

DIN EN 13803-1

ICS 93.100

Ersatz für
DIN EN 13803-1:2010-12

**Bahnanwendungen –
Oberbau - Linienführung in Gleisen - Spurweiten 1435 mm und größer –
Teil 1: Durchgehendes Hauptgleis;
Deutsche Fassung EN 13803-1:2010**

Railway applications –
Track - Track alignment design parameters - Track gauges 1 435 mm and wider –
Part 1: Plain line;
German version EN 13803-1:2010

Applications ferroviaires –
Voie - Paramètres de conception du tracé de la voie - Écartement 1 435 mm et plus large –
Partie 1: Voie courante;
Version allemande EN 13803-1:2010

Gesamtumfang 79 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 NA 087-00-01-08 UA „Trassierungsparameter“ im Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF).

Änderungen

Gegenüber DIN V ENV 13803-1:2004-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Europäische Vornorm wurde vollständig in eine Europäische Norm gleichen Inhaltes überführt;
- b) zusätzlich wurde der Abschnitt 2 Normative Verweisungen aufgenommen;
- c) Anhang ZA entsprechend der EU-Richtlinie 2008/57/EG angepasst.

Gegenüber DIN EN 13803-1:2010-12 wurden folgende Korrekturen vorgenommen:

- d) in Tabelle A.3 wurde in 2 Gleichungen in Zeile 4 und 7 „ l^2 “ durch „ l^3 “ ersetzt.

Frühere Ausgaben

DIN V ENV 13803-1: 2004-07

DIN EN 13803-1: 2010-12

Deutsche Fassung

Bahnanwendungen —
Oberbau – Linienführung in Gleisen – Spurweiten 1 435 mm und größer —
Teil 1: Durchgehendes Hauptgleis

Railway applications —
Track – Track alignment design parameters —
Track gauges 1 435 mm and wider —
Part 1: Plain line

Applications ferroviaires —
Voies – Paramètres de conception du tracé de la voie –
Écartement 1 435 mm et plus large —
Partie 1: Voie courante

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 20. Mai 2010 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	7
4 Symbole und Abkürzungen	9
5 Anforderungen	10
5.1 Hintergrund	10
5.1.1 Allgemeines	10
5.1.2 Parameter für die Linienführung der Gleise	11
5.1.3 Bemessung der Parameter	11
5.2 Normale und außergewöhnliche Grenzwerte für die Linienführung in Gleisen	12
5.2.1 Kreisbogenradius im Grundriss R	12
5.2.2 Überhöhung D	13
5.2.3 Überhöhungsfehlbetrag I	13
5.2.4 Überhöhungsüberschuss E	15
5.2.5 Neigung der Überhöhungsrampe dD/ds	15
5.2.6 Änderung der Überhöhung mit der Zeit dD/dt	16
5.2.7 Änderung des Überhöhungsfehlbetrages dI/dt	17
5.2.8 Länge des Übergangsbogens in der horizontalen Ebene L_K	19
5.2.9 Länge von Kreisbögen und Geraden zwischen zwei Übergangsbögen L_i	20
5.2.10 Trassierung im Höhenbild, Neigungsänderungen	20
5.2.11 Radius im Höhenbild R_V	21
Anhang A (informativ) Ergänzende Information für die Planung der Linienführung in Gleisen bezüglich der Form und Länge von Trassierungselementen	22
A.1 Allgemeines	22
A.2 Zusammenfassung der Merkmale verschiedener Übergangsbögen	22
A.3 Weitere zu beachtende Auslegungsparameter für die Gleislinienführung und ein fortschrittliches System von Trassierungsregeln	25
A.3.1 Symbole und Abkürzungen	25
A.3.2 Zweck	27
A.3.3 Fortschrittliche Gleislinienführung	27
A.3.4 Anwendung	32
Anhang B (informativ) Länge der Trassierungselemente (Kreisbögen und Geraden) zwischen zwei Übergangsbögen L_i	47
Anhang C (informativ) Regeln zur Umwandlung von Parameterwerten für Gleise mit Spurweiten größer als 1 435 mm	48
C.1 Anwendungsbereich	48
C.2 Symbole und Abkürzungen	48
C.3 Grundlegende Annahmen und entsprechende Regeln	49
C.4 Detaillierte Umwandlungsregeln	50
C.4.1 Kreisbogenradius im Grundriss R_1 (5.2.1)	50
C.4.2 Überhöhung D_1 (5.2.2)	51
C.4.3 Überhöhungsfehlbetrag I_1 (5.2.3)	52
C.4.4 Überhöhungsüberschuss E_1 (5.2.4)	53
C.4.5 Neigung der Überhöhungsrampe dD_1/ds (5.2.5)	53
C.4.6 Änderung der Überhöhung in der Zeit dD_1/dt (5.2.6 im Hauptteil dieser Norm)	54
C.4.7 Änderung des Überhöhungsfehlbetrages dI_1/dt (5.2.7)	54
C.4.8 Länge des Übergangsbogens in der horizontalen Ebene L_K (5.2.8)	55
C.4.9 Weitere Parameter (5.2.9, 5.2.10 und 5.2.11)	55

Anhang D (normativ) Grenzwerte der Gestaltungsparameter für Linienführungen für Spurweiten größer als 1 435 mm	56
D.1 Anwendungsbereich	56
D.2 Anforderungen für eine Spurweite von 1 668 mm	56
D.2.1 Allgemeines	56
D.2.2 Überhöhung D_1	56
D.2.3 Überhöhungsfehlbetrag I_1	56
D.2.4 Überhöhungsüberschuss E_1	57
D.2.5 Neigung der Überhöhungsrampe dD_1/ds	57
D.2.6 Änderung der Überhöhung in der Zeit dD_1/dt	58
D.2.7 Änderung des Überhöhungsfehlbetrags dI_1/dt	58
D.2.8 Länge von Kreisbögen und Geraden zwischen zwei Übergangsbögen L_{i1}	59
D.2.9 Trassierung im Höhenbild, Neigungsänderungen	59
D.2.10 Radius im Höhenbild	59
D.3 Anforderungen für eine Spurweite von 1 524 mm	59
D.3.1 Allgemeines	59
D.3.2 Überhöhung D_1	60
D.3.3 Überhöhungsfehlbetrag I_1	60
D.3.4 Überhöhungsüberschuss E_1	61
D.3.5 Neigung der Überhöhungsrampe dD_1/ds	61
D.3.6 Änderung der Überhöhung in der Zeit dD_1/dt	61
D.3.7 Änderung des Überhöhungsfehlbetrags dI_1/dt	62
D.3.8 Länge von Kreisbögen und Geraden zwischen zwei Übergangsbögen L_{i1}	62
D.3.9 Trassierung im Höhenbild, Neigungsänderungen	62
D.3.10 Radius im Höhenbild	63
Anhang E (informativ) Gleiswiderstand gegen Seitenkräfte, die durch das Fahrzeug verursacht werden	64
E.1 Einführung	64
E.2 Der Einfluss der Linienführungsparameter auf Querkräfte, die durch Fahrzeuge verursacht werden	64
E.2.1 Überhöhungsfehlbetrag	64
E.2.2 Überhöhungsüberschuss	65
E.2.3 Die Grenzwerte der Querkräfte auf ein Gleis unter Belastung (<i>Prud'homme</i> -Grenzwert)	65
E.2.4 Faktoren, die den Gleiswiderstand gegen Querverschiebung beeinflussen	65
Anhang F (informativ) Folgen für Gleiswiderstand, Spannung und Ermüdung beim Einsatz von Neigetechniksystemen	66
F.1 Allgemeines	66
F.2 Grundprinzipien der Neigetechnik	66
F.3 Sicherheitsanforderungen	67
F.3.1 Seitliche Radsatzkraft und Gleisquerfestigkeit (Gleisquerverschiebung)	67
F.3.2 Kippen des Fahrzeugs	67
F.3.3 Komfortanforderungen	68
Anhang G (informativ) Einschränkungen und Risiken bei der Anwendung außergewöhnlicher Grenzwerte	69
Anhang H (informativ) Zusammenfassung der Arbeitsergebnisse des ORE Ausschusses B 55 — Größte zulässige Überhöhung	70
H.1 Einführung	70
H.2 Kriterium für die Entgleisungssicherheit bei niedriger Geschwindigkeit durch Aufklettern des Rades	70
H.3 Grenzwerte für Gleisverwindungen	71
H.4 Regeln für die Konstruktion und Prüfung neuer Fahrzeuge im Hinblick auf die Sicherheit beim Befahren von Gleisverwindungen	72
H.5 Verzeichnis der vom Sachverständigenausschuss ORE B 55 vorgelegten Berichte	72

