

DIN EN 13230-6

ICS 91.100.30; 93.100

**Bahnanwendungen –
Oberbau –
Gleis- und Weichenschwellen aus Beton – Teil 6: Bemessung;
Deutsche Fassung EN 13230-6:2020**

Railway applications –
Track –
Concrete sleepers and bearers – Part 6: Design;
German version EN 13230-6:2020

Applications ferroviaires –
Voie –
Traverses et supports en béton – Partie 6: Conception;
Version allemande EN 13230-6:2020

Gesamtumfang 66 Seiten

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 13230-6:2020) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

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

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 15901-1:2016 siehe DIN ISO 15901-1:2019-03

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

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 15901-1:2019-03, *Bewertung der Porengrößenverteilung und Porosität von Feststoffen mittels Quecksilberporosimetrie und Gasadsorption — Teil 1: Quecksilberporosimetrie (ISO 15901-1:2016)*

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

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

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

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 8. April 2019 angenommen.

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

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

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



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

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe und Symbole	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	11
4.1.4 Kombiniertes Verfahren	13
4.2 Rissbildung in Gleis- und Weichenschwellen aus Beton	13
4.2.1 Risse unter dem Schienenaufleger	13
4.2.2 Risse in Schwellenmitte (Spannbeton-Monoblock-Gleis- oder Weichenschwellen)	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 Entwurfparameter	14
5.1 Instandhaltung	14
5.1.1 Qualität der Gleise und der Schienenfahrzeuge	14
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	15
5.2.1 Schwellenmasse	15
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 Auswirkung der Betriebsparameter und der Trassierung	16
5.4.1 Achslast	16
5.4.2 Maximale Geschwindigkeit	16
5.4.3 Fliehkräfte	17
6 Bemessungsverfahren	17
6.1 Besonderheiten bei der Bemessung und Prüfung	17
6.1.1 Betriebserfahrungen für außergewöhnlichen oder unfallbedingten Stoßlasten	17
6.1.2 Biegezugfestigkeit von Beton	17
6.1.3 Verlust der Vorspannungen	18
6.1.4 Erfahrung aus dem Gleisbau	18
6.2 Entwurfsberechnung	18
6.2.1 Allgemeines	18

6.2.2	Berechnung der dynamischen Stützpunktkraft 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.....	20
6.2.6	Prüfung der Betonspannungen	20
6.2.7	Bestimmung der Prüfbiegemomente bei Bildung des ersten Risses.....	21
Anhang A (informativ) Bemessungsverfahren und Faktoren für Gleisschwellen.....		22
A.1	Allgemeines	22
A.1.1	Einleitung	22
A.1.2	Bestimmung charakteristischer Biegemomente	22
A.1.3	Laststufen und entsprechende Biegemomente	23
A.2	Stützpunktkraft.....	24
A.2.1	Erhöhung des Instandhaltungsintervalls für dynamische Radlasten	24
A.2.2	Verteilung vertikaler Lasten in Längsrichtung	25
A.2.3	Auswirkungen von elastischen Zwischenlagen.....	28
A.2.4	Berechnung der dynamischen Stützpunktkraft.....	28
A.3	Charakteristische Biegemomente	28
A.3.1	Allgemeines	28
A.3.2	Querschnitt des Schienenauflegers	28
A.3.3	Schwellenmitte.....	30
A.4	Faktoren für Prüflasten und Annahmekriterien	36
A.4.1	Allgemeines	36
A.4.2	Faktor für die Bildung „Erster Riss“	36
A.4.3	Faktoren für außergewöhnliche Lasten.....	38
A.4.4	Faktoren für unfallbedingte Lasten.....	38
A.4.5	Faktor für die Ermüdungsprüfung.....	38
A.5	Überprüfung der Spannungen für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (nur bei vorgespannten Gleisschwellen)	39
A.6	Entwurfsbeispiele	40
A.6.1	Allgemeines	40
A.6.2	Beispiel 1: Taillierte Gleisschwelle, Spurweite 1 435 mm, als elastisch gebetteten Balken	42
A.6.3	Beispiel 2: Rechteckige Gleisschwelle, Spurweite 1 435 mm, Anwendung des vereinfachten Verfahrens.....	50
A.6.4	Beispiel 3: Taillierte Gleisschwelle mit einer Spurweite von 1 668 mm	55
Anhang B (informativ) Bemessungsverfahren und Faktoren für Weichenschwellen.....		60
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckende EU-Richtlinie 2008/57/EG.....		62
Literaturhinweise.....		64

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 13230-6:2020) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Oktober 2020 und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Oktober 2020 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Mandats erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation 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 kann als technische Grundlage zwischen den Vertragsparteien (Kunde – Lieferant) verwendet werden.

