

DIN EN 15273-3



ICS 45.020; 45.060.01

EntwurfEinsprüche bis 2023-05-17
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 15273-3:2017-10**Bahnanwendungen –
Begrenzungslinien –
Teil 3: Infrastruktur;
Deutsche und Englische Fassung prEN 15273-3:2023**Railway applications –
Gauges –
Part 3: Infrastructure;
German and English version prEN 15273-3:2023Applications ferroviaires –
Gabarits –
Partie 3: Infrastructure;
Version allemande et anglaise prEN 15273-3:2023**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023-03-17 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), 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 244 Seiten

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 15273-3:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 087-00-06 AA „Begrenzungslinien“ 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.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 15273-3:2017-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) normative Verweisungen aktualisiert;
- b) Umstrukturierung der Abschnitte 5 bis 17;
- c) neuer Abschnitts 6;
- d) Berechnungsbeispiele in CEN/TR 15273-5 verschoben;
- e) Tabelle B.1 in den normativen Anhang A verschoben;
- f) Referenzprofile und Basisdaten aus den normativen Anhängen C und D in EN 15273-4 verschoben;
- g) normativer Anhang F in normativen Anhang C verschoben;
- h) informativer Anhang H in informativen Anhang D verschoben;
- i) neuer informativen Anhangs F;
- j) Anhang ZA aktualisiert;
- k) redaktionelle Überarbeitung des Dokuments.

– Entwurf –

2023-03

DIN EN 15273-3

Entwurf

Titel de: Bahnanwendungen – Begrenzungslinien – Teil 3: Infrastruktur
Titel en: Railway applications – Gauges – Part 3: Infrastructure
Titel fr: Applications ferroviaires – Gabarits – Partie 3: Infrastructure

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	8
4 Symbole und Abkürzungen	8
5 Definierte Begrenzungslinien	8
5.1 Allgemeines	8
5.1.1 Einführung	8
5.1.2 Rechenmethoden	8
5.1.3 Lichtraumarten	8
5.1.4 Einheits-Lichtraum	9
5.1.5 Wahl des Lichtraums	9
5.2 Allgemeine Informationen zu allen Rechenmethoden von Begrenzungslinien	10
5.2.1 Die Bezugslinie und ihre zugehörigen Regeln	10
5.2.2 Lichtraumvergrößerung in Querrichtung	10
5.2.3 Vertikale Verschiebung	13
5.2.4 Weitere Zuschläge	18
5.3 Kinematische Rechenmethode	18
5.3.1 Allgemeines	18
5.3.2 Infrastrukturbegrenzungslinie	19
5.4 Dynamische Rechenmethode	24
5.4.1 Allgemeines	24
5.4.2 Infrastrukturbegrenzungslinie	25
5.5 Statische Rechenmethode	27
5.5.1 Allgemeines	27
5.5.2 Infrastrukturbegrenzungslinie	28
5.6 Gleismittenabstand	30
5.6.1 Einführung	30
5.6.2 Bei der Bestimmung des Gleismittenabstands zu berücksichtigende Parameter	32
5.6.3 Bestimmung des Gleismittenabstands	34
5.7 Trassierung in Übergangsbereichen	38
5.7.1 Einführung	38
5.7.2 Übergänge in der Trassierung	39
5.7.3 Befahren von Weichen	43
5.8 Bestimmung des ungehinderten Durchgangs des Stromabnehmers	46
5.8.1 Allgemeines	46
5.8.2 Mechanische Begrenzungslinie für Stromabnehmer für die kinematische Rechenmethode	48
5.8.3 Elektrische Begrenzungslinie für Stromabnehmer für die kinematische Rechenmethode	53
5.8.4 Mechanische Begrenzungslinie für Stromabnehmer für die dynamische Rechenmethode	54
5.8.5 Elektrische Begrenzungslinie für Stromabnehmer für die dynamische Rechenmethode	55
5.9 Oberleitung	55
5.10 Elemente, die im Nahbereich sein sollen	56
5.10.1 Regeln für die Anordnung der Bahnsteigkanten	56

5.10.2	Streckenausrüstung	62
5.11	Anleitung für die Festlegung eines neuen Lichtraums auf der Grundlage einer bestehenden Infrastruktur	63
5.12	Züge mit Neigetechnik	63
5.13	Fährschiffe	63
5.14	Überprüfung und Aufrechterhaltung der Begrenzungslinie	63
5.14.1	Infrastrukturbegrenzungslinien	63
5.14.2	Gleismittenabstand	64
6	Absolute und vergleichende Rechenmethode	64
6.1	Absolute Rechenmethode	64
6.1.1	Allgemeines	64
6.1.2	Anforderungen an die Infrastrukturdaten	65
6.1.3	Infrastrukturbezogene Toleranzen	67
6.1.4	Infrastrukturberechnungen	69
6.1.5	Anwendungsregeln	71
6.2	Vergleichende Rechenmethode	72
6.3	Absolute Lichträume	73
6.4	Daten zur Kompatibilität	73
6.5	Punkte, die nahe beieinander sein sollen	74
6.5.1	Allgemeines	74
6.5.2	Steuerungs-, Bedienungs- und Signalanlagen	75
6.5.3	Aktive Radlenker	75
6.5.4	Bohlenübergänge	75
6.5.5	Stromschienen	75
6.5.6	Schienenbremsen	75
6.6	Bahnsteige	76
6.7	Begrenzungslinie für Stromabnehmer	76
6.7.1	Allgemeines	76
6.7.2	Begrenzungslinien für Stromabnehmer	77
6.7.3	Wankrichtwerte für Stromabnehmer	77
6.7.4	Begrenzungslinien für Stromabnehmer anhand von Hüllkurven	77
6.8	Weichen und Kreuzungen	77
6.9	Züge mit Neigetechnik	78
6.10	Vermessung der Infrastruktur	78
6.10.1	Messdaten	78
6.10.2	Ausstattung für die Untersuchung	78
6.10.3	Messgenauigkeit τ_{im}	79
6.10.4	Untersuchungsqualität	79
6.11	Messmanagementgrundsätze	79
6.12	In Oberbaunähe installierte feste Anlagen	80
6.13	Vorübergehende Anlagen	81
Anhang A (informativ)	Empfohlene Werte für die Berechnung der Zuschläge bei festgelegten und absoluten Begrenzungslinien	82
Anhang B (informativ)	Definierte Begrenzungslinien — Untere Bereiche	85
B.1	Allgemeines	85
B.2	Unterer Bereich GI2 — im Allgemeinen anzuwenden	85
B.3	Unterer Bereich von GI1 — Gleise für Gleisbremsvorrichtungen	86
B.3.1	Allgemeines	86
B.3.2	Vertikale Absenkung	88
B.4	Unterer Bereich der „Rollenden Landstraße“ — GI3	89
Anhang C (informativ)	Bestimmung der Merkmale von Referenzfahrzeugen für definierte Begrenzungslinien	91
C.1	Einführung	91

C.2	Methodik.....	91
C.3	Berechnungsbeispiel.....	92
C.3.1	Einführung.....	92
C.3.2	Fahrzeug 1 (Bogeninnenseite).....	92
C.3.3	Fahrzeug 2 (Bogenaußenseite).....	93
C.3.4	Fahrzeug 3 (Bogeninnenseite).....	93
C.3.5	Fahrzeug 4 (Bogenaußenseite).....	93
C.3.6	Zusammenfassung.....	93
C.3.7	Referenzfahrzeuge der internationalen Begrenzungslinien.....	94
Anhang D (informativ) Wartungsrichtlinie für definierte Begrenzungslinien.....		98
D.1	Einführung.....	98
D.2	Wahl des Lichtraums.....	98
D.3	Richtlinien für die Anordnung von Gegenständen.....	98
D.3.1	Richtlinien für die Anordnung von gleisnahen Gegenständen.....	98
D.3.2	Richtlinien für die Anordnung von Strecken entlang von baulichen Anlagen.....	99
D.3.3	Richtlinien für die Anordnung vorübergehender Anlagen.....	99
D.4	Verwaltung und Kontrolle der baulichen Anlagen.....	99
D.4.1	Verwaltungsgrundsatz.....	99
D.4.2	Umgang mit kritischen Situationen.....	99
D.4.3	Praktische Aspekte der Vermessung von Anlagen.....	100
D.5	Einfluss der Gleisinstandhaltung.....	100
D.6	Schulung des Personals.....	100
Anhang E (informativ) Rechenbeispiel für die Berechnung definierter Begrenzungslinien im Weichenbereich.....		101
E.1	Einführung.....	101
E.2	Methodik.....	102
E.3	Spurerweiterung.....	103
E.3.1	Spurerweiterung in der Hauptstrecke.....	103
E.3.2	Spurerweiterung im Zweiggleis.....	103
E.4	Quasistatische Neigung.....	104
E.5	Breite der Begrenzungslinie bei einer Weiche.....	104
Anhang F (informativ) Züge mit Neigetechnik.....		107
F.1	Allgemeines.....	107
F.2	Übergangsbogen.....	108
F.3	Betrieb bei gestörtem Neigungssystem.....	108
Anhang G (informativ) Einheits-Lichtraum.....		109
G.1	Allgemeines.....	109
G.2	Begrenzungslinie GU1.....	109
G.2.1	Allgemeines.....	109
G.2.2	Bestimmung der Begrenzungslinie.....	109
G.2.3	Entsprechende kinematische Begrenzungslinie.....	110
G.3	GU2.....	111
G.3.1	Allgemeines.....	111
G.3.2	Bestimmung der Begrenzungslinie.....	111
G.4	Begrenzungslinie GUC.....	113
G.4.1	Allgemeines.....	113
G.4.2	Bestimmung der Begrenzungslinie.....	113
Anhang H (informativ) A-Abweichungen.....		115
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden EU-Richtlinie (EU) 2016/797.....		116
Literaturhinweise.....		120

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 15273-3:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 15273-3:2013+A1:2016 ersetzen.

- prEN 15273-1: *Allgemeines — Gemeinsame Vorschriften für Fahrzeuge und Infrastruktur enthält die allgemeinen Erläuterungen zur Lichtraumbestimmung und definiert die gemeinsame Raumnutzung von Fahrzeugen und Infrastruktur;*
- prEN 15273-2: *Fahrzeuge enthält Regeln für die Berechnung der Fahrzeugbegrenzungslinien;*
- prEN 15273-3: *Infrastruktur enthält Regeln für die Anordnung der Infrastruktur;*
- prEN 15273-4: *Katalog der definierten Begrenzungslinien enthält eine nicht erschöpfende Liste von Bezugslinien und Parametern zur Verwendung für Infrastruktur und Fahrzeuge;*
- prCEN/TR 15273-5: *Hintergrund, Erläuterung und Berechnungsbeispiele.*

Im Vergleich zur vorherigen Ausgabe wurden folgende technische Änderungen vorgenommen:

- die Normenreihe wurde vollständig von drei Teilen auf fünf Teile umstrukturiert,
- Abschnitt 3 und Abschnitt 4 beziehen sich nun auf prEN 15273-1, in der alle Begriffe und Symbole definiert sind,
- Abschnitte 5 bis 17 wurden umstrukturiert,
- Erstellung eines neuen Abschnitts 6 für die absolute und vergleichende Rechenmethode,
- alle Berechnungsbeispiele wurden in die neue prCEN/TR 15273-5 verschoben,
- Tabelle B.1 wurde in den normativen Anhang A verschoben,
- alle Bezugslinien und Basisgrößen aus den normativen Anhängen C und D wurden in die neue prEN 15273-4 verschoben,
- der normative Anhang F wurde in den normativen Anhang C verschoben,
- der informative Anhang H wurde in den informativen Anhang D verschoben,
- Erstellung eines neuen informativen Anhangs F über Züge mit Neigetechnik.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Normungsauftrages erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie(n)/Verordnung(en).

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinie(n)/Verordnung(en) siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Einleitung

Die Zielsetzung dieses Dokuments besteht darin, die Regeln zur Berechnung und Überprüfung der Abmessungen von Fahrzeugen und Infrastruktur aus Perspektive der Lichtraumbestimmung zu definieren.

Dieses Dokument beschreibt Berechnungsmethoden für Begrenzungslinien unter Berücksichtigung der relativen Bewegungen zwischen Fahrzeug und Infrastruktur sowie der erforderlichen Zuschläge oder Freiräume.

Dieser Teil der Normenreihe EN 15273 befasst sich mit Anforderungen für Infrastruktur und wird im Zusammenhang mit den folgenden Teilen verwendet:

- Teil 1: Allgemeines — Gemeinsame Vorschriften für Fahrzeuge und Infrastruktur;
- *Teil 2: Fahrzeuge;*
- *Teil 4: Katalog der definierten Begrenzungslinien;*
- *Teil 5: Hintergrund, Erläuterung und Berechnungsbeispiele.*

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument:

- legt verschiedene Profile fest, die für die Anordnung, Überprüfung und Instandhaltung der Infrastruktur erforderlich sind;
 - führt die verschiedenen Einflussgrößen auf; die bei der Festlegung der jeweiligen Infrastrukturbegrenzungslinie zu berücksichtigen sind;
 - legt eine Methode fest; mit der — ausgehend von den oben genannten Einflüssen — die verschiedenen Lichtraumprofile berechnet werden können;
 - legt die Regeln für die Festlegung des Gleismittenabstands fest;
 - legt die Regeln fest; die bei der Anordnung der Bahnsteige zu beachten sind;
 - legt die Regeln für die Bestimmung der Begrenzungslinie für Stromabnehmer fest;
 - stellt die Gleichungen auf; die für die Berechnung der Infrastrukturbegrenzungslinie erforderlich sind;
- und ist bei unterschiedlichen Spurweiten anwendbar.

Dieses Dokument gilt für Vollbahnnetze mit diversen Spurweiten. Andere Schienennetze gehören nicht zum Anwendungsbereich dieses Dokuments, die Regeln können aber dennoch auf sie angewendet werden.

Dieses Dokument gilt nicht für die Begrenzungslinien „S“ und „T“ für Spurweite 1 520 mm.

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 13232 (Reihe):2011, *Bahnanwendungen — Oberbau — Weichen und Kreuzungen*

prEN 15273-1:2023, *Bahnanwendungen — Begrenzungslinien — Teil 1: Allgemeines — Gemeinsame Vorschriften für Fahrzeuge und Infrastruktur*

prEN 15273-2:2023, *Bahnanwendungen — Begrenzungslinien — Teil 2: Fahrzeuge*

prEN 15273-4:2023, *Bahnanwendungen — Begrenzungslinien — Teil 4: Katalog der definierten Begrenzungslinien*

prCEN/TR 15273-5:2023, *Bahnanwendungen — Begrenzungslinien — Teil 5: Hintergrund, Erläuterung und Berechnungsbeispiele*

EN 50119:2020, *Bahnanwendungen — Ortsfeste Anlagen — Oberleitungen für die elektrische Zugförderung*

EN 50367:2020, *Bahnanwendungen — Ortsfeste Anlagen und Fahrzeuge — Kriterien zur Erreichung der technischen Kompatibilität zwischen Dachstromabnehmern und Oberleitung*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach prEN 15273-1:2023.

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

- ISO Online Browsing-Plattform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp/>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

4 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach prEN 15273-1:2023.

5 Definierte Begrenzungslinien

5.1 Allgemeines

5.1.1 Einführung

Bei definierten Begrenzungslinien wird die Infrastruktur auf der Grundlage einer Bezugslinie und ihrer zugehörigen Regeln festgelegt (siehe prEN 15273-1:2023, prEN 15273-4:2023 und 5.2.1). Diese sind Gegenstand einer Vereinbarung zwischen Infrastrukturbetreiber und Eisenbahnunternehmen und daher nicht voneinander zu trennen.

In dieser Vereinbarung ist festgelegt, wie sich die diversen möglichen Verschiebungen des Fahrzeugs im Gleis verteilen und wie sie berücksichtigt werden.

5.1.2 Rechenmethoden

Es gibt verschiedene Rechenmethoden. Weitere Einzelheiten können prEN 15273-1:2023 entnommen werden. Die verwendete Methode muss unbedingt angegeben werden:

- kinematische Rechenmethode;
- dynamische Rechenmethode;
- statische Rechenmethode.

5.1.3 Lichtraumarten

Für jede in prEN 15273-4:2023 genannte Bezugslinie gibt es je nach erforderlicher Anwendung unterschiedliche Lichtraumarten:

- Die absolute Grenzlinie berücksichtigt nur Erweiterungen und verbindlich vorgeschriebene Zuschläge, welche die Verkehrssicherheit nach einer Überprüfung der vor Ort erhobenen Messungen sicherstellen. Diese Art von Begrenzungslinie ist nur für einen kurzen Zeitraum verfügbar und bleibt die Verantwortung des Infrastrukturbetreibers;
- Der Mindestlichraum (bautechnische Grenzlinie) berücksichtigt die absolute Grenzlinie sowie alle Verschiebungen und Verschleißerscheinungen, die zwischen zwei Instandhaltungsperioden auftreten können anhand eines Instandhaltungszuschlags. Die Einhaltung dieser Begrenzungslinie stellt sicher, dass der Freiraum während Instandhaltungs- und Prüfmaßnahmen erhalten bleibt.
- Der Nenn-Lichtraum berücksichtigt den Mindestlichraum und die zusätzlichen Infrastrukturzuschläge. Die Anwendung dieser Begrenzungslinie stellt sicher, dass der Freiraum in praktisch allen Situationen aufrechterhalten wird und erlaubt daher weitere Verwendungsmöglichkeiten.

5.1.4 Einheits-Lichtraum

Steht dem Infrastrukturbetreiber genügend Raum zur Verfügung, kann er anhand der Trassierungsparameter eine unveränderlichen einheitliche Begrenzungslinie definieren, die ihm die Verwaltung erleichtert und ggf. die Durchfahrt von außergewöhnlichen Transporten mit Lademaßüberschreitungen ermöglicht. Diese Begrenzungslinie, die im Allgemeinen weitere Zuschläge enthält, ist ein als Einheits-Lichtraum bezeichneter Nenn-Lichtraum.

Einheits-Lichträume werden in Europa auf mehreren Netzen verwendet. Je nach Verkehrsnetz können Ihre Anwendungsregeln unterschiedlich sein.

Dieser Ansatz schafft gegenüber dem gewählten Nenn-Lichtraum einen weiteren Zuschlag und kommt nur infrage, wenn vor Ort genügend Freiraum vorhanden ist.

