger weniger hell einzustellen. Sowohl Personen mit als auch solche ohne Seheinschränkung benötigen die weißen LED-Anzeiger deutlich weniger hell als sie in der Realität auftreten.

Als Resultat dieses zweiten Teils der Studie kann festgehalten werden:

Personen mit Seheinschränkungen tendieren dazu, die weißen LED-Anzeiger weniger hell einzustellen. Sowohl Personen mit, als auch solche ohne Seheinschränkung benötigen die weißen LED-Anzeiger deutlich weniger hell als sie in der Realität auftreten. Personen ohne Seheinschränkungen benötigen im Mittel 32% mehr Leuchtdichte beim weißen LED-Anzeiger als beim amberfarbigen Anzeiger. Personen mit Seheinschränkungen, oftmals mit erhöhter Blendempfindlichkeit, benötigen nur 17% mehr Leuchtdichte bei den weißen Anzeigern.

Im Mittel über Personen mit und ohne Seheinschränkungen ist der Mehrbedarf an Leuchtdichte von weißen LED-Anzeigern gegenüber amberfarbigen LED-Anzeigern mit 27% zu beziffern.

Welche Bedeutung kommt dem Ergebnis dieser Studie in der Praxis zu? In der Regel werden diese Anzeiger mit einer Glasabdeckung betrieben. D.h. es treten an diesen Abdeckungen Reflexionen auf. Die Farbe oder besser gesagt die spektrale Zusammensetzung dieser Reflexionen richtet sich nach dem einfallenden Licht, welches in der Regel als polychromatisch,

d.h. als «weiss» angesehen werden kann. Dies bedeutet, dass die Reflexionen bei weissen Anzeigern mehrheitlich in der gleichen Farbe wie diejenige des Anzeigers entstehen und sich damit mehr auswirken als bei den amberfarbigen Anzeigern, bei denen die Reflexionen gegenüber der Information in unterschiedlicher Farbe erscheinen. Daraus ergeben sich folgende mögliche Konsequenzen:

1. Werden aus der Perspektive des Energiemanagements weisse LED-Anzeiger eingesetzt, so muss der Betreiber zwischen Blendwirkung und erzielbarem Kontrast abwägen. Es sei in diesem Zusammenhang aber darauf hingewiesen, dass die Norm SN EN 16584-1:2017 bezüglich Farbkontrast keine Vorgaben macht, also für farbige LED-Anzeiger wie für weisse die gleichen Bedingungen bezüglich Kontrast, namentlich bei der Einwirkung von Fremdlicht, gelten.
2. Hinsichtlich physiologischem Kontrast und Blendwirkung sind die amberfarbigen LED-Anzeiger weniger kritisch; es stehen dann die Fragen betreffend Energieverbrauch im Vordergrund.

