

DIN EN 13803

ICS 93.100

Entwurf

Einsprüche bis 2014-08-06
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 13803-1:2011-03 und
DIN EN 13803-2:2010-06

**Bahnanwendungen –
Oberbau –
Trassierungsparameter – Spurweiten 1 435 mm und größer;
Deutsche Fassung prEN 13803:2014**

Railway applications –

Track –

Track alignment design parameters – Track gauges 1435 mm and wider;

German version prEN 13803:2014

Applications ferroviaires –

Voie –

Paramètres de conception du tracé de la voie – Écartement 1 435 mm et plus large;

Version allemande prEN 13803:2014

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2014-06-06 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de 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/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF) im DIN (Hausanschrift: 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 110 Seiten

Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF) im DIN

Nationales Vorwort

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

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 087-00-01-07 UA „Trassierungsparameter“ im Normenausschuss „Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)“ im DIN.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13803-1:2011-03 und DIN EN 13803-2:2010-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Normen zusammengefasst;

Bahnanwendungen — Oberbau — Trassierungsparameter — Spurweiten 1 435 mm und größer

Applications ferroviaires — Voie — Paramètres de conception du tracé de la voie — Écartement 1 435 mm et plus large

Railway applications — Track — Track alignment design parameters — Track gauges 1 435 mm and wider

ICS: 93.100

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.5a

Inhalt

	Seite
Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	7
4 Symbole und Abkürzungen	9
5 Allgemeines	10
5.1 Hintergrund	10
5.2 Trassierungsmerkmale	11
6 Grenzwerte	13
6.1 Bogenradius im Grundriss R	13
6.2 Überhöhung D	13
6.3 Überhöhungsfehlbetrag I	14
6.4 Überhöhungsüberschuss E	15
6.5 Länge von Überhöhungsrampen L_D und Übergangsbogen in der horizontalen Ebene L_K	16
6.6 Neigung der Überhöhungsrampe dD/ds	18
6.7 Änderung der Überhöhung mit der Zeit dD/dt	18
6.8 Änderung des Überhöhungsfehlbetrags mit der Zeit dI/dt	19
6.9 Länge der konstanten Überhöhung zwischen zwei linearen Überhöhungsrampen L_i	20
6.10 Unvermittelte Änderung der Krümmung im Grundriss	21
6.11 Unvermittelte Änderung des Überhöhungsfehlbetrags ΔI	21
6.12 Länge zwischen zwei unvermittelten Änderungen der Krümmung im Grundriss L_C	21
6.13 Länge zwischen zwei unvermittelten Änderungen des Überhöhungsfehlbetrags L_S	23
6.14 Gleisneigung p	23
6.15 Vertikaler Radius R_V	24
6.16 Länge der Ausrundungen im Höhenbild L_V	25
6.17 Unvermittelte Änderung der Gleisneigung Δp	25
Anhang A (informativ) Regeln für die Umwandlung von Parameterwerten für Spurweiten größer als 1 435 mm	26
A.1 Anwendungsbereich	26
A.2 Symbole und Abkürzungen	26
A.3 Grundlegende Annahmen und Äquivalenzregeln	27
A.4 Ausführliche Umwandlungsregeln	29
Anhang B (normativ) Grenzwerte der Gestaltungsparameter für Linienführungen bei Spurweiten größer als 1 435 mm	36
B.1 Anwendungsbereich	36
B.2 Anforderungen an eine Spurweite von 1 524 mm	36
B.3 Anforderungen an eine Spurweite von 1 668 mm	44
Anhang C (informativ) Ergänzende Informationen für die Planung der Linienführung in Gleisen bezüglich der Form und Länge von Trassierungselementen	52
C.1 Allgemeines	52
C.2 Zusammenfassung der Merkmale verschiedener Übergangsbogen	52
C.3 Weitere Parameter, die beim Entwurf von Übergangsbogen in Betracht gezogen werden dürfen, sowie ein progressives System von Entwurfsregeln	55

Anhang D (informativ) Einschränkungen und Risiken bei der Anwendung außergewöhnlicher Grenzwerte	73
Anhang E (informativ) Bewertung der Bedingungen an der Zungenspitze	74
E.1 Verfahren auf der Grundlage des Einlaufwinkels	74
E.2 Verfahren auf der Grundlage des effektiven Radius	74
Anhang F (informativ) Betrachtungen zur Konstruktion von Weichen- und Kreuzungsanlagen	77
F.1 Beispiele für übliche Weichen- und Kreuzungsanlagen	77
F.2 Anwendung von Kreuzungen, Kreuzungsweichen und Doppelweichen	79
F.3 Weichen- und Kreuzungsanlagen auf oder in der Nähe von Unterführungen	79
F.4 Aneinander anschließende Weichen- und Kreuzungsanlagen	79
F.5 Weichen- und Kreuzungsanlagen in Ausrundungen im Grundriss	79
F.6 Weichen- und Kreuzungsanlagen im überhöhten Gleis	80
F.7 Trassierung im Höhenbild und Weichen- und Kreuzungsanlagen	80
Anhang G (normativ) Anwendungsbeispiele	83
G.1 Allgemeines	83
G.2 Beispiel einer Gleisverbindung in einer Ausrundung im Grundriss	83
G.3 Beispiel einer bilinearen Überhöhungsrampe	84
G.4 Beispiel einer Überhöhungsrampe ohne damit zusammenfallenden Übergangsbogen	85
G.5 Beispiel eines verkürzten Übergangsbogens	86
G.6 Beispiel für mehrere Trassierungselemente, die eine Zwischenlänge bilden	87
Anhang H (informativ) Beispiele für örtlich geltende Grenzwerte des Überhöhungsfehlbetrags	88
Anhang I (informativ) Überlegungen zu Überhöhungsfehlbetrag und Überhöhungsüberschuss	89
I.1 Einleitung	89
I.2 Überhöhungsfehlbetrag	89
I.3 Überhöhungsüberschuss	89
I.4 Überhöhungsüberschuss beeinflusst auch das Kriterium der Radaufkletterung	90
I.5 Kippen des Fahrzeugs	90
I.6 Querstabilität eines Gleises unter Belastung (<i>Prud'homme</i> -Grenzwert)	90
I.7 Überhöhungsfehlbetrag bei Weichen- und Kreuzungsanlagen in Ausrundungen	91
Anhang J (informativ) Fahrgastkomfort in Ausrundungen	92
J.1 Allgemeines	92
J.2 Seitenbeschleunigung	92
J.3 Seitenruck	93
J.4 Rollbewegungen	93
Anhang K (normativ) Zeichenregeln für die Berechnung von ΔD, ΔI und Δp	94
K.1 Allgemeines zu den Zeichenregeln	94
K.2 Zeichenregeln für die Berechnung von ΔD	94
K.3 Zeichenregeln für die Berechnung von ΔI	94
K.4 Zeichenregeln für die Berechnung von Δp	96
Anhang L (informativ) Länge der konstanten Überhöhung zwischen zwei linearen Überhöhungsrampen L_i	97
Anhang M (informativ) Das Prinzip des virtuellen Übergangsbogens	98
M.1 Virtueller Übergangsbogen bei einer unvermittelten Änderung des Überhöhungsfehlbetrags	98
M.2 Virtueller Übergangsbogen bei kurzer Zwischenlänge zwischen zwei unvermittelten Änderungen des Überhöhungsfehlbetrags	99
M.3 Grenzwerte bei Anwendung des Prinzips des virtuellen Übergangsbogens	100

	Seite
Anhang N (normativ) Länge der Zwischenelemente L_C zur Verhinderung der Überpufferung	102
N.1 Allgemeines	102
N.2 Regelfahrzeuge und Fahrbedingungen	102
N.3 Länge L_C eines geraden Zwischengleises zwischen zwei langen Kreisbogen in entgegengesetzter Richtung	103
N.4 Allgemeine Fälle für Differenzen im Ausschlag des Fahrzeugendes.....	103
Anhang O (informativ) Überlegungen zur Gleisneigung	106
O.1 Steigung.....	106
O.2 Gefälle	106
O.3 Neigungen an Bahnhöfen	106
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2008/57/EG	107
Literaturhinweise	108

Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13803:2014) 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 13803-1:2010, EN 13803-2:2006+A1:2009 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.

1 Anwendungsbereich

Der Zweck dieser Europäischen Norm besteht in der Festlegung der Regeln und Grenzwerte für die Linienführung in Gleisen, einschließlich der Trassierung in Weichen und Kreuzungen. Verschiedene dieser Grenzwerte sind Funktionen der Geschwindigkeit. Alternativ legt die Norm für eine vorhandene Trassierung die Regeln und Grenzwerte fest, die die zulässige Geschwindigkeit bestimmen.

Diese Europäische Norm gilt für Spurweiten von 1 435 mm und größer mit Geschwindigkeiten bis zu 360 km/h. Der informative Anhang A beschreibt die Umrechnungsregeln, die für Gleise mit Spurweiten größer als 1 435 mm anzuwenden sind. Der normative Anhang B wird für Spurweiten größer als 1 435 mm angewendet.

Diese Europäische Norm gilt auch für Fälle, in denen die Trassierung Fahrzeuge berücksichtigt, die für hohe Überhöhungsfehlbeträge zugelassen sind (einschließlich Neigetechnik-Zügen).

Es gelten stärker einschränkende Anforderungen der Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität (TSI) sowie weitere (nationale, firmeninterne usw.) Regeln.

Diese Europäische Norm braucht nicht auf Strecken oder zweckbestimmte Teile der Eisenbahninfrastruktur anwendbar zu sein, die nicht mit Eisenbahnfahrzeugen interoperabel sind, die nach der Europäischen Norm EN 14363 geprüft und zugelassen wurden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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 12299, *Bahnanwendungen — Fahrkomfort für Fahrgäste — Messung und Auswertung*

EN 13848-1, *Bahnanwendungen — Oberbau — Gleislagequalität — Teil 1: Beschreibung der Gleisgeometrie*

EN 13848-5, *Bahnanwendungen — Oberbau — Gleislagequalität — Teil 5: Geometrische Qualitätsstufen — Gleise*

EN 14363, *Bahnanwendungen — Fahrtechnische Prüfung für die fahrtechnische Zulassung von Eisenbahnfahrzeugen — Prüfung des Fahrverhaltens und stationäre Versuche*

EN 15273-1, *Bahnanwendungen — Begrenzungslinien — Teil 1: Allgemeines — Gemeinsame Vorschriften für Infrastruktur und Fahrzeuge*

EN 15273-2, *Bahnanwendungen — Begrenzungslinien — Teil 2: Fahrzeugbegrenzungslinien*

EN 15273-3, *Bahnanwendungen — Begrenzungslinien — Teil 3: Lichtraumprofile*

ISO 80000-3, *Größen und Einheiten — Teil 3: Raum und Zeit*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Grenzwert

Entwurfswert, der nicht überschritten werden darf

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Werte stellen sicher, dass sich die Instandhaltungskosten der Gleise innerhalb eines angemessenen Bereichs bewegen, ohne dass es zu Einschränkungen des Fahrgastkomforts kommt; eine Ausnahme sind besondere Umstände, unter denen eine schlechte Gleislagestabilität auftreten kann. Die tatsächlichen Entwurfswerte für neue Strecken sollten jedoch normalerweise eine beträchtliche Spanne gegenüber den Grenzwerten aufweisen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Für bestimmte Parameter umfasst diese Europäische Norm auch außergewöhnliche Grenzwerte, die die am wenigsten einschränkenden Grenzen repräsentieren, die durch jegliche europäischen Eisenbahnbetreiber angesetzt werden. Diese Grenzen sind ausschließlich für die Anwendung unter besonderen Umständen vorgesehen und erfordern möglicherweise ein entsprechendes Instandhaltungssystem.

