

DIN EN 15152

ICS 45.060.10

Einsprüche bis 2018-02-01
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 15152:2007-11

Entwurf

**Bahnanwendungen –
Frontscheiben für Schienenfahrzeuge;
Deutsche und Englische Fassung prEN 15152:2017**

Railway applications –
Windscreens for trains;
German and English version prEN 15152:2017

Applications ferroviaires –
Parebrises pour trains;
Version allemande et anglaise prEN 15152:2017

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-12-01 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an fsf@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF), Panoramaweg 1, 34131 Kassel.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 119 Seiten

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)
DIN-Normenausschuss Lichttechnik (FNL)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 15152:2017) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Unterausschuss NA 087-00-11-03 UA „Innen- und Außenverglasung“ im DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF).

Dieses Dokument beruht auf der Grundlage einer englischen Referenzfassung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 15152:2007-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Anforderungen für städtische Schienenfahrzeuge, Anforderungen für Hochgeschwindigkeitszüge und für bestimmte Zweiwegemaschinen (en: OTMs) wurden eingeführt (Gesamtes Dokument und Anwendungsbereich);
- b) die normativen Verweisungen wurden aktualisiert;
- c) neue Definitionen für verschiedene Arten von Frontscheiben und Verglasungen (z. B. seitliche Frontscheiben, Fahrgast-Frontscheiben, usw.) und für Hotspots, Vollbahnen und Stadtbahnen wurden eingeführt;
- d) neuer Unterabschnitt für die Einteilung von Frontscheiben in verschiedene Arten: Fahrzeugführer-Frontscheiben, seitliche Frontscheiben, Fahrgast-Frontscheiben (4.1.1);
- e) neue Definitionen für verschiedene optische Bereiche, basierend auf den Arten der Frontscheiben (4.2);
- f) neuer Unterabschnitt zu Anforderungen für Frontscheiben im Betrieb (4.5);
- g) neuer Unterabschnitt zu Anforderungen für Lagerung und Handhabung von Frontscheiben (4.6);
- h) neuer Abschnitt zu visuellen und optischen Anforderungen, um diese von funktionalen Anforderungen abzugrenzen (Abschnitt 5);
- i) neuer Unterabschnitt mit genauer Anleitung für die Untersuchung von Frontscheiben auf Fehler im Erscheinungsbild (5.1.2);
- j) neue Kriterien für die Definition von Fehlern und ihren Toleranzbereichen (Fehlerakzeptanz-Kriterien, 5.1.4);
- k) neuer Unterabschnitt, der alle optischen Anforderungen sowie zugehörige Messverfahren versammelt. Abweichende Anforderungen für städtische Schienenfahrzeuge wurden eingeführt (5.2);
- l) neue gesonderte Anforderung für das Prüfen von Hochgeschwindigkeitszügen. Es wurden Temperaturbereiche für die Prüfung eingeführt. Das Prüfen aus verschiedenen Winkeln (z. B. 90° oder Einbauwinkel) wurde eingeführt (6.1.1);

- m) Verbleibende Sicht: Neue Anforderung und zugehörige Prüfung (6.2);
- n) Einführung genauerer Prüfverfahren für Festigkeit gegen wiederholten Aufprall kleiner Partikel (Schotterflug) (6.4);
- o) Beschussfestigkeit: Neue Anforderung und zugehörige Prüfung (6.5);
- p) Eigenschaften im Betrieb: Neuer Abschnitt, der verschiedene Anforderungen für Heizungssysteme, Alterungsbeständigkeit, die beschleunigte Witterungsprüfung, Temperatur-Zyklen usw. versammelt (Abschnitt 7);
- q) neuer Anhang A (Bestimmung von Frontscheibenwinkeln), der eingeführt wurde, um es dem Anwender zu erleichtern, die Art der Frontscheibe zu bestimmen (z. B. Fahrzeugführer-Frontscheibe, seitliche Frontscheibe, usw.);
- r) neuer Anhang B (Berechnung des Transmissionsgrads bei geneigten Frontscheiben), der das Berechnungsverfahren für die Lichttransmission von Frontscheiben im Einbauwinkel erläutert;
- s) neuer Anhang C, der genaue Anweisungen für den Einbau von Probekörpern enthält;
- t) neue, genauere Kriterien für das Geschoss für die Beschussprüfung, gestützt auf aktuelle Beispiele (Anhang D) und das Geschoss für die Schotterprüfung (Anhang E);
- u) neuer Anhang F mit genauen Anforderungen für Probekörper, die bei den verschiedenen Prüfungen im Dokument verwendet werden;
- v) Neuer Anhang ZA.

— Leerseite —

Bahnanwendungen — Frontscheiben für Schienenfahrzeuge

Applications ferroviaires — Parebrises pour trains

Railway applications — Windscreens for trains

ICS:

Deskriptoren

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	8
4 Funktionelle Anforderungen.....	11
4.1 Allgemeines	11
4.1.1 Einteilung von Frontscheiben	11
4.1.2 Fahrzeugführer-Frontscheiben	12
4.1.3 Fahrgast-Frontscheiben und Scheiben am Fahrzeugende	13
4.2 Optische Bereiche.....	13
4.3 Prüfanforderungen für Frontscheiben	14
4.3.1 Typprüfung	14
4.3.2 Serienprüfung	15
4.4 Kennzeichnung	15
4.5 Betriebsanforderungen.....	16
4.6 Lagerung und Handhabung von fertiggestellten Frontscheiben	16
5 Anforderungen an das Erscheinungsbild und optische Anforderungen.....	17
5.1 Fehler im Erscheinungsbild	17
5.1.1 Allgemeines	17
5.1.2 Visuelles Untersuchungsverfahren für Fehler im Erscheinungsbild	17
5.1.3 Definition und Klassifizierung von Fehlern.....	19
5.1.4 Fehlerakzeptanz-Kriterien	22
5.2 Optische Eigenschaften	23
5.2.1 Doppelbildwinkel	23
5.2.2 Optische Verzerrung	23
5.2.3 Trübung.....	24
5.2.4 Lichttransmissionsgrad	25
5.2.5 Farborte	27
6 Mechanische Eigenschaften.....	30
6.1 Widerstandsfähigkeit gegenüber Beschuss.....	30
6.1.1 Anforderungen für die Beschussprüfung	30
6.1.2 Bewertung der Splitterbildung.....	31
6.1.3 Geschossgeschwindigkeit bei der Beschussprüfung	32
6.1.4 Verfahren für die Beschussprüfung.....	33
6.1.5 Annahmekriterien bei der Beschussprüfung.....	34
6.2 Verbleibende Sicht	34
6.2.1 Probekörper	34
6.2.2 Prüfverfahren	35
6.2.3 Annahmekriterien.....	35
6.3 Abriebfestigkeit.....	35
6.4 Festigkeit gegenüber wiederholten Aufprall kleiner Partikel (Schotterflug)	35
6.4.1 Allgemeines	35
6.4.2 Probekörper	36
6.4.3 Prüfverfahren	36

6.5	Beschussfestigkeit.....	36
7	Eigenschaften im Betrieb.....	37
7.1	Heizsystem.....	37
7.1.1	Allgemeines	37
7.1.2	Gleichmäßigkeit der Beheizung.....	38
7.1.3	Beschichtungsbasierte Heizsysteme	38
7.1.4	Drahtbasierte Heizsysteme	38
7.1.5	Widerstandsmessung	38
7.1.6	Isolationsprüfung.....	38
7.2	Alterungsbeständigkeit.....	39
7.2.1	Allgemeines	39
7.2.2	Beschleunigte Witterungsprüfung.....	39
7.2.3	Temperatur-Zyklen	40
7.2.4	Feuchtigkeitsprüfung.....	41
7.2.5	Frontscheiben-Heizungsprüfung.....	42
	Anhang A (informativ) Bestimmung von Frontscheiben-Winkeln	43
A.1	Bestimmung des Sichtwinkels.....	43
A.2	Bestimmung des Neigungswinkels	46
	Anhang B (normativ) Berechnung des Transmissionsgrads bei geneigten Frontscheiben.....	47
	Anhang C (normativ) Einbau des Frontscheiben-Probekörpers	50
	Anhang D (normativ) Geschoss der Beschussprüfung.....	52
	Anhang E (normativ) Geschoss der Schotterprüfung.....	54
	Anhang F (informativ) Probekörper	55
F.1	Eigenschaften der Probekörper.....	55
F.2	Prüfkörper für optische Prüfungen.....	55
F.3	Probekörper für mechanische Prüfungen	55
F.4	Probekörper für Prüfungen der Alterungsbeständigkeit	55
	Anhang G (normativ) Zusammenfassung der Prüfanforderungen	56
	Anhang H (informativ) Alternatives Verfahren zur Prüfung der Widerstandsfähigkeit gegen ultraviolette Strahlung.....	57
H.1	Allgemeines	57
H.2	Prüfverfahren	57
H.3	Auswertung der Ergebnisse.....	57
	Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden Richtlinie 2008/57/EG.....	58
	Literaturhinweise.....	60

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 15152:2017) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 15152:2007 ersetzen.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie 2008/57/EG.

