

DIN EN 13848-1



ICS 93.100

Einsprüche bis 2016-10-12
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 13848-1:2008-11

Entwurf

**Bahnanwendungen –
Oberbau –
Gleislagequalität –
Teil 1: Beschreibung der Gleisgeometrie;
Deutsche und Englische Fassung prEN 13848-1:2016**

Railway applications –
Track –
Track geometry quality –
Part 1: Characterisation of track geometry;
German and English version prEN 13848-1:2016

Applications ferroviaires –
Voie –
Qualité géométrique de la voie –
Partie 1: Caractérisation de la géométrie de voie;
Version allemande et anglaise prEN 13848-1:2016

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-08-12 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 des 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 102 Seiten

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13848-1:2016) vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 087-00-01-06 UA „Abnahme von Oberbauarbeiten“ 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 der prEN 13848-1 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13848-1:2008-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) neue Anhänge: normativer Anhang C „Filteranforderungen“, informativer Anhang D „Hintergrund zur Filterung“, informativer Anhang E „Messung der Beschleunigung“ und informativer Anhang F „Gleisgeometriedaten für Simulationszwecke“;
- b) Informativer Anhang A „Messung von Beschleunigungen“ geändert zu Anhang E;
- c) der Wert für Auflösung $\leq 0,5$ mm geändert in Abschnitt 6.1.4 zu Auflösung $\leq 0,1$ mm;
- d) der Wert für Messunsicherheit Überhöhungswert ± 5 mm geändert in Abschnitt 6.3.5 zu Messunsicherheit Überhöhungswert ± 3 mm;
- e) neues Bild 8 „Richtung“;
- f) Tabelle 8 „Verwindung: Messunsicherheit“ entnommen;
- g) Informativer Anhang A, A.3 jetzt Anhang E, E.3 mit geändertem Frequenzbereich;
- h) Informativer Anhang B überarbeitet;
- i) Informativer Anhang ZA überarbeitet.

Bahnanwendungen - Oberbau — Gleislagequalität — Teil 1: Beschreibung der Gleisgeometrie

Applications ferroviaires - Voie — Qualité géométrique de la voie — Partie 1 : Caractérisation de la géométrie de voie

Railway applications - Track — Track geometry quality — Part 1: Characterisation of track geometry

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm

Dokument-Untertyp:

Dokument-Stage: CEN-Umfrage

Dokument-Sprache: D

STD Version 2.8f

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Symbole und Abkürzungen	8
5 Beschreibung des Gleiskoordinatensystems	8
6 Maßgebende Parameter der Gleisgeometrie	9
6.1 Spurweite	9
6.1.1 Allgemeines	9
6.1.2 Messverfahren	10
6.1.3 Wellenlängenbereich	10
6.1.4 Auflösung	10
6.1.5 Messunsicherheit	10
6.1.6 Messbereich	10
6.1.7 Auswerteverfahren	10
6.1.8 Ausgabeanforderungen	10
6.1.9 Ausgabedarstellung	10
6.2 Längshöhe	11
6.2.1 Allgemeines	11
6.2.2 Messverfahren	11
6.2.3 Wellenlängenbereich	11
6.2.4 Auflösung	12
6.2.5 Messunsicherheit	12
6.2.6 Messbereich	12
6.2.7 Auswerteverfahren	12
6.2.8 Ausgabeanforderungen	13
6.2.9 Ausgabedarstellung	13
6.3 Überhöhung	13
6.3.1 Allgemeines	13
6.3.2 Messverfahren	14
6.3.3 Wellenlängenbereich	14
6.3.4 Auflösung	14
6.3.5 Messunsicherheit	14
6.3.6 Messbereich	14
6.3.7 Auswerteverfahren	14
6.3.8 Ausgabeanforderungen	14
6.3.9 Ausgabedarstellung	14
6.4 Richtung	14
6.4.1 Allgemeines	14
6.4.2 Messverfahren	15
6.4.3 Wellenlängenbereich	15
6.4.4 Auflösung	15
6.4.5 Messunsicherheit	16
6.4.6 Messbereich	16
6.4.7 Auswerteverfahren	16

6.4.8	Ausgabeeanforderungen.....	16
6.4.9	Ausgabedarstellung.....	16
6.5	Verwindung	17
6.5.1	Allgemeines	17
6.5.2	Messverfahren.....	17
6.5.3	Wellenlängenbereich	17
6.5.4	Auflösung.....	17
6.5.5	Messunsicherheit	17
6.5.6	Messbereich.....	17
6.5.7	Auswerteverfahren.....	17
6.5.8	Ausgabeeanforderungen.....	18
6.5.9	Ausgabedarstellung.....	18
7	Messbedingungen.....	18
Anhang A (informativ) Entzerrungsprozess.....		19
A.1	Definition von Entzerrung	19
A.2	Entzerrungsverfahren	20
A.3	Verifizierung eines Entzerrungsprozesses	21
A.3.1	Einleitung.....	21
A.3.2	Verifizierung mit Prüfsignalen.....	21
A.3.3	Verifizierung mit aufgezeichneten Gleisgeometriedaten.....	22
Anhang B (informativ) Andere Parameter.....		23
B.1	Einführung	23
B.2	Direkt messbare Parameter.....	23
B.3	Parameter aus abgeleiteten Messungen zur Ermittlung der Betriebswerte.....	23
B.3.1	Zyklische Unregelmäßigkeiten	23
B.3.2	Neigungswinkel.....	24
B.3.3	Andere Parameter.....	24
B.3.4	Schienenmessungen.....	25
B.3.5	Unterstützende Daten.....	25
Anhang C (normativ) Filteranforderungen.....		26
C.1	Allgemeine Anforderungen	26
C.2	Toleranzbänder für Filter-Übertragungsfunktionen.....	26
C.2.1	Einleitung.....	26
C.2.2	Filter für <i>D1</i>	26
C.2.3	Filter für <i>D2</i>	29
Anhang D (informativ) Hintergrund zur Filterung.....		32
D.1	Auswahl der Toleranzbänder	32
D.2	Richtlinie für benutzerdefinierte Filter	32
D.3	Anwendung von Filtern.....	35
D.3.1	Offline-Anwendung.....	35
D.3.2	Online-Anwendung	36
D.4	Referenzfilter.....	36
D.5	Umrechnung der Ergebnisse abweichender Filter	37
D.6	Vergleich verschiedener Messsysteme.....	41
Anhang E (informativ) Messung der Beschleunigung.....		42
E.1	Einführung	42
E.2	Messverfahren.....	42
E.3	Frequenzbereich.....	42
E.4	Messbereich.....	42
E.5	Abtastfrequenz.....	42
E.6	Messbedingungen.....	43
E.7	Auswerteverfahren.....	43
E.8	Ausgabeeanforderungen.....	43

E.9	Ausgabedarstellung.....	43
Anhang F (informativ) Gleisgeometriedaten für Simulationszwecke.....		44
F.1	Einleitung	44
F.2	Inhalt der Gleisgeometriedaten für Simulationszwecke	44
F.3	Erweiterter Wellenlängenbereich.....	45
F.4	Numerische Auflösung.....	46
F.5	Vorverarbeitung für die Simulation	46
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den maßgebenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2008/57/EG.....		47
Literaturhinweise.....		49

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13848-1:2016) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 13848-1:2003+A1:2008 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-Richtlinien.

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinien siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Diese Europäische Norm legt die Mindestanforderungen an die maßgebenden Parameter der Gleisgeometrie fest, welche die Gleislagequalität beschreiben. Andere Parameter, zum Beispiel Beschleunigung und Schieneneigenschaften, spielen ebenfalls eine wichtige Rolle für eine gute Fahrqualität. Siehe Anhänge A und B, die weitere Informationen zu diesen Parametern enthalten.

Sie umfasst sechs informative Anhänge (Anhang A, Anhang B, Anhang D, Anhang E, Anhang F und Anhang ZA).

Diese Europäische Normenreihe EN 13848 „*Bahnanwendungen — Oberbau — Gleislagequalität*“ besteht aus folgenden Teilen:

- *Teil 1: Beschreibung der Gleisgeometrie*
- *Teil 2: Messsysteme — Gleismessfahrzeuge*
- *Teil 3: Messsysteme — Gleisbau- und Instandhaltungsmaschinen*
- *Teil 4: Messsysteme — Handgeführte und leichte Vorrichtungen*
- *Teil 5: Geometrische Qualitätsstufen — Gleise, Weichen und Kreuzungen*
- *Teil 6: Charakterisierung der geometrischen Gleislagequalität*

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm gibt Definitionen für die maßgebenden Parameter der Gleisgeometrie an und legt Mindestanforderungen an die Messung, die Auswerteverfahren und die Präsentation der Ergebnisse fest. Ziel ist es, die Vergleichbarkeit von Ergebnissen verschiedener Messeinrichtungen zu ermöglichen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, auf die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes normativ verwiesen wird, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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 13848-2, *Bahnanwendungen — Oberbau — Qualität der Gleisgeometrie — Teil 2: Messsysteme — Gleismessfahrzeuge*

EN 13848-3, *Bahnanwendungen — Oberbau — Qualität der Gleisgeometrie — Teil 3: Messsysteme — Gleisbau- und Instandhaltungsmaschinen*

EN 13848-4, *Bahnanwendungen — Oberbau — Qualität der Gleisgeometrie — Teil 4: Messsysteme — Handgeführte und leichte Vorrichtungen*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe und Definitionen.