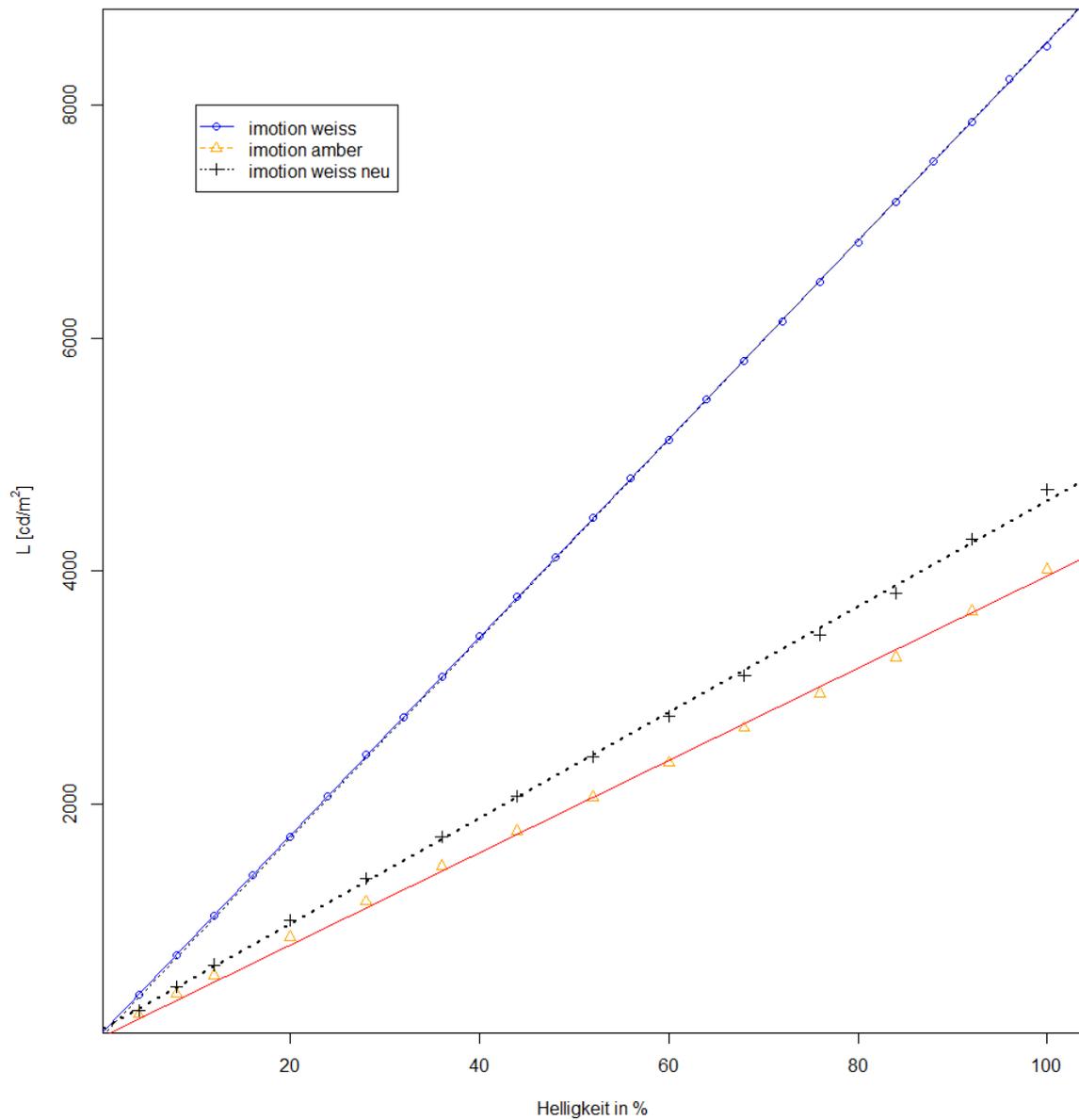


Abbildung 28: Leuchtdichten der imotion LED-Anzeiger als Funktion der Helligkeitseinstellung in %. Zusätzlich zu den für die weisse und die amberfarbige Anzeige ist die für Personen mit Seheinschränkung optimale Leuchtdichte der weissen imotion Anzeiger eingezeichnet (schwarz, «imotion weiss neu»).