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinie 2008/57/EG siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Gegenüber der Vorgängerversion wurden die folgenden technischen Änderungen vorgenommen:

Unterabschnitt/Abschnitt/Tabelle/Bild	Änderung
Gesamtes Dokument und Anwendungsbereich	Einführung von Anforderungen für städtische Schienenfahrzeuge, Anforderungen für Hochgeschwindigkeitszüge und für bestimmte Zweiwegemaschinen (en: OTMs)
2 Normative Verweisungen	Die normativen Verweisungen wurden aktualisiert
3 Begriffe	Einführung neuer Definitionen für verschiedene Arten von Frontscheiben und Verglasungen (z. B. seitliche Frontscheiben, Fahrgast-Frontscheiben, usw.)
3 Begriffe	Neue Definitionen für Hotspots, Vollbahnen und Stadtbahnen
4.1.1 Einteilung von Frontscheiben	Neuer Unterabschnitt für die Einteilung von Frontscheiben in verschiedene Arten: Fahrzeugführer-Frontscheiben, seitliche Frontscheiben, Fahrgast-Frontscheiben
4.2 Optische Bereiche	Neue Definitionen für verschiedene optische Bereiche, basierend auf den Arten der Frontscheiben
4.3 Prüfanforderungen für Frontscheiben	Alle Prüfanforderungen sowie die Prüfbeschreibungen wurden in die entsprechenden Unterabschnitte verschoben
4.4 Kennzeichnung	Ehemaliger Unterabschnitt 4.3.3 wurde verschoben und modifiziert
4.5 Betriebsanforderungen	Neuer Unterabschnitt zu Anforderungen für Frontscheiben im Betrieb

4.6 Lagerung und Handhabung	Neuer Unterabschnitt zu Anforderungen für Lagerung und Handhabung von Frontscheiben
5. Anforderungen an das Erscheinungsbild und optische Anforderungen	Neuer Abschnitt zu visuellen und optischen Anforderungen, um diese von funktionalen Anforderungen abzugrenzen
5.1.2 Visuelles Untersuchungsverfahren für Fehler im Erscheinungsbild	Neuer Unterabschnitt mit genauer Anleitung für die Untersuchung von Frontscheiben
5.1.3 Definition und Klassifizierung von Fehlern	Neue Kriterien für die Definition von Fehlern und ihren Toleranzbereichen
5.1.4 Fehlerakzeptanz-Kriterien	Die Unterscheidung von unbedeutenden, geringen und bedeutenden Fehlern wurde ersetzt durch die zulässige Anzahl von Fehlern auf der Oberfläche einer gegebenen Frontscheibe
5.2. Optische Eigenschaften	Neuer Unterabschnitt, der alle optischen Anforderungen sowie zugehörige Messverfahren versammelt. Abweichende Anforderungen für städtische Schienenfahrzeuge wurden eingeführt
6. Mechanische Eigenschaften	Neuer Abschnitt, der alle mechanischen Anforderungen für Frontscheiben versammelt. Der Abschnitt wurde gegenüber der früheren Ausgabe redaktionell umgestaltet
6.1.1 Anforderungen für die Beschussprüfung	Neue gesonderte Anforderung für das Prüfen von Hochgeschwindigkeitszügen. Es wurden Temperaturbereiche für die Prüfung eingeführt. Das Prüfen aus verschiedenen Winkeln (z. B. 90 ° oder Einbauwinkel) wurde eingeführt
6.1.4 Verfahren der Beschussprüfung	Das Prüfverfahren wird jetzt detailliert beschrieben. Insbesondere die Einführung des Prüfens aus verschiedenen Winkeln (z. B. 90 ° oder Einbauwinkel)
6.2 Verbleibende Sicht	Neue Anforderung und zugehörige Prüfung
6.4 Festigkeit gegen wiederholten Aufprall kleiner Partikel (Schotterflug)	Redaktionelle Umgestaltung des Unterabschnittes und Einführung genauerer Prüfverfahren
6.5 Beschussfestigkeit	Neue Anforderung und zugehörige Prüfung
7. Eigenschaften im Betrieb	Neuer Abschnitt, der verschiedene Anforderungen für Heizungssysteme, Alterungsbeständigkeit, die beschleunigte Witterungsprüfung, Temperatur-Zyklen usw. versammelt. Alle Unterabschnitte wurden redaktionell überarbeitet und genauere Prüfverfahren wurden eingeführt
Anhang A – Bestimmung von Frontscheibenwinkeln	Neuer Anhang, der eingeführt wurde, um es dem Anwender zu erleichtern, die Art der Frontscheibe zu bestimmen (z. B. Fahrzeugführer-Frontscheibe, seitliche Frontscheibe, usw.)
Anhang B – Berechnung des Transmissionsgrads bei geneigten Frontscheiben	Neuer Anhang, der das Berechnungsverfahren für die Lichttransmission von Frontscheiben im Einbauwinkel erläutert

Anhang C – Einbau von Probekörper-Frontscheiben	Neuer Anhang, der genaue Anweisungen für den Einbau von Probekörpern enthält. Die Anordnung gilt für die Beschuss- und die Schotterprüfung
Anhang D – Beschussprüfungsgeschoss	Neue, genauere Kriterien für das Geschoss für die Beschussprüfung, gestützt auf aktuelle Beispiele
Anhang E – Schotterprüfungsgeschoss	Neuer Anhang mit genauen Anforderungen für das Geschoss für die Schotterprüfung
Anhang F – Probekörper	Neuer Anhang mit genauen Anforderungen für Probekörper, die bei den verschiedenen Prüfungen im Dokument verwendet werden
Anhang G – Zusammenfassung der Prüfanforderungen	Redaktionelle Umgestaltung des Anhangs, um alle Änderungen im Dokument zu berücksichtigen
Anhang ZA – Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden Richtlinie 2008/57/EG	Neuer Anhang ZA

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Normungsauftrages erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie 2008/57/EG.

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinie 2008/57/EG siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt die funktionellen Anforderungen für Frontscheiben in Schienenfahrzeugen fest, einschließlich Typprüfung, Serienprüfung und Untersuchungsverfahren.

Für Zweiwegemaschinen (en: on-track machines (OTM)) sind die Anforderungen dieser Norm anwendbar, wenn sie im Transportmodus sind (selbstangetrieben oder geschleppt). Zweiwegemaschinen im Arbeitsmodus fallen nicht in den Anwendungsbereich dieser Norm.

Die Bestimmung von Größe, Form, Ausrichtung und Position von Frontscheiben fällt nicht in den Anwendungsbereich dieser Norm. Diese Angaben sind Teil der technischen Spezifikation der Frontscheiben.

Dieses Dokument gilt für Frontscheiben aus Verbundglas, was das am häufigsten verwendete Material ist, aber auch für andere Materialien, mit denen die Anforderungen an die Frontscheibe erfüllt werden können.

Dieses Dokument legt keine Anforderungen für die Schnittstellen zwischen Frontscheibe und Fahrzeug fest. Folglich behandelt dieses Dokument nicht Themen der Fahrzeugstruktureigenschaften und des Crashverhaltens.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 755-2:2016, *Aluminium und Aluminiumlegierungen — Stranggepresste Stangen, Rohre und Profile — Teil 2: Mechanische Eigenschaften*

EN 1063:1999, *Glas im Bauwesen — Sicherheitssonderverglasung — Prüfverfahren und Klasseneinteilung für den Widerstand gegen Beschuss*

EN 2155-9, *Luft- und Raumfahrt — Prüfverfahren für transparente Werkstoffe zur Verglasung von Luftfahrzeugen — Teil 9: Bestimmung der Trübung*

EN 45545-2, *Bahnanwendungen — Brandschutz in Schienenfahrzeugen — Teil 2: Anforderungen an das Brandverhalten von Materialien und Komponenten*

EN 50155, *Bahnanwendungen — Elektronische Einrichtungen auf Schienenfahrzeugen*

EN ISO 4892-3, *Kunststoffe — Künstliches Bestrahlen oder Bewittern in Geräten — Teil 3: UV-Leuchtstofflampen (ISO 4892-3)*

EN ISO 11664-1 (CIE S 014-1) *Farbmetrik — Teil 1: CIE farbmétrische Normalbeobachter*

EN ISO 11664-2, (CIE S 014-2) *Farbmetrik — Teil 2: CIE Normlichtarten*

EN ISO 11664-3, (CIE S 014-3) *Farbmetrik — Teil 3: CIE Farbwerte*

ISO 48, *Rubber, vulcanized or thermoplastic — Determination of hardness (hardness between 10 IRHD and 100 IRHD)*

ISO 3537, *Road vehicles — Safety glazing materials — Mechanical tests*

ISO 3538:1997, *Road vehicles — Safety glazing materials — Test methods for optical properties*

ISO 6362-2:2014, *Wrought aluminum and aluminum alloy — Extruded rods/bars, tubes and profiles — Teil 2: Mechanical properties*

CIE 15:2004, *Colorimetry*¹⁾

CIE 38:1977, *Strahlungsphysikalische und lichttechnische Stoffkennzahlen und deren Messung*¹⁾

CIE S 004, *Colours of Light signals*¹⁾

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

— IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>

— ISO Online Browsing Platform: unter <http://www.iso.org/obp>

Anmerkung 1 zum Begriff: Bild 1 zeigt Beispiele der verschiedenen Arten von Frontscheiben, Seitenfenster und Außenverglasungen.

3.1

Verglasung

Glas, oder entsprechendes transparentes Material

3.2

Frontscheibe

Verglasung vor dem Fahrzeugführer oder den Fahrgästen, durch die der Fahrweg betrachtet werden kann

3.2.1

Fahrzeugführer-Frontscheibe

Frontscheibe, die vom aktiven Fahrzeugführer verwendet wird, um den Fahrweg und die Signale zu beobachten

3.2.2

Seitliche Frontscheibe

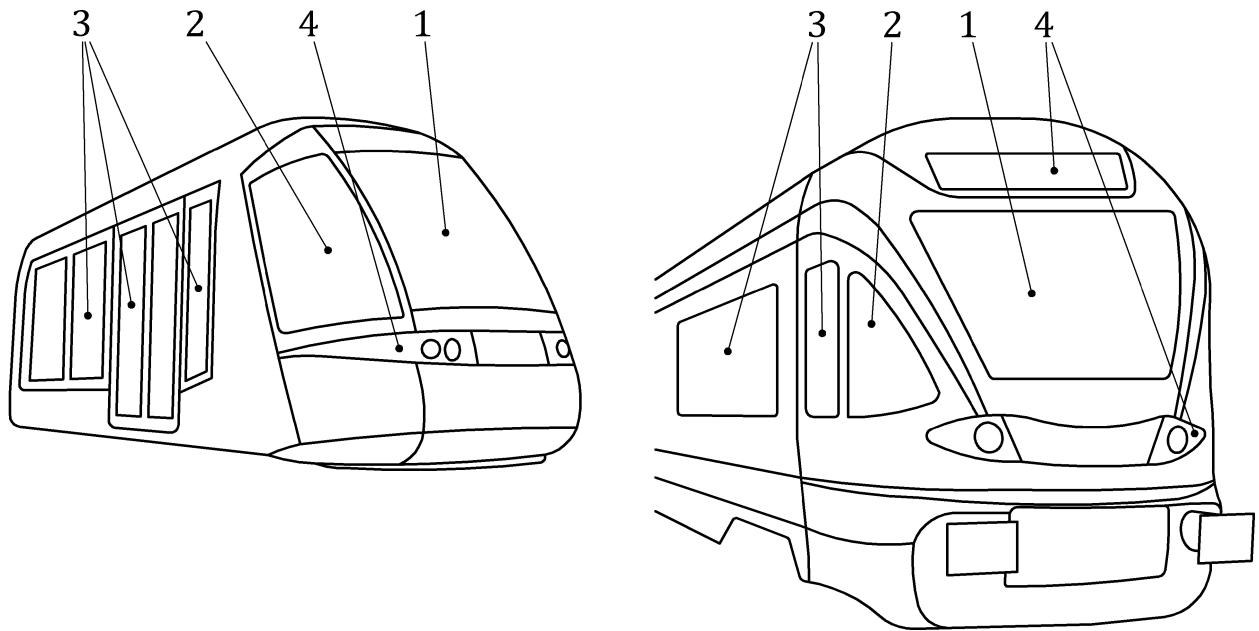
zusätzliche Verglasung, die seitlich der Frontscheibe und überwiegend quer zur Fahrtrichtung angeordnet ist