Der Infrastrukturbetreiber hat immer die Voraussetzungen zu prüfen, die der Definition eines solchen Lichtraums zugrunde liegen, und er muss immer dann zum Nenn-Lichtraum zurückzukehren, wenn diese Voraussetzungen nicht mehr gegeben sind.

Es dürfen daher weder der gewählte Lichtraum noch die Voraussetzungen außer Acht gelassen werden, die seiner Definition zugrunde liegen.

Die Durchfahrt von außergewöhnlichen Transporten mit Lademaßüberschreitungen muss mit dem Infrastrukturbetreiber abgestimmt werden.

Genauere Informationen sind in Anhang G enthalten.

5.1.5 Wahl des Lichtraums

5.1.5.1 Einführung

Die Wahl der Begrenzungslinie ist Sache des Infrastrukturbetreibers. Daher muss der Infrastrukturbetreiber ggf. die folgenden Punkte beachten:

- die derzeit geltenden technischen Spezifikationen für die Interoperabilität;
- bi- oder multilaterale Vereinbarungen;
- die derzeit geltenden internationalen technischen Spezifikationen;
- den verfügbaren Raum auf den betroffenen Strecken;
- besondere infrastrukturbedingte Einschränkungen.

Der Infrastrukturbetreiber ist dafür zuständig, dass die festgelegte Begrenzungslinie zeitlichen Bestand hat.

Die Wahl der Rechenmethode hängt in erheblichem Maße von der Wahl der Begrenzungslinie ab.

5.1.5.2 Wahl der Lichtraumart

Beim Bau neuer Strecken sollte der Nenn-Lichtraum angewendet werden. In Ausnahmefällen darf der Infrastrukturbetreiber aber auch den Mindestlichtraum anwenden.

Bei allen anderen Neuinstallationen auf vorhandenen Strecken wird bei Umbauten, Erweiterungen usw. empfohlen, den Nenn-Lichtraum anzuwenden. Der Infrastrukturbetreiber darf aber auch den Mindestlichtraum anwenden.

ANMERKUNG 1 Das Ziel wird immer sein, den Nenn-Lichtraum freizuhalten.

Gegebenenfalls kann er beschließen, eine absolute Grenzlinie festzulegen, um bei verschlechtertem Gleiszustand den ungehinderten Verkehr der Fahrzeuge zu verifizieren.

ANMERKUNG 2 Nach der Auswahl einer bestimmten Lichtraumart für eine Strecke oder einen Streckenabschnitt gilt aber nicht notwendigerweise, dass die gleiche Lichtraumart auch für die Berechnung des Gleismittenabstands, der Bahnsteige und die Begrenzungslinie für Stromabnehmer berücksichtigt werden sollte.

5.2 Allgemeine Informationen zu allen Rechenmethoden von Begrenzungslinien

5.2.1 Die Bezugslinie und ihre zugehörigen Regeln

Alle Arten von Infrastrukturbegrenzungslinien werden durch Vergrößerung der Bezugslinie in vertikaler und seitlicher Richtung bestimmt. Dies erfolgt häufig voneinander getrennt.

Diese Vergrößerung der Begrenzungslinie entspricht den Verschiebungen der Referenzfahrzeuge, die als Grundlage für die Festlegung des betreffenden Lichtraums verwendet werden.

ANMERKUNG Die quasistatischen Neigungen und die Verschiebungen durch zufallsbedingte Einflussgrößen (außer T_N und T_{voie}) führen zu einer Drehung des Wagenkastens in verschiedene Richtungen, was in vertikale und seitliche Verschiebungen übertragen wird.

Die in den verschiedenen Rechenmethoden für den Punkt PT (siehe Bild 3) beschriebene Berechnung von b_{inf} und h_{inf} ist konservativ, da alle seitlichen Verschiebungen in die gleiche Richtung sowie alle vertikalen Verschiebungen nach oben berücksichtigt wurden, was unter realen Umständen unrealistisch ist. Daher darf der Infrastrukturbetreiber die mathematischen Zeichen der quasistatischen Neigungen und der Verschiebungen aufgrund zufallsbedingter Einflüsse in den betreffenden Gleichungen invertieren, um eine optimierte Begrenzungslinie zu erhalten.

5.2.2 Lichtraumvergrößerung in Querrichtung

5.2.2.1 Allgemeines

In Abhängigkeit von der verwendeten Rechenmethode und der Art der Infrastrukturbegrenzungslinie müssen einige oder alle der folgenden Parameter berücksichtigt werden.

5.2.2.2 Veränderung des Lichtraums in Querrichtung in Abhängigkeit von der örtlichen Situation

5.2.2.2.1 Allgemeines

Veränderungen der Begrenzungslinie hängen von der angewandten Rechenmethode und insbesondere von der gewählten Begrenzungslinie ab.

5.2.2.2.2 Seitliche Ausladung ($S_{i/a}$)

Die seitliche Ausladung setzt sich aus den folgenden Einflüssen zusammen:

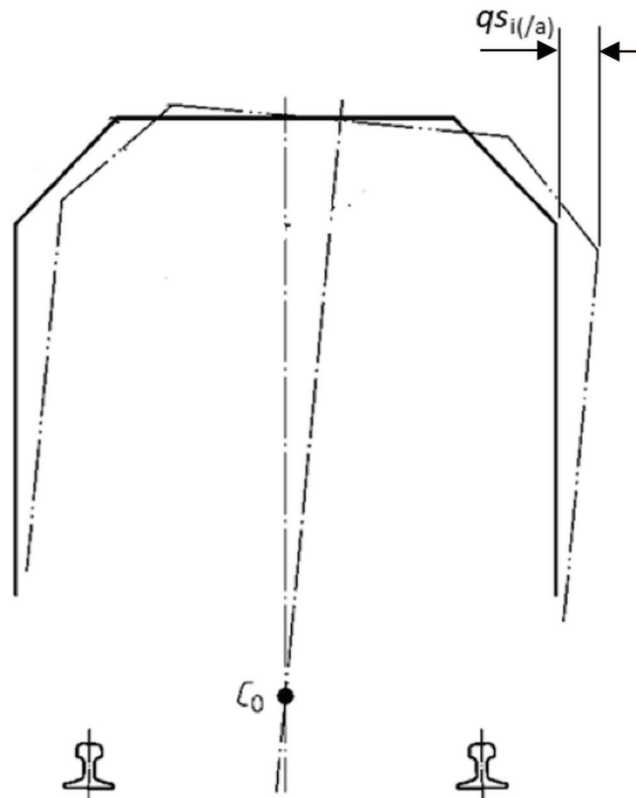
- geometrische Ausragung der Referenzfahrzeuge im Gleisbogen (S_R);
- Wirkung der Spurerweiterung (S_L);
- F -Wert für die statische Rechenmethode (siehe prCEN/TR 15273-5:2023).

Die allgemeinen Gleichungen können prEN 15273-1:2023 entnommen werden. Die für die Berechnung der jeweils gewählten Begrenzungslinie zu verwendenden spezifischen Gleichungen gehen aus prEN 15273-4:2023 hervor.

5.2.2.2.3 die seitliche quasistatische Neigung ($qs_{i/a}$)

Die quasistatische Neigung entspricht der Neigung des Wagenkastens des Referenzfahrzeugs im oberen Bereich beim Befahren von Gleisbögen:

- an der Bogenaußenseite, unter den Auswirkungen des Überhöhungsfehlbetrags, der bei der größten Geschwindigkeit maximal wird;
- an der Bogeninnenseite, unter den Auswirkungen der Überhöhung, der bei Stillstand des Fahrzeugs maximal wird



Legende

C_0 Referenzswankpol des Fahrzeugs
 qs seitliche quasistatische Neigung

Bild 1 — Seitliche quasistatische Neigung

Es ist zu beachten, dass das Fahrzeug bei der kinematischen Rechenmethode für einen Teil des Überhöhungsfehlbetrags und der Überhöhung Werte bis hin zu I_0 und D_0 berücksichtigt, während die Infrastruktur den übrigen Teil ($I-I_0$) und ($D-D_0$) sowie die Werte s_0 und h_{c0} berücksichtigt.

Bei der statischen Rechenmethode muss der Infrastrukturbetreiber die Werte D oder I vollständig berücksichtigen.

ANMERKUNG Es gibt noch andere Methoden zur Berücksichtigung dieses Einflusses. Bei der dynamischen Berechnungsmethode wird dieser Einfluss beispielsweise beim Eisenbahnunternehmen berücksichtigt.

Die allgemeinen Gleichungen können prEN 15273-1:2023 entnommen werden. Die für die jeweils gewählte Begrenzungslinie zu verwendenden spezifischen Gleichungen für die kinematische Begrenzungslinie sind in 5.3.2.1 zu finden.

In den unteren Bereichen (siehe Anhang B) wird dieser Einfluss vom Eisenbahnunternehmen berücksichtigt.

5.2.2.3 Zufallsbedingte seitlich wirkende Einflussgrößen

5.2.2.3.1 Allgemeines

Die zu berücksichtigten zufallsbedingten Einflussgrößen hängen von der gewählten Rechenmethode und der Art der Infrastrukturbegrenzungslinie ab.

Die nachstehenden Einflüsse fallen gemeinhin in die Zuständigkeit des Infrastrukturbetreibers.

5.2.2.3.2 Fahrzeugschwingungen aufgrund von Unregelmäßigkeiten der Gleislage (T_{osc})

Unregelmäßigkeiten der Gleisanlage sind eine der Ursachen für Fahrzeugschwingungen. Die Schwingungsamplitude hängt im Wesentlichen vom Zustand der Gleisanlage und den Eigenschaften der Federung ab. Diese Ereignisse werden mit dem Wert T_{osc} von der Infrastruktur berücksichtigt. In Abhängigkeit von der Elastizität des Fahrzeugs liegen sie der Neigung um den Wankpol zugrunde und bedingen die folgende Vergrößerung der Begrenzungslinie (Gleichung (1)):

$$\Delta b_1 = \frac{s_0}{L} \cdot T_{osc} \cdot (h - h_{c0})_{>0} \quad (1)$$

ANMERKUNG Es gibt noch andere Methoden zur Berücksichtigung dieses Einflusses. Bei der dynamischen Berechnungsmethode wird dieser Einfluss beispielsweise beim Eisenbahnunternehmen berücksichtigt.

Im geraden Gleis muss der Wert $T_{osc,a}$ berücksichtigt werden.

5.2.2.3.3 Gleisverschiebungen in Querrichtung (T_{voie})

T_{voie} ist ein seitwärts gerichteter Zuschlag, der die Gleisverschiebung in Querrichtung berücksichtigt. Die Gleislage kann sich zwischen zwei Instandhaltungen und/oder Überprüfungen von festen Anlagen aufgrund von Verkehrsbelastung und Oberbauinstandhaltungsarbeiten verändern.

Lässt die Oberbaukonstruktion keinerlei Bewegung gegenüber baulichen Anlagen zu, kann dieser Zuschlag unberücksichtigt bleiben.

5.2.2.3.4 Querhöhenfehler (T_D)

T_D ist ein Wert für die Abweichung der Querhöhe. Die Querhöhe des Gleises kann sich im Hinblick auf ihren Nennwert aufgrund von Instandhaltungstoleranzen und Verkehrsbelastung ändern. Dieser Querhöhenfehler, T_D , bewirkt zweierlei:

- Die Bezugslinie dreht sich in einem Winkel um die Mittellinie des Gleises, welcher der maximalen Abweichung $\frac{T_D}{L}$ entspricht, die die folgende Vergrößerung der Begrenzungslinie (Gleichung (2)) bewirkt:

$$\Delta b_2 = \frac{T_D}{L} \cdot h \quad (2)$$

- Aufgrund seiner Federungselastizität dreht sich das Fahrzeug um den Wankpol, was für die Komponenten oberhalb des Wankpols eine zusätzliche Vergrößerung der Begrenzungslinie bewirkt (Gleichung (3)):

$$\Delta b_3 = \frac{s_0}{L} \cdot T_D \cdot (h - h_{c0})_{>0} \quad (3)$$

Es ist zu beachten, dass die beiden Effekte immer gleichzeitig auftreten und diese somit zusammenhängen.

ANMERKUNG Es gibt noch andere Methoden zur Berücksichtigung dieses Einflusses. So werden beispielsweise bei der dynamischen Rechenmethode nur die geometrischen Auswirkungen vom Infrastrukturbetreiber berücksichtigt, während die dynamischen Auswirkungen in die Zuständigkeit des Eisenbahnunternehmens fallen.

5.2.2.3.5 Unsymmetrie ($\eta_{0,r}$)

Ein Fahrzeug wird niemals vollkommen symmetrisch sein, was folgende Hauptgründe hat:

- Neigung des Wagenkastens aufgrund von unzureichender Einstellung der Federung (T_{susp});
- Neigung des Wagenkastens aufgrund von Unsymmetrie der Beladung, was eine Rotation des Fahrzeugs (T_{charge}) zur Folge hat.

In beiden Fällen, dreht sich der Wagenkasten um seinen Wankpol C_0 . Die Summe der beiden Winkel entspricht dem vereinbarten Bezugswinkel $\eta_{0,r}$, siehe Gleichung (4):

$$\eta_{0,r} = T_{\text{charge}} + T_{\text{susp}} \quad (4)$$

Dies führt zu weiteren Vergrößerungen der Begrenzungslinie wie in Gleichung (5) und Gleichung (6) dargestellt:

$$\Delta b_4 = \tan(T_{\text{charge}}) \cdot (h - h_{c0})_{>0} \quad (5)$$

und

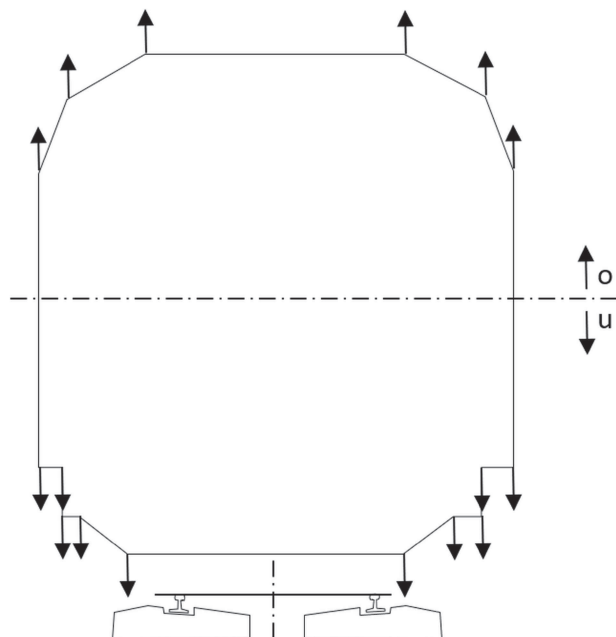
$$\Delta b_5 = \tan(T_{\text{susp}}) \cdot (h - h_{c0})_{>0} \quad (6)$$

ANMERKUNG Es gibt noch andere Methoden zur Berücksichtigung dieses Einflusses. Bei der dynamischen Berechnungsmethode wird dieser Einfluss beispielsweise beim Eisenbahnunternehmen berücksichtigt.

5.2.3 Vertikale Verschiebung

5.2.3.1 Allgemeines

In Abhängigkeit vom Punkt auf der Bezugslinie und von der verwendeten Rechenmethode müssen einige oder alle der folgenden Parameter entweder aufwärts oder abwärts gerichtet berücksichtigt werden.



Legende

- O Bewegung nach oben
- U Bewegung nach unten

Bild 2 — Vertikale Verschiebung

5.2.3.2 Veränderung der vertikalen Infrastrukturbegrenzungslinie in Abhängigkeit von der örtlichen Situation

5.2.3.2.1 Allgemeines

Veränderungen der Begrenzungslinie hängen von der angewandten Rechenmethode und insbesondere von der gewählten Begrenzungslinie ab.

5.2.3.2.2 Vertikale Ausladung ($S_{vu/o}$)

Die vertikale Ausladung muss in Abhängigkeit von der Position des Punkts auf der Bezugslinie entweder in Aufwärts- (S_{vo}) oder in Abwärtsrichtung (S_{vu}) berücksichtigt werden.

Die abwärts gerichtete Ausladung muss bei Punkten berücksichtigt werden, bei denen die Breite b_{CR} mit der Höhe zunimmt (siehe Bild 2).

Die aufwärts gerichtete Ausladung muss bei Punkten berücksichtigt werden, bei denen die Breite b_{CR} mit der Höhe abnimmt (siehe Bild 2).

Die allgemeinen Gleichungen können prEN 15273-1:2023 entnommen werden. Die für die Berechnung der jeweils gewählten Begrenzungslinie zu verwendenden spezifischen Gleichungen gehen aus prEN 15273-4:2023 hervor.

5.2.3.2.3 Vertikale quasistatische Neigung (Δh_{PT})

Die Wankbewegung kann eine vertikale Bewegung (Δh_{PT}) des oberen Bereichs der Bezugslinie verursachen. Dieser Einfluss muss bei Lichträumen berücksichtigt werden, die bedeutende Abflachungen im horizontalen oberen Bereich aufweisen. Bei anderen Lichträumen wird empfohlen, diesen Einfluss in Betracht zu ziehen, dieser Punkt liegt allerdings im Ermessen des Infrastrukturbetreibers.

Diese Neigung braucht nur für den Punkt PT in Betracht gezogen zu werden (siehe Bild 3).

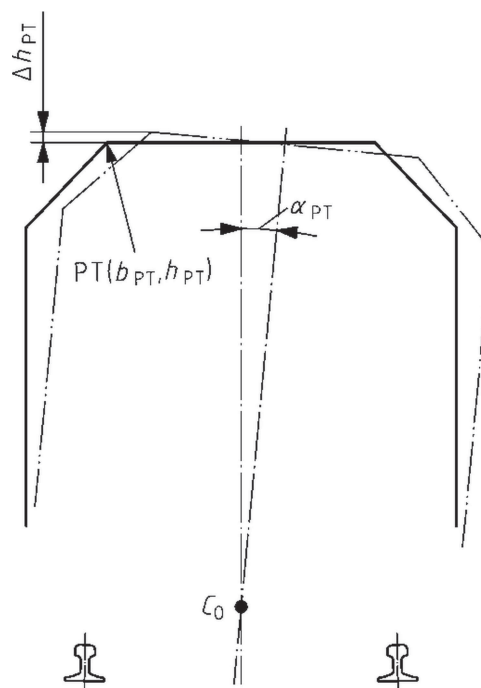


Bild 3 — vertikale quasistatische Neigung

Dh_{PT} wird anhand von Gleichung (7) bestimmt:

$$\Delta h_{PTi,a} = b_{PT} \cdot \sin \alpha_{PTi,a} - (h_{PT} - h_{c0}) \cdot (1 - \cos \alpha_{PTi,a}) \cong b_{PT} \cdot \sin \alpha_{PTi,a} \quad (7)$$

Dabei ist:

$\alpha_{PTi,a}$ die Drehung der Begrenzungslinie unter dem Einfluss der quasistatischen Neigung. Dieser Wert (bei der kinematischen Rechenmethode verwendet) kann zwischen der Bogeninnenseite und der Bogenaußenseite abweichen. Siehe Gleichung (36) oder Gleichung (38) in 5.3.2.2.

h_{PT} , b_{PT} die Koordinaten des betrachteten Punkts PT.

