

DIN EN 17636

ICS 93.100

Einsprüche bis 2021-02-04

Entwurf

**Bahnanwendungen –
Oberbau –
Streckentrassierungsparameter für den städtischen Schienenverkehr;
Deutsche und Englische Fassung prEN 17636:2021**

Railway applications –
Infrastructure –
Track alignment design parameters for urban rail;
German and English version prEN 17636:2021

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-12-04 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an fsf@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF) oder Rolandstr. 4, 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 88 Seiten

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 17636:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Unterarbeitsausschuss NA 087-00-01-08 UA „Trassierungsparameter“ im DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF).

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

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Titel de: Bahnanwendungen — Oberbau — Streckentrassierungsparameter für den städtischen Schienenverkehr

Titel en: Railway applications — Infrastructure — Track alignment design parameters for urban rail

Titel fr:

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Symbole und Abkürzungen	8
5 Allgemein	9
5.1 Hintergrund	9
5.2 Streckenklassen	10
5.3 Trassierungsmerkmale	11
6 Grenzwerte für eine nominale Spurweite von 1 435 mm und 1 000 mm	12
6.1 Radius im Grundriss R	12
6.2 Vorhandene Überhöhung D	13
6.3 Überhöhungsfehlbetrag I	14
6.4 Überhöhungsüberschuss E	14
6.5 Länge der Überhöhungsrampe LD und des Übergangsbogens in der horizontalen Ebene LK	15
6.5.1 Allgemein	15
6.5.2 Länge von linearen Überhöhungsrampen und Klothoiden	15
6.6 Neigung der Überhöhungsrampe dD/ds	16
6.7 Änderung der Überhöhung mit der Zeit dD/dt	16
6.8 Änderung des Überhöhungsfehlbetrags mit der Zeit dI/dt	17
6.9 Länge der konstanten Überhöhung zwischen zwei linearen Überhöhungsrampen Li	17
6.10 Unvermittelte Änderung der Krümmung im Grundriss	17
6.11 Unvermittelte Änderung des Überhöhungsfehlbetrags ΔI	18
6.12 Länge zwischen zwei unvermittelten Änderungen der Krümmung im Grundriss Lc	18
6.13 Länge zwischen zwei unvermittelten Änderungen des Überhöhungsfehlbetrags Ls	19
6.14 Gleisneigung p	20
6.15 Länge der konstanten Neigung Lg	20
6.16 Vertikaler Radius Rv	21
6.17 Länge des vertikalen Radius Lv	22
6.18 Unvermittelte Änderung der Gleisneigung Δp	22
Anhang A (normativ) Regeln für die Umwandlung von Parameterwerten für Spurweiten größer als 1 435 mm oder 1 000 mm	23
A.1 Anwendungsbereich	23
A.2 Symbole und Abkürzungen	23
A.3 Grundlegende Annahmen und Äquivalenzregeln	24
A.3.1 Allgemeines	24
A.3.2 Grundlegende Gleichungen	25
A.3.3 Basisgrößen	25
A.4 Ausführliche Umwandlungsregeln	26
A.4.1 Allgemeines	26
A.4.2 Überhöhung $D1$ (6.2)	26
A.4.3 Überhöhungsfehlbetrag $I1$ (6.3)	28
A.4.4 Überhöhungsüberschuss $E1$ (6.4)	29

A.4.5	Länge der Überhöhungsrampe LD und des Übergangsbogens LK in der horizontalen Ebene (6.5).....	29
A.4.6	Neigung der Überhöhungsrampe $dD1/ds$ (6.6).....	29
A.4.7	Änderung der Überhöhung mit der Zeit $dD1/dt$ (6.7)	30
A.4.8	Änderung des Überhöhungsfehlbetrags mit der Zeit $dI1/dt$ (6.8).....	30
A.4.9	Unvermittelte Änderung der Krümmung und unvermittelte Änderung des Überhöhungsfehlbetrags $\Delta I1$ (6.10 und 6.11)	31
A.4.10	Sonstige Parameter (6.1, 6.9, 6.12, 6.13, 6.14, 6.15, 6.16, 6.17 und 6.18)	31
Anhang B (normativ) Dreidimensionale Gleisgeometrie hinsichtlich der resultierenden		
	Neigung der Überhöhungsrampe und des resultierenden Radius im Aufriss	32
B.1	Allgemeine Betrachtungen hinsichtlich einer dreidimensionalen Gleisgeometrie	32
B.2	Rechtwinklige Verwindung TA und resultierende Neigung der Überhöhungsrampe dD/dsr	32
B.2.1	Berechnung der resultierenden Neigung der Überhöhungsrampe dD/dsr , bei der die Überhöhung durch Anheben eines Gleises $D/2$ und Absenken des anderen Gleises angewendet wird $D/2$	32
B.2.2	Berechnung der resultierenden Neigung der Überhöhungsrampe dD/dsr , bei der die Überhöhung durch Anheben eines Gleises D angewendet wird	33
B.3	Resultierender Radius im Aufriss R_{vr}	34
Anhang C (normativ) Zeichenregeln für die Berechnung von ΔD, ΔI und Δp.....		
C.1	Allgemeines zu den Zeichenregeln	35
C.2	Zeichenregeln für die Berechnung von ΔD	35
C.3	Zeichenregeln für die Berechnung von ΔI	35
C.4	Zeichenregeln für die Berechnung von Δp	37
Anhang D (normativ) Längen der Zwischenelemente L_C zwischen engen Bogen in		
	entgegengesetzten Richtungen	38
D.1	Allgemeines	38
D.2	Länge der Zwischenelemente L_C für Streckenkategorie A1435.....	38
D.3	Länge der Zwischenelemente L_C für Streckenkategorie B1435.....	40
D.4	Länge der Zwischenelemente L_C für Streckenkategorie C1000	42
Literaturhinweise.....		44

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 17636:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Mandats erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation CEN erteilt haben.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Regeln und Grenzwerte für die Linienführung in Gleisen fest, einschließlich der Trassierung in Weichen und Kreuzungen. Verschiedene dieser Grenzwerte sind Funktionen der Geschwindigkeit. Alternativ legt das Dokument für eine vorhandene Trassierung die Regeln und Grenzwerte fest, die die zulässige Geschwindigkeit bestimmen.