3.2.3

Fahrgast-Frontscheibe

Verglasung am Fahrzeugkopf, die in erster Linie für die Fahrgäste vorgesehen ist

¹⁾ Zu beziehen bei: Internationale Beleuchtungskommission, CIE Central Bureau, Kegelgasse 27, A-1030 Wien.



a) Stadtbahn

b) Vollbahn

Legende

- 1 Fahrzeugführer-Frontscheibe (3.2.1)
- 2 Seitliche Frontscheibe (3.2.2)
- 3 Seitenfenster
- 4 Außenverglasung (z. B. Abdeckungen für Lichter, Informationsanzeigen)

Bild 1 — Frontscheibe, Fenster und Verglasung – Definitionen

3.3

primäres Sichtfeld

Bereich der Frontscheibe, durch den die Strecke und die Signale aus der Fahrposition sichtbar sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Definiert als „Sichtbereich A“ in EN 16186-1.

3.4

sekundäres Sichtfeld

Bereich der Frontscheibe außerhalb des primären Sichtfeldes, durch den der Triebfahrzeugführer von der Fahrposition aus ebenfalls sehen kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Definiert als „Sichtbereich B“ in EN 16186-1.

3.5

peripheres Sichtfeld

Bereich der Frontscheibe außerhalb des sekundären Sichtfeldes

Anmerkung 1 zum Begriff: Das periphere Sichtfeld schließt alle bedruckten Flächen ein.

3.6

Doppelbildwinkel

Winkel zwischen den Primärbildern und den hellsten Sekundärbildern (aufgrund interner Reflexion) einer durch eine Frontscheibe betrachteten entfernten Lichtquelle oder eines Objektes

3.7

ultraviolette Strahlung

UV

elektromagnetische Strahlung, deren Wellenlänge kleiner ist als die von sichtbarem Licht

Anmerkung 1 zum Begriff: Für den Zweck dieses Dokuments liegt die Wellenlänge zwischen 200 nm und 380 nm.

3.8

Splitter

kleine Partikel, die sich von der Oberfläche einer Scheibe lösen, wenn ein Objekt von der Gegenseite auf die Scheibe trifft

Anmerkung 1 zum Begriff: Absplitterung in diesem Dokument meint das Ablösen von Glasstücken von der inneren Seite einer Scheibe, wenn die Außenseite getroffen wird.

3.9

Hotspot

sehr eng begrenzter Bereich, in dem die Temperatur erheblich von der Umgebungstemperatur abweicht

3.10

Vollbahn

allgemeines Schienen-Transportsystem für Fahrgäste oder Güter für den lokalen, regionalen, überregionalen oder internationalen Verkehr, vorgesehen für alle Eisenbahnfahrzeugtypen

Anmerkung 1 zum Begriff: Schließt Stadtbahnssysteme aus.

3.11

Stadtbahn

städtisches und/oder regionales Schienen-Transportsystem inklusive Untergrundbahnen, typischerweise nur für Fahrgäste

Anmerkung 1 zum Begriff: Stadtbahnfahrzeuge entsprechen normalerweise den konstruktiven Kategorien P-III, P-IV oder P-V (in Übereinstimmung mit EN 12663-1) und den Kollisionssicherheits-Kategorien C-II oder C-IV (in Übereinstimmung mit EN 15227).

Anmerkung 2 zum Begriff: Stadtbahnssysteme haben typischerweise eigene Befahrungsrechte oder teilen sie mit dem Straßenverkehr und für gewöhnlich tauschen sie keine Fahrzeuge mit dem Langstrecken-Personen- oder Güterverkehr.

3.12

technische Spezifikation

Dokument, das spezielle Parameter und/oder Produktanforderungen zusätzlich zu den Anforderungen dieser Norm festschreibt

3.13

Prüfer

Person mit Nachweis von Schulung, Fachwissen, Fähigkeit und Erfahrung, die damit befähigt ist, die geforderten Untersuchungen durchzuführen

Wenn die nach Anhang A bestimmte nach vorne projizierte Fläche kleiner oder gleich $0,065 \text{ m}^2$ ist, muss das Fenster als Seitenfenster betrachtet werden und fällt daher nicht in den Anwendungsbereich dieser Norm.

Der größte und kleinste Neigungswinkel ϕ muss nach Anhang A bestimmt werden.

Der größte und kleinste Einbauwinkel Ψ muss aus dem größten und kleinsten Sichtwinkel Θ und dem größten und kleinsten Neigungswinkel ϕ unter Verwendung der Beziehung $\cos(\psi) = \cos(\Theta) \times \cos(\phi)$ bestimmt werden.

Der kleinste und der größte Frontscheibensichtwinkel, die Neigungswinkel und Einbauwinkel müssen Teil der Spezifikation für die Herstellung und Prüfung sein.

Wo Probekörper verwendet werden, um optische Eigenschaften zu bestimmen, muss der größte Einbauwinkel verwendet werden (siehe 5.2).

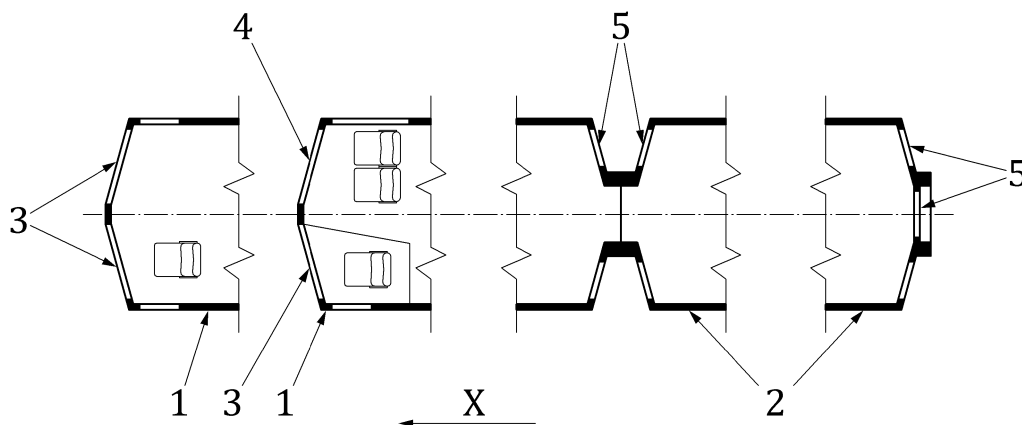
Wo Probekörper verwendet werden, um mechanische Eigenschaften wie die Widerstandsfähigkeit gegenüber Beschuss zu bestimmen, muss der kleinste Einbauwinkel verwendet werden (siehe 6.1).

4.1.2 Fahrzeugführer-Frontscheiben

Alle Fenster in Führerständen, die ganz oder teilweise bei einer Messung in Längsrichtung vor dem Fahrersitzreferenzpunkt (SRP) liegen, müssen als Frontscheibe oder seitliche Frontscheibe (siehe Bild 2) betrachtet werden.

Wo zwei oder mehr Frontscheiben eingebaut sind und nur eine davon als Fahrzeugführer-Frontscheibe benötigt wird, müssen die Anforderungen an Fahrzeugführer-Frontscheiben bei beiden (oder allen) Frontscheiben eingehalten werden (siehe Bild 3).

Bei Fahrzeugführer-Frontscheiben müssen die Sichtwinkel mit den Punkten, die das primäre Sichtfeld festlegen, bestimmt werden (siehe 4.2, siehe Bereich A in Bild 4).



Legende

- 1 führendes Fahrzeug (verschiedene Fahrerstandtypen dargestellt)
- 2 Zwischenwagen oder/und Endwagen
- 3 Fahrzeugführer-Frontscheibe
- 4 Fahrgast-Frontscheibe
- 5 Scheiben am Fahrzeugende
- X Fahrtrichtung

Bild 3 — Frontscheiben und Scheiben am Fahrzeugende

4.1.3 Fahrgast-Frontscheiben und Scheiben am Fahrzeugende

Frontscheiben oder seitliche Frontscheiben, die nur für die Benutzung durch Fahrgäste vorgesehen sind, müssen als Fahrgastfenster bezeichnet werden (siehe Bild 3).

ANMERKUNG Beispiele für Fahrgastfenster können die ersten Fenster in vollautomatischen Schienenfahrzeugen sein oder Fenster, die sich in einem Fahrzeug befinden bei dem der Führerstand nur einen Teil einnimmt und der Raum daneben den Fahrgästen zugänglich ist.