Die vertikale quasistatische Neigung entspricht der Neigung des Wagenkastens des Referenzfahrzeugs für Punkt PT beim Befahren von Gleisbögen:

- an der Bogenaußenseite, unter den Auswirkungen der Überhöhung, der bei Stillstand des Fahrzeugs maximal wird;
- an der Bogeninnenseite, unter den Auswirkungen des Überhöhungsfehlbetrags, der bei der größten Geschwindigkeit maximal wird.

Es sollte beachtet werden, dass bei der kinematischen Rechenmethode bereits ein Teil des Überhöhungsfehlbetrags und der Überhöhung vom Fahrzeugbau berücksichtigt wird, der Höchstwerte von I_0 und D_0 annehmen kann.

Im unteren Bereich (siehe Anhang B) wird dieser Einfluss vom Eisenbahnunternehmen entsprechend den Merkmalen der Zugarchitektur (z. B. bei Zügen mit Neigetechnik) berücksichtigt.

ANMERKUNG Es gibt noch andere Methoden zur Berücksichtigung dieses Einflusses. Bei der dynamischen Berechnungsmethode wird dieser Einfluss beispielsweise beim Eisenbahnunternehmen berücksichtigt.

5.2.3.3 Zufallsbedingte vertikal wirkende Einflüsse

5.2.3.3.1 Allgemeines

Die zu berücksichtigen zufallsbedingten Einflussgrößen hängen von der gewählten Rechenmethode und der Art der Infrastrukturbegrenzungslinie ab.

Die nachstehenden Einflüsse fallen gemeinhin in die Zuständigkeit des Infrastrukturbetreibers.

5.2.3.3.2 Höhenverschiebung des Gleises (T_N)

T_N ist ein vertikaler Zuschlag, der die Höhenverschiebung des Gleises berücksichtigt. Die Gleislage kann sich zwischen zwei Instandhaltungen und/oder Überprüfungen von festen Anlagen aufgrund von Verkehrsbelastung, Oberbauinstandhaltungsarbeiten und Umwelteinflüssen verändern. Für diesen Parameter können je nach zu berücksichtigendem Einfluss 3 unterschiedliche Werte ausgewählt werden:

- $T_{N,0}$: aufwärts gerichtete Bewegung aufgrund von Instandhaltungsmaßnahmen (Stopfarbeiten);
- $T_{N,u}$ (für am Gleis angebrachten Elementen): abwärts gerichtete Bewegung aufgrund von Verschleiß an den Schienen;
- $T_{N,u}$ (für am Gleis nicht angebrachten Elementen): abwärts gerichteter Versatz aufgrund von Verschleiß an den Schienen und Absenkung des Gleises);

5.2.3.3.3 Vertikale Auswirkungen zur Berechnung des Versatzes des Punkts PT

5.2.3.3.3.1 Allgemeines

Die folgenden Einflüsse werden durch Neigung verursacht. Wie in 5.2.3.2.3 erläutert, brauchen diese Einflüsse nur beim Punkt PT berücksichtigt zu werden.

5.2.3.3.3.2 Fahrzeugschwingungen aufgrund von Unregelmäßigkeiten der Gleislage (T_{osc})

Fahrzeugschwingungen aufgrund von Unregelmäßigkeiten der Gleislage (siehe 5.2.2.3.2) verursachen einen vertikalen Versatz des oberen Bereichs der Bezugslinie, der anhand der Gleichung (8) ausgedrückt werden kann.

$$\Delta h_1 = b_{PT} \cdot \frac{s_0}{L} \cdot T_{osc} \quad (8)$$

Ähnlich wie in 5.2.3.2.3 wird der zu berücksichtigende vertikale Versatz

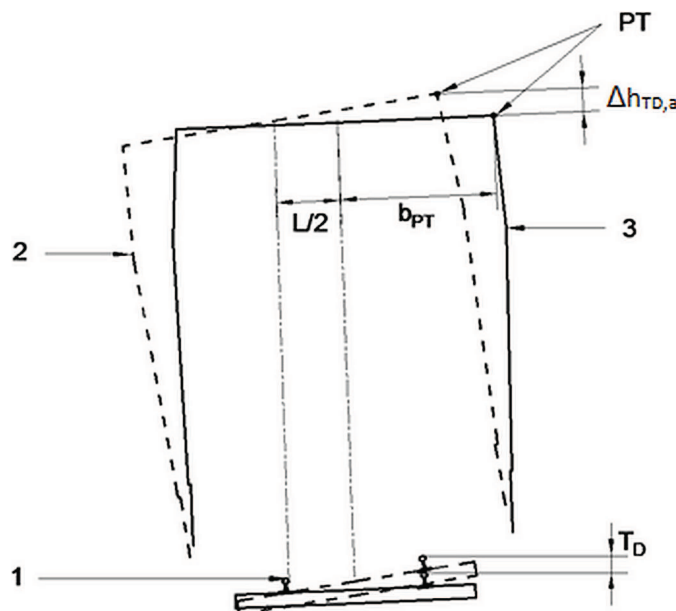
- an der Bogeninnenseite durch $T_{osc,a}$ verursacht;
- an der Bogenaußenseite durch $T_{osc,i}$ verursacht.

ANMERKUNG Es gibt noch andere Methoden zur Berücksichtigung dieses Einflusses. Bei der dynamischen Berechnungsmethode wird dieser Einfluss beispielsweise beim Eisenbahnunternehmen berücksichtigt.

5.2.3.3.3.3 Querhöhenfehler (T_D)

T_D ist ein Wert für die Abweichung der Querhöhe. Dieser Querhöhenfehler, T_D , bewirkt zweierlei: einen geometrischen Einfluss und einen Einfluss durch die Fahrzeugfederung.

- Der Rotationsmittelpunkt des geometrischen Einflusses wird bei der unteren Schiene berücksichtigt. Dies ist der allgemeine Verweispunkt bei Querhöhenfehlern, aus dem sich zwei unterschiedliche Gleichungen ergeben, die in Bild 4 und Bild 5 erläutert werden:



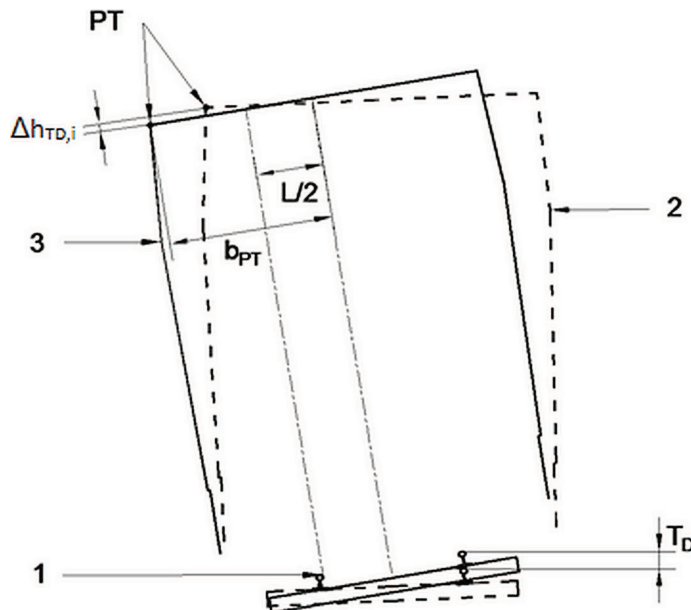
Legende

- 1 Rotationszentrum
- 2 Bezugslinie unter dem Einfluss von T_D (lokal zunehmende Überhöhung)
- 3 ursprüngliche Bezugslinie

Bild 4 — Geometrischer Einfluss des Querhöhenfehlers am Punkt PT auf der Außenseite eines Gleisbogens

Dieser Einfluss entspricht Gleichung (9):

$$\Delta h_{TD,a} = \left(b_{PT} + \frac{L}{2} \right) \cdot \frac{T_D}{L} \quad (9)$$



Legende

- 1 Rotationszentrum
- 2 Bezugslinie unter dem Einfluss von T_D (lokal abnehmende Überhöhung)
- 3 ursprüngliche Bezugslinie

Bild 5 — Geometrischer Einfluss des Querhöhenfehlers am Punkt PT auf der Innenseite eines Gleisbogens

Dieser Einfluss entspricht Gleichung (10):

$$\Delta h_{TD,i} = \left(b_{PT} - \frac{L}{2} \right) \cdot \frac{T_D}{L} \quad (10)$$

Im geraden Gleis ohne Überhöhung muss die Gleichung (12) für die Bogenaußenseite verwendet werden, da es hierbei keine niedriger oder höher gelegene Schiene gibt.

ANMERKUNG 1 Informationen zu negativen Überhöhungen siehe EN 13803.

$$\Delta h_{TD,i} = \left(b_{PT} + \frac{L}{2} \right) \cdot \frac{T_D}{L} \quad (11)$$

$$\Delta h_{TD,a} = \left(b_{PT} - \frac{L}{2} \right) \cdot \frac{T_D}{L} \quad (12)$$

Bei den Bogeninnenseiten kann dieser Einfluss vernachlässigt werden, wenn $b_{PT} < \frac{L}{2}$.

Aufgrund seiner Federungselastizität dreht sich das Fahrzeug um den Wankpol, was einen zusätzlichen vertikalen Versatz nach Gleichung (13) bewirkt:

$$\Delta h_2 = s_0 \cdot b_{PT} \cdot \frac{T_D}{L} \quad (13)$$

ANMERKUNG 2 Es gibt noch andere Methoden zur Berücksichtigung dieses Einflusses. Bei der dynamischen Rechenmethode wird beispielsweise nur der geometrische Einfluss vom Infrastrukturbetreiber in Betracht gezogen. Der dynamische Einfluss wird vom Eisenbahnunternehmen berücksichtigt.

Es ist zu beachten, dass die beiden Effekte immer gleichzeitig auftreten und diese somit zusammenhängen.

5.2.3.3.4 Unsymmetrie ($\eta_{0,r}$)

Ein vertikaler Zuschlag für die Fahrzeugunsymmetrie (siehe 5.2.2.3.5) muss nach Gleichung (14) und Gleichung (15) berücksichtigt werden:

$$\Delta h_3 = b_{PT} \cdot \tan(T_{\text{charge}}) \quad (14)$$

und

$$\Delta h_4 = b_{PT} \cdot \tan(T_{\text{susp}}) \quad (15)$$

ANMERKUNG Es gibt noch andere Methoden zur Berücksichtigung dieses Einflusses. Bei der dynamischen Begrenzungslinie wird dieser Einfluss beispielsweise beim Eisenbahnunternehmen berücksichtigt.

5.2.4 Weitere Zuschläge

Neben den Zuschlägen zur Abdeckung zufallsbedingter Einflüsse kann der Infrastrukturbetreiber weitere Zuschläge vorsehen für:

- Anhebung der Fahrgeschwindigkeit;
- Öffnen der Türen und Sicherheit des Zugbegleitpersonals unter bestimmten Betriebsbedingungen (z. B. Bahnsteige, Abstellgleis, usw.);
- künftige Änderungen der Trassierung oder des Lichtraums;
- Definition eines gleichmäßigen, von den Instandhaltungs- und Überwachungsstellen leicht handhabbaren Lichtraums für Streckenabschnitte, bei denen ausreichend große Zuschläge vorhanden sind;
- Berücksichtigung der aerodynamischen Effekte und des Seitenwinds.

Diese Zuschläge können sowohl in vertikaler als auch in Querrichtung angewendet werden.

5.3 Kinematische Rechenmethode

5.3.1 Allgemeines

Die kinematische Rechenmethode verwendet eine Bezugslinie (siehe prEN 15273-4:2023) und zugehörige Regeln nach den folgenden Beschreibungen.

ANMERKUNG Nachfolgend werden ausschließlich kinematische Parameter verwendet. Der Index „cin“ wird daher weggelassen.

5.3.2 Infrastrukturbegrenzungslinie

5.3.2.1 Querrichtung

5.3.2.1.1 Allgemeines

Die Infrastrukturbegrenzungslinie muss anhand von Gleichung (16) berechnet werden:

$$b_{\text{inf}} = b_{\text{CR}} + S_{i/a} + q_{S_{i/a}} + \Sigma_j \quad (16)$$

Die Erläuterung zur Ausladung $S_{i/a}$ kann 5.2.2.2 entnommen werden, die Gleichungen stehen in prEN 15273-4:2023.

Die allgemeinen Gleichungen für die quasistatische Neigung, $q_{S_{i/a}}$, sind Gleichung (17) und Gleichung (18):

$$q_{S_i} = \frac{S_0}{L} \cdot [D - D_0]_{>0} \cdot [h - h_{c0}]_{>0} \quad (17)$$

$$q_{S_a} = \frac{S_0}{L} \cdot [I - I_0]_{>0} \cdot [h - h_{c0}]_{>0} \quad (18)$$

Σ_j ist die Summe der Zuschläge zur Abdeckung zufallsbedingter Einflüsse (siehe Unterabschnitt 5.2.2.3). Sie kann je nach gewählter Art der Infrastrukturbegrenzungslinie unterschiedliche Werte annehmen:

- Σ_3 für den Nenn-Lichtraum;
- Σ_2 für den Mindestlichtraum;
- Σ_1 für die absolute Grenzlinie.

In allen Fällen kann sie bestimmt werden:

- als fester Wert auf der Grundlage der Erfahrungen des Infrastrukturbetreibers mit seinem Netz;
- oder als berechneter Wert auf der Grundlage der Instandhaltungstoleranzen.

5.3.2.1.2 Berechnung von Σ_3 für den Nenn-Lichtraum

Im Allgemeinen ergibt sich die Summe der Zuschläge Σ_3 aus Gleichung (19).

$$\begin{aligned} \Sigma_{3,i/a} = & T_{\text{voie}} + \frac{T_D}{L} \cdot h + \frac{S_0}{L} \cdot T_D \cdot [h - h_{c0}]_{>0} \\ & + \tan(T_{\text{susp}}) \cdot [h - h_{c0}]_{>0} + \tan(T_{\text{charge}}) \cdot [h - h_{c0}]_{>0} + \frac{S_0}{L} \cdot T_{\text{osc}} \cdot [h - h_{c0}]_{>0} + \text{Supl} \end{aligned} \quad (19)$$

Dieses *Supl* ist für den Infrastrukturbetreiber frei wählbar und berücksichtigt unterschiedliche Einflüsse (aerodynamische Auswirkungen, Zuschläge für außergewöhnliche Transporte mit Lademaßüberschreitungen usw.).

Im geraden Gleis wird empfohlen das Maximum von $[\Sigma_{3,i}; \Sigma_{3,a}]$ zu verwenden.

5.3.2.1.3 Berechnung von Σ_2 für den Mindestlichtraum

Bei der Festlegung von Σ_2 muss beachtet werden, dass es höchst unwahrscheinlich ist, dass alle Einflüsse nach 5.2.2.3 gleichzeitig Extremwerte annehmen. Die Bildung der arithmetischen Summe der Zuschläge ist daher zur Berechnung nicht geeignet. Anhand von Gleichung (20) kann ein akzeptabler Sicherheitsgrad erreicht werden:

$$\Sigma_j = k \cdot \sqrt{(\Delta b_{T1})^2 + (\Delta b_{T2})^2 + \dots + (\Delta b_{Tn})^2} \quad (20)$$

Dabei ist jedes Δb_{Tj} nach der Erläuterung in 5.2.2.3 ein zufallsbedingter Einfluss in Querrichtung.

Bei dieser Rechenmethode wird Σ_2 nicht unmittelbar anhand der Gleichung (20) bestimmt. Um die Zuschläge zu optimieren, werden Σ_2' und Σ_2'' berechnet, um quasistatische und zufallsbedingte Einflüsse zu kombinieren.

Weitere Einzelheiten enthält prCEN/TR 15273-5:2023.

$$\Sigma_{2,i/a}' = k \cdot \sqrt{T_{\text{voie}}^2 + \left[\frac{T_D}{L} \cdot h + \frac{s_0}{L} \cdot T_D \cdot [h - h_{c0}]_{>0} \right]^2 + [\tan(T_{\text{susp}})[h - h_{c0}]_{>0}]^2 + [\tan(T_{\text{charge}})[h - h_{c0}]_{>0}]^2 + \left[\frac{s_0}{L} \cdot T_{\text{osc}} \cdot [h - h_{c0}]_{>0} \right]^2} \quad (21)$$

Voneinander abhängige Einflussgrößen sind gemeinsam, d. h. in ihrer arithmetischen Summe zu betrachten.

Dabei muss beachtet werden, dass für die Bogeninnen- und die Bogenaußenseite im Allgemeinen unterschiedliche Einflussgrößen gelten.

Bei der Bogeninnenseite wird $\Sigma_{2,i}$ mit Gleichung (22) bestimmt:

$$\Sigma_{2,i} = \text{Max} [\Sigma_{2,i}' + K \cdot (D - D_0); \Sigma_{2,i}''; \Sigma_{2,a}' - K \cdot I_0] - q s_i \quad (22)$$

Bei der Bogeninnenseite kann zur Beseitigung der Diskontinuität zwischen Bogeninnen- und Bogenaußenseite eine andere Methode genutzt werden, ohne die zufallsbasierten Ereignisse und die quasistatische Neigung zu kombinieren. Dazu wird, statt Gleichung (22) zu nutzen, das Ergebnis der Gleichung (21) für $\Sigma_{2,i}$ berücksichtigt.

Bei der Bogenaußenseite wird $\Sigma_{2,a}$ mit der folgenden Gleichung (23) bestimmt:

$$\Sigma_{2,a} = \text{Max} [\Sigma_{2,a}' + K \cdot (I - I_0); \Sigma_{2,i}'] - q s_a \quad (23)$$

Dabei ist Gleichung (24) und Gleichung (25):

$$K = \frac{s_0}{L} \cdot [h - h_{c0}]_{>0} \quad (24)$$

und

$$\Sigma_{2,i}'' = k \cdot \sqrt{T_{\text{voie}}^2 + \left[\frac{T_D}{L} \cdot h \right]^2} \quad (25)$$

Im geraden Gleis wird empfohlen $\text{Max} [\Sigma_{2,i}; \Sigma_{2,a}]$ zu verwenden.