ANMERKUNG Zu Definitionen siehe auch Abschnitt 4 dieser Norm.

3.1 Gleislagequalität

Grad der Abweichungen der festgelegten Parameter, welche den Fahrkomfort beeinflussen oder die Sicherheit beeinträchtigen, von den mittleren oder geplanten Werten in vertikaler und horizontaler Richtung

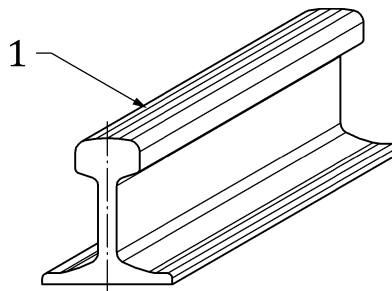
3.2 Fahrkante

Innenseite des Schienenkopfes

3.3 Schienenlauffläche

obere Fläche des Schienenkopfes

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.



Legende

1 Schienenlauffläche

Bild 1 — Schienenlauffläche

3.4

Laufoberfläche

gekrümmte Fläche, definiert durch die längsgerichtete Verschiebung einer Geraden senkrecht zur Mittellinie des Gleises und tangential zu beiden Schienenlaufflächen

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 2.

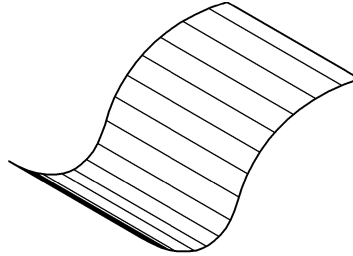


Bild 2 — Laufoberfläche

3.5

Unsicherheit

siehe Definition der erweiterten Unsicherheit mit einem Erweiterungsfaktor von 2 wie definiert in ISO 21748. Der Wert gilt für in EN 13848-2 beschriebene Gleismessfahrzeuge. Für andere Messgeräte dürfen spezifische Werte nach EN 13848-3 und EN 13848-4 gelten

Anmerkung 1 zum Begriff: Die oben definierte Unsicherheit entspricht einem Konfidenzintervall von ungefähr 95 % bei einer Normalverteilung.

3.6

Auflösung

kleinste Änderung des Wertes einer zu messenden Größe, welche zu einer erkennbaren Veränderung in der Anzeige des Messinstruments führt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Wert gilt für in EN 13848-2 beschriebene Gleismessfahrzeuge. Für andere Messgeräte dürfen spezifische Werte nach EN 13848-3 und EN 13848-4 gelten.

3.7

Wellenlängenbereich

Wegbereich, der durch den Parameter erfasst wird

3.8

Schrittweite

zurückgelegter Weg zwischen zwei aufeinander folgenden Messpunkten

3.9

Messbereich

spezieller Bereich, der durch seine Grenzen beschrieben wird

3.10

Einzelfehler

siehe EN 13848-5

4 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die in Tabelle 1 festgelegten Symbole und Abkürzungen.

Tabelle 1 — Symbole

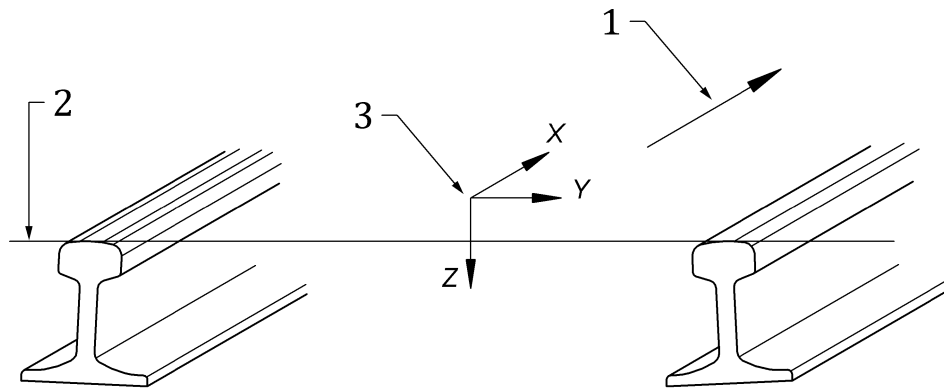
Nr.	Symbol	Bezeichnung	Einheit
1	G	Spurweite	mm
2	Z_p	Grenzbereich von der Lafoberfläche nach unten, in der die Spurweite gemessen wird. Z_p ist immer 14 mm	mm
3	Z_{ll1}	In Schienenlängsrichtung gesehene Höhenabweichung der Schienenlaufläche der linken Schiene. Wird bei der Messung der Längshöhe verwendet.	mm
4	Z_{ll2}	In Schienenlängsrichtung gesehene Höhenabweichung der Schienenlaufläche der rechten Schiene. Wird bei der Messung der Längshöhe verwendet.	mm
5	Y_{p1}	Entfernung zwischen Punkt P und einer Bezugslinie auf der linken Schiene. Wird bei der Messung der Richtung verwendet.	mm
6	Y_{p2}	Entfernung zwischen Punkt P und einer Bezugslinie auf der rechten Schiene. Wird bei der Messung der Richtung verwendet.	mm
7	P	Fahrkantenkontaktpunkt	
8	$D0, D1, D2, D3$	Wellenlängenbereiche	m
9	λ	Wellenlänge	m
10	$V1$	Abstand von der Nulllinie. Wird bei der Messung der Verwindung verwendet.	mm/m
11	$V2$	Abstand vom Mittelwert. Wird bei der Messung der Verwindung verwendet.	mm/m
12	ℓ	Basislänge der Verwindung	m
13	X, Y, Z	Achsen des Gleiskoordinatensystems	

5 Beschreibung des Gleiskoordinatensystems

Die Gleislagequalität wird mit Hilfe eines relativen, rechtwinkligen, rechtsdrehenden, im Gleis zentrierten Koordinatensystems beschrieben (siehe Bild 3):

- X-Achse: Achse, die durch die Ausdehnung des Gleises entlang der Fahrtrichtung dargestellt wird
- Y-Achse: Achse parallel zur Lafoberfläche
- Z-Achse: Achse rechtwinklig zur Lafoberfläche und nach unten gerichtet

ANMERKUNG Die oben stehende Definition bezieht sich auf das Koordinatensystem des Messfahrzeugs. Es obliegt dem Infrastrukturunternehmer eine Referenzrichtung des Gleises festzulegen.



Legende

- 1 Fahrtrichtung
- 2 Kreuzungspunkt zwischen dem betrachteten Querschnitt und der Lafoberfläche
- 3 Gleiskoordinatensystem

Bild 3 — Beziehungen zwischen den Achsen des Gleiskoordinatensystems

ANMERKUNG Die Schienenkennzeichnung (linke oder rechte Schiene) fällt nicht in den Anwendungsbereich dieser Norm, muss aber zum Zwecke des Datenaustauschs festgelegt werden.

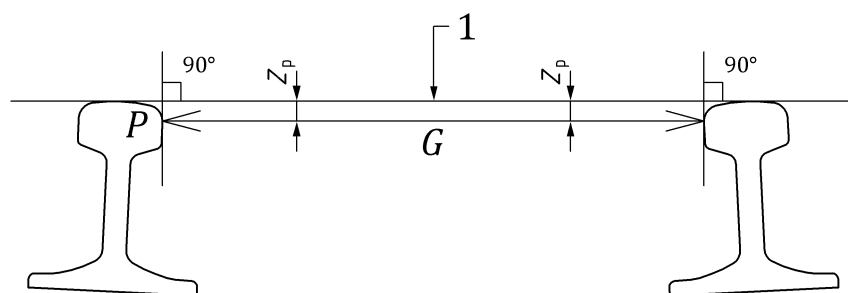
6 Maßgebende Parameter der Gleisgeometrie

6.1 Spurweite

6.1.1 Allgemeines

Spurweite, G , ist der kleinste Abstand zwischen direkten Linien zur Lafoberfläche, welche jedes Schienenkopfprofil an Punkt P in einem Abstand von 0 bis Z_p unterhalb der Lafoberfläche kreuzen. In dieser Norm ist Z_p immer 14 mm.

Im Fall neuer, unbenutzter Schienenköpfe liegt der Punkt P bei dem Grenzwert Z_p unterhalb des Schienenkopfes, siehe Bild 4.

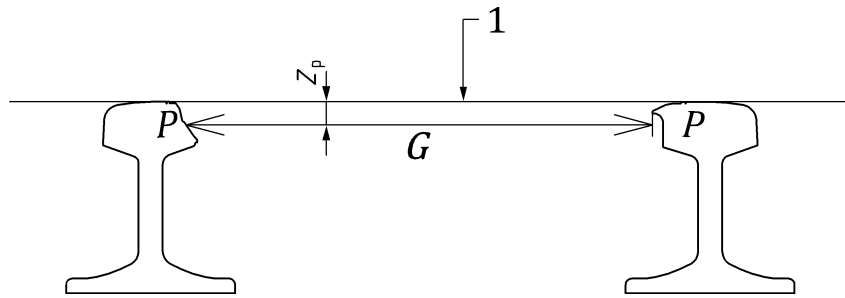


Legende

- 1 Lafoberfläche

Bild 4 — Spurweite für neue Laufschiene

Im Falle benutzter Schienenköpfe kann die Höhe von Punkt P der linken Laufschiene von der rechten Laufschiene abweichen, siehe Bild 5.