Anhang I (informativ) A-Abweichung Schweiz.....73

Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den
grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2008/57/EG des Europäischen
Parlaments und des Rates vom 17. Juni 2008 zur Interoperabilität des Schienensystems
innerhalb der Gemeinschaft 74

Literaturhinweise 77

Vorwort

Dieses Dokument (EN 13803-1:2010) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Dezember 2010, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 2010 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt ENV 13803-1:2002.

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.

- Richtlinie des Rates 96/48/EG vom 23. Juli 1996 über die Interoperabilität des Europäischen Hochgeschwindigkeitsbahnsystems¹⁾
- Richtlinie 2004/17/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 31. März 2004 zur Koordinierung der Zuschlagserteilung durch Auftraggeber im Bereich der Wasser-, Energie- und Verkehrsversorgung sowie der Postdienste²⁾
- Richtlinie 91/440/EWG des Rates vom 29. Juli 1991 zur Entwicklung der Eisenbahnunternehmen der Gemeinschaft³⁾

EN 13803, *Bahnanwendungen — Oberbau — Linienführung in Gleisen — Spurweite 1 435 mm und größer* besteht aus den folgenden Teilen:

- *Teil 1: Durchgehendes Hauptgleis*
- *Teil 2: Weichen und Trassierungselemente mit unvermitteltem Krümmungswechsel*

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

1) Amtsblatt der EG Nr. L 235 vom 17.09.1996

2) Amtsblatt der EG Nr. L 134 vom 30.04.2004

3) Amtsblatt der EG Nr. L 237 vom 24.08.1991

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt die Regeln und Grenzen fest, welche die zulässige Geschwindigkeit für die vorhandene Trassierung bestimmen. Alternativ legt sie, für eine festgelegte zulässige Geschwindigkeit, Grenzen zur Linienführung von Gleisen fest.

Weitere einschränkende Anforderungen der TSI Infrastruktur für Hochgeschwindigkeit und konventionelle Strecken, so wie weitere (nationale, firmeninterne usw.) Regeln, können zutreffen.

Diese Europäische Norm gilt für Hauptgleise mit Spurweiten von 1 435 mm und größer mit zulässigen Geschwindigkeiten zwischen 80 km/h und 300 km/h. Anhang C (informativ) beschreibt die Umrechnungsregeln, die für Gleise mit Spurweiten größer als 1 435 mm angewendet werden können. Der normative Anhang D wird für Spurweiten größer als 1 435 mm angewendet.

Die für diesen Geschwindigkeitsbereich genannten Werte und Regeln können auch für Strecken angewandt werden, die mit einer Geschwindigkeit von weniger als 80 km/h betrieben werden. In diesem Fall kann es notwendig sein, mehr oder weniger einschränkende Werte anzuwenden; diese sollten in dem Vertrag festgelegt werden.

Diese Europäische Norm braucht nicht für innerstädtische und Vorortbahnstrecken angewendet werden.

Diese Europäische Norm berücksichtigt Fahrzeuge, die für höhere Überhöhungsfehlbeträge zugelassen sind..

Für den Betrieb von Neigetechnik-Zügen sind in dieser Europäischen Norm spezifische Anforderungen festgelegt.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente 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 13803-2, *Bahnanwendungen — Oberbau — Linienführung in Gleisen — Spurweiten 1 435 mm und größer — Teil 2: Weichen und Kreuzungen sowie vergleichbare Trassierungselemente mit unvermitteltem Krümmungswechsel*

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

EN 15686, *Bahnanwendungen — Fahrtechnische Prüfung für die fahrtechnische Zulassung mit Kompensation für Überhöhungsfehlbetrag, und/oder mit höherem Fehlbetrag als in EN 14363:2005, Anhang G*

EN 15687, *Bahnanwendungen — Fahrtechnische Prüfung für die fahrtechnische Zulassung von Güterfahrzeugen mit statischer Radsatzlast von 225 kN bis 250 kN*

ISO 80000-3, *Quantities and units — Part 3: Space and time*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Trassierungselement

Teilstück des Gleises mit entweder vertikalem Verlauf, horizontalem Verlauf oder Überhöhung, die einer einzigen mathematischen Beschreibung als Funktion der Weglänge längs der Gleismittellinie folgt

ANMERKUNG Soweit nicht anders festgelegt, sind die der Linienführung zugehörigen Parameter für die Gleismittellinie definiert und die Weglänge wird an der Projektion der Gleismittellinie in die horizontale Ebene gemessen.

3.2

Kreisbogen

Bogen mit konstantem Radius

3.3

Übergangsbogen

Bogen mit veränderlichem Radius

ANMERKUNG 1 Im Allgemeinen wird die Klothoide (manchmal genähert als Polynom 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 ausgerundet.

ANMERKUNG 2 Es ist möglich, andere Formen von Übergangsbögen mit nicht-linearem Verlauf der Krümmung zu verwenden. Anhang A führt im Einzelnen verschiedene Arten von Übergangsbögen an, die bei der Linienführung von Gleisen angewandt werden.

ANMERKUNG 3 Im Allgemeinen werden bei Abrundungen im Aufriss keine Übergangsbögen verwendet.

3.4

Korbbogen

Folge von gekrümmten Trassierungselementen, die zwei oder mehr Kreisbögen in derselben Richtung enthalten

ANMERKUNG Der Korbbogen kann Übergangsbögen zwischen den Kreisbögen und/oder den Kreisbögen und den geraden Gleisen enthalten.

3.5

Gegenbogen

Folge von gekrümmten Trassierungselementen, die Trassierungselemente enthalten, die in Gegenrichtung gekrümmt sind

ANMERKUNG Eine Folge von gekrümmten Trassierungselementen kann sowohl einen Korbbogen als auch einen Gegenbogen enthalten.

3.6

Überhöhung

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

ANMERKUNG Die Überhöhung ist positiv, wenn die äußere Schiene eines Gleises im Bogen höher liegt, als die innere und sie ist negativ, wenn die innere Schiene eines Gleises im Bogen höher liegt als die äußere Schiene. Eine negative Überhöhung ist bei Weichen und Kreuzungen in einem überhöhten Hauptgleis unvermeidbar, wenn das Zweiggleis der Weiche entgegengesetzt zum Hauptgleis gekrümmt ist sowie, in bestimmten Fällen, im durchgehenden Hauptgleis im unmittelbaren Anschluss an eine Weiche (siehe EN 13803-2).