3.2

Trassierungselement

Teilstück des Gleises mit entweder vertikalem Verlauf, horizontalem Verlauf oder Überhöhung; einer eindeutigen mathematischen Beschreibung als Funktion der Kilometrierung folgend

Anmerkung 1 zum Begriff: Soweit nicht anders angegeben, sind die der Linienführung zugehörigen Parameter für die Gleismittellinie definiert und die Weglänge wird auf der Grundlage der Projektion der Gleismittellinie in die horizontale Ebene definiert.

3.3

Kilometrierung

Weglänge längs der horizontalen Projektion der Gleismittellinie

3.4

Krümmung

Ableitung des horizontalen Verlaufs der Gleismittellinie in Bezug auf die Kilometrierung

Anmerkung 1 zum Begriff: In der Richtung der Kilometrierung ist die Krümmung in einer Rechtskurve positiv und in einer Linkskurve negativ. Die Größenordnung der Krümmung entspricht dem Kehrwert des Radius im Grundriss.

3.5

Kreisbogen

gekrümmtes Trassierungselement mit konstanter Krümmung

3.6

Übergangsbogen

Trassierungselement, bei dem sich die Krümmung abhängig von der Kilometrierung ändert

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Allgemeinen wird die Klothoide (manchmal angenähert in Form eines Polynoms 3. Grades, „kubische Parabel“) als Form des Übergangsbogens zugrunde gelegt, wobei sich die Krümmung linear ändert. In manchen Fällen ist die Krümmung an den Enden des Übergangsbogens geglättet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Es ist möglich, andere Formen von Übergangsbogen mit nicht-linearem Verlauf der Krümmung zu verwenden. Der informative Anhang C enthält eine ausführliche Übersicht bestimmter alternativer Arten von Übergangsbogen, die bei der Auslegung der Linienführung verwendet werden dürfen.

Anmerkung 3 zum Begriff: Im Allgemeinen werden für die Trassierung im Höhenbild keine Übergangsbogen verwendet.

3.7

Korbbogen

Folge von gekrümmten Trassierungselementen, die zwei oder mehr Kreisbogen in derselben Richtung umfasst

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Korbbogen kann Übergangsbogen zwischen den Kreisbogen und/oder den Kreisbogen und den geraden Gleisen enthalten.

3.8

Gegenbogen

Folge von gekrümmten Trassierungselementen, die gegenläufig gekrümmte Trassierungselemente umfasst

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Folge von gekrümmten Trassierungselementen kann sowohl ein Korbbogen als auch ein Gegenbogen sein.

3.9

Überhöhung

Betrag, um den eine Fahrschiene gegenüber der anderen Fahrschiene angehoben ist

3.10

ausgleichende Überhöhung

Überhöhung bei einer bestimmten Geschwindigkeit, bei der auf das Fahrzeug eine resultierende Kraft rechtwinklig zur Lafebene wirkt

3.11

Überhöhungsfehlbetrag

Unterschied zwischen der vorhandenen Überhöhung und einer höheren ausgleichenden Überhöhung

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei einem Überhöhungsfehlbetrag entsteht eine unausgeglichene Querkraft in der Lafebene. Die resultierende Kraft wirkt in Richtung der äußeren Schiene der Ausrundung.

3.12

Überhöhungsüberschuss

Unterschied zwischen der vorhandenen Überhöhung und einer geringeren ausgleichenden Überhöhung

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei einem Überhöhungsüberschuss entsteht eine unausgeglichene Querkraft in der Lafebene. Die resultierende Kraft wirkt in Richtung der inneren Schiene der Ausrundung.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Überhöhung in einem geraden Gleis führt zu einem Überhöhungsüberschuss, woraus sich eine Querkraft in Richtung der tiefer liegenden Schiene ergibt.

3.13

Überhöhungsrampe

Trassierungselement, bei dem sich die Überhöhung abhängig von der Kilometrierung ändert

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Allgemeinen sollte eine Überhöhungsrampe mit einem Übergangsbogen zusammenfallen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Üblicherweise werden Überhöhungsrampen mit einer linearen Änderung der Überhöhung verwendet. In einigen Fällen ist die Überhöhung an den Enden eines Übergangs geglättet.

Anmerkung 3 zum Begriff: Es ist möglich, andere Formen von Überhöhungsrampen mit nicht-linearer Änderung der Überhöhung zu verwenden. Der informative Anhang C gibt eine ausführliche Übersicht bestimmter alternativer Arten von Überhöhungsrampen, die bei der Auslegung der Linienführung verwendet werden dürfen.

3.14

Neigung der Überhöhungsrampe

Absolutwert der Ableitung der Überhöhung (in Bezug auf die Weglänge längs der Gleismittellinie)

3.15

Änderung der Überhöhung mit der Zeit

Absolutwert der Zeitableitung der Überhöhung

3.16

Änderung des Überhöhungsfehlbetrags mit der Zeit

Absolutwert der Zeitableitung des Überhöhungsfehlbetrags (und/oder des Überhöhungsüberschusses)

3.17

Abstand der Gleisachsen

lateraler Abstand zwischen zwei Gleisachsen, gemessen an der horizontalen Projektion der Gleismittellinien

Anmerkung 1 zum Begriff: In anderen Normen kann der Abstand der Gleisachsen in einer überhöhten Gleisebene definiert sein.

4 Symbole und Abkürzungen

Nr	Symbol	Bedeutung	Einheit
1	dD/ds	Neigung der Überhöhungsrampe	mm/m
2	dD/dt	Änderung der Überhöhung mit der Zeit	mm/s
3	dI/dt	Änderung des Überhöhungsfehlbetrags (und/oder des Überhöhungsüberschusses) mit der Zeit	mm/s
4	D	Überhöhung	mm
5	D_{EQ}	ausgleichende Überhöhung	mm
6	E	Überhöhungsüberschuss	mm
7	I	Überhöhungsfehlbetrag	mm
8	L_c	Länge zwischen zwei unvermittelten Änderungen der Krümmung	m
9	L_D	Länge der Überhöhungsrampe	m
10	L_g	Länge der konstanten Neigung	m
11	L_K	Länge des Übergangsbogens	m
12	L_i	Länge der Trassierungselemente zwischen zwei linearen Überhöhungsrampen	m
13	L_s	Länge zwischen zwei unvermittelten Änderungen des Überhöhungsfehlbetrags	m
14	L_v	Länge des vertikalen Radius	m
15	P	Neigung	–
16	q_E	Faktor zur Berechnung der ausgleichenden Überhöhung: $11,8 \text{ mm} \cdot \text{m} \cdot (\text{h}/\text{km})^2$	$\text{mm} \cdot \text{m} \cdot (\text{h}/\text{km})^2$
17	q_N	Faktor zur Berechnung der Länge der Überhöhungsrampe oder des Übergangsbogens mit nicht-konstanter Neigung der Überhöhungsrampe und entsprechender Krümmung	–
18	q_R	Faktor zur Berechnung des vertikalen Radius	$\text{m} \cdot \text{h}^2/\text{km}^2$
19	q_s	Faktor zur Berechnung der Länge zwischen unvermittelten Änderungen des Überhöhungsfehlbetrags	–
20	q_V	Faktor zur Umwandlung von Einheiten der Fahrzeuggeschwindigkeit: $3,6 \text{ km} \cdot \text{s}/(\text{h} \cdot \text{m})$	$\text{km} \cdot \text{s}/(\text{h} \cdot \text{m})$

Nr	Symbol	Bedeutung	Einheit
21	R	Bogenradius im Grundriss	m
22	R_v	Bogenradius im Höhenbild	m
23	S	Weglänge längs der Gleismittellinie	m
24	T	Zeit	s
25	V	Geschwindigkeit	km/h
26	CE,lim	auf feststehende Kreuzungen und Schienenauszüge anwendbare Grenze (Index)	–
27	lim	allgemeine Grenze (Index)	–
28	R,lim	auf enge Bogen anwendbare Grenze (Index)	–
29	u,lim	Obergrenze für einen Parameter, der auch eine Untergrenze aufweist (Index)	–

5 Allgemeines

5.1 Hintergrund

Diese Europäische Norm legt Regeln und Grenzwerte für die Linienführung in Gleisen fest. Bei diesen Grenzwerten wird vorausgesetzt, dass die Normen für die Abnahme von Fahrzeugen, die Gleiskonstruktion und die Instandhaltung erfüllt sind (Grenzabweichungen für die Konstruktion und den Betrieb sind in dieser Norm nicht festgelegt). Die konstruktiven Anforderungen bezüglich des mechanischen Verhaltens der Bauteile und Untersysteme von Weichen und Kreuzungen sind den entsprechenden Normen zu entnehmen. Bestimmte Betrachtungen zur Konstruktion von Weichen und Kreuzungen sind in informativen Anhängen enthalten.

Bei dieser Europäischen Norm handelt es sich nicht um ein Konstruktionshandbuch. Die Grenzwerte sind nicht für die Festlegung als übliche Entwurfswerte vorgesehen. Die Entwurfswerte müssen jedoch innerhalb der in dieser Europäischen Norm angegebenen Grenzwerte liegen.

Die in dieser Europäischen Norm enthaltenen Grenzwerte beruhen auf den praktischen Erfahrungen der europäischen Eisenbahnunternehmen. Die Grenzwerte kommen zur Anwendung, wenn ein Kompromiss zwischen der Leistung der Züge, dem Komfort, der Instandhaltung von Fahrzeugen und Gleisen sowie den Konstruktionskosten gefunden werden muss.

Die unnötige Anwendung von Entwurfswerten, die nahe den Grenzwerten liegen, sollte vermieden werden; eine umfangreiche Spanne hinsichtlich dieser Werte sollte gegeben sein. Häufig bestehen Konflikte zwischen den gewünschten Spannen für verschiedene Parameter; diese sollten über alle Entwurfparameter verteilt werden, möglicherweise durch die Anwendung einer Spanne hinsichtlich der Geschwindigkeit.