Dieses Dokument gilt für städtische oder regionale Schienennetze für Personenbeförderungsdienste, die nicht in das nationale Netz integriert sind.

Abschnitte von städtischen oder regionalen Schienennetzen, die in die nationalen Schienennetze integriert sind, werden in diesem Dokument nicht behandelt. Sie werden durch EN 13803 abgedeckt (oder für nominale Spurweiten kleiner als 1 435 mm durch nationale Trassierungsregeln).

Für die Anwendung dieses Dokuments sind städtische oder regionale Eisenbahnnetze:

- Schienennetze, die mit eigenen Fahrrechten und getrennt vom allgemeinen Straßen- und Fußgängerverkehr betrieben werden,

und

- (teilweise) nicht vom allgemeinen Straßen- und Fußgängerverkehr getrennte Netze mit gemeinsamen Fahrspuren.

Dieses Dokument gilt für Schienensysteme mit Stahlrädern, die auf Vignol- oder Rillenschienen aus Stahl laufen. Schienensysteme mit besonderen baulichen Eigenheiten (z. B. Zahnradbahnen, Standseilbahnen und andere Arten von seilgezogenen Schienensystemen) werden in diesem Dokument nicht behandelt.

Dieses Dokument legt die Parameter, Regeln und Grenzwerte für Nennspurweiten von 1 435 mm und 1 000 mm mit zulässigen Geschwindigkeiten bis zu 120 km/h fest. Für andere Nennspurweiten legt dieses Dokument Umrechnungsregeln fest, die zur Definition der Grenzwerte verwendet werden müssen.

2 Normative Verweisungen

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

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

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Spurweite

Abstand zwischen den entsprechenden Fahrkanten zweier Schienen

3.2

Nennspurweite

Einzelwert, der die Spurweite festlegt, doch vom Nennmaß der Spurweite abweichen kann; so hat zum Beispiel die meistgenutzte Spurweite in Europa einen nominalen Wert von 1 435 mm, obwohl dies nicht das normalerweise festgelegte Nennmaß der Spurweite ist

3.3

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 Linien sollten jedoch normalerweise einen deutlichen Abstand zu den Grenzwerten aufweisen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Für bestimmte Parameter legt dieses Dokument sowohl einen normalen als auch einen außergewöhnlichen Grenzwert fest. Diese außergewöhnlichen Grenzwerte sind ausschließlich für die Anwendung unter besonderen Umständen vorgesehen und erfordern möglicherweise ein entsprechendes Instandhaltungssystem sowie eine Überprüfung anhand der lokalen Fahrzeuge.

3.4

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.

3.5

Kilometrierung

Weglänge längs der horizontalen Projektion der Gleismittellinie

3.6

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.

3.7

Kreisbogen

gekrümmtes Trassierungselement mit konstanter Krümmung

3.8

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. Ein Übergangsbogen kann auch durch eine Folge von kurzen Kreisbogen mit Radien erzeugt werden, die sich schrittweise ändern.

Anmerkung 2 zum Begriff: Es ist möglich, andere Formen von Übergangsbogen mit nicht linearem Verlauf der Krümmung zu verwenden. EN 13803 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 Aufriss keine Übergangsbogen verwendet.

3.9

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.

3.10

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.

3.11

vorhandene Überhöhung

Betrag, um den in einem Streckenquerschnitt eine Fahrschiene gegenüber der anderen Fahrschiene angehoben ist, bei Grundmaß für die vorhandene Überhöhung

3.12

ausgeglichene Überhöhung

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

3.13

Überhöhungsfehlbetrag

Unterschied zwischen der vorhandenen Überhöhung und einer höheren ausgeglichenen Überhöhung

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

3.14

Überhöhungsüberschuss

Unterschied zwischen der vorhandenen Überhöhung und einer geringeren ausgeglichenen Überhöhung

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

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.

3.15

Überhöhungsrampe

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Allgemeinen fällt eine Überhöhungsrampe mit einem Übergangsbogen zusammen.

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. EN 13803 enthält eine ausführliche Übersicht bestimmter alternativer Arten von Übergangsbogen, die bei der Auslegung der Linienführung verwendet werden dürfen.

3.16

Neigung der Überhöhungsrampe

Absolutwert der Ableitung der Überhöhung (in Bezug auf die Kilometrierung)

3.17

resultierende Neigung der Überhöhungsrampe

abgeleitete Neigung der Überhöhungsrampe auf einer Gleisneigung, die zu der gleichen rechtwinkligen Verwindung führt wie eine Neigung der Überhöhungsrampe auf einem ebenen Gleis

3.18

rechtwinklige Verwindung

Ableitung des Rollwinkels (Drehung um die Längsachse) hinsichtlich des in einem Koordinatensystem gemessenen Längsabstands, das die gleiche Richtung wie das geneigte Gleis auf einer Gleisneigung hat

3.19

Änderung der Überhöhung mit der Zeit

Absolutwert der Zeitableitung der Überhöhung

3.20

Änderung des Überhöhungsfehlbetrags mit der Zeit

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

4 Symbole und Abkürzungen

Nr.	Symbol	Bedeutung	Einheit
1	dD/ds	Neigung der Überhöhungsrampe	mm/m
2	$(dD/ds)_r$	resultierende Neigung der Überhöhungsrampe	mm/m
3	dD/dt	Änderung der Überhöhung mit der Zeit	mm/s
4	dI/dt	Änderung des Überhöhungsfehlbetrags (und/oder des Überhöhungsüberschusses) mit der Zeit	mm/s
5	D	vorhandene Überhöhung	mm
6	D_{EQ}	ausgeglichene Überhöhung	mm
7	E	Grundmaß für vorhandene Überhöhung, 1 500 mm für Spurweite 1 435 mm, 1 060 mm für Spurweite 1 000 mm	mm
8	E	Überhöhungsüberschuss	mm
9	G	Fallbeschleunigung nach EN ISO 80000-3	m/s ²
10	I	Überhöhungsfehlbetrag	mm
11	L_c	Länge zwischen zwei unvermittelten Änderungen der Krümmung	m
12	L_D	Länge der Überhöhungsrampe	m
13	L_g	Länge der konstanten Neigung	m
14	L_K	Länge des Übergangsbogens	m
15	L_i	Länge der Trassierungselemente zwischen zwei linearen Überhöhungsrampen	m