Legende

1 Lafoberfläche

Bild 5 — Spurweite für benutzte Laufschiene

6.1.2 Messverfahren

Die Spurweite kann mit Hilfe eines Kontaktsystems oder eines Nicht-Kontaktsystems gemessen werden.

6.1.3 Wellenlängenbereich

Nicht anwendbar.

6.1.4 Auflösung

Auflösung $\leq 0,1$ mm.

6.1.5 Messunsicherheit

Unsicherheit ± 1 mm.

6.1.6 Messbereich

Der Bereich muss gleich der Nennspurweite - 15 mm/+ 50 mm sein.

6.1.7 Auswerteverfahren

Einzelne Fehler werden durch den Abstand vom Nennwert zum Spitzenwert (minimaler und maximaler Spitzenwert) dargestellt.

6.1.8 Ausgabeanforderungen

Messungen von Messfahrzeugen, Gleisinstandhaltungsmaschinen oder leichten fahrbaren Messeinrichtungen müssen als fortlaufender Satz von Messergebnissen vorzugsweise in digitaler Form aufgezeichnet werden und müssen auch grafisch dargestellt werden.

Von Handmessgeräten muss jede Spurweitenmessung als einzelner Wert aufgezeichnet werden.

6.1.9 Ausgabedarstellung

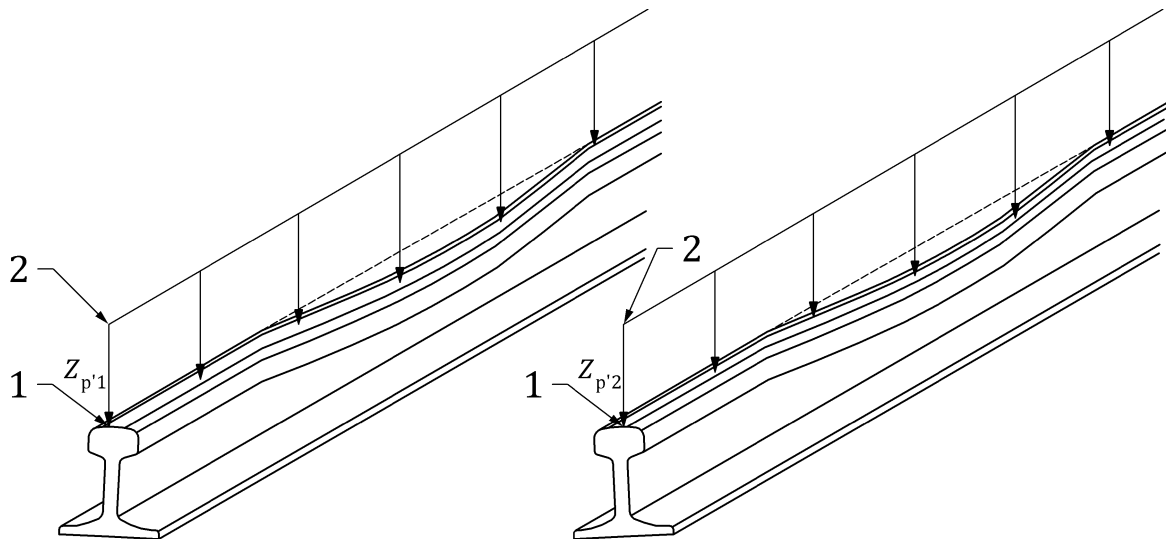
Die Spurweite muss mindestens wie folgt dargestellt werden:

- Ausweisung von einzelnen Fehlern, welche eine vorgeschriebene Schwelle überschreiten;
- die gemessene Spurweite und/oder Differenz zwischen der gemessenen Spurweite und der Nennspurweite;
- mittlere Spurweite über eine festgelegte Länge.
- Die Spurweite kann auch anhand der Schwankung der Spurweite über eine festgelegte Länge dargestellt werden.

6.2 Längshöhe

6.2.1 Allgemeines

Die Längshöhe ist die Abweichung zll der Höhen der Schienenlauflächen jeder Schiene von der geglätteten vertikalen Position (Bezugslinie) in z-Richtung und wird in Wellenlängenbereichen ausgedrückt. Die Glättung wird über eine Länge angewendet, die den Wellenlängenbereich von Interesse abdeckt (mindestens das Zweifache des oberen Grenzwerts des Wellenlängenbereichs von Interesse). Die Bezugslinie und die Längshöhe werden aus aufeinander folgenden Messungen berechnet (siehe Bild 6).



Legende

- 1 Schienenlaufläche
- 2 Bezugslinie

Bild 6 — Längshöhe

6.2.2 Messverfahren

Längshöhenmessungen müssen entweder mit einem Inertialsystem oder einem Sehnensystem (welches vorzugsweise asymmetrisch sein sollte) oder mit einer Kombination von beiden Verfahren ausgeführt werden. Wenn das Sehnensystem verwendet wird, ist eine Entzerrung des gemessenen Signals notwendig, um den Einfluss der Übertragungsfunktion des Sehnensystems zu beseitigen (siehe Anhang A). Der gemessene Wert des Sehnensystems muss in Übereinstimmung mit EN 13484-2 auch angezeigt werden.

ANMERKUNG Im Fall einer begrenzten Analyselänge kann die Längshöhe auch anhand geodätischer Messungen ausgewertet werden.

6.2.3 Wellenlängenbereich

Drei Bereiche, ausgedrückt in Wellenlängen (λ), sind zu betrachten:

- D1: $3 \text{ m} < \lambda \leq 25 \text{ m}$
- D2: $25 \text{ m} < \lambda \leq 70 \text{ m}$
- D3: $70 \text{ m} < \lambda \leq 150 \text{ m}$, verwendet für die Messung langwelliger Fehler. Im Allgemeinen sollte dieser Bereich nur bei Streckengeschwindigkeiten größer als 250 km/h betrachtet werden

ANMERKUNG Wellenlängen über 70 m können auch anhand des Parameters der vertikalen Krümmung (siehe Anhang B) betrachtet werden.

Zur Erkennung kurzweiliger Fehler, die hohe dynamische Kräfte erzeugen können, kann ein optionaler Wellenlängenbereich betrachtet werden:

$$D0: 1\text{m} < \lambda \leq 5\text{m} \quad (1)$$

Bei der Messung des Bereichs *D0* sollte die Schrittweite auf 0,1 m reduziert werden. Aufgrund mangelnder Erfahrung in diesem Bereich werden gegenwärtig keine zusätzlichen Anforderungen angegeben.

Die zur Berechnung von *D0*, *D1*, *D2* und *D3* verwendeten Filter müssen den Anforderungen von Anhang C entsprechen.

6.2.4 Auflösung

Die Anforderungen sind in Tabelle 2 festgelegt.

Tabelle 2 — Längshöhe: Auflösung

	Abmessungen in Millimeter		
Wellenlängenbereich	<i>D1</i>	<i>D2</i>	<i>D3</i>
Auflösung	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,1

6.2.5 Messunsicherheit

Die Anforderungen sind in Tabelle 3 festgelegt.

Tabelle 3 — Längshöhe: Messunsicherheit

	Abmessungen in Millimeter		
Wellenlängenbereich	<i>D1</i>	<i>D2</i>	<i>D3</i>
Messunsicherheit	± 1	± 3	± 5

6.2.6 Messbereich

Die Anforderungen sind in Tabelle 4 festgelegt.

Tabelle 4 — Längshöhe: Messbereich

	Abmessungen in Millimeter		
Wellenlängenbereich	<i>D1</i>	<i>D2</i>	<i>D3</i>
Messbereich	± 50	± 100	± 200

ANMERKUNG Die für *D2* und *D3* festgelegten Amplitudenbereiche werden auf Hochgeschwindigkeitsstrecken nicht zutreffend sein. Um jedoch in allen Wellenlängenbereichen genaue Messungen zu erzielen, sollten die genannten Amplitudenbereiche gemessen werden.

6.2.7 Auswerteverfahren

Einzelne Fehler werden durch den Abstand von Null zum Spitzenwert dargestellt.

6.2.8 Ausgabeanforderungen

Messungen von Messfahrzeugen, Gleisstandhaltungsmaschinen oder leichten fahrbaren Messeinrichtungen müssen als fortlaufender Satz von Messergebnissen vorzugsweise in digitaler Form aufgezeichnet werden und müssen auch grafisch dargestellt werden.

Von Handmessgeräten muss jede Längshöhenmessung als einzelner Wert aufgezeichnet werden.

6.2.9 Ausgabedarstellung

Die Längshöhe muss mindestens wie folgt ausgegeben werden:

- Einzelfehler, welche eine vorgeschriebene Schwelle überschreiten;
- im Wellenlängenbereich *D1* eine Standardabweichung über eine festgelegte Länge, typisch 200 m.

