

DIN EN 16432-2

ICS 93.100

Einsprüche bis 2015-07-20

Entwurf**Bahnanwendungen –
Feste Fahrbahn-Systeme –
Teil 2: Teilsysteme und Komponenten;
Deutsche Fassung prEN 16432-2:2015**

Railway applications –
Ballastless track systems –
Part 2: Subsystems and components;
German version prEN 16432-2:2015

Applications ferroviaires –
Systèmes de voie sans ballast –
Partie 2: Sous-systèmes et composants;
Version allemande prEN 16432-2:2015

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2015-03-20 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 102 Seiten

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 16432-2:2015) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Unterarbeitsausschuss NA 087-00-01-10 UA „Feste Fahrbahn“ im DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF).

Dieses Dokument beruht auf der Grundlage einer englischen Referenzfassung.

Bahnanwendungen — Feste Fahrbahn-Systeme — Teil 2: Teilsysteme und Komponenten

Applications ferroviaires — Systèmes de voie sans ballast — Partie 2 : Sous-systèmes et composants

Railway applications — Ballastless track systems — Part 2: Subsystems and components

ICS:

Deskriptoren

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

STD Version 2.5a

Inhalt

	Seite
Vorwort	5
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	8
4 Symbole und Abkürzungen	9
5 Allgemeines	10
5.1 Festes Fahrbahn-System, Teilsystem und Komponenten	10
5.2 Teilsystemkonfiguration	11
5.2.1 FF-System mit kontinuierlicher Lagerung oder eingebetteten Schienen	11
5.2.2 FF-System mit Einzelstützpunkten (Befestigungssystemen)	11
6 Systementwurf	12
6.1 Festlegung der Systemkriterien	12
6.2 Systemsicherungsplan	13
6.3 Systemintegration.....	13
6.4 Vertikale Gleissteifigkeit	13
6.5 Gleislagestabilität	14
6.6 Lastverteilung und -übertragung durch Teilsysteme und Komponenten	14
6.6.1 Grundsätze der Bemessung	14
6.6.2 Berechnungsschritte	16
6.6.3 Bestimmung der Kräfte (Schienenstützpunkte) zwischen den Teilsystemen Schienenbefestigungssystem und Tragkonstruktion (Fertigteil oder Fahrbahn)	17
6.6.4 Belastung des Fertigteils und Lastverteilung	17
6.6.5 Bemessung der Fahrbahn	18
6.7 Belastung des Unterbaus	21
6.8 Übergänge	21
7 Schienen	21
8 Schienenbefestigungssysteme	21
8.1 Allgemeines	21
8.1.1 Berücksichtigung der Befestigungssysteme für die Bemessung des FF-Systems	22
8.1.2 Stützpunktstand	22
8.1.3 Regulierung	22
9 Fertigteilelemente	22
9.1 Allgemeines	22
9.1.1 Füllschicht	22
9.1.2 Füllbetonschicht	23
9.2 Generelle Entwurfskriterien	23
9.2.1 Für den allgemeinen Entwurf bereitzustellende Daten	23
9.2.2 Bemessung einzelner Fertigteilelemente	23
9.3 Herstellverfahren	23
9.3.1 Allgemeine Anforderungen	23
9.3.2 Nachbehandlung	24
9.3.3 Oberflächenbeschaffenheit	24
9.3.4 Kennzeichnung	24
9.4 Qualitätskontrolle	24
9.4.1 Allgemeines	24

9.4.2	Qualitätskontrolle während der Bauartzulassungsprüfungen	24
9.4.3	Qualitätskontrolle während der Herstellung.....	25
9.5	Betonschwellen, Weichenschwellen und Betonblöcke.....	25
9.6	Fertigteileplatten und -rahmen.....	25
9.6.1	Einteilung	25
9.6.2	Bemessung	26
9.6.3	Materialien.....	27
9.6.4	Geometrische Toleranzen	28
9.6.5	Lagerung, Handhabung, Transport und Installation vor Ort	28
10	Fahrbahnen (geschichtete Struktur)	29
10.1	Allgemeines	29
10.2	Betonfahrbahnen	29
10.2.1	Anwendung	29
10.2.2	Materialien.....	29
10.2.3	Funktionale Anforderungen	30
10.3	Asphaltfahrbahnen	32
10.3.1	Anwendung	32
10.3.2	Bemessungsprinzipien	32
10.3.3	Geometrische Anforderungen	33
10.3.4	Asphaltmaterialien und Mischgut.....	33
10.3.5	Materialien für die Deckschicht	33
10.3.6	Anforderungen an Schichten	33
10.4	Ungebundene, hydraulisch gebundene und bitumengebundene Tragschichten	34
10.4.1	Anwendung	34
10.4.2	Hydraulisch gebundene Tragschicht	34
10.4.3	Zementverfestigte Tragschicht (CTB)	35
10.4.4	Beton-Tragschicht.....	35
10.4.5	Bitumenhaltige Tragschicht	35
10.4.6	Ungebundene Tragschicht	35
11	Zwischenschichten	36
11.1	Funktionen der Zwischenschichten	36
11.2	Einwirkungen der Zwischenschichten auf das FF-System.....	37
Anhang A (informativ)	Vertikale Fahrzeuglast	38
A.1	Verteilung der vertikalen Verkehrslast und Berechnung der Stützpunktkräfte.....	38
A.1.1	Allgemeines	38
A.1.2	Stützpunktkraft P_0 [N]	39
A.1.3	Belastungen am Stützpunkt P_j [N] durch Radlasten Q_i [N].....	40
A.2	Biegemoment der Schiene und Schienenfußspannung.....	41
A.2.1	Biegemoment der Schiene M_0 [Nmm].....	41
A.2.2	Schienenfußspannung σ_0 [N/mm ²]	42
Anhang B (informativ)	Bemessungsberechnungen für Gleistragplatten, Fahrbahnen, Rahmen und Balken	43
B.1	Allgemeines	43
B.1.1	Einleitung	43
B.1.2	Ersatzdicke der Fahrbahn h_1 [mm].....	44
B.1.3	Bettungsmodul k [N/mm ³]	45
B.1.4	Tragfähigkeit des Trägers oder der Gleistragplatte/Fahrbahndecke, aufgelagert auf einer zement- oder bitumenhaltigen Tragschicht.....	47
B.1.5	Gleistragplatte auf Winklerbasis (Westergaard): Biegemomente in Längs- und Querrichtung sowie durch Stützpunktkräfte erzeugte Biegezugspannungen.....	49
B.1.6	Balken nach Winklerbasis (Zimmermann): Biegemoment in Längsrichtung und Zugspannung durch Stützpunktkräfte	54
B.1.7	Kritische Biegezugspannung in Längsrichtung	57
B.1.8	Kritische Biegezugspannung in Querrichtung.....	57
B.2	Spannungen in der Beton-Gleistragplatte/-Fahrbahn durch Temperatur -einwirkung	57

B.2.1	Allgemeines	57
B.2.2	Konstante Spannungen σ_c aufgrund von Temperaturwechsel ΔT in Beton-Gleistragplatten oder Fahrbahnen.....	58
B.2.3	Lineare Spannungen σ_w aufgrund des Temperaturgradienten Δt in Beton-Gleistragplatten oder Fahrbahnen.....	59
B.3	Bestimmung der maximal zulässigen durch die Verkehrslast σ_Q erzeugte Dauerbiegezugspannung	60
B.3.1	Maximal zulässige Biegezugspannung im Winter (Spannungen in Längsrichtung)	60
B.3.2	Maximal zulässige Biegezugspannung im Sommer (Spannungen in Querrichtung)	61
Anhang C (informativ)	Vertikale Belastung	62
C.1	Allgemeines	62
Anhang D (informativ)	Berechnungsbeispiele	63
D.1	Bild des ersten Beispiels (Variante II: System ohne Verbund) und zweites Beispiel (Variante III: System mit Verbund)	63
D.2	Verteilung der vertikalen Verkehrslast und Berechnung der Stützpunktlasten	63
D.2.1	Stützpunktlast P_0 [N]	63
D.2.2	Biegemoment der Schiene und Schienenfußspannung	71
D.3	Erstes Beispiel (Variante II: System ohne Verbund)	72
D.3.1	Biegemoment durch Stützpunktlasten	73
D.3.2	Spannungen aufgrund von Temperatureinwirkung	81
D.3.3	Bestimmung der maximal zulässigen Dauerbiegespannung durch die Fahrzeugbelastung σ_Q	82
D.4	Zweites Beispiel (Variante III: System mit Verbund)	83
D.4.1	Biegemoment aufgrund von Stützpunktlasten	84
D.4.2	Spannungen durch Wärmeeinwirkung	94
D.4.3	Bestimmung der maximal zulässigen Dauerbiegespannung durch die Fahrzeugbelastung σ_Q	95
Anhang E (informativ)	Qualitätskontrolle — Regelprüfungen und Häufigkeit der Prüfungen	97
E.1	Allgemeines	97
E.2	Für die Gleistragplatten zu überprüfende Angaben	97
E.3	Beispiel für die Häufigkeit der Prüfungen	99
Literaturhinweise		100

Vorwort

Dieses Dokument (prEN 16432-2:2015) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Diese Europäische Norm ist Teil der Normenreihe prEN 16432 *Bahnanwendungen — Feste Fahrbahn-Systeme* und besteht aus folgenden Teilen:

- *Teil 1: Allgemeine Anforderungen*
- *Teil 2: Teilsysteme und Komponenten*
- *Teil 3: Abnahme*

Einleitung

Dieser Teil der Normenreihe prEN 16432 behandelt die Bemessung von Festen Fahrbahn-Systemen, Teilsystemen und Komponenten, und ist im Zusammenhang mit den folgenden Teilen zu verwenden:

- Teil 1: Allgemeine Anforderungen;
- Teil 3: Abnahme.

Ein Festes Fahrbahn-System (FF-System) darf aus den in Bild 2 dargestellten Teilsystemen und Komponenten bestehen, ist jedoch nicht darauf beschränkt. Diese müssen in Übereinstimmung mit den Anforderungen in dieser Norm oder, wenn zutreffend, mit anderen bestehenden Europäischen Normen nach Bild 1 konstruiert werden.

ANMERKUNG Typische Beispiele dafür sind Schienen, die in EN 13674-1, EN 13674-2 und EN 13674-3 festgelegt sind, oder Schienenbefestigungen für FF-Systeme nach EN 13481-5.