Nr.	Symbol	Bedeutung	Einheit
16	L_s	Länge zwischen zwei unvermittelten Änderungen des Überhöhungsfehlbetrags	m
17	L_v	Länge des vertikalen Radius	m
18	P	Neigung	-
19	q_E	Faktor zur Berechnung der ausgeglichenen Überhöhung: 11,8 für Spurweite 1 435 mm, 8,3 für Spurweite 1 000 mm	mm · m · (h/km) ²
20	q_N	Faktor zur Berechnung der Länge der Überhöhungsrampe oder des Übergangsbogens mit nichtkonstanter Neigung der Überhöhungsrampe und entsprechender Krümmung	-
21	q_R	Faktor zur Berechnung des vertikalen Radius	m · h ² /km ²
22	q_s	Faktor zur Berechnung der Länge zwischen unvermittelten Änderungen des Überhöhungsfehlbetrags	-
23	q_v	Faktor zur Umwandlung von Einheiten der Fahrzeuggeschwindigkeit: 3,6	km·s/(h·m)
24	R	Bogenradius im Grundriss	m
25	R_v	Bogenradius im Aufriss	m
26	$(R_v)_r$	resultierender Aufriss	m
27	s	Weglänge längs der Gleismittellinie	m
28	t	Zeit	s
29	T_A	rechtwinklige Verwindung	Rad/m
30	V	Geschwindigkeit	km/h
31	lim	Grenzwert (Index)	-
32	r	Index für resultierende Parameter in dreidimensionalen Berechnungen	-
33	R_{lim}	zusätzlicher, auf enge Bogen anwendbarer Grenzwert (Index)	-

5 Allgemein

5.1 Hintergrund

Dieses Dokument legt Regeln und Grenzwerte für Linienführung in Gleisen fest. Bei diesen Grenzwerten wird vorausgesetzt, dass die Normen für die Abnahme von Fahrzeugen, die Gleiskonstruktion und die Instandhaltung erfüllt sind (diese Norm legt keine Konstruktions- und Betriebstoleranzen fest). Die konstruktiven Anforderungen bezüglich des mechanischen Verhaltens der Bauteile und Untersysteme von Weichen und Kreuzungen sind den entsprechenden Normen zu entnehmen.

Bei diesem Dokument 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 diesem Dokument angegebenen Grenzwerte liegen.

Die in dieser Europäischen Norm enthaltenen Grenzwerte beruhen auf den praktischen Erfahrungen der europäischen städtischen Schienennetze. Die Grenzwerte kommen zur Anwendung, wenn ein Kompromiss zwischen der Leistungsfähigkeit 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 legt diese Europäische Norm auch weniger als die gewöhnlichen Grenzen einschränkende außergewöhnliche Grenzwerte fest. Diese Grenzwerte sind ausschließlich für die Anwendung unter besonderen Umständen vorgesehen und erfordern möglicherweise ein entsprechendes Instandhaltungssystem sowie eine Überprüfung anhand der lokalen Fahrzeuge. Insbesondere ist die Anwendung außergewöhnlicher Grenzwerte (anstelle von normalen Grenzwerten) für verschiedene Parameter am selben Ort zu vermeiden.

Betriebliche Grenzwerte für die Geschwindigkeit und den Überhöhungsfehlbetrag sind entsprechend ihren Zulassungsparametern auf spezifische Fahrzeuge anzuwenden. Die Geschwindigkeit kann auch aus anderen Gründen als der Linienführung eingeschränkt sein, z. B. aufgrund von eingeschränkter Sicht und Betriebsvorschriften.

Die Grenzwerte sind für den normalen Betrieb festgelegt. Falls und wenn Prüffahrten durchgeführt werden, z. B. zum Zwecke der Prüfung des dynamischen Verhaltens eines Fahrzeugs (durch kontinuierliche Überwachung der Fahrzeugreaktionen), 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 Streckenklassen

Städtische und regionale Schienenverkehrssysteme sind lokale Systeme mit unterschiedlichen Merkmalen. Die Anforderungen an die Infrastruktur stehen im Zusammenhang mit den Fahrzeugtypen, die in dem Schienennetz eingesetzt werden sollen. Es werden drei Streckenklassen definiert, darunter Systeme für nominale Spurweiten von 1 435 mm und 1 000 mm:

- Streckenklasse A1435, Strecken für mittelgroße Schienenfahrzeuge mit einer nominalen Spurweite von 1 435 mm.
- Streckenklasse B1435, Strecken für kleine Schienenfahrzeuge mit einer nominalen Spurweite von 1 435 mm.
- Streckenklasse C1000, Strecken für kleine Schienenfahrzeuge mit einer nominalen Spurweite von 1 000 mm.

Für andere nominale Spurweiten können Grenzwerte mit Hilfe von Umrechnungsregeln, die im normativen Anhang A festgelegt sind, definiert werden.

Es wird vorausgesetzt, dass alle Fahrzeuge nach den entsprechenden Normen unter den für die Streckenklasse geltenden Bedingungen geprüft und genehmigt worden sind.

5.3 Trassierungsmerkmale

Die Trassierung legt die geometrische Position des Gleises fest. Sie ist in die Trassierung im Grundriss und die Trassierung im Aufriss unterteilt.

Die Trassierung im Grundriss ist die Projektion der Gleismittellinie in der horizontalen Ebene. Die Trassierung im Grundriss besteht aus einer Folge 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 ^a	Krümmung im Grundriss schwankt linear mit der Kilometrierung
Korbbogenübergang	Eine Folge von kurzen Kreisbogen, bei denen sich die Krümmung schrittweise erhöht
^a EN 13803 enthält eine ausführliche Übersicht bestimmter alternativer Arten von Übergangsbogen, die bei der Auslegung der Linienführung verwendet werden dürfen.	

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. 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 Aufriss definiert die Gleishöhe als Funktion der Kilometrierung (die Position in Längsrichtung entlang der horizontalen Projektion der Gleismittellinie). Die Elemente der Trassierung im Aufriss 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 Aufriss sind in Tabelle 2 festgelegt.