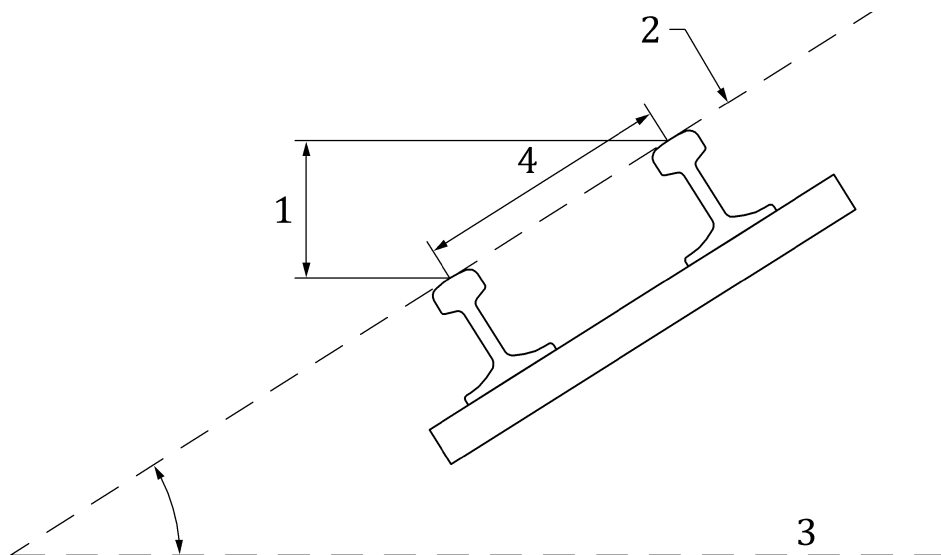
Andere Wellenlängenbereiche, besonders *D2* und *D3*, dürfen auch zur Ausgabedarstellung gewählt werden.

6.3 Überhöhung

6.3.1 Allgemeines

Der Höhenunterschied der gegenüberliegenden Schienenlauflächen, berechnet aus dem Winkel zwischen der Lafoberfläche und einer horizontalen Bezugsebene. Sie wird ausgedrückt als die Höhe des senkrechten Schenkels eines rechtwinkligen Dreiecks mit einer Hypotenuse, deren Länge der Nennspurweite plus der Breite des Schienenkopfes, gerundet auf ganze 10 mm, entspricht (siehe Bild 7).

ANMERKUNG Bei einer Nennspurweite von 1435 mm beträgt die Hypotenuse 1500 mm.
Bei einer Nennspurweite von 1524 mm beträgt die Hypotenuse 1600 mm.
Bei einer Nennspurweite von 1668 mm beträgt die Hypotenuse 1740 mm.



Legende

- 1 Überhöhung
- 2 Lafoberfläche
- 3 waagerechte Bezugsebene
- 4 Hypotenuse

Bild 7 — Überhöhung

6.3.2 Messverfahren

Die Überhöhung wird entweder durch die Messung des Winkels zwischen der Lauroberfläche und der waagerechten Bezugsebene oder durch die Messung der Höhendifferenz der beiden Schienenlaufflächen bestimmt.

6.3.3 Wellenlängenbereich

Nicht anwendbar.

6.3.4 Auflösung

Auflösung $\leq 0,1$ mm.

6.3.5 Messunsicherheit

- Überhöhungswert: ± 3 mm;
- relativer Wert (Differenz aufeinander folgender Überhöhungswerte) für die Berechnung der Verwindung: ± 1 mm.

6.3.6 Messbereich

Der Messbereich muss ± 225 mm betragen.

6.3.7 Auswerteverfahren

Einzelne Fehler werden durch den Abstand vom tiefpassgefilterten Wert zum Spitzenwert dargestellt.

ANMERKUNG Für gewöhnlich wird ein gleitender Mittelwert über 40 m als Tiefpassfilter verwendet.

Zusätzlich dürfen die gemessenen Werte (als Abstand von Null zum Spitzenwert definiert) mit den Trassierungswerten verglichen werden.

6.3.8 Ausgabeanforderungen

Messungen von Messfahrzeugen, Gleisinstandhaltungsmaschinen oder leichten fahrbaren Messeinrichtungen müssen als fortlaufender Satz von Messergebnissen vorzugsweise in digitaler Form aufgezeichnet werden und müssen auch grafisch dargestellt werden.

Von Handmessgeräten muss jede Überhöhungsmessung als einzelner Wert aufgezeichnet werden.

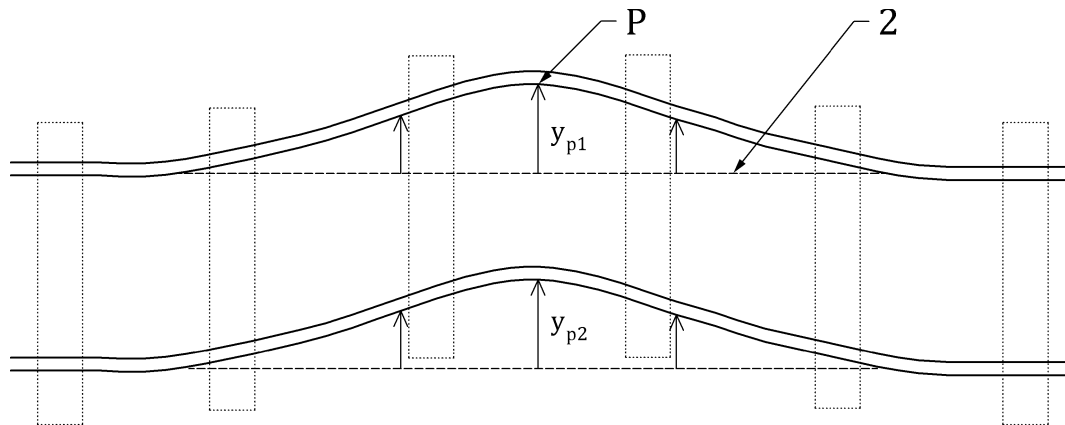
6.3.9 Ausgabedarstellung

Die Überhöhung muss mindestens als absoluter Wert ausgegeben werden.

6.4 Richtung

6.4.1 Allgemeines

Die Richtung ist die Abweichung y_p der Position von Punkt P (siehe 6.1.1) auf jeder Schiene von der geglätteten horizontalen Position (Bezugslinie) in y-Richtung und wird in Wellenlängenbereichen ausgedrückt. Die Glättung wird über eine Länge angewendet, die den Wellenlängenbereich von Interesse abdeckt (mindestens das Zweifache des oberen Grenzwerts des Wellenlängenbereichs von Interesse). Die Bezugslinie und die Richtung werden aus aufeinander folgenden Messungen berechnet (siehe Bild 8).



Legende

- P Punkt P nach 6.1.1
- 2 Bezugslinie

Bild 8 — Richtung

6.4.2 Messverfahren

Richtungsmessungen müssen entweder mit einem Inertialsystem oder einem Sehnensystem (welches vorzugsweise asymmetrisch sein sollte) oder einer Kombination beider Verfahren ausgeführt werden.

Wenn das Sehnensystem verwendet wird, ist eine Entzerrung des gemessenen Signals notwendig, um den Einfluss der Übertragungsfunktion des Sehnensystems zu beseitigen. Der gemessene Wert des Sehnensystems muss in Übereinstimmung mit EN 13484-2 auch angezeigt werden.

6.4.3 Wellenlängenbereich

Drei Bereiche, ausgedrückt in Wellenlängen (λ), sind zu betrachten:

- D1: $3 \text{ m} < \lambda \leq 25 \text{ m}$
- D2: $25 \text{ m} < \lambda \leq 70 \text{ m}$
- D3: $70 \text{ m} < \lambda \leq 200 \text{ m}$, verwendet für die Messung langwelliger Fehler. Im Allgemeinen sollte dieser Bereich nur bei Streckengeschwindigkeiten größer als 250 km/h betrachtet werden

Zur Erkennung kurzwelliger Fehler, die hohe dynamische Kräfte erzeugen können, kann ein optionaler Wellenlängenbereich betrachtet werden:

- D0: $1 \text{ m} < \lambda \leq 5 \text{ m}$

Bei der Messung des Bereichs D0 sollte die Schrittweite auf 0,1 m reduziert werden. Aufgrund mangelnder Erfahrung in diesem Bereich werden gegenwärtig keine zusätzlichen Anforderungen angegeben.

Die zur Berechnung von D0, D1, D2 und D3 verwendeten Filter müssen den Anforderungen von Anhang C entsprechen.

ANMERKUNG Wellenlängen über 70 m können auch anhand des Parameters der horizontalen Krümmung (siehe Anhang B) betrachtet werden.

6.4.4 Auflösung

Die Anforderungen sind in Tabelle 5 festgelegt.

Tabelle 5 — Richtung: Auflösung

	Abmessungen in Millimeter		
Wellenlängenbereich	<i>D1</i>	<i>D2</i>	<i>D3</i>
Auflösung	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,1

6.4.5 Messunsicherheit

Die Anforderungen sind in Tabelle 6 festgelegt.

Tabelle 6 — Richtung: Messunsicherheit

	Abmessungen in Millimeter		
Wellenlängenbereich	<i>D1</i>	<i>D2</i>	<i>D3</i>
Messunsicherheit	± 1,5	± 4	± 10

6.4.6 Messbereich

Die Anforderungen sind in Tabelle 7 festgelegt.

Tabelle 7 — Richtung: Messbereich

	Abmessungen in Millimeter		
Wellenlängenbereich	<i>D1</i>	<i>D2</i>	<i>D3</i>
Messbereich	± 50	± 100	± 300
ANMERKUNG Die für <i>D2</i> und <i>D3</i> festgelegten Amplitudenbereiche werden auf Hochgeschwindigkeitsstrecken nicht zutreffend sein. Um jedoch in allen Wellenlängenbereichen genaue Messungen zu erzielen, sollten die genannten Amplitudenbereiche gemessen werden.			