Die folgenden Fenster dürfen als Seitenfenster gewertet werden und fallen dadurch nicht in den Anwendungsbereich dieser Norm:

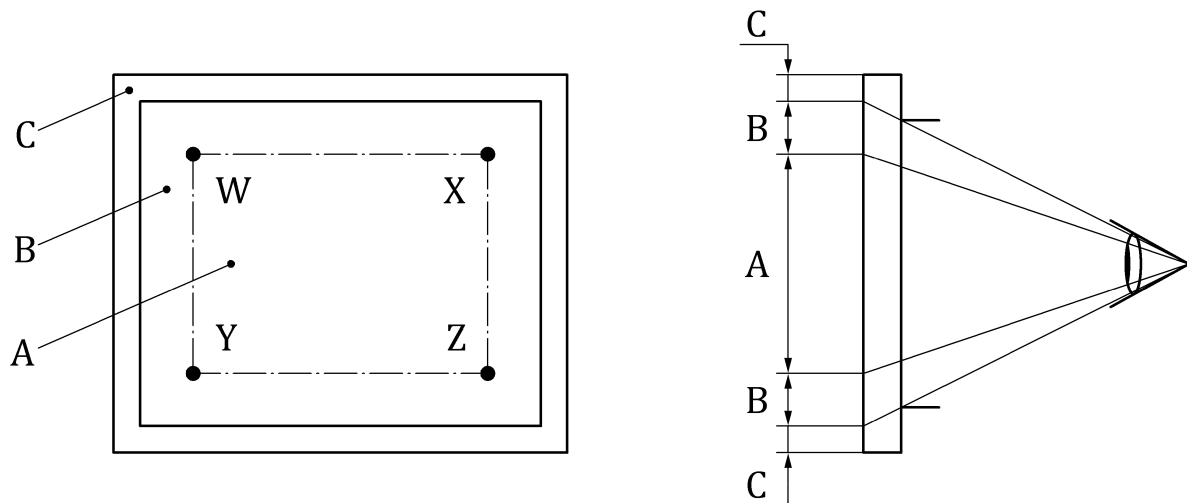
- Fahrzeugendfenster die nach vorne gerichtet sind und sich im Übergangsbereich befinden, falls sie von einem benachbarten Wagen vor dem Risiko eines direkten Einschlags in Längsrichtung geschützt werden (siehe Bild 3);
- nach vorne gerichtete Fahrzeugendfenster, z. B. in Fahrzeugentüren, bei denen sich während des Fahrbetriebs keine Personen aufhalten;
- Fahrzeugendfenster die im normalen Fahrbetrieb immer nach hinten gerichtet sind (siehe Bild 3).

4.2 Optische Bereiche

Eine Frontscheibe kann in drei optische Bereiche aufgeteilt werden, wie in Bild 4 dargestellt.

Ein primäres Sichtfeld muss für die Fahrzeugführer-Frontscheibe definiert werden. Der Übergang zwischen sekundärem Sichtfeld und peripherem Sichtfeld muss Bestandteil der technischen Anforderung an die Frontscheibe sein.

Für andere Arten von Frontscheiben und Verglasungen, die in den Anwendungsbereich dieser Norm fallen, ist das Festlegen eines primären Sichtfeldes eventuell nicht erforderlich und die Übergänge zwischen optischen Bereichen müssen Bestandteil der technischen Anforderung an die Frontscheibe sein.



Legende

- A primäres Sichtfeld
- B sekundäres Sichtfeld
- C peripheres Sichtfeld
- 0 angenommene Position der Augen
- 1 Sichtlinie

Bild 4 — Optische Bereiche der Frontscheibe

Die vier Punkte W, X, Y und Z sind, wie in Bild 4 gezeigt, das Ergebnis der Schnittpunkte der Frontscheibe mit den geforderten Sichtlinien. Diese Punkte sind mit Linien verbunden, wie in Bild 4 gezeigt, und definieren das primäre Sichtfeld.

Die Definition der Sichtlinien (zur Beobachtung des Fahrwegs und der Signale) liegt außerhalb des Anwendungsbereichs dieser Norm. Angaben für die Definition dieser Punkte müssen Teil der technischen Spezifikation der Frontscheibe sein.

ANMERKUNG Für Vollbahnen sind die Sichtlinien in EN 16186-1 definiert.

Der periphere Sichtbereich kann z. B. mit dem Siebdruckverfahren aufgrund einer der folgenden Gründe absichtlich abgedunkelt sein (vollständig oder teilweise):

- Beseitigung störender Elemente aus dem Sichtfeld;
- um bei eingeklebten Frontscheiben den Bereich der Klebung vor ultravioletter Strahlung (UV) zu schützen;
- optische Gründe.

Wenn die Abdunkelung verwendet wird, um geklebte Bereiche vor Verschlechterung durch UV zu schützen, sollte die Abdunkelung dafür sorgen, dass nicht mehr als 0,1 % des einfallenden UV-Lichtes den Bereich der Klebung erreichen.

4.3 Prüfanforderungen für Frontscheiben

4.3.1 Typprüfung

Die Auslegung der Frontscheibe muss durch positive Bewertungen und Prüfungen validiert werden, hinsichtlich:

- Erscheinungsbild (siehe 5.1);
- Doppelbildwinkel (siehe 5.2.1);
- optische Verzerrung (siehe 5.2.2);
- Trübung (siehe 5.2.3);
- Lichttransmissionsgrad (siehe 5.2.4);
- Farborte (siehe 5.2.5);
- Beschuss (einschließlich Splintern) (siehe 6.1);
- Abriebfestigkeit (siehe 6.2);
- Schotterflug (falls durch die technischen Spezifikationen der Frontscheibe erforderlich) (siehe 6.3);
- Schussfestigkeit (falls in der technischen Spezifikationen der Frontscheibe gefordert) (siehe 6.4);
- Heizung (siehe 7.1);
- Alterung (siehe 7.2).

Für Fahrgastfenster sind die folgenden Prüfungen freiwillig:

- Doppelbildwinkel (siehe 5.2.1);
- Trübung (siehe 5.2.3);
- Lichttransmissionsgrad (siehe 5.2.4), eine Mindestdurchlässigkeit von 40% darf akzeptiert werden;
- Farborte (siehe 5.2.5).

Falls eine Frontscheibe mit einer Heizvorrichtung ausgestattet ist, dann müssen die folgenden Tests mit eingeschalteter Heizvorrichtung wiederholt werden:

- Doppelbildwinkel (siehe 5.2.1);
- optische Verzerrung (siehe 5.2.2).

Wenn Typprüfungen mit eingeschalteter Heizvorrichtung wiederholt werden

- muss die Heizung bei ihrer Nennspannung betrieben werden,
- muss thermisches Gleichgewicht erreicht sein, bevor die Messungen durchgeführt werden.

Diese Anforderung bezieht sich nicht auf eine Auftauheizstufe, die beim stehenden Fahrzeug benutzt wird, um das Entfernen von Eis oder Schnee zu beschleunigen.

Prüfanforderungen sind in Anhang G zusammengefasst.

Wenn eine Frontscheibe, die in Übereinstimmung mit diesem Dokument validiert wurde, verändert wurde, ist eine Typprüfung möglicherweise nicht erforderlich, wenn gezeigt werden kann, dass die erforderliche Funktion nicht betroffen ist.

4.3.2 Serienprüfung

Serienprüfung muss bei der Produktion an allen Frontscheiben durchgeführt werden, hinsichtlich:

- Erscheinungsbild (siehe 5.1);
- optische Verzerrung (siehe 5.2.2);
- Heizung (siehe 7.1).

Lichttransmissionsgrad und Trübung (siehe 5.2.4) müssen regelmäßig in den Abständen, die in der technischen Spezifikation für die Frontscheibe angegeben sind, getestet werden.

4.4 Kennzeichnung

Die Frontscheibe muss dauerhaft gekennzeichnet werden. Die Kennzeichnung muss vom Inneren des Führerraums sichtbar und lesbar sein. Die Mindesthöhe der Buchstaben muss 4 mm betragen.

Die Kennzeichnung muss außerhalb des primären Sichtfelds liegen. Wenn es keine gegenteiligen Anforderungen gibt, muss die Kennzeichnung in der oberen rechten Ecke angebracht werden.

Folgende Angaben müssen mindestens in der Kennzeichnung enthalten sein:

- Name oder Firmenzeichen des Lieferanten der Frontscheibe;
 - Datum der Herstellung (Monat und die beiden letzten Stellen des Jahres oder ein Code womit diese Information identifiziert werden kann);
- Herstellungsdatum (Monat und die letzten beiden Jahreszahlen oder ein Code, mit dem diese Information ermittelt werden kann);
- eindeutige Nummer zur Identifizierung (Teilenummer und Seriennummer);

- Nennspannung und Spannungsart der Heizung (Wechselspannung oder Gleichspannung) (falls zutreffend);
- Gesamtleistung der Heizung (falls zutreffend);
- die anwendbare Fassung dieses Dokumentes, z. B. EN 15152:2017.

4.5 Betriebsanforderungen

Frontscheiben sind so ausgelegt, dass sie normalen Einsatzbedingungen standhalten, einschließlich auftretender statischer und dynamischer Belastungen und Umgebungsbedingungen wie Temperatur und Luftfeuchte. Anforderungen für den Einsatz in einer speziellen Umgebung, die zusätzlich zu den in diesem Dokument enthaltenen Anforderungen auftreten, müssen Bestandteil der technischen Spezifikation der Frontscheibe sein.

ANMERKUNG 1: In der Regel wird Bezug genommen auf EN 50125-1, Temperaturklassen T 1, T 2 oder T 3.

Ein Heizsystem kann in die Frontscheibe des Fahrers integriert sein, zwecks Enteisung und um Beschlag der Scheibe zu entfernen und somit eine klare Sicht für den Fahrzeugführer bei den meisten Witterungslagen und Betriebsbedingungen zu gewährleisten. Falls solch ein Heizsystem zu Verfügung steht, muss es den Anforderungen nach 7.1 entsprechen.

In Fahrzeugen, die der Richtlinie 2008/57/EG entsprechen, ist eine Heizeinrichtung für die Fahrzeugführer-Frontscheiben erforderlich.

Falls eine Splitterschutzschicht angebracht ist, muss sie die Brandschutzanforderungen nach EN 45545-2 erfüllen.

Im Fall, dass es einen Einschlag in die Fahrzeugführer-Frontscheiben gab, oder sie gerissen sind, müssen sie noch so viel verbleibende Sicht bieten, dass der Zug unter Berücksichtigung von Betriebsvorschriften bewegt werden kann. Diese Anforderung muss als erfüllt angesehen werden, wenn die Anforderungen an die verbleibende Sicht nach 6.2 erreicht werden.

ANMERKUNG 2 Anforderungen für die Führerraumgestaltung, die die Konstruktion und den Einbau von Frontscheiben betreffen können, werden von EN 16186-1 behandelt.

ANMERKUNG 3 Die mechanische Festigkeit für die Anbindung der Frontscheiben ist Bestandteil der Anforderungen von EN 12663-1 an die Anbauteile.

ANMERKUNG 4 Die Anbindung der Frontscheiben fällt in den Anwendungsbereich der EN 15227. Diese Regelungen beziehen sich auf die Prävention, das Eindringen der Frontscheibe in den Überlebensbereich des Fahrers nach einer Kollision zu verhindern.

ANMERKUNG 5 Die Anbindung der Frontscheibe fällt hinsichtlich der Brandschutzanforderungen in den Anwendungsbereich der EN 45545-2.