3.7

ausgleichende Überhöhung

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

3.8

Überhöhungsüberschuss

Unterschied zwischen der vorhandenen Überhöhung und der kleineren ausgleichenden Überhöhung

ANMERKUNG 1 Bei einem Überhöhungsüberschuss entsteht eine unausgeglichene Querkraft in der Lafebene. Die Resultierende wirkt in Richtung der inneren Schiene.

ANMERKUNG 2 Die Überhöhung in einem geraden Gleis entspricht einem Überhöhungsüberschuss und erzeugt eine Querkraft in Richtung der tiefer liegenden Schiene.

3.9

Überhöhungsfehlbetrag

Unterschied zwischen der vorhandenen Überhöhung und der größeren ausgleichenden Überhöhung

ANMERKUNG Bei einem Überhöhungsfehlbetrag entsteht eine unausgeglichene Querkraft in der Lafebene. Die Resultierende wirkt in Richtung der äußeren Schiene.

3.10

Überhöhungsrampe

Trassierungselement, bei der sich die Überhöhung abhängig von der Weglänge längs der Gleismittellinie ändert

ANMERKUNG 1 Im Allgemeinen sollte die Änderung der Überhöhung mit dem Übergangsbogen übereinstimmen.

ANMERKUNG 2 Überhöhungsrampen werden üblicherweise bei einer linearen Änderung der Überhöhung verwendet. In einigen Fällen ist die Überhöhung an den Enden eines Übergangs geglättet.

ANMERKUNG 3 Es ist möglich, eine andere Form von Überhöhungsrampen zu verwenden, die eine nicht lineare Änderung zeigen. Der informative Anhang A gibt eine detaillierte Übersicht alternativer Arten von Übergängen, die bei der Auslegung der Linienführung verwendet werden können.

3.11

Neigung der Überhöhungsrampe

Absolutwert der Ableitung der Überhöhung (nach der Weglänge längs der Gleismittellinie)

3.12

Änderung der Überhöhung mit der Zeit

Absolutwert der Zeitableitung der Überhöhung

3.13

Änderung des Überhöhungsfehlbetrags mit der Zeit

Absolutwert der Zeitableitung des Überhöhungsfehlbetrages (und/oder Überhöhungsüberschusses)

3.14

zulässige Höchstgeschwindigkeit

maximale Geschwindigkeit, abhängig von der Anwendung der in dieser Norm angegebenen Linienführungsgrenzwerte

3.15

normaler Grenzwert

Grenzwert, der im Allgemeinen nicht überschritten werden soll

ANMERKUNG Die aktuellen Entwurfswerte für neue Linien sollten normalerweise eine Spanne zu den normalen Grenzwerten haben. Diese Werte stellen sicher, dass sich die Instandhaltungskosten der Strecke innerhalb eines angemessenen Bereichs bewegen, mit Ausnahme dort, wo besondere Umstände einer schlechten Gleislagestabilität auftreten könnten, ohne Einschränkungen des Fahrgastkomforts. Um das Fahrverhalten auf bestehenden Linien zu optimieren, kann es nützlich sein, die normalen Grenzwerte zu überschreiten.

3.16

außergewöhnlicher Grenzwert

extremer Grenzwert, der nicht überschritten werden darf

ANMERKUNG Da außergewöhnliche Grenzwerte extrem sind, ist es notwendig, dass sie so selten wie möglich angewendet werden und sie bedürfen weiterer Untersuchungen. Der informative Anhang H beschreibt die Grenzen und Risiken, die mit der Nutzung außergewöhnlicher Grenzwerte im Zusammenhang stehen.

4 Symbole und Abkürzungen

Nr.	Symbol	Bedeutung	Einheit
1	a_i	quasi-statische Seitenbeschleunigung, auf Gleishöhe, aber parallel zum Fahrzeugboden	m/s ²
2	a_q	unausgeglichene Seitenbeschleunigung in der Lauffläche	m/s ²
3	C	Faktor zur Berechnung der ausgleichenden Überhöhung	mm·m·h ² /km ²
4	da_i/dt	Änderung der quasi-statischen Seitenbeschleunigung, auf Gleishöhe, aber parallel zum Fahrzeugboden	m/s ³
5	da_q/dt	Änderung der unausgegliehenen Seitenbeschleunigung	m/s ³
6	dD/ds	Änderung der Überhöhung mit dem Weg	mm/m
7	dD/dt	Änderung der Überhöhung mit der Zeit	mm/s
8	dI/dt	Änderung des Überhöhungsfehlbetrages (und/oder Überhöhungsüberschusses)	mm/s
9	D	Überhöhung	mm
10	D_{EQ}	ausgleichende Überhöhung	mm
11	e	Abstand zwischen den Nennmittelpunkten der beiden Radaufstandsflächen eines Radsatzes (d. h. 1 500 mm für Spurweite 1 435 mm)	mm
12	E	Überhöhungsüberschuss	mm
13	g	Fallbeschleunigung: 9,81 m/s ²	m/s ²
14	h_g	Höhe des Schwerpunkts	mm
15	I	Überhöhungsfehlbetrag	mm
16	L_D	Länge der Überhöhungsrampe	m
17	L_K	Länge des Übergangsbogens	m
18	L_i	Länge der Trassierungselemente (Kreisbögen und Geraden) zwischen zwei Übergangsbögen	m
19	lim	Grenzwerte (Index)	—
20	max	Maximalwert (Index)	—

Nr.	Symbol	Bedeutung	Einheit
21	$\min$	Minimalwert (Index)	–
22	q_D	Faktor zur Berechnung der Länge der Überhöhungsrampe	$\text{m} \cdot \text{h} / (\text{km} \cdot \text{mm})$
23	q_I	Faktor zur Berechnung der Länge des Übergangsbogens	$\text{m} \cdot \text{h} / (\text{km} \cdot \text{mm})$
24	q_N	Faktor zur Berechnung der Länge der Überhöhungsrampe oder des Übergangsbogens mit nicht-konstanter Neigung der Überhöhungsrampe und entsprechender Krümmung	–
25	q_R	Faktor zur Berechnung des vertikalen Radius	$\text{m} \cdot \text{h}^2 / \text{km}^2$
26	q_V	Faktor zur Umwandlung von Einheiten für Fahrzeuggeschwindigkeit: $3,6 \text{ km} \cdot \text{s} / (\text{h} \cdot \text{m})$	$\text{km} \cdot \text{s} / (\text{h} \cdot \text{m})$
27	R	Kreisbogenradius im Grundriss	m
28	R_V	vertikaler Radius (Radius im Höhenbild)	m
29	s	Weglänge längs der Gleismittellinie (mathematische Bogenlänge)	m
30	s_r	Wankneigungskoeffizient entsprechend dem Neigungskoeffizient s in EN 15273-1	–
31	s_t	Faktor des Neigungsausgleichs eines Neigungssystems	–
32	t	Zeit	s
33	V	Geschwindigkeit	km/h
34	$V_{\max}$	maximale Geschwindigkeit schneller Züge	km/h
35	$V_{\min}$	minimale Geschwindigkeit langsamer Züge	km/h
36	Δa_q	gesamte Änderung der unausgeglichene Seitenbeschleunigung	m / s^2
37	ΔD	gesamte Änderung der Überhöhung entlang der Überhöhungsrampe	mm
38	ΔI	gesamte Änderung des Überhöhungsfehlbetrages (und/oder Überhöhungsüberschusses)	mm

5 Anforderungen

5.1 Hintergrund

5.1.1 Allgemeines

Die folgenden technischen normativen Regelungen setzen voraus, dass die Anforderungen für die Zulassung von Fahrzeugen, Gleiskonstruktion und Instandhaltung erfüllt sind.