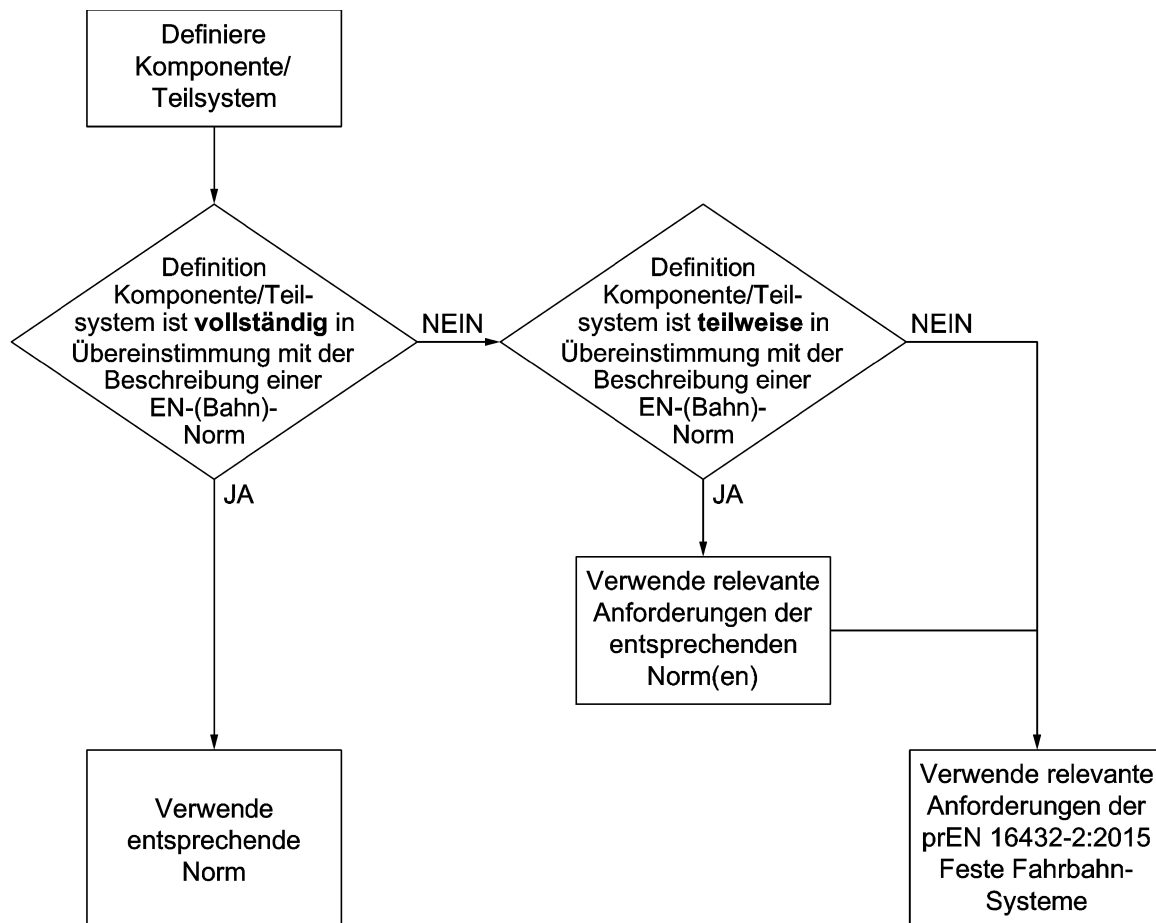


Bild 1 — Auswahl anwendbarer Normen

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der prEN 16432 behandelt die Bemessung von System und Teilsystem und die Anordnung der Komponenten für Feste Fahrbahn-Systeme (FF-Systeme).

Die Entwurfsanforderungen an das System und das Teilsystem sind prEN 16432-1:2015 entnommen. Auf Anforderungen an bestehende Teilsysteme oder Komponenten aus anderen Normen ist zu verweisen, sofern zutreffend.

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).

prEN 197-1:2014, *Zement — Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement*

EN 206, *Beton — Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität*

EN 206-1, *Beton — Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität*

EN 1097-6, *Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen — Teil 6: Bestimmung der Rohdichte und der Wasseraufnahme*

EN 1992 Normenreihe, Eurocodes

EN 1992-1-1:2004, Eurocode 2: *Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*

EN 1992-2:2005, Eurocode 2: *Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 2: Betonbrücken — Bemessungs- und Konstruktionsregeln*

EN 10080, *Stahl für die Bewehrung von Beton — Schweißgeeigneter Betonstahl — Allgemeines*

EN 10138 Normenreihe, *Spannstähle*

EN 12620, *Gesteinskörnungen für Beton*

prEN 13043:2011, *Gesteinskörnungen für Asphalt und Oberflächenbehandlungen für Straßen, Flugplätze und andere Verkehrsflächen*

prEN 13108-1:2013, *Asphaltemischgut — Mischgutanforderungen — Teil 1: Asphaltbeton*

prEN 13108-5:2013, *Asphaltemischgut — Mischgutanforderungen — Teil 5: Splittmastixasphalt*

prEN 13230-1:2014, *Bahnanwendungen — Oberbau — Gleis- und Weichenschwellen aus Beton — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

prEN 13230-2:2014, *Bahnanwendungen — Oberbau — Gleis- und Weichenschwellen aus Beton — Teil 2: Spannbeton-Monoblockschwellen*

prEN 13230-3:2014, *Bahnanwendungen — Oberbau — Gleis- und Weichenschwellen aus Beton — Teil 3: Bewehrte Zweiblockschwellen*

prEN 13230-4:2014, *Bahnanwendungen — Oberbau — Gleis- und Weichenschwellen aus Beton — Teil 4: Spannbetonschwellen für Weichen und Kreuzungen*

prEN 13230-5:2014, *Bahnanwendungen — Oberbau — Gleis- und Weichenschwellen aus Beton — Teil 5: Sonderformen*

prEN 13230-6:2014, *Bahnanwendungen — Oberbau — Gleis- und Weichenschwellen aus Beton — Teil 6: Bemessung*

EN 13242, *Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische für den Ingenieur- und Straßenbau*

EN 13285, *Ungebundene Gemische — Anforderungen*

EN 13286-47, *Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische — Teil 47: Prüfverfahren zur Bestimmung des CBR-Wertes (California bearing ratio), des direkten Tragindex (IBI) und des linearen Schwellwertes*

EN 13369:2013, *Allgemeine Regeln für Betonfertigteile*

EN 13481 Normenreihe, *Bahnanwendungen — Oberbau — Leistungsanforderungen für Schienenbefestigungssysteme*

EN 13481-5, *Bahnanwendungen — Oberbau — Leistungsanforderungen für Schienenbefestigungssysteme — Teil 5: Befestigungssysteme für feste Fahrbahn mit aufgesetzten oder in Kanälen eingebetteten Schienen*

EN 13674-1, *Bahnanwendungen — Oberbau — Schienen — Teil 1: Vignolschienen ab 46 kg/m*

EN 13674-2, *Bahnanwendungen — Oberbau — Schienen — Teil 2: Schienen für Weichen und Kreuzungen, die in Verbindung mit Vignolschienen ab 46 kg/m verwendet werden*

EN 13674-3, *Bahnanwendungen — Oberbau — Schienen — Teil 3: Radlenkerschienen*

EN 13877-1:2013, *Fahrbahnbefestigungen aus Beton — Teil 1: Baustoffe*

EN 13877-2:2013, *Fahrbahnbefestigungen aus Beton — Teil 2: Funktionale Anforderungen an Fahrbahnbefestigungen aus Beton*

EN 13877-3:2004, *Fahrbahnbefestigungen aus Beton — Teil 3: Anforderungen an Dübel für Fahrbahnbefestigungen aus Beton*

EN 14023, *Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel — Rahmenwerk für die Spezifikation von polymermodifizierten Bitumen*

EN 14227-1, *Hydraulisch gebundene Gemische — Anforderungen — Teil 1: Zementgebundene Gemische*

prEN 16432-1:2015, *Bahnanwendungen — Feste Fahrbahn-Systeme — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Fahrbahn

durchgehend flächige, geschichtete Struktur, die eine feste und dauerhafte Oberfläche bildet

3.2

Systementwurf

Begriff für den Prozess eines systematischen Ansatzes, um sicherzustellen, dass alle spezifizierten Elemente zur Erfüllung der Leistungsanforderungen zusammenwirken

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser Prozess bezieht den Umgang mit den allgemeinen Anforderungen für FF-Systeme nach prEN 16432-1:2015 mit ein und kombiniert diese zu einer Reihe von Szenarien zur Analyse und für Lösungen, damit endgültige Abmessungen und eine zufriedenstellende Spezifikation erreicht werden.

3.3

Systemsicherungsplan

legt fest, wie ein System den Nachweis erbringt, dass es den Leistungsanforderungen entspricht und definiert die Annahmekriterien, durch welche die Leistungsfähigkeit überprüft wird

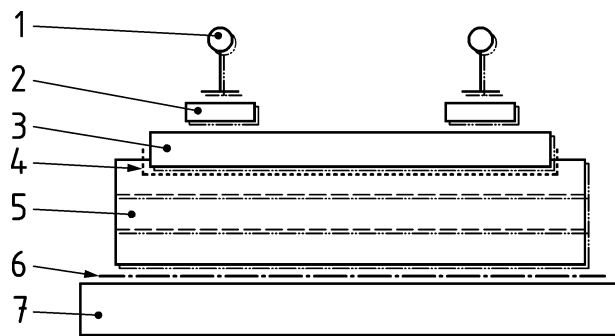
4 Symbole und Abkürzungen

AC	Asphaltbeton (en: asphalt concrete)
CRCP	durchgehend bewehrte Fahrbahn aus Beton (en: continuously reinforced concrete pavement)
CTB	zementverfestigte Tragschicht (en: cement treated base layer)
FEM	Finite-Elemente-Methode
FMEA	Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse
FST	elastisch gelagerte Gleistragplatte (en: floating slab track)
JPCP	unbewehrte Fahrbahn aus Beton mit Fugen (en: jointed plain concrete pavement)
PmB	polymermodifiziertes Bitumen
RAMS	Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit, Sicherheit (en: reliability, availability, maintainability, safety)
SLS	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (en: serviceability limit state)
SMA	Splittmastixasphalt
ULS	Grenzzustand der Tragfähigkeit (en: ultimate limit state)

5 Allgemeines

5.1 Festes Fahrbahn-System, Teilsystem und Komponenten

Ein FF-System darf aus den in Bild 2 dargestellten Ebenen von Teilsystemen und Komponenten bestehen (ist jedoch nicht darauf beschränkt).