ANMERKUNG 6 In den technischen Spezifikationen für Fahrgast-Frontscheiben können Tests gefordert werden, die belegen, dass Personen nicht herausgeschleudert werden können.

4.6 Lagerung und Handhabung von fertiggestellten Frontscheiben

Frontscheiben müssen in einem gut belüfteten Bereich gelagert werden, der vor Witterung und direkter Sonneneinstrahlung geschützt ist.

Flache Frontscheiben müssen auf festem Untergrund stehend gelagert werden, mit einem maximalen Neigungswinkel von 6 Grad. Die Frontscheiben müssen durchgängig durch Halterungen entlang aller Kanten gestützt werden. Die stützenden Halterungen müssen mit weichem Material eingeschlagen sein, um Schäden zu vermeiden.

Lagerungen für gewölbte Frontscheiben folgen denselben Prinzipien, angepasst an die spezielle Geometrie des Produktes.

5 Anforderungen an das Erscheinungsbild und optische Anforderungen

5.1 Fehler im Erscheinungsbild

5.1.1 Allgemeines

Fehler im Erscheinungsbild (Fehlstellen) können durch die einzelnen Materialien der Frontscheibe auftreten oder durch den Produktionsprozess entstehen:

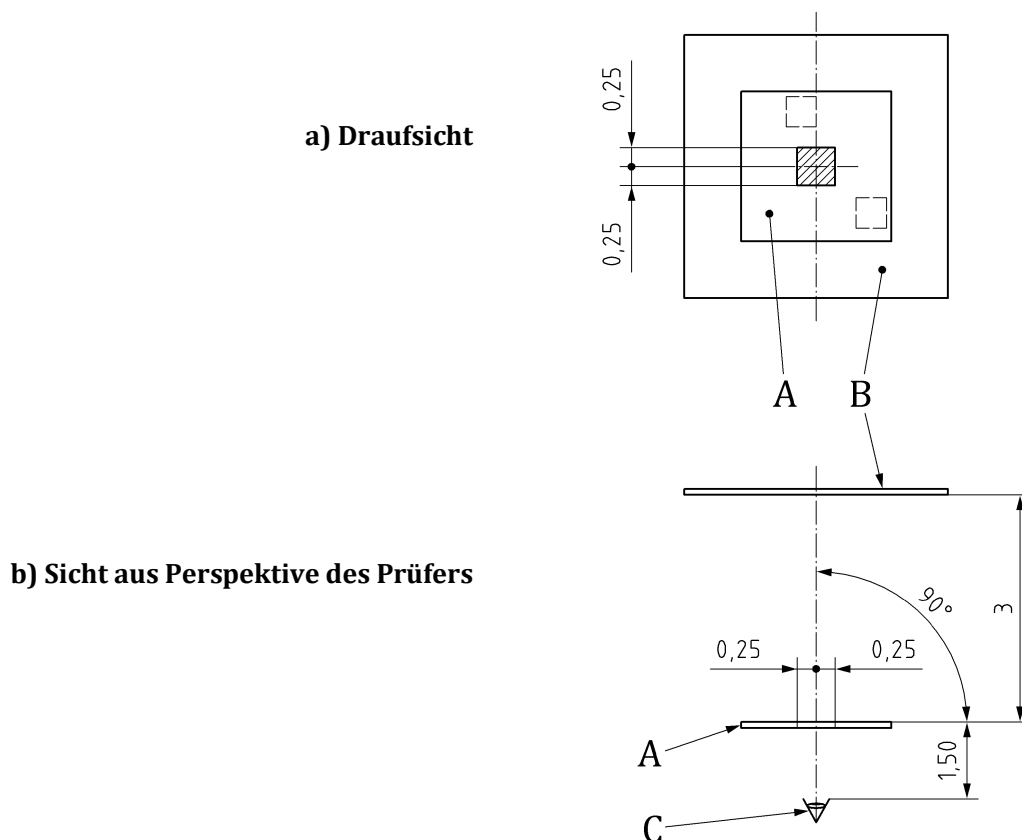
- Verglasungswerkstoff(e);
- Zwischenschicht(en);
- Zusammenbau;
- Handhabung;
- Splitterschutzschicht, falls vorhanden.

Um für den Fahrzeugführer eine hinreichend gute Sichtqualität sicherzustellen, müssen die Frontscheiben nach dem in 5.1.2 beschriebenen Verfahren untersucht werden. Alle Fehler müssen nach 5.1.3 klassifiziert werden und die Anzahl und Größe solcher Fehler darf die in 5.1.4 aufgelisteten Grenzwerte nicht überschreiten.

5.1.2 Visuelles Untersuchungsverfahren für Fehler im Erscheinungsbild

Die Frontscheiben müssen in einer abgedunkelten Prüfkammer, die mit einer vertikalen beleuchteten Wand ausgestattet ist, untersucht werden. Bei der visuellen Überprüfung muss das Licht von der beleuchteten Wand, das durch die Frontscheibe hindurch geht, dazu verwendet werden, die Frontscheibe auf Fehlstellen hin zu untersuchen. Werden Fehler entdeckt, so müssen Fehlerart und Größe aufgezeichnet werden, und bestimmt werden, ob die Frontscheibe so akzeptiert werden kann. Die Prüfanordnung ist in Bild 5 dargestellt.

Maße in Meter



Legende

- A Frontscheibe
- B beleuchtete Wand
- C Prüfer

Bild 5 — Einrichtung zum Prüfen des Erscheinungsbildes, Frontansicht und Draufsicht

Die beleuchtete Wand muss NCS 7502-B²⁾ Grau oder gleichwertig sein. Die Verwendung einer anderen Farbe bei der beleuchteten Wand muss Teil der technischen Spezifikation der Frontscheibe sein.

Die Frontscheibe muss nach folgendem Verfahren bewertet werden.

- Die Frontscheibe muss vertikal vor der beleuchteten Wand in einem Abstand von 3 m positioniert werden. Bei gewölbten Frontscheiben muss der Abstand von der Mitte des primären Sichtfelds aus gemessen werden. Die Außenoberfläche der Frontscheibe muss der beleuchteten Wand zugewandt sein.
- Die Scheibe muss sauber, trocken und frei von Material- oder Flüssigkeitsresten sein, die die Prüfung beeinträchtigen könnten.
- Die verbleibende Helligkeit in der Prüfkammer darf bei nicht beleuchteter Wand an der Innenseite der Frontscheibe gemessen nicht mehr als 60 Lux betragen.

ANMERKUNG 60 Lux ist repräsentativ für die zu akzeptierende Grenze im Führerraum.

2) NCS, en: Natural Colour System ist eine Handelsmarke der NCS Colour AB Stockholm, Schweden und ist urheberrechtlich geschützt (www.ncscolour.com).

- Die beleuchtete Wand muss mit einer gleichmäßigen Lichtstärke von 500 Candela/m² leuchten. Dies muss an der Innenseite der Frontscheibe nachgewiesen werden.
- Der Prüfer muss sich in einem Abstand von 1,5 m hinter der Frontscheibe befinden.
- Die Prüfdauer muss 1 Minute für Frontscheiben mit einer Fläche von maximal 1,5 m² und 2 Minuten für eine Frontscheibe mit einer größeren Oberfläche betragen.
- Die Frontscheibe muss in genügend Kontrollbereiche eingeteilt werden, um die gesamte Oberfläche der Frontscheibe zu erfassen. Die Kontrollbereiche sollten so angeordnet sein, dass sie minimal überlappen und über die Grenzen der Sichtzonen gehen.

Die empfohlene Größe für die Prüfbereiche beträgt 0,5 m x 0,5 m.

- Der Prüfer muss die gesamte Oberfläche der Frontscheibe untersuchen, indem er alle Prüfbereiche nacheinander anschaut. Der Prüfer muss seine Position horizontal und vertikal verändern sodass er jeden Kontrollbereich rechtwinklig zur beleuchteten Wand betrachten kann.
- Der Ort aller während der Prüfung festgestellten verdächtigen Stellen muss festgehalten werden.

Der Prüfer muss für die gesamte Dauer der Sichtprüfung in der Prüfkammer bleiben.

Wenn während der Prüfung irgendwelche verdächtigen Stellen gefunden wurden, muss der Prüfer die Verglasung am Ende der visuellen Prüfung noch einmal untersuchen und diese Stellen analysieren um sie nach 5.1.3 zu klassifizieren.

Lediglich Besonderheiten, die als verdächtige Punkte während der visuellen Prüfung festgestellt wurden, müssen analysiert und klassifiziert werden.

Ein Fehler, der von der Außenseite der Frontscheibe gesehen werden kann, aber bei der in diesem Abschnitt beschriebenen Beurteilungsmethode nicht erkannt wird, darf in die Beurteilung nicht einfließen.

Die Kriterien von 5.1.4 müssen verwendet werden, um zu bestimmen, ob die Frontscheibe akzeptiert werden kann.

5.1.3 Definition und Klassifizierung von Fehlern

Die Tabellen 1,2 und 3 werden verwendet, um Fehler nach ihren Merkmalen einzuteilen.

Darüber hinaus sind die folgenden Fehler im peripheren Bereich erlaubt:

- Abweichungen der einzelnen Lagen in der Außenabmessung (maximal 5 mm zur Kante);
- Blasenformung;
- Delaminierung;
- Trübung der Zwischenschicht;
- Druckstellen in der Verglasung verursacht durch die Zangenspitzen (lokale Verformung, Schillern und Haarrisse);
- Druckstellen verursacht durch Biegewerkzeuge.