Für bestimmte Parameter enthält diese Europäische Norm auch außergewöhnliche Grenzwerte, die die am wenigsten einschränkenden Grenzen darstellen, die durch jegliche europäischen Eisenbahnbetreiber angesetzt werden. Diese Grenzen sind ausschließlich für die Anwendung unter besonderen Umständen vorgesehen und erfordern möglicherweise ein entsprechendes Instandhaltungssystem. Insbesondere ist die Anwendung außergewöhnlicher Grenzwerte für verschiedene Parameter am selben Ort zu vermeiden. Im informativen Anhang D werden die Einschränkungen und Risiken im Zusammenhang mit der Anwendung von Entwurfswerten im Bereich zwischen einem Grenzwert und dem entsprechenden außergewöhnlichen Grenzwert beschrieben.

Betriebliche Grenzwerte für die Geschwindigkeit und den Überhöhungsfehlbetrag sind entsprechend ihren Zulassungsparametern auf spezifische Fahrzeuge anzuwenden.

Aufgrund mangelnder Erfahrungen bei den europäischen Eisenbahnbetreibern sind keine Grenzwerte für höhere Geschwindigkeiten als 360 km/h festgelegt.

ANMERKUNG Die Grenzwerte sind für den normalen Betrieb definiert. Falls und soweit Prüffahrten durchgeführt werden, z. B. zum Zwecke der Prüfung des dynamischen Verhaltens eines Fahrzeugs (indem die Reaktion des Fahrzeugs fortlaufend überwacht wird), sollten Überschreitungen der Grenzwerte (insbesondere im Hinblick auf den Überhöhungsfehlbetrag) zulässig sein; Entscheidungen hinsichtlich entsprechender Maßnahmen sind durch den Infrastrukturbetreiber zu treffen. Hierbei können Sicherheitsspannen allgemein dadurch erweitert werden, dass zusätzliche Maßnahmen wie Stabilisierung des Schotterbettes, Überwachung der Gleisgeometrie usw. vorgenommen werden.

5.2 Trassierungsmerkmale

Die Trassierung definiert die geometrische Position des Gleises. Sie ist in die Trassierung im Grundriss und die Trassierung im Höhenbild unterteilt.

Die Trassierung im Grundriss ist die Projektion der Gleismittellinie in der horizontalen Ebene. Die Trassierung im Grundriss besteht aus einer Kette von Trassierungselementen, die jeweils einer eindeutigen mathematischen Beschreibung als Funktion der Weglänge (Kilometrierung) längs der horizontalen Projektion folgen. Die Elemente der Trassierung im Grundriss sind an Trassierungspunkten miteinander verbunden, wobei zwei miteinander verbundene Elemente die gleichen Koordinaten und die gleiche Richtung aufweisen. Elemente für die Trassierung im Grundriss sind in Tabelle 1 festgelegt.

Tabelle 1 — Elemente der Trassierung im Grundriss

Trassierungselement	Merkmale
Gerade Strecke	keine Krümmung im Grundriss
Kreisbogen	konstante Krümmung im Grundriss
Übergangsbogen, Typ Klothoide	Krümmung im Grundriss schwankt linear mit der Kilometrierung
Übergangsbogen, andere Typen	Krümmung im Grundriss schwankt nicht-linear mit der Kilometrierung

ANMERKUNG 1 Die meisten modernen Weichen weisen eine tangentielle Geometrie auf, bei der das abzweigende Gleis mit einer Trassierung beginnt, die tangential zum durchgehenden Gleis verläuft. Weichenkonstruktionen dürfen jedoch mit einer unvermittelten Änderung des horizontalen Verlaufs am Anfang der Weiche beginnen. Bestimmte mögliche Konstruktionskriterien für die Trassierung vor der Weiche unter Berücksichtigung des Einlaufwinkels sind im informativen Anhang E beschrieben.

ANMERKUNG 2 Wird bei einer von null abweichenden Gleisneigung, einer vertikalen Kurve und/oder Überhöhung eine Weiche eingesetzt, wird die horizontale Geometrie des abzweigenden Gleises geringfügig von den Elementtypen nach Tabelle 1 abweichen.

Die Trassierung im Höhenbild definiert die Gleishöhe als Funktion der Kilometrierung (die Position in Längsrichtung entlang der horizontalen Projektion der Gleismittellinie). Die Elemente der Trassierung im Höhenbild sind an Trassierungspunkten miteinander verbunden, wobei zwei miteinander verbundene Elemente die gleiche Höhe und die gleiche Gleisneigung p aufweisen (es gelten bestimmte Ausnahmen). Elemente für die Trassierung im Höhenbild sind in Tabelle 2 festgelegt.

Tabelle 2 — Elemente der Trassierung im Höhenbild

Trassierungselement	Merkmale
konstante Neigung	keine Krümmung im Höhenbild
Ausrundung im Höhenbild, Parabel	Ableitung der Neigung ist in Bezug auf die Kilometrierung konstant
Ausrundung im Höhenbild, kreisförmig	Ableitung des vertikalen Winkels ist in Bezug auf die geneigte Länge entlang des Gleises konstant

ANMERKUNG Eine Ausrundung im Höhenbild des Gleises, die mit überhöhten Weichen und Kreuzungen beginnt oder endet, kann die Form eines Polynoms höherer Ordnung als eine Parabel aufweisen.

Die vorhandene Überhöhung D des Gleises entspricht der Höhendifferenz zwischen zwei Fahrschienen. Die Überhöhung kann durch Anheben einer Schiene über die Ebene des vertikalen Profils oder auf der Grundlage einer vordefinierten Beziehung aus dem Anheben der einen und dem Absenken der anderen Schiene erreicht werden. Die Überhöhung kann als Kette von Elementen betrachtet werden, die an Trassierungspunkten miteinander verbunden sind, wobei zwei Elemente die gleiche Größenordnung der vorhandenen Überhöhung aufweisen. (An einem Trassierungspunkt mit Überhöhung ist dieselbe Schiene vor und nach dem Trassierungspunkt die höher liegende Schiene). Elemente der Überhöhung sind in Tabelle 3 festgelegt.

Tabelle 3 — Elemente der Überhöhung

Trassierungselement	Merkmale
konstante Überhöhung	Überhöhung ist entlang des gesamten Elements konstant
Überhöhungsrampe, linear	Überhöhung schwankt linear mit der Kilometrierung
Überhöhungsrampe, nicht-linear	Überhöhung schwankt nicht-linear mit der Kilometrierung

Überhöhungsrampen sollten üblicherweise mit Übergangsbogen zusammenfallen, Ausnahmen sind jedoch möglich.

Die geometrischen Konsequenzen der Anordnung einer Weiche auf Gleisneigungen, Ausrundungen im Höhenbild und/oder Überhöhungen an einer Weiche sind im informativen Anhang F beschrieben.

Die Instandhaltung der Trassierung von Schottergleissystemen erfolgt üblicherweise durch Maschinen für die Gleiskonstruktion und Instandhaltung. Die Instandhaltung mit derartigen Maschinen vereinfacht sich, wenn sich nicht mehr als ein Trassierungspunkt innerhalb der Messsehne der Maschine befindet (typischerweise 10 bis 20 Meter).

Es gelten sämtliche Grenzwerte und außergewöhnlichen Grenzwerte nach Abschnitt 6, daher kann der zulässige Bereich für einen Parameter, z. B. der Radius im Grundriss R , aufgrund der gewählten Werte anderer Parameter weiter eingeschränkt werden. Beispielsweise kann an einer bestimmten Stelle in einer Trassierungskette der zulässige Bereich des Radius im Grundriss R aufgrund der vorhandenen Überhöhung D , des Grenzwerts für den Überhöhungsfehlbetrag I und/oder der Merkmale der benachbarten Elemente begrenzt sein. Im normativen Anhang G sind bestimmte Anwendungen der Grenzwerte dargestellt.

6 Grenzwerte

6.1 Bogenradius im Grundriss R

In dieser Europäischen Norm ist der Radius sowohl bei Rechts- als auch bei Linkskurven positiv.

Von der Geschwindigkeit unabhängige Untergrenzen der Radien im Grundriss R_{lim} sind in Tabelle 4 festgelegt.

Tabelle 4 — Untergrenze für Ausrundungen im Grundriss R_{lim}

Grenzwert ^a
150 m
^a Weitere Anforderungen an den Radius entlang von Bahnsteigen sind in den TSI festgelegt.

ANMERKUNG Nicht alle Fahrzeuge sind für Radien im Grundriss kleiner 150 m ausgelegt und zugelassen (für Beispiele siehe EN 15273-2).

Diese Europäische Norm enthält keine Obergrenze für den Radius im Grundriss. Lokal gültige Normen können jedoch in Abhängigkeit von den Fähigkeiten der Trassierungssoftware eine derartige Obergrenze enthalten, um sehr große Zahlen handhaben zu können, oder zu weiteren praktischen Zwecken.

6.2 Überhöhung D

In dieser Europäischen Norm ist die Überhöhung eines Bogens im Grundriss positiv, wenn die äußere Schiene höher liegt als die innere Schiene.

ANMERKUNG Eine negative Überhöhung ist unvermeidbar an Weichen und Kreuzungen an einem überhöhten Hauptgleis, bei dem sich die Weiche in entgegengesetzter Richtung zum Hauptgleis krümmt, und in bestimmten Fällen an durchgehenden Hauptgleis unmittelbar neben einer einfachen Weiche.

Die vom Radius im Grundriss R unabhängigen Obergrenzen für die Überhöhung D_{lim} sind in Tabelle 5 festgelegt.

Tabelle 5 — Obergrenzen für die Überhöhung D_{lim}

	Grenzwerte	Außergewöhnliche Grenzwerte
Allgemeines^a	160 mm	180 mm ^b
Weichen und Kreuzungen^a	120 mm	160 mm
^a Weitere Anforderungen an die Überhöhung entlang von Bahnsteigen sind in den TSI festgelegt. ^b Überhöhungen von mehr als 160 mm können zu Ladungsverschiebungen und Einschränkung des Fahrgastkomforts führen, wenn Züge anhalten oder mit geringer Geschwindigkeit fahren (hoher Überhöhungsüberschuss). Darüber hinaus kann die Stabilität von Gleisbaumaschinen und außergewöhnlichen Ladungen mit hoch gelegenen Schwerpunkt gefährdet werden.		

Die Obergrenze für die Überhöhung $D_{R,\text{lim}}$, als Funktion des Radius im Grundriss R , ist in Tabelle 6 festgelegt.

Tabelle 6 — Obergrenze für die Überhöhung $D_{R,\text{lim}}$, als Funktion des Radius im Grundriss R

Grenzwert ^a
$D_{R,\text{lim}} = \frac{R - 50 \text{ m}}{1,5 \text{ m/mm}}$
^a Dieser Grenzwert darf erweitert werden, sofern Maßnahmen zur Sicherstellung der Sicherheit eingeleitet werden, siehe EN 13848-5.