Legende	Einheit	Typ
1	Schiene/Weiche und Kreuzung	Teilsystem
2	Befestigungssystem/System für eingebettete Schienen	Teilsystem
-	Spannelement, Klemme, Zwischenlage usw.	Komponente
-	Haftmittel	Komponente
3	Fertigteil	Teilsystem
-	Gleisschwelle, Block	Komponente
-	Gleistragplatte, Rahmen	Komponente
4	Zwischenschicht, Schuh, Befestigung	Komponente
-	Füllbetonschicht	Komponente
5	Fahrbahn	Teilsystem
-	Ein-, mehrschichtige Fahrbahn	Komponente
-	Tragschicht	Komponente
6	Zwischenschicht	Teilsystem
-	Folie, Plane	Komponente
-	Ausgleichsschicht	Komponente
7	Unterbau	System

Bild 2 — FF-System — Teilsysteme und Komponenten

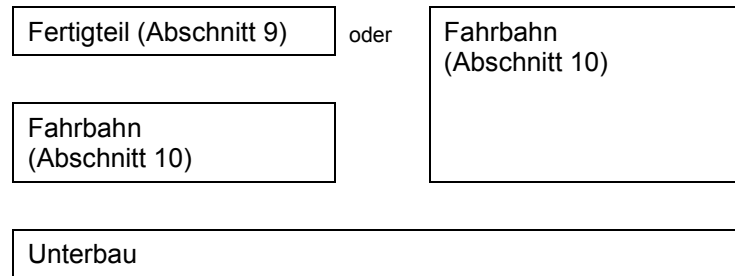
Bild 2 zeigt den Aufbau eines FF-Systems nach Ebenen von Teilsystemen und Komponenten. Die Reihenfolge der Teilsysteme in vertikaler Richtung sowie das Vorhandensein oder das Fehlen von Teilsystemen und Komponenten innerhalb des FF-Systems hängt von der jeweiligen Konstruktion ab. Zwischenschichten dürfen an verschiedenen Teilsystem-Schnittstellen (Ebenen) verwendet werden, daher werden die Zwischenschichten nicht explizit dargestellt.

5.2 Teilsystemkonfiguration

5.2.1 FF-System mit kontinuierlicher Lagerung oder eingebetteten Schienen

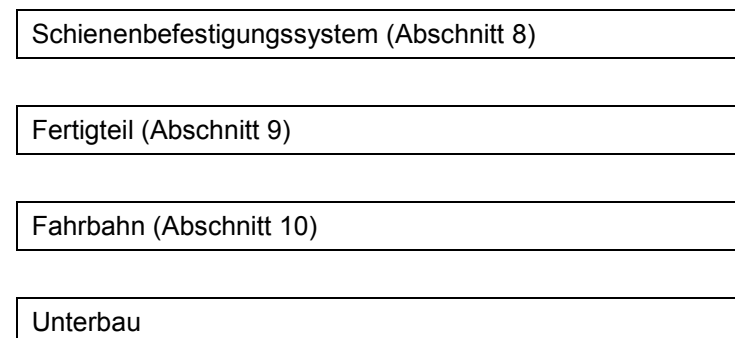
Die Schienen sind eingeklebt oder eingebunden, jedoch nur bis auf Höhe des Schienenkopfs. Die Einklebung oder Einbindung muss eine hohe Elastizität in Übereinstimmung mit den Anforderungen an die Steifigkeit bieten.

Die Tragkonstruktion (Fertigteil oder Fahrbahn) muss mit Spurkanälen oder anderen Komponenten zur Kontrolle der Schienengeometrie und zur Ableitung der Lasten ausgestattet sein.

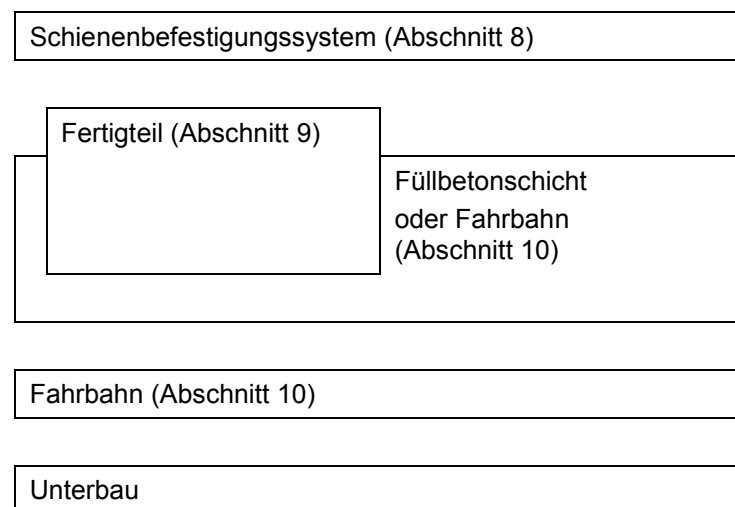


5.2.2 FF-System mit Einzelstützpunkten (Befestigungssystemen)

5.2.2.1 FF-System mit Einzelstützpunkten auf Fertigteilen, die von einer Fahrbahn getragen werden



5.2.2.2 FF-System mit Einzelstützpunkten auf Fertigteilen, die unabhängig von der umgebenden Füllbetonschicht oder der Fahrbahn sind



5.2.2.3 FF-System mit Einzelstützpunkten auf Fertigteilen, die monolithisch in eine Fahrbahn integriert sind

Schienenbefestigungssystem (Abschnitt 8)

Fertigteil (Abschnitt 9)
Fahrbahn (Abschnitt 10)

Unterbau

5.2.2.4 FF-System mit Einzelstützpunkten auf einer Betontragschicht

Schienenbefestigungssystem (Abschnitt 8)

Fahrbahn (Abschnitt 10)

Unterbau

6 Systementwurf

6.1 Festlegung der Systemkriterien

Der gesamte Systementwurf muss sicherstellen, dass das FF-System während seiner vorgegebenen Lebensdauer sicher und effektiv mit den Schnittstellenelementen des Transportsystems integriert ist. Dies schließt Auswirkungen auf und von folgenden Systemen mit ein:

- Signalsystem (einschließlich Induktionseffekten, Interferenzen der Bewehrung usw.);
- Unterbau (z. B. Erdbauten, Fundamente, Tunnel, Brücken, Viadukte usw.);
- elektrische Stromversorgung (z. B. Anforderungen an Streuströme, Zugang zu Kabeln usw.);
- andere elektrische Systeme (z. B. Telekommunikation);
- betriebliche Einrichtungen (z. B. Entwässerung, Instandhaltbarkeit und Zugänglichkeit).

Dies kann ein erstes Konzept erforderlich machen, um die anwendbaren allgemeinen Anforderungen zu verdeutlichen, einschließlich:

- Verständnis der Interaktion des Systems mit den vorhandenen Unterbauten und Interpretation der notwendigen Parameter, die diese beeinflussen, wie z. B. Setzung, Einsenkung usw.;
- Erfassung der geforderten Verkehrs- und außergewöhnlichen Belastungen (einschließlich dynamischer Wirkungen);
- Erfassung der anderen umgebungsbedingten Einwirkungen (einschließlich Entwässerung usw.);
- Risikofaktoren, die die Dauerfunktionstüchtigkeit beeinträchtigen, wie z. B. Schwinden, Eindringen von Wasser, Temperatur usw.;

- Verständnis der Schnittstellen insbesondere derjenigen, die durch Übergänge in und zwischen Unterbauten und Gleiskomponenten entstehen, wie z. B. Weichen und Kreuzungen;
- Parameter, die das Umweltverhalten beeinflussen (z. B. Schwingungsemissionen);
- Kombination von Annahmen oder Angaben hinsichtlich:
 - Bauverfahren;
 - Gleislagestabilität in vertikaler, lateraler und längsgerichteter Richtung, unter Einbeziehung der dynamischen Effekte;
 - Schiene und Komponenten für ihre Befestigung.

6.2 Systemsicherungsplan

Der Systemsicherungsplan sollte während des Entwurfsprozesses erstellt und überarbeitet werden.

Die Abnahmekriterien dürfen auf Grundlage von Risiken festgelegt werden und dürfen physikalische Prüfungen und/oder Simulationsverfahren miteinbeziehen.

6.3 Systemintegration

Durch die Systemintegration wird sichergestellt, dass die Kompatibilität zwischen Teilsystemen des Gleises und externen Schnittstellen ausreichend berücksichtigt wird. Dies muss auch Schadens- und Ausfallarten des FF-Systems, des Teilsystems und der Komponenten miteinbeziehen.

Danach kann der detaillierte Entwurfsprozess strukturiert werden, damit sichergestellt ist, dass alle Komponenten (z. B. Schichten usw.) berücksichtigt werden und die Interaktionen, interne Lasten und Auswirkungen der Lastverteilung behandelt werden.

Es können verschiedene Ansätze verwendet werden, um sicherzustellen, dass alle Aspekte berücksichtigt werden, einschließlich:

- Risikomanagement;
- FMEA;
- RAMS;
- Analyse des Grenzzustands.

6.4 Vertikale Gleissteifigkeit

Das FF-System muss eine gewisse Elastizität für die Lastverteilung und für die Dämpfung dynamischer Belastungen aufweisen. Die Schieneneinsenkung unter dem Rad sollte entlang des Gleises gleichmäßig sein. Änderungen in der Gleissteifigkeit müssen entlang einer bestimmten Übergangslänge allmählich durchgeführt werden.

Als Richtwert für die vertikale dynamische Gleissteifigkeit darf $c_{\text{Track, dyn}} = 100 \text{ kN/mm}$ angenommen werden, sofern nicht anders festgelegt. Dieser Richtwert entspricht einer Schieneneinsenkung in einem Bereich von 1,0 mm bis 1,5 mm.

ANMERKUNG Dieser Wert bezieht sich auf eine Achslast von 20 t, was einer Radkraft von $Q = 100 \text{ kN}$ entspricht.

Bei einem FF-System, das für die Schwingungsdämpfung ausgelegt ist und andere spezielle Situationen, darf dieser Bereich erweitert werden.

Zum Erreichen einer ausreichenden Lastverteilung zwischen Schiene und dem stützenden Teilsystem, muss die Steifigkeit des Stützpunkts (Befestigungssystems) der Schieneneinsenkung von 1,0 mm bis 1,5 mm entsprechen.

Für Entwurfsberechnungen nach Anhang A darf eine Steifigkeit des Stützpunkts $c_{\text{stat}} = 40 \text{ kN/mm}$ verwendet werden, um Änderungen der Steifigkeit des Stützpunkts auszugleichen, die durch extrem kalte Temperaturbedingungen und Alterung hervorgerufen werden.

6.5 Gleislagestabilität

Die Gleislagestabilität muss in lateraler und vertikaler Richtung nachgewiesen werden durch einen oder mehrere Parameter:

- das Trägheitsmoment, oder
- Verbund bzw. Verbundelemente an den Schnittstellen zwischen Teilsystemen und Komponenten zur Aufnahme horizontaler Kräfte;
- Widerstand nach prEN 16432-1:2015, 6.2, wobei der Gleisverschiebewiderstand durch eine laterale Verschiebung von nicht mehr als 2 mm erreicht werden muss.

6.6 Lastverteilung und -übertragung durch Teilsysteme und Komponenten

6.6.1 Grundsätze der Bemessung

Die Schiene, ob eingebettet oder mit einer Schienenbefestigung auf einem Fertigteil oder auf einer Fahrbahn montiert, muss nach prEN 16432-1:2015 als ein Balken auf einer durchgehenden oder diskret gelagerten elastischen Bettung betrachtet werden. Das Trägheitsmoment des Schienenprofils, der Abstand der Schienenbefestigungssysteme sowie die Stützpunktsteifigkeit beeinflussen die Verteilung der an der Schiene angreifenden vertikalen und horizontalen Kräfte in Längsrichtung. Daher ist der Maximalwert aus dem gewählten Lastmodells, welches auf die Stützpunkte wirkt, nur ein Anteil des entsprechenden Maximalwerts der Bemessungslast, welche auf die Schiene wirkt.

