

DIN EN 13230-6

ICS 91.100.30; 93.100

Einsprüche bis 2016-02-04
Ersatz für
E DIN EN 13230-6:2014-04

Entwurf

**Bahnanwendungen –
Oberbau –
Gleis- und Weichenschwellen aus Beton –
Teil 6: Bemessung;
Deutsche und Englische Fassung prEN 13230-6:2015**

Railway applications –
Track –
Concrete sleepers and bearers –
Part 6: Design;
German and English version prEN 13230-6:2015

Applications ferroviaires –
Voie –
Traverses et supports en béton –
Partie 6: Conception;
Version allemande et anglaise prEN 13230-6:2015

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2015-12-04 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an fsf@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF) (Hausanschrift: Panoramaweg 1, 34131 Kassel).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 125 Seiten

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13230-6:2015) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Unterausschuss NA 087-00-01-03 UA „Gleis- und Weichenschwellen“ im Normenausschuss „Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)“.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der prEN 13230-6 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Bahnanwendungen — Oberbau — Gleis- und Weichenschwellen aus Beton — Teil 6: Bemessung

Applications ferroviaires — Voie — Traverses et supports en béton — Partie 6 : Conception

Railway applications — Track — Concrete sleepers and bearers — Part 6: Design

ICS: 91.100.30 ; 93.100

Deskriptoren

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

STD Version 2.7g

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	7
4 Allgemeine Anforderungen	9
4.1 Allgemeines Verfahren zur Bestimmung von Biegemomenten	9
4.1.1 Allgemeines	9
4.1.2 Empirisches Verfahren	10
4.1.3 Theoretisches Verfahren	12
4.1.4 Kombiniertes Verfahren	12
4.2 Risse in Gleis- und Weichenschwellen aus Beton	12
4.2.1 Risse unter dem Schienenaufleger	12
4.2.2 Risse in Schwellenmitte (Spannbeton-Monoblockschwellen)	13
4.2.3 Risse bei Prüfungen der negativen Biegung unter dem Schienenaufleger oder der positiven Biegung in Schwellenmitte	13
4.3 Querschnittsgestaltung für Gleisschwellen	13
4.4 Dauerhaftigkeit der Gleisschwellen	13
5 Bemessungskriterien	13
5.1 Instandhaltung	13
5.1.1 Qualität der Gleise und der Schienenfahrzeuge	13
5.1.2 Verteilung der vertikalen Last in Gleislängsrichtung	14
5.1.3 Verteilung der Schotterpressung über die Länge der Gleisschwelle	14
5.2 Randbedingungen aus dem Gleisbau	14
5.2.1 Schwellenmasse	14
5.2.2 Schwellenlänge	15
5.2.3 Schwellenhöhe	15
5.2.4 Verlegeverfahren	15
5.3 Bemessung der Oberbaukomponenten	15
5.3.1 Schienenprofil und Schwellenabstand	15
5.3.2 Schienenbefestigungssystem	15
5.3.3 Gleisstabilität	16
5.4 Verkehrsmerkmale und Bemessung der Gleisführung	16
5.4.1 Achslast	16
5.4.2 Maximale Geschwindigkeit	16
5.4.3 Belastung durch Kurvenkräfte	16
6 Entwurfsberechnung	17
6.1 Erfahrungen aus dem Schienenverkehr oder der Herstellung	17
6.1.1 Erfahrungen aus außergewöhnlichen oder unfallbedingten Stoßbelastungen im Schienenverkehr	17
6.1.2 Biegezugfestigkeit von Beton	17
6.1.3 Verlust der Vorspannung	17
6.1.4 Erfahrung in der Gleisverlegung	17
6.2 Entwurfsberechnung	18
6.2.1 Allgemeines	18

6.2.2	Berechnung bei dynamischer Last des Schienenaufagers P_k unter üblichen Betriebsbedingungen.....	18
6.2.3	Berechnung der charakteristischen Biegemomente im Schienenaufleger der Gleisschwelle.....	18
6.2.4	Berechnung der charakteristischen Biegemomente in Schwellenmitte	19
6.2.5	Berechnung der charakteristischen Biegemomente für Weichenschwellen.....	19
6.2.6	Prüfung der Betonspannungen	19
6.2.7	Bestimmung der Prüfbiegemomente bei Bildung des ersten Risses.....	20
Anhang A (informativ) Bemessungsverfahren und Beiwerte für Gleisschwellen.....		21
A.1	Allgemeines	21
A.1.1	Einleitung.....	21
A.1.2	Bestimmung der charakteristischen Biegemomente	21
A.1.3	Laststufen und entsprechende Biegemomente	22
A.2	Stützpunktlast	23
A.2.1	Anstieg der dynamischen Radlast bei Normalbetrieb	23
A.2.2	Verteilung von vertikalen Lasten in Längsrichtung	23
A.2.3	Auswirkungen von elastischen Zwischenlagen.....	25
A.2.4	Berechnung der dynamischen Stützpunktlast	26
A.3	Charakteristische Biegemomente	26
A.3.1	Allgemeines	26
A.3.2	Querschnitt unter dem Schienenaufleger	26
A.3.3	Querschnitt in Gleisschwellenmitte	28
A.4	Prüfbiegemomente und zugehörige Faktoren.....	34
A.4.1	Prüfbiegemoment des ersten Risses und zugehörige Faktoren.....	34
A.4.2	Faktoren für Abnahmekriterien für Prüflasten	35
A.4.3	Berechnung der Prüfbiegemomente für die Ermüdungsprüfung und zugehörige Faktoren.....	36
A.5	Überprüfung der Spannungen für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (nur bei vorgespannten Gleisschwellen).....	36
A.6	Entwurfsbeispiele	37
A.6.1	Allgemeines	37
A.6.2	Beispiel 1: Spurweite von 1 435 mm einer taillierten Schwelle mit elastischem Träger auf elastischer Bettung.....	38
A.6.3	Beispiel 2: Spurweite von 1 435 mm einer rechteckigen Gleisschwelle unter Anwendung des vereinfachten Verfahrens.....	46
A.6.4	Beispiel 3: Spurweite von 1 668 mm einer taillierten Gleisschwelle.....	50
Anhang B (informativ) Bemessungsverfahren und Faktoren für Weichenschwellen		55
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2008/57/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Juni 2008 über die Interoperabilität des Eisenbahnwesens in der Gemeinschaft.....		57
Literaturhinweise.....		62

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13230-6:2015) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur zweiten CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie 2008/57/EG.

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinie 2008/57/EG siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Diese Europäische Norm ist ein Teil der Normenreihe EN 13230 „*Bahnanwendungen — Oberbau — Gleis- und Weichenschwellen aus Beton*“, die aus den folgenden Teilen besteht:

- *Teil 1: Allgemeine Anforderungen;*
- *Teil 2: Spannbeton-Monoblockschwellen;*
- *Teil 3: Bewehrte Zweiblockschwellen;*
- *Teil 4: Spannbetonschwellen für Weichen und Kreuzungen;*
- *Teil 5: Sonderformen;*
- *Teil 6: Bemessung.*

Diese Europäische Norm wird als technische Grundlage für die Vertragsabwicklung zwischen den beteiligten Parteien (Kunde – Lieferant) verwendet.

Die Anhänge A und B sind informativ. Sie können nach Vereinbarung der Vertragsparteien als normative Anforderung bei einem Vertragsabschluss verwendet werden.

Einleitung

Dieser Teil der Norm deckt den Entwurf/die Bemessung von Gleis- und Weichenschwellen aus Beton ab und wird im Zusammenhang mit den folgenden Teilen verwendet:

- Teil 1: Allgemeine Anforderungen;
- Teil 2: Spannbeton-Monoblockschwellen;
- Teil 3: Bewehrte Zweiblockschwellen;
- Teil 4: Spannbetonschwellen für Weichen und Kreuzungen;
- Teil 5: Sonderformen.

Gleis- und Weichenschwellen aus Beton sind besondere sicherheitsrelevante Bauteile für Bahnanwendungen. Diese werden in keinen anderen Normen behandelt.

Als sicherheitsrelevante Bauteile erfordern diese eine Vereinbarung zwischen Kunde und Lieferant zur Betreibung eines Hersteller-Qualitätsmanagement-Systems (QM-Systems).

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von EN 13230 enthält spezielle Richtlinien zur Bemessung in den folgenden Bereichen:

- die Herleitung von charakteristischen Lasten und Prüflasten;
- die Berechnung von charakteristischen Biegemomenten und Prüfbiegemomenten.

Ziel dieses Teils der Norm ist die Bereitstellung von Leitlinien zur Vorbereitung aller Daten, die der Kunde dem Lieferanten in Übereinstimmung mit der EN 13230, Teile 1 bis 5, zur Verfügung stellen muss. Sie gilt sowohl für alle Spurweiten (1 435 mm, 1 668 mm, Meterspur) als auch für alle Längen von Gleis- und Weichenschwellen.

Diese Norm enthält besondere Kriterien für die Bemessung von Gleis- und Weichenschwellen aus Beton als Gleiskomponenten. Die im Eurocode beschriebenen Bemessungsverfahren gelten nicht für diese Betonelemente.

Alle Gleisparameter, die bei der Bemessung von Gleis- und Weichenschwellen berücksichtigt werden müssen, sind in dieser Norm im Einzelnen beschrieben. Es werden die erforderlichen Informationen zu diesen Parametern gegeben, so dass diese als Eingangswerte für das Bemessungsverfahren verwendet werden können. Es liegt in der Verantwortung des Kunden, alle in dieser Norm verwendeten Gleisparameter zu berechnen oder festzulegen.

Diese Norm enthält eine Anleitung für das Bemessungsverfahren. Sie legt dar, wie Betriebserfahrung und Rechenmodelle zur Festlegung von Bemessungskennwerten kombiniert werden können.

Diese Norm enthält Beispiele für Zahlenwerte, die bei Anwendung der Abschnitte 4 bis 6 in Übereinstimmung mit dem aktuellen Stand der Technik verwendet werden können.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 13146-3, *Bahnanwendungen — Oberbau — Prüfverfahren für Schienenbefestigungssysteme — Teil 3: Bestimmung der Dämpfung von Stoßlasten*

EN 13146-5, *Bahnanwendungen — Oberbau — Prüfverfahren für Schienenbefestigungssysteme — Teil 5: Bestimmung des elektrischen Widerstands*

FprEN 13230-1:2015, *Bahnanwendungen — Oberbau — Gleis- und Weichenschwellen aus Beton — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

FprEN 13230-2:2015, *Bahnanwendungen — Oberbau — Gleis- und Weichenschwellen aus Beton — Teil 2: Spannbeton-Monoblockschwellen*

FprEN 13230-3:2015, *Bahnanwendungen — Oberbau — Gleis- und Weichenschwellen aus Beton — Teil 3: Bewehrte Zweiblockschwellen*

FprEN 13230-4:2015, *Bahnanwendungen — Oberbau — Gleis- und Weichenschwellen aus Beton — Teil 4: Spannbetonschwellen für Weichen und Kreuzungen*

FprEN 13230-5:2015, *Bahnanwendungen — Oberbau — Gleis- und Weichenschwellen aus Beton — Teil 5: Sonderformen*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach FprEN 13230-1:2015 und die folgenden Begriffe.