Anhang A und Anhang B sind informativ; sie können nach Vereinbarung der Vertragsparteien als normative Anforderung bei einem Vertragsabschluss verwendet werden.

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

Einleitung

Dieses Dokument behandelt den Entwurf/die Bemessung von Gleis- und Weichenschwellen aus Beton 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 sicherheitsrelevante Bauteile für Bahnanwendungen. Diese werden in keiner anderen Europäischen Norm behandelt.

Als sicherheitsrelevante Bauteile erfordern sie eine Vereinbarung zwischen Kunde und Lieferant zur Betreibung eines Hersteller-Qualitätsmanagementsystems (QM-System).

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument enthält einschlägige Entwurfsrichtlinien für die folgenden Bereiche:

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

Ziel dieses Dokuments ist die Bereitstellung einer Anleitung zur Vorbereitung aller Daten, die der Kunde dem Lieferanten in Übereinstimmung mit EN 13230, Teil 1 bis Teil 5, zur Verfügung stellen muss. Sie gilt sowohl für die Spurweiten 1 000 mm, 1 435 mm und 1 668 mm als auch für alle Längen von Gleis- und Weichenschwellen.

Dieses Dokument 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 diesem Dokument im Einzelnen beschrieben. Es werden die erforderlichen Informationen zu diesen Parametern gegeben, sodass 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.

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

Dieses Dokument 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 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 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*

EN 13146-10, *Bahnanwendungen — Oberbau — Prüfverfahren für Schienenbefestigungssysteme — Teil 10: Belastungsprüfung für den Auszugswiderstand*

EN 13230-1:2016, *Bahnanwendungen — Oberbau — Gleis- und Weichenschwellen aus Beton — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

3 Begriffe und Symbole

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 13230-1:2016 und die folgenden Begriffe.

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

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

3.1

nominale Achslast

A_{nom}
Achslast infolge des Nenngewichts des 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 für die Längsverteilung der vertikalen Last auf mehrere Gleisschwellen

3.7

Faktor k_r

Faktor zur Berücksichtigung der Schwankung der Lastverteilung über die 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

innerer Hebelarm der Kräfte und der Schotterpressung, die am Schienenaufleger der Gleis- oder Weichenschwelle 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 Annahmekriterien für die Bildung „Erster Riss“ bei statischen Prüfungen

3.14

dynamische Stützpunktkraft

P_k

charakteristische Kraft am Schienenaufleger der Gleisschwelle infolge dynamischer Belastung bei normalen Betriebsbedingungen

3.15

charakteristisches Biegemoment

M_k

Biegemoment infolge der dynamischen Stützpunktkraft P_k

3.16

charakteristisches positives Biegemoment unter dem Schienenaufleger

$M_{k,r,pos}$

positives Biegemoment im Schienenaufleger infolge der dynamischen Stützpunktkraft P_k

3.17

charakteristisches negatives Biegemoment am Schienenaufleger

$M_{k,r,neg}$

negatives Biegemoment am Schienenaufleger infolge der dynamischen Stützpunktkraft P_k

3.18

charakteristisches negatives Biegemoment in Schwellenmitte

$M_{k,c,neg}$

negatives Biegemoment in Schwellenmitte infolge der dynamischen Stützpunktkraft P_k

3.19

charakteristisches positives Biegemoment in Schwellenmitte

$M_{k,c,pos}$

positives Biegemoment in Schwellenmitte infolge der dynamischen Stützpunktkraft P_k

3.20

Prüfbiegemoment

M_t

Prüfbiegemoment für das Entstehen „Erster Riss“, das vom charakteristischen Biegemoment abgeleitet wird