Die Tragkonstruktion aus Fertigteilen und/oder einer Fahrbahn (einzel-/mehrfachgeschichtet) muss so bemessen sein, dass sie die Last durch Biegung (Balken und Rahmen hauptsächlich in Längsrichtung; Gleistragplatten in Längs- und Querrichtung) auf den Unterbau verteilt. Das Biegeverhalten muss elastisch und je nach Ausführung des Systems (z. B. Asphaltsschichten, die als Zwischen- oder Ausgleichsschicht in Tunnelböden verwendet werden) ohne oder mit begrenzten plastischen Verformungen sein.

Die Bemessung muss auf festgelegten Teilsystemen und/oder Komponenten und den entsprechenden Materialeigenschaften (z. B. Ermüdungsfestigkeit, Temperaturkoeffizient usw.) erfolgen. Die endgültige Konstruktion (Querschnitt, Abmessungen, Beschreibung der Komponenten, zu verwendende Materialien und Herstellverfahren) sowie das/die angewendete(n) Bemessungsverfahren müssen dokumentiert werden.

Die Bemessungsberechnung für das FF-System darf durch die folgenden zwei Ansätze durchgeführt werden:

- nach den analytischen Berechnungen in den Anhängen A, B und C;
- durch Werkzeuge der numerischen Verfahren (z. B. FEM), welche durch die analytischen Berechnungen nach den Anhängen A, B und C kalibriert sind.

ANMERKUNG Die Richtigkeit der Bemessung auf Grundlage von numerischen Verfahren (z. B. FEM) hängt stark von den individuellen Entscheidungen des Bedieners im Hinblick auf die Idealisierung des Modells (hauptsächlich Randbedingungen), Diskretisierung (hauptsächlich Netzeinteilung) und Konvergenzbedingungen für die Lösungen (hauptsächlich für nichtlineare Berechnungen) ab. Demzufolge erfordert die Bemessung des FF-Systems auf Grundlage von numerischen Verfahren eine Überprüfung durch analytische Methoden.

Nach den Anhängen A, B und C darf die berechnete Spannung des Teilsystems/der Komponente die bestimmte Festigkeit nicht überschreiten. Für die Systemoptimierung wird empfohlen, die numerischen Verfahren (FEM) zu verwenden, welche auf Grundlage von analytischen Verfahren kalibriert sind, siehe Anhänge A, B und C.

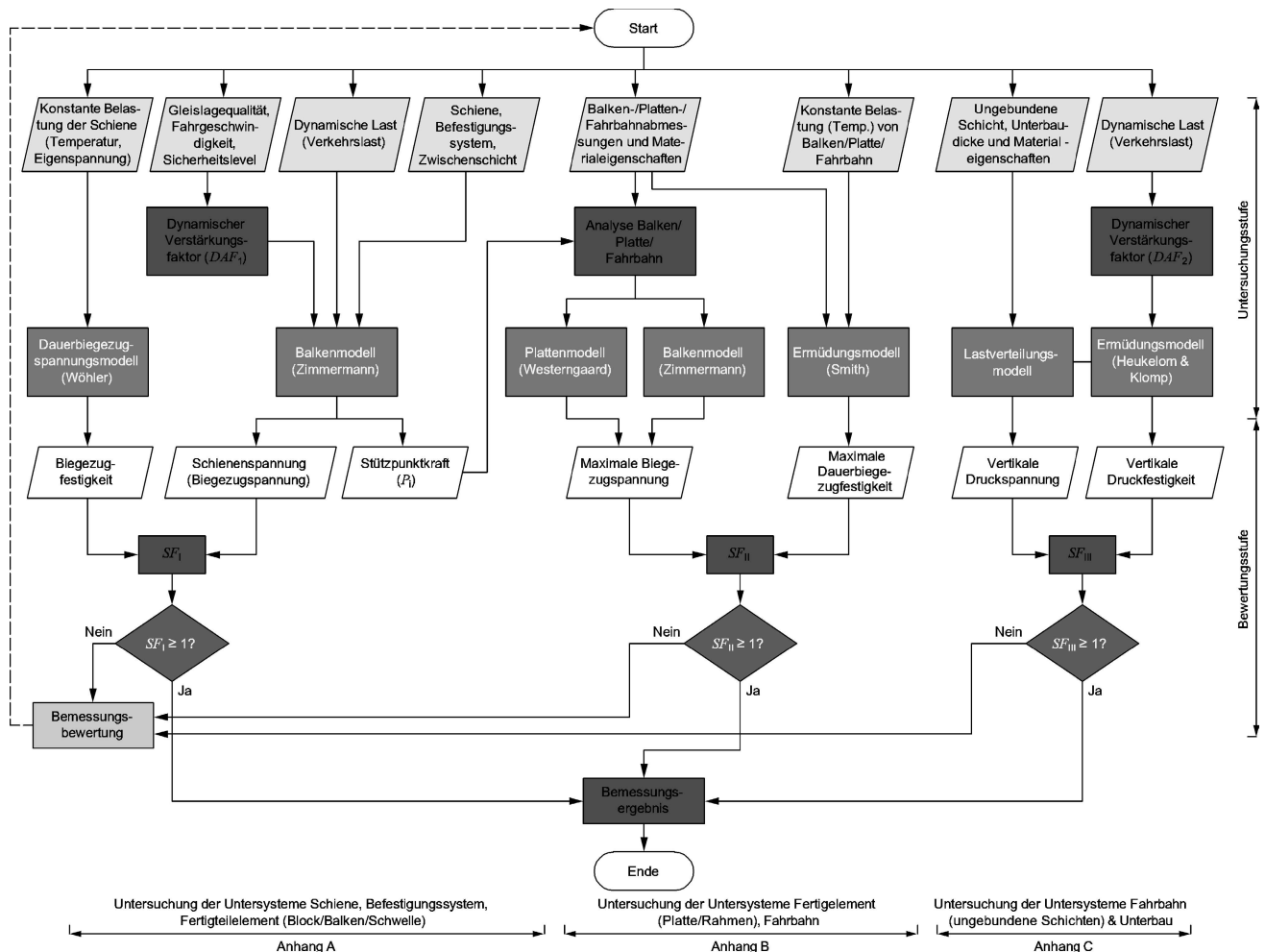
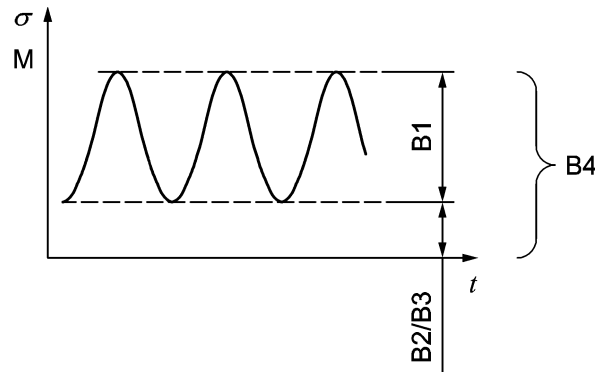


Bild 3 — Bemessung eines FF-Systems mit analytischen Methoden

Die Biegemomente und die entsprechenden Biegezugspannungen aus verschiedenen Lastfälle können getrennt voneinander bestimmt und abschließend überlagert werden, siehe Bild 4. Die Dauerbiegezugfestigkeit für dynamische Verkehrsbelastungen, welche mit vorhandenen konstanten Spannungen (z. B. Temperaturbelastung) berechnet werden, muss höher sein als die Spannung, welche durch die gegebene Verkehrsbelastung (einschließlich statischer und dynamischer Faktoren) erzeugt wird.



Legende

- B1** Bestimmung des Biegemoments (Biegezugspannungen) infolge von Stützpunktlasten
B2 Bestimmung des durch den Temperaturgradienten verursachten Biegemoments Δt [K/mm] von tragenden Teilsystemen wie Gleistragplatten, Rahmen oder Balken infolge Oberflächenerwärmung
B3 Bestimmung der durch Abkühlung ΔT [K] verursachten Zugkraft von tragenden Teilsystemen wie Gleistragplatten, Fahrbahnen, Rahmen oder Balken
B4 Überlagerung von Biegemomenten aus Verkehrsbelastung und Wärmeeinwirkung
M Biegemoment

Bild 4 — Ermüdungsmodellierung – Überlagerung von konstanten und wechselnden Lasten

6.6.2 Berechnungsschritte

6.6.2.1 Bestimmung des Biegemoments (Biegezugspannung) infolge von Stützpunktlasten (B1)

Die analytischen Modelle, siehe Anhang B.1, sind folgende:

Elastisch gelagerte Platte nach Winkler (Westergaard) zur Bestimmung der längsgerichteten und lateralen Biegemomente und elastisch gelagerter Balken (Zimmermann) zur Bestimmung des längsgerichteten Biegemoments. Die höheren Werte für die längsgerichtete Spannung muss als B1 verwendet werden.

Alternativ können folgende numerische Verfahren verwendet werden:

- FEM für die Bemessung des Systems einschließlich Teilsystemen und/oder Komponenten;
- die Mehrschichtentheorie anwendbar nur für Asphaltfahrbahnen.

6.6.2.2 Bestimmung des durch den Temperaturgradienten verursachten Biegemoments Δt [K/mm] von tragenden Teilsystemen wie Gleistragplatten, Rahmen oder Balken infolge Oberflächenerwärmung (B2)

Die analytischen Verfahren sind randgestützte Balken oder Platten, siehe Anhang B.2.2. Ein alternatives numerisches Verfahren ist FEM.

ANMERKUNG Der Temperaturgradient Δt durch Oberflächenabkühlung ist weitaus geringer und deshalb für die Bemessung nicht relevant.

6.6.2.3 Bestimmung der durch Abkühlung ΔT [K] verursachten Zugkraft von tragenden Teilsystemen wie Gleistragplatten, Fahrbahnen, Rahmen oder Balken (B3)

Das analytische Verfahren ist das des Reibungsmodells oder CRCP-Modells nach Anhang B.2.1. Ein alternatives Verfahren ist FEM.

6.6.2.4 Überlagerung von Biegemomenten aus Verkehrsbelastung und Wärmeeinwirkung (B4)

Die Lastüberlagerung darf nach dem Ermüdungsmodell (Smith) vorgenommen werden, siehe Anhang B.3. Ein alternatives Verfahren ist FEM.