3.1

nominale Achslast

A_{nom}

nominale Achslast eines Schienenfahrzeugs

3.2

nominale Radlast

Q_{nom}

statische vertikale Radlast, die sich aus der nominalen Achslast ergibt

3.3

charakteristische Radlast

Q_k

charakteristischer Wert der vertikalen Radlast

3.4

Faktor k_p

Faktor zur Berücksichtigung der Dämpfung der Zwischenlage

3.5

Faktor k_v

Faktor zur Berücksichtigung der Fahrgeschwindigkeit

3.6

Faktor k_d

Faktor zur Berücksichtigung der Lastverteilung zwischen den Gleisschwellen in Gleisrichtung

3.7

Faktor k_r

Faktor zur Berücksichtigung der Schwankung der Lastverteilung zwischen den Gleisschwellen in Gleisrichtung aufgrund von Fehlern in der Bettung

3.8

Faktor $k_{i,r}$

Faktor, der bei der Berechnung der charakteristischen Biegemomente unter dem Schienenaufleger zur Berücksichtigung einer ungleichmäßigen Bettung längs der einzelnen Gleisschwelle verwendet wird

3.9

Faktor $k_{i,c}$

Faktor, der bei der Berechnung der charakteristischen Biegemomente in Schwellenmitte zur Berücksichtigung einer ungleichmäßigen Bettung längs der einzelnen Gleisschwelle verwendet wird

3.10

innerer Hebelarm

λ

Hebelarm der resultierenden inneren Kräfte aus Stützpunktlast und Schotterpressung, die auf die Gleisschwelle am Schienenaufleger wirken

3.11

außergewöhnliche Last

Last, die nur wenige Male während der Lebensdauer einer Gleisschwelle auftritt

3.12

unfallbedingte Last

Last, die nur einmal während der Lebensdauer einer Gleisschwelle auftritt

3.13

Faktor k_t

Faktor zur Berechnung der Abnahmekriterien für die Bildung des ersten Risses bei statischen Prüfungen

3.14

dynamische Stützpunktlast

P_k

charakteristische Last im Schienenaufleger der Gleisschwelle infolge dynamischer Belastung bei normalen Betriebsbedingungen

3.15

charakteristisches Biegemoment

M_k

Biegemoment infolge der dynamischen Stützpunktlast P_k

3.16

charakteristisches positives Biegemoment unter dem Schienenaufleger

$M_{k,r,pos}$

positives Biegemoment im Schienenaufleger infolge der dynamischen Stützpunktlast P_k

3.17

charakteristisches negatives Biegemoment unter dem Schienenaufleger

$M_{k,r,neg}$

negatives Biegemoment am Schienenaufleger infolge der dynamischen Stützpunktlast P_k

3.18

charakteristisches negatives Biegemoment in Schwellenmitte

$M_{k,c,neg}$

negatives Biegemoment in Schwellenmitte infolge der dynamischen Stützpunktlast P_k

3.19

charakteristisches positives Biegemoment in Schwellenmitte

$M_{k,c,pos}$

positives Biegemoment in Schwellenmitte infolge der dynamischen Stützpunktlast P_k

3.20

Prüfbiegemoment

M_t

Prüfbiegemoment für das Entstehen des ersten Risses, das vom charakteristischen Biegemoment abgeleitet wird

3.21

positives Prüfbiegemoment unter dem Schienenaufleger

$M_{t,r,pos}$

positives Prüfbiegemoment für das Entstehen des ersten Risses unter dem Schienenaufleger, das vom charakteristischen Biegemoment abgeleitet wird

3.22

negatives Prüfbiegemoment unter dem Schienenaufleger

$M_{t,r,neg}$

negatives Prüfbiegemoment für das Entstehen des ersten Risses unter dem Schienenaufleger, das vom charakteristischen Biegemoment abgeleitet ist

3.23

negatives Prüfbiegemoment in Schwellenmitte

$M_{t,c,neg}$

negatives Prüfbiegemoment für das Entstehen des ersten Risses in Schwellenmitte, das vom charakteristischen Biegemoment abgeleitet ist

3.24

positives Prüfbiegemoment in Schwellenmitte

$M_{t,c,pos}$

positives Prüfbiegemoment für das Entstehen des ersten Risses in Schwellenmitte, das vom charakteristischen Biegemoment abgeleitet ist

3.25

Faktor k_1

Faktor zur Berechnung von Prüfbiegemomenten für außergewöhnliche und zufällige Stoßbelastung. Dieser Faktor wird für die charakteristischen Biegemomente angewendet. Bei der dynamischen Prüfung wird der Faktor k_{1d} verwendet, bei der statischen Prüfung der Faktor k_{1s}

3.26

Faktor k_2

Faktor zur Berechnung von Prüfbiegemomenten für unfallbedingte Stoßbelastungen. Dieser Faktor wird für die charakteristischen Biegemomente angewendet. Bei der dynamischen Prüfung wird der Faktor k_{2d} verwendet, bei der statischen Prüfung der Faktor k_{2s}

3.27

Faktor k_3

Faktor zur Berechnung von Prüfbiegemomenten für den Ermüdungsversuch. Dieser Faktor wird für die charakteristischen Biegemomente angewendet. Er wird zur Festlegung von F_{rB} am Ende der Ermüdungsprüfung verwendet.

4 Allgemeine Anforderungen

4.1 Allgemeines Verfahren zur Bestimmung von Biegemomenten

4.1.1 Allgemeines

Der Gleisrost besteht aus Gleis- und Weichenschwellen aus Beton, die mittels der Schienenbefestigungen mit den Schienen verbunden sind und auf einem Schotterbett oder einer anderen Tragschicht gelagert sind. Er ist gekennzeichnet durch die Spurweite, das Schienenprofil, die Schienenneigung und durch den Abstand zwischen den Gleis- und Weichenschwellen aus Beton. Das gesamte System bestehend aus der Schiene, der Schienenbefestigung und den Gleis- oder Weichenschwellen aus Beton, die auf Schotter oder einer anderen Tragschicht liegen, kann als Träger auf elastischer Bettung betrachtet werden.

Die Bestimmung der Biegemomente in Gleis- und Weichenschwellen, die auf Schotter liegen, kann für die Betriebsbedingungen durch Anwendung der folgenden drei Ansätze erfolgen.

4.1.2 Empirisches Verfahren

Beim empirischen Verfahren werden Gleis- und Weichenschwellen im Gleis unter Betriebsbedingungen erprobt. Mängel an den Gleis- und Weichenschwellen kann zu schrittweisen Verbesserungen der Bemessung der Gleis- und Weichenschwellen führen. Die Ergebnisse müssen durch eine fortlaufende Überwachung bestätigt werden, die mindestens fünf Jahre dauert. Die charakteristischen Biegemomente müssen durch Messungen im Gleis bestimmt werden. Die Anzahl der Probeschwellen muss ausreichend sein, damit durch eine statistische Auswertung zuverlässige Ergebnisse erzielt werden.

Das charakteristische Biegemoment darf auch durch eine Biegeprüfung entsprechend der Normenreihe EN 13230 an Gleisschwellen, die mindestens fünf Jahre in Betrieb waren, ermittelt werden. Das Prüfbiegemoment, das zur Bildung des ersten Risses führt, muss nach FprEN 13230-1:2015, 7.2, bestimmt werden.

Bild 1 gibt Einzelheiten zur Bestimmung der charakteristischen Biegemomente an.

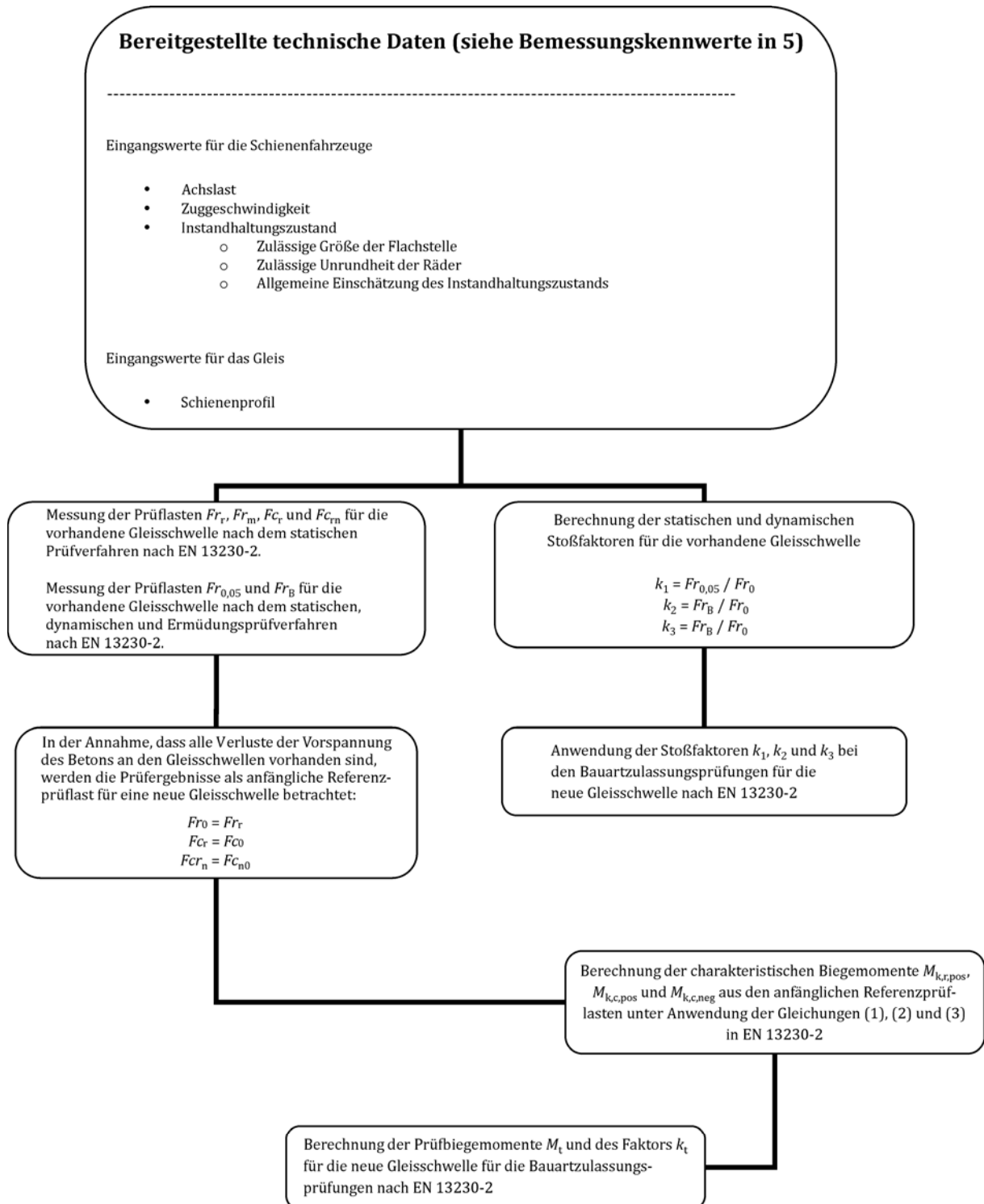


Bild 1 — Übliches empirisches Verfahren zur Bestimmung von Biegemomenten und Koeffizienten

ANMERKUNG 1 Die Annahme der Prüflasten Fr_r , Fc_r und Fc_{rn} der vorhandenen Gleisschwelle als anfängliche Referenzprüflasten für eine neue Gleisschwelle wird dazu führen, dass die charakteristischen Biegemomente auf der sicheren Seite liegen. Die Annahme, dass sämtliche Verluste der Vorspannung und Festigkeit stattgefunden haben, mag für eine Gleisschwelle zutreffend sein, die über mehrere Dekaden schweren Verkehrslasten standgehalten hat.

ANMERKUNG 2 Um mehr Informationen zur Tragfähigkeit der vorhandenen Gleisschwelle zu erhalten, dürfen zusätzliche Prüfungen zu entgegengesetzten Biegemomenten am Schienenaufleger und dynamische Prüfungen an der Gleisschwellenmitte durchgeführt werden.

4.1.3 Theoretisches Verfahren

Das theoretische Verfahren muss auf Bemessungsverfahren basieren, die die dynamische Last, das elastische Verhalten aller Gleiskomponenten einschließlich aller Arten elastischer Zwischenlagen, die veränderliche Elastizität des Schotterbetts und des Untergrunds, und die verschiedenen Setzungszustände des Schotterbetts berücksichtigen.

Bild 2 gibt Einzelheiten zur Bestimmung der Biegemomente an.

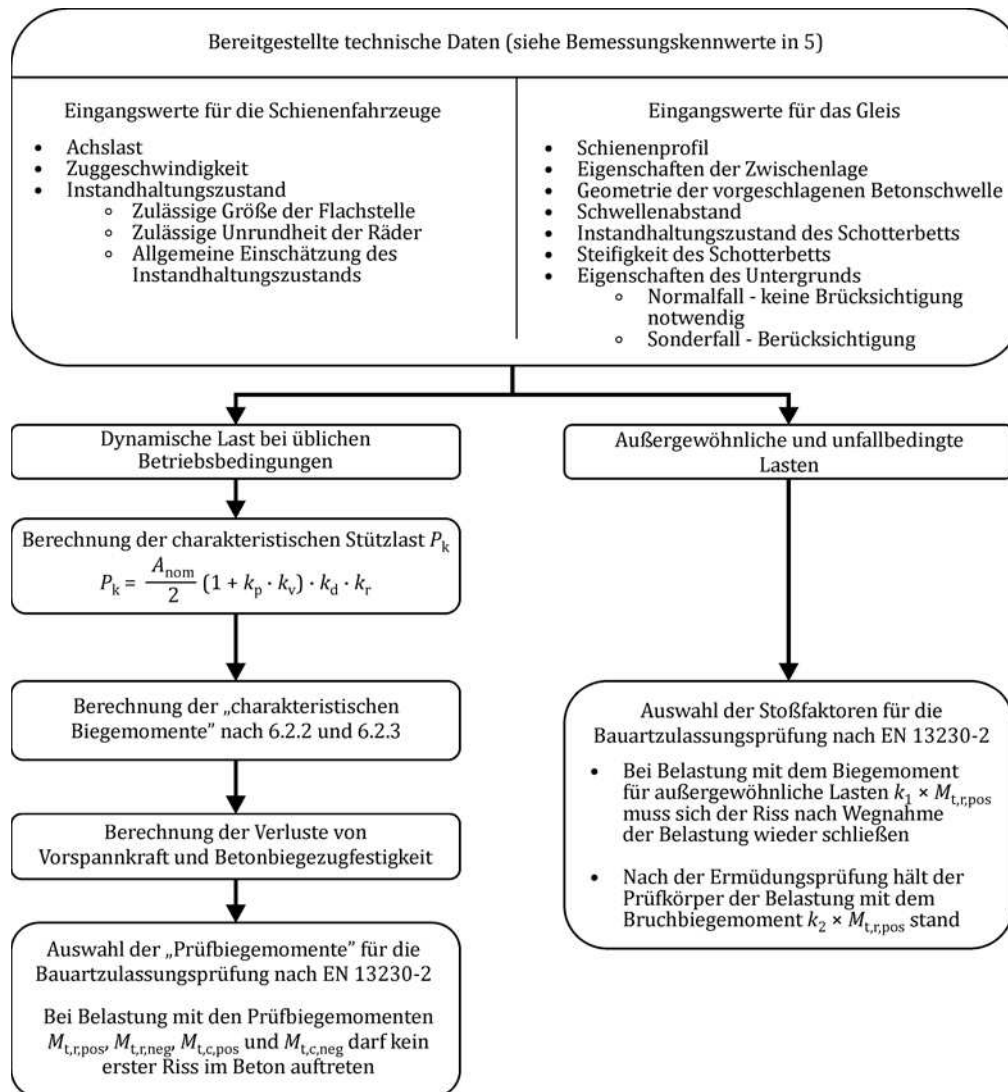


Bild 2 — Typisches theoretisches Verfahren zur Bestimmung von Biegemomenten und Koeffizienten

4.1.4 Kombiniertes Verfahren

Das kombinierte Verfahren schließt empirische und theoretische Elemente ein, die zu einer kürzeren Produktentwicklungszeit führen.