Mit dem Koeffizienten k wird der Sicherheitsgrad bestimmt ($k \geq 1$).

5.3.2.1.4 Berechnung von Σ_1 für die absolute Grenzlinie

Bei der Festlegung von Σ_1 muss beachtet werden, dass es höchst unwahrscheinlich ist, dass alle Einflüsse nach 5.2.2.3 gleichzeitig Extremwerte annehmen. Die Bildung der arithmetischen Summe der Zuschläge ist daher zur Berechnung nicht geeignet. Anhand von Gleichung (26) kann ein akzeptabler Sicherheitsgrad erreicht werden:

$$\Sigma_j = k \sqrt{(\Delta b_{T1})^2 + (\Delta b_{T2})^2 + \dots + (\Delta b_{Tn})^2} \quad (26)$$

Dabei ist jedes Δb_{Tj} nach der Erläuterung in 5.2.2.3 ein zufallsbedingter Einfluss in Querrichtung.

Bei dieser Rechenmethode wird Σ_1 nicht unmittelbar anhand der vorherigen Gleichung bestimmt. Um die Zuschläge zu optimieren, werden Σ'_1 und Σ''_1 berechnet, um quasistatische und zufallsbedingte Einflüsse mithilfe von Gleichung (27) und Gleichung (28) zu kombinieren:

$$\begin{aligned} \Sigma'_{1,a} &= k \\ &\cdot \sqrt{\left[\tan(T_{\text{susp}}) \cdot [h - h_{c0}]_{>0} \right]^2 + \left[\tan(T_{\text{charge}}) \cdot [h - h_{c0}]_{>0} \right]^2 + \left[\frac{S_0}{L} \cdot (T_{\text{osc}}) \cdot (h - h_{c0})_{>0} \right]^2} \end{aligned} \quad (27)$$

und

$$\Sigma''_1 = k \cdot \sqrt{\left[\tan(T_{\text{susp}}) \cdot [h - h_{c0}]_{>0} \right]^2 + \left[\tan(T_{\text{charge}}) \cdot [h - h_{c0}]_{>0} \right]^2} \quad (28)$$

Dabei muss beachtet werden, dass für die Bogeninnen- und die Bogenaußenseite im Allgemeinen unterschiedliche Einflussgrößen gelten.

Bei der Bogeninnenseite wird $\Sigma_{1,i}$ mit Gleichung (29) bestimmt:

$$\Sigma_{1,i} = \text{Max} \left[\Sigma'_{1,i} + K \cdot (D - D_0); \Sigma''_1 \right] - q s_i \quad (29)$$

Bei der Bogeninnenseite kann zur Beseitigung der Diskontinuität zwischen Bogeninnen- und Bogenaußenseite eine andere Methode genutzt werden, ohne die zufallsbasierten Ereignisse und die quasistatische Neigung zu kombinieren. Dazu wird, statt Gleichung (29) zu nutzen, das Ergebnis der Gleichung (27) für $\Sigma_{1,i}$ berücksichtigt.

Bei der Bogenaußenseite wird $\Sigma_{1,a}$ mit Gleichung (30) bestimmt:

$$\Sigma_{1,a} = \text{Max} \left[\Sigma'_{1,a} + K \cdot (I - I_0); \Sigma'_{1,i} \right] - q s_a \quad (30)$$

Dabei ist Gleichung (31):

$$K = \frac{S_0}{L} \cdot [h - h_{c0}]_{>0} \quad (31)$$

Im geraden Gleis wird empfohlen $\text{Max} [\Sigma_{1,i}; \Sigma_{1,a}]$ zu verwenden.

Mit dem Koeffizienten k wird der Sicherheitsgrad bestimmt ($k \geq 1$).

5.3.2.2 Vertikal

5.3.2.2.1 Allgemeines

Die Infrastrukturbegrenzungslinie muss anhand von Gleichung (32) berechnet werden:

$$h_{\text{inf}} = h_{\text{CR}} \pm S_{\text{Vu/o}} + \Delta h_{\text{PT}} \pm \Sigma_{\text{Vj}} \quad (32)$$

Siehe Bild 2 für die Anwendung dieser vertikalen Anpassung, aus der sich zwei unterschiedliche Gleichungen ergeben (siehe Gleichung (33) und Gleichung (34)):

— Punkte, an denen die Breite b_{CR} mit der Höhe kleiner wird (Gleichung (33)):

$$h_{\text{inf}} = h_{\text{CR}} + S_{\text{v,o}} + \Delta h_{\text{PT}} + \Sigma_{\text{Vj}} \quad (33)$$

und

— Punkte, an denen die Breite b_{CR} mit der Höhe größer wird (Gleichung (34)):

$$h_{\text{inf}} = h_{\text{CR}} - S_{\text{v,u}} - T_{\text{N,u}} \quad (34)$$

Die Erläuterung zur Ausladung $S_{\text{Vu/o}}$ kann 5.2.2.2.2 entnommen werden, die Gleichungen stehen in prEN 15273-4:2023.

Die allgemeinen Gleichungen für die vertikale quasistatische Neigung sind in den Gleichungen (35) bis (38) beschrieben:

— für die Bogeninnenseite:

$$\Delta h_{\text{PT,i}} = b_{\text{PT}} \cdot \sin \alpha_{\text{PT,i}} \quad (35)$$

Dabei ist:

$$\sin \alpha_{\text{PT,i}} = \frac{s_0}{L} \cdot (I - I_0)_{>0} \quad (36)$$

— für die Bogenaußenseite:

$$\Delta h_{\text{PT,a}} = b_{\text{PT}} \cdot \sin \alpha_{\text{PT,a}} \quad (37)$$

Dabei ist:

$$\sin \alpha_{\text{PT,a}} = \frac{s_0}{L} \cdot (D - D_0)_{>0} \quad (38)$$

Σ_{Vj} die Summe der Zuschläge zur Abdeckung zufallsbedingter Einflüsse (siehe 5.2.3.3). Sie kann je nach gewählter Art der Infrastrukturbegrenzungslinie unterschiedliche Werte annehmen:

- Σ_{V3} für den Nenn-Lichtraum;
- Σ_{V2} für den Mindestlichtraum;
- Σ_{V1} für die absolute Grenzlinie.

In allen Fällen kann sie bestimmt werden:

- als fester Wert auf der Grundlage der Erfahrungen des Infrastrukturbetreibers mit seinem Netz; oder
- als berechneter Wert auf der Grundlage der Instandhaltungstoleranzen.

5.3.2.2.2 Berechnung von Σ_{V3} für den Nenn-Lichtraum

Im Allgemeinen ergibt sich die Summe der Zuschläge Σ_{V3} für den Punkt PT aus Gleichung (39) und Gleichung (40):

$$\Sigma_{V3,PTa} = \left((1 + s_0) \cdot b_{PT} + \frac{L}{2} \right) \cdot \frac{T_D}{L} + b_{PT} \cdot \frac{s_0}{L} \cdot T_{osc,i} + b_{PT} \cdot \tan(T_{charge}) + b_{PT} \cdot \tan(T_{susp}) + T_N + Supl \quad (39)$$

$$\Sigma_{V3,PTi} = \left((1 + s_0) \cdot b_{PT} - \frac{L}{2} \right)_{>0} \cdot \frac{T_D}{L} + b_{PT} \cdot \frac{s_0}{L} \cdot T_{osc,a} + b_{PT} \cdot \tan(T_{charge}) + b_{PT} \cdot \tan(T_{susp}) + T_N + Supl \quad (40)$$

Für die anderen Punkte der oberen und unteren Bereiche brauchen nur T_N und $Supl$ berücksichtigt zu werden.

Der Wert des Ausdrucks $Supl$ wird anhand der Werte bestimmt, die der Infrastrukturbetreiber zur Berücksichtigung vorsieht. Für die Zuschläge werden daher üblicherweise Festwerte eingesetzt.

Diese Gleichungen sind nur auf positive Überhöhungen anwendbar.

Im Fall von negativer Überhöhung (siehe EN 13803-1) werden diese Gleichungen zu Gleichung (41) und Gleichung (42):

$$\Sigma_{V3,PTa} = \left((1 + s_0) \cdot b_{PT} - \frac{L}{2} \right)_{>0} \cdot \frac{T_D}{L} + b_{PT} \cdot \frac{s_0}{L} \cdot T_{osc,i} + b_{PT} \cdot \tan(T_{charge}) + b_{PT} \cdot \tan(T_{susp}) + T_N + Supl \quad (41)$$

$$\Sigma_{V3,PTi} = \left((1 + s_0) \cdot b_{PT} + \frac{L}{2} \right) \cdot \frac{T_D}{L} + b_{PT} \cdot \frac{s_0}{L} \cdot T_{osc,a} + b_{PT} \cdot \tan(T_{charge}) + b_{PT} \cdot \tan(T_{susp}) + T_N + Supl \quad (42)$$

Im geraden Gleis muss der maximale Wert von $\Sigma_{V3,PTa}$ und $\Sigma_{V3,PTi}$ berücksichtigt werden.

5.3.2.2.3 Berechnung von Σ_{V2} für den Mindestlichtraum

Im Allgemeinen ergibt sich die Summe der Zuschläge Σ_{V2} für den Punkt PT aus Gleichung (43) und Gleichung (44):

$$\Sigma_{V2,PTa} = k \cdot \sqrt{\left(\left((1 + s_0) \cdot b_{PT} + \frac{L}{2} \right) \cdot \frac{T_D}{L} \right)^2 + \left(b_{PT} \cdot \frac{s_0}{L} \cdot T_{osc,i} \right)^2 + (b_{PT} \cdot \tan(T_{charge}))^2 + (b_{PT} \cdot \tan(T_{susp}))^2 + T_N^2} \quad (43)$$

$$\Sigma_{V2,PTi} = k \cdot \sqrt{\left(\left((1 + s_0) \cdot b_{PT} - \frac{L}{2} \right)_{>0} \cdot \frac{T_D}{L} \right)^2 + \left(b_{PT} \cdot \frac{s_0}{L} \cdot T_{osc,a} \right)^2 + (b_{PT} \cdot \tan(T_{charge}))^2 + (b_{PT} \cdot \tan(T_{susp}))^2 + T_N^2} \quad (44)$$

Für die anderen Punkte der oberen und unteren Bereiche braucht nur T_N berücksichtigt zu werden. Dabei gilt $k = 1$.

Für die Zuschläge werden daher üblicherweise Festwerte eingesetzt.

Diese Gleichungen sind nur auf positive Überhöhungen anwendbar.

Im Fall von negativer Überhöhung (siehe EN 13803-1) werden diese Gleichungen zu Gleichung (45) und Gleichung (46):

$$\Sigma_{V2,PTa} = k \cdot \sqrt{\left(\left((1 + s_0) \cdot b_{PT} - \frac{L}{2} \right) \cdot \frac{T_D}{L} \right)^2 + \left(b_{PT} \cdot \frac{s_0}{L} \cdot T_{osc,i} \right)^2 + (b_{PT} \cdot \tan(T_{charge}))^2 + (b_{PT} \cdot \tan(T_{susp}))^2 + T_N^2} \quad (45)$$

$$\Sigma_{V2,PTi} = k \cdot \sqrt{\left(\left((1 + s_0) \cdot b_{PT} + \frac{L}{2} \right) \cdot \frac{T_D}{L} \right)^2 + \left(b_{PT} \cdot \frac{s_0}{L} \cdot T_{osc,a} \right)^2 + (b_{PT} \cdot \tan(T_{charge}))^2 + (b_{PT} \cdot \tan(T_{susp}))^2 + T_N^2} \quad (46)$$

Im geraden Gleis muss der maximale Wert von $\Sigma_{V2,PTa}$ und $\Sigma_{V2,PTi}$ berücksichtigt werden.

5.3.2.2.4 Berechnung von Σ_{V1} für die absolute Grenzlinie

Im Allgemeinen ergibt sich die Summe der Zuschläge Σ_{V1} für den Punkt PT aus Gleichung (47) und Gleichung (48):

$$\Sigma_{V1,PTa} = k \cdot \sqrt{\left(b_{PT} \cdot \frac{s_0}{L} \cdot T_{osc,i} \right)^2 + (b_{PT} \cdot \tan(T_{charge}))^2 + (b_{PT} \cdot \tan(T_{susp}))^2} \quad (47)$$

$$\Sigma_{V1,PTi} = k \cdot \sqrt{\left(b_{PT} \cdot \frac{s_0}{L} \cdot T_{osc,a} \right)^2 + (b_{PT} \cdot \tan(T_{charge}))^2 + (b_{PT} \cdot \tan(T_{susp}))^2} \quad (48)$$

Bei den anderen Punkten des oberen Bereichs und des unteren Bereichs brauchen diese Einflüsse nicht berücksichtigt zu werden. Für diese Punkte sollte daher kein vertikaler Zuschlag in Betracht kommen.

Im geraden Gleis muss $\Sigma_{V1,PTi}$ berücksichtigt werden.

5.4 Dynamische Rechenmethode

5.4.1 Allgemeines

Die dynamische Rechenmethode verwendet eine Bezugslinie (siehe prEN 15273-4:2023) und zugehörige Regeln nach den folgenden Beschreibungen.

ANMERKUNG Nachfolgend werden ausschließlich dynamische Parameter verwendet. Der Index „dyn“ wird daher weggelassen.

5.4.2 Infrastrukturbegrenzungslinie

5.4.2.1 Querrichtung

5.4.2.1.1 Allgemeines

Die Infrastrukturbegrenzungslinie muss anhand von Gleichung (49) berechnet werden:

$$b_{\text{inf}} = b_{\text{CR}} + S_{\text{i/a}} + \Sigma_j \quad (49)$$

Die Erläuterung zur Ausladung $S_{\text{i/a}}$ kann 5.2.2.2.2 entnommen werden, die Gleichungen stehen in prEN 15273-4:2023.

Σ_j die Summe der Zuschläge zur Abdeckung zufallsbedingter Einflüsse (siehe 5.2.2.3). Sie kann je nach gewählter Art der Infrastrukturbegrenzungslinie unterschiedliche Werte annehmen:

- Σ_3 für den Nenn-Lichtraum;
- Σ_2 für den Mindestlichtraum;
- Σ_1 für die absolute Grenzlinie.

In allen Fällen kann sie bestimmt werden:

- als fester Wert auf der Grundlage der Erfahrungen des Infrastrukturbetreibers mit seinem Netz; oder
- als berechneter Wert auf der Grundlage der Instandhaltungstoleranzen.

5.4.2.1.2 Berechnung von Σ_3 für den Nenn-Lichtraum

Im Allgemeinen ergibt sich die Summe der Zuschläge Σ_3 aus Gleichung (50):

$$\Sigma_3 = T_{\text{voie}} + \frac{T_{\text{D}}}{L} \cdot h + \text{Supl} \quad (50)$$

Diese *Ergänzung* ist für den Infrastrukturbetreiber frei wählbar und berücksichtigt unterschiedliche Einflüsse (aerodynamische Auswirkungen, Zuschläge für außergewöhnliche Transporte mit Lademaßüberschreitungen usw.).

5.4.2.1.3 Berechnung von Σ_2 für den Mindestlichtraum

Bei der Festlegung von Σ_2 muss beachtet werden, dass es höchst unwahrscheinlich ist, dass alle Einflüsse nach 5.2.2.3 gleichzeitig Extremwerte annehmen. Die Bildung der arithmetischen Summe der Zuschläge ist daher nicht akzeptabel. Anhand von Gleichung (51) kann nachweislich ein akzeptabler Sicherheitsgrad erreicht werden:

$$\Sigma_2 = k \cdot \sqrt{T_{\text{voie}}^2 + \left[\frac{T_{\text{D}}}{L} \cdot h \right]^2} \quad (51)$$

5.4.2.1.4 Berechnung von Σ_1 für die absolute Grenzlinie

Dieser Parameter entspricht 0, da das Eisenbahnunternehmen alle Parameter für Σ_1 in Betracht zieht. Die absolute Grenzlinie ist die Summe der halben Breiten der Bezugslinie und der Ausladung.

5.4.2.2 Vertikal

5.4.2.2.1 Allgemeines

Die Infrastrukturbegrenzungslinie muss anhand von Gleichung (52) berechnet werden:

$$h_{\text{inf}} = h_{\text{CR}} \pm S_{\text{Vu/o}} \pm \Sigma_{\text{Vj}} \quad (52)$$

Siehe Bild 2 für die Anwendung dieser vertikalen Anpassung, aus der sich 2 unterschiedliche Gleichungen ergeben:

- Punkte, an denen die Breite b_{CR} mit der Höhe kleiner wird (Gleichung (53)):

$$h_{\text{inf}} = h_{\text{CR}} + S_{\text{Vo}} + \Sigma_{\text{Vj}} \quad (53)$$

und

- Punkte, an denen die Breite b_{CR} mit der Höhe größer wird (Gleichung (54)):

$$h_{\text{inf}} = h_{\text{CR}} - S_{\text{Vu}} - T_{\text{N,u}} \quad (54)$$

Die Erläuterung zur Ausladung $S_{\text{Vu/o}}$ kann 5.2.2.2.2 entnommen werden, die Gleichungen stehen in prEN 15273-4:2023.

Σ_{Vj} die Summer der Zuschläge zur Abdeckung zufallsbedingter Einflüsse (siehe 5.2.3.3). Sie kann je nach gewählter Art der Infrastrukturbegrenzungslinie unterschiedliche Werte annehmen:

- Σ_{V3} für den Nenn-Lichtraum;
- Σ_{V2} für den Mindestlichtraum;
- Σ_{V1} für die absolute Grenzlinie.

In allen Fällen kann sie bestimmt werden:

- als fester Wert auf der Grundlage der Erfahrungen des Infrastrukturbetreibers mit seinem Netz, oder
- als berechneter Wert auf der Grundlage der Instandhaltungstoleranzen.

5.4.2.2.2 Berechnung von Σ_{V3} für den Nenn-Lichtraum

Im Allgemeinen ergibt sich die Summe der Zuschläge Σ_{V3} für den Punkt PT aus Gleichung (55) und Gleichung (56):

$$\Sigma_{\text{V3,PTa}} = \left(b_{\text{PT}} + \frac{L}{2}\right) \cdot \frac{T_{\text{D}}}{L} + T_{\text{N}} + \text{Supl} \quad (55)$$

$$\Sigma_{\text{V3,PTi}} = \left(b_{\text{PT}} - \frac{L}{2}\right)_{>0} \cdot \frac{T_{\text{D}}}{L} + T_{\text{N}} + \text{Supl} \quad (56)$$

Für die anderen Punkte der oberen und unteren Bereiche brauchen nur T_{N} und Supl berücksichtigt zu werden.