6.6.3 Bestimmung der Kräfte (Schienenstützpunkte) zwischen den Teilsystemen Schienenbefestigungssystem und Tragkonstruktion (Fertigteil oder Fahrbahn)

6.6.3.1 Vertikale Stützpunktlasten

Zum Bestimmen der vertikalen Belastungen zwischen Schiene und Tragkonstruktion (Fertigteil/Fahrbahn) darf das folgende Verfahren angewendet werden:

- charakteristischer (statischer) Lastfall, der auf die Schiene wirkt und quasistatische, dynamische Auswirkungen, die nach prEN 16432-1:2015 ausgewählt wurden;
- durch ein Befestigungssystem gehaltene oder eingebettete Schiene, die als unendlicher langer Balken mit einzelner oder durchgehender elastischer Bettung (Winkler) modelliert wird, um Stützpunktlasten zu berechnen, die zwischen Schiene und Tragkonstruktion wirken, siehe Anhang A oder durch die in Anhang A kalibrierte FEM.

Die Stützpunktlasten müssen zusammen mit folgenden Parametern angegeben werden: Kraft [N], Kontaktfläche [mm²] oder vertikale Spannung [N/mm²].

Falls Fertigteile (z. B. Betonblöcke, Gleisschwellen) verwendet werden, um die Lasten in die Tragkonstruktion weiter zu verteilen, kann eine entsprechende Vergrößerung der Kontaktfläche berücksichtigt werden, siehe Anhang B.

6.6.3.2 Laterale Stützpunktkräfte

Die lateralen Lasten nach prEN 16432-1:2015 dürfen in Übereinstimmung mit der lateralen Steifigkeit des FF-System in Längsrichtung verteilt werden.

Wenn die laterale Steifigkeit des FF-Systems nicht bestimmt werden kann, darf die horizontale Kraft wie folgt verteilt werden:

- 60 % der horizontale Radlast, die auf den Stützpunkt unter dem Rad wirkt;
- 20 % der horizontale Radlast, die jeweils auf die Stützpunkte vor und nach dem Rad wirkt.

Bei einem System mit eingebetteten Schienen dürfen die Stützpunktlasten auf entsprechende Abschnitte mit jeweils einer Länge von 650 mm verteilt werden.

6.6.4 Belastung des Fertigteils und Lastverteilung

Die vertikale und horizontale Belastung von Fertigteilen unterscheidet sich je nach Beitrag zur Gesamttragfähigkeit durch:

- hauptsächliche Lastverteilung durch Erhöhen der Kontaktfläche (Blöcke);
- hauptsächliche Lastverteilung durch Querbiegung (Gleisschwellen) oder Längsbiegung (Balken oder Rahmen) oder die Kombination von beiden (Gleistragplatten/Fahrbahn).

6.6.4.1 Belastung von Querelementen (Gleisschwellen) und Lastverteilung in Querrichtung

Die Belastung der Gleisschwellen, die ein eigenständiges Teilsystem darstellen (Gleisschwelle auf Tragschicht aufgelagert), muss nach den Verfahren von prEN 13230-6:2014 erfolgen. Eurocodes sind nicht anwendbar.

Die positiven und negativen Biegemomente dürfen aus den Stützpunktkräften nach prEN 13230-6:2014 berechnet werden.

prEN 13230-6:2014 ist ebenfalls auf alle Fertigteile anwendbar, die der Funktion und den Bemessungsprinzipien der Gleisschwellen folgen.

6.6.4.2 Längsgerichtete Belastung der Balken und Rahmen sowie längsgerichtete Lastverteilung

Bemessungskriterien für längsgerichtete Tragwerke, die die Belastung durch Biegung verteilen (Biegefestigkeit) sind die auftretenden maximalen Biegezugspannungen. Der Längsbalken mit durchgehender elastischer Lagerung (Winkler) darf als Bemessungsmodell verwendet werden, siehe Anhang B oder nach Anhang A kalibrierte FEM.

Es muss die maßgebliche Kombination von Stützpunktlasten (vertikal/horizontal) zur Bestimmung des maximalen Biegemoments im Tragwerk verwendet werden. Stützpunktlasten, die eine Reduzierung des Biegemoments zur Folge haben, müssen aus dem Modell entfernt werden. Folglich wird ein iterativer Ansatz zur Bestimmung der maßgebenden Anzahl und Anordnung der Stützpunktlasten benötigt.

Längsgerichtete Balken müssen miteinander (Rahmen) oder mit der Tragkonstruktion verbunden werden, die dafür ausgelegt ist, alle lateralen Belastungen aufzunehmen, siehe 6.6.3. Laterale Stützpunktlasten beeinflussen die Schienengeometrie und die Spurweite.

6.6.4.3 Belastung der Gleistragplatten oder Rahmen sowie längs- und quergerichtete Lastverteilung

Es können Modelle für die Fahrbahn, siehe 6.6.2, Anhang B oder nach Anhang B kalibrierte FEM angewendet werden. Begrenzte Abmessungen, Breite und Länge der Fertigteile, müssen bezüglich einer entsprechenden Reduzierung des Biegemoments und eines Anstiegs der Vertikalspannungen berücksichtigt werden.

FEM sollte mit Verwendung von Modellen angewandt werden, die nach Anhang B kalibriert sind.

6.6.5 Bemessung der Fahrbahn

6.6.5.1 Berechnungsmodelle und -grenzen

Bemessungskriterien für alle geschichteten Strukturen/Fahrbahnen sowie Fertigteilplatten, die nach den Bemessungsprinzipien für Fahrbahnen gefertigt sind und die Belastung durch Biegung (Biegezugfestigkeit) verteilen, sind die in der Schicht/den Schichten auftretenden maximalen Biegezugspannungen. Die Belastung von darunter liegenden Schichten (Tragschichten), die aus ungebundem Material bestehen muss anhand der vertikalen Druckspannungen bewertet werden, siehe Anhang C. Sicherheitsfaktoren, welche für Verkehrslasten zur Berechnung von Vertikalspannungen auf ungebundenem, körnigen Material angewendet werden, können nach Anhang C reduziert werden.

Die folgenden Modelle dürfen bei der Bemessung der Fahrbahn angewendet werden:

- Gleistragplatte und Balken mit durchgehender elastischer Lagerung (Winkler), die für Betontragschichten anwendbar sind sowie für andere Schichten mit hoher Biegefestigkeit und hoher Materialfestigkeit, siehe Anhang B oder FEM;
- die Mehrschichtentheorie (Halbraum) kann für die Bemessung von Asphalttragschichten sowie für ungebundene Schichten angewandt werden.

ANMERKUNG Zur Optimierung der Bemessung (besonders die einzelnen Schichtdicken und -breiten) wird dringend empfohlen die Finite-Elemente-Modelle anzuwenden, die kalibriert und anhand der in Anhang B angegebenen Bemessungsverfahren überprüft werden müssen.

Die maßgebliche Kombination von Stützpunktlasten muss zur Bestimmung des maximalen Biegemoments im System verwendet werden.

Die maßgebliche Biegezugspannung aller Schichten in einem Mehrschichtensystem muss berechnet werden. Die Spannungen dürfen die Dauerbiegezugfestigkeiten nicht überschreiten, siehe Anhang B.

6.6.5.2 Durchgehend bewehrte Betonfahrbahn (CRCP)

Die Auslegung von CRCP-Schichten basiert auf dem Rissverhalten, bei dem es sich um ungesteuerte oder gesteuerte Rissbildung handeln darf. Die durchschnittliche Rissbreite und der Rissabstand von CRCP mit ungesteuerter oder gesteuerter Rissbildung wird hauptsächlich durch den Bewehrungsgrad und die Zugfestigkeit des Betons beeinflusst. Die Berechnungen des Bewehrungsgrad und des Riss- bzw. Fugenabstands können nach Anhang B.2.2 oder anhand der FEM durchgeführt werden.

Die Dauerbiegezugfestigkeit darf nach Anhang B berechnet werden. Die höhere nach Anhang B.2.1 (Temperaturgradient Δt [K/mm]) und nach Anhang B.2.2 (Temperaturunterschied ΔT [K]) berechnete Spannung muss als zeitlich konstante Spannung zur Bestimmung der Dauerbiegezugfestigkeit angenommen werden.

ANMERKUNG 1 Typische Eingabeparameter für die Bemessung einer CRCP und Baustoffe der Tragschicht nach 10.1.2 sind:

- Elastizitätsmodul des Betons $E = 34\,000\text{ N/mm}^2$;
- Querdehnzahl des Betons $\mu = 0,16$;
- Wärmeausdehnungskoeffizient des Betons $\alpha_t = 1,0 \times 10^{-5}$;
- Elastizitätsmodul der Stahlbewehrung $E = 210\,000\text{ N/mm}^2$;
- Stahlbewehrung; Wärmeausdehnungskoeffizient $\alpha_t = 1,2 \times 10^{-5}$.

ANMERKUNG 2 Die aufnehmbare Dauerbiegezugspannung aus Verkehrslast beträgt üblicherweise $1,8\text{ N/mm}^2$ bis $2,0\text{ N/mm}^2$, je nach Abstand der Fugen.

6.6.5.3 Unbewehrte Betonfahrbahn mit Fugen (JPCP)

Die Konstruktion von JPCP basiert auf der kontrollierter Rissbildung durch Querscheinfugen. Die maximal zulässige Dauerbiegezugspannung aus Verkehrslast σ_Q darf durch die Verfahren aus Anhang B berechnet werden.

ANMERKUNG Typische Eingabeparameter für die Bemessung einer JPCP und Baustoffe der Betontragschicht nach 10.1.2 sind:

- Elastizitätsmodul des Betons $E = 34\,000\text{ N/mm}^2$;
- Poissonzahl des Betons $\mu = 0,16$;
- Wärmeausdehnungskoeffizient des Betons $\alpha_t = 1,0 \times 10^{-5}$.

6.6.5.4 Asphaltfahrbahnen

Die maximal zulässige Dauerbiegezugspannung aus Verkehrslast (B 1) darf durch die Verfahren aus Anhang B oder durch FEM berechnet werden. Die Optimierung der Bemessung darf auf dem Modell der Mehrschichtentheorie oder der FEM basieren.

Sofern nicht anders festgelegt, muss der Elastizitätsmodul auf $E = 5\,000\text{ N/mm}^2$ (jährlicher Mittelwert) und die mittlere Dauerbiegezugfestigkeit auf $0,80\text{ N/mm}^2$ festgelegt werden.

6.6.5.5 Tragschichten

6.6.5.5.1 Zementverfestigte oder bitumenhaltige Tragschicht

Die maximal zulässige Dauerbiegezugspannung aus Verkehrslast σ_Q darf durch die Verfahren aus Anhang B berechnet werden.

Für zementverfestigte Tragschichten gilt:

- Sofern nicht anders festgelegt, muss der Elastizitätsmodul auf einen Bereich von $E = 5\,000\text{ N/mm}^2$ bis $E = 10\,000\text{ N/mm}^2$ festgelegt werden. Bei einer Druckfestigkeit von $\geq 15\text{ N/mm}^2$, kann die maximal zulässige Dauerbiegezugspannung auf $0,80\text{ N/mm}^2$ gesetzt werden.