4.2 Risse in Gleis- und Weichenschwellen aus Beton

4.2.1 Risse unter dem Schienenaufleger

Radlasten erzeugen positive und negative Biegemomente unter dem Schienenaufleger.

Die Biegetragfähigkeit unter dem Schienenaufleger am Ende der geforderten Lebensdauer wird aus dem charakteristischen Biegemoment abgeleitet.

Unter Einwirkung des statischen Prüfbiegemoments darf kein erster Riss auf der Biegezugseite der Spannbetongleis- oder -weichenschwelle auftreten, siehe FprEN 13230-1:2015, 7.2.

Die zweite Stufe des festzulegenden Prüfbiegemoments ist das Biegemoment infolge von außergewöhnlichen und zufälligen Stoßbelastungen. Es wird durch Multiplikation des positiven charakteristischen Biegemoments $M_{k,r,pos}$ mit dem Koeffizienten k_1 berechnet. Jeder durch dieses Biegemoment erzeugte Riss muss sich nach Wegnahme des Prüfbiegemoments schließen (Rissbreite unter 0,05 mm). Außergewöhnliche Biegemomente treten nur wenige Male während der Lebensdauer von Gleis- und Weichenschwellen aus Beton auf.

Die dritte Stufe des Prüfbiegemoments ist das Bruchbiegemoment infolge unfallbedingter Stöße, das durch Multiplikation des positiven charakteristischen Biegemoments $M_{k,r,pos}$ mit dem Koeffizienten k_2 berechnet wird.

4.2.2 Risse in Schwellenmitte (Spannbeton-Monoblockswellen)

Die Radlasten erzeugen positive und negative Biegungen in der Mitte der Gleisschwelle.

Die erforderliche Biegetragfähigkeit in der Mitte der Gleisschwelle wird aus dem Biegemoment bestimmt, das durch die dynamische Stützpunktlast abhängig von Verteilung der Schotterpressung verursacht wird.

Unter Einwirkung des negativen statischen Prüfbiegemoments darf kein erster Riss auf der Biegezugseite der Gleis- oder Weichenschwelle aus Beton auftreten, wie in FprEN 13230-1:2015, 7.2, gefordert.

Mit Zustimmung des Kunden kann eine begrenzte Rissbildung im Gleis akzeptiert werden. In diesem Fall müssen verbleibende Rissbreite und Ermüdung nach einem vom Kunden genehmigten Verfahren überprüft werden.

4.2.3 Risse bei Prüfungen der negativen Biegung unter dem Schienenaufleger oder der positiven Biegung in Schwellenmitte

Zusätzliche Biegeprüfungen mit Rissmessung können erforderlich sein, um die allgemeine Formgebung und Herstellung der Gleisschwelle, oder die Eignung für besondere Lasten, die bei der Gleisverlegung auftreten, zu überprüfen.

4.3 Querschnittsgestaltung für Gleisswellen

Die Gestaltung der Querschnitte muss den Vorgaben in FprEN 13230-1:2015 entsprechen.

4.4 Dauerhaftigkeit der Gleisswellen

Anforderungen zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit sind in FprEN 13230-1:2015 enthalten.

5 Bemessungskriterien

5.1 Instandhaltung

5.1.1 Qualität der Gleise und der Schienenfahrzeuge

Die Instandhaltungsrichtlinien sowohl für Gleise als auch der Schienenfahrzeuge beeinflussen die Lasten, die auf das Gleis wirken. Die Gleislagequalität sollte mit der Normenreihe EN 13848 übereinstimmen, und die

Instandhaltungsrichtlinien für Schienenfahrzeuge legen die maximale Toleranz von Flachstellen und Unrundheiten der Räder fest.

Diese Kriterien und die maximale Zuggeschwindigkeit müssen vom Kunden berücksichtigt werden, um Folgendes zu festzulegen:

- die dynamische Stützpunktlast;
- den Stoßfaktor für außergewöhnliche Lasten;
- die charakteristischen Biegemomente und die Prüfbiegemomente.

5.1.2 Verteilung der vertikalen Last in Gleislängsrichtung

Die Verteilung der Radlast zwischen Gleisschwellen längs des Gleises hängt von der vertikalen Biegesteifigkeit der Schienen, dem Schwellenabstand, der Steifigkeit der Zwischenlage und der Steifigkeit des Schotters oder des Planums ab.

Der Faktor k_d zur Berechnung der Lastverteilung in Gleislängsrichtung kann mit dem Rechenmodell des „elastischen Trägers auf elastischer Bettung“ unter Annahme eines konstanten Bettungsmoduls entlang des Gleises bestimmt werden.

Des Weiteren stellt der Faktor k_r die Schwankung der Auflagerkraft der Gleisschwelle im Schotterbett infolge von Bettungsfehlern in Gleisrichtung dar. Dieser Faktor sollte durch Messungen im Gleis ermittelt werden.

Die Festlegung der Faktoren k_d und k_r liegt in der Verantwortung des Kunden.

Empfehlungen hinsichtlich der Faktoren k_d und k_r sind in Anhang A angegeben.

5.1.3 Verteilung der Schotterpressung über die Länge der Gleisschwelle

Die Länge und die Breite der Gleisschwelle können die mittlere Steifigkeit der Schotterbettung und die Verteilung der Radlast über die Länge der Gleisschwelle beeinflussen. Darüber hinaus kann die Schwankung der Schotterpressung verursacht werden durch die Eigenschaften des Untergrunds, durch eine Schwankung der Steifigkeit des Schotters infolge Stopfen oder Gefrieren, oder durch die Qualität des Schotters (Korngröße und Eigenschaften des Schotters, Verunreinigung des Schotterbettes).

Wenn eine gleichmäßige Schotterpressung oder ein konstanter Bettungsmodul angenommen wird, kann sich die Lastverteilung im Gleis aufgrund der zufälligen Bildung von lokalen Auflagepunkten im Schotter erheblich verändern. Der Unterschied zwischen den Biegemomenten, die mit einem vereinfachten Rechenmodell ermittelt werden, und den charakteristischen Biegemomenten, die im Gleis gemessen werden, muss durch die Faktoren $k_{i,r}$ im Schienenauflegerquerschnitt oder $k_{i,c}$ in Schwellenmitte zur Erhöhung des Biegemoments berücksichtigt werden.

Die Festlegung der Faktoren $k_{i,r}$ und $k_{i,c}$ liegt in der Verantwortung des Kunden.

Empfehlungen hinsichtlich der Faktoren $k_{i,r}$ und $k_{i,c}$ sind in Anhang A angegeben.

5.2 Randbedingungen aus dem Gleisbau

5.2.1 Schwellenmasse

Die Masse der Gleisschwelle erhöht den Querverschiebewiderstand des Gleises. Der Transport zur Gleisbaustelle und die Verlegeverfahren können die Höchstmasse beschränken.

5.2.2 Schwellenlänge

Die Länge der Gleisschwelle trägt zur längs gerichteten und seitlichen Verteilung des Setzungsverhaltens des Gleisschotters bei. Der Transport zur Gleisbaustelle und die Verlegeverfahren können die maximale Länge bestimmen.

5.2.3 Schwellenhöhe

Die Höhe der Gleisschwelle beeinflusst den Querverschiebewiderstand des Gleises. Der Transport zur Gleisbaustelle, verfügbare Durchfahrtshöhen und die Verlegeverfahren können die Höhe begrenzen.

5.2.4 Verlegeverfahren

Während der Gleisverlegung können verschiedene Lasten auftreten, die sich von jenen des konventionellen Zugbetriebs unterscheiden, und es sollte darauf geachtet werden, dass keine übermäßige Biegung in der Mitte der Betonschwelle auftritt.

5.3 Bemessung der Oberbaukomponenten

5.3.1 Schienenprofil und Schwellenabstand

Eine einzelne Gleisschwelle trägt nur einen Teil der Radlast, da diese auch auf angrenzende Gleisschwellen verteilt wird.

Der Faktor k_d für die Lastverteilung zwischen den Gleisschwellen berücksichtigt die Verteilung der Last in Längsrichtung nach 5.1.2. Empfehlungen, die den Faktor k_d betreffen, je nach Schienenprofil und Schwellenabstand, sind in Anhang A enthalten.

5.3.2 Schienenbefestigungssystem

ANMERKUNG EN 13481-2 legt die Anforderungen an Schienenbefestigungssysteme fest, die für Betonschwellen zu verwenden sind.

5.3.2.1 Dämpfung von Stoßlasten durch das Schienenbefestigungssystem

Der Typ der Zwischenlage muss bei der Wahl des Faktors k_p für die Dämpfung von Stoßlasten berücksichtigt werden.

EN 13146-3 bewertet die Stoßdämpfung von Schienenbefestigungssystemen anhand einer Prüfung, bei der die Größe der Biegedehnungen in einer Betonschwelle infolge einer Stoßbelastung gemessen wird.

Ein Faktor der Stoßdämpfung darf für die Berechnung der charakteristischen Lasten angewendet werden. Es wird jedoch empfohlen, im Normalfall den bei Schienenbefestigungssystemen gemessenen Dämpfungswert um 25 % zu verringern, um die Betriebsbedingungen zu berücksichtigen. Wenn die Abminderung der Bemessungslast, die bei Verwendung von elastischen Zwischenlagen zulässig ist, berücksichtigt werden soll, so muss der Kunde sicherstellen, dass durch die Instandhaltung auf Dauer die Verwendung von Zwischenlagen gegeben ist, die gleichwertige oder günstigere Eigenschaften aufweisen, als diejenigen Zwischenlagen, die dem Schwellenentwurf zugrunde liegen.

Es liegt in der Verantwortung des Kunden den Koeffizienten von k_p zu bestimmen.

Empfehlungen hinsichtlich des Faktors k_p sind in Anhang A enthalten.

5.3.2.2 Vertikale Steifigkeit von Schienenbefestigungssystemen

Die vertikale Steifigkeit von Schienenbefestigungssystemen trägt zur Gleissteifigkeit bei und muss bei der Auswahl der Faktoren k_d und k_p berücksichtigt werden.

5.3.2.3 Elektrische Isolierung

EN 13146-5 legt das Prüfverfahren und den Prüfaufbau zur Bestimmung des elektrischen Widerstandes fest.

5.3.2.4 Prüfung der vertikalen Last bei eingegossenen Schienenbefestigungsteilen

In EN 13481-2, Anhang A, sind die Anforderungen für die Belastungsprüfung bei einbetonierten Schienenbefestigungsteilen festgelegt.

5.3.3 Gleisstabilität

5.3.3.1 Querverschiebewiderstand der Gleisschwelle im Schotterbett

Die Querstabilität des Gleises hängt von den Abmessungen der Gleisschwelle (vor allem von der Masse) und dem Bettungsquerschnitt ab. Die Ausführung der Gleisschwelle muss mit den Vorschriften des Kunden für lückenlose Gleise übereinstimmen.

5.3.3.2 Längverschiebewiderstand der Gleisschwelle im Schotterbett

Die Abmessungen der Gleisschwelle (insbesondere die Masse) beeinflussen zusammen mit dem Bettungsquerschnitt den Längverschiebewiderstand der Gleisschwelle und erfordern besondere Überlegungen für Übergangsbereiche, am Ende von lückenlosen Gleisen, an Fahrbahnübergängen von Brücken oder beim Wechsel des Schienenprofils.

5.4 Verkehrsmerkmale und Bemessung der Gleisführung

5.4.1 Achslast

Die Auswirkungen der Schienenfahrzeuge auf Gleisschwellen beruhen auf der nominalen Achslast (A_{nom}) von Zügen. Da die Bemessungslast der Gleisschwelle je Rad angegeben wird, kann die statische Komponente der vertikalen Radlast direkt aus der nominalen Achslast ermittelt werden.

Sind zukünftige Erhöhungen von Achslast und Geschwindigkeit geplant, so darf dies bei der Bemessung berücksichtigt werden.

5.4.2 Maximale Geschwindigkeit

Bei der Wahl des dynamischen Faktors für den Normalbetrieb k_v muss die maximale Geschwindigkeit berücksichtigt werden.