Der Wert des Ausdrucks Supl wird anhand der Werte bestimmt, die der Infrastrukturbetreiber zur Berücksichtigung vorsieht. Für die Zuschläge werden daher üblicherweise Festwerte eingesetzt.

Diese Gleichungen sind nur auf positive Überhöhungen anwendbar.

Im Fall von negativer Überhöhung (siehe EN 13803-1) werden diese Gleichungen zu Gleichung (57) und Gleichung (58):

$$\Sigma_{V3,PTa} = \left(b_{PT} - \frac{L}{2}\right)_{>0} \cdot \frac{T_D}{L} + T_N + Supl \quad (57)$$

$$\Sigma_{V3,PTi} = \left(b_{PT} + \frac{L}{2}\right) \cdot \frac{T_D}{L} + T_N + Supl \quad (58)$$

Im geraden Gleis muss der maximale Wert von $\Sigma_{V3,PTa}$ und $\Sigma_{V3,PTi}$ berücksichtigt werden.

5.4.2.2.3 Berechnung von Σ_{V2} für den Mindestlichtraum

Im Allgemeinen ergibt sich die Summe der Zuschläge Σ_{V2} für den Punkt PT aus Gleichung (59) und Gleichung (60):

$$\Sigma_{V2,PTa} = k \cdot \sqrt{\left(\left(b_{PT} + \frac{L}{2}\right) \cdot \frac{T_D}{L}\right)^2 + T_N^2} \quad (59)$$

$$\Sigma_{V2,PTi} = k \cdot \sqrt{\left(\left(b_{PT} - \frac{L}{2}\right)_{>0} \cdot \frac{T_D}{L}\right)^2 + T_N^2} \quad (60)$$

Für die anderen Punkte der oberen und unteren Bereiche brauchen nur T_N und $k=1$ berücksichtigt zu werden. Für die Zuschläge werden daher üblicherweise Festwerte eingesetzt.

Diese Gleichungen sind nur auf positive Überhöhungen anwendbar.

Im Fall von negativer Überhöhung (siehe EN 13803-1) werden diese Gleichungen zu Gleichung (61) und Gleichung (62):

$$\Sigma_{V2,PTa} = k \cdot \sqrt{\left(\left(b_{PT} - \frac{L}{2}\right)_{>0} \cdot \frac{T_D}{L}\right)^2 + T_N^2} \quad (61)$$

$$\Sigma_{V2,PTi} = k \cdot \sqrt{\left(\left(b_{PT} + \frac{L}{2}\right) \cdot \frac{T_D}{L}\right)^2 + T_N^2} \quad (62)$$

Im geraden Gleis muss der maximale Wert von $\Sigma_{V2,PTa}$ und $\Sigma_{V2,PTi}$ berücksichtigt werden.

5.4.2.2.4 Berechnung von Σ_1 für die absolute Grenzlinie

Dieser Parameter entspricht 0, da das Eisenbahnunternehmen alle Parameter für Σ_1 in Betracht zieht. Die absolute Grenzlinie ist die Summe der halben Breiten der Bezugslinie und der Ausladung.

5.5 Statische Rechenmethode

5.5.1 Allgemeines

Die statische Rechenmethode verwendet eine Bezugslinie (siehe prEN 15273-4:2023) und zugehörige Regeln nach den folgenden Beschreibungen.

Die Verwendung der statischen Rechenmethode ist auf einen begrenzten Neigungskoeffizient, s_{lim} , beschränkt (siehe prEN 15273-4:2023). Wenn der Neigungskoeffizient größer ist, muss entweder die dynamische oder die kinetische Rechenmethode angewendet werden.

ANMERKUNG Nachfolgend werden ausschließlich statische Parameter verwendet. Der Index „st“ wird daher weggelassen.

5.5.2 Infrastrukturbegrenzungslinie

5.5.2.1 Querrichtung

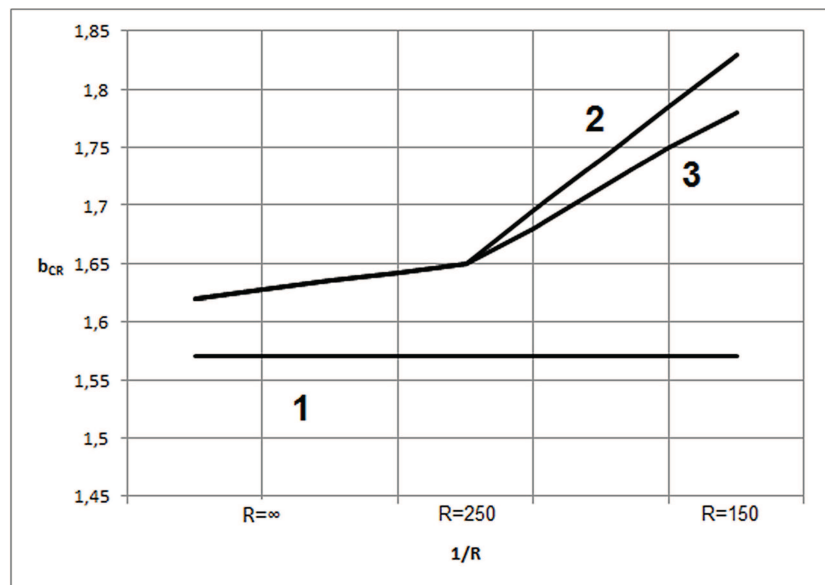
Die Infrastrukturbegrenzungslinie muss anhand von Gleichung (63) berechnet werden:

$$b_{inf} = b_{CR} + S_{i/a} + \Sigma_j \quad (63)$$

Die seitliche Ausladung setzt sich aus den folgenden Einflüssen zusammen:

- geometrische Ausragung der Referenzfahrzeuge im Gleisbogen (S_R);
- Wirkung der Spurerweiterung (S_l);
- ein fester Wert F (siehe prEN 15273-1:2023).

Bild 6 erläutert den Wert für die Ausladung:



Legende

- 1 $b_{CR,stat} = 1,575$ m (siehe prEN 15273-4:2023)
- 2 $b_{inf,a}$ Bogenaußenseite
- 3 $b_{inf,i}$ Bogeninnenseite

ANMERKUNG Referenzfahrzeug $a = 5,48$ m bei $R \geq 250$ m. Referenzfahrzeug $a = 20$ m, $p = 0$ m bei $250 \text{ m} \geq R \geq 150$ m. Radien < 150 m werden in der vorliegenden Norm nicht behandelt.

Bild 6 — Seitliche Erweiterung der Begrenzungslinie bei der statischen Rechenmethode

Σ_j deckt zufallsbedingte Einflüsse und die quasistatische Neigung ab. In allen Fällen kann sie bestimmt werden:

- als fester Wert auf der Grundlage der Erfahrungen des Infrastrukturbetreibers mit seinem Netz; oder
- als berechneter Wert auf der Grundlage der Instandhaltungstoleranzen.

Die folgenden Einflüsse müssen berücksichtigt werden (siehe Gleichung (64)):

- die quasistatische Neigung kann unter Berücksichtigung von s_{lim} bei vollem D oder I geschätzt werden;
- die Zuschläge aufgrund von T_{osc} und T_D (siehe 5.2.2.3);
- η (siehe 5.2.2.3);
- T_{voie} (siehe 5.2.2.3).

$$\Sigma_j = T_{voie} + \frac{T_D}{L} \cdot h + \frac{T_D}{L} \cdot s_{lim} \cdot (h - h_{c0})_{>0} + \tan(1^\circ) \cdot (h - h_{c0})_{>0} + \frac{T_{osc}}{L} \cdot s_{lim} \cdot (h - h_{c0})_{>0} + \frac{s_{lim}}{L} \cdot D \text{ or } I \cdot (h - h_{c0})_{>0} \quad (64)$$

Die Werte von T_{osc} , T_D und T_{voie} können Tabelle A1 entnommen werden.

Zur Berechnung der Zuschläge können auch Berechnungen zur alternativen Wahrscheinlichkeit (z. B. nach der Erläuterung bei der kinematischen Rechenmethode) verwendet werden.

5.5.2.2 Vertikal

Die Infrastrukturbegrenzungslinie muss anhand von Gleichung (65) berechnet werden:

$$h_{inf} = h_{CR} \pm S_{Vu/o} + \Delta h_{PT} \pm \Sigma_{Vj} + Supl \quad (65)$$

Die Erläuterung zur Ausladung $S_{Vu/o}$ kann 5.2.2.2.2 entnommen werden, die Gleichungen stehen in prEN 15273-4:2023.

Die allgemeinen Gleichungen für die quasistatische Neigung sind in den Gleichungen (66) bis (69) beschrieben:

- Für die Bogeninnenseite:

$$\Delta h_{PT,i} = b_{PT} \cdot \sin \alpha_{PT,i} \quad (66)$$

Dabei ist:

$$\sin \alpha_{PT,i} = \frac{s_{lim}}{L} \cdot I \quad (67)$$

- für die Bogenaußenseite:

$$\Delta h_{PT,a} = b_{PT} \cdot \sin \alpha_{PT,a} \quad (68)$$

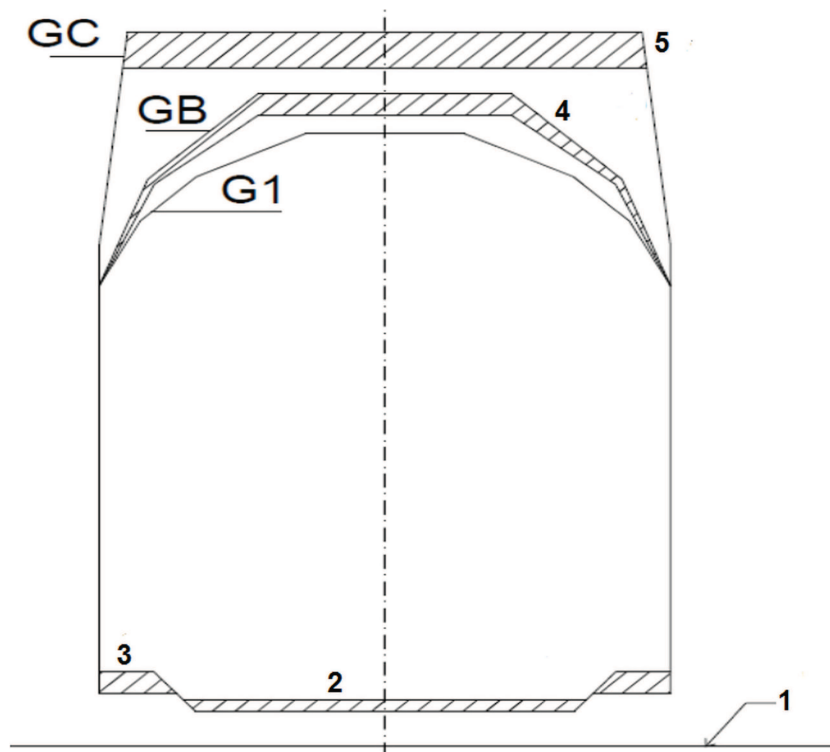
Dabei ist:

$$\sin \alpha_{PT,a} = \frac{s_{lim}}{L} \cdot D \quad (69)$$

ANMERKUNG Bei der statischen Methode gilt der Punkt PT nur für Begrenzungslinie GC.

Σ_{vj} ist die Summe der Zuschläge zur Abdeckung der vertikalen dynamischen Verschiebung. Sie beträgt 30 mm bei abgefederten und 15 mm bei nicht abgefederten Teilen. Diese Zuschläge umfassen keine zusätzlichen Spielräume, wie z. B. Abnutzung der Infrastruktur und T_N . Für die Einflüsse ist keine spezifische Regel definiert; der Infrastrukturbetreiber muss die erforderlichen Zuschläge aufgrund von Erfahrungswerten (*Supl*) berücksichtigen.

Bild 7 zeigt die vertikalen Ergänzungen zu statischen Bezugslinien.



Legende

- 1 Lafebene
- 2 zulässige Absenkung bei nicht abgefederten Komponenten (– 15 mm)
- 3 Absenkung aufgrund der Elastizität der Federung bei abgefederten Teilen (– 30 mm)
- 4 dynamisches Hochfedern für G1, G2, GA, GB (+ 30 mm)
- 5 dynamisches Hochfedern für GC (dynamisches Hochfedern (30 mm) + vertikale quasistatische Neigung bei $s_{lim} = 0,3$, $h_{c0} = 0,50$ m und D oder I)

ANMERKUNG Die angegebenen Werte sind zumeist die Höhendifferenz zwischen der statischen und der kinematischen Bezugslinie.

Bild 7 — Vertikale Ergänzungen zu statischen Bezugslinien

5.6 Gleismittenabstand

5.6.1 Einführung

5.6.1.1 Allgemeines

Der Gleismittenabstand (EA) wird festgelegt, um einen uneingeschränkten gleichzeitigen Regelbetrieb auf benachbarten Gleisen zu ermöglichen. Er beruht auf der gewählten Rechenmethode für Begrenzungslinien und trägt den gleichen Einflüssen Rechnung, die bei der Infrastrukturbegrenzungslinie als solche berücksichtigt werden.

Bei Weichen im Bahnsteiggleis ist auf jeden Fall die Spurerweiterung durch im Zweiggleis fahrende Fahrzeuge zu beachten. Es ist daher erforderlich, den Gleismittenabstand auf der Grundlage der nach 5.7 bestimmten seitlichen Ausladung und der quasistatischen Neigung zu erhöhen.

Der Infrastrukturbetreiber kann 3 Arten von Gleismittenabständen festlegen.

5.6.1.2 Regelgleismittenabstand

Im Allgemeinen hat der Regelgleismittenabstand einen konstanten Wert, der für bestimmte Bereiche von Geschwindigkeiten und Gleisbogenhalbmessern festgelegt wird, um die Gleisplanung, -verlegung und -instandhaltung zu vereinfachen.

Es gibt jedoch keinen allgemeinen Ansatz für alle Netze zur Bestimmung des Regelgleismittenabstands, da dieser sich aus verschiedenen Zuschlägen ergibt, die je nach empfundenem Bedarf der Infrastrukturbetreiber zu beachten sind oder nicht.

ANMERKUNG Die Bereitstellung eines Regelgleismittenabstands vereinfacht die Gleisplanung und -instandhaltung.

Die Zuschläge für die Regelgleismittenabstände können folgende Punkte umfassen:

- Zuschlag zur Erhöhung der Sicherheit;
- zusätzlicher Instandhaltungszuschlag;
- Zuschlag zur Berücksichtigung der aerodynamischen Einflüsse;
- Zuschlag zur Vereinfachung des Weicheneinbaus;
- Reserve für Änderungen der Trassierung oder des Lichtraums;
- Zuschläge zur Herstellung eines unveränderlichen Gleismittenabstands, der bei Vorhandensein tatsächlicher Spielräume für Instandhaltungs- und Verifizierungsmaßnahmen leicht zu handhaben ist.

Weitere Zuschläge für die Sicherheit von Personen und außergewöhnliche Transporte mit Lademaßüberschreitungen gehen über den Anwendungsbereich dieser Norm hinaus und müssen durch die zuständigen Stellen festgelegt werden.

5.6.1.3 Mindestgleismittenabstand

Der Mindestgleismittenabstand wird so festgelegt, dass Überschneidungen zwischen den Begrenzungslinien benachbarter Gleise vermieden werden. Hierbei werden die Bezugslinien mit ihren zugehörigen Regeln sowie eine Zuschlagssumme Σ_{EA2} berücksichtigt.

Der Mindestgleismittenabstand wird im Allgemeinen durch den obersten Punkt *P* im senkrechten Bereich der Bezugslinie bestimmt (siehe Bild 11).

ANMERKUNG Der Mindestgleismittenabstand ist kleiner als die Summe der Mindestlichträume beider Gleise, da die Summe der zufallsbedingten Einflüsse mithilfe einer Quadratwurzel berechnet werden (siehe 5.6.3.3.2.1.2).

5.6.1.4 Absoluter Grenzgleismittenabstand

Der absolute Grenzgleismittenabstand wird so festgelegt, dass Überschneidungen zwischen den Begrenzungslinien benachbarter Gleise vermieden werden. Hierbei werden die Bezugslinien mit ihren zugehörigen Regeln sowie eine Zuschlagssumme Σ_{EA1} berücksichtigt.

Der Mindestgleismittenabstand wird im Allgemeinen durch den obersten Punkt *P* im senkrechten Bereich der Bezugslinie bestimmt (siehe Bild 11).

ANMERKUNG Der absolute Grenzgleismittenabstand ist kleiner als die Summe der absoluten Grenzlichträume beider Gleise, da die Summe der zufallsbedingten Einflüsse mithilfe einer Quadratwurzel berechnet werden (siehe 5.6.3.3.2.1.3).

5.6.2 Bei der Bestimmung des Gleismittenabstands zu berücksichtigende Parameter

5.6.2.1 Allgemeine Parameter

Für jedes der beiden Gleise müssen die folgenden Parameter betrachtet werden:

- die Ausladung, $S_{i/a}$;
- die quasistatische Neigung, $qs_{i/a}$;
- die Auswirkung des Überhöhungsunterschieds zwischen den beiden Gleisen $\Delta b_{\delta D}$ (siehe 5.6.2.2);
- die Zuschläge Σ_j .

ANMERKUNG Bei der dynamischen Berechnungsmethode, $qs_{i/a}$, wird dieser Einfluss beim Eisenbahnunternehmen berücksichtigt.

Der Krümmungseffekt muss, wie nachstehend erklärt, stets berücksichtigt werden (siehe Bild 8, Bild 9 und Bild 10).

BEISPIEL 1 Im Fall von zwei konzentrischen Bogengleisen werden beim Außengleis alle bogeninnenseitigen Einflüsse und beim Innengleis alle bogenaußenseitigen Einflüsse betrachtet.

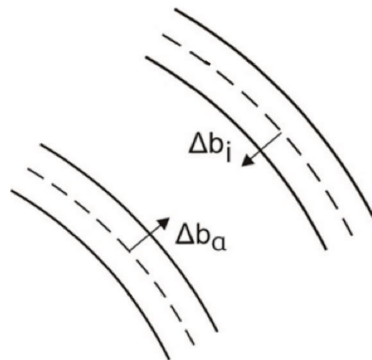


Bild 8 — Abstand zwischen 2 konzentrischen Bogengleisen

BEISPIEL 2 Im Fall von zwei konvex verlaufenden Bogengleisen werden alle Einflüsse auf der Außenseite jedes Gleises mit dem jeweiligen Gleisbogenhalbmesser, der Überhöhung und der Fahrgeschwindigkeit betrachtet.