Tabelle 1 — Klassifizierung von Fehlern

	Bereich
Punktuelle Fehler	
Blase: Luftblase in der Verglasung, die manchmal gefärbt ist	$0,8 \text{ mm} < d \leq 2 \text{ mm}$
Verunreinigung: Kleine Verunreinigung in der Verglasung oder in der Zwischenschicht oder ein eingeschlossenes Partikel	$0,8 \text{ mm} < d \leq 2 \text{ mm}$
Fleck: Lokaler lichtdurchlässiger Bereich auf der Zwischenschicht	$0,8 \text{ mm} < d \leq 2 \text{ mm}$
Oberflächenfehler: Schönheitsfehler durch geringen Aufprall oder Abrieb (z. B. zwischen zwei Lagen des Materials während der Lagerung)	$0,8 \text{ mm} < d \leq 2 \text{ mm}$
Lineare Fehler: Fehler mit großem Längen-Breiten-Verhältnis. Das angegebene Maß ist der direkte Abstand zwischen den am weitesten auseinander liegenden Punkten des Fehlers. Es dürfen keine Ausbrüche entlang des Kratzers auftreten.	
Feine Kratzer oder andere lineare Fehler, die durch Berührung festgestellt werden können	$13 \text{ mm} < d \leq 40 \text{ mm}$
Abdruck eines abgemilderten (reparierten) Kratzers	$13 \text{ mm} < d \leq 40 \text{ mm}$
Fussel, Faser, Haar: Längliche Verunreinigung, die bei der Laminierung zwischen Glasschicht und Zwischenschicht eingeschlossen wurde	$13 \text{ mm} < d \leq 40 \text{ mm}$
Schliere, Riefe (Zug), Spur: Weißlicher Bereich in der Zwischenschicht, bei Tageslicht nur schwer zu erkennen	bezogen auf die gesamte Oberfläche $\leq 8 \text{ cm}^2$
Kantenfehler:	
punktuelle Fehler: Absplitterungen, Einschläge ... Ergebnis der Abschälung kleiner Teile von den Kanten, die durch Schleifen nicht vollständig entfernt wurden	$1 \text{ mm} < d \leq 2 \text{ mm}$
lineare Fehler: Absplitterungen, Verbrennungen, mangelndes Schleifen ...	$< 25 \text{ mm}$ pro Fehler, aufsummiert $< 25 \text{ mm}/1 \text{ m}$

Scharfe Kanten, an denen man sich beim Einbau verletzen kann, sind nicht zulässig. Um diese Fehler zu beseitigen darf in einem Bereich bis zu 10 mm vom Rand der Verglasung geschliffen werden, falls der Bereich nach dem endgültigen Einbau der Frontscheibe nicht sichtbar ist.

Tabelle 2 — Klassifizierung von Siebdruckfehlern

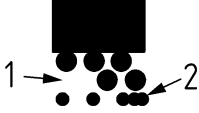
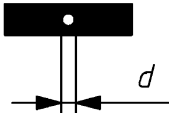
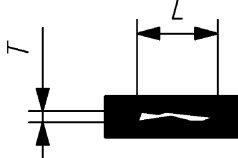
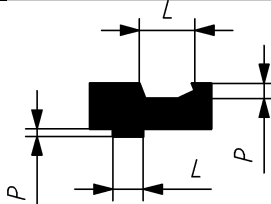
Fehler	Bereich
Unreinheiten unter dem Siebdruck:	
Punkteausblendung: Eine Sichtprüfung muss bestätigen, dass die Gleichmäßigkeit des Punkteausblendmusters akzeptabel ist und dass Unregelmäßigkeiten im Abstand von 3 m vom Produkt nicht ins Auge fallen  Legende 1 Loch 2 Teilungspunkt	$1,5 \text{ mm} < d \leq 3 \text{ mm}$
Vollflächig eingefärbte Oberfläche:	
Kreisförmiger Fehler: 	$2 \text{ mm} < d \leq 4 \text{ mm}$
Linearer Fehler: $S = L \times T$ 	$20 \text{ mm}^2 < S \leq 80 \text{ mm}^2$ with $T \leq 1 \text{ mm}$
Fehler an der Kante der vollflächig eingefärbten Oberfläche:	
Innenkante (neben dem Sichtfeld):	$2 \text{ mm} < P \leq 3 \text{ mm}$ und $10 \text{ mm} < L \leq 40 \text{ mm}$
Außenkante:	$P < 5 \text{ mm}$ umlaufend

Tabelle 3 — Klassifizierung von Fehlern der Splitterschutzschicht

Fehler	Bereich
Hautbläschen: Lokale Deformation der transparenten Oberfläche	$1,5 \text{ mm} < d \leq 3 \text{ mm}$
Kordel: Ein relativ dicker und sehr offensichtlicher Materialstrang	$5 \text{ mm} < L \leq 10 \text{ mm}$
Verwerfung: Unregelmäßige Dicke der Splitterschutzschicht	$5 \text{ mm} < d \leq 10 \text{ mm}$

5.1.4 Fehlerakzeptanz-Kriterien

Bei einer neuen Frontscheibe darf die Anzahl der festgestellten und nach Tabellen 1, 2 und 3 klassifizierten Fehler die in Tabelle 4 angegebenen Grenzen nicht überschreiten.

Wenn die Größe eines Fehlers den oberen Wert des entsprechenden, in den Tabellen 1, 2 und 3 festgelegten Bereiches überschreitet, darf die Frontscheibe nicht akzeptiert werden. Wenn der Wert bei einem beobachteten Fehler niedriger ist als der untere Wert des Bereichs, muss er als unbedeutender Fehler klassifiziert werden.

Eine Ansammlung von Fehlern tritt dann auf, wenn vier oder mehr unbedeutende Fehler alle weniger als 200 mm voneinander entfernt liegen. Eine Ansammlung von Fehlern muss als gleichwertig zu einem einzelnen Fehler betrachtet werden, damit die Konformität mit den in Tabelle 4 angegebenen Akzeptanzgrenzen festgestellt werden kann. Andernfalls können unbedeutende Fehler ignoriert werden.

Tabelle 4 — Fehlerakzeptanzgrenzen

Sichtfeld	Akzeptanzgrenzen
Primäres Sichtfeld	Maximal 3 Fehler in einem kreisförmigen Bereich von $d = 300 \text{ mm}$. Eine Ansammlung unbedeutender Fehler ist nicht zulässig.
Sekundäres Sichtfeld	Maximal 3 Fehler in einem kreisförmigen Bereich von $d = 100 \text{ mm}$.
Peripheres Sichtfeld	Maximal 3 Fehler in einem Bereich von 100 mm Länge

5.2 Optische Eigenschaften

5.2.1 Doppelbildwinkel

Prüfungen müssen in Übereinstimmung mit ISO 3538:1997, 5.2 durchgeführt werden, wobei die Frontscheibe im Einbauwinkel des Fahrzeugs eingebaut ist.

Der Doppelbildwinkel darf folgende Angaben nicht überschreiten:

- 15 Bogenminuten im primären Sichtfeld;
- 25 Bogenminuten im sekundären Sichtfeld.

Wenn es mehr als ein Doppelbild gibt, muss nur Doppelbild bewertet werden. Das zu betrachtende Bild ist das, welches dem Betrachter, der von der Fahrposition durch die Frontscheibe blickt, am hellsten erscheint.

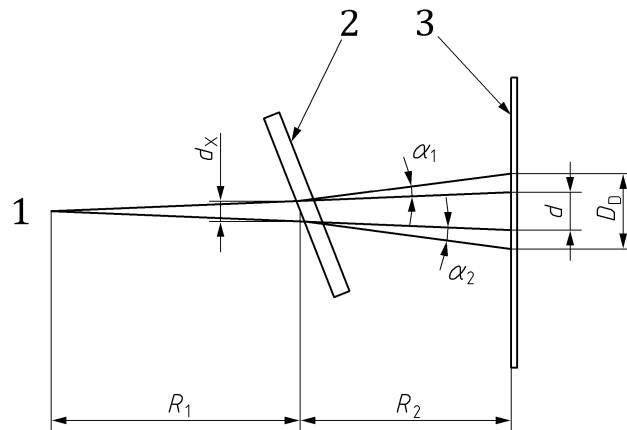
5.2.2 Optische Verzerrung

Typischerweise wird optische Verzerrung bewertet, indem eine Reihe kreisförmiger Formen durch die zu prüfenden Verglasungswerkstoffe auf einen Bildschirm projiziert werden, wie in Bild 6 dargestellt. Die Formveränderung des projizierten Bildes, verursacht durch den Verglasungswerkstoff, bietet einen Maßstab für jede Verzerrung.

Eine Originalfrontscheibe muss getestet werden. Die Frontscheibe muss so positioniert werden, dass sich der richtige Einbauwinkel ergibt.

Die optische Verzerrung muss durch Prüfung in Übereinstimmung mit ISO 3538:1997, 5.3 bewertet werden. Entfernung R_1 muss 4 m und Entfernung R_2 muss im Bereich von 2 m bis 4 m liegen (siehe Bild 6). Wie in ISO 3538 festgesetzt, ist die bevorzugte Abmessung von R_2 4 m.

Die empfohlenen unverzerrten Kreisdurchmesser, die auf den Bildschirm projiziert werden, sind 8 mm, entsprechend der Bilddurchmesser d_x , mit 4 mm, auf der Frontscheibenoberfläche.



Legende

- 1 Projektor
- 2 Frontscheibe
- 3 Bildschirm
- d_x Durchmesser des Bildes auf dem Bildschirm, gemessen in der vertikalen Ebene
- d Durchmesser des unverzerrten projizierten Bildes (ohne Verglasung)
- D_D maximaler Durchmesser des verzerrten Bildes
- α_1, α_2 Ablenkwinkel (gegen den Uhrzeigersinn positiv)
- R_1 Entfernung von der Lichtquelle zur Frontscheibe
- R_2 Entfernung von der Frontscheibe zum Bildschirm

Bild 6 — Messung der optischen Verzerrung

Für eine gegebene Position auf dem Bildschirm wird angenommen, dass die optische Verzerrung des Gesamtablenkwinkels $\Delta\alpha$ ist, dabei ist $\Delta\alpha = \alpha_1 - \alpha_2$.

ANMERKUNG 1 In Bild 6 ist α_1 positiv, α_2 ist negativ. In diesem Fall ist $\Delta\alpha$ daher die Summe der Werte.

$\Delta\alpha$ kann aus dem Unterschied zwischen dem maximalen Durchmesser des verzerrten Bildes und jenem des unverzerrten Bildes bestimmt werden, gemessen auf dem Bildschirm, unter Verwendung folgender Beziehung:

$$\Delta d = 0,291 \cdot \Delta\alpha \cdot R_2$$

Dabei ist

$$\Delta d = (d_G - d), \text{ in Millimeter, } R_2 \text{ in Meter und } \Delta\alpha \text{ in Bogenminuten.}$$

ANMERKUNG 2 Die Konstante 0,291 ist die Umwandlung von Bogenminuten in Bogenmaß und von Meter in Millimeter, d. h. $0,291 = 1\,000 \cdot \pi / (180 \cdot 60)$.

Die Grenze der optischen Verzerrung darf nicht größer sein als

- 2,5 Bogenminuten im primären Sichtfeld,
- 6,5 Bogenminuten im sekundären Sichtfeld.