Für bitumenhaltige Tragschichten (Asphalt) gilt:

- Sofern nicht anders festgelegt, muss der Elastizitätsmodul auf $E = 5\,000\text{ N/mm}^2$ (jährlicher Mittelwert) und die mittlere Dauerbiegezugfestigkeit auf $0,80\text{ N/mm}^2$ festgelegt werden.

6.6.5.5.2 Ungebundene Tragschichten

Vertikale Spannungen, welche durch statische, quasistatische und dynamische Verkehrsbelastungen auf die ungebundenen Tragschichten wirken, können anhand der Einsenkung der Gleistragplatte oder der Fahrbahn berechnet werden.

$$\sigma_z = k \times y \quad (1)$$

Dabei ist

- σ_z die vertikale Spannung, in $[\text{N/mm}^2]$;
- k der Bettungsmodul, in $[\text{N/mm}^3]$, siehe Anhang B;
- y die vertikale Einsenkung der Gleistragplatte oder Fahrbahn, in $[\text{mm}]$.

Alternativ kann die vertikale Spannung durch die Lastverteilung in Übereinstimmung mit dem Verfahren in Anhang C berechnet werden.

Sofern nicht anders festgelegt, muss ein dynamischer Faktor von 1,17 entsprechend einem Vertrauensbereich von 68,7% (Standardabweichung $t = 1$) zur Bestimmung der dynamischen Spannung angewendet werden.

ANMERKUNG Ungebundene Schichten, Planum und Untergrund sind von der Gefahr einer Rissbildung oder anderen plötzlich auftretenden Versagen nicht betroffen. Die maßgebliche Versagensart ist eine ungleichmäßige, plastische Verformung entlang der Tragschicht von Gleistragplatte/Fahrbahn. Folglich darf der Vertrauensbereich zur Festlegung der dynamischen Faktoren zur Bemessung von solchen Teilsystemen auf 68,7 % reduziert werden.

Sofern nicht anders festgelegt, dürfen die durch Verkehrslasten auf ungebundenes, körniges Material (Bestimmung nach Anhang B und Anhang C) wirkenden vertikalen Spannungen $\sigma_z = 0,050\text{ N/mm}^2$ nicht überschreiten

oder

kann die maximal zulässige Spannung durch Verkehrslasten (vertikale Druckfestigkeit von ungebundenen Materialien) nach Heukelom und Klomp wie folgt berechnet werden:

$$\max \sigma_z = \frac{0,006 \times E_{\text{dyn}}}{1 + 0,7 \lg(n)} \quad (2)$$

Dabei ist

- $\max \sigma_z$ die maximal zulässige vertikale Spannung, in $[\text{N/mm}^2]$;
- n die Anzahl der Lastspiele; sofern nicht anders festgelegt $n = 2 \times 10^6$;
- E_{dyn} der dynamische Elastizitätsmodul, in $[\text{N/mm}^2]$; sofern nicht anders festgelegt $E_{\text{dyn}} = E_{\text{v2}}$.

6.7 Belastung des Unterbaus

Sofern nicht anders festgelegt, können die durch Verkehrslasten verursachten vertikalen Spannungen, die auf den Untergrund oder das Planum wirken, sowie die maximal zulässige vertikale Spannung (vertikale Druckfestigkeit) nach 6.6, Anhang C oder FEM bestimmt werden.

6.8 Übergänge

Eine Sonderkonstruktion ist erforderlich zwischen:

- FF-System und Schottergleis;
- verschiedene Arten von FF-Systemen (für die Übergänge der Steifigkeit).

Am Übergang zwischen FF-System und Schottergleis können verschiedene vertikale Einsenkungen der Schiene auftreten. Diese unterschiedlichen Einsenkungen können ähnliche Lastverteilungen wie bei einer plötzlichen Änderung der Steifigkeit bewirken, was zu einer erhöhten Setzung des Schottergleises und zu einer erhöhten Gefahr der Schädigung des Schottergleises führt.

Deshalb sollte der Übergangsbereich so bemessen werden, dass unterschiedliche Setzungen auf ein Minimum reduziert werden:

- am Übergang sollten keine schlagartigen Steifigkeitsänderungen auftreten. Aus diesem Grund können elastische Zwischenplatten bzw. -lagen, Schwellenbesohlungen oder Unterschottermatten verwendet werden;
- die Steifigkeit sollte so gewählt werden, dass die größere vertikale Einsenkung beibehalten wird;
- die Fahrbahn sollte unter dem Schotter weitergeführt werden;
- der Schotter könnte verklebt werden;
- es könnten zusätzliche Schienen verlegt werden, um die Lastverteilung zu erhöhen.

Jeder Steifigkeitsbereich sollte eine Mindestlänge von V [m/s] $\times$ 0,5 [s] oder die Mindestlänge des Wagens oder der Lokomotive aufweisen, wobei die größere Länge maßgebend ist. Der Unterschied in der Schieneneinsenkung über jede Zwischenlänge des Übergangs sollte 0,5 mm nicht überschreiten.

An einem Übergang zwischen verschiedenen FF-Systemen und unterschiedlichen, vertikalen Einsenkungen wird empfohlen, dass jeder Steifigkeitsbereich eine Mindestlänge von V [m/s] $\times$ 0,5 [s] oder die Mindestlänge des Wagens oder der Lokomotive aufweisen sollte, je nach größerer Länge. Der Unterschied in der Schieneneinsenkung über jede Zwischenlänge des Übergangs sollte 0,5 mm nicht überschreiten.

7 Schienen

Das zu berücksichtigende Schienenprofil muss EN 13674-1, EN 13674-2 und EN 13674-3 entsprechen. Falls andere Schienenprofile verwendet werden, muss die Funktionskompatibilität nachgewiesen werden.

8 Schienenbefestigungssysteme

8.1 Allgemeines

Die Leistungsanforderungen für Schienenbefestigungssysteme sind in EN 13481-5 festgelegt.

ANMERKUNG Die Prüfungsverfahren für Schienenbefestigungssysteme sind in der Normenreihe EN 13146 angegeben.

8.1.1 Berücksichtigung der Befestigungssysteme für die Bemessung des FF-Systems

Bei der Bemessung eines FF-Systems müssen die kombinierten, elastischen Eigenschaften aller Befestigungselemente berücksichtigt werden, z. B. die Verwendung von elastischen Befestigungen auf einer elastisch gelagerten Gleistragplatte (FST).

8.1.2 Stützpunktabstand

Falls die Schiene nicht kontinuierlich gelagert ist, ist sie üblicherweise in einem Abstand von 0,6 m bis 0,75 m befestigt. Abstände außerhalb dieses Bereichs müssen einzeln auf Grundlage der Verkehrsbeanspruchungen, der Gleisgeometrie und der Fahrgeschwindigkeit bewertet werden. Diese Abstände sind durch geeignete Prüfdaten zu stützen.

8.1.3 Regulierung

Die Regulierbarkeit der Schienenbefestigungssysteme muss aus folgenden Gründen als wesentlich betrachtet werden:

- für den Umgang mit Komponentenverschleiß, Gleissetzung und/oder anderen, nicht berücksichtigten Bewegungen;
- um die erforderliche laterale und vertikale Schienenjustierung für die Erfüllung der Spurtoleranz zu liefern.

9 Fertigteilelemente

9.1 Allgemeines

Die integrierten Fertigteile ergeben FF-Systeme in Kombination mit vor Ort hergestellten Bauteilen, wie Füllschichten, Fahrbahnen, hydraulisch gebundenen Tragschichten usw.. Die Eigenschaften der Fertigteile, der vor Ort hergestellten Elemente und ihrer Verbundeigenschaften bestimmen das Systemverhalten hinsichtlich der Gleisstabilität und der Systemsteifigkeit. Die Eigenschaften eines steifen oder elastischen Gleises müssen in der Bemessung des Systems und in der Berechnung des Gleismodells mit einbezogen werden.

Es gibt zwei Arten von Fertigteilen. Die erste besteht aus Elementen mit geringer Größe oder linearen Elementen, wie Gleisschwellen, Betonblöcke und Weichenschwellen. Die zweite besteht aus Elementen mit zweidimensionaler Tragwirkung, wie Gleistragplatten, Rahmen usw.

Die integrierten Fertigteile ergeben FF-Systeme in Kombination mit vor Ort hergestellten Bauteilen, wie Füllschichten, Fahrbahnen, hydraulisch gebundenen Tragschichten usw..

Die Eigenschaften der Fertigteile, der vor Ort hergestellten Elemente und ihrer Verbundeigenschaften bestimmen das Systemverhalten hinsichtlich der Gleisstabilität und der Systemsteifigkeit.

9.1.1 Füllschicht

Falls vorgefertigte Betonblöcke oder Gleisschwellen verwendet werden (trifft nicht bei Fertigteilplatten zu), bildet die Oberfläche der Füllschicht die Oberseite des FF-Systems.

Die Oberfläche muss eben sein, mit dem integrierten Gefälle zur Entwässerung und aus dauerhaftem Material hergestellt sein.

Zusätzlich zur Beschreibung in 10.1.3 wird die Füllschicht in Kombination mit den Fertigteilelementen auf einer Fahrbahnschicht hergestellt. Sie wird in einem zweiten Arbeitsschritt nach der Fertigstellung der Fahrbahnschicht und der Installation der Fertigteilelemente hergestellt. Die Füllschicht muss als monolithische Struktur dienen, welche die Fertigteilelemente mit dem Gleissystem verbindet und Verbund zur Fahrbahnschicht herstellt.

9.1.2 Füllbetonschicht

Die Füllbetonschicht wird als eine eigene Schicht aus Beton zum Untergießen von Gleisschwellen, Betonblöcken oder anderen Fertigteilelementen gestaltet. Sie wird in einem zweiten Arbeitsschritt nach Herstellung der Fahrbahn und Installation der Fertigteile eingebaut. Weitere technische Bestimmungen bzgl. der Füllbetonschicht sind in 10.1.3.1 beschrieben. Zusätzlich muss die Füllbetonschicht für eine ausreichende Gleislagestabilität sorgen.

9.2 Generelle Entwurfskriterien

9.2.1 Für den allgemeinen Entwurf bereitzustellende Daten

- Geometrische und mechanische Daten zu jedem Element. Falls nichtlineare Berechnungsverfahren bei der Systembemessung vorgesehen sind, müssen Einzelheiten zur Bewehrung und die Stoffgesetze der Materialien angegeben werden;
- Eigenschaften der Verbindungen zu Elementen „in situ“ oder anderen Fertigteilelementen des Systems. Dabei sind punktförmige oder kontinuierlich, elastische oder steife, gebundene oder ungebundene Verbindungen maßgeblich. Das spezifische Last-Verformungs-Verhalten muss festgelegt werden;
- allgemeiner Bauprozess, einschließlich der Herstellung der Fertigteilelemente, Handhabung, Transport und Bauphasen, damit die Belastungen hinsichtlich dieser einzelnen Schritte berücksichtigt werden können.