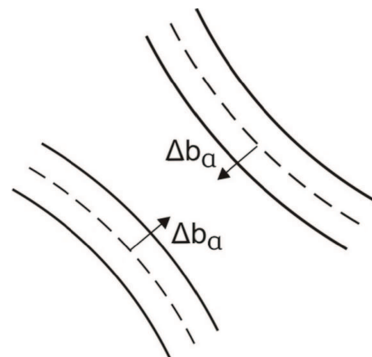


Bild 9 — Abstand zwischen 2 konvex verlaufenden Bogengleisen

BEISPIEL 3 Im Fall von zwei konvex verlaufenden Bogengleisen werden alle Einflüsse auf der Innenseite jedes Gleises mit dem jeweiligen Gleisbogenhalbmesser, der Überhöhung und der Fahrgeschwindigkeit betrachtet.

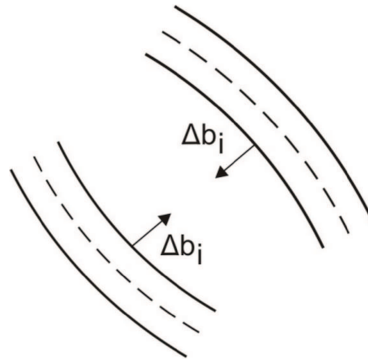
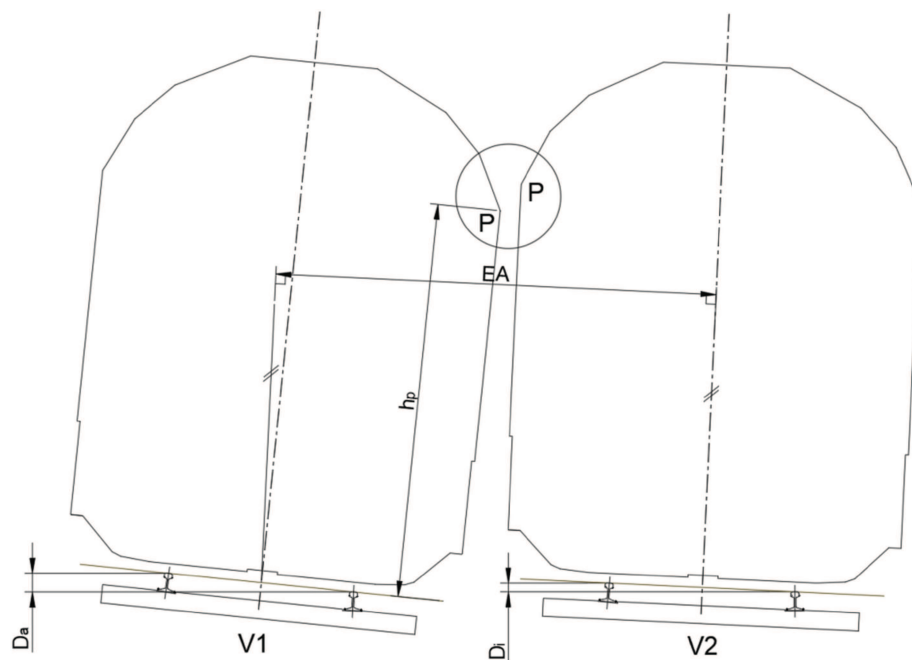


Bild 10 — Abstand zwischen 2 konvex verlaufenden Bogengleisen

5.6.2.2 Der Einfluss der Überhöhungsdifferenz $\Delta b_{\delta D}$

Wenn die beiden betrachteten Gleise eine unterschiedliche Überhöhung aufweisen, wird der Gleismittenabstand, EA , auf der Lafebene des Gleises mit der niedrigsten Überhöhung berechnet.



Legende

- V_1 Gleis 1
- V_2 Gleis 2
- h_p Höhe des Punkts P über der Lafebene
- D_a Überhöhung von Gleis 1
- D_i Überhöhung von Gleis 2

Bild 11 — Gleismittenabstand bei unterschiedlichen Überhöhungen

Weisen die beiden betrachteten Gleise einen Unterschied in ihrer Überhöhung auf, nähern sich die beiden Bezugslinien im oberen Bereich des vertikalen Abschnitts häufig einander an oder entfernen sich voneinander. Dies hat einen großen Einfluss auf den Gleismittenabstand, der in Höhe der Lafebene gemessen wird.

Hat der Überhöhungsunterschied zur Folge, dass sich die beiden Bezugslinien einander auf Höhe des Punkts P nähern (siehe Bild 11), muss der Gleismittenabstand erhöht werden. Entfernen sich die beiden Begrenzungslinien auf Höhe des Punkts P dagegen voneinander, wäre es möglich, den Gleismittenabstand soweit zu reduzieren, bis die beiden Bezugslinien sich an der Unterseite berühren. Eine solche Verringerung des Abstands kann aber vernachlässigt werden; wird aber sehr selten umgesetzt.

— Bei 2 konzentrischen Gleisen wird dieser Einfluss bestimmt durch:

$$\Delta b_{\delta D} = \frac{h_p}{L} \cdot [D_a - D_i]_{>0} \quad (70)$$

— Bei 2 konkaven Gleisen wird dieser Einfluss bestimmt durch:

$$\Delta b_{\delta D} = \frac{h_p}{L} \cdot (|D_{\text{voie1}}| + |D_{\text{voie2}}|) \quad (71)$$

— Bei 2 konvexen Gleisen kann dieser Einfluss vernachlässigt werden. Dies liegt im Ermessen des Infrastrukturbetreibers.

— Gleichung (70) und Gleichung (71) gelten wenn:

- die Höhe der niedrigsten Schiene beider Gleise haben die gleiche horizontale Ebene; und
- die Höhe von Punkt P ist für beide Gleise gleich; und
- beide Gleise haben die gleiche Spurweite.

Falls nicht, kann eine alternative Methode genutzt werden (Beispiel: Zeichnung ...).

5.6.3 Bestimmung des Gleismittenabstands

5.6.3.1 Allgemeines

Die abzudeckenden Einflüsse sind in 5.2.2 erläutert.

Die Zuschläge müssen festgelegt werden, um bei der Bestimmung der Gleismittenabstände zufallsbedingte Einflüsse einzubeziehen. Die unterschiedlichen Einflüsse werden ihren Charakteristiken folgend gruppiert:

- Der absolute Grenzgleismittenabstand berücksichtigt nur Spurerweiterungen und verbindlich vorgeschriebene Zuschläge, welche die Verkehrssicherheit zum Zeitpunkt einer Überprüfung der vor Ort erhobenen Parameter sicherstellen. Diese Zuschläge werden zu Σ_{EA1} zusammengefasst.
- Der Mindestgleismittenabstand berücksichtigt den absoluten Grenzgleismittenabstand sowie alle Verschiebungen und Verschleißerscheinungen, die zwischen zwei Durcharbeitungen auftreten können, anhand eines Durcharbeitungszuschlags, Σ_{EA2} . Die Einhaltung dieses Gleismittenabstands stellt sicher, dass der Freiraum von einer Instandhaltungs- und Prüfmaßnahme bis zur folgenden erhalten bleibt.
- Der Regelgleismittenabstand berücksichtigt den Mindestgleismittenabstand und zusätzliche Zuschläge nach 5.2.4, Σ_{EA3} genannt. Die Einhaltung dieses Abstands stellt sicher, dass der Freiraum in praktisch allen Situationen aufrechterhalten wird und eine weiter gefächerte Nutzung möglich ist.

Bei der Bestimmung des Gleismittenabstands wird davon ausgegangen, dass der Einfluss der Zuschläge auf die beiden Gleise gleichzeitig auftritt.

ANMERKUNG Der Infrastrukturbetreiber muss ein Grenzzeichen festlegen, an dem zwei Züge an einer Weiche passieren können, ohne dass es zu einer Verletzung der betreffenden Lichträume kommt.

5.6.3.2 Allgemeine Gleichung für EA_j

Die in 5.6.2.1 beschriebenen Einflüsse hängen von der örtlichen Situation des jeweiligen Gleises ab (Überhöhung, Gleisbogenhalbmesser und Spurweite) und müssen durch Addition der beiden halben Breiten der Bezugslinie berücksichtigt werden. Die in 5.6.3.3 dargestellten zufallsbedingten Effekte werden durch einen einzelnen Zuschlag, Σ_{EAj} , berücksichtigt. Durch Addition des Effekts der Überhöhungsdifferenz kann der Gleismittenabstand anhand der arithmetischen Summe in Gleichung (72) berechnet werden:

$$EA_j = (b_{CR} + S_{i/a} + qS_{i/a})_{\text{voie1}} + (b_{CR} + S_{i/a} + qS_{i/a})_{\text{voie2}} + \Delta b_{\delta D} + \Sigma_{EAj} \quad (72)$$

ANMERKUNG Bei der dynamischen Rechenmethode wird $qS_{i/a}$ beim Eisenbahnunternehmen berücksichtigt.

5.6.3.3 Bestimmung des Zuschlags Σ_{EAj}

5.6.3.3.1 Allgemeines

Σ_{EAj} ist die Summe der Zuschläge zur Abdeckung zufallsbedingter Einflüsse. Sie kann je nach gewählter Art der Infrastrukturbegrenzungslinie unterschiedliche Werte annehmen:

- Σ_{EA3} für den Regelgleismittenabstand;
- Σ_{EA2} für den Mindestgleismittenabstand;
- Σ_{EA1} für den absoluten Grenzgleismittenabstand.

Der Wert Σ_{EAj} kann entweder:

- als fester Wert auf der Grundlage der Erfahrungen des Infrastrukturbetreibers mit seinem Netz festgelegt, oder
- als berechneter Wert auf der Grundlage der Instandhaltungstoleranzen angegeben werden.

Die zu berücksichtigenden Einflüsse hängen von der Rechenmethode und der Art des betrachteten Gleismittenabstands (siehe 5.6.1) ab.

5.6.3.3.2 Rechenmethode

5.6.3.3.2.1 Kinematisch

a) Berechnung von Σ_{EA3} und E_{A3}

Zur Bestimmung des Regelgleismittenabstands wird die arithmetische Summe der Zuschläge von Gleichung (73) berücksichtigt:

$$\Sigma_{EA3} = (\Sigma_{3,i/a})_{\text{voie 1}} + (\Sigma_{3,i/a})_{\text{voie 2}} \quad (73)$$

Die Berechnung von $\Sigma_{3,i/a}$ kann entnommen werden.

Der Regelgleismittenabstand ergibt sich im Fall von zwei konzentrischen Gleisen aus Gleichung (74):

$$EA_3 = 2 \cdot b_{CR} + S_a + S_i + qS_a + qS_i + \Delta b_{\delta D} + \Sigma_{EA3} \quad (74)$$

b) Berechnung von Σ_{EA2} und E_{A2}

Bei der Festlegung von Σ_{EA2} muss beachtet werden, dass es höchst unwahrscheinlich ist, dass alle Einflüsse gleichzeitig Extremwerte annehmen. Daher ist die Bildung der arithmetischen Summe der Zuschläge keine geeignete Vorgehensweise. Anhand von Gleichung (75) kann ein akzeptabler Sicherheitsgrad erreicht werden:

$$\Sigma_{EA} = k \cdot \sqrt{\left((\Delta b_{T_1})^2 + (\Delta b_{T_2})^2 + \dots + (\Delta b_{T_n})^2\right)_{\text{voie1}} + \left((\Delta b_{T_1})^2 + (\Delta b_{T_2})^2 + \dots + (\Delta b_{T_n})^2\right)_{\text{voie2}}} \quad (75)$$

Hierbei ist T_j der Zuschlag für die verschiedenen zu berücksichtigenden Einflüsse. Voneinander abhängige Einflussgrößen müssen gemeinsam, d. h. in ihrer arithmetischen Summe betrachtet werden. Es muss darauf geachtet werden, dass die gleichen Wirkungen auf den beiden Gleisen als voneinander unabhängig anzusehen sind.

Für den Mindestgleismittenabstand siehe Gleichung (76) und Gleichung (77):

$$\Sigma'_{EA2} = \sqrt{(\Sigma'_{2,i/a})_{\text{voie1}}^2 + (\Sigma'_{2,i/a})_{\text{voie2}}^2} \quad (76)$$

$$\Sigma''_{EA2} = \sqrt{(\Sigma''_2)_{\text{voie1}}^2 + (\Sigma''_2)_{\text{voie2}}^2} \quad (77)$$

Die Gleichungen von $\Sigma'_{2,i/a}$ und Σ''_{EA2} können 5.3.2.1.3 entnommen werden.

$$\Sigma_{EA2} = \max[\Sigma'_{EA2} + K \cdot (I - I_0) + K \cdot (D - D_0); \Sigma''_{EA2}] - q_{sa} - q_{si} \quad (78)$$

Wenn die quasistatische Neigung nicht mit den zufallsbasierten Einflüssen kombiniert wird, muss für Σ_{EA2} statt der Gleichung (78) das Ergebnis der Gleichung (76) genutzt werden.

ANMERKUNG Die vorherige Gleichung (78) gilt für zwei konzentrische Gleise.

c) Berechnung von Σ_{EA1} und E_{A1}

Bei der Festlegung von Σ_{EA1} muss beachtet werden, dass es höchst unwahrscheinlich ist, dass alle Einflüsse gleichzeitig Extremwerte annehmen. Die Bildung der arithmetischen Summe der Zuschläge ist daher zur Berechnung nicht geeignet. Anhand von Gleichung (79) und Gleichung (80) kann ein akzeptabler Sicherheitsgrad erreicht werden:

$$\Sigma'_{EA1} = \sqrt{(\Sigma'_{1,i/a})_{\text{voie1}}^2 + (\Sigma'_{1,i/a})_{\text{voie2}}^2} \quad (79)$$

und

$$\Sigma''_{EA1} = \sqrt{(\Sigma''_1)_{\text{voie1}}^2 + (\Sigma''_1)_{\text{voie2}}^2} \quad (80)$$

Die Gleichungen von $\Sigma'_{1,i/a}$ können 5.3.2.1.4 entnommen werden.

$$\Sigma_{EA1} = \max[\Sigma'_{EA1} + K \cdot (I - I_0) + K \cdot (D - D_0); \Sigma''_{EA1}] - q_{sa} - q_{si} \quad (81)$$

Wenn die quasistatische Neigung nicht mit den zufallsbasierten Einflüssen kombiniert wird, muss für Σ_{EA1} statt der Gleichung (81) das Ergebnis der Gleichung (79) genutzt werden.

ANMERKUNG Gleichung (81) gilt für zwei konzentrische Gleise.

5.6.3.3.2.2 Dynamisch

a) Berechnung von Σ_{EA3} und E_{A3}

Zur Bestimmung des Regelgleismittenabstands wird die arithmetische Summe der Zuschläge anhand von Gleichung (82) berücksichtigt:

$$\Sigma_{EA3} = (\Sigma_{3,i/a})_{\text{voie1}} + (\Sigma_{3,i/a})_{\text{voie2}} \quad (82)$$

Die Berechnung von $\Sigma_{3,i/a}$ kann 5.4.2.1.2 entnommen werden.

Der Regelgleismittenabstand ergibt sich im Fall von zwei konzentrischen Gleisen aus Gleichung (83):

$$EA_3 = 2 \cdot b_{CR} + S_a + S_i + \Delta b_{\delta D} + \Sigma_{EA3} \quad (83)$$

b) Berechnung von Σ_{EA2} und E_{A2}

Bei der Festlegung von Σ_{EA2} muss beachtet werden, dass es höchst unwahrscheinlich ist, dass alle Einflüsse gleichzeitig Extremwerte annehmen. Daher ist die Bildung der arithmetischen Summe der Zuschläge keine geeignete Vorgehensweise. Anhand von Gleichung (84) kann nachweislich ein akzeptabler Sicherheitsgrad erreicht werden:

$$\Sigma_{EA2} = \sqrt{(\Sigma_2)_{\text{voie1}}^2 + (\Sigma_2)_{\text{voie2}}^2} \quad (84)$$

Die Berechnung von Σ_2 kann 5.4.2.1.3 entnommen werden.

Der Mindestgleismittenabstand ergibt sich im Fall von zwei konzentrischen Gleisen aus Gleichung (85):

$$EA_2 = 2 \cdot b_{CR} + S_a + S_i + \Sigma_{EA2} + \Delta b_{\delta D} \quad (85)$$

c) Berechnung von Σ_{EA1} und E_{A1}

Bei der Festlegung von Σ_{EA1} muss beachtet werden, dass es höchst unwahrscheinlich ist, dass alle Einflüsse gleichzeitig Extremwerte annehmen. Die Bildung der arithmetischen Summe der Zuschläge ist daher zur Berechnung nicht geeignet. Anhand von Gleichung (86) kann nachweislich ein akzeptabler Sicherheitsgrad erreicht werden:

$$\Sigma_{EA1} = \sqrt{(\Sigma_1)_{\text{voie1}}^2 + (\Sigma_1)_{\text{voie2}}^2} \quad (86)$$

Die Berechnung von Σ_1 kann 5.4.2.1.4 entnommen werden.

Der absolute Grenzgleismittenabstand ergibt sich im Fall von zwei konzentrischen Gleisen aus Gleichung (87):

$$EA_1 = 2 \cdot b_{CR} + S_a + S_i + \Sigma_{EA1} + \Delta b_{\delta D} \quad (87)$$

5.6.3.3.2.3 Statisch

Bei der statischen Begrenzungslinie gibt es im Allgemeinen keine Regel zur Berechnung des Mindestgleismittenabstands.

Sehr häufig wird der Mindestgleismittenabstand als die Summe der statischen Bezugslinien plus die seitlichen Ausladungen und die Toleranzen bestimmt.