ANMERKUNG 1 Eine große Überhöhung in engen Bogen erhöht das Risiko einer Entgleisung von Fahrzeugen bei geringer Geschwindigkeit. Unter diesen Bedingungen ist die auf die äußere Schiene wirkende senkrechte Radkraft wesentlich verringert, insbesondere wenn eine zusätzliche Radentlastung durch Gleisverwindungen (festgelegt in EN 13848-1 und EN 13848-5) auftritt.

ANMERKUNG 2 Grenzwerte der Gleisverwindung sind in EN 13848-5 als Funktion der vorhandenen Überhöhung definiert. Das Ansetzen hoher Werte für die Überhöhung führt zu geringeren Werten für die Verwindung oder der Anwendung anderer Maßnahmen zur Sicherstellung der Sicherheit.

Bei überhöhten entgegengesetzt gekrümmten Weichen sowie an bestimmten Bogen im Anschluss an eine überhöhte Weichen- und Kreuzungsanlage ist die Überhöhung negativ, d. h., die äußere Schiene liegt tiefer als die innere Schiene. Negative Überhöhung darf auch bei provisorischen Gleisen genutzt werden.

6.3 Überhöhungsfehlbetrag I

Für die gegebenen Werte des örtlichen Radius R , der Überhöhung D und der Geschwindigkeit V ist der Überhöhungsfehlbetrag I nach Gleichung (1) definiert.

$$I = D_{EQ} - D = q_E \frac{V^2}{R} - D \quad (1)$$

Dabei ist

D_{EQ} die ausgleichende Überhöhung (mm);

$$q_E = 11,8 \text{ mm} \cdot \text{m} \cdot \text{h}^2 / \text{km}^2.$$

ANMERKUNG Bei negativer Überhöhung liegt der Überhöhungsfehlbetrag über der ausgleichenden Überhöhung.

Allgemeine Obergrenzen für den Überhöhungsfehlbetrag I_{lim} sind in Tabelle 7 festgelegt.

Tabelle 7 — Obergrenzen für den Überhöhungsfehlbetrag I_{lim}

	Grenzwerte ^a	Außergewöhnliche Grenzwerte ^a
Züge ohne Neigetechnik		
$V \leq 220 \text{ km/h}$	153 mm	180 mm ^b
$220 \text{ km/h} < V \leq 300 \text{ km/h}$	153 mm ^b	
$300 \text{ km/h} < V \leq 360 \text{ km/h}$	100 mm ^b	
Züge mit Neigetechnik		
$80 \text{ km/h} \leq V \leq 260 \text{ km/h}^c$	275 mm	300 mm
^a Es ist übliche Praxis, auf verschiedene Zugkategorien verschiedene Grenzwerte des Überhöhungsfehlbetrags anzuwenden. Es wird davon ausgegangen, dass jedes Fahrzeug nach den Verfahren in EN 14363 unter Bedingungen geprüft und zugelassen wurde, die den dem Fahrzeug entsprechenden betrieblichen Bereich des Überhöhungsfehlbetrags (in EN 14363 mit I_{adm} bezeichnet) abdecken. Beispiele für örtlich geltende Grenzwerte sind im informativen Anhang H dargestellt.		
^b Für Züge, die EN 14363 entsprechen und mit anderen Ausgleichssystemen für Überhöhungsfehlbeträge als Neigetechnik ausgestattet sind, darf der Infrastrukturbetreiber den Betrieb mit höheren Werten für den Überhöhungsfehlbetrag zulassen.		
^c Gegenwärtig gibt es keine Strecken oder entsprechende Planungen in Europa für Geschwindigkeiten, die die Höchstgeschwindigkeit von 260 km/h für Neigetechnikzüge übertreffen.		

ANMERKUNG 1 Für ein gegebenes Fahrzeug erzeugt ein erhöhter Überhöhungsfehlbetrag erhöhte Kräfte zwischen Rad und Schiene, siehe informativen Anhang I.

ANMERKUNG 2 In Abhängigkeit von bestimmten Gleismerkmalen, wie z. B. Brücken mit direkt verlegten schotterlosen Gleisen, Gleise mit verlaschten Schienen, Streckenabschnitte, die sehr starken Seitenwinden ausgesetzt sind, usw., kann es erforderlich sein, den zulässigen Überhöhungsfehlbetrag einzuschränken. Regeln hinsichtlich dieser Einschränkung können nicht im Voraus formuliert werden, da sie durch diese besonderen Merkmale bestimmt werden; die Festlegung eines derartigen Bezugssystems kann nur auf Initiative des Infrastrukturbetreibers erfolgen.

ANMERKUNG 3 Hohe Werte des Überhöhungsfehlbetrags stehen im Zusammenhang mit dem (geminderten) Komfort der Passagiere, siehe informativen Anhang J.

Bei Gleisen mit Kreuzungen an der äußeren Schiene und bei Schienenauszügen bestehen in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit V engere Obergrenzen $I_{CE,lim}$, festgelegt in Tabelle 8.

Tabelle 8 — Obergrenzen für den Überhöhungsfehlbetrag bei Gleisen mit Kreuzungen an der äußeren Schiene und bei Schienenauszügen $I_{CE,lim}$

	Grenzwerte	Außergewöhnliche Grenzwerte
Starre einfache Herzstücke		
$V \leq 230 \text{ km/h}$	110 mm	Entspricht dem Grenzwert in Tabelle 7
$230 \text{ km/h} < V \leq 360 \text{ km/h}$	Nicht zulässig	Nicht zulässig
Starre doppelte Herzstücke		
$V \leq 160 \text{ km/h}$	100 mm	Entspricht dem Grenzwert in Tabelle 7
$160 \text{ km/h} < V \leq 230 \text{ km/h}$	75 mm	Entspricht dem Grenzwert in Tabelle 7
$230 \text{ km/h} < V \leq 360 \text{ km/h}$	Nicht zulässig	Nicht zulässig
Kreuzungen mit beweglichen Teilen		
$V \leq 230 \text{ km/h}$	130 mm	Entspricht dem Grenzwert in Tabelle 7
$230 \text{ km/h} < V \leq 360 \text{ km/h}$	80 mm	Entspricht dem Grenzwert in Tabelle 7
Schienenauszüge		
$V \leq 160 \text{ km/h}$	100 mm	Entspricht dem Grenzwert in Tabelle 7
$160 \text{ km/h} < V \leq 230 \text{ km/h}$	80 mm	Entspricht dem Grenzwert in Tabelle 7
$230 \text{ km/h} < V \leq 360 \text{ km/h}$	60 mm	Entspricht dem Grenzwert in Tabelle 7

6.4 Überhöhungsüberschuss E

Bei einem Bogen im Grundriss, bei der der (in Gleichung (2) definierte) Überhöhungsfehlbetrag negativ ist, wird der Überhöhungsüberschuss E nach Gleichung (3) definiert.

$$E = -I \quad (2)$$

Bei überhöhten Weichen und normalen Gleisen im Anschluss an eine überhöhte Weichen- und Kreuzungsanlage kann auch bei einem geraden Gleis eine Überhöhung vorliegen. Eine Überhöhung kann auch bei provisorischen geraden Gleisen gegeben sein. Bei einem überhöhten geraden Gleis ist der Überhöhungsüberschuss E nach Gleichung (3) definiert.

$$E = D \quad (3)$$

Allgemeine Obergrenzen für den Überhöhungsüberschuss E_{lim} sind in Tabelle 9 festgelegt. Diese Grenzwerte gelten für die normale Geschwindigkeit des langsamsten Zuges auf der Strecke.

Tabelle 9 — Obergrenzen für den Überhöhungsüberschuss E_{lim}

Grenzwert	Außergewöhnlicher Grenzwert
110 mm	150 mm

ANMERKUNG Der Wert von E beeinflusst die durch langsame Züge erzeugten Beanspruchungen der inneren Schiene, da die quasi-statische vertikale Rad-/Schiene-Kraft an einer inneren Schiene erhöht ist, siehe informativen Anhang I.

Für Gleise mit Kreuzungen an der tiefer liegenden Schiene und für Schienenauszüge definieren Gleichung (4) und Tabelle 8 engere Obergrenzen $E_{CE,lim}$.

$$E_{CE,lim} = I_{CE,lim} \quad (4)$$

Anforderungen an Änderungen des Überhöhungsfehlbetrags (6.5, 6.8, 6.11 und 6.13) gelten auch für Änderungen im Überhöhungsüberschuss.

6.5 Länge von Überhöhungsrampen L_D und Übergangsbogen in der horizontalen Ebene L_K

6.5.1 Allgemeines

Im Allgemeinen fallen Überhöhungsrampen mit Übergangsbogen zusammen. Es kann jedoch notwendig sein, Überhöhungsrampen in Kreisbogen und Geraden einzusetzen.

Bei Überhöhungsrampen und Übergangsbogen gelten die folgenden Grenzwerte:

- die von der Geschwindigkeit unabhängigen Untergrenzen der Länge der Übergangsbogen $L_{K,lim}$ sind in Tabelle 10 festgelegt;
- die Obergrenzen für die Neigung der Überhöhungsrampe $\frac{dD}{ds}$ sind in 6.6 festgelegt;
- die Obergrenzen für die Änderung der Überhöhung mit der Zeit $\frac{dD}{dt}$ sind in 6.7 festgelegt;
- die Obergrenzen für die Änderung des Überhöhungsfehlbetrags mit der Zeit $\frac{dI}{dt}$ sind in 6.8 festgelegt.

Tabelle 10 — Untergrenzen für die Länge der Übergangsbogen $L_{K,lim}$

Grenzwert	Außergewöhnlicher Grenzwert
20 m	0

6.5.2 Länge von linearen Überhöhungsrampen und Klothoiden

Für lineare Überhöhungsrampen und Klothoiden können die Neigung der Überhöhungsrampe $\left(\frac{dD}{ds}\right)$, die Änderung der Überhöhung mit der Zeit $\left(\frac{dD}{dt}\right)$ und die Änderung des Überhöhungsfehlbetrags mit der Zeit $\left(\frac{dI}{dt}\right)$ nach den Gleichungen (5) bis (7) berechnet werden.

$$\frac{dD}{ds} = \Delta D / L_D \quad (5)$$

$$\frac{dD}{dt} = \frac{V}{q_V} \cdot \Delta D / L_D \quad (6)$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{V}{q_V} \cdot \Delta I / L_K \quad (7)$$

Dabei ist

ΔD die im normativen Anhang K definierte Änderung der Überhöhung über die Länge L_D ;

ΔI die im normativen Anhang K definierte Änderung des Überhöhungsfehlbetrags über die Länge L_K ;

V die Geschwindigkeit, in km/h;

$q_V = 3,6 \text{ (km/h)/(m/s)}$.

Bei den Gleichungen (5) bis (7) wird angenommen, dass Übergangsbogen mit Überhöhungsrampen zusammenfallen, $L_K = L_D$, und dass die mathematischen Eigenschaften über diese Länge konstant bleiben. Anderenfalls müssen die Übergangsbogen und die Überhöhungsrampen in Abschnitte (mit konstanten Eigenschaften) unterteilt werden, die separat bewertet werden.