Siehe Anhang A für Empfehlungen zum Faktor k_v .

5.4.3 Belastung durch Kurvenkräfte

Bei der dynamischen Stützpunktlast muss Folgendes berücksichtigt werden:

- der quasi-statische Anstieg der vertikalen Radlast auf den Schienen infolge Überhöhungsfehlbetrag oder -überschuss;
- die Führungskraft des Rades, die auch ein zusätzliches Biegemoment hervorrufen kann.

Beide Auswirkungen können in den dynamischen Faktor des Normalbetriebs, k_v , miteinbezogen werden.

Die Bestimmung des Faktors k_v liegt in der Verantwortung des Kunden.

Siehe Anhang A für Empfehlungen zum Faktor k_v .

6 Entwurfsberechnung

6.1 Erfahrungen aus dem Schienenverkehr oder der Herstellung

6.1.1 Erfahrungen aus außergewöhnlichen oder unfallbedingten Stoßbelastungen im Schienenverkehr

Außergewöhnliche Stoßbelastungen (die wenige Male während der Lebensdauer einer Gleisschwelle auftreten können) aufgrund von:

- Flachstellen;
- Schienenriffeln;
- unrunden Rädern;

erzeugen Biegemomente, die größer als das charakteristische Biegemoment sind. Um diese außergewöhnlichen Stoßbelastungen abzudecken, muss das charakteristische Biegemoment mit dem Faktor k_1 multipliziert werden, wobei die Instandhaltungsrichtlinien für Schienenfahrzeuge und Gleise zu berücksichtigen sind (siehe 4.2.1).

Unfallbedingte Stoßbelastungen treten nur einmal während der Lebensdauer der Gleisschwelle auf und erzeugen sehr hohe Biegemomente. Diese unfallbedingten Belastungen erhöhen das charakteristische Biegemoment um den Faktor k_2 (siehe 4.2.1).

Der Kunde muss die auf das charakteristische Biegemoment anzuwendenden Koeffizienten k_1 und k_2 angeben.

Siehe Anhang A für Empfehlungen zu den Faktoren k_1 und k_2 .

6.1.2 Biegezugfestigkeit von Beton

Die Biegezugfestigkeit von Beton muss berücksichtigt werden.

Empfehlungen zur Biegezugfestigkeit von Beton sind in Anhang A angegeben.

6.1.3 Verlust der Vorspannung

Abhängig von Zeit, Betriebsbedingungen und Herstellungsverfahren tritt ein Spannkraftverlust ein.

Der Spannkraftverlust muss bei den Bauartzulassungsprüfungen, den Regelprüfungen und der Überprüfung von Betonspannungen berücksichtigt werden.

Empfehlungen zum Spannkraftverlust sind in Anhang A angegeben.

6.1.4 Erfahrung in der Gleisverlegung

Der Zustand der Gleislage und die Instandhaltung (Stopfen) können zu verschiedenen Lastverteilungen an der Unterseite der Gleisschwelle führen.

6.2 Entwurfsberechnung

6.2.1 Allgemeines

Der rechnerische Nachweis und die Berechnung der Tragfähigkeit der Betonschwelle muss die Bestimmung der Biegemomente zumindest für das Schienenauflager und die Schwellenmitte umfassen. Die Berechnung der Biegemomente erfolgt für normale Betriebslasten unter Berücksichtigung des elastischen Verhaltens des Gleises.

6.2.2 Berechnung bei dynamischer Last des Schienenaufagers P_k unter üblichen Betriebsbedingungen

Die dynamische Stützpunktlast, mit der das charakteristische Biegemoment bestimmt wird, kann nach Gleichung (1) berechnet werden:

$$P_k = \frac{A_{\text{nom}}}{2} (1 + k_p \times k_v) \times k_d \times k_r \quad (1)$$

6.2.3 Berechnung der charakteristischen Biegemomente im Schienenauflager der Gleisschwelle

Das Biegemoment am Schienenauflager hängt ab von der Schotterpressung, der Breite des Schienenfußes und der Geometrie der Gleisschwelle.

Die Gleisschwelle darf als „elastischer Träger auf elastischer Bettung“ betrachtet werden. Die Berechnung der charakteristischen Biegemomente kann durchgeführt werden mit:

- einem Referenzverfahren, das auf einem vollständigen Modell eines elastischen Trägers unter dem Schienenauflager basiert;
- einem vereinfachten Verfahren, das auf der Annahme einer konstanten Schotterpressung unter dem Schienenauflager beruht.

Die Schritte der Berechnung und die Eingangswerte für beide Verfahren werden im nachstehenden Flussdiagramm in Bild 3 beschrieben.

Ein Beispiel der Berechnung von charakteristischen Biegemomenten ist in Anhang A gegeben.

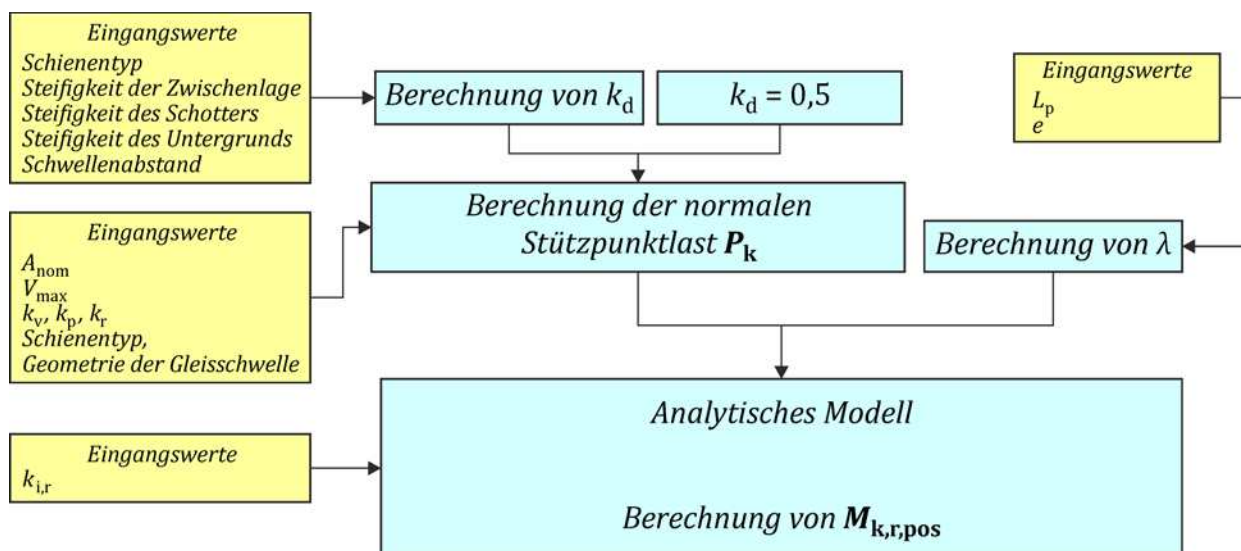


Bild 3 — Berechnungsschritte und Eingangswerte für das Schienenauflager

6.2.4 Berechnung der charakteristischen Biegemomente in Schwellenmitte

Die Gleisschwelle darf als „elastischer Träger auf elastischer Bettung“ betrachtet werden.

In Anhang A werden zwei alternative Verfahren detailliert dargestellt:

- Referenzverfahren, das auf dem vollständigen Modell eines elastischen Trägers basiert;
- vereinfachtes Verfahren mit vorberechneten Kurven, die auf der Berechnung des „Trägers auf elastischer Bettung“ beruhen.

Die Schritte der Berechnung und die Eingangswerte für beide Verfahren werden nachstehend im Flussdiagramm in Bild 4 beschrieben.

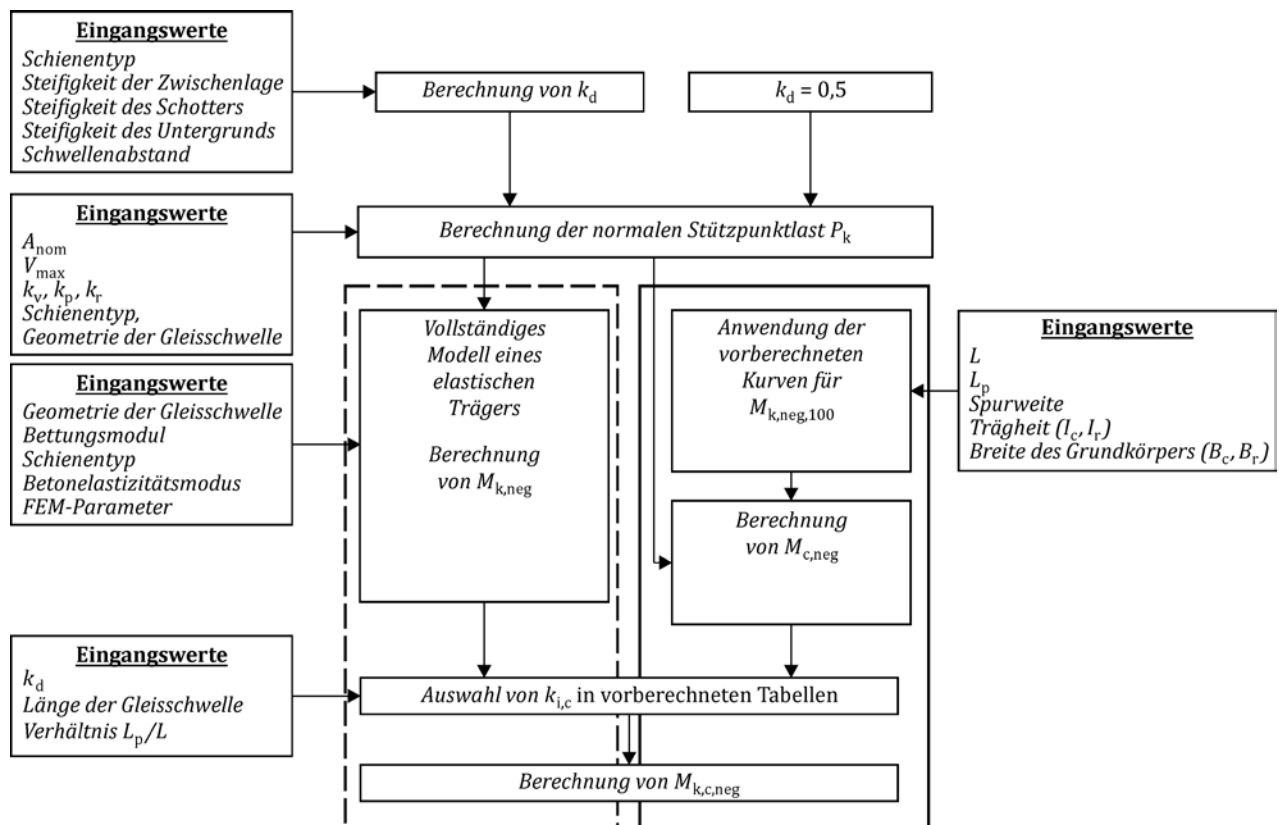


Bild 4 — Berechnungsschritte und Eingangswerte für die Schwellenmitte

Ein Beispiel der Berechnung von charakteristischen Biegemomenten ist in Anhang A gegeben.

6.2.5 Berechnung der charakteristischen Biegemomente für Weichenschwellen

Aufgrund verschiedener Schwellenlängen und veränderlicher Positionen der Schienenaufleger können die charakteristischen Biegemomente nicht auf einfache Weise berechnet werden.

Die positiven und negativen Biegemomente müssen vom Kunden festgelegt werden (Beispiele hierzu sind in Anhang B gegeben).

6.2.6 Prüfung der Betonspannungen

Die maximale Biegezugspannung im Beton infolge des charakteristischen Biegemoments muss niedriger als die Ermüdungsbiegezugfestigkeit $f_{ct,fl,fat}$ des Betons sein. Diese Bedingung wird durch Faktor k_t erfüllt.

Wenn die maximale Druckspannung hinsichtlich Ermüdung während der Nutzungsdauer geprüft wird, muss eine Vereinbarung zwischen dem Lieferanten und dem Kunden getroffen werden. Empfehlungen zur Biegefestigkeit von Beton sind in Anhang A angegeben.

6.2.7 Bestimmung der Prüfbiegemomente bei Bildung des ersten Risses

6.2.7.1 Vorgespannte Gleis- und Weichenschwellen

Das Biegeverhalten einer vorgespannten Gleis- oder Weichenschwelle aus Beton hängt im Wesentlichen von der Vorspannkraft und der Biegefestigkeit von Beton ab. Beide Größen verändern sich während der Lebensdauer der Gleis- oder Weichenschwelle.

Die anfängliche Spannkraft nimmt aufgrund von elastischer Verkürzung der Gleisschwelle, Stahlrelaxation, Kriechen und Schwinden des Betons zu einem Endwert hin ab. Der Gesamtverlust der Vorspannung sollte nach den Regelungen der EN 1992 berechnet oder mit 25 % geschätzt werden.

Die Biegezugfestigkeit nimmt innerhalb der ersten Wochen nach der Herstellung zu. Während der folgenden Nutzungsdauer kann ein fortlaufender Verlust der Biegefestigkeit aufgrund von Ermüdung durch wiederholte Radlasten auftreten.