6.4.7 Auswerteverfahren

Einzelne Fehler werden durch den Abstand von Null zum Spitzenwert dargestellt.

6.4.8 Ausgabeanforderungen

Messungen von Messfahrzeugen, Gleisinstandhaltungsmaschinen oder leichten fahrbaren Messeinrichtungen müssen als fortlaufender Satz von Messergebnissen vorzugsweise in digitaler Form aufgezeichnet werden und müssen auch grafisch dargestellt werden.

Von Handmessgeräten muss jede Längshöhenmessung als einzelner Wert aufgezeichnet werden.

6.4.9 Ausgabedarstellung

Die Längshöhe muss mindestens wie folgt ausgegeben werden:

- Einzelfehler, welche eine vorgeschriebene Schwelle überschreiten;
- im Wellenlängenbereich *D1* eine Standardabweichung über eine festgelegte Länge, typisch 200 m.

ANMERKUNG Andere Wellenlängenbereiche, besonders *D2* und *D3*, dürfen auch zur Ausgabedarstellung gewählt werden.

6.5 Verwindung

6.5.1 Allgemeines

Die algebraische Differenz zwischen zwei Überhöhungen geteilt durch eine festgelegte Länge (Basislänge ℓ), üblicherweise ausgedrückt in mm/m.

6.5.2 Messverfahren

Die Verwindung wird entweder aus aufeinander folgenden Überhöhungsmessungen berechnet oder gleichzeitig über eine feste Entfernung, die z. B. einem Radsatzabstand entspricht, gemessen.

6.5.3 Wellenlängenbereich

Nicht anwendbar.

6.5.4 Auflösung

Auflösung $\leq 0,1$ mm. Wird die Verwindung als Verhältnis ausgedrückt, muss dieser Wert durch die Basislänge ℓ geteilt werden.

6.5.5 Messunsicherheit

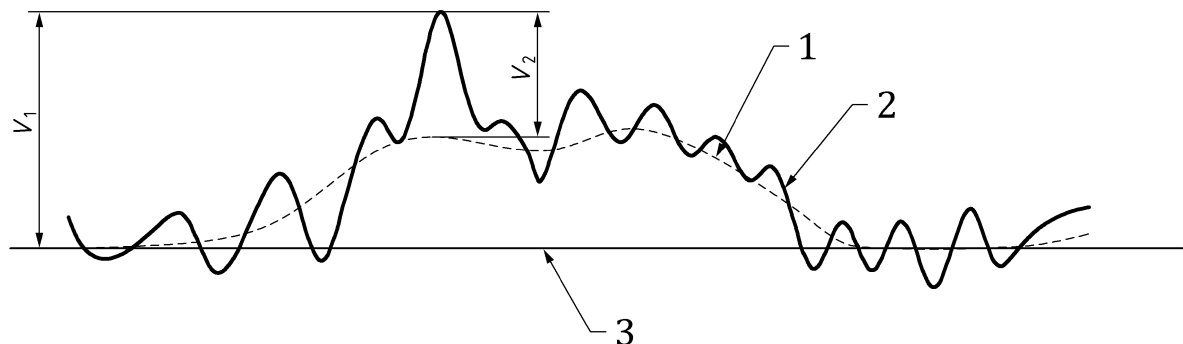
Die Messunsicherheit für die Verwindung ist $\pm 1,5$ mm. Wird die Verwindung als Verhältnis ausgedrückt, muss dieser Wert durch die Basislänge ℓ geteilt werden.

6.5.6 Messbereich

Der Messbereich muss ± 15 mm/m (‰) betragen.

6.5.7 Auswerteverfahren

Einzelne Fehler werden durch den Abstand der Nulllinie zum Spitzenwert (V_1) dargestellt. Für nicht sicherheitsbezogene Zwecke kann der Mittelwert zum Spitzenwert (V_2) verwendet werden (siehe Bild 9).



Legende

- 1 tiefpassgefilterter Wert (Mittelwert)
- 2 Verwindung
- 3 Nulllinie

Bild 9 — Verwindung – Auswerteverfahren

6.5.8 Ausgabeanforderungen

Messungen von Messfahrzeugen, Gleisinstandhaltungsmaschinen oder leichten fahrbaren Messeinrichtungen müssen als fortlaufender Satz von Messergebnissen vorzugsweise in digitaler Form aufgezeichnet werden und müssen auch grafisch dargestellt werden.

Von Handmessgeräten muss jede Verwindungsmessung als einzelner Wert aufgezeichnet werden.

6.5.9 Ausgabedarstellung

Es muss mindestens eine Liste von Einzelfehlern bereitgestellt werden, die eine vorgegebene Schwelle überschreiten.

7 Messbedingungen

Um die Einflüsse eines Regelfahrzeugs zu reproduzieren, sollten alle geometrischen Parameter vorzugsweise im belasteten Gleis gemessen werden. Dabei muss die am Messpunkt wirkende Belastung einer vertikalen Radsatzlast von mindestens 25 kN entsprechen, wenn eine mittlere Gleissteifigkeit von 90 kN/mm per Schiene (Radlast geteilt durch Schieneneinsenkungen) und das Schienenprofil 60E1 betrachtet werden.

Es kann Abweichungen in allen Parameterwerten der Gleisgeometrie geben, abhängig davon, ob sie in einem beladenen oder unbeladenen Zustand oder unter statischen oder dynamischen Bedingungen gemessen werden. Diese Abweichungen sollten beim Vergleich von Messungen, die unter unterschiedlichen Bedingungen durchgeführt wurden, berücksichtigt werden.

Die Ergebnisse der Messungen müssen bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten und Fahrtrichtungen innerhalb der festgelegten Messunsicherheit liegen. Wenn das nicht der Fall ist, muss der Gültigkeitsbereich und/oder die Fahrtrichtung festgelegt werden.

Alle Parameter müssen innerhalb des Bereiches der festgelegten Abtastschrittweite auf denselben Ort bezogen werden.

Alle maßgebenden Parameter müssen mit derselben Abtastschrittweite gemessen werden. Bei Gleismessfahrzeugen für die Gleisgeometrie sollte die Abtastschrittweite 0,25 m nicht überschreiten. Die Abtastschrittweite wird nach dem Messgerät in EN 13848-2, EN 13848-3 und EN 13848-4 festgelegt.

Die Unsicherheit der Ortszuordnung aller Einzelmessungen muss innerhalb ± 10 m liegen.

Die Unsicherheit der Abtastschrittweite muss innerhalb von 1 ‰ liegen.

Anhang A (informativ)

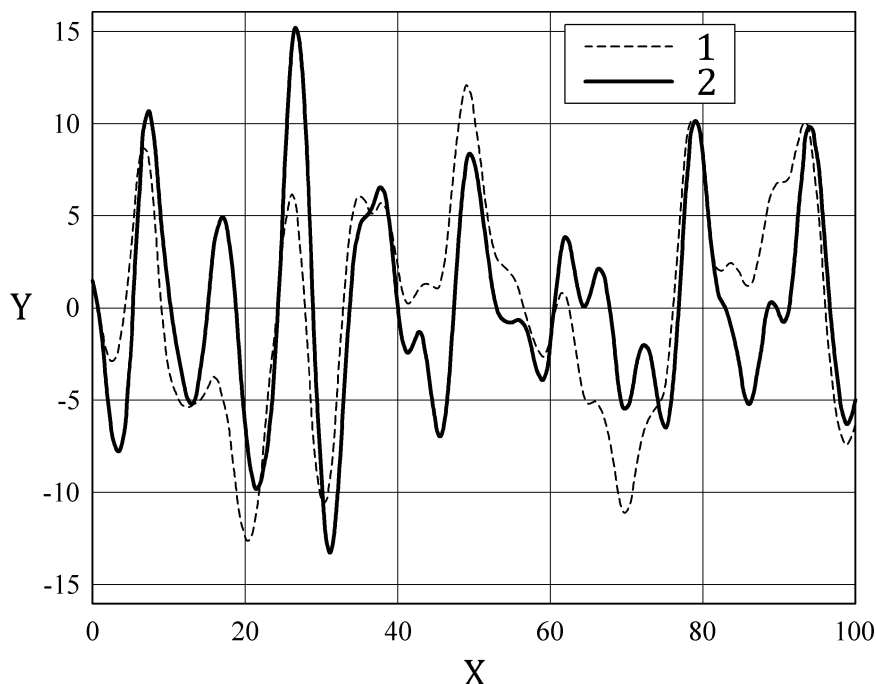
Entzerrungsprozess

A.1 Definition von Entzerrung

Wird die Gleisgeometrie mit einem Sehnemesssystem aufgezeichnet, werden die gemessenen Signale (Pfeilhöhe) von Längshöhe und Richtung bei Betrag und Phase verzerrt. Der Prozess zum Ausgleichen dieser Signalverzerrung wird als „Entzerrung“ bezeichnet, d. h. die Verfälschung durch die Sehnemessung wird beseitigt.

Die Entzerrung einer Sehnemessung ist erforderlich, wenn die Gleisgeometrie nach der Normenreihe EN 13848 bewertet oder für Simulationszwecke verwendet wird.

