

R RTE 29010

Interaktion Gleis/Brücke

Entwurf 2. Lesung
11.10.2024

Herausgeber VöV	Ausgabedatum xx.xx.20xx	Zuordnung —
Erarbeitet durch Projektgruppe VöV	Freigabe PL RTE	Ersatz für -
Verteiler Bahnunternehmen des VöV Bundesamt für Verkehr BAV RTE-Webshop/RTE Download (rte.voev.ch)	Inkrafttreten Das Datum des Inkrafttretens dieser Regelung legt jedes Bahnunternehmen für sich selbst fest.	Sprachfassungen d, f Anzahl Seiten xx

Interaktion Gleis/Brücke



Anwendungsbedingungen für das Regelwerk Technik der schweizerischen Eisenbahnen (RTE)

Bei der Anwendung der Dokumente ist zu beachten, dass sie ausschliesslich für die Bedürfnisse der Schweizer Eisenbahnen und Unternehmen im Bereich öV verfasst und für diesen Gebrauch bestimmt sind. Eine korrekte Anwendung setzt somit eine entsprechende Ausbildung und Praxis voraus. Das Regelwerk RTE beschränkt sich auf zwei Arten von Dokumenten:

- Die R-Regelungen sind Ergänzungen bzw. Lösungsvorschläge zu hoheitlichen Erlassen und Normen mit Regelungs- bzw. Weisungscharakter.
- Die D-Regelungen umfassen Handbücher und Dokumentationen als Empfehlungen und Hilfsmittel zur Arbeitsunterstützung oder bilden in Ausnahmefällen den Stand der Technik und die gelebte Praxis im Hinblick auf eine Standardisierung ab.

Die im Dokument in männlicher Form enthaltenen Formulierungen gelten in gleichem Mass für jegliches Geschlecht.

Der Verband öffentlicher Verkehr (VöV) sowie die an der Erstellung dieser Regelung des Regelwerks Technik Eisenbahn (RTE) beteiligten Personen haften nicht für Schäden, die durch die Verwendung von Informationen aus dieser Regelung entstehen können. Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für die Vollständigkeit oder Richtigkeit.

Projektgruppe VöV**Co-Leitung**

Thomas P. Lang, Thomas Lang Consulting GmbH, Grindelwald
Gilbert Zimmermann, Rhätische Bahn AG (RhB), Chur

Mitglieder

Blaise Girardin, Schweizerische Bundesbahnen (SBB AG), Bern (bis 30.06.2022)
Pascal Häller, Freiburger Verkehrsbetriebe (TPF), Fribourg (ab 01.03.2024)
Stefan Holenstein, Appenzeller Bahnen AG (AB), Herisau
Stephan Hunn, BLS AG (BLS), Bern
Michael Kohler, Bundesamt für Verkehr (BAV), Ittigen
Alain Liechti, Schweizerische Bundesbahnen (SBB AG), Bern (ab 01.07.2022)
Nicolas Robadey, Schweizerische Bundesbahnen (SBB AG), Renens
Olaf Schulz, Schweizerische Bundesbahnen (SBB AG), Bern
Daniel Siegen, Matterhorn Gotthard Bahn (MGB), Brig
Martin Silvestri, Schweizerische Südostbahn (SOB), Herisau
Jürg Wipf, Schweizerische Südostbahn (SOB), Herisau

Projektunterstützung

Pascal Häller, KPZ Fahrbahn AG, Bern (bis 29.02.2024)

Lektorat

Dr. Senta C. Haldimann, Verband öffentlicher Verkehr (VöV), Bern

Herausgeber

VöV Verband öffentlicher Verkehr
Technik Bahn
Dählhölzliweg 12, CH-3000 Bern 6
www.voev.ch, RTE@voev.ch

RTE-Webshop

rte.voev.ch

© Verband öffentlicher Verkehr, Bern, Monat 20xx

Änderungsgeschichte

**Ausgabe-
datum**

Änderungen

xx.xx.20xx

1. Ausgabe

Vorwort

Die vorliegende Regelung R RTE 29010 «Interaktion Gleis/Brücke» enthält Vorgaben für die Projektierung von Brücken, welche den physikalischen Besonderheiten beim Zusammenwirken von Brückentragwerk und Gleis Rechnung tragen, damit keine besonderen Anforderungen an die Fahrbahn entstehen. Die Regelung fördert resp. fordert daher im Projektierungsprozess die frühzeitige Zusammenarbeit zwischen dem Projektleiter Brückenbau und dem Projektleiter Fahrbahn.