9.2.2 Bemessung einzelner Fertigteilelemente

9.2.2.1 Lastverteilung und innere Kräfte

Als Ergebnis der Systembemessung erhält man die Lastverteilung und die auf die Fertigteile aus Beton wirkenden Kräfte des FF-Systems und die Kräfte und Spannungen, welche auf das Verbundsystem und die Verbindungen wirken.

Die Lastübertragung muss innerhalb einer Kontaktfläche stattfinden, die Spannungen im zulässigen Bereich, für das Fertigteil und die stützende Struktur ergibt.

9.2.2.2 Bemessung

Die allgemeinste Methode ist die Anwendung bestehender Normen für Elemente wie Gleisschwellen, Betonblöcke und Weichenschwellen. Dies wird in den Normenreihen prEN 13230:2014 und EN 13481 behandelt. Der Systementwickler muss Toleranzen der Fertigteilkomponenten nennen, welche die geforderte Gleisqualität des gesamten FF-Systems sicherstellen.

Für Elemente, wie Rahmen oder Gleistragplatten, die nicht von den oben genannten Normen abgedeckt sind, müssen allgemeine Bemessungsverfahren angewendet werden, z. B. nach der Normenreihe EN 1992.

9.3 Herstellverfahren

9.3.1 Allgemeine Anforderungen

Einzelheiten über die Produktionsstätte und deren Ausrüstung sind Teil des Verfahrens zur Fertigteilherstellung. Nachbehandlungsverfahren, Entschalung und Transportbedingungen der Fertigteilelemente aus Beton sind Teil des Herstellungsverfahrens. Jede Änderung im Herstellungsprozess muss überprüft und aufgezeichnet werden.

Die Temperatur des Betons und der Luft müssen mindestens während der Testphase der Herstellung überwacht werden. Falls die Beziehung zwischen Beton- und Lufttemperatur während aller Phasen der Nachbehandlung vorliegt, ist es zulässig, dass die Lufttemperatur innerhalb der unmittelbaren Umgebung der Nachbehandlung anstatt der Betontemperatur gemessen wird.

Beim Messen der Temperatur im Beton, ist diese so nah wie möglich am Mittelpunkt der Tiefe und der Breite des Elements zu messen.

9.3.2 Nachbehandlung

Die Nachbehandlung und der Schutz sollten so bald wie möglich nach dem Verdichten des Betons beginnen und nach prEN 13230-1:2014, 6.2, Bild 4 und Bild 5 fortgeführt werden, um Dauerhaftigkeit sicherzustellen.

Das Nachbehandlungsverfahren muss in Übereinstimmung mit den festgelegten Schnittstellenbedingungen ausgewählt werden, z. B. der in der Bemessung festgelegte Verbund.

9.3.3 Oberflächenbeschaffenheit

Zur Spezifikation der Oberflächeneigenschaften eines Fertigteils sollte Bezug genommen werden auf prEN 13230-1:2014 für Gleis- und Weichenschwellen aus Beton und EN 13369:2013, Anhang J.4 in welcher die Oberflächen anderer Fertigteile beschrieben werden.

9.3.4 Kennzeichnung

Es wird empfohlen jedes Element dauerhaft zu kennzeichnen, damit die Rückverfolgbarkeit sichergestellt ist.

9.4 Qualitätskontrolle

9.4.1 Allgemeines

Es muss ein Qualitätsmanagementsystem betrieben werden, das in einem Qualitätshandbuch definiert und fortgeschrieben wird. Dieses Handbuch muss alle Handlungen, Arbeitsabläufe, Hilfsmittel, Verfahren und Methoden aufzeichnen. Ebenso müssen Dokumente archiviert und bereitgestellt werden, welche nachweisen, dass die Qualität der gelieferten Betonelemente sowie die Serviceleistungen den Anforderungen entsprechen.

Das Qualitätshandbuch muss einen Qualitätsplan für die Herstellung von Betonelementen enthalten, der mindestens Folgendes festlegt und genau beschreibt:

- die Organisation, Struktur und Verantwortlichkeiten;
- alle Materialien, Prozesse und Verfahren zur Herstellung, Lagerung und Transport der Betonelemente;
- alle Prüfungsanforderungen einschließlich Festlegung der Prüfeinrichtung, Prüfverfahren, Häufigkeit der Durchführung der Prüfungen usw.;
- alle anderen Verfahren der Qualitätskontrolle zur Sicherstellung und Überprüfung, dass alle Betonelemente und Serviceleistungen den Anforderungen entsprechen.

ANMERKUNG Die Normenreihe DIN EN ISO 9000 ist ein Leitfaden für Qualitätsmanagementsysteme.

9.4.2 Qualitätskontrolle während der Bauartzulassungsprüfungen

Folgende Qualitätsdokumente für Fertigteile müssen mindestens für die Bauartzulassung vorgelegt werden:

- detaillierte Zeichnungen der Elemente und einbezogener Komponenten;
- detaillierte Angaben über das Bewehrungssystem (einschließlich Verankerungssystem für vorgespannte Elemente), wenn zutreffend;
- detaillierte Angaben über die Materialzusammensetzung;
- Verfahren, die darlegen, wie alle Anforderungen erfüllt werden. Dies schließt ein:
 - geometrische Prüfungen mit Beschreibung der Messmittel und Messverfahren für jede Abmessung;
 - Berechnungen und optionale Belastungstests an Betonelementen mit Beschreibung der Messmittel und -verfahren;
 - allgemeine Beschreibung des Herstellungsverfahrens;
 - ein Prüfbericht, der die Übereinstimmung der Elemente mit den Abmessungen und den maximalen festgelegten Toleranzen darstellt.

9.4.3 Qualitätskontrolle während der Herstellung

Vor Beginn der Herstellung muss ein Qualitätsplan, einschließlich aller Qualitätsdokumente bezüglich der Abnahme der Baustoffe und Herstellung der Betonelemente, erstellt werden.

Bei Routineprüfungen können alternative Versuchsanordnungen verwendet werden, wenn der Nachweis erbracht werden kann, dass die Ergebnisse mit den anerkannten Versuchsanordnungen eingehalten werden.

Der Qualitätsplan muss mindestens Folgendes detailliert angeben:

- Die Häufigkeit der Prüfung jeder Abmessungsanforderung;
- die Häufigkeit von Lastprüfungen auf Betonelementen, falls dies Teil der Qualitätskontrolle ist;
- die zum Verringern der Prüfabstände verwendeten Mechanismen, falls Mängel festgestellt werden;
- bei Auftreten von Fehlern: Maßnahmen, die Nachbesserungsarbeiten sicherstellen, die Konformität überprüfen oder die Abnahme der Lieferung nicht durchführen.

9.5 Betonschwellen, Weichenschwellen und Betonblöcke

- a) Betonschwellen, Weichenschwellen und Betonblöcke, die von Fahrbahnen getragen werden, sind in der Normenreihe prEN 13230:2014 festgelegt;
- b) Betonschwellen, Weichenschwellen und Betonblöcke, die unabhängig vom umgebenden Beton sind und durch steife Zwischenschichten oder Schnittstellen miteinander verbunden sind, sind in der Normenreihe prEN 13230:2014 festgelegt;
- c) Betonschwellen, Weichenschwellen und Betonblöcke, die unabhängig vom umgebenden Beton sind und durch elastische Zwischenschichten oder Schnittstellen miteinander verbunden sind, sind in den Normenreihen prEN 13230:2014 und EN 13481-5 festgelegt;
- d) wo Betonschwellen, Weichenschwellen und Betonblöcke in die Gleistragplatte oder die Fahrbahn integriert sind (monolithische Systeme) und dafür ausgelegt sind, zusammen der Belastung standzuhalten, muss ein beständiger Verbund mit der Gleistragplatte nachgewiesen werden. Außer für Bemessungen sind die maßgeblichen Verfahren in prEN 13230-1:2014, prEN 13230-2:2014, prEN 13230-3:2014, prEN 13230-4:2014 und prEN 13230-5:2014 festgelegt.

ANMERKUNG Für a), b) und c) kann die Bemessung durch in prEN 13230-6:2014 beschriebene Prüfverfahren nützlich sein.

Die Auslegungslast darf prEN 13230-6:2014, Anhang A entnommen werden. Dafür muss die Steifigkeit des Schotters durch die der elastischen Bettung ersetzt werden. Zudem muss die Unregelmäßigkeit der Auflagerbedingungen für die Schotterparameter k_r , $k_{i,r}$ und $k_{i,c}$ angepasst werden.

9.6 Fertigteilplatten und -rahmen

9.6.1 Einteilung

9.6.1.1 Einteilung in Längsrichtung

Durchlaufend in Längsrichtung (verbundene Fertigteilplatten):

Fertigteilplatten werden vor Ort eingebaut und durch (Stahl-) Bewehrung und einer Betonverfüllung an den Fugen zu einem monolithischen, dauerhaften Gleissystem verbunden.

Unabhängig in Längsrichtung:

Verbindung von benachbarten Fertigteilplatten durch Schienen und untergossenen Beton. Die offene Fuge ermöglicht den Längenausgleich zwischen den benachbarten Fertigteilplatten. Jedwede Zwängungen aus Temperatur oder Schwinden können hier keine Schäden in den Fertigteilplatten verursachen. Der Widerstand gegen Quer- und Längsverschiebung muss durch konische Vergußöffnungen oder anderen Festhaltungen sichergestellt werden.

9.6.1.2 Einteilung anhand Auflagerbedingungen der darunterliegenden Schicht

Nach Montage und Ausrichtung der Fertigteilplatten muss der Spalt zwischen den Fertigteilplatten und der Tragkonstruktion vergossen werden, so dass die Fertigteilplatten fest mit der Tragkonstruktion, wie z. B. Tragschicht aus Beton, Tunnelsohle, Brückenkonstruktion, hydraulisch gebundene Tragschicht oder Masse-Feder-System, verbunden sind. Für den Verguß kann ein selbstverdichtender Beton oder Mörtel verwendet werden, um Vibrationen im Hinblick auf die ausgerichteten Schienen zu vermeiden. Alternativ dazu dürfen bitumenhaltige Baustoffe oder Baustoffe mit geringer Festigkeit für den Verguß verwendet werden. Es muss sichergestellt sein, dass das Vergussmaterial ein geringes Schwindverhalten aufweist und sich nicht plastisch verformt. Der Vergussbeton oder -mörtel verbindet die Fertigteilplatte mit der Tragkonstruktion und hält die Ausrichtung der Fertigteilplatten. Bezüglich der Dicke gibt es verschiedene Möglichkeiten:

— dünn: kompakter Aufbau, keine Bewehrung

oder

— dick: zur Begrenzung der Rissbildung bewehrt.