Die Verzerrung hängt von der Sehnenlänge und der Sehneneinteilung ab. Im Fall einer asymmetrischen Sehneneinteilung richtet sie sich auch nach der Fahrtrichtung des Messfahrzeugs. Als Beispiel für eine Verzerrung zeigt Bild A.1 einen Vergleich zwischen der Sehnemessung und dem entsprechenden entzerrten Signal entlang eines kurzen Gleisabschnitts.

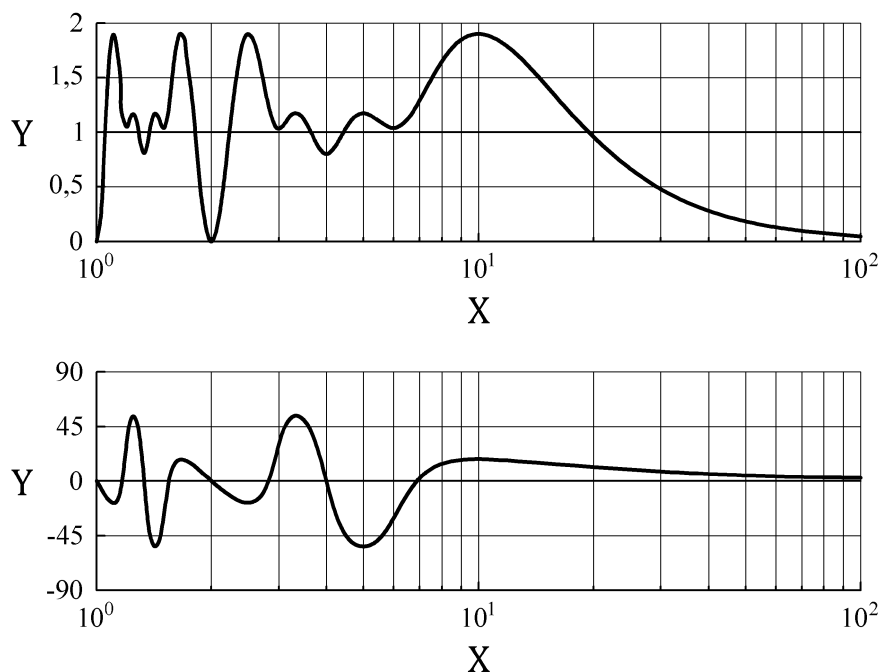


Legende

- 1 entzerrtes Signal
- 2 Sehnemessung
- X Länge [m]
- Y Abstand [mm]

Bild A.1 — Beispiel der Verzerrung durch die Sehnemessung

Die Verzerrung kann mithilfe der Übertragungsfunktion beschrieben werden. Der Betrag der Übertragungsfunktion stellt den Verstärkungsfaktor als eine Funktion der Wellenlänge dar. Der Betrag liegt zwischen 0 und 2. Als Beispiel zeigt Bild A.2 die Übertragungsfunktion eines Sehnennesssystems von 10 m mit einer Sehneneinteilung von 4 m und 6 m. Ein Betrag von 0 bei einer Wellenlänge von 2 m bedeutet, dass diese Wellenlänge überhaupt nicht aufgezeichnet wird und nicht wiederhergestellt werden kann. Lange Wellen werden zudem stark abgeschwächt; die maximale Wellenlänge, die in diesem Fall einigermaßen wiederhergestellt werden kann, liegt bei ungefähr 30 m bis 50 m. Im Allgemeinen bedeutet ein Betrag der Übertragungsfunktion mit kleinen Werten ein unvorteilhaftes Signal-Rausch-Verhältnis, bei dem eine Entzerrung wahrscheinlich fehlschlägt.



Legende

X Wellenlänge [m]
Y Betrag [-] und Phase [°]

Bild A.2 — Beispiel der Übertragungsfunktion einer Sehnennessung (Sehneneinteilung: 4 m/6 m)

A.2 Entzerrungsverfahren

Für die Entzerrung steht eine Reihe von Verfahren zur Verfügung. Eine Auswahl an Literaturverweisen ist unten aufgeführt.

- Final report on track geometry. Deliverable D2.6 of DynoTRAIN WP 2 Track Geometry Quality, July 2013 (genauer Verweis)
- Wolter, Klaus Ulrich: Europäisches Patent: Rekonstruktion von Originalsignalen aus Relativmessungen, EP 1543439 A1, DB Netz AG, Juni 2005
- Akinin, Patrice; Chollet, Hugues: A new approach for the modelling of track geometry recording vehicles and the deconvolution of versine measurements. Vehicle System Dynamics Supplement 33 (1999), S. 59-70
- Mauer, Lutz: Determination of Track Irregularities and Stiffness Parameters with Inverse Transfer Functions of Track Recording Vehicles. Vehicle System Dynamics Supplement 24 (1995), S. 117-132

A.3 Verifizierung eines Entzerrungsprozesses

A.3.1 Einleitung

Die Verifizierung eines Entzerrungsprozesses kann auf zwei verschiedene Weisen erfolgen:

- unter Verwendung von Prüfsignalen;
- durch Verifizierungen von aufgezeichneten Gleisgeometriedaten.

Die bei diesen Verfahren verwendeten Signale sollten den gesamten Wellenlängenbereich von Interesse abdecken.

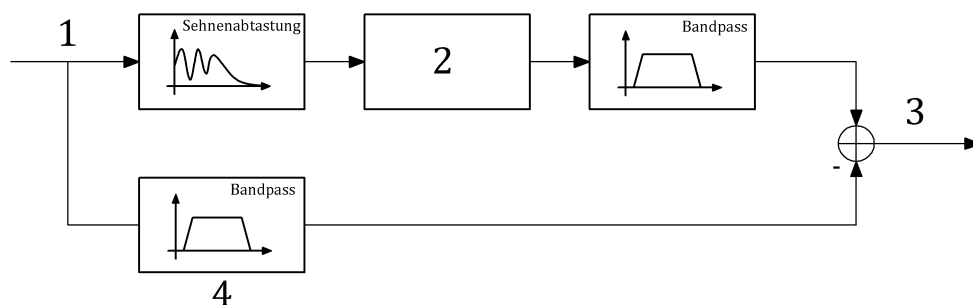
A.3.2 Verifizierung mit Prüfsignalen

Die Offline-Verifizierung, wie in Bild A.3 dargestellt, ist dann möglich, wenn ein Prüfsignal mit unverzerrter Gleisgeometrie verfügbar ist.

Das Prüfsignal kann entweder ein simuliertes Signal oder ein echter Messwert aus einem Messsystem (inertial oder geodätisch) sein.

Die Verifizierung der Entzerrung bei $D1$ und $D2$ kann z. B. anhand der folgenden Schritte erfolgen:

- 1) Filterung des Prüfsignals in $D1$ und $D2$ mit einem Filter nach der Definition in Anhang C;
- 2) Berechnung der Pfeilhöhe des Prüfsignals unter Berücksichtigung der verwendeten Sehnenlänge und -einteilung;
- 3) Anwendung der Entzerrung und Filterung in $D1$ und $D2$ auf die Pfeilhöhe;
- 4) Vergleich der an Punkt 1 und Punkt 3 erhaltenen Signale.



Legende

- 1 Prüfsignal
- 2 Entzerrung
- 3 Entzerrungsfehler
- 4 Nullphase

Bild A.3 — Verifizierung der Entzerrung mit einem Prüfsignal

Der Signalvergleich an Punkt 4 kann im Raumbereich und im Frequenzbereich durch Berechnung der Übertragungsfunktion und Kohärenzfunktion zwischen den Ausgangssignalen der Punkte 1 und 3 erfolgen.

Für andere Wellenlängenbereiche kann ein ähnliches Verfahren angewendet werden.

A.3.3 Verifizierung mit aufgezeichneten Gleisgeometriedaten

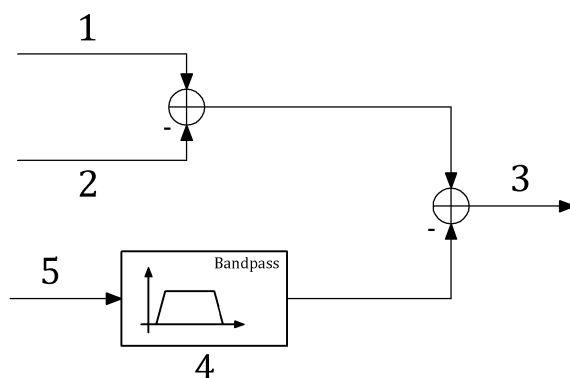
Die Verifizierung anhand aufgezeichneter Daten ist nützlich, wenn der Entzerrungsalgorithmus unbekannt oder kein Prüfsignal verfügbar ist. In diesem Fall wird der Quervergleich zwischen Spurweite und der Differenz von entzerrter und gefilterter Richtung oder zwischen Überhöhung und der Differenz von entzerrter und gefilterter Längshöhe empfohlen.

Zur Verifizierung des Ausgleichs der Amplitude und Phase der Übertragungsfunktion muss der Quervergleich im Raumbereich angewendet werden.

Dabei ist der Quervergleich zwischen Spurweite und der Differenz zwischen der Richtung der linken und rechten Schiene vorzuziehen. Grund dafür ist die höhere Genauigkeit der Spurweitenmessung hinsichtlich der Überhöhung.