Tabelle 2 — Elemente der Trassierung im Aufriss

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

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

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 und Beibehaltung der anderen Schiene auf der gleichen Ebene oder auf der Grundlage einer vordefinierten Beziehung aus dem Anheben der einen und dem Absenken der anderen Schiene erreicht werden (ein übliches Verhältnis ist 50 %/50 %). Die Überhöhung kann als Folge 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 ^a	Überhöhung schwankt linear mit der Kilometrierung
^a EN 13803 gibt eine ausführliche Übersicht bestimmter alternativer Arten von Überhöhungsrampen, die bei der Auslegung der Linienführung verwendet werden dürfen.	

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

Die lateralen und vertikalen Richtungen bei der Linienführung beziehen sich auf die Richtungen eines erdgebundenen Koordinatensystems. Wenn die Trassierung eine Neigung eine Überhöhung aufweist, ändern sich die lateralen und/oder vertikalen Richtungen (wie sie sowohl von den Fahrzeugen als auch von den Gleiskomponenten wahrgenommen werden). Die Auswirkungen können für den Aufriss und die Gleisverwindung (Neigung der Überhöhungsrampe) erheblich sein. Der normative Anhang B legt Gleichungen zur Quantifizierung der Auswirkungen fest.

Es gelten sämtliche normalen 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 Trassierungsfolge 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.

6 Grenzwerte für eine nominale Spurweite von 1 435 mm und 1 000 mm

6.1 Radius im Grundriss R

In diesem Dokument ist der Radius sowohl bei Rechts- als auch bei Linkskurven positiv.

Die von der Geschwindigkeit unabhängige Untergrenze der Radien im Grundriss R_{lim} ist in Tabelle 4 festgelegt.

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

Streckenklasse	A1435	B1435	C1000
Normaler Grenzwert (m) ^a	50	25	25
Außergewöhnlicher Grenzwert (m) ^a	42	16	11,8
^a Es können stärker einschränkende untere Grenzwerte für den Radius entlang von Bahnsteigen gelten, um den Spalt zwischen Fahrzeugboden und Bahnsteig zu minimieren.			

Die Kombination des Radius im Grundriss R und der Gleisneigung p beeinflusst die resultierende Neigung der Überhöhungsrampe $\left(\frac{dD}{ds}\right)_r$, und die Kombination des Radius im Grundriss R und der vorhandenen Überhöhung D beeinflusst den resultierenden Aufriss $(R_v)_r$, siehe normativen Anhang B.

Dieses Dokument 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. Es sollte kein Radius im Grundriss verwendet werden, der höher ist als 99 999 m.

6.2 Vorhandene Überhöhung D

In diesem Dokument ist die vorhandene Überhöhung eines Bogens im Grundriss positiv, wenn die äußere Schiene höher liegt als die innere Schiene. Für die Streckenklassen A1435 und B1435 beträgt das Grundmaß für die Überhöhung e 1 500 mm. Für die Streckenklasse C1000 beträgt das Grundmaß für die Überhöhung 1 060 mm.

ANMERKUNG 1 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 am durchgehenden Hauptgleis unmittelbar neben einer überhöhten Weiche. Aufgrund des Sturzes kann auf Strecken, die auf Straßen verlaufen, eine negative Überhöhung angewendet werden. Negative Überhöhung kann auch bei provisorischen Gleisen genutzt werden.

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

Tabelle 5 — Obergrenzen für die vorhandene Überhöhung D_{lim}

Streckenklasse	A1435	B1435	C1000
Normaler Grenzwert (mm) ^a	150	150	100
Außergewöhnlicher Grenzwert (mm) ^a	165	165	110
^a Es können stärker einschränkende untere Grenzwerte für die Überhöhung entlang von Bahnsteigen für den Komfort beim Ein- und Aussteigen der Fahrgäste gelten.			

Eine Kombination des Radius im Grundriss R und der bestehenden Überhöhung D wirkt sich auf den Radius im Aufriss $(R_v)_r$ aus, siehe normativer Anhang B.

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 vorhandene Überhöhung $D_{R, \text{lim}}$ als Funktion des Radius im Grundriss R

Streckenklasse	A1435	B1435	C1000
Normaler Grenzwert (mm) ^a	$R/1,6 \text{ m}$	$(R+24 \text{ m})/1,6 \text{ m}$	$(R+24 \text{ m})/2,4 \text{ m}$
Außergewöhnlicher Grenzwert (mm)	Nicht angegeben	Nicht angegeben	Nicht angegeben
^a Dieser Grenzwert darf unter der Voraussetzung, dass Maßnahmen zur Einhaltung der Sicherheit umgesetzt werden, beispielsweise die Installation von Radlenkerschienen.			

ANMERKUNG 2 Eine große Überhöhung in engen Bogen (bei denen die Anstellwinkel für einige Räder sehr groß sind) 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 auftritt.

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:

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

Dabei ist

D_{EQ} die ausgeglichene Überhöhung (mm);

$q_E = 11,8 \text{ mm} \cdot \text{m} \cdot \text{h}^2/\text{km}^2$ für eine nominale Spurweite von 1 435 mm nominal (unter Annahme eines Grundmaßes für die Überhöhung von 1 500 mm); und

$q_E = 8,3 \text{ mm} \cdot \text{m} \cdot \text{h}^2/\text{km}^2$ für eine nominale Spurweite von 1 000 mm nominal (unter Annahme eines Grundmaßes für die Überhöhung von 1 060 mm).

ANMERKUNG 1 Bei negativer Überhöhung D ist der Überhöhungsfehlbetrag I größer als die ausgeglichene Überhöhung D_{EQ} .

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

Tabelle 7 — Obergrenzen für den Überhöhungsfehlbetrag I_{lim}

Streckenklasse	A1435	B1435	C1000
Normaler Grenzwert (mm)	100	100	70
Außergewöhnlicher Grenzwert (mm)	150	150	106

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 I weiter einzuschränken. Regeln hinsichtlich dieser Einschränkung können nicht im Voraus formuliert werden, da sie durch diese besonderen Merkmale bestimmt werden.

ANMERKUNG 3 Hohe Werte des Überhöhungsfehlbetrags I stehen im Zusammenhang mit dem (geminderten) Komfort der Passagiere.