3.21

positives Prüfbiegemoment unter dem Schienenaufleger

$M_{t,r,pos}$

positives Prüfbiegemoment für das Entstehen „Erster Riss“ 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 „Erster Riss“ unter dem Schienenaufleger, das vom charakteristischen Biegemoment abgeleitet ist

3.23

negatives Prüfbiegemoment in Schwellenmitte

$M_{t,c,neg}$

negatives Prüfbiegemoment für das Entstehen „Erster Riss“ in Schwellenmitte, das vom charakteristischen Biegemoment abgeleitet ist

3.24

positives Prüfbiegemoment in Schwellenmitte

$M_{t,c,pos}$

positives Prüfbiegemoment für das Entstehen „Erster Riss“ in Schwellenmitte, das vom charakteristischen Biegemoment abgeleitet ist

3.25

Faktor k_1

Faktor für die Berechnung der Prüfbiegemomente aufgrund außergewöhnlicher Belastung und zufälliger Stoßbelastung, der auf charakteristische Biegemomente angewendet wird und k_{1d} für dynamische Prüfungen und k_{1s} für statische Prüfungen beträgt

3.26

Faktor k_2

Faktor für die Berechnung der Prüfbiegemomente aufgrund zufälliger Stoßbelastung, der auf charakteristische Biegemomente angewendet wird und k_{2d} für dynamische Prüfungen und k_{2s} für statische Prüfungen beträgt

3.27

Faktor k_3

Faktor für die Berechnung von Ermüdungsprüfbiegemomenten, der auf charakteristische Biegemomente angewendet wird

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 elastisch gebetteter Balken 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 können 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 statistisch 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 „Erster Riss“ führt, muss nach EN 13230-1:2016, 7.2, bestimmt werden.

Bild 1 beschreibt die Schritte zur Bestimmung der charakteristischen Biegemomente für Spannbeton-Gleisschwellen. In diesem Bild bezeichnet eine neue Gleisschwelle eine Gleisschwelle, deren Geometrie der bestehenden Schwelle entspricht.

Für Zweiblock-Betongleisschwellen und -weichenschwellen ist dieselbe Methodik zu verwenden.