Beide Phänomene zusammen führen zur zeitlich veränderlichen Biegefestigkeit. Die Biegemomente bei Auftreten des ersten Risses sind bei Gleis- und Weichenschwellen kurz nach Herstellung erheblich höher als die erforderlichen charakteristischen Biegemomente M_k .

Das charakteristische Biegemoment M_k sollte deshalb zur Berechnung des statischen Biegemoments M_t durch den Koeffizienten k_t unter Berücksichtigung des Alters der Gleisschwelle erhöht werden.

Das erforderliche erhöhte Prüfbiegemoment einschließlich des zeitabhängigen Verlustes errechnet sich wie folgt:

$$M_t = k_t \times M_k \quad (2)$$

Es liegt in der Verantwortung des Kunden, den Faktor k_t zu bestimmen.

Empfehlungen bezüglich des Faktors k_t sind in Anhang A angegeben.

Ein Beispiel der Berechnung von statischen Prüfbiegemomenten ist in Anhang A gegeben.

6.2.7.2 Bewehrte Betonschwellen

Die Bildung des ersten Risses ist bei bewehrten Betonschwellen kein Bemessungskriterium.

Anhang A (informativ)

Bemessungsverfahren und Beiwerte für Gleisschwellen

A.1 Allgemeines

A.1.1 Einleitung

Das Bemessungskonzept, einfache Trägermodelle mit Faktoren zu verknüpfen, die durch Messung im Gleis ermittelt werden, wurde bereits in ORE D71 eingeführt und in ORE D170 und UIC 713 weiterentwickelt. Die Verfahren und Faktoren in diesem Anhang folgen den gleichen Regeln. Die Bezeichnung der einzelnen Größen, wie etwa Lasten, Biegemomente und Faktoren wurde jedoch an den Stand der Technik und die Verwendung der Symbole in Eurocodes und Europäische Normen angepasst.

A.1.2 Bestimmung der charakteristischen Biegemomente

Die Bestimmung der charakteristischen Biegemomente im Schienenaufleger und in Schwellenmitte folgt dem vertikalen Lastabtrag, der mit der nominalen Achslast im Rad beginnt und mit den Biegemomenten in der Gleis- oder Weichenschwelle endet.

In Bild A.1 werden alle wichtigen Beiwerte, einschließlich der zugehörigen Gleichung, dargestellt.

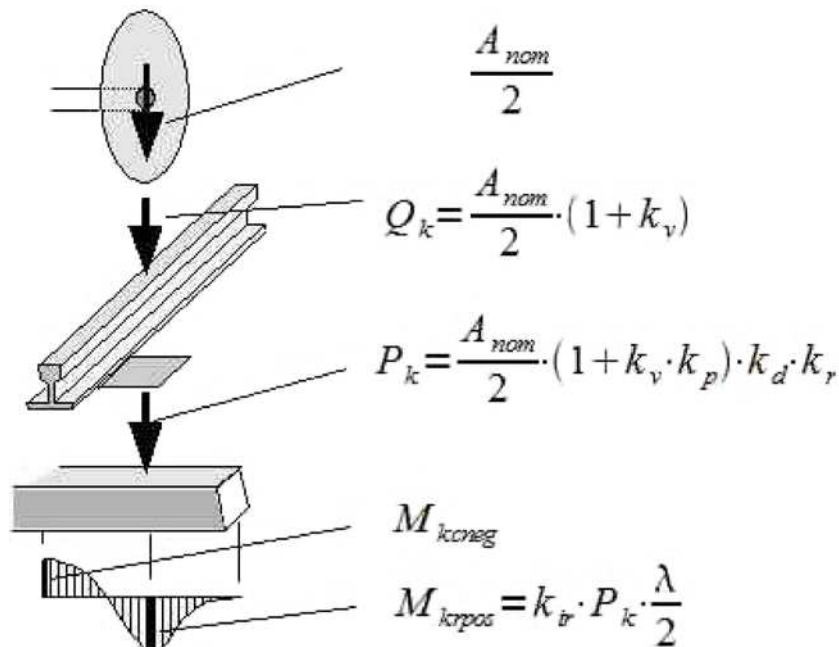


Bild A.1 — Lastverteilung zur Bestimmung von Biegemomenten

Bild A.1 zeigt die Auswirkung der Radlast auf die verschiedenen Gleiskomponenten.

Zum Bestimmen der Lastverteilung in Längsrichtung innerhalb der Schiene darf das Modell des Trägers auf elastischer Bettung angewendet werden.

Das gleiche Verfahren darf zur Bestimmung der Biegemomente in Gleis- und Weichenschwellen angewendet werden.

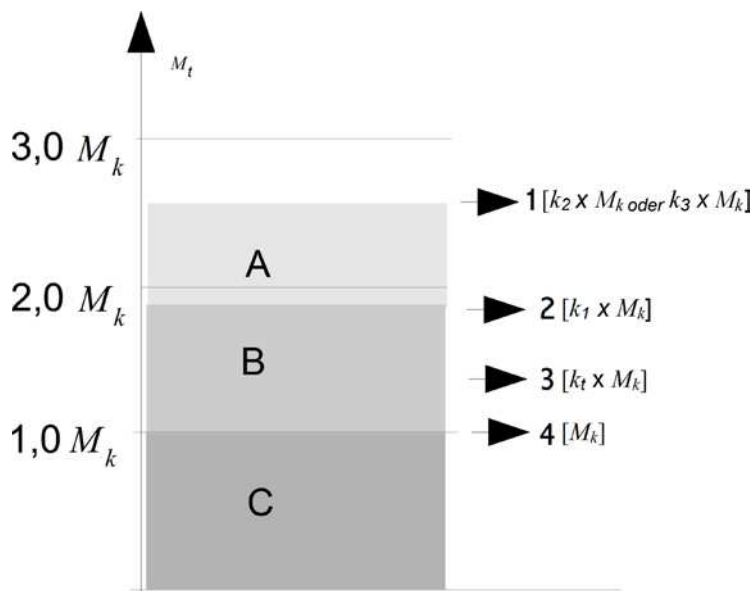
Die dargestellte Bestimmung der Biegemomente beschränkt sich auf die statischen und dynamischen Lasten bei normalen Betriebsbedingungen. Außergewöhnliche und unfallbedingte Lasten werden nicht berücksichtigt.

Es ist anzumerken, dass der in Bild A.1 gezeigte vertikale Lastabtrag nur das gewählte Modell mit verschiedenen Lastphasen darstellt. Die dynamische Interaktion von Rad, Schiene und Gleis- oder Weichenschwelle wurde hier ausgelassen, um das Bild zu vereinfachen.

A.1.3 Laststufen und entsprechende Biegemomente

Alle Prüfbiegemomente beziehen sich direkt auf die charakteristischen Biegemomente.

Die drei in Bild A.2 gezeigten Laststufen geben drei verschiedene Prüfstufen an.



Legende

- A unfallbedingte Lasten
- B außergewöhnliche Lasten
- C Lasten bei normalen Betriebsbedingungen

Die in Bild A.2 gezeigten Laststufen geben verschiedene Prüfstufen an.

- 1 Die Prüfung der unfallbedingten Last wird durch Prüfung der Bruchlast begrenzt.
- 2 Bei Prüfung der außergewöhnlichen Last dürfen Risse auftreten, die nach Wegnehmen der Last wieder geschlossen sein müssen.
- 3 Bei Prüfung für normale Betriebsbedingungen bestimmt der zeitabhängige Faktor k_t die erforderliche Biegefestigkeit, bei der keine Risse auftreten dürfen.
- 4 Das anfängliche Referenz-Biegemoment bestimmt die Ermüdungsprüfung bei vorgespannten Spanngliedern.

Bild A.2 — Laststufen und Biegemomente bei der Prüfung

Bei der Prüfung für Lasten aus normalen Betriebsbedingungen dürfen bei vorgespannten Schwellen keine Risse aufgrund der Biegemomente auftreten. Die Prüfung mit dem zeitabhängigen Faktor k_t stellt die erforderliche Biegefestigkeit sicher. Darüber hinaus muss die Ermüdungsprüfung, mit der die Schwingfestigkeit der vorgespannten Gleisschwellen geprüft wird, auf dem Lastniveau der Betriebslasten durchgeführt werden.

Bei der Prüfung für außergewöhnliche Last dürfen Risse auftreten, die nach Wegnehmen der Last geschlossen sein müssen.

Das Lastniveau für unfallbedingte Stöße wird durch Prüfung der Bruchlast begrenzt.

A.2 Stützpunktlast

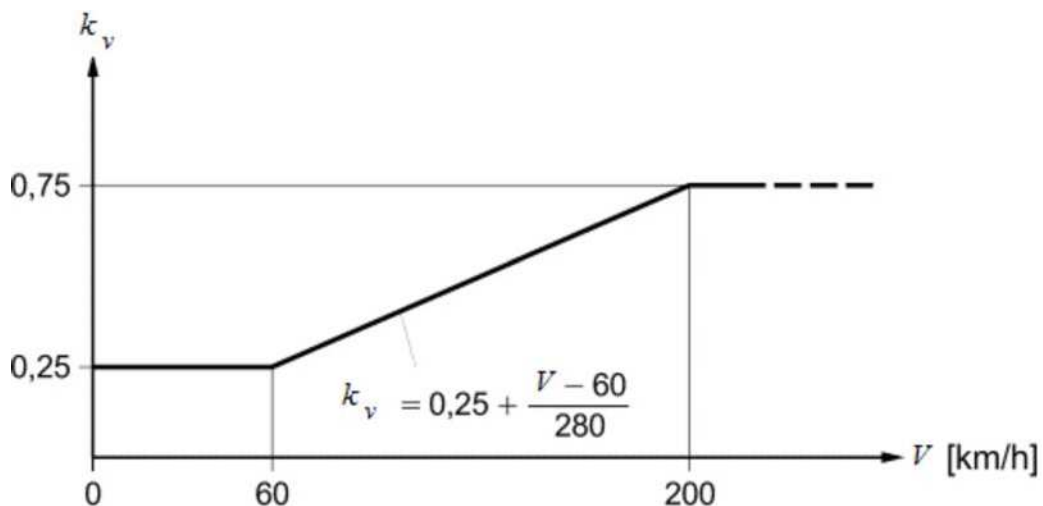
A.2.1 Anstieg der dynamischen Radlast bei Normalbetrieb

Die charakteristische Radlast Q_k wird aus der nominalen Achslast A_{nom} mit dem Faktor k_v für den Einfluss von Geschwindigkeit und Zustand des Gleises berechnet:

$$Q_k = Q_{nom} \times (1 + k_v) = \frac{A_{nom}}{2} \times (1 + k_v) \quad (A.1)$$

Empfehlung 1

Bei einem Gleis mit üblichen Gleishöhenfehlern und Einsenkungsfehlern darf der Beiwert k_v für die dynamische Erhöhung, bei normalen Betriebsbedingungen Bild A.3 entnommen werden.



Für $0 \leq V \leq 60$ km/h

$$k_v = 0,25$$

Für $60 < V < 200$ km/h

$$k_v = 0,25 + \frac{V - 60}{280}$$

Für $V \geq 200$ km/h

$$k_v = 0,75$$

Bild A.3 — Faktor k_v

Der Faktor k_v wurde aus Messergebnissen im Gleis mit üblichen Gleishöhenfehlern und Einsenkungsfehlern abgeleitet. Er entspricht dem Mittelwert der dynamischen Radlast zuzüglich zwei Standardabweichungen. Bei einem Gleis mit einem hohen Instandhaltungsniveau (z. B. Hochgeschwindigkeitsstrecken) können niedrigere Werte von k_v angemessen sein.

A.2.2 Verteilung von vertikalen Lasten in Längsrichtung

A.2.2.1 Theoretische Verteilung

Die Verteilung der Radlasten in Gleislängsrichtung durch die Schienen auf die Gleisschwellen darf mit dem Modell des „elastischen Trägers auf elastischer Bettung“ berechnet werden. Der Einfluss aller elastischen Gleiskomponenten darf berücksichtigt werden. Es sollte auf die Steifigkeit c_{tot} eines Schienenstützpunkts

geachtet werden. Die Gleichungen zur Berechnung des Lastverteilungsfaktors k_d sind im Folgenden aufgeführt.

- Steifigkeit c_2 des Schotters und des Untergrunds für einen Schienenstützpunkt (halbe Gleisschwelle):

$$c_2 = 0,5 \times A_R \times C_2 \text{ in N/mm} \quad (\text{A.2})$$

Dabei ist

A_R die Auflagefläche der Gleisschwelle, in mm^2 ;

C_2 der Bettungsmodul für Schotterbett und Untergrund, in N/mm^3 .

- Steifigkeit c_{tot} eines Schienenstützpunkts:

$$c_{\text{tot}} = \left(\frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} \right)^{-1} \text{ in N/mm} \quad (\text{A.3})$$

Dabei ist

c_1 die Steifigkeit der Zwischenlage bei statischen Lasten, in N/mm ;

c_2 die Steifigkeit des Schotters und des Untergrundes, in N/mm .