6.4 Überhöhungsüberschuss E

Bei einem Bogen im Grundriss, bei der der (in Gleichung (1) definierte) Überhöhungsfehlbetrag I negativ ist, wird der Überhöhungsüberschuss E nach Gleichung (2) 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 D vorliegen. Eine Überhöhung kann auch bei provisorischen geraden Gleisen gegeben sein. Bei einem überhöhten geraden Gleis ist der Überhöhungsüberschuss E nach Gleichung (3) definiert:

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

Die Obergrenzen für den Überhöhungsüberschuss E sind identisch mit den Obergrenzen für den Überhöhungsfehlbetrag I , siehe Tabelle 7. Diese Grenzwerte für den Überhöhungsüberschuss E gelten für einen bestimmten Streckenabschnitt für die normale Geschwindigkeit des langsamsten Zugteils auf der Strecke.

ANMERKUNG Hohe Werte von E reduzieren die quasi-statische vertikale Rad-/Schienenkraft auf die äußere Schiene.

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

6.5 Länge der Überhöhungsrampe L_D und des Übergangsbogens in der horizontalen Ebene L_K

6.5.1 Allgemein

Im Allgemeinen sollten Überhöhungsrampen mit Übergangsbogen zusammenfallen. 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 8 festgelegt;
- die Obergrenzen für die Neigung der Überhöhungsrampe $\left(\frac{dD}{ds}\right)_{lim}$ sind in 6.6 festgelegt;
- die Obergrenzen für die Änderung der Überhöhung mit der Zeit $\left(\frac{dD}{dt}\right)_{lim}$ sind in 6.7 festgelegt; und
- die Obergrenzen für die Änderung des Überhöhungsfehlbetrags mit der Zeit $\left(\frac{dI}{dt}\right)_{lim}$ sind in 6.8 festgelegt.

Tabelle 8 — Untergrenzen für die Länge der Übergangsbogen $L_{K,lim}$

Streckenklasse	A1435	B1435	C1000
Normaler Grenzwert (m)	10	10	10
Außergewöhnlicher Grenzwert (m)	0	0	0

ANMERKUNG Sehr kurze Übergangsbogen sind möglicherweise in Weichen oder im Anschluss an Weichen erforderlich.

6.5.2 Länge von linearen Überhöhungsrampen und Klothoiden

Für lineare Überhöhungsrampen und Klothoiden können die Neigung der Überhöhungsrampe $\frac{dD}{ds}$, die Änderung der Überhöhung mit der Zeit $\frac{dD}{dt}$ und die Änderung des Überhöhungsfehlbetrags mit der Zeit $\frac{dI}{dt}$ nach Gleichung (4) bis Gleichung (6) berechnet werden:

$$\frac{dD}{ds} = \frac{\Delta D}{L_D} \quad (4)$$

$$\frac{dD}{dt} = \frac{V}{q_V} \cdot \frac{\Delta D}{L_D} \quad (5)$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{V}{q_V} \cdot \frac{\Delta I}{L_D} \quad (6)$$

Dabei ist

- ΔD die im normativen Anhang C definierte Änderung der Überhöhung über die Länge L_D ;
- ΔI die im normativen Anhang C definierte Änderung des Überhöhungsfehlbetrags über die Länge L_K ;
- V die Geschwindigkeit in km/h; und
- $q_V = 3,6 \text{ (km/h)/(m/s)}$.

Bei der Gleichung (6) wird angenommen, dass ein Übergangsbogen mit der Überhöhungsrampe, $L_K = L_D$, zusammenfällt, und bei Gleichung (4) bis Gleichung (6) wird angenommen, dass die mathematischen Eigenschaften über diese Länge konstant bleiben. Anderenfalls müssen der Übergangsbogen und die Überhöhungsrampe in Abschnitte mit konstanten Eigenschaften unterteilt werden, die separat bewertet werden.

6.6 Neigung der Überhöhungsrampe dD/ds

Die Obergrenzen für die Neigungen der Überhöhungsrampe $\left(\frac{dD}{ds}\right)_{\lim}$ sind in Tabelle 9 festgelegt.

Tabelle 9 — Obergrenzen für die Neigungen der Überhöhungsrampen $\left(\frac{dD}{ds}\right)_{\lim}$

Streckenklasse	A1435	B1435	C1000
Normaler Grenzwert (mm/m)	2,5	2,5	2,0
Außergewöhnlicher Grenzwert (mm/m)	3,33	3,33	3,33

Die resultierende Neigung der Überhöhungsrampe $\left(\frac{dD}{ds}\right)_r$ hängt auch von der Kombination aus dem Radius im Grundriss R und der Neigung p ab. Siehe normativer Anhang B. Die in Tabelle 9 aufgeführten Grenzwerte gelten auch für (den absoluten Wert der) resultierenden Neigung der Überhöhungsrampe $\left(\frac{dD}{ds}\right)_r$.

6.7 Änderung der Überhöhung mit der Zeit dD/dt

Obergrenzen für die Änderung der Überhöhung mit der Zeit $\left(\frac{dD}{dt}\right)_{\lim}$ für Überhöhungsrampen sind in Tabelle 10 festgelegt.

Tabelle 10 — Obergrenzen für die Änderung der Überhöhung mit der Zeit $\left(\frac{dD}{dt}\right)_{\lim}$

Streckenklasse	A1435	B1435	C1000
Normaler Grenzwert (mm/s)	50	50	35
Außergewöhnlicher Grenzwert (mm/s)	70	70	50

6.8 Änderung des Überhöhungsfehlbetrags mit der Zeit dI/dt

Die Obergrenzen für die Änderung des Überhöhungsfehlbetrags mit der Zeit $\left(\frac{dI}{dt}\right)_{\text{lim}}$ sind in Tabelle 11 festgelegt.

Tabelle 11 — Obergrenzen für die Änderung des Überhöhungsfehlbetrags mit der Zeit $\left(\frac{dI}{dt}\right)_{\text{lim}}$

Streckenklasse	A1435	B1435	C1000
Normaler Grenzwert (mm/s)	55	55	40
Außergewöhnlicher Grenzwert (mm/s)	110	110	80

Sofern ein Übergangsbogen in Bezug auf das $\frac{dI}{dt}$ -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 liegen muss, wie in 6.11 festgelegt.