6.5.3 Länge von Übergangsbogen mit nicht-konstanter Neigung der Krümmung und Überhöhungsrampe

Für Übergangsbogen mit nicht-konstanter Neigung der Krümmung und der Überhöhungsrampe können die Neigung der Überhöhungsrampe $\left(\frac{dD}{ds}\right)$, die Änderung der Überhöhung mit der Zeit $\left(\frac{dD}{dt}\right)$ und die Änderung des Überhöhungsfehlbetrags mit der Zeit $\left(\frac{dI}{dt}\right)$ nach den Gleichungen (8) bis (10) berechnet werden.

$$\frac{dD}{ds} = q_N \cdot \Delta D / L_D \quad (8)$$

$$\frac{dD}{dt} = q_N \cdot \frac{V}{q_V} \cdot \Delta D / L_K \quad (9)$$

$$\frac{dI}{dt} = q_N \cdot \frac{V}{q_V} \cdot \Delta I / L_K \quad (10)$$

Dabei ist

ΔD die im normativen Anhang K definierte Änderung der Überhöhung über die Länge L_D ;

ΔI die im normativen Anhang K definierte Änderung des Überhöhungsfehlbetrags über die Länge L_K ;

V die Geschwindigkeit, in km/h;

$q_V = 3,6 \text{ (km/h)/(m/s)}$;

q_N ein in Tabelle 11 definierter Faktor.

Für bestimmte Arten von Übergängen mit nicht-konstanter Neigung der Krümmung und der Überhöhung ist der Wert für den Faktor q_N in Tabelle 11 festgelegt.

Tabelle 11 — Faktor q_N für Übergänge mit nicht-konstanter Neigung der Krümmung und Überhöhungsrampe

Bloss	Cosinus	Helmert (Schramm)	Sinus (Klein)
1,5	$\pi/2$	2	2

Bei den Gleichungen (8) bis (10) wird angenommen, dass Übergangsbogen mit Überhöhungsrampen zusammenfallen, $L_K = L_D$, und dass die mathematischen Eigenschaften über diese Länge konstant bleiben. Anderenfalls müssen die Übergangsbogen und die Überhöhungsrampen in Abschnitte (mit konstanten Eigenschaften) unterteilt werden, die separat bewertet werden.

Das Kriterium für die Änderung der Überhöhung mit der Zeit (dD/dt) darf durch ein Kriterium für die zweite Ableitung der Überhöhung in Bezug auf die Zeit (d^2D/dt^2) nach 6.7.2 ersetzt werden.

ANMERKUNG Der informative Anhang C enthält weitere Angaben zu Klothoiden mit linearen Überhöhungsrampen und alternativen Arten von Übergangsbogen und Überhöhungsrampen.

6.6 Neigung der Überhöhungsrampe dD/ds

Die Obergrenzen für die Neigung der Überhöhungsrampe $\left(\frac{dD}{ds}\right)_{\text{lim}}$ sind in Tabelle 12 festgelegt.

Tabelle 12 — Obergrenzen für die Neigung der Überhöhungsrampe $(dD/ds)_{\text{lim}}$

	Grenzwerte	Außergewöhnliche Grenzwerte
$V \leq 50 \text{ km/h}$	2,50 mm/m	3,33 mm/m
$V > 50 \text{ km/h}$	2,50 mm/m	

6.7 Änderung der Überhöhung mit der Zeit dD/dt

6.7.1 Änderung der Überhöhung mit der Zeit dD/dt für lineare Überhöhungsrampen

Obergrenzen für die Änderung der Überhöhung mit der Zeit $\left(\frac{dD}{dt}\right)_{\text{lim}}$ für lineare Überhöhungsrampen sind in Tabelle 13 festgelegt.

Tabelle 13 — Obergrenzen für die Änderung der Überhöhung mit der Zeit $(dD/dt)_{\text{lim}}$ für lineare Überhöhungsrampen

	Grenzwerte	Außergewöhnliche Grenzwerte
Züge ohne Neigetechnik $V \leq 200$ km/h		
$I \leq 160$ mm	50 mm/s	70 mm/s ^a
$160 \text{ mm} < I \leq 180$ mm	50 mm/s	60 mm/s
Züge ohne Neigetechnik $200 \text{ km/h} < V \leq 360$ km/h		
	50 mm/s	60 mm/s
Züge mit Neigetechnik $V \leq 200$ km/h		
	75 mm/s	95 mm/s
Züge mit Neigetechnik $200 \text{ km/h} < V \leq 260$ km/h^b		
	60 mm/s	70 mm/s
^a Sofern $I \leq 153$ mm und $dI/dt \leq 70$ mm/s, darf der außergewöhnliche Grenzwert für dD/dt auf 85 mm/s angehoben werden. ^b Gegenwärtig gibt es keine Strecken oder entsprechende Planungen in Europa für Geschwindigkeiten, die die Höchstgeschwindigkeit von 260 km/h für Neigetechnikzüge übertreffen.		

6.7.2 Änderung der Überhöhung mit der Zeit dD/dt für nicht-lineare Überhöhungsrampen

Obergrenzen für die Änderung der Überhöhung mit der Zeit $\left(\frac{dD}{dt}\right)_{\text{lim}}$ für nicht-lineare Überhöhungsrampen sind in Tabelle 14 festgelegt.

Tabelle 14 — Obergrenzen für die Änderung der Überhöhung mit der Zeit $(dD/dt)_{\text{lim}}$ für nicht-lineare Überhöhungsrampen

	Grenzwert	Außergewöhnlicher Grenzwert
$V \leq 300$ km/h ^a		
	55 mm/s	76 mm/s ^b
^a Gegenwärtig gibt es keine Strecken oder entsprechende Planungen in Europa für Geschwindigkeiten, die die Höchstgeschwindigkeit von 300 km/h auf nicht-linearen Überhöhungsrampen übertreffen. ^b Sofern der absolute Wert der zweiten Ableitung der Überhöhung in Bezug auf die Zeit (d^2D/dt^2) weniger als 150 mm/s ² beträgt, darf dieser Grenzwert angehoben werden.		

6.8 Änderung des Überhöhungsfehlbetrags mit der Zeit dI/dt

Obergrenzen für die Änderung des Überhöhungsfehlbetrags mit der Zeit $\left(\frac{dI}{dt}\right)_{\text{lim}}$ sind in Tabelle 15 festgelegt.

Tabelle 15 — Obergrenzen für die Änderung des Überhöhungsfehlbetrags mit der Zeit $(dI/dt)_{lim}$

	Grenzwerte	Außergewöhnliche Grenzwerte
Züge ohne Neigetechnik $V \leq 220$ km/h		
$I \leq 160$ mm	55 mm/s	100 mm/s
$160 \text{ mm} < I \leq 180$ mm	55 mm/s	90 mm/s
Züge ohne Neigetechnik $220 \text{ km/h} < V \leq 300$ km/h		
	55 mm/s	75 mm/s
Züge ohne Neigetechnik $300 \text{ km/h} < V \leq 360$ km/h		
	30 mm/s	55 mm/s
Züge mit Neigetechnik $V \leq 200$ km/h		
	100 mm/s	180 mm/s
Züge mit Neigetechnik $200 \text{ km/h} < V \leq 260$ km/h ^a		
	80 mm/s	
^a Gegenwärtig gibt es keine Strecken oder entsprechende Planungen in Europa für Geschwindigkeiten, die die Höchstgeschwindigkeit von 260 km/h für Neigetechnikzüge übertreffen.		

Sofern ein Übergangsbogen in Bezug auf das dI/dt -Kriterium von geringerer Länge ist, ist dieses Kriterium durch das Kriterium zu ersetzen, nach dem die Änderung des Überhöhungsfehlbetrags über die gesamte Länge unterhalb des Grenzwerts für die unvermittelte Änderung des Überhöhungsfehlbetrags ΔI nach 6.11 liegen muss.

ANMERKUNG 1 Hohe Werte der Änderung des Überhöhungsfehlbetrags mit der Zeit stehen im Zusammenhang mit dem (geminderten) Komfort der Passagiere, siehe informativen Anhang J.

ANMERKUNG 2 Sowohl aktive als auch passive Neigetechniksysteme benötigen eine gewisse Zeit, um den Neigungswinkel an den Bogenradius anzupassen; aus diesem Grund müssen Ausrundungen im Grundriss Übergangsbogen von ausreichender Länge umfassen. Die Übergangsbogen sollten mit den Überhöhungsrampen zusammenfallen. Wenn dies nicht der Fall ist, wird empfohlen, spezielle Fahrprüfungen durchzuführen um zu bestimmen, ob die zulässige Geschwindigkeit vermindert werden muss.

ANMERKUNG 3 Bei Strecken, die von Zügen mit Neigetechnik befahren werden, wird im Allgemeinen die Klothoide für Übergangsbogen verwendet, woraus sich eine lineare Änderung der Krümmung ergibt. Wenn Übergangsbogen mit nicht-konstanter Änderung genutzt werden, muss die Funktion des Neigetechniksystems bei der Analyse des komplexen Zusammenspiels zwischen Fahrzeug und Gleis berücksichtigt werden.

6.9 Länge der konstanten Überhöhung zwischen zwei linearen Überhöhungsrampen L_i

Die Untergrenzen für die Länge einer Geraden oder eines Kreisbogens zwischen zwei Übergangsbogen, $L_{i,lim}$, sind in Tabelle 16 festgelegt.

Tabelle 16 — Untergrenzen für die Länge der konstanten Überhöhung zwischen zwei linearen Überhöhungsrampen $L_{i,lim}$

Grenzwert	Außergewöhnlicher Grenzwert ^a
20 m	0
^a Die Nutzung eines außergewöhnlichen Grenzwerts zwischen zwei linearen Überhöhungsrampen mit einer über die Grenzwerte nach Tabelle 12 hinausgehenden Gesamtänderung der Neigung der Überhöhungsrampe sollte vermieden werden.	

Für ein alternatives Verfahren zur Bestimmung der Mindestlänge, siehe den informativen Anhang L.

6.10 Unvermittelte Änderung der Krümmung im Grundriss

Eine unvermittelte Änderung der Krümmung kann im Anschluss an Weichen und Kreuzungen, bei der Trassierung für geringe Geschwindigkeiten (Nebengleise usw.) oder bei geringfügigen Abweichungen in der Linienführung innerhalb einer begrenzten Länge, auftreten. Sie ist unvermeidbar an mindestens einem Gleis einer Weiche. In den meisten anderen Fällen sollten Übergangsbogen genutzt werden.

Für unvermittelte Änderungen der Krümmung gelten folgende Grenzwerte:

- Obergrenzen für unvermittelte Änderungen des Überhöhungsfehlbetrags ΔI sind in 6.11 festgelegt;
- Untergrenzen für die Länge zwischen zwei unvermittelten Änderungen der Krümmung L_c sind in 6.12 festgelegt;
- Untergrenzen für die Länge zwischen zwei unvermittelten Änderungen des Überhöhungsfehlbetrags L_s sind in 6.13 festgelegt.