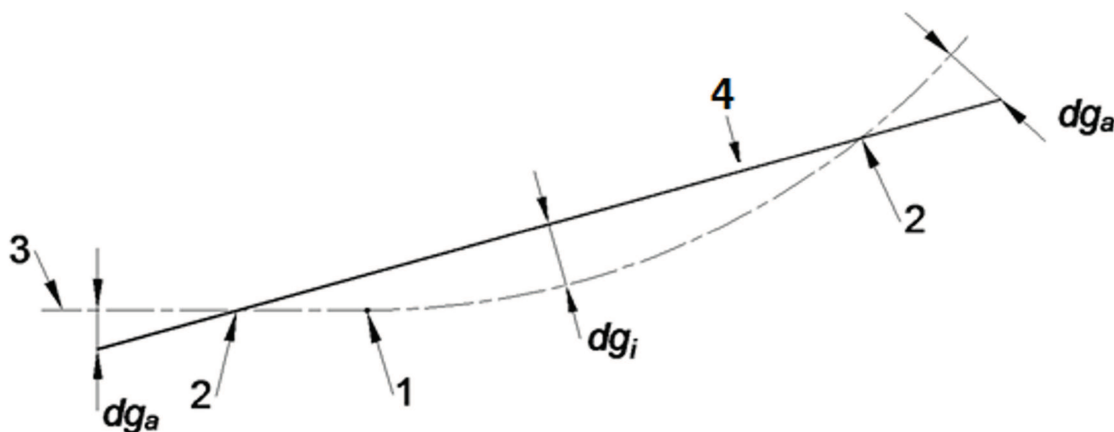
Wenn es eine entsprechende kinematische Begrenzungslinie gibt, sollte der Mindestgleismittenabstand anhand der kinematischen Methode berechnet werden.

5.7 Trassierung in Übergangsbereichen

5.7.1 Einführung

5.7.1.1 Berechnungsgrundlagen

Die vorstehenden Regeln enthalten genügend Informationen zur Berechnung des Raums, der für den Eisenbahnbetrieb in der Geraden und im Gleisbogen freizuhalten ist. In Übergangsbereichen Gerade/Gleisbogen beansprucht ein Eisenbahnfahrzeug eine in Abhängigkeit von den Merkmalen zweier betroffener Trassierungsabschnitte graduell veränderliche Breite. Abgesehen von den Trassierungsmerkmalen hängt dieser Übergangsbereich auch von der Länge der Fahrzeuge ab, die auf den betrachteten Gleisen zum Einsatz kommen (siehe Bild 12).



Legende

- 1 Tangentialpunkt (Beginn des Gleisbogens)
- 2 Drehzapfen oder Radsatz
- 3 Mittellinie des Gleises
- 4 Mittellinie des Fahrzeugs

Bild 12 — Übergangseffekte

Bei den Regeln für die seitliche Ausladung und die quasistatische Neigung wird die Position des Extrempunkts des Wagenkastens nicht berücksichtigt. Bei der Einfahrt eines Fahrzeugs in einen Gleisbogen beginnen die verschiedenen Einflüsse sich bemerkbar zu machen, sobald der erste Radsatz des Fahrzeugs in den Gleisbogen eintritt. Die Regeln für die Berechnung von Begrenzungslinien beim Befahren von Trassierungen mit Übergangsbögen sind nachstehend beschrieben.

5.7.1.2 Merkmale der Übergangsbereiche

Ein Wechsel in der Trassierung besteht einerseits aus einer Änderung der Krümmung und andererseits aus einem Wechsel von Überhöhung und/oder Überhöhungsfehlbetrag. Die Änderung des Gleisbogenradius kann allmählich oder sprunghaft erfolgen. Die Überhöhungsänderung erfordert immer eine Überhöhungsrampe mit einer Mindestlänge (siehe auch EN 13803).

Übergangsbögen und Überhöhungsänderungen fallen im Allgemeinen zusammen, können jedoch auch einzeln auftreten.

Bei vertikalen Gleisbögen gibt es im Regelfall keine Übergangsbögen (siehe EN 13803).

Weichen und Kreuzungen sind sehr spezifische Trassierungsabschnitte, und jede Trassierung wird separat betrachtet.

5.7.1.3 Lichtraumveränderung in Querrichtung

Die Veränderung des Lichtraums hängt von der Art der Begrenzungslinie ab. Im Allgemeinen gelten folgende Begrenzungslinienparameter als veränderlich in Querrichtung:

- die seitliche Ausladung;
- die quasistatische Neigung.

Die Änderung der seitlichen Ausladung ergibt sich über einen Abstand, der vom Radstand des Fahrzeugs a und dem Überhang n_a abhängt. Da die Länge der Fahrzeuge nicht bekannt ist, muss die maximal zulässige Länge bestimmt werden. Die Bestimmung dieser Änderung wird durch Simulation aller Referenzfahrzeuge bei Veränderung der Krümmung erreicht.

ANMERKUNG Die Merkmale dieser Referenzfahrzeuge kann Anhang C entnommen werden.

Es muss beachtet werden, dass die seitliche Ausladung der verschiedenen Referenzfahrzeuge nur vom Gleisbogenhalbmesser und der örtlichen Spurweite abhängt. Bei einer Betrachtung des Lichtraums in Bezug auf das nächstgelegene Gleis wird der Anteil der Spurweite automatisch berücksichtigt und kann daher vernachlässigt werden.

Auf der Bogeninnenseite hängt die quasistatische Neigung nur von der Überhöhung und der Überhöhungsrampe ab. Es muss darauf geachtet werden, dass der maßgebende Punkt des Fahrzeugs, der die größte Ausladung bestimmt, sich mittig zwischen den Drehzapfen oder den Radsätzen befindet.

Auf der Bogenaußenseite hängt die quasistatische Neigung vom Überhöhungsfehlbetrag ab, der sich nach der örtlichen Überhöhung, dem Gleisbogenhalbmesser und der gefahrenen Geschwindigkeit richtet. Hier befindet sich der Punkt des Fahrzeugs mit der größten Ausladung am äußersten Ende des Wagenkastens.

Ähnliche Überlegungen müssen auf Erscheinungen angewendet werden, die die vertikale Richtung beeinflussen.

5.7.2 Übergänge in der Trassierung

5.7.2.1 Unvermittelte Krümmungswechsel

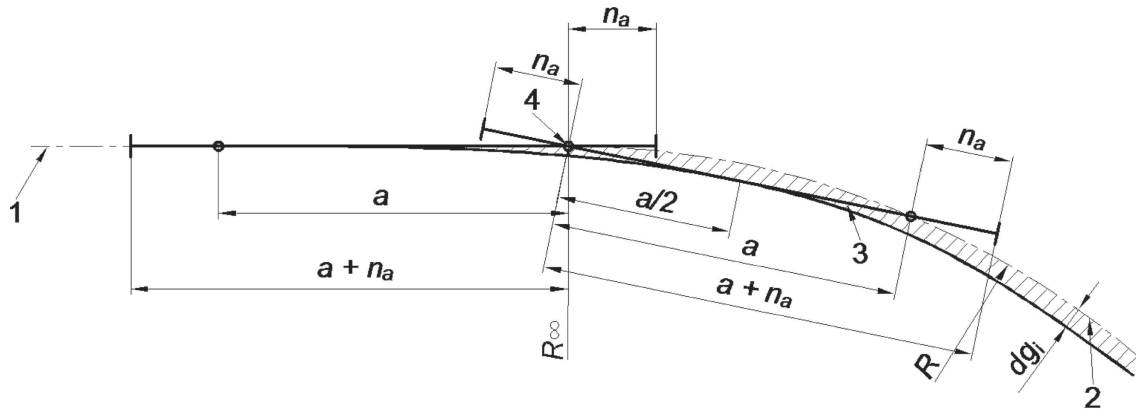
5.7.2.1.1 Abweichung der seitlichen Ausladung

Befindet sich ein Fahrzeug am Beginn eines Gleisbogens, ist am Fahrzeugbug bereits eine geometrische Ausragung gegenüber der Mittellinie des Gleises zu verzeichnen, bevor der erste Radsatz bzw. das erste Drehgestell überhaupt in den Gleisbogen eingefahren ist.

Sobald dann der erste Radsatz bzw. das erste Drehgestell in den Gleisbogen einfährt, weist das Fahrzeugheck eine geometrische Ausragung auf. Das bedeutet, dass die äußere seitliche Ausladung aus einem Abstand ($n_a + a$) vom Tangentialpunkt zum Teil in Betracht gezogen werden muss. Die geometrische Ausragung erreicht ihren Maximalwert, wenn sich das gesamte Fahrzeug im Gleisbogen befindet d. h. wenn der hintere Drehzapfen oder der hintere Radsatz sich am Tangentialpunkt befindet. Zwischen diesen beiden Extremsituationen kommt es zu einer allmählichen Veränderung.

Auf der Bogeninnenseite ist die Situation ähnlich. Da sich die kritischen Punkte zwischen den beiden Drehgestellen befinden, beginnt die Änderung der seitlichen Ausladung im Abstand a zum Tangentialpunkt und endet im Abstand $a/2$ im Gleisbogen, wo die seitliche Ausladung ihren Maximalwert $S_{R,i}$ erreicht.

Auf der Innenseite des Gleisbogens entsteht die in Bild 13 dargestellte Situation:

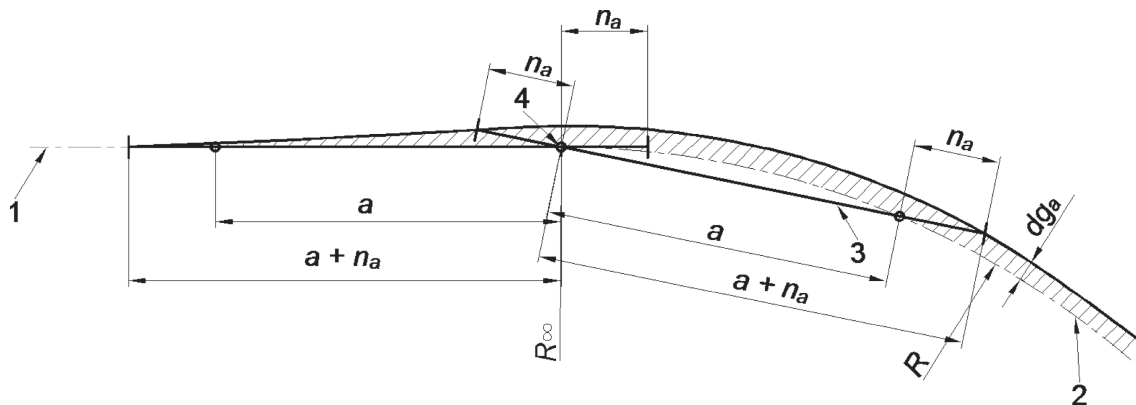


Legende

- 1 Mittellinie des Gleises im geraden Gleis
- 2 Mittellinie des Gleises im Gleisbogen
- 3 Referenzfahrzeug
- 4 Tangentialpunkt

Bild 13 — Auswirkungen eines abrupten Krümmungswechsels auf der Innenseite des Gleisbogens

Auf der Außenseite des Gleisbogens entsteht die in Bild 14 dargestellte Situation:



Legende

- 1 Mittellinie des Gleises im geraden Gleis
- 2 Mittellinie des Gleises im Gleisbogen
- 3 Referenzfahrzeug
- 4 Tangentialpunkt

Bild 14 — Auswirkungen eines abrupten Krümmungswechsels auf der Außenseite des Gleisbogens

5.7.2.1.2 Quasistatische Neigung im Übergangsbereich

Der Krümmungswechsel führt bei gleichzeitiger Überhöhungsänderung zu einer Veränderung der quasistatischen Neigung.

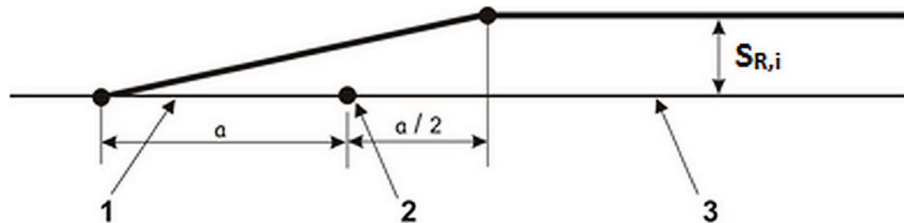
Die quasistatische Neigung muss am Schwerpunkt des Wagenkastens geprüft werden, der sich normalerweise in dessen Mittelpunkt befindet. Die zu berücksichtigende Krümmung ist der „mittlere“ Wert zwischen den Führungsquerschnitten.

Im Allgemeinen wird ein Teil der Neigung beim Fahrzeugbau berücksichtigt.

5.7.2.1.3 Vereinfachungen

Die Berechnung des Raumbedarfs der Referenzfahrzeuge hängt in wesentlichem Maße von den Merkmalen des abrupten Krümmungswechsels ab. Daher ist für jede Krümmung eine erneute Berechnung anzustellen. Zur Vereinfachung der Berechnungen:

- kann die geometrische Ausragung auf der Innenseite des Gleisbogens linear zwischen dem Startpunkt und einem Punkt im Abstand $a/2$ über den Tangentialpunkt hinaus geändert werden, wie in Bild 15 dargestellt:

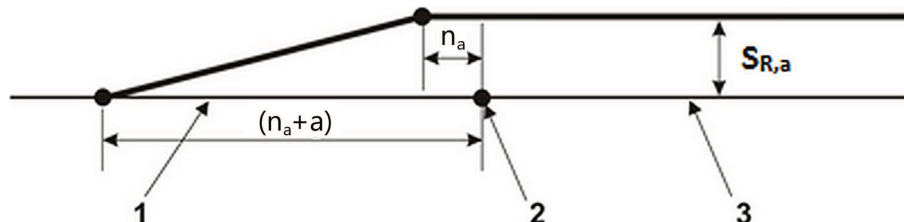


Legende

- 1 gerades Gleis
- 2 Tangentialpunkt
- 3 Kreisbogen

Bild 15 — Änderung der geometrischen Ausragung auf der Innenseite des Gleisbogens (abrupter Krümmungswechsel)

- kann die geometrische Ausragung auf der Außenseite des Gleisbogens linear zwischen dem Startpunkt und einem Punkt im Abstand n_a zum Tangentialpunkt geändert werden, wie in Bild 16 dargestellt:



Legende

- 1 gerades Gleis
- 2 Tangentialpunkt
- 3 Kreisbogen

Bild 16 — Änderung der geometrischen Ausragung auf der Außenseite des Gleisbogens (abrupter Krümmungswechsel)

5.7.2.2 Übergangsbögen

5.7.2.2.1 Prinzip

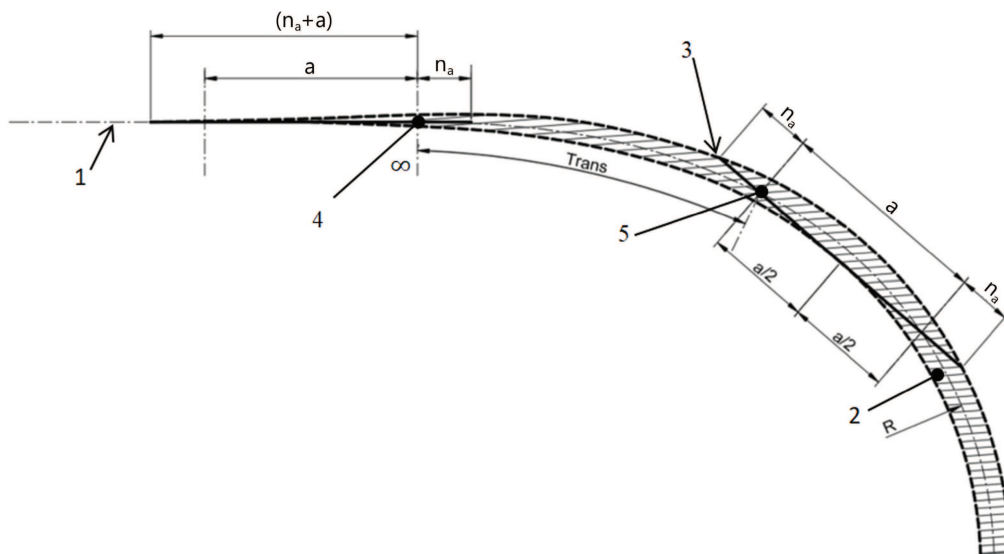
Das Prinzip ist genau das gleiche wie beim abrupten Krümmungswechsel, auch wenn sich die Ergebnisse leicht unterscheiden:

- der Ausgangspunkt der Änderung der geometrischen Ausragung ist der gleiche wie beim abrupten Krümmungswechsel; in einem Abstand $(n_a + a)$ vor dem Beginn des Übergangsbogens auf der Bogenaußenseite und in einem Abstand a vom selben Punkt auf der Bogeninnenseite;

- der Endpunkt der Änderung der geometrischen Ausragung befindet sich im gleichen Abstand wie beim abrupten Krümmungswechsel, allerdings bezogen auf das Ende des Übergangsbogens. Bei einem Abstand n_a vor dem Tangentialpunkt auf der Bogenaußenseite und in einem Abstand $a/2$ hinter demselben Punkt auf der Bogeninnenseite;
- die seitlichen Verschiebungen nehmen allmählich zu, da sich auch der Gleisbogenhalbmesser allmählich verändert.

Es können weitere Vereinfachungen dieser Art eingebracht werden (siehe 5.7.2.1.3). Häufig wird von einem linearen, gegenüber der Geraden jedoch verschobenen Verlauf des Übergangsbereichs über seine gesamte Länge ausgegangen.

Bild 17 stellt den Übergangsbogen mit allmählicher Veränderung der Krümmung dar.