ANMERKUNG Hohe Werte der Änderung des Überhöhungsfehlbetrags $\frac{dI}{dt}$ mit der Zeit stehen im Zusammenhang mit dem (geminderten) Komfort der Passagiere.

6.9 Länge der konstanten Überhöhung zwischen zwei linearen Überhöhungsrampen L_i

Untergrenzen für die Länge der konstanten Überhöhung zwischen zwei linearen Überhöhungsrampen $L_{i,\text{lim}}$ sind in Tabelle 12 festgelegt.

Tabelle 12 — Untergrenze der Längen der konstanten Überhöhung zwischen zwei linearen Überhöhungsrampen $L_{i,\text{lim}}$

Streckenklasse	A1435	B1435	C1000
Normaler Grenzwert (m)	10	6	6
Außergewöhnlicher Grenzwert (m) ^a	0	0	0
^a Die Nutzung eines außergewöhnlichen Grenzwerts zwischen zwei linearen Überhöhungsrampen mit einer über die Obergrenzen nach Tabelle 10 hinausgehenden Geschwindigkeit der Gesamtänderung der Neigung der Überhöhungsrampe muss vermieden werden.			

Wenn möglich, wird empfohlen, zwei entgegengesetzte Kreisbogen nur durch Übergangsbogen zu verbinden, ohne dazwischenliegendes gerades Gleis.

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_{lim} sind in 6.11 festgelegt;

- Untergrenzen für die Länge zwischen zwei unvermittelten Änderungen der Krümmung $L_{c,lim}$ sind in 6.12 festgelegt;
- Untergrenzen für die Länge zwischen zwei unvermittelten Änderungen des Überhöhungsfehlbetrags $L_{s,lim}$ 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 Trassierungspunkt 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 C angegebenen Zeichenregeln definiert.

Obergrenzen für unvermittelte Änderungen des Überhöhungsfehlbetrags ΔI_{lim} sind in Tabelle 13 festgelegt.

Tabelle 13 — Obergrenzen für unvermittelte Änderungen des Überhöhungsfehlbetrags ΔI_{lim}

Streckenklasse	A1435	B1435	C1000
Normaler Grenzwert (mm)	110	110	75
Außergewöhnlicher Grenzwert (mm)	130	130	90

ANMERKUNG 1 Hohe Werte der unvermittelten Änderung des Überhöhungsfehlbetrags ΔI mit der Zeit stehen im Zusammenhang mit dem (geminderten) Komfort der Passagiere.

Fahrzeuge mit einem Wagenkasten, der sich weit außerhalb der Drehpunkte der Drehgestelle (bzw. bei Fahrzeugen mit Einzelradsätzen weit außerhalb des Radstandes) erstreckt, unterliegen einer Hebelwirkung des Rucks, der bei unvermittelten Änderungen des Überhöhungsfehlbetrags entsteht. Für solche Fahrzeuge sollten die oberen Grenzwerte in Tabelle 13 reduziert werden.

Außerhalb von Zonen mit Weichen und Kreuzungen sollten die Gestaltungswerte für unvermittelte Änderungen des Überhöhungsfehlbetrags (sofern verwendet) deutlich unter den oberen Grenzwerten in Tabelle 13 liegen.

6.12 Länge zwischen zwei unvermittelten Änderungen der Krümmung im Grundriss L_c

Es bestehen obere Grenzwerte dahingehend, inwieweit der Ausschlag des Fahrzeugendes zwischen zwei benachbarten Fahrzeugen voneinander abweichen darf. Dieses Kriterium steht im Zusammenhang mit den Auslenkwinkeln der Zentralkupplungen/Deichseln und den anderen Merkmalen von Wagenübergängen (sofern vorhanden). Der Ausschlag des Fahrzeugendes ist die in EN 15273-1 definierte geometrische Ausragung d_{ga} für das Ende des Fahrzeugs.

Das Kriterium ist relevant für die Trassierung im Grundriss mit engen Bogen in entgegengesetzten Richtungen.

Tabelle 14 legt die normalen unteren Grenzwerte für die Länge L_c eines geraden Zwischengleises fest, bei der die Radien im Grundriss den normalen Grenzwerten in Tabelle 4 entsprechen. Die Grenzwerte gelten, wenn die verbindenden Kreisbogen lang sind (länger als das Fahrzeug). Es wird vorausgesetzt, dass Kupplungen und Wagenübergänge so gestaltet sind, dass diese Linienkombinationen möglich sind.

Tabelle 14 — Untergrenzen für die Länge L_c (m) eines geraden Zwischenelements zwischen zwei langen Kreisbogen in entgegengesetzten Richtungen und mit Radien der Grundrisse mit normalen Grenzwerten

Streckenklasse	A1435	B1435	C1000
Normaler Grenzwert (m)	7	7	7
Außergewöhnlicher Grenzwert (m)	Nicht angegeben	Nicht angegeben	Nicht angegeben

Wenn die Radien des Grundrisses größer sind als die normalen Grenzwerte in Tabelle 4 dürfen die normalen Grenzwerte für die Länge L_c eines geraden Zwischengleises reduziert werden.

Ist ein Gleis-Zwischenelement erforderlich, bei dem es sich nicht um ein gerades Gleis handelt, ist eine ausführliche Berechnung vorzunehmen, um die Größenordnung der Differenzen im Ausschlag des Fahrzeugendes zu überprüfen.

Sofern die beiden engen Bogen kurz sind und die angrenzenden Elemente vor der ersten Ausrundung und/oder nach der zweiten Ausrundung einen größeren Radius aufweisen, darf die Länge des Zwischenelements nach genauer Untersuchung kürzer sein.

Der normative Anhang D enthält weitere Informationen über die Untergrenzen für Längen von Zwischenelementen und möglichen Änderungen der in Tabelle 14 aufgeführten normalen Grenzwerte.

Außergewöhnliche Grenzwerte sind in diesem Dokument nicht festgelegt, da sie von den Eigenschaften des lokalen Fahrzeugs abhängig sind.