- Die elastische Länge L_{el} des elastisch gebetteten Balkens:

$$L_{\text{el}} = \sqrt[4]{\frac{4 \times E_R \times I_R}{\frac{c_{\text{tot}}}{a}}} \text{ in mm} \quad (\text{A.4})$$

Dabei ist

E_R der Elastizitätsmodul der Schiene, in N/mm^2 ;

I_R das Flächenträgheitsmoment der Schiene, in mm^4 ;

a der Schwellenabstand, in mm.

- Einsenkung y_0 der Schiene infolge einer Einheitsradlast Q_0 :

$$y_0 = \frac{Q_0 \times a}{2 \times c_{\text{tot}} \times L_{\text{el}}} \text{ in mm} \quad (\text{A.5})$$

- Einfluss η der nächsten Achsen im Abstand x_i :

$$\eta_i = \frac{\sin \xi_i + \cos \xi_i}{e^{\xi_i}} \quad (\text{A.6})$$

Dabei ist

$$\xi_i = \frac{x_i}{L_{\text{el}}} \quad (\text{A.7})$$

— Stützpunktlast P_0 infolge einer Einheitsradlast Q_0 :

$$P_0 = c_{\text{tot}} \times y_0 \times \sum_I \eta_i \text{ in N} \quad (\text{A.8})$$

— Lastverteilungsfaktor:

$$k_d = \frac{P_0}{Q_0} \quad (\text{A.9})$$

Messungen im Gleis ergaben, dass k_d dem Mittelwert der Lastverteilung in Gleislängsrichtung entspricht.

- Empfehlung 1** Im Normalfall kann ein Faktor von $k_d = 0,5$ verwendet werden. Dieser Wert kann für Schienen $\geq 46 \text{ kg/m}$ und einem Schwellenabstand $\leq 65 \text{ cm}$ bei üblichem Aufbau des Planums für gültig erachtet werden.
- Empfehlung 2** Bei Gleisen mit schwereren Schienen und Zwischenlagen mit „geringer Dämpfung“, einem Schwellenabstand von $0,6 \text{ m}$, einer Schwellenlänge von $2,3 \text{ m}$ bis $2,6 \text{ m}$, einem Bettungsmodul von $C_2 = 0,1 \text{ N/mm}^3$, Einzelrad oder Drehgestell, führt die Berechnung von k_d bei Verwendung der Theorie des „Trägers auf elastischer Bettung“ zu Werten wie sie in Tabelle A.1 aufgeführt sind.

Tabelle A.1 — Typische Werte für k_d

Schienenprofil	Schienengewicht kg/m	k_d
49 E1	49	0,41
54 E3	54	0,40
60 E1	60	0,38

A.2.2.2 Auswirkung von Hohllagen

Die Schwankung der Schotterpressung von Schwelle zu Schwelle aufgrund von Lagerungsfehlern im Schotterbett wird durch den Faktor k_r berücksichtigt. Messungen im Gleis ergaben, dass der Variationsbeiwert zu einem Anstieg der Stützpunktlast um bis zu 35 % führt.

Es wird empfohlen, den Wert $k_r = 1,35$ zu verwenden.

A.2.3 Auswirkungen von elastischen Zwischenlagen

Dämpfungseffekte einer elastischen Zwischenlage dürfen durch Verwendung eines Lastabminderungsfaktors k_p berücksichtigt werden.

- Empfehlung** Die folgenden Werte von k_p dürfen verwendet werden:
- bei Zwischenlagen mit geringer Dämpfung ($< 15 \%$): $k_p = 1,0$
 - bei Zwischenlagen mit mittlerer Dämpfung (15% bis 30%): $k_p = 0,89$
 - bei Zwischenlagen mit hoher Dämpfung ($> 30 \%$): $k_p = 0,78$

Der Faktor k_p muss nach EN 13146-3 als Mittelwert mehrerer Prüfungen bestimmt werden.

A.2.4 Berechnung der dynamischen Stützpunktlast

Die charakteristische Stützpunktlast P_k wird unter Berücksichtigung der Auswirkungen von Geschwindigkeit, der Lastverteilung der Schienen, der Dämpfungswirkung der Zwischenlagen und von Fehlern in der Bettung berechnet.

Der charakteristische Wert der Stützpunktlast P_k kann wie folgt berechnet werden:

$$P_k = \frac{A_{\text{nom}}}{2} \times [1 + (k_p \times k_v)] \times k_d \times k_r \quad (\text{A.10})$$

A.3 Charakteristische Biegemomente

A.3.1 Allgemeines

Für die Berechnung der charakteristischen Biegemomente sollte die ungleichmäßige Verteilung der Schotterpressung unter der Gleisschwelle und die Elastizität der Gleisschwelle berücksichtigt werden.

Es dürfen der elastische Träger auf elastischer Bettung oder vereinfachte Bemessungsverfahren verwendet werden.

A.3.2 Querschnitt unter dem Schienenaufleger

A.3.2.1 Positives Biegemoment

Das positive Biegemoment $M_{k,r,\text{pos}}$ darf aus der Stützpunktlast P_k mit dem Rechenmodell des Trägers auf elastischer Bettung unter Ansatz eines konstanten Bettungsmoduls über die Länge $2 L_p$ berechnet werden.

Das vereinfachte Rechenmodell nach Bild A.4 darf ebenfalls verwendet werden. Es dürfen eine Lastverteilung in der Gleisschwelle nach Bild A.4 und eine konstante Schotterpressung über die Länge $2 L_p$ angenommen werden.

Die ungleichmäßige Verteilung der Schotterpressung und die ungleichmäßige Schotterpressung werden für beide Verfahren durch $k_{i,r}$ abgedeckt.

Das charakteristische Biegemoment $M_{k,r,\text{pos}}$ wird mithilfe der Gleichungen (A.11) bis (A.14) berechnet.

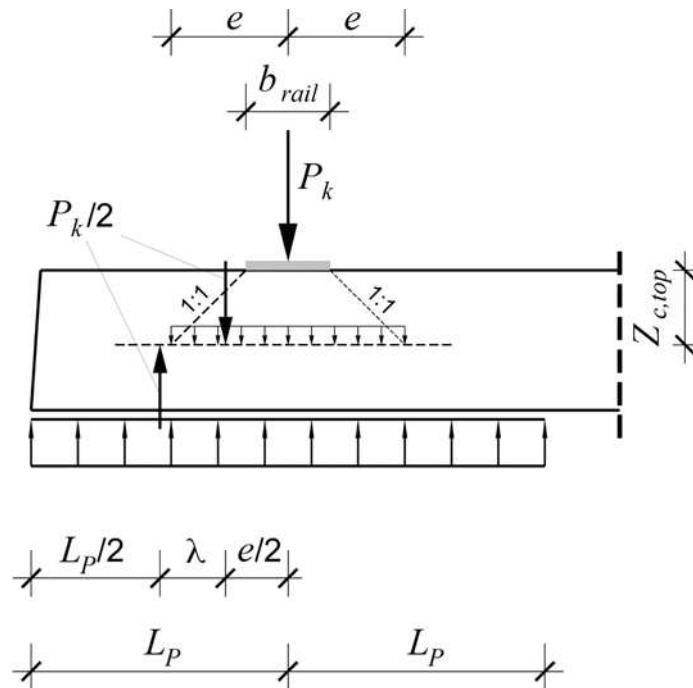


Bild A.4 — Rechenmodell für $M_{k,r,pos}$

Die Lastverteilung vom Schienenfuß zur Schwerachse des Querschnitts wird wie folgt berechnet:

$$2e = b_{\text{rail}} + (2 \times z_{c,\text{top}}) \quad (\text{A.11})$$

Dabei ist

b_{rail} die Breite des Schienenfußes;

$z_{c,\text{top}}$ der Abstand der Schwerachse von der Oberseite der Gleisschwelle.

Die Länge L_p der Auflagerung auf dem Gleisschotter beträgt:

$$L_p = \frac{L - c}{2} \quad (\text{A.12})$$

Dabei ist

c der Mittenabstand der beiden Schienenauflager;

L die Gleisschwellenlänge.

Die Länge des Hebelarms der resultierenden internen Kräfte $\frac{P_k}{2}$ ist gleich λ :

$$\lambda = \frac{L_p - e}{2} \quad (\text{A.13})$$

Das charakteristische Biegemoment kann wie folgt berechnet werden:

$$M_{k,r,pos} = k_{i,r} \times \lambda \times \frac{P_k}{2} \quad (\text{A.14})$$

Empfehlung 1 Das vereinfachte Rechenmodell darf für Gleisschwellen mit $0,35 \text{ m} \leq L_p \leq 0,55 \text{ m}$ in Kombination mit $k_{i,r} = 1,6$ verwendet werden. Dieser Wert wurde von Messungen abgeleitet (Mittelwert plus zwei Standardabweichungen).

A.3.2.2 Negatives Biegemoment

Das charakteristische negative Biegemoment für Gleisschwellen mit einer Spurweite von 1 435 mm und einer Länge von $2,50 < L < 2,60 \text{ m}$ darf angenommen werden als

$$M_{k,r,neg} = 0,5 \times M_{k,r,pos}$$

Das charakteristische negative Biegemoment für Gleisschwellen mit einer Spurweite von 1 435 mm und einer Länge von $L < 2,50 \text{ m}$ darf angenommen werden als

$$M_{k,r,neg} = 0,7 \times M_{k,r,pos}$$

Das negative Biegemoment am Schienenaufleger kann durch das Zurückschwingen nach dynamischen Stoßlasten an den Gleisschwellen entstehen. Der Kunde muss entscheiden, ob dieses Biegemoment in der Bemessung nachzuweisen ist.

A.3.3 Querschnitt in Gleisschwellenmitte

A.3.3.1 Negatives Biegemoment

A.3.3.1.1 Allgemeines

Das negative Biegemoment $M_{k,c,neg}$ in Schwellenmitte darf mit P_k unter Verwendung des elastischen Trägers auf elastischer Bettung (siehe Bild A.5) mit einem konstanten Bettungsmodul über die gesamte Länge der Gleisschwelle unter Anwendung eines vereinfachten Verfahrens mit Diagrammen des Einheitsmoments nach den Bildern A.6, A.7 und A.8 berechnet werden.

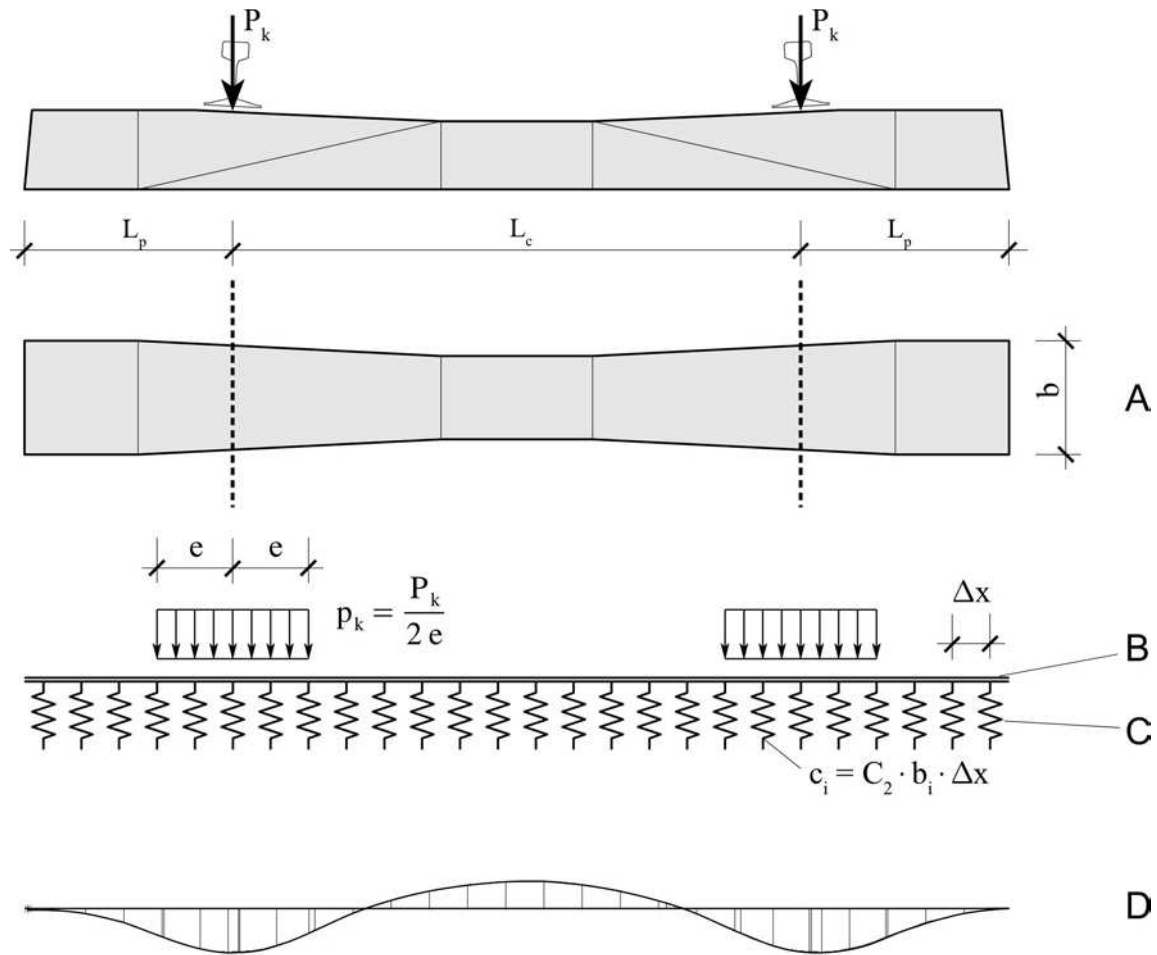
Das vereinfachte Verfahren kann nur innerhalb bestimmter Einschränkungen angewendet werden, die in A.3.3.1.2 bis A.3.3.1.4 angegeben sind.