Die Verifizierung erfolgt anhand der folgenden Schritte:

- 1) Filterung der Spurweite mit einem Filter nach Anhang C;
- 2) Vergleich zwischen der gefilterten Spurweite und der Differenz zwischen der Richtung von linker und rechter Schiene im gleichen Wellenlängenbereich. Bild A.4 unten zeigt ein Beispiel für D1.



Legende

- 1 linke Richtung D1
- 2 rechte Richtung D1
- 3 Quervergleich
- 4 Nullphase
- 5 Spurweite

Bild A.4 — Verifizierung der Entzerrung mit aufgezeichneten Daten

Der Signalvergleich an Punkt 2 kann im Raumbereich und im Frequenzbereich durch Berechnung der Übertragungsfunktion und Kohärenzfunktion zwischen den Ausgabesignalen der Punkt 1 und 2 erfolgen.

Anhang B (informativ)

Andere Parameter

B.1 Einführung

Die wichtigsten Parameter der Gleisgeometrie sind im entsprechenden Teil dieser Norm beschrieben. Jedoch tragen andere Parameter zum Verständnis der Rad-Schiene-Wechselwirkung und des Fahrkomforts bei. Diese anderen Parameter dürfen durch direkte Messung erfasst oder aus anderen Messungen abgeleitet werden. Weitere Daten können erforderlich sein, um die Berechnung der abgeleiteten Messungen zu erleichtern. Die nachfolgende Aufstellung enthält eine repräsentative Liste anderer Parameter:

B.2 Direkt messbare Parameter

Die folgenden Parameter können direkt gemessen werden:

- horizontale Krümmung (1/m);
- vertikale Krümmung (1/m);
- Längsneigung (mm/m);
- Beschleunigung (m/s^2) (siehe Anhang E)

B.3 Parameter aus abgeleiteten Messungen zur Ermittlung der Betriebswerte

B.3.1 Zyklische Unregelmäßigkeiten

Zyklische Unregelmäßigkeiten sind eine Entgleisungsgefahr, die eine harmonische Reaktion von bestimmten Schienenfahrzeugtypen umfasst. Diese Fahrzeuge werden mit einem für dieses Phänomen anfälligen Federungssystem gebaut.

Ein zyklischer Einzelfehler tritt ein, wenn ein gemessener Parameter (z. B. die Längshöhe bei *D1*) einen Wert hat, der sich mit einer festen Frequenz entlang der Strecke wiederholt, die eine harmonische Reaktion der Fahrzeugfederung auslöst. Wenn die Eingabezyklen anhalten, baut sich in der Federung so lange Energie auf, bis die Radsätze des Fahrzeugs sich entladen und es zur Entgleisung kommt.

Die Spitze-Spitze-Werte der Eingabe, die die harmonische Reaktion auslösen, können alle unter der Eingriffsschwelle ES (EN 13848-5) liegen. Es ist die Kombination aus fester Wellenlänge und dem Wiederholungscharakter dieser Werte, die zur Auslösung der harmonischen Reaktion führt.

Die Erkennung erfolgt üblicherweise durch einen mit dem gemessenen Parameter verbundenen Algorithmus und kann verschiedene Wellenlängen umfassen, um zu bekanntermaßen anfälligen Fahrzeugtypen zu passen.

Es gibt unterschiedliche Arten zyklischer Unregelmäßigkeiten, von denen einige unten aufgeführt sind:

- Zyklische Längshöhe (oder Zyklische Spitze)
- Zyklische Querneigung (oder Zyklische Verwindung)

Eine Minderung der Entgleisungsgefahr bei diesem Phänomen erfolgt für gewöhnlich durch eine Kombination aus Geschwindigkeitsbeschränkung zur Beseitigung der harmonischen Reaktion und manuellem/mechanischem Eingreifen.

Alle Warn- (AS), Eingriffs- (ES) und Soforteingriffsschwellen (SES) werden aus Versuchen/Erfahrung hergeleitet.

Zyklische Unregelmäßigkeiten sind beeinflussbarer, wenn sie mit anderen Einzelfehlern wie Verwindung oder Richtung kombiniert werden.

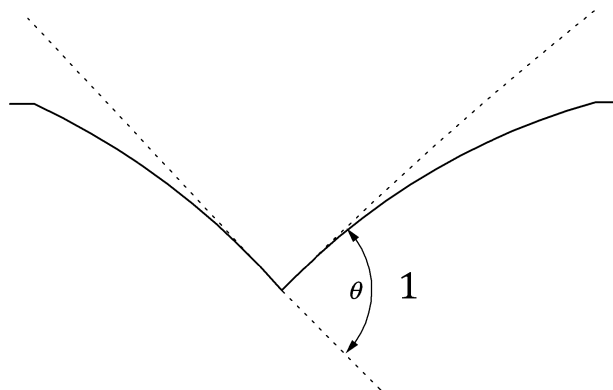
B.3.2 Neigungswinkel

Ein „Neigungswinkel“ nach Bild B.1 liefert ein Vorzeichen für einen potenziellen Schienenendbruch. Die Erkennung von Neigungswinkeln ermöglicht daher einen frühzeitigen Eingriff gegen eine solche Entgleisungsgefahr, insbesondere bei zusammengefügt Gleisen.

Neigungswinkel werden über eine sehr kurze Wellenlänge ($D0$) gemessen und aus einem Algorithmus hergeleitet, der die Ableitung der Längshöhe zur Bestimmung der lokalisierten Längsneigung und somit den in Milliradian gemessenen „Neigungswinkel“ θ berechnet. Je höher der Neigungswinkel, desto höher ist die auf das Schienenende wirkende Stoßkraft des Fahrverkehrs.

Die Werte der AS, ES und SES werden dann mit entsprechenden Eingriffszeitskalen und potenziellen Geschwindigkeitsbeschränkungen festgelegt.

Schienenenden sind nicht starr und daher kann sich der Wert des gemessenen Neigungswinkels in Abhängigkeit von Geschwindigkeit, Last und Fahrtrichtung des Messfahrzeugs ändern.



Legende

1 Neigungswinkel

Bild B.1 — Neigungswinkel

B.3.3 Andere Parameter

Die folgenden Gleistrassierungsparameter sind in EN 13803 festgelegt. Abweichungen von den Trassierungswerten dürfen durch Gleismessungen beurteilt werden:

- Änderungsrate der Längsneigung;
- Überhöhungsfehlbetrag;
- Änderungsrate des Überhöhungsfehlbetrags;
- Schwankung des Überhöhungsfehlbetrages;
- Geschwindigkeit der Überhöhungsänderung;
- Gradient der Überhöhung;
- Schwankung der Überhöhung;

Darüber hinaus darf die Beurteilung des Fahrkomforts und der Fahrdynamik nach EN 14363 oder EN 12299 zur Bewertung der Gleisgeometrie verwendet werden.

B.3.4 Schienenmessungen

Dem Einfluss des Schienenkopfquerprofils auf den Fahrkomfort wird zunehmend Beachtung geschenkt, indem Messfahrzeuge mit Einrichtungen zur Erfassung des Schienenkopfquerprofils ausgestattet werden. Die folgenden Parameter können mit dieser Ausrüstung gemessen werden:

- senkrechter Schienenkopfverschleiß (mm);
- seitlicher Schienenkopfverschleiß (mm);
- Schienenkopfquerprofil;
- Fahrkantenprofil;
- Schienenneigung;
- Fahrflächenunebenheiten der Schienen;
- äquivalente Konizität.

B.3.5 Unterstützende Daten

- Streckengeschwindigkeit;
- Entfernungsmessung;
- Gleisanlagen (Weichen, Tunnel, Brücken, usw.)

Anhang C (normativ)

Filteranforderungen

C.1 Allgemeine Anforderungen

Um eine korrekte Anwendung der im Teil EN 13848-5 angegebenen Qualitätsstufen der Gleisgeometrie sicherzustellen und die Daten verschiedener Messsysteme (von verschiedenen Herstellern) zu vergleichen, ist eine Normung der Filter für die unterschiedlichen Wellenlängenbereiche der Längshöhe und Richtung notwendig.

Die Filter müssen eine lineare Phase und eine Dämpfung von -3 dB bei der Grenzfrequenz haben. Toleranzbänder für die Übertragungsfunktionen (Betragsgänge) in den Wellenlängenbereichen $D1$ und $D2$ sind in C.2 unten angegeben. Aufgrund mangelnder Erfahrung werden keine Toleranzbänder und Anforderungen für die Neigung für $D3$ und $D0$ genannt. Es wird empfohlen, dass die Übertragungsfunktionen innerhalb dieser Toleranzbänder bleiben. Um eine Datenhistorie zu erhalten, könnte es gegebenenfalls jedoch erforderlich sein, eine Übertragungsfunktion zu wählen, die teilweise außerhalb des Toleranzbands liegt. Liegt die Übertragungsfunktion unterhalb des in den unten stehenden Tabellen angegebenen unteren Grenzwerts, müssen die Grenzwerte von Teil 5 dementsprechend angepasst werden (siehe auch D.4). Liegt die Übertragungsfunktion über dem oberen Grenzwert, werden die Ausgabewerte erhöht. Da so eine gewisse Sicherheit gegeben ist, sind keine weiteren Maßnahmen für die Sicherheitsbeurteilung erforderlich.