6.13 Länge zwischen zwei unvermittelten Änderungen des Überhöhungsfehlbetrags L_s

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

Von der Geschwindigkeit abhängige untere Grenzwerte der Länge des/der Zwischenelemente(s) zwischen zwei unvermittelten Änderungen des Überhöhungsfehlbetrags $L_{s,lim}$ sind in Gleichung (7) und Tabelle 15 definiert.

$$L_{s,lim} = q_{s,lim} \cdot V \quad (7)$$

Dabei ist

$q_{s,lim}$ ein in Tabelle 15 festgelegter Faktor ($m \cdot h/km$); und

V die Zuggeschwindigkeit (km/h).

Tabelle 15 — Untergrenzen für den Faktor $q_{s,lim}$ für die Definition der Mindestlänge zwischen zwei Tangentenpunkten mit unvermittelter Änderung des Überhöhungsfehlbetrags ($L_{s,lim}$)

Streckenklasse	A1435	B1435	C1000
Normaler Grenzwert ($m \cdot h/km$)	0,20	0,20	0,20
Außergewöhnlicher Grenzwert ($m \cdot h/km$)	0,10	0,10	0,10

ANMERKUNG Innerhalb Weichen und Kreuzungen und an Herzstücken kann 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 (oder Überhöhungsüberschusses) mit der Zeit nicht über dem oberen Grenzwert in 6.8 liegen.

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

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. Tabelle 16 enthält die Obergrenzen für den absoluten Wert der Gleisneigung.

Tabelle 16 — Obergrenzen für die Gleisneigung p_{lim}

Streckenklasse	A1435	B1435	C1000
Normaler Grenzwert (mm/m) ^a	30	50	50
Außergewöhnlicher Grenzwert (mm/m) ^a	40	100	100
^a Es können stärker einschränkende untere Grenzwerte für den Radius entlang von Bahnsteigen gelten, zum Beispiel für den Komfort beim Ein- und Aussteigen der Fahrgäste.			

Eine Kombination des Radius im Grundriss R und der Gleisneigung p wirkt sich auf die resultierende Neigung der Überhöhungsrampe $\left(\frac{dp}{ds}\right)_r$ aus, siehe normativer Anhang B.

Nebengleise sollten idealerweise horizontal verlaufen.

Für Haltepositionen an Bahnsteigen und für Positionen auf Nebengleisen ist die durchschnittliche Neigung über die Zuglänge die maßgebliche Neigung, nicht der jeweilige lokale Höchstwert.

6.15 Länge der konstanten Neigung L_g

Üblicherweise ist ein Trassierungselement mit konstanter Neigung zwischen zwei Ausrundungen im Aufriss vorhanden. Es kann jedoch erforderlich sein, zwei Ausrundungen im Aufriss direkt miteinander zu verbinden, zum Beispiel bei überhöhten Weichen.

Untergrenzen für die Länge der konstanten Gleisneigung $L_{g,lim}$ sind in Tabelle 17 festgelegt.

Tabelle 17 — Untergrenzen für die Länge der konstanten Gleisneigung $L_{g,lim}$

Streckenklasse	A1435	B1435	C1000
Normaler Grenzwert (m)	10	6	6
Außergewöhnlicher Grenzwert (m)	0	0	0

6.16 Vertikaler Radius R_v

Im Allgemeinen werden Ausrundungen im Aufriss als Parabeln (Polynome 2. Grades) oder als Kreisbogen konstruiert. Sie sind üblicherweise ohne Übergangsbogen ausgelegt. Daher enthält dieses Dokument keine Gestaltungskriterien für Übergangsbogen für die Trassierung im Aufriss.

ANMERKUNG Eine Ausrundung im Aufriss 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 18 festgelegt.

Tabelle 18 — Untergrenze für den vertikalen Radius im Grundriss und den resultierenden Radius im Grundriss $R_{v,lim}$

Streckenklasse	A1435	B1435	C1000
Allgemeiner, normaler Grenzwert (m)	1 000	1 000	1 000
Allgemeiner, außergewöhnlicher Grenzwert (m)	500	300	300
An Überhöhungsrampen, normaler Grenzwert (m)	2 000	2 000	2 000
An Überhöhungsrampen, außergewöhnlicher Grenzwert (m)	500	300	300
Weichen und Kreuzungen, konvexe Ausrundungen, normaler Grenzwert (m)	5 000	5 000	5 000
Weichen und Kreuzungen, konkave Ausrundungen, normaler Grenzwert (m)	3 000	3 000	3 000
Weichen und Kreuzungen, außergewöhnlicher Grenzwert (m)	2 000	2 000	2 000

Der resultierende Radius im Aufriss (R_v)_r hängt auch von der Kombination aus Radius im Grundriss R und vorhandener Überhöhung D ab. Siehe normativer Anhang B. Die Grenzwerte in Tabelle 18 sind auch für den resultierenden Radius im Aufriss (R_v)_r anwendbar.

Bei Weichen, die in Ausrundungen im Aufriss angeordnet sind, muss sichergestellt werden, dass bewegliche Teile auf den Gleitplatten liegen.

Der vertikale Radius für sowohl das durchgehende Hauptgleise als auch Weichen- und Kreuzungsanlagen muss auch den in Gleichung (8) und Tabelle 19 festgelegten von der Geschwindigkeit abhängigen Untergrenzen entsprechen.

$$R_v \geq q_{R,lim} \cdot V^2 \quad (8)$$

Tabelle 19 — Untergrenzen des Faktors für den vertikalen Radius $q_{R,lim}$

Streckenklasse	A1435	B1435	C1000
Normaler Grenzwert ($m \cdot h^2/km^2$)	0,35	0,35	0,35
Außergewöhnlicher Grenzwert ($m \cdot h^2/km^2$)	0,13	0,13	0,13

Dieses Dokument enthält keine Obergrenze für den vertikalen Radius. Lokal gültige Normen dürfen jedoch in Abhängigkeit von den Fähigkeiten der Trassierungssoftware eine derartige Obergrenze enthalten, um sehr große Zahlen handhaben zu können, oder zu weiteren praktischen Zwecken. Es sollte kein vertikaler Radius verwendet werden, der höher ist als 99 999 m.

6.17 Länge des vertikalen Radius L_v

Untergrenzen für die Länge des vertikalen Radius $L_{v,lim}$ sind in Tabelle 20 festgelegt.