Ein tragfähiger Kompromiss zwischen der dynamischen Anforderung des Zuges, der Instandhaltung der Fahrzeuge und der Strecke und den Konstruktionskosten muss gefunden werden. Weitere einschränkende Grenzen, als die in dieser Europäischen Norm, können im Vertrag festgelegt werden.

Die unnötige Anwendung außergewöhnlicher Grenzwerte, die in dieser Europäischen Norm festgelegt sind, sollten vermieden werden. Eine umfangreiche Spanne dieser sollte gegeben sein, entweder durch die Einhaltung der üblichen Grenzwerte oder durch die Anwendung einer Begrenzung unter Berücksichtigung der zulässigen Geschwindigkeit.

Für weitere Einzelheiten, siehe informativen Anhang G.

5.1.2 Parameter für die Linienführung der Gleise

Die folgenden Parameter sind in 5.2 festgelegt:

- Kreisbogenradius im Grundriss R (m) (*S);
- Überhöhung D (mm) (*S);
- Überhöhungsfehlbetrag I (mm) (*S);
- Überhöhungsüberschuss E (mm);
- Neigung der Überhöhungsrampe dD/ds (mm/m) (*S);
- Änderung der Überhöhung in der Zeit dD/dt (mm/s);
- Änderung des Überhöhungsfehlbetrags (und/oder Überhöhungsüberschuss) dI/dt (mm/s);
- Länge der Überhöhungsrampe L_D (m) (*S);
- Länge von Übergangsbögen in der horizontalen Ebene L_K (m);
- Länge von Trassierungselementen (Kreisbögen und Geraden) zwischen zwei Übergangsbögen L_i (m);
- Radius einer Aufrundung im Aufriss R_v (m);
- Geschwindigkeit V (km/h) (*S).

Parameter, die mit (*S) gekennzeichnet sind, sind **sicherheitsrelevante Parameter**.

5.1.3 Bemessung der Parameter

Für die meisten Parameter sind zwei verschiedene Arten der Grenzen festgelegt:

- ein normaler Grenzwert;
- ein außergewöhnlicher Grenzwert, der zwei verschiedene Bedeutungen haben kann:
 - a) Bei sicherheitsrelevanten Parametern muss es der absolute maximale Grenzwert dieser Eigenschaft sein; dieser maximale Grenzwert kann vom aktuellen mechanischen und geometrischen Gleiszustand abhängen.

ANMERKUNG 1 Die außergewöhnlichen Grenzwerte sind sicherheitsrelevant und können (für die meisten Parameter) ein eingeschränktes Komfortniveau hervorrufen. Diese Grenzwerte sind extrem und sollten nur unter besonderen Umständen oder nach einer besonderen Sicherheitsanalyse angewandt werden.

ANMERKUNG 2 Die Grenzwerte sind für den normalen Betrieb festgelegt. Falls und soweit Prüffahrten durchgeführt werden, etwa um das dynamische Verhalten eines Fahrzeugs zu prüfen (wobei die Reaktion des Fahrzeugs fortlaufend erfasst und aufgezeichnet wird), sind Überschreitungen der Grenzwerte (insbesondere im Hinblick auf den Überhöhungsfehlbetrag) zulässig; entsprechende Maßnahmen sind durch den Infrastrukturbetreiber zu veranlassen. Hierbei können Sicherheitsspannen allgemein dadurch erweitert werden, dass zusätzliche Maßnahmen wie Stabilisierung des Schotterbettes, Überwachung der Gleisgeometrie usw. vorgenommen werden.

- b) Für nicht sicherheitsrelevante Parameter müssen die Grenzwerte als obere Grenze betrachtet werden, die den Fahrgastkomfort beeinflussen und den Bedarf zur Streckeninstandsetzung steigern kann. Die Betreiber können in besonderen Situationen Werte jenseits der festgelegten Grenzen wählen, dabei sollen jedoch die sicherheitsbezogenen Grenzwerte nicht überschritten werden.

Die Anwendung außergewöhnlicher Grenzwerte sollte vermieden werden, besonders die Anwendung außergewöhnlicher Grenzwerte für Sicherheitsparameter an derselben Stelle entlang des Gleises.

Für Überhöhungsfehlbeträge sind nicht alle Fahrzeuge für die normalen oder außergewöhnlichen Grenzwerte zugelassen. Für solche Fahrzeuge müssen die betrieblichen Grenzwerte im Einklang mit dem maximalen Überhöhungsfehlbetrag stehen.

5.2 Normale und außergewöhnliche Grenzwerte für die Linienführung in Gleisen

5.2.1 Kreisbogenradius im Grundriss R

Der größte Bogenradius und -übergang, die für die Grenzen der Fahrbahnkonstruktion zulässig sind, sollten dort genutzt werden, wo es möglich ist. Der normale Grenzwert für den Radius ist 190 m und der außergewöhnliche Grenzwert beträgt 150 m. Es wird angemerkt, dass diese kleinen Radien eine zulässige Geschwindigkeit von weniger als 80 km/h zur Folge haben. Daher müssen die normalen und außergewöhnlichen Grenzwerte für den Radius auch von den aufgeführten Anforderungen abgeleitet werden.

Bei der Wahl des kleinsten Bogenradius sind die folgenden Parameter zu berücksichtigen:

- höchste und niedrigste Geschwindigkeit;
- die anzuwendende Überhöhung;
- die Grenzwerte für Überhöhungsfehlbetrag und Überhöhungsüberschuss.

Für jede Kombination von Höchstgeschwindigkeit $V_{\max}$ und höchstem Überhöhungsfehlbetrag $I_{\lim}$, muss der kleinste zulässige Bogenradius nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$R_{\min} = \frac{C}{D + I_{\lim}} \cdot V_{\max}^2 \quad [\text{m}]$$

dabei ist $C = 11,8 \text{ mm} \cdot \text{m} \cdot \text{h}^2/\text{km}^2$

Für $D > E_{\lim}$, muss der maximal zulässige Bogenradius für die kleinste Geschwindigkeit $V_{\min}$ nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$R_{\max} = \frac{C}{D - E_{\lim}} \cdot V_{\min}^2 \quad [\text{m}]$$

dabei ist $C = 11,8 \text{ mm} \cdot \text{m} \cdot \text{h}^2/\text{km}^2$, und $D > E_{\lim}$

ANMERKUNG 1 Es wird empfohlen, dass der Gleisradius entlang von Bahnsteigen nicht weniger als 500 m betragen sollte. Dies dient zur Verkleinerung des Spalts zwischen Bahnsteig und Fahrzeug, um einen sicheren Ein- und Ausstieg für Fahrgäste zu erleichtern.

ANMERKUNG 2 Ein kleiner Bogenradius kann, um die Kurvenfahrt des Fahrzeuges zu ermöglichen, eine Spur-erweiterung erfordern.