5.2.3 Trübung

Prüfungen zur Messung der Trübung müssen in Übereinstimmung mit EN 2155-9 durchgeführt werden.

Eine Frontscheibe darf eine Trübung von maximal 2,5 % aufweisen.

5.2.4 Lichttransmissionsgrad

5.2.4.1 Bestimmung des Lichttransmissionsgrades

$$\tau(\lambda) = \frac{\sum_{380}^{780} S_W(\lambda) \times \Delta\lambda}{\sum_{380}^{780} S_A(\lambda) \times \Delta\lambda}$$

Dabei ist

$\tau(\lambda)$ die spektrale Transmission der Frontscheibe;

$S_A(\lambda)$ die relative Spektralverteilung von CIE-Lichtart A;

$S_W(\lambda)$ die relative Spektralverteilung von CIE-Lichtart A, wobei die Frontscheibe im Strahlengang ist;

λ die Wellenlänge, in nm;

$\Delta\lambda$ das Wellenlängenintervall.

Die spektrale Transmission muss mit einem justierten Spektroradiometer und einer Lichtquelle passend zur CIE-Lichtart A, wie in CIE 15 definiert, bestimmt werden. Der Wellenlängenbereich muss 380 nm bis 780 nm sein.

Die Wellenlängenauflösung des Spektroradiometers darf nicht größer sein als 5 nm.

Optische Messungen müssen nach der Anleitung und mit den Informationen von CIE 38 durchgeführt werden.

Die Transmission darf mit einer ganzen Frontscheibe oder einem Probekörper, der die gleiche Zusammensetzung hat (einschließlich Heizsystem, falls eingebaut) wie die komplette Frontscheibe, bestimmt werden. Wenn Probekörper verwendet werden, müssen das flache Probekörper mit einer Fläche von mindestens 100 mm x 100 mm sein, die repräsentativ sind für die Originalfrontscheibe.

Die Bewertung darf mit der Frontscheibe oder dem Probekörper, senkrecht zur Lichtquelle oder im Einbauwinkel, erfolgen.

Die Transmissionswerte müssen für die in Tabelle 6 angegebenen Farben bestimmt werden, unter Verwendung folgender Gleichung:

$$\tau_V = \frac{\sum_a^b S_A(\lambda) \times \tau(\lambda) \times V(\lambda) \times \Delta\lambda}{\sum_a^b S_A(\lambda) \times V(\lambda) \times \Delta\lambda}$$

Dabei ist

τ_V die photometrische Transmission der Frontscheibe;

a und b die Integrationsgrenzen für λ , siehe Tabelle 5;

$\tau(\lambda)$ die spektrale Transmission der Frontscheibe;

$V(\lambda)$ die spektrale Lichtausbeute für photopisches Sehen, die den Normalbeobachter in der Photometrie (Sichtfeld von 2 °) definiert;

ANMERKUNG $S_A(\lambda)$ und $V(\lambda)$ werden in EN ISO 11664 (CIE S 014) definiert.

Tabelle 5 — Farbvorgaben

Farbe	Integrationsgrenzen	
	untere Grenze <i>a</i> nm	obere Grenze <i>b</i> nm
Weiß (gesamtes sichtbares Spektrum)	380	780
Rot	605	780
Gelb	580	600
Gün	420	575
Blau	380	500

Der Transmissionsgrad für blaues Licht muss bestimmt werden, wenn das in der technischen Spezifikation der Frontscheibe verlangt wird.

5.2.4.2 Verfahren zu Berechnung des Einbauwinkels der Frontscheibe

Wenn die Messung der spektralen Transmission aus der vertikalen Position erfolgt, darf die photometrische Transmission, die aus der gemessenen spektralen Transmission berechnet wurde, verwendet werden, um die Transmissionswerte für den eingebauten Zustand, in Übereinstimmung mit dem in Anhang B festgelegten Verfahren, zu berechnen.

5.2.4.3 Annahmekriterien

Die Mindestwerte der Lichttransmission für primäre und sekundäre Sichtfelder im Einbauwinkel müssen den in Tabelle 7 angegebenen Grenzen entsprechen.

Tabelle 6 — Mindestwert der Lichttransmission

Farbe	Vollbahnen	Stadtbahnen
Weiß (gesamtes sichtbares Spektrum)	65 %	70 %
Rot	60 %	Keine Anforderungen
Gelb	60 %	
Gün	60 %	
Blau ^a	60 %	
^a Siehe 5.2.4.1.		

5.2.5 Farborte

5.2.5.1 Allgemeine Anforderungen

Die Ausführung der Frontscheibe darf die Farbe des Lichts, das durch sie transmittiert wird, nicht derart beeinflussen, dass der Fahrer dadurch Signale falsch liest. Das muss durch den Vergleich der Veränderungen in den Farbort-Koordinaten bewertet werden, oder der Farbortverschiebung, wenn farbiges Licht durch die Frontscheibe transmittiert wird.

Optische Messungen müssen unter Berücksichtigung der Anleitung und der Informationen aus CIE 38 durchgeführt werden.

Die Farbortverschiebung darf mit einer ganzen Frontscheibe oder einem Probekörper, der die gleiche Zusammensetzung (einschließlich Heizsystem, falls eingebaut) hat wie die komplette Frontscheibe, bewertet werden. Wenn Probekörper verwendet werden, müssen das flache Probekörper mit einer Fläche von mindestens 100 mm x 100 mm sein, die repräsentativ sind für die Originalfrontscheibe.

Die Bewertung darf mit der Frontscheibe oder dem Probekörper, senkrecht zur Lichtquelle oder im Einbauwinkel, erfolgen.

Die Bewertung darf mit der Bestimmung der Transmission (siehe 5.2.4), unter Verwendung derselben Probekörper oder Frontscheiben, kombiniert werden.

ANMERKUNG Die Farbortverschiebung wird nicht wesentlich durch den Einbauwinkel der Frontscheibe beeinflusst.

Die Farbortverschiebung muss für rotes, gelbes, grünes und weißes Licht bewertet werden. Die Farbortverschiebung für blaues Licht muss bestimmt werden, wenn das in der technischen Spezifikation der Frontscheibe verlangt ist.

Die Farbort-Koordinaten müssen nach EN ISO 11664-3 (CIE S 014-3) mit dem CIE 1931-kolorimetrischen System und in Übereinstimmung mit 5.2.5.2 oder 5.2.5.3 bestimmt werden.

x_0, y_0 bezeichnen Farbort-Koordinaten ohne Frontscheibe; x_p, y_p bezeichnen Farbort-Koordinaten mit Frontscheibe.

Die Farbortverschiebung muss nach 5.2.5.4 bestimmt werden.

5.2.5.2 Spektrographisches Verfahren

Die spektrale Transmission der Frontscheibe $\tau(\lambda)$, bestimmt in 5.2.4.1, muss verwendet werden.

Die spektralen Transmissionsbänder, $\tau_c(\lambda)$, für die zu bewertenden Farben sind in Tabelle 7 definiert.

Für das angegebene Wellenlängengebiet ist die Transmission $\tau_c(\lambda)$ 100 %; außerhalb der angegebenen Grenzen beträgt die Transmission 0 %.

Tabelle 7 — Spektrale Transmissionsbänder und Farbort-Koordinaten

Farbe	Spektrale Transmission Wellenlängeband nm	CIE-Farbort-Koordinaten (ohne Frontscheibe)	
		x_0	y_0
Weiß	380 bis 780	0,448	0,407
Rot	605 bis 780	0,694	0,305
Gelb	580 bis 600	0,573	0,426
Grün	420 bis 575	0,239	0,468
Blau ^a	380 bis 500	0,127	0,088
^a Siehe 5.2.5.1.			

Die in Tabelle 7 festgelegten Farbort-Koordinaten wurden, in Übereinstimmung mit EN ISO 11664-3 (CIE S 014 3), mit dem CIE 1931-kolorimetrischen System und CIE-Lichtart A berechnet.

Die Farbort-Koordinaten mit der Frontscheibe, x_p , y_p , müssen für jede der in Tabelle 8 festgelegten Farben bestimmt werden.

Die Farbreizfunktion $\varphi(\lambda)$, mit der die Farbort-Koordinaten bestimmt werden, muss das Produkt aus der spektralen Transmission der Frontscheibe und den Transmissions-Kurven der Spektralfarben sein:

$$\varphi_\lambda(\lambda) = S_A(\lambda) \times \tau(\lambda) \times \tau_c(\lambda)$$

Dabei ist

$\varphi_\lambda(\lambda)$ die Farbreizfunktion;

$\tau(\lambda)$ die photometrische Transmission der Frontscheibe;

$\tau_c(\lambda)$ die für die gegebene Farbe definierte photometrische Transmission;

S_A die relative spektrale Verteilung der CIE-Lichtart A;

λ die Wellenlänge, in nm.

5.2.5.3 Farbfilterverfahren

Wird eine Lichtquelle passend zu CIE-Lichtart A, wie in CIE 15 definiert, verwendet, kombiniert mit gefärbten Filtern (zum Beispiel zur Darstellung von Signalen), dürfen die Farbort-Koordinaten mit den gemessenen spektralen Transmissionen berechnet (siehe 5.2.5.2) oder direkt gemessen werden.

Wenn die Farbort-Koordinaten durch Berechnung bestimmt werden:

- die Farbreizfunktion $\varphi(\lambda)$ muss unter Verwendung der jeweiligen Transmissionskurven der Spektralfarben für die verwendeten Filter bestimmt werden;

- die Farbort-Koordinaten müssen ohne Frontscheibe (x_0, y_0) und mit Frontscheibe (x_p, y_p) bestimmt werden;
- die Berechnung muss nach dem in EN ISO 11664-3 (CIE S 014-3) dargelegten Verfahren durchgeführt werden;

Zusätzlich zu den in 5.2.5.4 genannten Grenzen für die Farbortverschiebung müssen die Farbort-Koordinaten, mit oder ohne Frontscheibe, für jede Farbe innerhalb der in CIE S 004 für Signalfarben definierten Grenzen liegen, wie in Tabelle 8 angegeben.