Tabelle 20 — Untergrenzen für die Länge der vertikalen Radien $L_{v,lim}$

Streckenklasse	A1435	B1435	C1000
Normaler Grenzwert (m)	10	6	6
Außergewöhnlicher Grenzwert (m)	0	0	0

6.18 Unvermittelte Änderung der Gleisneigung Δp

Normalerweise dürfen keine zwei Elemente mit konstanten Gleisneigungen ohne dazwischenliegende Ausrundung im Aufriss 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 C angegebenen Zeichenregeln definiert.

Es wird empfohlen einen kurzen vertikalen Radius anstelle einer unvermittelten Änderung der Gleisneigung zu verwenden.

Die Obergrenzen für eine unvermittelte Änderung der Gleisneigung Δp_{lim} sind in Tabelle 21 festgelegt.

Tabelle 21 — Obergrenzen für eine unvermittelte Änderung der Gleisneigung in durchgehenden Hauptgleisen Δp_{lim}

Streckenklasse	A1435	B1435	C1000
Normaler Grenzwert (mm/m)	1,25	1,25	1,25
Außergewöhnlicher Grenzwert (mm/m)	2,5	2,5	2,5

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 oberen Grenzwertes der Neigung der Überhöhungsrampe berücksichtigt wurde.

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 Aufriss überschreiten, wobei der Radius 6.16 entsprechen sollte, was zur gleichen Gesamtänderung der Gleisneigung führt.

Anhang A (normativ)

Regeln für die Umwandlung von Parameterwerten für Spurweiten größer als 1 435 mm oder 1 000 mm

A.1 Anwendungsbereich

In diesem Anhang werden die Regeln beschrieben, die für die Umwandlung der Werte und Grenzwerte nach dieser Norm für andere nominale Spurweiten als 1 435 mm oder 1 000 mm angewendet werden müssen.

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
34	a_i, a_{i1}	quasi-statische Seitenbeschleunigung auf Gleishöhe, aber parallel zum Fahrzeugboden	m/s ²
35	a_q, a_{q1}	unausgeglichene Seitenbeschleunigung in der Lafebene	m/s ²
36	b	Radstand des Fahrzeugs	m
37	B, B_1	Abstand zwischen den Federdämpfungspunkten eines Radsatzes	mm
38	$da_i/dt, da_{i1}/dt$	zeitbezogene Änderung der quasi-statischen Seitenbeschleunigung auf Gleishöhe, aber parallel zum Fahrzeugboden	m/s ³
39	$dD/ds, dD_1/ds$	Neigung der Überhöhungsrampe	mm/m
40	$dD/dt, dD_1/dt$	Änderung der Überhöhung mit der Zeit	mm/s
41	$dI/dt, dI_1/dt$	Änderung des Überhöhungsfehlbetrags mit der Zeit	mm/s
42	D, D_1	vorhandene Überhöhung	mm
43	e, e_1	Grundmaß für die Überhöhung (1 500 mm für eine nominale Spurweite von 1 435 mm bzw. 1 060 mm für eine nominale Spurweite von 1 000 mm).	Mm
44	E, E_1	Überhöhungsüberschuss	mm
45	H_s	quasi-statische Querkraft, den ein Radsatz auf das Gleis ausübt	N
46	h_g	Höhe über der Oberseite der Schienen für den Massenschwerpunkt des Fahrzeugs	m
47	I, I_1	Überhöhungsfehlbetrag	mm

Nr.	Symbol	Bedeutung	Einheit
48	K, K_1	Koeffizient für die Steifigkeit der Dämpfung	N/m
49	$q_E, (q_E)_1$	Faktor zur Berechnung der ausgeglichenen Überhöhung	mm · m · h ² /km ²
50	Q_N	nominale vertikale Rad-/Schiene-Kraft	N
51	s_r	Wankneigungskoeffizient entsprechend dem Neigungskoeffizienten s in EN 15273-1	-
52	U	Änderung der vorhandenen Überhöhung zwischen den Radsätzen, die durch das Dämpfungssystem verbunden sind	m
53	W	Übersetzungsverhältnis e_1/e	-
54	$\Delta a_v, \Delta a_{i1}$	unvermittelte Änderung der quasi-statischen Seitenbeschleunigung Δa_i	m/s ²
55	$\Delta D, \Delta D_1$	Änderung der vorhandenen Überhöhung entlang der Überhöhungsrampe	mm
56	$\Delta I, \Delta I_1$	Änderung des Überhöhungsfehlbetrags (und/oder Überhöhungsüberschusses) entlang eines Übergangs oder bei einer unvermittelten Änderung des Überhöhungsfehlbetrags	mm
57	$\Delta Q, \Delta Q_1$	Zunahmeschritt der quasi-statischen vertikalen Rad-/Schiene-Kraft	N
58	$\dot{\phi}, \dot{\phi}_1$	Rotationsgeschwindigkeit	rad/s

Die mit dem Index 1 angegebenen Parameter in Tabelle A.1 beziehen sich auf die umgewandelten Werte für Gleise mit anderen nominalen Spurweiten als 1 435 mm bzw. 1 000 mm (abhängig von der umzuwandelnden Streckenklasse).

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 die anderen nominalen Spurweiten ähnlich sind;
- die Zusammensetzung der Fahrzeuge und deren Radanordnung, die Masse, die Lage des Schwerpunktes, die Steifigkeit und die Dämpfer gleichartig sind; die gleichen Sicherheitsgrenzwerte hinsichtlich Entgleisung;

- 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 gleicher 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) gleichen den Einfluss des Überhöhungsfehlbetrags I an die quasi-statische Querkraft zwischen einem Radsatz und dem Gleis H_S an:

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

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 Gleichung (A.1) und Gleichung (A.2) durch E ersetzt (siehe 6.4).

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

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

Gleichung (A.4) bis Gleichung (A.5) gleichen den Einfluss des Überhöhungsfehlbetrags I an die unausgeglichene Seitenbeschleunigung in der Gleisebene bzw. innerhalb des Fahrzeugs an.

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

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

A.3.3 Basisgrößen

Die Parameterwerte für andere Spurweiten als 1 435 mm bzw. 1 000 mm werden mit dem Index 1 bezeichnet. Bei jedem Netzwerksystem müssen die lokalen Werte e_1 und B_1 berücksichtigt werden.

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

$$W = \frac{e_1}{e} \quad (\text{A.6})$$