6.11 Unvermittelte Änderung des Überhöhungsfehlbetrags ΔI

Eine unvermittelte Änderung des Überhöhungsfehlbetrags ΔI tritt bei einer unvermittelten Änderung der Krümmung auf. Ein Tangentenpunkt mit einer unvermittelten Änderung des Überhöhungsfehlbetrags führt zu Störungen der Fahrzeugdynamik.

Die Größenordnung der unvermittelten Änderung des Überhöhungsfehlbetrags wird auf der Grundlage der im normativen Anhang K angegebenen Zeichenregeln definiert.

Die Obergrenzen für die unvermittelte Änderung des Überhöhungsfehlbetrags sind in Tabelle 17 festgelegt.

Tabelle 17 — Obergrenzen für unvermittelte Änderungen des Überhöhungsfehlbetrags (ΔI_{lim})

	Grenzwerte	Außergewöhnliche Grenzwerte
$V \leq 60 \text{ km/h}$	110 mm	130 mm ^a
$60 \text{ km/h} < V \leq 200 \text{ km/h}$	100 mm	125 mm
$200 \text{ km/h} < V \leq 230 \text{ km/h}^b$	85 mm	
^a Sofern sowohl vor als auch nach einer unvermittelten Änderung der Krümmung gilt: $V \leq 40 \text{ km/h}$ und $ I \leq 75 \text{ mm}$, darf der außergewöhnliche Grenzwert für ΔI auf 150 mm angehoben werden.		
^b Gegenwärtig gibt es keine Strecken oder entsprechende Planungen in Europa für unvermittelte Änderungen des Überhöhungsfehlbetrags bei Geschwindigkeiten von mehr als 230 km/h.		

ANMERKUNG Bei Außenbereichen mit Weichen und Kreuzungen sollten die Entwurfswerte für unvermittelte Änderungen des Überhöhungsfehlbetrags (sofern angewendet) weit unterhalb der Grenzwerte nach Tabelle 17 liegen.

Im Falle einer unvermittelten Änderung des Überhöhungsfehlbetrags nutzen einige europäische Eisenbahnbetreiber das Prinzip des virtuellen Übergangsbogens, das im informativen Anhang M beschrieben wird. Sofern die Werte für die unvermittelte Änderung des Überhöhungsfehlbetrags auf dem Prinzip des virtuellen Übergangsbogens beruhen, müssen sie auch den in Tabelle 17 festgelegten Obergrenzen entsprechen.

6.12 Länge zwischen zwei unvermittelten Änderungen der Krümmung im Grundriss L_c

Es bestehen Grenzwerte dahingehend, inwieweit der Ausschlag des Fahrzeugendes zwischen zwei benachbarten Fahrzeugen voneinander abweichen darf. Dieses Kriterium steht im Zusammenhang mit der Überpufferung, jedoch können auch Fahrzeuge mit zentraler Kupplung vergleichbare Grenzwerte aufweisen. Der Ausschlag des Fahrzeugendes ist die in EN 15273-1 definierte geometrische Ausragung d_{ga} für das Ende des Fahrzeugs.

In dieser Europäischen Norm beruht das Kriterium auf der Differenz des statischen Endausschlags zwischen zwei 26,4 m langen Reisezugwagen mit einem Drehgestellabstand von 19 m, die auf maximal 382 mm begrenzt ist. Dieses Kriterium ermöglicht den direkten Anschluss zwischen einem langen Kreisbogen mit einem Radius von 220 m und einem weiteren langen Kreisbogen mit einem Radius von 220 m, der entgegengesetzt verläuft. Er ermöglicht auch jegliche Kombination von Kreisbogen, bei denen die Änderung der Krümmung weniger als $1/110 \text{ m}^{-1}$ beträgt.

Bei zweckbestimmten Güterzuggleisen beruht das Kriterium auf der Differenz des statischen Endausschlags zwischen zwei 18,0 m langen Güterwagen mit einem Drehgestellabstand von 12 m, die auf maximal 225 mm begrenzt ist. Dieses Kriterium ermöglicht den direkten Anschluss zwischen einem langen Kreisbogen mit einem Radius von 200 m und einem weiteren langen Kreisbogen mit einem Radius von 200 m, der entgegengesetzt verläuft. Er ermöglicht auch jegliche Kombination von Kreisbogen, bei denen die Änderung der Krümmung weniger als $1/100 \text{ m}^{-1}$ beträgt.

Weisen die Ausrundungen im Grundriss Krümmungen auf, die um mehr als $1/110 \text{ m}^{-1}$ bzw. $1/100 \text{ m}^{-1}$ voneinander abweichen, ist ein Zwischenelement einzufügen, um die Differenzen im Ausschlag des Fahrzeugendes unter Anwendung des statischen Verfahrens nach EN 15273-1 auf maximal 382 mm bzw. 225 mm zu verringern. Bei diesem Zwischenelement darf es sich um eine gerade Strecke, einen Übergangsbogen oder einen Kreisbogen handeln. Die erforderliche Länge des Zwischenelements hängt von den Radien der engen Bogen und dem Typ des Zwischenelements ab.

Für Fahrzeuge mit anderen Merkmalen wird davon ausgegangen, dass Fahrwerk, Kupplungen und Puffer für die Mindestlänge des Zwischenelements L_C ausgelegt sind.

ANMERKUNG Infrastrukturbetreiber können stärker einschränkende größere Längen für ihr Netz (bzw. zweckbestimmte Teile davon) festlegen, um bei bestehenden Fahrzeugen, die diese Annahmen nicht erfüllen, Überpufferung zu vermeiden.

In Tabelle 18 sind Untergrenzen für die Länge eines geraden Zwischenelements für bestimmte Kombinationen langer Kreisbogen festgelegt. Das Gleis weist einen maximalen Betriebswert der Spurweite von 1 470 mm (Nenn-Spurweite von 1 435 mm zuzüglich 35 mm, siehe EN 13848-5) auf. Der normative Anhang N legt weitere Einzelheiten und Beispiele fest.

Tabelle 18 — Bestimmte Untergrenzen für die Länge zwischen zwei unvermittelten Änderungen der Krümmung $L_{C, \text{lim}}$

Trassierungskette	Grenzwerte für Gleise für Reisezugwagen	Grenzwerte für zweckbestimmte Güterzuggleise
$R = 150 \text{ m} — \text{gerade} — R = 150 \text{ m}$	11,47 m	6,79 m
$R = 160 \text{ m} — \text{gerade} — R = 160 \text{ m}$	10,14 m	6,01 m
$R = 170 \text{ m} — \text{gerade} — R = 170 \text{ m}$	8,94 m	5,20 m
$R = 180 \text{ m} — \text{gerade} — R = 180 \text{ m}$	7,84 m	4,25 m
$R = 190 \text{ m} — \text{gerade} — R = 190 \text{ m}$	6,77 m	3,01 m
$R = 200 \text{ m} — \text{gerade} — R = 200 \text{ m}$	5,53 m	0
$R = 210 \text{ m} — \text{gerade} — R = 210 \text{ m}$	3,91 m	0
$R = 220 \text{ m} — \text{gerade} — R = 220 \text{ m}$	0	0

6.13 Länge zwischen zwei unvermittelten Änderungen des Überhöhungsfehlbetrags L_s

Die durch eine unvermittelte Änderung des Überhöhungsfehlbetrags verursachte Störung der Fahrzeugdynamik erfährt eine Dämpfung als Funktion der Zeit.

Von der Geschwindigkeit abhängige Grenzwerte der Länge des/der Zwischenelemente(s) zwischen zwei unvermittelten Änderungen des Überhöhungsfehlbetrags sind in Gleichung (11) und Tabelle 19 festgelegt.

$$L_{s,lim} = q_{s,lim} \cdot V \quad (11)$$

Dabei ist

$q_{s,lim}$ ein in Tabelle 19 definierter Faktor (m·h/km);

V die Zuggeschwindigkeit (km/h).

Tabelle 19 — Untergrenzen für den Faktor $q_{s,lim}$ für die Definition der Mindestlänge zwischen zwei Tangentenpunkten mit unvermittelter Änderung des Überhöhungsfehlbetrags ($L_{s,lim}$)

	Grenzwerte	Außergewöhnliche Grenzwerte
$V \leq 70$ km/h	0,20	0,10 ^a
70 km/h $< V \leq 100$ km/h	0,20	0,15 ^b
100 km/h $< V \leq 230$ km/h	0,25	0,19
^a Sofern $\Delta l \leq 110$ mm und $V \leq 50$ km/h, darf $q_{s,lim}$ auf 0,08 m·h/km verringert werden. ^b Sofern $\Delta l \leq 100$ mm und $V \leq 90$ km/h, darf $q_{s,lim}$ auf 0,10 m·h/km verringert werden.		

ANMERKUNG Bei Weichen und Kreuzungen in Übergangsbogen darf die Länge zwischen zwei unvermittelten Änderungen des Überhöhungsfehlbetrags mehr als ein Zwischenelement umfassen.

Bei dem Zwischenelement handelt es sich normalerweise um ein Element mit konstantem Überhöhungsfehlbetrag (oder konstantem Überhöhungsüberschuss). Sofern der Überhöhungsfehlbetrag nicht konstant ist, darf die Änderung des Überhöhungsfehlbetrags mit der Zeit nicht über dem Grenzwert nach 6.8 liegen.

Der Grenzwert $L_{s,lim}$ gilt nicht, wenn die Gesamtänderung des Überhöhungsfehlbetrags über die beiden (oder mehr) Trassierungspunkte nicht den Grenzwert nach 6.11 überschreitet. Die Größenordnung der unvermittelten Änderung des Überhöhungsfehlbetrags wird auf der Grundlage der im normativen Anhang K angegebenen Zeichenregeln definiert.

Im Falle einer unvermittelten Änderung des Überhöhungsfehlbetrags nutzen einige europäische Eisenbahnbetreiber das Prinzip des virtuellen Übergangsbogens, das im informativen Anhang M beschrieben wird. Sofern die Länge zwischen zwei Trassierungspunkten mit unvermittelten Änderungen des Überhöhungsfehlbetrags auf dem Prinzip des virtuellen Übergangsbogens beruht, muss sie auch den in Tabelle 19 festgelegten Untergrenzen entsprechen.

6.14 Gleisneigung p

Die absoluten Größenordnungen der Gleisneigung p sind auf der Grundlage der verfügbaren Zugkraft in Bezug auf die Masse sowie die Bremsleistung des Zuges zu begrenzen. In dieser Europäischen Norm sind keine Obergrenzen für die Größenordnungen der Neigungen festgelegt. Für bestimmte entwurfsbezogene Überlegungen siehe den informativen Anhang O.

ANMERKUNG Obergrenzen für die Gleisneigung sind in den TSI definiert.