5.2.2 Überhöhung D

Die Überhöhung ist unter Berücksichtigung folgender Punkte zu wählen

- eine große Überhöhung in Bögen mit kleinen Radien erhöht die Gefahr einer Entgleisung von Güterwagen bei geringer Geschwindigkeit. Dabei ist die auf die äußere Schiene wirkende senkrechte Radkraft wesentlich verringert, insbesondere wenn eine zusätzliche Radentlastung durch Gleisverwindungen (festgelegt in EN 13848-1) auftritt;
- Überhöhungen von mehr als 160 mm können zu Ladungsverschiebungen und Einschränkung des Reisekomforts führen, wenn Züge außerplanmäßig in einem Bereich mit großer Überhöhung halten. Darüber hinaus kann bei zu großer Überhöhung die Stabilität von Arbeitsfahrzeugen und außergewöhnlichen Ladungen mit hohem Schwerpunkt gefährdet werden;
- eine große Überhöhung vergrößert den Überhöhungsüberschuss in Bögen bei großen Unterschieden der Geschwindigkeiten zwischen den schnellen und den langsamen Zügen.

Der normale Grenzwert für Überhöhung ist 160 mm.

ANMERKUNG Es wird empfohlen, dass die Überhöhung für an Bahnsteige anschließende Gleise auf 110 mm beschränkt wird. Einige andere Streckengegebenheiten, wie Bahnübergänge, Brücken und Tunnel, können auch bei gewissen örtlichen Umständen Einschränkungen für Überhöhungen nötig machen.

Der außergewöhnliche Grenzwert für die Überhöhung beträgt 180 mm.

Um das Risiko des Entgleisens von verwindungssteifen Güterwagen in kleinen Bogenradien ($R < 320$ m) zu vermeiden, sollte die Überhöhung auf den folgenden Wert begrenzt werden:

$$D_{\text{lim}} = \frac{R - 50 \text{ m}}{1,5 \text{ m/mm}} \quad [\text{mm}]$$

Die Anwendung dieser Grenze setzt einen hohen Instandhaltungsstandard des Gleises voraus, besonders in Bezug auf Verwindung. Für weitere Informationen, siehe informativen Anhang H

5.2.3 Überhöhungsfehlbetrag I

Für die gegebenen Werte des örtlichen Radius R und der Überhöhung D muss die zulässige Höchstgeschwindigkeit durch einen vollen Bogen so bestimmt werden, dass:

$$I = C \cdot \frac{V^2}{R} - D = D_{\text{EQ}} - D \leq I_{\text{lim}} \quad [\text{mm}]$$

dabei ist $C = 11,8 \text{ mm} \cdot \text{m} \cdot \text{h}^2 / \text{km}^2$

ANMERKUNG I_{lim} kann mit dem Wert $(a_q)_{\text{lim}}$ ersetzt werden: $a_q = \left(\frac{V}{q_V} \right)^2 \frac{1}{R} - \frac{g \cdot D}{e} = \frac{g \cdot I}{e} \leq (a_q)_{\text{lim}} = \frac{g \cdot I_{\text{lim}}}{e} \quad [\text{m/s}^2]$

Normale und außergewöhnliche Grenzwerte für einen Überhöhungsfehlbetrag sind in Tabelle 1 angegeben. Diese Grenzwerte gelten für alle Züge, die auf Strecken eingesetzt werden. Es wird vorausgesetzt, dass jedes Fahrzeug nach den Verfahren in EN 14363, EN 15686 und/oder EN 15687 mit den jeweils auftretenden betrieblichen Bereich der Überhöhungsfehlbeträge geprüft und zugelassen ist.

Tabelle 1 — Überhöhungsfehlbetrag I_{lim}

	Normale Grenzwerte	Außergewöhnliche Grenzwerte
Züge ohne Neigetechnik		
80 km/h < $V \leq 200$ km/h	130 mm	183 mm
200 km/h < $V \leq 230$ km/h	130 mm	168 mm ^{a, b}
230 km/h < $V \leq 250$ km/h	130 mm	153 mm ^{a, b}
250 km/h < $V \leq 300$ km/h	100 mm	130 mm ^{a, b, c}
Züge mit Neigetechnik		
80 km/h $\leq V \leq 260$ km/h ^d	275 mm ^b	306 mm ^b
^a Züge, die EN 14363 entsprechen und mit anderen Ausgleichssystemen für Überhöhungsfehlbeträge als Neigetechnik ausgestattet sind, kann der Infrastrukturmanager den Betrieb mit höheren Werten für Überhöhungsfehlbeträge zulassen. ^b Der Infrastrukturmanager kann unter Beachtung der erforderlichen Gleisqualität und anderen Bedingungen für die Einführung von Zügen, die bei diesen oder höheren Überhöhungsfehlbeträgen eingesetzt werden, eine Qualifikation für einen Teil der Strecke verlangen. ^c Der Grenzwert kann für feste Gleisbetten auf 153 mm angehoben werden. ^d Derzeit gibt es keine genutzten oder geplanten Strecken auf denen die Höchstgeschwindigkeit für Neigetechnikzüge 260 km/h überschreitet.		

ANMERKUNG 1 Das Europäische Signalsystem ERTMS beinhaltet Fahrzeuggrenzwerte für Überhöhungsfehlbeträge I_{lim} von 92 mm, 100 mm, 115 mm, 122 mm, 130 mm, 153 mm, 168 mm, 183 mm, 245 mm, 275 mm und 306 mm. Diese Werte spiegeln die Praxis vom Betreiben verschiedener Zugkategorien in Europa wider.

ANMERKUNG 2 Im Allgemeinen sind Güterfahrzeuge für einen Überhöhungsfehlbetrag im Bereich von 92 mm bis 130 mm zugelassen.

ANMERKUNG 3 Im Allgemeinen sind Reisezugwagen ohne Neigetechnik für einen Überhöhungsfehlbetrag von 130 mm bis 168 mm zugelassen.

ANMERKUNG 4 Abhängig von den Eigenschaften gewisser Gleismerkmale, wie bestimmte Weichen und Kreuzungen in Bögen, Brücken mit ohne durchgehendes Schotterbett (wie Brückenbalken), Gleise mit verlaschten Schienen, gewisse Abschnitte der Strecke, 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 die Konstruktion der besonderen Merkmale bestimmt werden. Die Festlegung eines solchen Bezugssystems kann nur mit Initiative des Infrastrukturmanagers erfolgen.

ANMERKUNG 5 Zur weiteren Betrachtung von Fahrzeugen, die für den Betrieb bei höheren Überhöhungsfehlbeträgen erforderlich sind, kann der Fahrgastkomfort hinsichtlich der Seitenbeschleunigung wie folgt analysiert werden:

— Die quasi-statische Seitenbeschleunigung a_i (auf Gleishöhe, aber parallel zum Fahrzeugboden) ist ein Maß der Beschleunigung, das durch die Fahrgäste im Inneren des Fahrzeugs empfunden wird;

— für Züge ohne Neigetechnik ist a_i größer als die unausgeglichene Seitenbeschleunigung in der Gleisebene a_q :

$$a_i = (1 + s_r) \cdot \frac{I}{e} \cdot g = (1 + s_r) \cdot a_q \text{ [m/s}^2\text{];}$$

— für Neigetechnikzüge kann dies annähernd ausgedrückt werden durch $a_i = (1 + s_r) \cdot (1 - s_t) \cdot \frac{I}{e} \cdot g \text{ [m/s}^2\text{];}$

- der Wankneigungskoeffizient s_r ist positiv für Fahrzeuge ohne Neigetechnik, da die längliche Rotationsachse des Fahrzeugkörpers niedrig ist (um die Aufhängung der Federungsebene), folglich ist die Seitenbeschleunigung, die durch die Fahrgäste aufgrund des Überhöhungsfehlbetrages gefühlt wird, größer als die, die für die Lauffebene gilt. Dieser Koeffizient kann durch die Auswahl eines geeigneten Federungssystems reduziert werden. Mit Neigetechniken $s_t > 0$ wird die Seitenbeschleunigung, die durch die Fahrgäste als unausgeglichene Beschleunigung in der Lauffebene empfunden wird, reduziert;
- der Einfluss der Seitenbeschleunigung auf den Fahrgastkomfort ist in EN 12299 beschrieben.