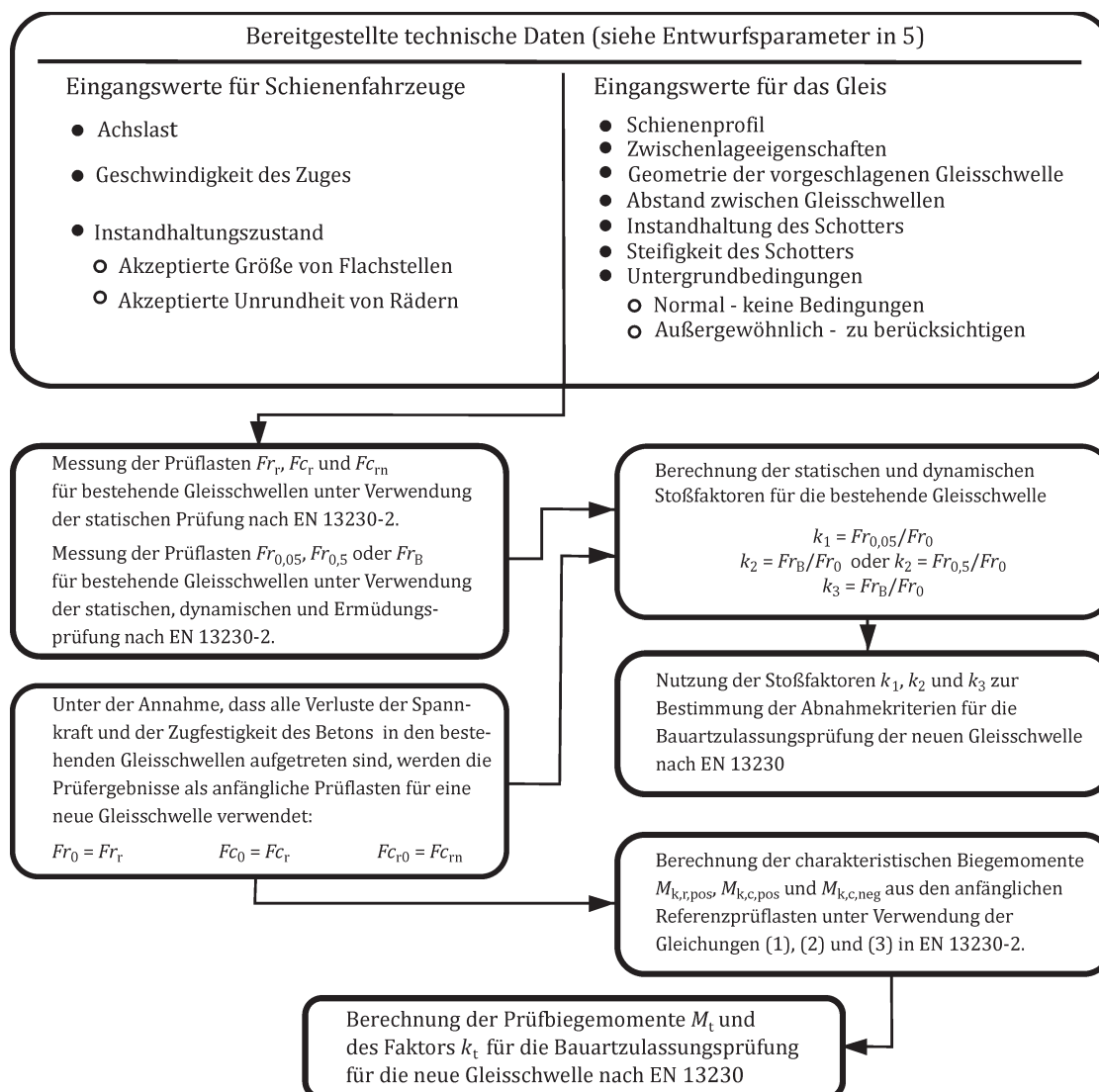


Bild 1 — Empirisches Verfahren für den Entwurf von Spannbeton-Gleisschwellen

ANMERKUNG 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. Es kann sein, dass nach einer Betriebszeit von mindestens 5 Jahren sämtliche Verluste der Vorspannung und der Festigkeit eingetreten sind.

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 beschreibt die Schritte zur Bestimmung der Biegemomente für Spannbeton-Gleisschwellen. Für Zweiblock-Betongleisschwellen und -weichenschwellen ist dieselbe Methodik zu verwenden.