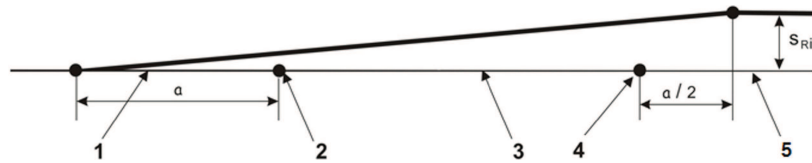
Legende

- 1 Trassierungsabschnitt in der Geraden
- 2 Trassierungsabschnitt im Gleisbogen mit Radius R
- 3 Referenzfahrzeug
- 4 Tangentialpunkt am Anfang des Übergangsbogens
- 5 Tangentialpunkt am Ende des Übergangsbogens
- Trans Übergang

Bild 17 — Übergangsbogen (mit allmählicher Veränderung der Krümmung)

5.7.2.2.2 Vereinfachungen

Die Berechnung des Raumbedarfs der Referenzfahrzeuge hängt in wesentlichem Maße von den Merkmalen des allmählichen Krümmungswechsels ab. Daher ist für jede Krümmung eine erneute Berechnung anzustellen. Zur Vereinfachung der Berechnungen kann die geometrische Ausragung auf der Innenseite des Gleisbogens linear zwischen dem Startpunkt im Abstand a vor dem ersten Tangentialpunkt und einem Punkt im Abstand $a/2$ über den zweiten Tangentialpunkt hinaus geändert werden, wie in Bild 18 dargestellt:

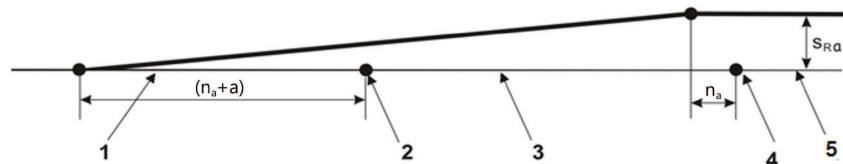


Legende

- 1 gerades Gleis
- 2 erster Tangentialpunkt
- 3 Übergangsbogen
- 4 zweiter Tangentialpunkt
- 5 Kreisbogen

Bild 18 — Änderung der geometrischen Ausragung auf der Innenseite des Gleisbogens (allmählicher Krümmungswechsel)

- die geometrische Ausragung auf der Außenseite des Gleisbogens kann linear zwischen dem Startpunkt im Abstand $a+n_a$ vor dem ersten Tangentialpunkt und einem Punkt im Abstand n_a über den zweiten Tangentialpunkt hinaus geändert werden:



Legende

- 1 gerades Gleis
- 2 erster Tangentialpunkt
- 3 Übergangsbogen
- 4 zweiter Tangentialpunkt
- 5 Kreisbogen

Bild 19 — Änderung der geometrischen Ausragung auf der Außenseite des Gleisbogens (allmählicher Krümmungswechsel)

5.7.3 Befahren von Weichen

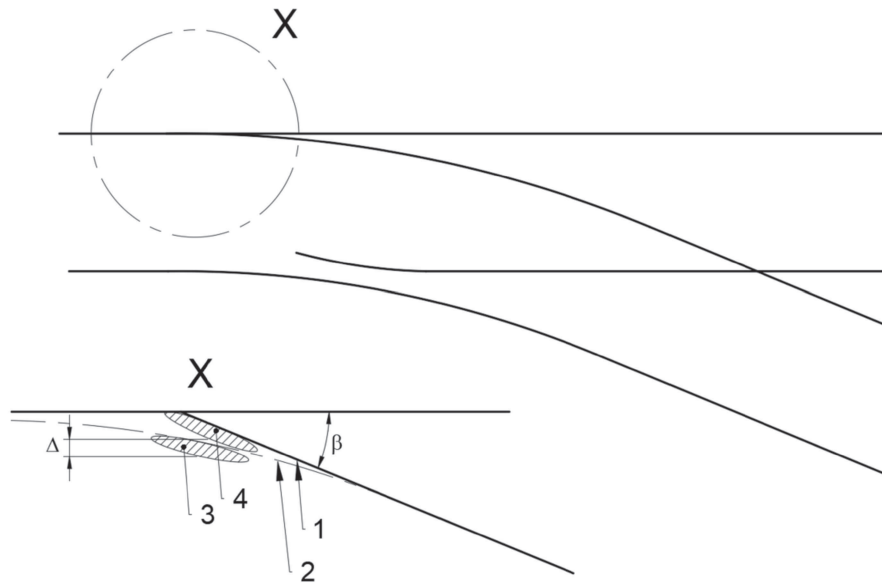
5.7.3.1 Einführung

Die Trassierung von Weichen umfasst ein Hauptgleis und ein gebogenes Zweiggleis. Damit Infrastrukturen korrekt errichtet werden können, muss der Verkehr auf beiden Gleisen berücksichtigt werden. Der für das Zweiggleis freizuhaltende Raum bedarf einer besonderen Studie.

Die Trassierung von Weichen weist zahlreiche Besonderheiten auf:

- am Beginn der Weiche wird das Fahrzeug aufgrund des Weichenanlaufwinkels (siehe β in Bild 20) abgelenkt. Ein solcher Weichenanlaufwinkel ist selbst bei Weichen mit tangentialem Aufbau vorhanden (siehe Normenreihe EN 13232:2011). Dieser Winkel zwingt den Radsatz und das Fahrzeug weg vom theoretischen Bogen, führt sie näher zur Bogenaußenseite und erzeugt eine zusätzliche Verschiebung Δ . Deren Berücksichtigung liegt im Ermessen des Infrastrukturbetreibers (Bild 20).
- der Gleisbogenradius kann entlang der Weiche, bei der Gleisbogenabschnitte vorhanden, und die kürzer als das Fahrzeug sind, erhebliche Veränderungen erfahren. Diese Trassierungsabschnitte zeigen nicht immer einen tangentialen Verlauf.

ANMERKUNG Dies wirkt sich in Weichen mit kleinen Radien stärker aus.



Legende

- 1 tatsächliche Trassierung
- 2 theoretische Trassierung (tangentialer Verlauf)
- 3 theoretische Spurkranzposition
- 4 tatsächliche Spurkranzposition
- Δ zusätzliche Verschiebung aufgrund des Weichenanlaufwinkels

Bild 20 — Prinzip des Einflusses des Weichenanlaufwinkels

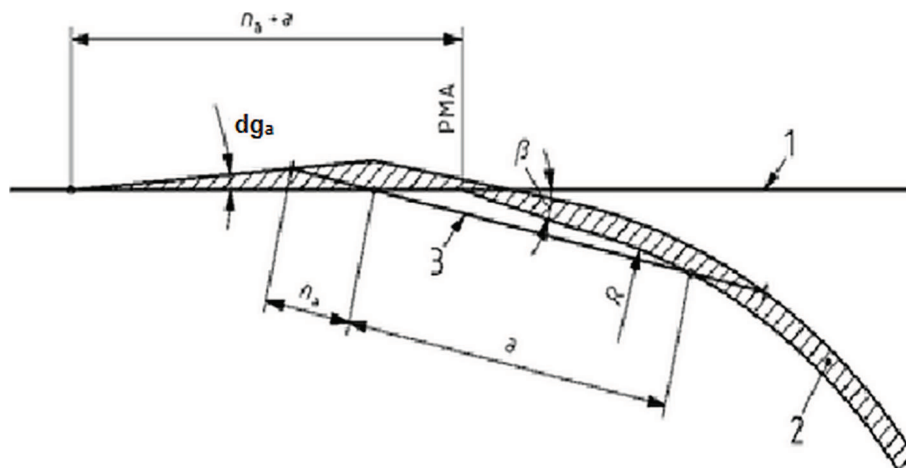
Weichen können nicht als übliche Krümmungsübergänge angesehen werden, sondern gehen vielmehr mit einem abrupten Krümmungswechsel einher.

5.7.3.2 Veränderung der seitlichen Ausladung

Aufgrund des Weichenanlaufwinkels wird das Fahrzeug an der rechnerischen Weichenspitze (PMA) in Bezug auf die theoretische Trassierung aus der Zweiggleisstrecke hinaus nach außen verschoben. Um diesem Phänomen Rechnung zu tragen, müssen die Verschiebungen der Referenzfahrzeuge durch Simulation Fall für Fall untersucht und die Hüllkurve für den Raumbedarf der Referenzfahrzeuge herangezogen werden.

ANMERKUNG Die Ausladungen im Bereich der Weichenspitze können größer ausfallen als diejenigen im Gleisbogen.

Bild 21 zeigt die Änderung der geometrischen Ausragung bei einem geraden Hauptgleis einer Weiche aufgrund einer gebogenen Trassierung des Zweiggleises.



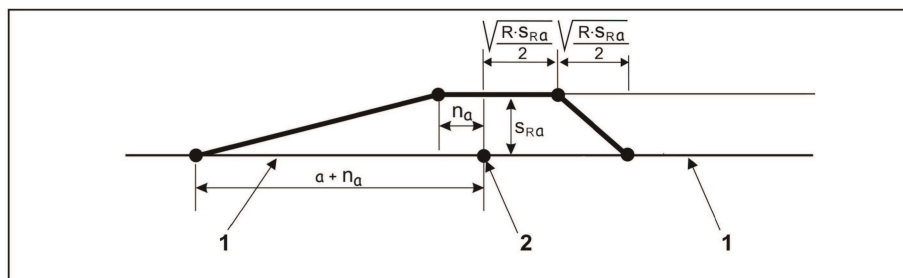
Legende

- 1 gerades Gleis
- 2 Trassierung des Zweiggleises
- 3 Referenzfahrzeug
- PMA rechnerische Weichenspitze
- β Anlaufwinkel einer Weiche
- dg_a geometrische Ausragung

Bild 21 — Änderung der geometrischen Ausragung bei einem geraden Hauptgleis einer Weiche aufgrund einer gebogenen Trassierung des Zweiggleises

Wie aus den folgenden Bildern hervorgeht, können bei Weichen mit tangentialer Einfahrt die gleichen Vereinfachungen gelten wie bei abrupten Krümmungswechseln:

— bei einem geraden Hauptgleis, siehe Bild 22:

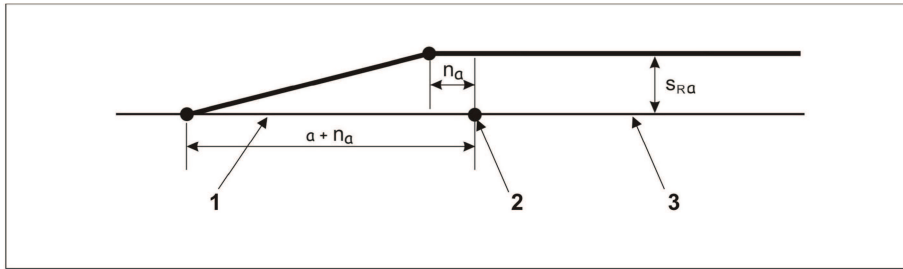


Legende

- 1 gerades Hauptgleis
- 2 Tangentialpunkt

Bild 22 — Änderung der geometrischen Ausragung bei einem geraden Hauptgleis einer Weiche aufgrund des abzweigenden Gleises

— bei einer gebogenen Trassierung des Zweiggleises, siehe Bild 23:



Legende

- 1 gerades Hauptgleis
- 2 Tangentialpunkt
- 3 gebogene Trassierung des Zweiggleises

Bild 23 — Änderung der geometrischen Ausragung bei einer gebogenen Trassierung des Zweiggleises einer Weiche

Bei einer nicht-tangentialen Einfahrt liegt die Art der Bestimmung der geometrischen Ausragung im Ermessen des Infrastrukturbetreibers.

5.7.3.3 Änderung der quasistatischen Neigung

Aufgrund der möglichen Veränderungen der Trassierung im Weichenbereich verändert sich auch die theoretische quasistatische Neigung im Prinzip kontinuierlich. Außerdem bewirkt der Weichenanlaufwinkel einen plötzlichen Stoß, der an dieser Stelle einem sehr hohen Überhöhungsfehlbetrag entspricht.

Bei Weichen können sehr kurze Trassierungsabschnitte mit unterschiedlichen Gleisbogenhalbmessern auftreten. Bei der Untersuchung der quasistatischen Neigung können diese Parameter aufgrund der Verteilung der Stöße und der Trägheit des Wagenkastens unberücksichtigt bleiben. Normalerweise wird der Wert der quasistatischen Neigung auf den Wert der Überhöhung bzw. auf den Überhöhungsfehlbetrag beschränkt, welcher der Auslegung des Gleises zugrunde liegt.

Da die Weiche mit konstanter Geschwindigkeit durchfahren wird, kann man sich auf eine einmalige Untersuchung beschränken.

ANMERKUNG Anhang E enthält ein Berechnungsbeispiel für einen gegebenen Abzweig.

5.8 Bestimmung des ungehinderten Durchgangs des Stromabnehmers

5.8.1 Allgemeines

5.8.1.1 Lichtraumbedarf auf elektrifizierten Strecken

Auf elektrifizierten Strecken mit Oberleitung ist ein zusätzlicher Raum freizuhalten für:

- die Anordnung des Oberleitungssystems;
- den ungehinderten Durchgang der Stromabnehmer.

Der erste Punkt hängt von der Konstruktion der Oberleitung ab und fließt daher nicht mit in den Anwendungsbereich dieser Norm ein. Der zweite Punkt wird im Folgenden ausführlich behandelt.

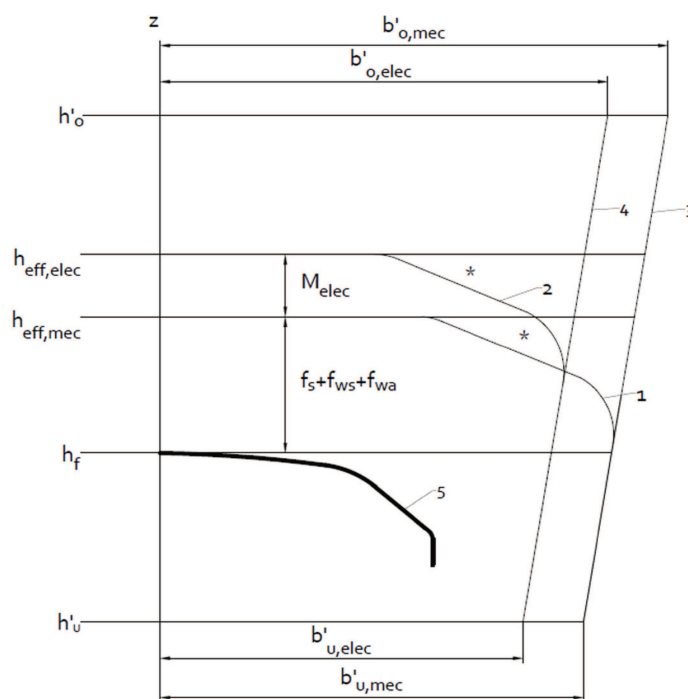
5.8.1.2 Besonderheiten

Die Begrenzungslinie für Stromabnehmer unterscheidet sich in folgenden Punkten von der Infrastrukturbegrenzungslinie:

- der Stromabnehmer steht (teilweise) unter Spannung, sodass je nach Art der baulichen Anlage (isoliert oder nicht) ein elektrischer Schutzabstand einzuhalten ist;
- eventuell vorhandene Isolierhörner sind zu berücksichtigen. Es sind daher zwei Stromabnehmerbereiche festzulegen, die sowohl den mechanischen als auch den elektrischen Erfordernissen Rechnung tragen;
- während der Stromabnahme ist der Stromabnehmer in ständigem Kontakt mit dem Fahrdrabt, so dass sich seine Höhe verändert. Das Gleiche gilt für die Begrenzungslinie für Stromabnehmer.

5.8.1.3 Grundlagen

- Mit isolierten Hörnern:



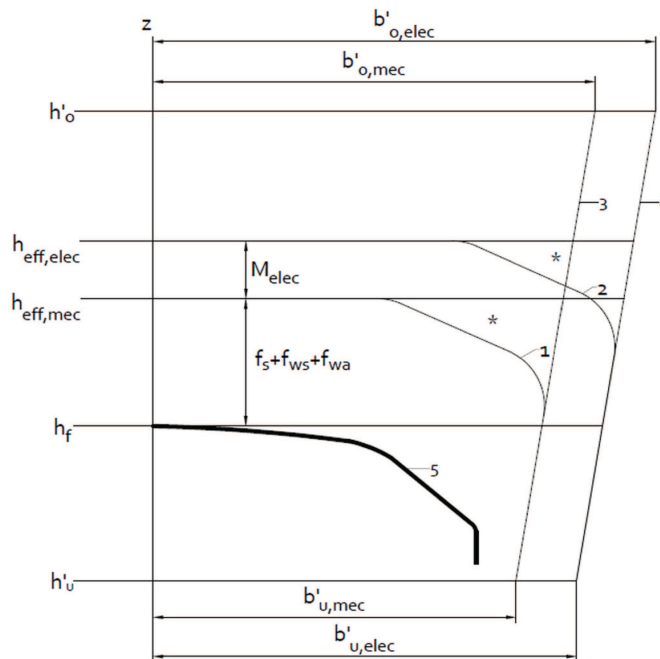
Legende

- Z Mittellinie des Gleises
- 1 mechanische Begrenzungslinie für Stromabnehmer
- 2 elektrische Begrenzungslinie für Stromabnehmer
- 3 Stromabnehmerbereich der mechanischen Begrenzungslinie
- 4 Stromabnehmerbereich der elektrischen Begrenzungslinie
- 5 Stromabnehmerwippe
- * abhängig von der Geometrie des zulässigen Stromabnehmers

Bild 24 — Mechanische und elektrische Begrenzungslinie für Stromabnehmer mit isolierten Hörnern

ANMERKUNG In seitlicher Richtung ist die Begrenzungslinie für den elektrischen Stromabnehmer kleiner als die Begrenzungslinie für den mechanischen Stromabnehmer, wenn $c_w > M_{elec}$.

— Ohne isolierte Hörner:



Legende

- Z Mittellinie des Gleises
- 1 mechanische Begrenzungslinie für Stromabnehmer
- 2 elektrische Begrenzungslinie für Stromabnehmer
- 3 Stromabnehmerbereich der mechanischen Begrenzungslinie
- 4 Stromabnehmerbereich der elektrischen Begrenzungslinie
- 5 Stromabnehmerwippe
- * abhängig von der Geometrie des zulässigen Stromabnehmers

Bild 25 — Mechanische und elektrische Begrenzungslinie für Stromabnehmer ohne isolierte Hörner

Die Anforderungen für die Begrenzungslinie für Stromabnehmer werden nur dann eingehalten, wenn gleichzeitig auch die Anforderungen für mechanische und die elektrische Begrenzungslinie berücksichtigt werden:

- spannungsführende bauliche Anlagen mit dem gleichen Potential wie die Oberleitung sind außerhalb der mechanischen Begrenzungslinie anzuordnen;
- isolierte bauliche Anlagen sind ebenfalls außerhalb der mechanischen Begrenzungslinie anzuordnen;
- nicht isolierte bauliche Anlagen (die geerdet sind oder deren Potential nicht dem des Oberleitungsstroms entspricht) sind außerhalb der mechanischen und der elektrischen Begrenzungslinie anzuordnen.

5.8.2 Mechanische Begrenzungslinie für Stromabnehmer für die kinematische Rechenmethode

5.8.2.1 Bestimmung der Breite der mechanischen Begrenzungslinie

5.8.2.1.1 Einführung

Die Breite der mechanischen Begrenzungslinie für den ungehinderten Durchgang der Stromabnehmer wird durch die Stromabnehmerwippe und ihre Verschiebungen bestimmt. Die Verschiebungen in Querrichtung unterliegen ähnlichen Einflüssen wie bei der allgemeinen Berechnung der Infrastrukturbegrenzungslinie sowie gewissen Besonderheiten.