Unregelmäßigkeiten der Schotterpressung werden von einem Faktor $k_{i,c}$ abgedeckt.

A.3.3.1.2 Berechnung mithilfe des elastischen Trägers auf elastischer Bettung

Die Berechnung wird mithilfe der Finiten-Elemente-Berechnung des elastischen Trägers auf elastischer Bettung durchgeführt.

Es dürfen Balken- oder Volumenelemente verwendet werden. Im Beispiel nach Bild A.5 werden Balkenelemente verwendet.



Legende

- A Breite der Unterseite
- B elastischer Träger
- C Federelemente
- D Biegemoment M_k in [kNm]

Bild A.5 — FEM-Modell des elastischen Trägers auf elastischer Bettung

A.3.3.1.3 Berechnung mithilfe des vereinfachten Verfahrens

Zur Berechnung des charakteristischen Biegemoments für Spurweiten von 1 435 mm und 1 668 mm darf ein vereinfachtes Verfahren angewendet werden.

Der charakteristische Wert des negativen Biegemoments bei Gleisschwellen mit veränderlicher Steifigkeit und veränderlicher Breite der Auflagerfläche darf auch wie folgt berechnet werden:

$$M_{k,c,neg} = k_{i,c} \cdot M_{c,neg,100} \cdot \frac{P_k}{100} \quad (A.15)$$

Die Werte von $M_{c,neg,100}$ werden durch die Diagramme in Bild A.7 für Spurweiten von 1 435 mm und in Bild A.8 für Spurweiten von 1 668 mm angegeben.

Die Diagramme sind vorberechnete Kurven auf der Basis von einem elastischen Balken auf elastischer Bettung und einer Einheitslast von 100 kN.

Die Eingangswerte für die Diagramme werden in Bild A.6, Zeichnung A, erläutert. Die Werte von $M_{c,neg,100}$ sind in Abhängigkeit von den Trägheitsverhältnissen der Gleisschwelle und der veränderlichen Sohlbreite in Bild A.6, Zeichnung B, schematisch zusammengefasst.

Die Werte von $k_{i,c}$ sind in Tabelle A.2 angegeben. Diese Werte sind lediglich eine Empfehlung.

- Empfehlung 1 Die Biegemomente $M_{c,neg,100}$ wurden für eine Auflagerfläche ermittelt, die sich wie in Bild A.6, Zeichnung A, mit „x“ gekennzeichnet, aus mehreren Rechtecken zusammensetzt, beruhend auf einem Bettungsmodul von $C_2 = 0,1 \text{ N/mm}^3$. Bei einem trapezförmigen Übergang der Auflagerfläche, wie in Bild A.6, Zeichnung A durch „z“ gekennzeichnet, darf das Biegemoment um 10 % reduziert werden. Bei einem kürzeren Übergang, wie in Bild A.6, Zeichnung A durch „y“ gekennzeichnet, darf das Biegemoment um 5 % reduziert werden.
- Empfehlung 2 Das vereinfachte Verfahren kann für Gleisschwellen mit Länge $2,3 \text{ m} \leq L \leq 2,6 \text{ m}$ verwendet werden, wenn der Wert des Flächenträgheitsmoments des Querschnitts unter dem Schienenaufleger $I_r = 200 \times 10^6 \text{ mm}^4 \pm 20 \%$ beträgt, siehe Bild A.6 und A.7.

A.3.3.1.3.1 Berechnung mithilfe des vereinfachten Verfahrens für eine Spurweite von 1 435 mm

Für Gleisschwellen mit einer Spurweite von 1 435 mm mit unterschiedlichen Längen L sind die Biegemomente $M_{c,neg,100}$ Bild A.7 entnommen.

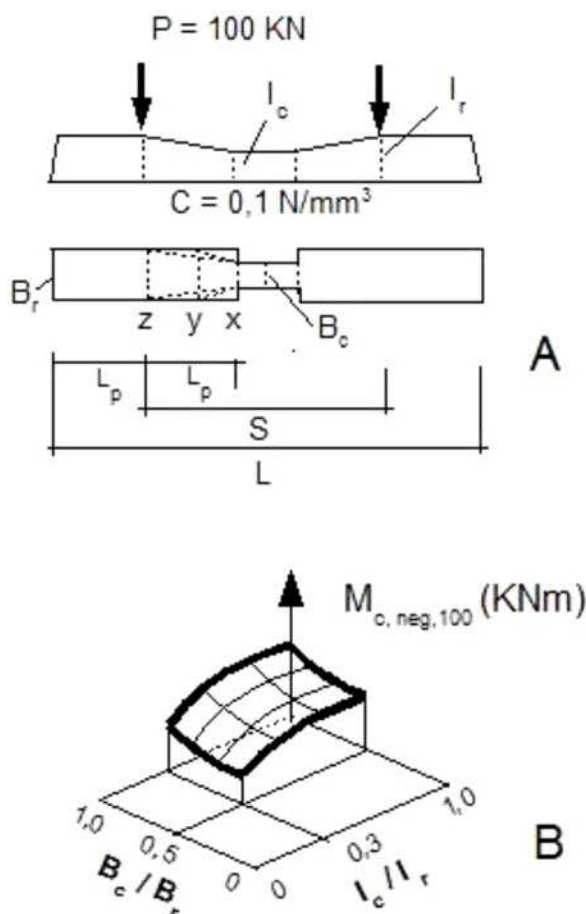


Bild A.6 — Bestimmung des Biegemoments in Schwellenmitte $M_{c,neg,100}$ (in kNm) bei Gleisschwellen mit einer Spurweite von 1 435 mm

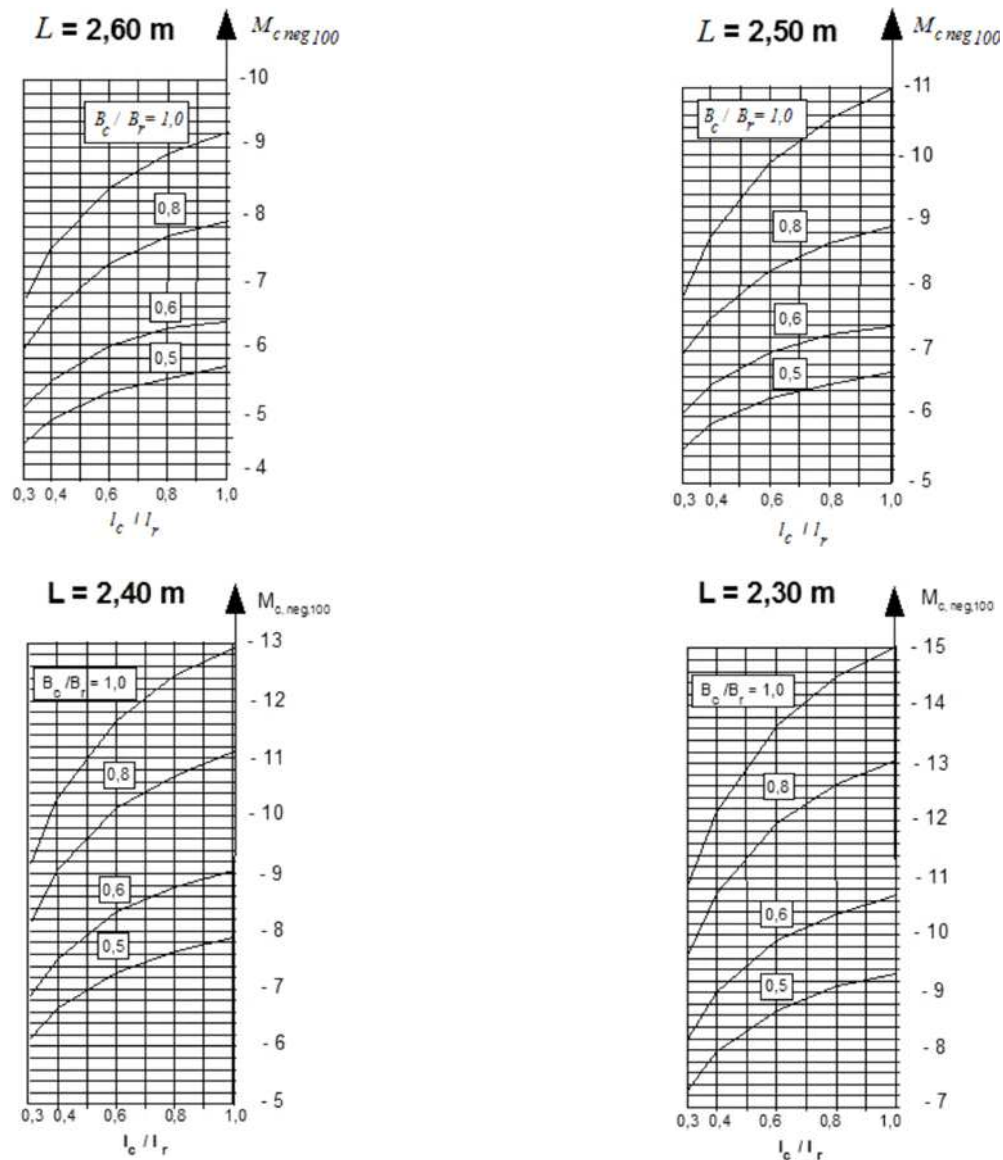


Bild A.7 — Vorberechnete Kurven für das Biegemoment in Schwellenmitte $M_{c, \text{neg}, 100}$ (in kNm) bei Gleisschwellen mit einer Spurweite von 1 435 mm

A.3.3.1.3.2 Berechnung mithilfe des vereinfachten Verfahrens für eine Spurweite von 1 668 mm

Für Gleisschwellen mit einer Spurweite von 1 668 mm mit unterschiedlichen Längen L sind die Biegemomente $M_{c, \text{neg}, 100}$ Bild A.8 entnommen.

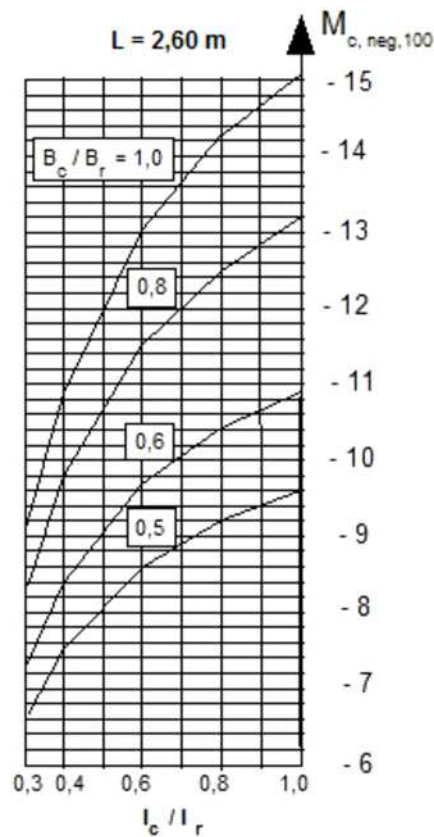


Bild A.8 — Bestimmung des Biegemoments in Schwellenmitte $M_{c,neg,100}$ (in kNm) bei Gleisschwellen mit einer Spurweite von 1 668 mm

A.3.3.1.4 Meterspurschwellen

Das negative Biegemoment $M_{c,neg}$ bei Gleisschwellen mit einer Spurweite von etwa 1 000 mm, nach Bild A.9 darf vereinfachend durch Ansatz einer konstanten Auflagerpressung bestimmt werden:

$$M_{c,neg} = -P_k \times (2S - L) / 4 \quad (A.16)$$

$$M_{k,c,neg} = k_{i,c} \times M_{k,neg} \quad (A.17)$$

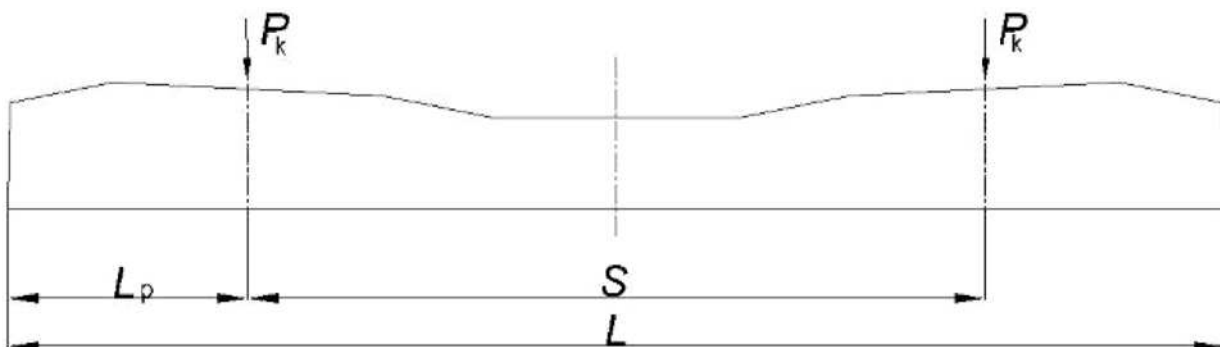


Bild A.9 — Geometrie für Meterspurschwellen

Bei diesen Gleisschwellen wird eine konstante Breite B_r der Unterseite und ein konstantes Flächenträgheitsmoment I_r von ungefähr $70 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$ angenommen.