6 Anhang 1: Vorlage Transluzenz

Transluzenz

Transluzenz

Transluzenz

Transluzenz

Transluzenz

Transluzenz

Transluzenz

Transluzenz

7 Anhang 2: Umrechnung CIE-L*a*b* zu LRV

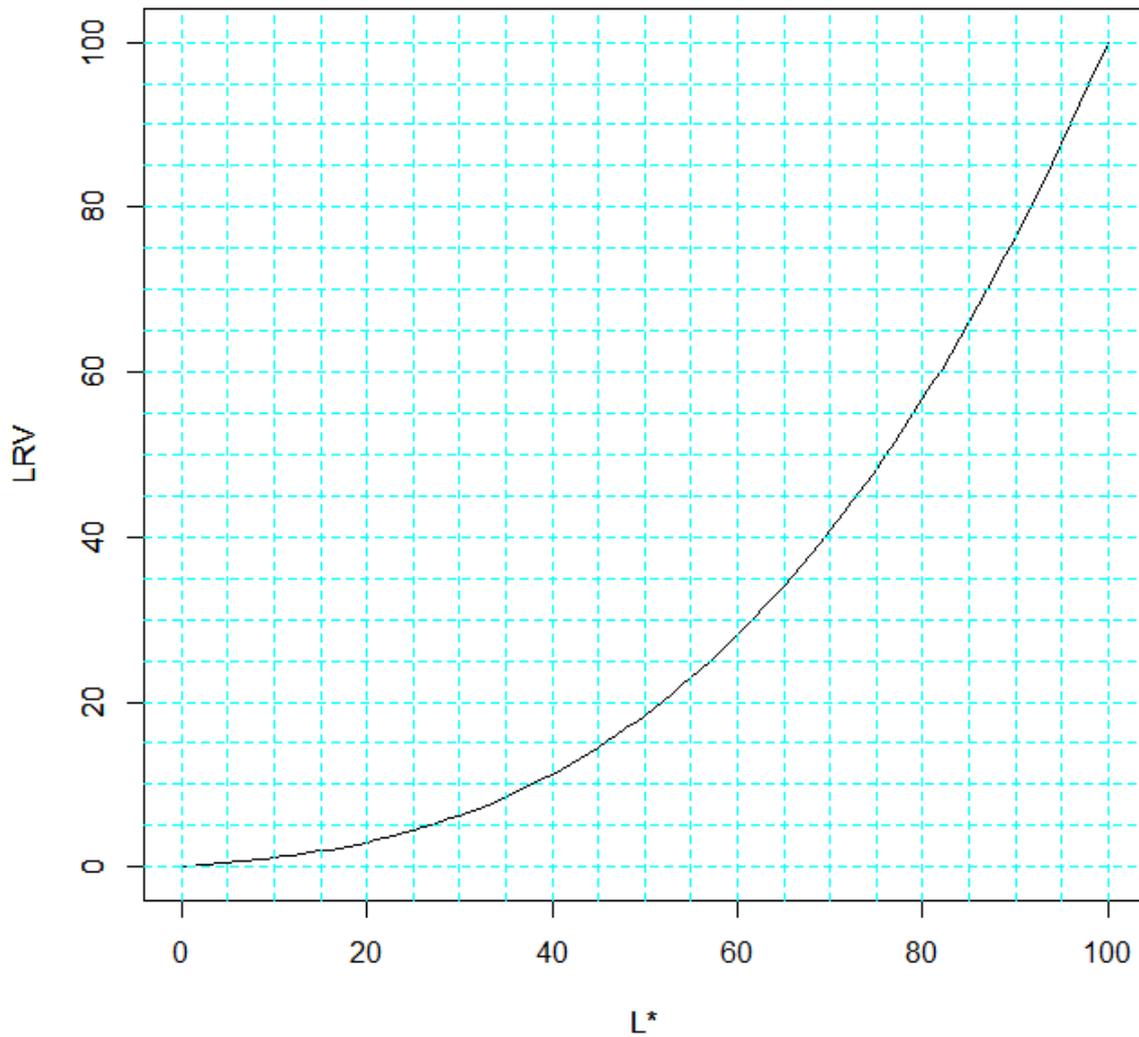


Abbildung 29: Umrechnung von CIE-L* zu LRV-Werten.

L*	LRV	L*	LRV	L*	LRV	L*	LRV	L*	LRV
0	0.0	20	3.0	40	11.3	60	28.1	80	56.7
1	0.1	21	3.2	41	11.9	61	29.2	81	58.5
2	0.2	22	3.5	42	12.5	62	30.4	82	60.3
3	0.3	23	3.8	43	13.2	63	31.6	83	62.2
4	0.4	24	4.1	44	13.8	64	32.8	84	64.1
5	0.6	25	4.4	45	14.5	65	34.0	85	66.0
6	0.7	26	4.7	46	15.3	66	35.3	86	68.0
7	0.8	27	5.1	47	16.0	67	36.6	87	70.0
8	0.9	28	5.5	48	16.8	68	38.0	88	72.1
9	1.0	29	5.8	49	17.6	69	39.3	89	74.2
10	1.1	30	6.2	50	18.4	70	40.7	90	76.3
11	1.3	31	6.7	51	19.3	71	42.2	91	78.5
12	1.4	32	7.1	52	20.1	72	43.7	92	80.7
13	1.6	33	7.5	53	21.0	73	45.2	93	83.0
14	1.7	34	8.0	54	22.0	74	46.7	94	85.3
15	1.9	35	8.5	55	22.9	75	48.3	95	87.6
16	2.1	36	9.0	56	23.9	76	49.9	96	90.0
17	2.3	37	9.5	57	24.9	77	51.5	97	92.4
18	2.5	38	10.1	58	26.0	78	53.2	98	94.9
19	2.7	39	10.7	59	27.0	79	54.9	99	97.4
20	3.0	40	11.3	60	28.1	80	56.7	100	100.0
L*	LRV	L*	LRV	L*	LRV	L*	LRV	L*	LRV