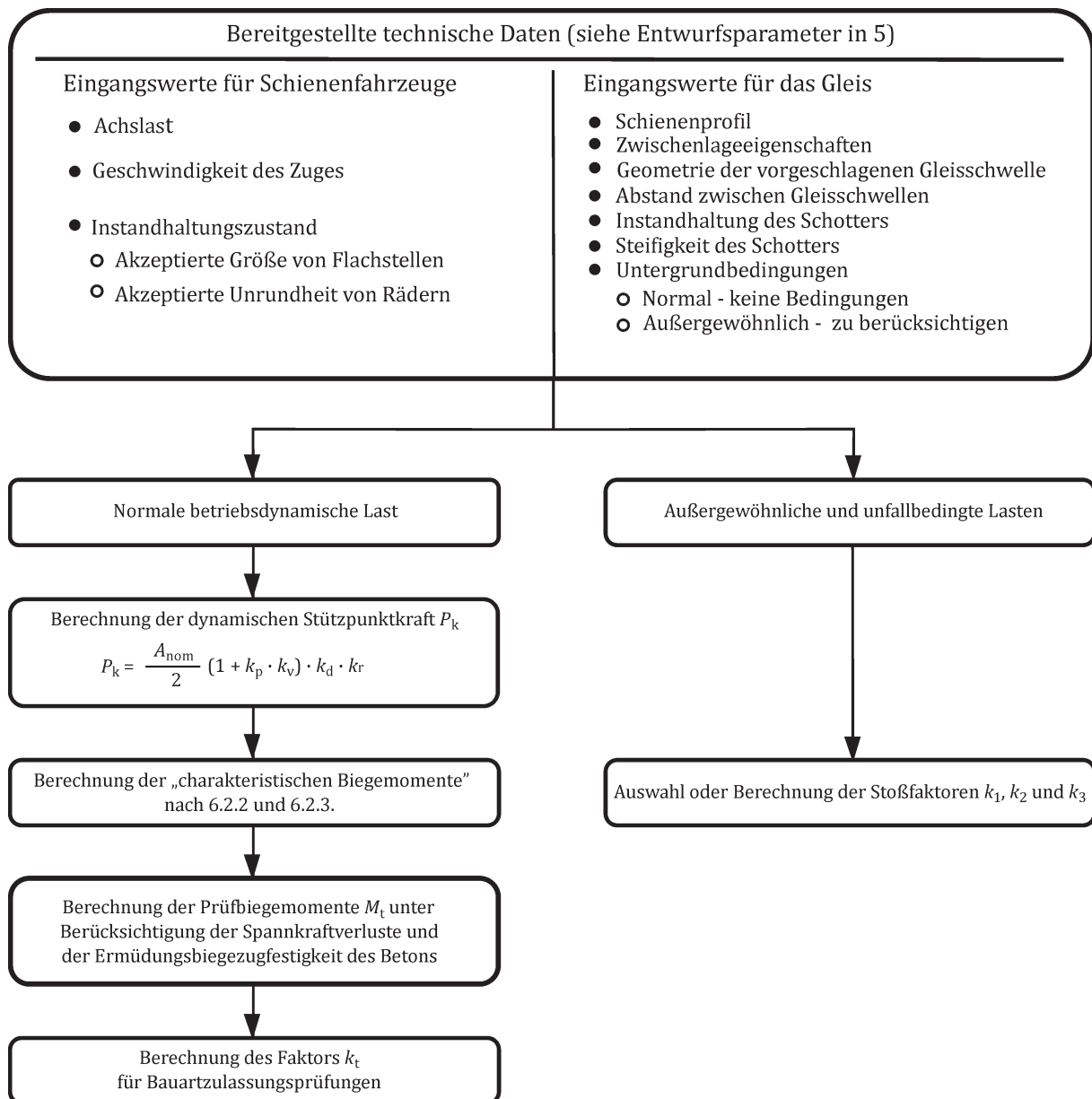


Bild 2 — Theoretisches Verfahren für den Entwurf von Spannbeton-Gleisschwellen

4.1.4 Kombiniertes Verfahren

Das kombinierte Verfahren schließt empirische und theoretische Elemente ein und führt zu einer kürzeren Produktentwicklungszeit.

4.2 Rissbildung 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 durch das charakteristische Biegemoment bestimmt.

Unter Einwirkung des statischen Prüfbiegemoments darf kein „Erster Riss“ auf der Biegezugseite der Spannbetongleis- oder -weichenschwelle auftreten, siehe EN 13230-1:2016, 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 Stoßlasten, 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-Monoblock-Gleis- oder Weichenschwellen)

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 EN 13230-1:2016, 7.2, gefordert.

Mit Zustimmung des Kunden kann eine kontrollierte Rissbildung der Gleis- und Weichenschwellen 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 Gleisschwellen

Die Gestaltung der Querschnitte muss den Vorgaben in EN 13230-1:2016, Abschnitt 6, entsprechen.

4.4 Dauerhaftigkeit der Gleisschwellen

Anforderungen zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit sind in EN 13230-1 enthalten.

5 Entwurfsparameter

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 EN 13848-1 und EN 13848-5 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 festzulegen:

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

5.1.2 Verteilung der vertikalen Last in Gleislängsrichtung

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

Der Faktor k_d kann mit dem Rechenmodell eines „elastischen Balkens 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 tatsächliche Verteilung der Schotterpressung 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 Stopfens oder Gefrierens, 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 Koeffizienten $k_{i,r}$ 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 Baustelle und das Gleisverlegeverfahren können das maximale Gewicht begrenzen.

5.2.2 Schwellenlänge

Die Länge der Gleisschwelle trägt zur Verteilung der Schotterpressung in Längs- und Querrichtung bei. Der Transport zur Baustelle und das Gleisverlegeverfahren können die maximale Länge begrenzen.

5.2.3 Schwellenhöhe

Die Höhe der Gleisschwelle trägt zu dem Widerstandsmoment der Gleisschwellen und dem Längs- und Querwiderstand des Gleises bei. Der Transport zur Baustelle, verfügbare Durchfahrtshöhen und das Gleisverlegeverfahren können die Höhe begrenzen.