A.3.3.1.5 Empfehlungen für $k_{i,c}$

Für die Wahl des Faktors $k_{i,c}$ dürfen für Gleisschwellen mit allen Spurweiten die Empfehlungen in Tabelle A.2 verwendet werden. Diese Tabelle gibt den Stand der Technik wieder.

Gleisschwellen, die mit diesem Beiwert entworfen wurden, zeigten im Gleis eine befriedigende Leistung.

Diese Werte gelten für eine Entwurfsberechnung, die von einem konstanten Bettungsmodul von $C_2 = 0,1 \text{ N/mm}^3$ ausgeht. Wenn Gleisparameter außerhalb dieser Werte liegen, muss der Kunde den Koeffizienten des Biegemoments $k_{i,c}$ festlegen.

Tabelle A.2 — Empfohlene Werte für $k_{i,c}$ für Meterspur, Spurweiten 1 435 mm und 1 668 mm

Land	Meterspur		Spurweite 1 435 mm		Spurweite 1 668 mm	
	Länge	$k_{i,c}$	Länge	$k_{i,c}$	Länge	$k_{i,c}$
Österreich			2,6	2,1 – 2,4		
Belgien			2,5	1,1 – 2,2		
Frankreich			2,26	0,9		
			2,4	1		
			2,5	1,1		
Deutschland			2,6	2		
			2,4	1,5		
Niederlande			2,5	1,13		
Portugal			2,6	1,6	2,6	1
Spanien			2,6	1,6	2,6	1
Schweiz	2,0	1,6	2,6	1,4		
Vereinigtes Königreich			2,5	0,5 — 0,8		

A.3.3.2 Positives Biegemoment

Der Wert für das charakteristische positive Biegemoment für Gleisschwellen mit einer Spurweite von 1 435 mm mit einer Länge von $2,20 \text{ m} \leq L \leq 2,60 \text{ m}$ darf angenommen werden als:

$$M_{k,c, \text{pos}} = |0,7 \times M_{k,c, \text{neg}}| \quad (\text{A.18})$$

Der Wert für das charakteristische positive Biegemoment für metrische Spurschwellen mit einer Länge von $1,30 \text{ m} \leq L \leq 2,00 \text{ m}$ darf angenommen werden als:

$$M_{k,c, \text{pos}} = |1,0 \times M_{k,c, \text{neg}}| \quad (\text{A.19})$$

Der Wert für das charakteristische positive Biegemoment für Gleisschwellen mit einer Spurweite von 1 668 mm mit einer Länge von $2,60 \text{ m} \leq L \leq 2,75 \text{ m}$ darf angenommen werden als:

$$M_{k,c, \text{pos}} = |0,7 \times M_{k,c, \text{neg}}| \quad (\text{A.20})$$

Das positive Biegemoment in der Mitte kann durch das Zurückschwingen nach dynamischen Stoßlasten an den Gleisschwellen entstehen. Der Kunde muss entscheiden, ob dieses Biegemoment in der Bemessung nachzuweisen ist.

A.4 Prüfbiegemomente und zugehörige Faktoren

A.4.1 Prüfbiegemoment des ersten Risses und zugehörige Faktoren

Das Biegemoment $M_t = k_t \times M_k$ für die Bildung des ersten Risses hängt vom Alter der Gleisschwelle zum Zeitpunkt der Prüfung ab. Der zeitabhängige Verlust der Vorspannkraft und der Unterschied zwischen der Betonbiegezugfestigkeit unter statischer Last und Ermüdungslast werden durch entsprechendes Erhöhen des charakteristischen Biegemoments M_k berücksichtigt.

Für den Schienenauflegerquerschnitt einer 28 Tage alten Gleisschwelle darf das positive Prüfbiegemoment $M_{t,r,pos}$ anhand der Gleichung (A.21) berechnet werden:

$$M_{t,r,pos} = M_{k,r,pos} + [(f_{ct,fl,t=28\text{ days}} - f_{ct,fl,fat}) + (\Delta\sigma_{c,c+s+r,t=40\text{ years}} - \Delta\sigma_{c,c+s+r,t=28\text{ days}})] \times W = \quad \text{in kNm}$$

$$k_t \times M_{k,r,pos} \quad (A.21)$$

Dabei ist

$f_{ct,fl,t=28\text{ days}}$	die Biegezugfestigkeit von Beton unter statischer Last bei einem Alter von 28 Tagen, in N/mm ² ;
$f_{ct,fl,fat}$	die Biegezugfestigkeit von Beton nach Ermüdungslasten, in N/mm ² ;
$\Delta\sigma_{c,c+s+r,t=40\text{ years}}$	der Gesamtverlust der Vorspannung im Beton (angenommen nach 40 Jahren), in N/mm ² ;
$\Delta\sigma_{c,c+s+r,t=28\text{ days}}$	der Gesamtverlust der Vorspannung im Beton nach 28 Tagen, in N/mm ² ;
$W_{r, bottom}$	das Widerstandsmoment des Querschnitts an der Unterseite des Schienenauflegers, in mm ³ .

Für die Prüfbiegemomente $M_{t,r,neg}$, $M_{t,c,pos}$ und $M_{t,c,neg}$ darf die Gleichung entsprechend angewandt werden.

Wenn die Gleisschwelle zum Zeitpunkt der Prüfung älter als 28 Tage ist, kann dies durch Anpassen der Spannkraftverluste berücksichtigt werden.

- Empfehlung 1 Bei einer Betonfestigkeitsklasse von C50/60 darf $f_{ct,fl,t=28} = 5,5 \text{ N/mm}^2$ als Betonbiegezugfestigkeit angenommen werden oder andere Werte, die nachgewiesen werden können.
- Empfehlung 2 Bei einer Betonfestigkeitsklasse von C50/60 darf $f_{ct,fl,fat} = 3,0 \text{ N/mm}^2$ als Betonbiegezugfestigkeit unter Ermüdungslast angenommen werden oder andere Werte, die nachgewiesen werden können.

- Empfehlung 3 Die zeitabhängigen Verluste der Vorspannung aufgrund von Schwinden, Kriechen und Relaxation dürfen nach EN 1992 berechnet werden.
Wenn der Spannstahl nach EN 10138 verwendet wird, darf der endgültige Verlust auch mit 25% der anfänglichen Vorspannkraft angenommen werden.
- Empfehlung 4 Der Faktor k_t hängt stark vom Herstellungsprozess und den Umgebungsbedingungen während der Nutzung ab. Bei seiner Berechnung müssen die Querschnittsgeometrie, die Stufe der Vorspannung und der Ausnutzungsgrad der Biegetragfähigkeit berücksichtigt werden. Beim Prüfen von Gleisschwellen, die 28 Tage alt sind, kann er sich im Bereich von 1,1 bis 1,8 bewegen.
- Empfehlung 5 Zum Zeitpunkt der Prüfung (28 Tage) ist ein Drittel des Gesamtverlusts der Vorspannung aufgetreten.

A.4.2 Faktoren für Abnahmekriterien für Prüflasten

A.4.2.1 Allgemeines

Die Faktoren k_1 , k_2 und k_3 wurden aus den Ergebnissen der Biegeprüfung an verschiedenen Gleisschwellen berechnet, unter der Annahme, dass der Lastverteilungsfaktor $k_d = 0,5$ beträgt (ORE-Bericht D170).

Da für außergewöhnliche und unfallbedingte Lasten keine Lastverteilung in Längsrichtung durch die Schiene gegeben ist, ist eine Korrektur von k_1 , k_2 und k_3 durch den Faktor $0,5/k_d$ erforderlich, falls andere Werte als $k_d = 0,5$ für die Bestimmung der anfänglichen Referenzprüflast verwendet werden.

A.4.2.2 Faktoren für außergewöhnliche Lasten

Außergewöhnliche Lasten treten aufgrund von Radlasten auf, die wesentlich höher als die charakteristische Radlast sind, oder wegen sehr ungünstigen Auflagerbedingungen. Sie können zur Bildung von Rissen führen. Diese Risse werden jedoch durch die Wirkung der Vorspannung oder der Bewehrung nach Entlastung wieder geschlossen.

Bei einer verbleibenden Rissbreite unter 0,05 mm nach Wegnahme der Last bleiben die Spannglieder durch die Betonüberdeckung vor Korrosion geschützt.

Beispiele für außergewöhnliche Lasten sind stark überladene Güterwagen, Flachstellen mit einer Tiefe von bis zu 2 mm und große Hohllagen unter den Schwellenköpfen (Aufreiten der Schwelle in Schwellenmitte).

Um diese Lasten oder Beanspruchungsbedingungen abzudecken, wird empfohlen, bei den Prüfungen für die Bauartzulassung mindestens die folgenden Koeffizienten zu verwenden:

$$k_{1s} = 1,8 \times 0,5/k_d$$

$$k_{1d} = 1,5 \times 0,5/k_d$$

Diese Faktoren werden zur Berechnung der Abnahmekriterien nach EN 13230, Teil 2 bis 4, verwendet.

A.4.2.3 Faktoren für unfallbedingte Lasten

Unfallbedingte Stoßbelastungen führen zu schweren Schäden an der Gleisschwelle, wie z. B. Abplatzungen des Betons oder klaffende Risse. Es wird davon ausgegangen, dass nach unfallbedingten Lasten die wesentlichen Aufgaben, wie z. B. Führen der Fahrzeuge, Aufnahme der Kräfte aus den Fahrzeugen und deren Weiterleitung in den Schotter, zumindest noch für gewisse Zeit, erfüllt werden.

Unfallbedingte Lasten werden z. B. durch große Flachstellen (mehrere Millimeter tief) oder Entgleisung einer Einzelachse oder eines einzelnen Drehgestells verursacht.

Um diese Lasten oder Beanspruchungsbedingungen abzudecken, wird empfohlen, bei den Prüfungen für die Bauartzulassung die folgenden Koeffizienten zu verwenden:

$$k_{2s} = 2,5 \times 0,5/k_d$$

$$k_{2d} = 2,2 \times 0,5/k_d$$

Diese Faktoren werden zur Berechnung der Abnahmekriterien nach EN 13230, Teil 2 bis 4, verwendet.

A.4.3 Berechnung der Prüfbiegemomente für die Ermüdungsprüfung und zugehörige Faktoren

Die Ermüdungsprüfung von Spanngliedern soll das Verhalten des gerissenen Betonquerschnitts unter Betriebslast simulieren. Die Obergrenze der Schwelllast entspricht dem charakteristischen Biegemoment.

Der empfohlene Wert für k_3 für die Berechnung des Bruchbiegemoments ist:

$$k_3 = 2,5 \times 0,5/k_d$$

Dieser Faktor wird zur Berechnung der Abnahmekriterien nach EN 13230, Teil 2 bis 4, verwendet.

A.5 Überprüfung der Spannungen für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (nur bei vorgespannten Gleisschwellen)

Gleisschwellen werden normalerweise für eine Nutzungsdauer von mindestens 40 Jahren entworfen. Die Tragfähigkeit der Gleisschwelle muss das charakteristische Biegemoment M_k abdecken, das die statische Last zuzüglich der dynamischen Erhöhung bei Normalbetrieb und die ungleichmäßig verteilte Schotterpressung berücksichtigt. Bei dieser Belastungsstufe dürfen keine Risse auftreten.

Dies bedeutet, dass während der gesamten Nutzungsdauer der Gleisschwelle die maximale Zugspannung $\sigma_{ct,max}$ im Beton aufgrund des Biegemoments M_k und die Wirkungen der Vorspannung die Ermüdungsfestigkeit $f_{ct,fl,fat}$ des Betons unter wiederholten Lasten nicht überschreiten darf.

Diese Anforderung führt zur folgenden Gleichung (A.22):

$$\sigma_{ct,max} = \frac{N_p}{A} + \frac{N_p \times e_p}{W} + \frac{M_k}{W} < f_{ct,fl,fat} \quad \text{in N/mm}^2 \quad (A.22)$$

Dabei ist

N_p	die verbleibende Vorspannkraft am Ende der Lebensdauer der Gleisschwelle (angenommen als 40 Jahre), in N;
A	der Querschnitt der Gleisschwelle, in mm ² ;
e_p	die Exzentrizität der Vorspannkraft, in mm;
W	das Widerstandsmoment, in mm ³ ;
M_k	das Biegemoment infolge Betriebslast (charakteristischer Wert), in N·m;
$f_{ct,fl,fat}$	die Betonbiegezugfestigkeit unter Ermüdungslasten, in N/mm ² ;