Untergrenzen für die Länge der konstanten Gleisneigung $L_{g,lim}$ sind in Tabelle 20 festgelegt.

Tabelle 20 — Untergrenzen für die Länge der konstanten Gleisneigung $L_{g,lim}$

Grenzwert	Außergewöhnlicher Grenzwert
20 m	0

ANMERKUNG Im Falle von Strecken für bestimmte Bahnfahrzeuge mit sekundärer Luftfederung wird für Abschnitte zwischen einer konvexen und einer konkaven Ausrundung im Höhenbild, die beide vertikale Radien nahe den unteren außergewöhnlichen Grenzwerten nach 6.15 aufweisen, empfohlen, eine Untergrenze von 0,5 V m/(km/h) für die Länge einer konstanten Zwischenneigung anzusetzen.

In dieser Europäischen Norm werden keine Obergrenzen für die Länge der konstanten Gleisneigung $L_{gu,lim}$ festgelegt.

ANMERKUNG Bestimmte Obergrenzen für die Länge der Gleisneigung sind in den TSI festgelegt.

6.15 Vertikaler Radius R_v

Im Allgemeinen werden Ausrundungen im Höhenbild als Parabeln (Polynome 2. Grades) oder als Kreisbogen konstruiert. Sie dürfen ohne Übergangsbogen ausgelegt sein.

ANMERKUNG Eine Ausrundung im Höhenbild im abzweigenden Gleis überhöhter Weichen- und Kreuzungsanlagen kann die Form eines Polynoms höherer Ordnung als eine Parabel aufweisen.

Weichen- und Kreuzungsanlagen sollten an Stellen eingebaut werden, an denen die Gleise eben sind, und zwar bei einer konstanten Neigung oder einem großen vertikalen Radius. Von der Geschwindigkeit unabhängige Untergrenzen für vertikale Radien $R_{v,lim}$ sind in Tabelle 21 festgelegt.

Tabelle 21 — Untergrenzen für vertikale Radien $R_{v,lim}$

	Grenzwerte	Außergewöhnliche Grenzwerte
Allgemeines	2 000 m	500 m ^a
Weichen und Kreuzungen, konvexe Ausrundungen	5 000 m	2 000 m
Weichen und Kreuzungen, konkave Ausrundungen	3 000 m	2 000 m
Anlaufberge, konvexe Ausrundungen	250 m ^a	
Anlaufberge, konkave Ausrundungen	300 m ^a	
^a Nicht alle Fahrzeuge sind für vertikale Radien von weniger als 500 m ausgelegt und zugelassen (siehe EN 15273-2).		

Der vertikale Radius für sowohl das normale Gleis als auch Weichen- und Kreuzungsanlagen muss auch den in Gleichung (12) und Tabelle 22 festgelegten von der Geschwindigkeit abhängigen Untergrenzen entsprechen.

$$R_v \geq q_{R,lim} \cdot V^2 \quad (12)$$

Tabelle 22 — Untergrenzen des Faktors für den vertikalen Radius $q_{R,lim}$

	Grenzwerte	Außergewöhnliche Grenzwerte
konvexe Ausrundungen	0,35 m·h ² /km ²	0,15 m·h ² /km ²
konkave Ausrundungen	0,35 m·h ² /km ²	0,13 m·h ² /km ²

ANMERKUNG Für Strecken, auf denen möglicherweise die meisten der Fahrgäste stehen, wird empfohlen, dass der Faktor q_R größer als 0,77 m h²/km² sein sollte.

Diese Europäische Norm enthält keine Obergrenze für den vertikalen Radius. Lokal gültige Normen können jedoch in Abhängigkeit von den Fähigkeiten der Trassierungssoftware eine derartige Obergrenze enthalten, um sehr große Zahlen handhaben zu können, oder zu weiteren praktischen Zwecken.

6.16 Länge der Ausrundungen im Höhenbild L_v

Untergrenzen für die Länge der Ausrundungen im Höhenbild $L_{v,lim}$ sind in Tabelle 23 festgelegt.

Tabelle 23 — Untergrenzen für die Länge der Ausrundungen im Höhenbild $L_{v,lim}$

Grenzwert	Außergewöhnlicher Grenzwert
20 m	0

6.17 Unvermittelte Änderung der Gleisneigung Δp

Normalerweise dürfen keine zwei konstanten Gleisneigungen ohne dazwischenliegende Ausrundung im Höhenbild miteinander verbunden werden. In Ausnahmefällen darf eine unvermittelte Änderung der Gleisneigung Δp vorliegen. Die Größenordnung der unvermittelten Änderung der Gleisneigung Δp wird auf der Grundlage der im normativen Anhang K angegebenen Zeichenregeln definiert.

Die Obergrenzen für eine unvermittelte Änderung der Gleisneigung Δp_{lim} sind in Tabelle 24 festgelegt.

Tabelle 24 — Obergrenzen für eine unvermittelte Änderung der Gleisneigung in normalen Gleisen Δp_{lim}

	Grenzwerte	Außergewöhnliche Grenzwerte
$0 < V \leq 230$ km/h	1 mm/m	2 mm/m
230 km/h $< V \leq 360$ km/h	0,5 mm/m	1 mm/m

Innerhalb einer an einem Trassierungspunkt angeordneten Weichen- und Kreuzungsanlage, an der eine unvermittelte Änderung der Neigung der Überhöhungsrampe auftritt, wird es zu einer entsprechenden unvermittelten Änderung der Gleisneigung des abzweigenden Gleises kommen. Diese Auswirkung darf vernachlässigt werden, da sie bereits auf der Grundlage des Grenzwertes der Neigung der Überhöhungsrampe berücksichtigt wurde.

ANMERKUNG Für Fährampen sind Grenzwerte für unvermittelte Änderungen der Gleisneigung in EN 15273-3 festgelegt.

Zwei unvermittelte Änderungen der Gleisneigung sollten nicht im Anschluss aneinander angeordnet werden. Eine derartige Anordnung kann jedoch im abzweigenden Gleis zwischen zwei Weichen- und Kreuzungsanlagen gerechtfertigt sein. Der Abstand zwischen zwei derartigen unvermittelten Änderungen der Gleisneigung sollte die Länge einer Ausrundung im Höhenbild überschreiten, wobei der Radius 6.15 entsprechen sollte, was zur gleichen Gesamtänderung der Gleisneigung führt.

Anhang A (informativ)

Regeln für die Umwandlung von Parameterwerten für Spurweiten größer als 1 435 mm

A.1 Anwendungsbereich

In diesem informativen Anhang werden die Regeln beschrieben, die für die Umwandlung der Werte und Grenzwerte nach dieser Norm für Spurweiten größer 1 435 mm angewendet werden dürfen.

Im normativen Anhang B sind die Grenzwerte für die Linienführung in Gleisen auf der Grundlage der folgenden Regeln definiert, die auf Gleise mit einer Spurweite von 1 524 mm bzw. 1 668 mm anzuwenden sind.

A.2 Symbole und Abkürzungen

Sofern nicht anders angegeben, gelten die Symbole und Abkürzungen nach Tabelle A.1 für die Anwendung von Anhang A.

Tabelle A.1 — Symbole und Abkürzungen

Nr	Symbol	Bedeutung	Einheit
30	a_i, a_{i1}	quasi-statische Seitenbeschleunigung auf Gleishöhe, aber parallel zum Fahrzeugboden	m/s ²
31	a_q, a_{q1}	unausgeglichene Seitenbeschleunigung in der Lafebene	m/s ²
32	B, B_1	Abstand zwischen den Federdämpfungspunkten eines Radsatzes	mm
33	$da_i/dt, da_{i1}/dt$	zeitbezogene Änderung der quasi-statischen Seitenbeschleunigung auf Gleishöhe, aber parallel zum Fahrzeugboden	m/s ³
34	$dD/ds, dD_1/ds$	Neigung der Überhöhungsrampe	mm/m
35	$dD/dt, dD_1/dt$	Änderung der Überhöhung mit der Zeit	mm/s
36	$dI/dt, dI_1/dt$	Änderung des Überhöhungsfehlbetrags mit der Zeit	mm/s
37	D, D_1	Überhöhung	mm
38	e, e_1	Abstand zwischen den Nennmittelpunkten der beiden Radaufstandspunkte eines Radsatzes (z. B. etwa 1 500 mm für Spurweite 1 435 mm)	mm
39	E, E_1	Überhöhungsüberschuss	mm
40	G	Fallbeschleunigung: 9,81 m/s ²	m/s ²
41	H_s	quasi-statische Querkraft, den ein Radsatz auf das Gleis ausübt	N
42	h_g	Höhe über der Oberseite der Schienen für den Masseschwerpunkt des Fahrzeugs	m
43	I, I_1	Überhöhungsfehlbetrag	mm
44	K, K_1	Koeffizient für die Steifigkeit der Dämpfung	N/m

Tabelle A.1 — Symbole und Abkürzungen (fortgesetzt)

Nr	Symbol	Bedeutung	Einheit
45	ℓ	Radstand des Fahrzeugs	m
46	q_E, q_{E1}	Faktor zur Berechnung der ausgleichenden Überhöhung	mm·m·h ² /km ²
47	Q_N	nominale vertikale Rad-/Schiene-Kraft	N
48	R	Übersetzungsverhältnis e_1/e ($e_1/1\ 500\text{ mm}$)	–
49	s_r	Wankneigungskoeffizient entsprechend dem Neigungskoeffizienten s in EN 15273-1	–
50	s_t	Faktor des Neigungsausgleichs eines Neigungssystems	–
51	$\Delta a_i, \Delta a_{i1}$	unvermittelte Änderung der quasi-statischen Seitenbeschleunigung Δa_i	m/s ²
52	$\Delta D, \Delta D_1$	Gesamtänderung der Gleisüberhöhung entlang der Überhöhungsrampe	mm
53	$\Delta I, \Delta I_1$	Gesamtänderung des Überhöhungsfehlbetrags (und/oder des Überhöhungsüberschusses) über einen Übergang oder unvermittelte Änderung des Überhöhungsfehlbetrags an einem Trassierungspunkt	mm
54	$\Delta Q, \Delta Q_1$	Zunahmeschritt der quasi-statischen vertikalen Rad-/Schiene-Kraft	N
55	$\dot{\varphi}, \dot{\varphi}_1$	Rotationsgeschwindigkeit	rad/s
56	μ	Änderung der Querebene zwischen den Radsätzen, die durch das Dämpfungssystem verbunden sind	m

Die mit dem Index 1 angegebenen Parameter beziehen sich auf die umgewandelten Werte für Gleise mit Spurweiten größer als 1 435 mm, im Unterschied zu den ursprünglichen Werten der Spurweite 1 435 mm, die nicht mit einem Index versehen sind.