5.2.4 Verlegeverfahren

Während der Gleisverlegung können Lasten auftreten, die sich von jenen des konventionellen Zugbetriebs unterscheiden. Es sollte darauf geachtet werden, dass keine übermäßige Biegung 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 in Abhängigkeit von dem Schienenprofil und dem Schwellenabstand betreffen, 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 a von Schienenbefestigungssystemen anhand einer Prüfung, bei der die Größe der Biegedehnungen in einer Betonschwelle infolge einer Stoßbelastung gemessen wird.

Ein Stoßdämpfungsfaktor k_p 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 Minderung 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 k_p zu bestimmen.

Empfehlungen bezüglich des Faktors k_p sind in Anhang A gegeben.

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

EN 13146-10 legt die Anforderungen an die Belastungsprüfung von einbetonierten Schienenbefestigungsteilen fest.

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 Längsverschiebewiderstand der Gleisschwelle im Schotterbett

Die Abmessungen der Gleisschwelle (insbesondere das Gewicht) in Kombination mit dem Bettungsquerschnitt beeinflussen den Längsverschiebewiderstand der Gleisschwelle und erfordern eine besondere Berücksichtigung an den Übergangsbereichen durchgehend geschweißter Schienen, Brücken oder Schienenprofiländerungen.

5.4 Auswirkung der Betriebsparameter und der Trassierung

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.

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 Fliehkräfte

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 in der Gleisschwelle hervorrufen kann.

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

Es liegt in der Verantwortung des Kunden, den Koeffizienten k_v zu bestimmen.

Siehe Anhang A für Empfehlungen zum Faktor k_v .

6 Bemessungsverfahren

6.1 Besonderheiten bei der Bemessung und Prüfung

6.1.1 Betriebserfahrungen für außergewöhnlichen oder unfallbedingten Stoßlasten

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

- großen Flachstellen;
- großen Schienenfehlern;

erzeugen Biegemomente, die größer als das charakteristische Biegemoment sind.

Um die außergewöhnlichen Stoßbelastungen zu berücksichtigen, muss das charakteristische Biegemoment mit einem dynamischen und statischen Faktor k_1 bei der Berechnung der Annahmekriterien für Prüfungen nach EN 13230-1:2016, Abschnitt 7 und Abschnitt 8, multipliziert werden.

Um die unfallbedingten Stoßbelastungen zu berücksichtigen, muss das charakteristische Biegemoment mit einem dynamischen und statischen Faktor k_2 bei der Berechnung der Annahmekriterien für Prüfungen nach EN 13230-1:2016, Abschnitt 7 und Abschnitt 8, multipliziert werden.

Der Kunde muss die Werte für den dynamischen und statischen Faktor für 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 des Betons muss für Kurzzeitbelastung und für Ermüdungsbelastung berücksichtigt werden.

Empfehlungen zur Biegezugfestigkeit von Beton sind in Anhang A angegeben.

6.1.3 Verlust der Vorspannungen

Abhängig von Zeit, Betriebsbedingungen und Herstellungsverfahren treten Vorspannsverluste auf.

Der Vorspannungsverlust muss bei den Bauartzulassungsprüfungen, den Regelprüfungen und den Betonspannungsnachweisen berücksichtigt werden.

Empfehlungen zum Verlust der Vorspannungen sind in Anhang A angegeben.

6.1.4 Erfahrung aus dem Gleisbau

Gleisbau und 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 Schienenaufleger und die Schwellenmitte umfassen. Die Berechnung der Biegemomente erfolgt für normale Betriebslasten unter Berücksichtigung des elastischen Verhaltens des Gleises.

6.2.2 Berechnung der dynamischen Stützpunktkraft P_k unter üblichen Betriebsbedingungen

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

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

6.2.3 Berechnung der charakteristischen Biegemomente im Schienenaufleger der Gleisschwelle

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

Die Gleisschwelle darf als „elastisch gebetteter Balken“ betrachtet werden. Die Berechnung der charakteristischen Biegemomente kann durchgeführt werden mit:

- a) einem Referenzverfahren, das auf einem vollständigen Modell eines elastischen Balkens unter dem Schienenaufleger basiert;
- b) einem vereinfachten Verfahren, das auf der Annahme einer konstanten Schotterpressung unter dem Schienenaufleger 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.