Diagramme der Filter-Übertragungsfunktionen (einschließlich der Toleranzbandgrenzen im Fall von $D1$ und $D2$) müssen zusammen mit den Ausgabedaten der Messung angegeben werden.

C.2 Toleranzbänder für Filter-Übertragungsfunktionen

C.2.1 Einleitung

Die Tabellen in den folgenden Abschnitten enthalten jeweils die Toleranzbänder für die Übertragungsfunktionen in $D1$ und $D2$.

C.2.2 Filter für $D1$

$D1$ hat die folgenden Grenzfrequenzen:

— $f_{\text{low}} = 0,04 \text{ m}^{-1}$ (Wellenlänge 25 m)

— $f_{\text{high}} = 0,3333 \text{ m}^{-1}$ (Wellenlänge 3 m)

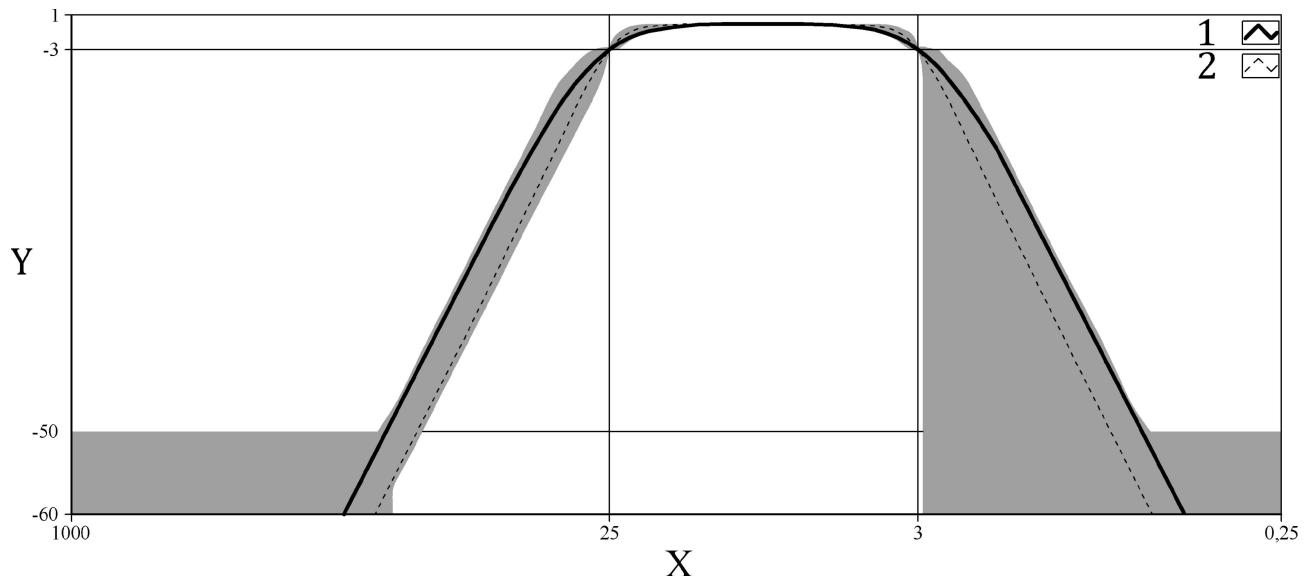
Tabelle C.1 legt die Grenzen für die Übertragungsfunktion fest:

Tabelle C.1 — Grenzen für die Übertragungsfunktion in D1

λ [m]	f [1/m]	Unterer Grenzwert (dB)	Oberer Grenzwert (dB)	Toleranz (obere-untere)	Anmerkung
$\leq 0,62$	$\geq 1,6026$	-Inf	-50,0	Inf	Sperrband
0,68	1,4757	-Inf	-47,1	Inf	Übergangsband
0,75	1,3300	-Inf	-43,5	Inf	Übergangsband
0,84	1,1846	-Inf	-39,4	Inf	Übergangsband
0,96	1,0395	-Inf	-34,8	Inf	Übergangsband
1,12	0,8949	-Inf	-29,5	Inf	Übergangsband
1,33	0,7511	-Inf	-23,3	Inf	Übergangsband
1,64	0,6086	-Inf	-15,9	Inf	Übergangsband
2,13	0,4685	-Inf	-7,0	Inf	Übergangsband
2,27	0,4409	-Inf	-5,6	Inf	Übergangsband
2,42	0,4136	-Inf	-4,7	Inf	Übergangsband
2,59	0,3865	-Inf	-3,3	Inf	Übergangsband
2,78	0,3597	-Inf	-2,9	Inf	Übergangsband
2,89	0,3465	-Inf	-2,8	Inf	Übergangsband
3,00	0,3333	-3,3	-2,7	0,6	GRENZE
3,12	0,3203	-3,2	-1,2	2,0	Durchlassband
3,25	0,3074	-2,7	-0,7	2,0	Durchlassband
3,55	0,2820	-1,7	-0,1	1,6	Durchlassband
3,89	0,2572	-1,0	0,0	1,0	Durchlassband
4,29	0,2332	-0,7	0,0	0,7	Durchlassband
4,51	0,2215	-0,5	0,0	0,5	Durchlassband
4,76	0,2101	-0,4	0,0	0,4	Durchlassband
5,03	0,1990	-0,3	0,1	0,4	Durchlassband
5,31	0,1882	-0,2	0,1	0,3	Durchlassband
5,63	0,1777	-0,1	0,1	0,2	Durchlassband
13,33	0,0750	-0,1	0,1	0,2	Durchlassband
14,11	0,0709	-0,2	0,1	0,3	Durchlassband
14,93	0,0670	-0,3	0,1	0,4	Durchlassband
15,76	0,0635	-0,4	0,0	0,4	Durchlassband
16,61	0,0602	-0,5	0,0	0,5	Durchlassband
17,49	0,0572	-0,7	0,0	0,7	Durchlassband
19,29	0,0518	-1,0	0,0	1,0	Durchlassband
21,15	0,0473	-1,7	-0,1	1,6	Durchlassband

λ [m]	f [1/m]	Unterer Grenzwert (dB)	Oberer Grenzwert (dB)	Toleranz (obere-untere)	Anmerkung
23,05	0,0434	-2,7	-0,7	2,0	Durchlassband
24,02	0,0416	-3,2	-1,2	2,0	Durchlassband
25,00	0,0400	-3,3	-2,7	0,6	GRENZE
25,99	0,0385	-5,8	-2,8	3,0	Übergangsband
26,98	0,0371	-7,9	-2,9	5,0	Übergangsband
28,99	0,0345	-10,3	-3,3	7,0	Übergangsband
31,02	0,0322	-12,7	-4,7	8,0	Übergangsband
33,07	0,0302	-14,6	-5,6	9,0	Übergangsband
35,13	0,0285	-17,0	-7,0	10,0	Übergangsband
45,64	0,0219	-25,9	-15,9	10,0	Übergangsband
56,33	0,0178	-33,3	-23,3	10,0	Übergangsband
67,12	0,0149	-39,5	-29,5	10,0	Übergangsband
77,96	0,0128	-44,8	-34,8	10,0	Übergangsband
88,84	0,0113	-49,4	-39,4	10,0	Übergangsband
99,75	0,0100	-53,5	-43,5	10,0	Übergangsband
110,68	0,009	-57,1	-47,1	10,0	Übergangsband
$\geq 120,19$	$\leq 0,0083$	- Inf	-50,0	Inf	Sperrband

Für $D1$ ist der untere Grenzwert für Raumfrequenzen über f_{high} (Wellenlänge 3 m) auf -Inf festgelegt.



Legende

- 1 Butterworth-Filterkaskade 2. Ordnung
- 2 Butterworth-Filter 4. Ordnung
- X Wellenlänge [m]
- Y Amplitude [dB]

Bild C.1 — D1 Filtergrenzen und zwei mögliche Übertragungsfunktionen

In Bild C.1 ist Filter 1 ein kaskadierter Butterworth-Filter 2. Ordnung und Filter 2 ein Butterworth-Filter 4. Ordnung (siehe Abschnitt D.4).

C.2.3 Filter für D2

D2 hat die folgenden Grenzfrequenzen:

— $f_{\text{low}} = 0,0143 \text{ m}^{-1}$ (Wellenlänge 70 m)

— $f_{\text{high}} = 0,04 \text{ m}^{-1}$ (Wellenlänge 25 m)

Tabelle C.2 legt die Grenzen für die Übertragungsfunktion fest.

Tabelle C.2 — Grenzen für die Übertragungsfunktion in D2

λ [m]	f [1/m]	Unterer Grenzwert [dB]	Oberer Grenzwert [dB]	Toleranz (obere-untere)	Anmerkung
$\leq 6,96$	$\geq 0,1437$	- Inf	-50	Inf	Sperrband
7,53	0,1329	-57,0	-47,0	10,0	Übergangsband
8,30	0,1205	-53,4	-43,4	10,0	Übergangsband
9,25	0,1081	-49,3	-39,3	10,0	Übergangsband
10,42	0,0960	-44,7	-34,7	10,0	Übergangsband
11,91	0,0840	-39,4	-29,4	10,0	Übergangsband
13,85	0,0722	-33,2	-23,2	10,0	Übergangsband
16,44	0,0608	-25,8	-15,8	10,0	Übergangsband