Tabelle 9: Umrechnung von CIE-L*a*b* zu LRV.

8 Anhang 3: Begriffe - Symbole

E_F	Umgebungsbeleuchtungsstärke
k	Kontrastverhältnis
K_M	Kontrast nach Michelson
$K_{M,eff}$	Effektiver Kontrast, zu unterscheiden vom ursprünglich gegebenen Kontrast einer Anzeige bei Einwirkung von Fremdlicht.
L	Einheit für Leuchtdichte in Candela pro Quadratmeter (Einheit cd/m^2)
L^*	Hellbezugswert aus dem CIE- $L^*a^*b^*$ -Farbraum (engl. Luminance); spiegelt im Koordinaten-System die Helligkeit (Luminanz) wider.
$L^*a^*b^*$ Farbraum	CIE- $L^*a^*b^*$ -Farbraum, mit Koordinaten-System mit Achsen zwischen den jeweiligen Komplementärfarben: a^* stellt die Achse zwischen Rot und Grün, und b^* die Achse zwischen Gelb und Blau dar. Helligkeit einer Fläche (davon ausgehender Lichtstrom)
LRV	Light Reflectance Value, Reflexionsgrad: Menge von sichtbarem Licht, welche von einer Oberfläche reflektiert wird (Wertbereich zwischen 0 und 100%)
L_o	Leuchtdichte eines Objekts
L_H	Leuchtdichte eines Hintergrunds
lx	Masseinheit der Beleuchtung (Lux)
Kontrast	Verhältnis zweier Leuchtdichten in Bezug auf ihre Helligkeit: Unterschied zwischen hellen und dunklen Farben
ρ , rho	Reflexionswert einer Oberfläche / Anzeige
RAL Farbmuster	normierte Farben, vertrieben durch die RAL GmbH (eine Tochter des RAL-Instituts); jede Farbe des Farbkatalogs ist einer vierstelligen Farbnummer zugeordnet; zwei Darbietungen: Farbbregister RAL 840-HR mit matter Oberfläche und RAL 841-GL mit glänzender Oberfläche. Die Farbtabelle RAL Classic ist nach Farbgruppen unterteilt (1000er = Gelbtöne; 2000er = Orangetöne; 3000er = Rottöne; 4000er = Violett; 5000er = Blau; 6000er = Grün; 7000er = Grau; 8000er = Braun; 9000er = Weiss und Schwarz).
Reflexionsneutral R_n	Bariumsulfat mit einem Reflexionsgrad von 98.56 %
Sehschärfe	Kehrwert des Auflösungsvermögens des Auges; Einheit Winkel-Sehschärfe entspricht dem Auflösungsvermögen, bei dem zwei Sehobjekte noch als getrennt wahrgenommen werden. Die Auflösung von 1' (eine Winkelminute) entspricht einer Ortsauflösung von 1.5 mm bei 5m Abstand; je kleiner die Winkel-Sehschärfe, desto besser die Sehschärfe
Visus	Bezugsgrösse 1' wird in Beziehung zur individuellen Winkel-Sehschärfe gesetzt; $Visus = 1' / \text{individuelle Winkel-Sehschärfe}$ Gute Sehschärfen liegen im Bereich von 0.8 bis ca. 1.6 Personen mit eingeschränktem Sehvermögen haben Sehschärfen unter ca. 0.3