Tabelle 8 — CIE-Farbdefinitionen

CIE S 004 – E 2001 Signalfarbe	Farbort-Koordinaten der Schnittpunkte des Farbortbereiches
Rot Klasse A	(0,660;0,320), (0,680;0,320), (0,735;0,265), (0,721;0,259)
Gelb	(0,536;0,444), (0,547;0,452), (0,613;0,387), (0,593;0,387)
Grün Klasse A	(0,009;0,720), (0,284;0,520), (0,209;0,400), (0,028;0,400)
Blau ^a Klasse A	(0,109;0,087), (0,173;0,160), (0,208;0,125), (0,149;0,025)
Weiß Klasse A und Klasse B	(0,300;0,342), (0,440;0,432), (0,500;0,44), (0,500;0,382), (0,440;0,382), (0,300;0,276)
^a Siehe 5.2.5.1.	

5.2.5.4 Bestimmung der Farbortverschiebung

Die Farbort-Koordinaten mit und ohne die Frontscheibe, bestimmt unter Verwendung des spektrographischen Verfahrens (5.2.5.2) oder des FarbfILTERverfahrens (5.2.5.3), müssen zur Bestimmung der Farbortverschiebung verwendet werden.

Die Abweichungen der Farbort-Koordinaten müssen für jede Farbe bestimmt werden:

$$\Delta x = (x_0 - x_p);$$

$$\Delta y = (y_0 - y_p).$$

Die Abweichungen Δx und Δy dürfen die in Tabelle 10 angegebenen Grenzen nicht überschreiten, und die Farbort-Koordinaten, die mit Frontscheibe bestimmt wurden (x_p, y_p), müssen immer innerhalb der in CIE S 004 für Signalfarben definierten Grenzen liegen, wie in Tabelle 8 angegeben.

Tabelle 9 — Farbort-Koordinaten und zulässige Abweichungen

Farbe	zulässige Abweichungen	
	Δx	Δy
Weiß	± 0,022	± 0,02
Rot	± 0,021	± 0,009
Gelb	± 0,017	± 0,013
Grün	± 0,012	± 0,023
Blau ^a	± 0,006	± 0,004
^a Siehe 5.2.5.1.		

ANMERKUNG Die zulässigen Abweichungen für Rot und Gelb können eine Toleranz von 3 % in den Farbort-Koordinaten x und y und 5 % für die anderen Farben haben.

6 Mechanische Eigenschaften

6.1 Widerstandsfähigkeit gegenüber Beschuss

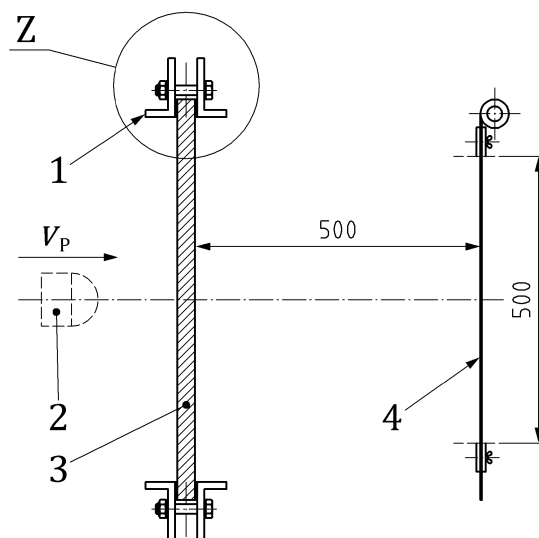
6.1.1 Anforderungen für die Beschussprüfung

Frontscheiben unterliegen dem Risiko eines vorwiegend längsgerichteten Einschlags durch Schotter oder andere Geschosse, die eine Frontscheibe mit Geschwindigkeiten treffen können, die größer sind als die Vorwärtsgeschwindigkeit des Fahrzeugs.

Frontscheiben müssen so ausgelegt und gebaut sein, dass sie dem Aufprall eines Flugkörpers, der versehentlich oder absichtlich auf die Frontscheibe trifft, standhalten können. Das Erreichen dieses Zieles muss mit der Beschussprüfung nach diesem Dokument nachgewiesen werden. Für Prüfungszwecke wird angenommen, dass die Geschosse in Fahrtrichtung ausgerichtet sind, parallel zur Längsachse des Zuges.

Für die Durchführung der Beschussprüfung nach 6.1.4 muss ein zylindrisches Projektil mit einer hemisphärischen Nase (siehe Anhang C) und mit einer Beschussgeschwindigkeit, wie in 6.1.3 definiert, verwendet werden. Die Prüfanordnung ist in Bild 7 dargestellt.

Maße in Millimeter



Legende

- 1 Klemmrahmen (oder Befestigung einer Frontscheibe)
- 2 Geschoss
- 3 Probekörper-Frontscheibe (oder Originalfrontscheibe)
- 4 Alufolie (sofern erforderlich, siehe 6.1.2)
- V_p Geschossgeschwindigkeit (siehe 6.1.3)
- z Ausschnitt der Klemmvorrichtung

Bild 7 — Anordnung für die Beschussprüfung mit einer Probekörper-Frontscheibe

Wenn eine Frontscheibenkonstruktion erfolgreich und in Übereinstimmung mit diesem Dokument geprüft worden ist und die Konstruktion oder der Einbau geändert wird, muss die Beschussprüfung möglicherweise nicht wiederholt werden, wenn:

- die Dicke einer oder mehrerer Zwischenschichten vergrößert wird;
- die Dicke einer oder mehrerer Verglasungskomponenten vergrößert wird;
- wärmebehandeltes Glas durch chemisch verstärktes Glas selber Dicke ersetzt wird;
- der Einbauwinkel vergrößert wird.

Beschussprüfungen müssen entweder durchgeführt werden:

- mit flachen Probekörpern mit einer Fläche von 1 000 mm x 700 mm, die repräsentativ sein müssen für die Originalfrontscheibe; oder
- mit Originalfrontscheiben mit einem Befestigungssystem, das repräsentativ ist für die reale Einbausituation.

ANMERKUNG 1 Die Größe des Probekörpers ist unabhängig von der tatsächlichen Größe oder Form der Originalfrontscheibe, die größer oder kleiner als die Standardgröße der Probekörper sein darf.

ANMERKUNG 2 Von einem flachen Probekörper wird angenommen, dass er die konservativsten Ergebnisse bringt.

Insgesamt müssen vier bestandene Beschussprüfungen durchgeführt worden sein:

- zwei Prüfungen bei $(0 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$;
- zwei Prüfungen bei $(20 \pm 3) ^\circ\text{C}$.

Wenn eine Originalfrontscheibe verwendet wird, muss diese entweder

- so positioniert sein, dass sie korrekt zur Strecke ausgerichtet ist, oder
- mit der Oberfläche am Aufprallpunkt senkrecht zur Beschussrichtung positioniert sein.

6.1.2 Bewertung der Splitterbildung

Bei Frontscheiben für Vollbahnanwendungen muss das Splitterverhalten während der Beschussprüfung in Übereinstimmung mit 6.1.4 bewertet werden.

ANMERKUNG Wo die Streckengeschwindigkeit kleiner oder gleich 100 km/h ist, ist eine Bewertung des Splitterverhaltens nicht erforderlich. Dieser Ansatz entspricht den Anforderungen für Lastwagen, Busse und Wagen.

Das Splitterverhalten muss unter Verwendung einer Alufolie bewertet werden.

Die Alufolie muss ein geglühtes Aluminiumblech sein, mit einer Dicke von maximal 0,15 mm und einer Abmessung von mindestens 500 mm mal 500 mm.

Die Alufolie muss senkrecht hinter der Frontscheibe und horizontal (500 ± 10) mm vom in 6.1.4 definierten Zielpunkt entfernt positioniert werden (siehe Bild 8).

Das Splitterverhalten der Frontscheibe muss als zufriedenstellend betrachtet werden, wenn die Alufolie in einem Bereich von 500 mm mal 500 mm mittig über dem Aufprallpunkt nicht durchlöchert ist oder keinen Abdruck hat.

6.1.3 Geschossgeschwindigkeit bei der Beschussprüfung

6.1.3.1 Aufprallgeschwindigkeit des Geschosses

Die Nennaufprallgeschwindigkeit des Geschosses V_M muss wie folgt bestimmt werden:

$$V_M = V_{\max} + 160 \text{ km/h}$$

Dabei ist

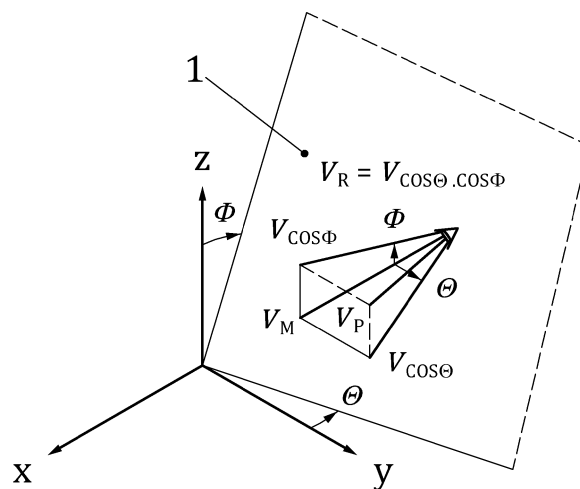
$V_{\max}$ die maximale Betriebsgeschwindigkeit des Zuges, in km/h.

Bei Fahrzeugen, die in Stadtbahnsystemen eingesetzt werden, wo die Streckengeschwindigkeit 100 km/h nicht überschreitet, ist eine geringere Aufprallgeschwindigkeit des Geschosses V_m zulässig:

$$V_m = V_{\max} \times 2$$

6.1.3.2 Aufprallgeschwindigkeit des Geschosses bei Prüfungen mit vertikalen Prüfkörpern

Bei Beschussprüfungen, die mit einer Frontscheibe oder einem Prüfkörper durchgeführt werden, die senkrecht zur Bahn des Geschosses und in vertikaler Position eingebaut sind, dürfen der Sichtwinkel θ und der Neigungswinkel ϕ (siehe Anhang A) unter Verwendung der im Verhältnis zur Frontscheibenoberfläche senkrechten Komponente des Geschossgeschwindigkeitsvektors V_m am Aufprallpunkt bestimmt werden, wie in Bild 8 dargestellt.



Legende

- 1 Frontscheibe
- V_M Nennaufprallgeschwindigkeit des Prüfgeschosses
- V_P Aufprallgeschwindigkeit des Prüfgeschosses
- θ Sichtwinkel
- ϕ Neigungswinkel
- x Längsachse des Fahrzeugkörpers
- y Querachse des Fahrzeugkörpers
- z Vertikale Achse des Fahrzeugkörpers

Bild 8 — Längsgerichteter Vektor des Geschossaufpralls