ANMERKUNG 6 Weitere Einzelheiten bezüglich des Betriebes von Neigezugfahrzeuge, siehe informativen Anhang F.

5.2.4 Überhöhungsüberschuss E

Ein Überhöhungsüberschuss tritt auf, wenn die folgende Beziehung einen positiven Wert hat:

$$E = D - C \cdot \frac{V^2}{R} = D - D_{EQ} \quad [\text{mm}]$$

dabei ist $C = 11,8 \text{ mm} \cdot \text{m} \cdot \text{h}^2/\text{km}^2$

Der normale Grenzwert für den Überhöhungsüberschuss E_{lim} beträgt 110 mm.

Der Wert von E beeinflusst die Beanspruchungen der inneren Schiene, die durch langsame Züge erzeugt werden, da die quasi-statische vertikale Rad-/Schiene-Kraft einer inneren Schiene erhöht ist.

5.2.5 Neigung der Überhöhungsrampe dD/ds

Die folgenden Grenzwerte gelten überall entlang des Gleises, wo die Überhöhung variiert:

$$\left(\frac{dD}{ds} \right)_{\text{max}} \leq \left(\frac{dD}{ds} \right)_{\text{lim}} \quad [\text{mm/m}]$$

Normaler Grenzwert: $\left(\frac{dD}{ds} \right)_{\text{lim}} = 2,25 \text{ mm/m}$

Außergewöhnlicher Grenzwert: $\left(\frac{dD}{ds} \right)_{\text{lim}} = 2,50 \text{ mm/m}$

ANMERKUNG Für zulässige Geschwindigkeiten niedriger als 80 km/h, kann nach einer Sicherheitsbewertung eine höhere Neigung der Überhöhungsrampe genutzt werden, siehe Anhang H.

Für Überhöhungsrampen mit konstanter Neigung kann $\left(\frac{dD}{ds} \right)_{\text{max}}$ von der gesamten Überhöhungsänderung ΔD und der Länge L_D berechnet werden:

$$\frac{dD}{ds} = \frac{\Delta D}{L_D} \leq \left(\frac{dD}{ds} \right)_{\text{lim}} \quad [\text{mm/m}]$$

Es gibt keine weiteren speziellen Grenzwerte für Neigetechnikzüge.

5.2.6 Änderung der Überhöhung mit der Zeit dD/dt

5.2.6.1 Änderung der Überhöhung mit der Zeit dD/dt für Züge ohne Neigetechnik

Im Allgemeinen finden sich Überhöhungsrampen in Übergangsbögen. Es kann jedoch notwendig sein, Überhöhungsrampen in Kreisbögen und Geraden einzusetzen.

Für Überhöhungsrampen mit konstanter Neigung muss die folgende Beziehung mit ΔD als Überhöhungsänderung angewandt werden:

$$\frac{dD}{dt} = \frac{\Delta D}{L_D} \cdot \frac{V}{q_V} \leq \left(\frac{dD}{dt} \right)_{\text{lim}} \quad [\text{mm/s}]$$

dabei ist L_D die Länge der Überhöhungsrampe in Meter, V ist die Fahrzeuggeschwindigkeit in km/h und $q_V = 3,6 \text{ km}\cdot\text{s}/(\text{h}\cdot\text{m})$.

Normale und außergewöhnliche Grenzwerte für die Änderung der Überhöhung mit der Zeit sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2 — Änderung der Überhöhung mit der Zeit $(dD/dt)_{\text{lim}}$ für konstante Neigung der Überhöhungsrampe

	Normale Grenzwerte	Außergewöhnliche Grenzwerte
Züge ohne Neigetechnik $V \leq 200 \text{ km/h}$		
$I \leq 168 \text{ mm}$	50 mm/s	70 mm/s ^a
$168 \text{ mm} < I \leq 183 \text{ mm}$	50 mm/s	50 mm/s
Züge ohne Neigetechnik $200 \text{ km/h} < V \leq 300 \text{ km/h}$		
	50 mm/s	60 mm/s
^a Dort, wo $I < 153 \text{ mm}$ und $dI/dt \leq 70 \text{ mm/s}$ ist, kann der außergewöhnliche Grenzwert für dD/dt auf 85 mm/s erhöht werden.		

Für Überhöhungsrampen mit veränderlicher Neigung ist der Wert von dD/dt nicht konstant.

$$\left(\frac{dD}{dt} \right)_{\text{max}} \leq \left(\frac{dD}{dt} \right)_{\text{lim}} \quad [\text{mm/s}]$$

Normaler Grenzwert: $\left(\frac{dD}{dt} \right)_{\text{lim}} = 55 \text{ mm/s}$

Außergewöhnlicher Grenzwert $\left(\frac{dD}{dt} \right)_{\text{lim}} = 76 \text{ mm/s}$

ANMERKUNG 1 Aufgrund weniger Erfahrungen mit Überhöhungsrampen mit veränderlicher Neigung sind die Grenzwerte für die Änderung der Überhöhung hinweisend. Diese können durch Grenzwerte der zweiten Ableitung der Überhöhung in Bezug auf die Zeit (d^2D/dt^2) ersetzt werden, siehe A.3.

ANMERKUNG 2 Der informative Anhang A gibt weitere Informationen über lineare Überhöhungsrampen und alternative Arten der Überhöhungsrampen.

5.2.6.2 Änderung der Überhöhung in der Zeit dD/dt für Neigetechnikzüge

Sowohl aktive als auch passive Neigetechniksysteme benötigen eine gewisse Zeit, um den Neigungswinkel an den Bogenradius anzupassen und aus diesem Grund müssen Bögen einen Übergangsbereich von ausreichender Länge beinhalten.

Die Übergangsbögen sollten sich mit den Überhöhungsrampen decken. Wenn dies nicht der Fall ist, wird empfohlen spezielle Lauftests durchzuführen, um zu bestimmen, in welchem Umfang der maximale Überhöhungsfehlbetrag reduziert werden muss.

Im Allgemeinen wird die Klothoide für Übergangsbögen verwandt, die eine lineare Änderung der Krümmung darstellen. Wo Übergangsbögen mit nicht konstanter Änderung genutzt werden, muss die Funktion des Neigetechniksystems für die Analyse des komplexen Zusammenspiels zwischen Fahrzeug und Gleis in Betracht gezogen werden.