Zur Reduzierung von Schwingungen und Körperschall und zur Verteilung der Lastspitzen oder zur Vermeidung von steilen Lasteinwirkungen darf eine elastische Schicht unterhalb der Fertigteilplatten oder im Allgemeinen auf allen Oberflächen der Tragkonstruktion angebracht werden. Daraus folgt, dass sich die Fertigteilplatten wie ein leichtes Masse-Feder-System verhalten.

9.6.1.3 Einteilung nach Art der Bewehrung

— Bewehrte Betonfertigteilplatten mit schlaffer Bewehrung;

— vorgespannte, bewehrte Betonfertigteilplatten (in Längsrichtung und in Querrichtung oder nur in Querrichtung);

— kombinierte Lösungen für die Bewehrung, z. B. die Verwendung von Stahlfaserbeton zur Unterstützung der Bewehrung in Bereichen von Auflagerpunkten und zur Vermeidung von Einflüssen auf elektromagnetische Gleisinstallationen;

— Fasern.

9.6.2 Bemessung

Es müssen die allgemeinen Anforderungen von 9.1 angewendet werden.

9.6.2.1 Bemessung der aktiven und passiven Bewehrungen, Grenzzustände, Überprüfung der Ermüdung

Für eine Anwendung von EN 1992-1-1 müssen die folgenden Anforderungen erfüllt sein:

— Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS) nach EN 1992-2:2005, Abschnitt 6 und EN 1992-1-1;

— Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (SLS) nach EN 1992-2:2005, Abschnitt 7 und EN 1992-1-1;

— Überprüfung der Ermüdung nach EN 1992-2:2005, Abschnitt 6.8.

ANMERKUNG 1 Die Dauerdruckfestigkeit von Beton ist nicht zu überprüfen, wenn die Maximalspannungen bei häufiger Belastung unter $0,5f_{ck}$ liegen (eine Dauerzugfestigkeit von $0,5f_{ctk}$ ist ebenfalls zulässig).

f_{ck} charakteristische Druckfestigkeit von Beton (Zylinder) nach 28 Tagen;

f_{ctk} charakteristische Zugfestigkeit von Beton.

ANMERKUNG 2 Die Überprüfung der Zugspannung bei einer vorgespannten Bewehrung kann nach prEN 13230-6:2014 erfolgen. Desweiteren:

- Schadensäquivalente Spannungen für den Ermüdungsnachweis nach EN 1992-2:2005, Anhang N;
- allgemeine Bewehrungsregeln nach EN 1992-2:2005, Abschnitt 8;
- Konstruktionsregeln nach EN 1992-2:2005, Abschnitt 9;
- Bemessung der Bewehrung nach EN 1992-2:2005, Abschnitt 6 (Grenzzustand der Tragfähigkeit) und EN 1992-2:2005, Abschnitt 7 (Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit).

9.6.2.2 Dauerhaftigkeit, Betonüberdeckung, Umgebungsbedingungen, Materialeigenschaften, Begrenzung der Rissbreite

- Die Dauerhaftigkeit und die Betonüberdeckung der Bewehrung muss EN 1992-2:2005, Abschnitt 4 entsprechen, einschließlich des nationalen Anwendungsdokuments, durch das normalerweise die allgemeinen Anforderungen verbessert werden, indem sie die Vorteile von hochwertigem Zement aufführen oder vorgespannte Spannglieder genauer beschreiben;
- die Expositionsklassen in Bezug auf umgebungsbedingte Einwirkungen müssen EN 206-1:2000, 4.1 bzw. EN 1992-1-1:2004, Tabelle 4.1 entsprechen;
- die mechanischen Eigenschaften von Beton und Stahl müssen EN 1992-2:2005, Abschnitt 3 bzw. EN 206-1 entsprechen;
- die Begrenzung der Rissbreiten muss EN 1992-2:2003, 7.3 entsprechen;
- es können zusätzliche zweckmäßige Rissbedingungen aus EN 1992-1-1:2004, 7.3 miteinbezogen werden sowie genau festgelegte Versuchsmethoden zur Überprüfung der tatsächlichen Rissbildung als Alternative zur Berechnung.

9.6.3 Materialien

Spezielle Materialien und Elemente sind:

- Beton, Stahlfaserbeton, Polypropylenfaser-Beton;
- mindestens Bewehrungsstahl der Sorte Bst 500, Spannstahl;
- Schienenbefestigung zur Vormontage im Werk;
- Distanzstücke zum Betonieren, Kunststoffdübel;
- Fixieren einer eventuellen, elastischen Schicht mit Klebstoff oder durch Hydrowachsen;
- Erdungsanschlüsse.

Vorspannung:

- Mit direktem Verbund nach EN 1992-1 und EN 1992-2;
- Fertigteilplatten mit nachträglichem Verbund nach EN 1992-1 und EN 1992-2.

9.6.4 Geometrische Toleranzen

Es muss ein Qualitätsmanagementsystem betrieben werden, das in einem Qualitätshandbuch definiert und fortgeschrieben wird. Dieses Handbuch muss alle Prüfungsanforderungen, einschließlich Festlegung der Prüfeinrichtung, Prüfverfahren, Häufigkeit der Prüfungen usw. abdecken. Die geometrischen Toleranzen müssen in diesem Qualitätshandbuch festgelegt sein.

Insbesondere müssen die folgenden Qualitätsmerkmale überprüft werden:

- Länge;
- Breite;
- Dicke;
- Stützpunktabstand;
- Maße der Vergußöffnungen;
- äußerer und innerer Abstand der Stützpunkte;
- Tiefenmaß;
- Neigung;
- Oberfläche und Ebenheit.

9.6.5 Lagerung, Handhabung, Transport und Installation vor Ort

9.6.5.1 Allgemeines

Die herausragenden Eigenschaften eines FF-Systems erfordern ein hohes Maß an Genauigkeit und Qualität während der Lagerung, der Handhabung, dem Transport und dem Einbau der Gleistragplatten vor Ort. Dieser Abschnitt legt die Mindestanforderungen fest. Jede Gleistragplatte muss mit Angaben zum Typ, Chargennummer und Herstellungsdatum gekennzeichnet werden.

9.6.5.2 Lagerung, Handhabung und Transport

Unzulässige und unvorhergesehene Belastungen, Spannungen und Biegungen in den Gleistragplatten müssen in jedem Zustand und unter allen Umständen vermieden werden. Es muss eine Verfahrensanweisung bereitgestellt werden, damit sichergestellt ist, dass die Gleistragplatten sicher gelagert, gehandhabt und transportiert werden. Diese Verfahrensanweisung enthält:

- Die maximale Anzahl an Gleistragplatten, die übereinander gelagert werden können;
- Methode der Lagerung der Gleistragplatten (3-Punkt-Lagerung, 4-Punkt-Lagerung usw.);
- die für die Lagerung, die Handhabung und den Transport der Gleistragplatten verwendete Ausrüstung.

9.6.5.3 Einbau vor Ort

Es muss eine Verfahrensanweisung hinsichtlich des Einbaus vor Ort der Fertigteilplatten als Teil des Gleissystems bereitgestellt werden. Diese Verfahrensanweisung enthält eine schrittweise Anleitung über den Einbau der Gleistragplatten, wodurch die Einhaltung der im Qualitätsplan festgelegten geometrischen Toleranzen sichergestellt wird:

- Vertikale Gleislage;
- horizontale Gleislage;
- Spurweite;
- Stützpunktabstand.

Es muss sichergestellt werden, dass die Gleistragplatten durchgehend gelagert sind. Falls die Gleistragplatten vor Ort mit Beton untergossen werden, muss der gesamte Boden der Gleistragplatten durchgängig unterfüllt sein, was mit geeigneten Maßnahmen, z. B. einer Endoskop-Prüfung, überprüft und nachgewiesen werden muss. Bei anderen Arten des Untergießens müssen ähnliche Verfahren angewandt werden.

Informationen zu den Qualitätskontrollen während dem Einbau vor Ort sind in Anhang E, Tabelle E.4 gegeben.

10 Fahrbahnen (geschichtete Struktur)

10.1 Allgemeines

Ein FF-System mit kontinuierlicher Lagerung durch einen Unterbau, z. B. Dämme, Brücken, Tunnel, und durchgehender Lastverteilung in den Unterbau, kann mit einer ein- oder einer mehrschichtigen Fahrbahn aus gebundenen Materialien, wie z. B. Beton, Asphalt oder Verbundstoffe, und ungebundenen Materialien hergestellt werden. Die Fahrbahn (ein- oder mehrschichtig) muss als monolithische Struktur wirken und je nach Bemessung auch im Bezug auf den Umgang mit horizontalen Belastungen und Abhebekräften. Dies muss durch einen dauerhaften Verbund der Schichten, Reibung, Verbindungselemente oder eine Kombination verschiedener Maßnahmen erreicht werden.

Die Steifigkeit der Materialien der einzelnen Schichten der Fahrbahn muss von unten (Schnittstelle zum Unterbau) nach oben (Schnittstelle zum nächsten Teilsystem) ansteigen.

10.2 Betonfahrbahnen

10.2.1 Anwendung

Betonfahrbahnen können vor Ort als einschichtige oder mehrschichtige Betondecke oder anderen zementhaltigen Schichten hergestellt werden, um Einzelstützpunkte (Befestigungssysteme), eingebettete Schienen oder Fertigteilelemente zu stützen.

Die Bemessungsprinzipien müssen 5.2.2 entsprechen.

Betonfahrbahnen für das FF-System müssen im Allgemeinen EN 13877-1 und EN 13877-2 entsprechen.

10.2.2 Materialien

Die Bemessung und die Materialien des Betons müssen EN 13877-1 entsprechen. Der Beton muss EN 206-1 entsprechen und die folgenden Anforderungen erfüllen:

- Expositionsklasse XF4, sofern nicht anders festgelegt;
- die Mindestdruckfestigkeit muss der Klasse C 30/37 (N/mm²) entsprechen, sofern nicht anders gefordert;
- die Biegezugfestigkeit muss der Klasse F 4,5 (4,5 N/mm²) oder höher (> 5,5 N/mm²) entsprechen, die durch eine Erstprüfung bestätigt wird;
- der Wasser-Zement-Wert muss weniger als 0,45 (Schwinden) betragen;
- der Mindestzementgehalt muss 340 kg/m³ betragen;
- der Anteil an Luftporen muss nach den örtlichen, klimatischen Bedingungen festgelegt werden;
- die Verwendung von Zement mit niedrigem Alkali-Anteil mit einem Gesamt-Alkalianteil, ausgedrückt als Na₂O Equivalent weniger oder gleich 0,60 % und einem SO₃-Gehalt von weniger oder gleich 3,0 %;
- die Gesamtmasse an reaktiven Alkalien im Beton darf 3,0 kg/m³ nicht überschreiten.

Es wird die Verwendung von Portlandzement CEM I empfohlen. Ein vom Typ CEM I abweichender Zement darf nur verwendet werden, wenn die Dauerhaftigkeit der Fahrbahn nachgewiesen werden kann und die Genehmigung des Auftraggebers vorliegt.