A.3 Grundlegende Annahmen und Äquivalenzregeln

A.3.1 Allgemeines

Die Bedingungen beruhen auf den gleichen Kriterien für die folgenden Konzepte:

- Gleiskräfte und Sicherheit;
- wirtschaftliche Aspekte der Gleisinstandhaltung;
- Koeffizient für Fahrkomfort und Wankneigung.

Es wird angenommen, dass:

- Gleissystem und Gleisqualität für größere Spurweiten ähnlich sind;
- die Zusammensetzung der Fahrzeuge und deren Radanordnung, die Masse, die Lage des Schwerpunktes, die Steifigkeit und die Dämpfer ähnlich sind;
- die gleichen Sicherheitsgrenzwerte hinsichtlich Entgleisung, $\left(\frac{Y}{Q}\right)_{\text{lim}}$, gelten;

- die gleichen Sicherheitsgrade hinsichtlich des Grenzwertes der Gleisverschiebung erhalten werden, und zwar durch die Anwendung der gleichen Niveaus für H_S und, im Falle von Entgleisung und Kippen, durch die Anwendung der gleichen Werte der reduzierten vertikalen Last, ΔQ , auf die Räder (die Führungsräder im Falle von Entgleisung);
- der gleiche Grad der Gleisermüdung erreicht wird, wenn die Werte H_S und Q aufrechterhalten werden;
- der gleiche Fahrkomfort für die Passagiere erreicht wird, wenn die Werte für a_i , $\frac{da_i}{dt}$ und Δa_i unverändert bleiben.

A.3.2 Grundlegende Gleichungen

Gleichung (A.1) bestimmt quantitativ den Einfluss des Überhöhungsfehlbetrags I auf die quasi-statische Querkraft zwischen einem Radsatz und dem Gleis H_S .

$$H_S = 2 \cdot Q_N \cdot \frac{I}{e} \quad (\text{A.1})$$

Gleichung (A.2) bestimmt quantitativ den Einfluss des Überhöhungsfehlbetrags I auf die Zunahmeschritte der quasi-statischen vertikalen Rad-/Schiene-Kraft ΔQ .

$$\Delta Q = 2 \cdot Q_N \cdot I \cdot \frac{h_g}{e^2} \quad (\text{A.2})$$

Im Falle eines Überhöhungsüberschusses wird I in den Gleichungen (A.1) und (A.2) durch E ersetzt (siehe 6.4).

Gleichung (A.3) bestimmt quantitativ den Einfluss der Änderung der Querebene μ auf die Zunahmeschritte der quasi-statischen vertikalen Rad-/Schiene-Kraft ΔQ .

$$\Delta Q = K \cdot \left(\frac{\mu}{4} \right) \cdot \left(\frac{B}{e} \right)^2 \quad (\text{A.3})$$

Bei üblichen Schienenfahrzeugen darf davon ausgegangen werden, dass der Abstand B 500 mm über dem Abstand e liegt. Bei einer Spurweite von 1 435 mm darf für B ein Wert von 2 000 mm angenommen werden.

Die Gleichungen (A.4) bis (A.5) bestimmen quantitativ den Einfluss des Überhöhungsfehlbetrags I auf die unausgeglichene Seitenbeschleunigung in der Gleisebene bzw. innerhalb des Fahrzeugs (eines Fahrzeugs ohne Neigetechnik).

$$a_q = g \cdot \frac{I}{e} \quad (\text{A.4})$$

$$a_i = (1 + s_r) \cdot a_q \quad (\text{A.5})$$

A.3.3 Basisgrößen

Die Parameterwerte für Spurweiten größer als 1 435 mm werden mit dem Index 1 bezeichnet. Bei jedem Netzwerksystem müssen die Werte e_1 und B_1 berücksichtigt werden. Sofern die Werte nicht bekannt sind, darf e_1 durch Addition von 65 mm zur Spurweite bestimmt werden und für B_1 darf ein Wert angenommen werden, der den Abstand e_1 um 500 mm überschreitet.

Ein allgemein angewendeter Umrechnungsfaktor wird durch Gleichung (A.6) definiert.

$$r = \frac{e_1}{e} = \frac{e_1}{1\,500\text{ mm}} \quad (\text{A.6})$$

Für Spurweiten über 1 435 mm gelten die Gleichungen (A.7) und (A.8).

$$r > 1 \quad (\text{A.7})$$

$$B_1 > B \quad (\text{A.8})$$

A.4 Ausführliche Umwandlungsregeln

A.4.1 Allgemeines

In den folgenden Unterabschnitten wird für jeden der Linienführung zugehörigen Parameter die anzuwendende Umwandlungsregel definiert.

A.4.2 Überhöhung D_1 (6.2 im Hauptteil der Norm)

Der Radius im Grundriss darf nach Gleichung (A.9) aus den Werten der Überhöhung D und des Überhöhungsfehlbetrags I abgeleitet werden.

$$R = C \cdot \frac{V^2}{D + I} \quad (\text{A.9})$$

Der Faktor für die Berechnung der ausgleichenden Überhöhung C kann nach den Gleichungen (A.10) bis (A.11) abgeleitet werden.

$$C_1 = \frac{e_1}{(q_V)^2 \cdot g} \quad (\text{A.10})$$

$$C = \frac{e}{(q_V)^2 \cdot g} \quad (\text{A.11})$$

Dabei ist

$$q_V = 3,6 \text{ (km/h)/(m/s);}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Die Kombination der Gleichungen (A.10) und (A.11) ergibt Gleichung (A.12), die mit den entsprechenden Werten für Überhöhung und Überhöhungsfehlbetrag für den modifizierten Spurweitenwert, D_1 und I_1 , angewendet werden sollte.

$$C_1 = r \cdot C \quad (\text{A.12})$$

Sicherheit:

- Grenzwert für die Gleisverschiebung: nicht relevant.
- Entgleisung und Kippen: die verminderten vertikalen Kräfte ΔQ auf die höher gelegene Schiene (bei einem Zug, der anhält oder langsam fährt) können mit den Gleichungen (A.13) bis (A.14) bestimmt werden.

$$\Delta Q_1 = 2 \cdot Q_N \cdot D_1 \cdot \frac{h_g}{e_1^2} \quad (\text{A.13})$$

$$\Delta Q = 2 \cdot Q_N \cdot D \cdot \frac{h_g}{e^2} \quad (\text{A.14})$$

Unter der Annahme der gleichen Verminderung in der vertikalen Rad-/Schiene-Kraft, $\Delta Q_1 = \Delta Q$, gilt Gleichung (A.15).

$$D_1 = r^2 \cdot D \quad (\text{A.15})$$

Die Grenz-Überhöhung als Funktion des Radius im Grundriss ist durch Gleichung (A.16) festgelegt.

$$D_{1R,\text{lim}} = r^2 \cdot D_{R,\text{lim}} = r^2 \cdot \frac{R - 50 \text{ m}}{1,5 \text{ m/mm}} \quad (\text{A.16})$$

Kriterien zur Gleisermüdung:

- Die zusätzlichen vertikal auf die unten liegende Schiene wirkenden Kräfte (geringe Geschwindigkeit) ΔQ können mit den Gleichungen (A.13) bis (A.14) bestimmt werden. Folglich gilt Gleichung (A.15) für dieses Kriterium.
- Die quasi-statische durch einen Radsatz auf das Gleis ausgeübte Querkraft (geringe Geschwindigkeit) H_s kann mit den Gleichungen (A.16) bis (A.17) bestimmt werden.

$$H_s = 2 \cdot Q_N \cdot \frac{D_1}{e_1} \quad (\text{A.16})$$

$$H_s = 2 \cdot Q_N \cdot \frac{D}{e} \quad (\text{A.17})$$

Unter der Annahme der gleichen quasi-statischen Querkraft, $H_{s1} = H_s$, gilt Gleichung (A.18).

$$D_1 = r \cdot D \quad (\text{A.18})$$

Fahrkomfort für die Passagiere:

Die Seitenbeschleunigung im Fahrzeug (geringe Geschwindigkeit) a_i kann mit den Gleichungen (A.19) bis (A.20) bestimmt werden.

$$a_{i1} = (1 + s_{r1}) \cdot a_{q1} = (1 + s_{r1}) \cdot g \cdot \frac{D_1}{e_1} \quad (\text{A.19})$$

$$a_i = (1 + s_r) \cdot a_q = (1 + s_r) \cdot g \cdot \frac{D}{e} \quad (\text{A.20})$$

Unter der Annahme der gleichen Seitenbeschleunigung im Fahrzeug, $a_{11} = a_1$, gilt Gleichung (A.21).

$$D_1 = \frac{1 + s_r}{1 + s_{r1}} \cdot r \cdot D \quad (\text{A.21})$$

Für $s_{r1} = s_r$ darf Gleichung (A.21) zu Gleichung (A.22) vereinfacht werden.

$$D_1 = r \cdot D \quad (\text{A.22})$$

Regeln für die Umwandlung der Werte:

Grenzwerte und außergewöhnliche Grenzwerte für die Überhöhung sollten, unabhängig vom Radius im Grundriss, D_{lim} , nach 6.2 mit r multipliziert werden.

Die Grenzwerte für die Überhöhung als Funktion des Radius im Grundriss, $D_{R,\text{lim}}$, nach 6.2 sollten mit r^2 multipliziert werden.

Für Gleise entlang von Bahnsteigen beträgt die Überhöhungseinschränkung $\frac{1 + s_r}{1 + s_{r1}} r \cdot D$. Wenn $s_r = s_{r1}$ ist, wird diese Einschränkung $r \cdot D$ sein.

A.4.3 Überhöhungsfehlbetrag I_1 (6.3 im Hauptteil der Norm)

Der Überhöhungsfehlbetrag für Spurweiten größer als 1 435 mm, I_1 , darf nach Gleichung (A.23) bestimmt werden.

$$I_1 = \frac{C_1 \cdot V^2}{R} - D_1 = r \cdot I \quad (\text{A.23})$$

Sicherheit:

— Die quasi-statische durch einen Radsatz auf das Gleis ausgeübte Querkraft H_s kann mit den Gleichungen (A.24) bis (A.25) bestimmt werden.

$$H_s = 2 \cdot Q_N \cdot \frac{I_1}{e_1} \quad (\text{A.24})$$

$$H_s = 2 \cdot Q_N \cdot \frac{I}{e} \quad (\text{A.25})$$

Unter der Annahme der gleichen quasi-statischen Querkraft, $H_{s1} = H_s$, gilt Gleichung (A.26).

$$I_1 = r \cdot I \quad (\text{A.26})$$

— Entgleisung und Kippen:

Hinsichtlich des Risikos für Entgleisung und Kippen wird davon ausgegangen, dass es durch die gleichen Kriterien wie für die quasi-statische Querkraft eliminiert wird, daher gelten die Gleichungen (A.24) bis (A.26) für diese Kriterien.

Kriterien zur Gleisermüdung:

Der gleiche Grad der Gleisbeanspruchung gilt für die gleichen Werte von H_s , daher gelten die Gleichungen (A.24) bis (A.26) für dieses Kriterium.