Normaler Grenzwert: $\left(\frac{dD}{dt}\right)_{\text{lim}} = 75 \text{ mm/s}$

Außergewöhnlicher Grenzwert: $\left(\frac{dD}{dt}\right)_{\text{lim}} = 95 \text{ mm/s}$

5.2.7 Änderung des Überhöhungsfehlbetrages dI/dt

Für Gleiselemente mit einer Änderung der Krümmung und/oder Änderung der Überhöhung muss die folgende Beziehung erfüllt werden:

$$\left(\frac{dI}{dt}\right)_{\text{max}} \leq \left(\frac{dI}{dt}\right)_{\text{lim}} \quad [\text{mm/s}]$$

ANMERKUNG 1 Die Änderung der unausgeglichene Seitenbeschleunigung in der Lafebene kann bestimmt werden

als: $\left(\frac{da_q}{dt}\right)_{\text{max}} \leq \left(\frac{da_q}{dt}\right)_{\text{lim}} \quad [\text{m/s}^3]$

ANMERKUNG 2 Der Betrag der Änderung der quasi-statischen Seitenbeschleunigung parallel zum Fahrzeugboden (da_i/dt), der der Beschleunigungsänderung entspricht, die der Fahrgast im Wageninneren empfindet, ist größer als der

Betrag der Änderung der unausgeglichene Seitenbeschleunigung in der Gleisebene (da_q/dt): $\frac{da_i}{dt} = (1 + s_r) \cdot \frac{da_q}{dt}$
[m/s³].

ANMERKUNG 3 Der Einfluss der Änderung der Seitenbeschleunigung auf den Fahrgastkomfort ist in EN 12299 beschrieben.

Normale und außergewöhnliche Grenzwerte zur Änderung des Überhöhungsfehlbetrags mit der Zeit sind in Tabelle 3 angegeben.

Tabelle 3 — Änderung des Überhöhungsfehlbetrages $(dI/dt)_{\text{lim}}$

	Normale Grenzwerte	Außergewöhnliche Grenzwerte
Züge ohne Neigetechnik $V \leq 200$ km/h		
$I \leq 168$ mm	55 mm/s	100 mm/s
$168 \text{ mm} < I \leq 183$ mm	55 mm/s	90 mm/s
Züge ohne Neigetechnik $200 \text{ km/h} < V \leq 300$ km/h		
	55 mm/s	75 mm/s

Falls Neigetechnikzüge auf gegebener Trassierung eingesetzt werden, sind die Werte von dI/dt höher. Das Neigekontrollsystem schafft einen Übergangszustand bei Eintritt in den Bogen, was mehr ausgeprägte Rucke zur Folge haben kann. Sowohl aktive als auch passive Neigetechniksysteme benötigen eine gewisse Zeit, um den Neigungswinkel an den Bogenradius anzupassen und aus diesem Grund müssen Bögen einen Übergangsbereich von ausreichender Länge beinhalten.

Normaler Grenzwert: $\left(\frac{dI}{dt}\right)_{\text{lim}} = 100 \text{ mm/s}$

Für Übergänge mit konstanter Änderung der Krümmung und einer Überhöhung mit ΔI ist die Gesamtänderung des Überhöhungsfehlbetrages entlang des gesamten Übergangs wie folgt:

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\Delta I}{L_K} \cdot \frac{V}{q_V} \leq \left(\frac{dI}{dt}\right)_{\text{lim}} \quad [\text{mm/s}]$$

Dabei ist

L_K die Länge des Übergangs in Meter;

V die Fahrzeuggeschwindigkeit in km/h;

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

ANMERKUNG 4 Für Übergänge mit konstanter Änderung der Krümmung und einer Überhöhung mit Δa_q ist die Gesamtänderung der unausgeglichene Seitenbeschleunigung entlang des gesamten Übergangs wie folgt:

$$\frac{da_q}{dt} = \frac{a_q}{L_K} \cdot \frac{V}{q_V} \leq \left(\frac{da_q}{dt}\right)_{\text{lim}} \quad [\text{m/s}^3].$$

Die Werte für dI/dt und da_q/dt sind nicht konstant für Übergänge mit nicht linearer Krümmung und Anwendungen mit nicht linearer Überhöhung; siehe informativen Anhang A für weitere Informationen.

5.2.8 Länge des Übergangsbogens in der horizontalen Ebene L_K

Für Übergangsbögen — identisch mit Überhöhungsrampen, $L_K = L_D$ — mit konstanter Änderung der Krümmung und Überhöhung, muss die Mindestlänge unter Verwendung der Parameter aus 5.2.5, 5.2.6 und 5.2.7 in folgender Art und Weise bestimmt werden:

- Neigung der Überhöhungsrampe $\frac{dD}{ds}$;
- Änderung der Überhöhung in der Zeit $\frac{dD}{dt}$;
- Änderung des Überhöhungsfehlbetrages $\frac{dI}{dt}$;

und durch die folgenden Formeln:

$$L_D \geq \Delta D \cdot \left(\frac{dD}{ds} \right)_{\text{lim}}^{-1} \text{ [m]}$$

$$L_D \geq \frac{V}{q_V} \cdot \Delta D \cdot \left(\frac{dD}{dt} \right)_{\text{lim}}^{-1} \text{ [m]}$$

$$L_K \geq \frac{V}{q_V} \cdot \Delta I \cdot \left(\frac{dI}{dt} \right)_{\text{lim}}^{-1} \text{ [m]}$$

ANMERKUNG 1 Gewisse lokale Regelungen stellen die Anforderungen für dD/dt in Form von $L_D \geq \frac{(q_D)_{\text{lim}} \cdot V \cdot \Delta D}{1\,000}$ [m] dar, wobei der Grenzwert für q_D von $q_D = \frac{1\,000}{q_V} \cdot \left(\frac{dD}{dt} \right)^{-1}$ [m·h/(km·mm)] bestimmt wird.

ANMERKUNG 2 Gewisse lokale Regelungen stellen die Anforderungen für dI/dt in Form von $L_K \geq \frac{(q_I)_{\text{lim}} \cdot V \cdot \Delta I}{1\,000}$ [m] dar, wobei der Grenzwert für q_I von $q_I = \frac{1\,000}{q_V} \cdot \left(\frac{dI}{dt} \right)^{-1}$ [m·h/(km·mm)] bestimmt wird.

Für Übergangsbögen — identisch mit Überhöhungsrampen, $L_K = L_D$ — mit nicht konstanter Änderung der Krümmung und Überhöhung, muss die Mindestlänge unter Verwendung der Parameter aus 5.2.5, 5.2.6 und 5.2.7 in folgender Art und Weise bestimmt werden:

$$L_D \geq q_N \cdot \Delta D \cdot \left(\frac{dD}{ds} \right)_{\text{lim}}^{-1} \text{ [m]}$$

$$L_K \geq q_N \cdot \frac{V}{q_V} \cdot \Delta D \cdot \left(\frac{dD}{dt} \right)_{\text{lim}}^{-1} \text{ [m]}$$

$$L_K \geq q_N \cdot \frac{V}{q_V} \cdot \Delta I \cdot \left(\frac{dI}{dt} \right)_{\text{lim}}^{-1} \text{ [m]}$$

ANMERKUNG 3 Gewisse lokale Regelungen stellen die Anforderungen für dD/dt in Form von $L_D \geq \frac{(q_D)_{\text{lim}} \cdot V \cdot \Delta D}{1\,000}$ [m] dar, wobei der Grenzwert für q_D von $q_D = q_N \cdot \frac{1\,000}{q_V} \cdot \left(\frac{dD}{dt} \right)^{-1}$ [m·h/(km·mm)] bestimmt wird.

ANMERKUNG 4 Gewisse lokale Regelungen stellen die Anforderungen für dI/dt in Form von $L_K \geq \frac{(q_I)_{\text{lim}} \cdot V \cdot \Delta I}{1\,000}$ [m] dar, wobei der Grenzwert für q_I von $q_I = q_N \cdot \frac{1\,000}{q_V} \cdot \left(\frac{dI}{dt}\right)^{-1}$ [m·h/(km·mm)] bestimmt wird.

Für gewisse Arten von Übergängen mit nicht konstanter Änderung der Krümmung und Überhöhung ist der Wert für den Faktor q_N in Tabelle 4 angegeben.

Tabelle 4 — Faktor q_N für Übergänge mit nicht konstanter Änderung der Krümmung und Überhöhung

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

Die Länge der Übergangsbögen muss mit allen drei Kriterien übereinstimmen. Es muss zumindest der größte, von den obigen Formeln abgeleitete Wert für die ausgesuchten Werte von $\left(\frac{dD}{ds}\right)_{\text{lim}}$, $\left(\frac{dD}{dt}\right)_{\text{lim}}$ und $\left(\frac{dI}{dt}\right)_{\text{lim}}$ sein.

ANMERKUNG 5 Aufgrund eingeschränkter Erfahrungen mit Übergängen mit veränderlicher Neigung der Überhöhungsrampe ist dieses Verfahren der Begrenzung, die die Änderung der Überhöhung einschränkt, hinweisend. Falls diese durch Grenzwerte der zweiten Ableitung der Überhöhung nach der Zeit (d^2D/dt^2) ersetzt werden, sollten andere Formeln für die Mindestübergangslänge angewandt werden, siehe A.3.

Wo es keinen Übergangsbogen gibt oder dieser von unzureichender Länge hinsichtlich des dI/dt Kriterium ist, müssen die Grenzwerte der unvermittelten Änderung des Überhöhungsfehlbetrages, die in EN 13803-2 festgelegt sind, erfüllt werden.

5.2.9 Länge von Kreisbögen und Geraden zwischen zwei Übergangsbögen L_i

Der normale Grenzwert für die Länge einer Geraden oder einem Kreisbogen, die zwischen zwei Übergangsbögen liegen, beträgt 20 m, $L_i \geq 20$ m.

ANMERKUNG Als Alternative zu einer kurzen Länge einer Geraden oder eines Kreisbogens kann dieses Trassierungselement ausgelassen werden und die beiden Übergangsbögen direkt miteinander verbunden werden.

Für ein alternatives Verfahren zur Bestimmung der Mindestlänge, siehe Anhang B.

5.2.10 Trassierung im Höhenbild, Neigungsänderungen

Ausrundungen im Höhenbild sollten mindestens 20 m lang sein und können ohne vertikale Übergangsbögen konstruiert werden.

ANMERKUNG Im Allgemeinen werden Neigungsänderungen als Parabeln (2. Grad des Polynoms) oder als Kreisbogen konstruiert.

Eine Ausrundungen im Höhenbild muss eingesetzt werden, wo der Steigungsunterschied zwischen benachbarten Neigungsrampen höher ist als:

- 2 mm/m für zulässige Geschwindigkeiten bis zu 230 km/h;
- 1 mm/m für zulässige Geschwindigkeiten über 230 km/h.

Die Grenzwerte für die vertikalen Radien sind in 5.2.11 festgelegt.

5.2.11 Radius im Höhenbild R_v

Der normale Grenzwert für den Radius im Höhenbild ist $R_{v,lim} = q_{R,lim} \cdot l^2$ [m], dabei ist $q_{R,lim} = 0,35 \text{ m} \cdot \text{h}^2/\text{km}^2$, ohne unter 2 000 m vertikalen Radius zu gehen.

ANMERKUNG 1 Für Strecken, auf denen die meisten der Fahrgäste stehen könnten, wird empfohlen, dass q_R größer als $0,77 \text{ m} \cdot \text{h}^2/\text{km}^2$ sein sollte.

Der außergewöhnliche Grenzwert des Radius im Höhenbild ist $R_{v,lim} = q_{R,lim} \cdot l^2$ [m], dabei ist $q_{R,lim} = 0,13 \text{ m} \cdot \text{h}^2/\text{km}^2$ für Wannen, und $q_{R,lim} = 0,16 \text{ m} \cdot \text{h}^2/\text{km}^2$ für Kuppen.

Für Abschnitte mit Weichen und Kreuzungen, die in Ausrundungen im Höhenbild liegen, müssen die Grenzwerte, die in EN 13803-2 festgelegt sind, erfüllt werden.

Anhang A (informativ)

Ergänzende Information für die Planung der Linienführung in Gleisen bezüglich der Form und Länge von Trassierungselementen

A.1 Allgemeines

Neben anderen Einflüssen bei der Planung der Linienführung sind alle Änderungen, die die Bahn des Fahrzeuges auf der Querebene erfährt, wichtig, um einen guten Fahrkomfort sicherzustellen. In solchen Situationen ist das Fahrzeug abrupten Änderungen der Überhöhung und der Krümmung (Ableitungen zweiter Ordnung) ausgesetzt. Die dynamische Antwort auf diese Art von Anregungen hängt hauptsächlich von der Konzeption der Federung ab. Auf jeden Fall dauert diese Reaktion mehrere Sekunden, bevor die entsprechende Auswirkung im folgenden Trassierungselement (Kreisbogen oder Gerade) aufgehoben wird.

Dieser Anhang gibt detaillierte Analysemethoden in Bezug auf Konstruktion von Übergangsbögen und Linienführung.

A.2 enthält eine Tabelle, die die Merkmale folgender Übergangsbögen im Vergleich mit der konventionellen Klothoiden, manchmal angenähert als Polynom 3. Grades „Kubische Parabel“, zusammenfasst.

- *Bloss*-Übergangsbogen;
- *Cosinus*-Übergangsbogen;
- *Helmert*-Übergangsbogen, auch bekannt als *Schramm*-Übergangsbogen;
- *Sinus*-Übergangsbogen, auch bekannt als *Klein*-Übergangsbogen.

A.3 mit dem Titel „Weitere Parameter, die beim Entwurf von Übergangsbögen zu beachten sind sowie ein fortschrittliches System von Trassierungsregeln“ liefert eine zusammenfassende Analyse des Fahrzeugverhaltens bei komplexen Krümmungsverhältnissen mit Abschnitten veränderlicher Krümmung oder/und Überhöhung hinsichtlich der Rollbewegung und der Auswirkungen in Bezug auf die Linienführung.

A.2 Zusammenfassung der Merkmale verschiedener Übergangsbögen

Zusätzlich zu den Symbolen, die im Hauptteil dieser Norm verwendet werden, werden folgende weitere Symbole in der Übersicht der Merkmale verschiedener Formen von Übergangsbögen und der Grenzwerte der betreffenden Parameter für Gleise mit Normalspur 1 435 mm verwendet:

- K Krümmung im Grundriss (m)
- v Geschwindigkeit (m/s)
- $1:n$ Neigung der Überhöhungsrampe
- r_v Höhenradius der bogenäußeren Schiene am Anfang und Ende einer geraden Überhöhungsrampe (m)
- a_v Querschleunigung in Gleisachse im Übergangsbogen (mm/s²)
- f_L Abrückmaß (m)

Tabelle A.1 umfasst die Merkmale der Formen verschiedener Übergangsbögen im Vergleich mit der konventionellen Klothoide, die die Grundlage dieser Europäischen Norm darstellt, und den Maximalwerten der entsprechenden Parameter für Gleise mit Normalspur 1 435 mm.