Die Umsetzung der Vorgaben innerhalb der Anwendungsgrenzen der vorliegenden Regelung soll die Projektierung einer Brücke ohne Einbau einer Dilatationsvorrichtung im Gleis und ohne Durchführung einer speziellen Interaktionsberechnung ermöglichen und so den Regelfall der Brückenprojekte abdecken.

Für die übrigen Fälle ist eine Interaktionsberechnung durchzuführen. Die Vorgaben dazu sind in der vorliegenden Regelung nicht enthalten, und die Berechnungen sind von entsprechend spezialisierten Fachleuten vorzunehmen. Die vorliegende Regelung enthält auch keine Vorgaben zu allenfalls aus den Resultaten der Interaktionsberechnungen notwendigen Dilatationsvorrichtungen im Gleis. Diese können anderen Grundlagen entnommen werden.

Die Regelung R RTE 29010 enthält in der vorliegenden 1. Ausgabe Anforderungen primär für Normalspurbahnen, da die Grundlagen für entsprechende Anforderungen für Meterspurbahnen noch nicht in genügendem Umfang vorliegen. Diese sollen jedoch im Rahmen eines konkreten Forschungsprojektes erarbeitet und mit einer zukünftigen Revision der vorliegenden Regelung den Anwendern zur Verfügung gestellt werden. Insbesondere die aufgeführten Grundsätze sind jedoch sowohl für Normalspur- wie für Meterspurbahnen anwendbar.

Projektgruppe R RTE 29010

Bern, xx. yyyy 202Z

1	Allgemeines	6
1.1	Ziele der Regelung.....	6
1.2	Anwendung.....	6
1.2.1	Gültigkeitsbereich.....	6
1.2.2	Ersatz der bisherigen Regelungen	6
2	Grundlagen	7
2.1	Hoheitliche Regelungen	7
2.2	Normen	7
2.3	RTE-Regelungen und Regelungen der Bahnen	7
2.4	Weitere Grundlagen	8
3	Abkürzungen und Begriffe	9
3.1	Abkürzungen.....	9
3.2	Begriffe	9
4	Grundsätze	10
4.1	Einleitung	10
4.2	Massgebende Parameter und Definitionen	11
4.2.1	Einwirkungen	11
4.2.2	Brücken- und Lagerungskonzept.....	12
4.2.3	Einflussparameter auf Seite der Brücke	14
4.2.4	Einflussparameter auf Seite der Fahrbahn	15
4.2.5	Weichen im Einflussbereich von Brücken.....	15
4.3	Integrale Brücke.....	16
4.4	Planungsprozess	17
4.4.1	Neue Brücken	17
4.4.2	Bestehende Brücken.....	17
5	Anforderungen an Brücken und Fahrbahn ohne DV	18
5.1	Allgemeine Anforderungen.....	18
5.2	Begrenzung der Dehnungslänge.....	18
5.3	Anforderungen an den Schottertrog auf Grund der Interaktion	20
5.4	Anforderungen an die Gestaltung der Übergänge an den Brückenenden.....	20
5.5	Anforderungen an die Fahrbahn im Bereich von Brücken	21
5.5.1	Schienenstösse.....	21
5.5.2	Gleisneutralisierung	21
5.5.3	Gleistrennung.....	21
5.5.4	Fangschienen	21
5.6	Spezielle Anforderungen bei Stahlbrücken mit offener Fahrbahn.....	23
5.6.1	Übergänge Brücke - Damm.....	23
5.6.2	Längsbewegliche Schienenbefestigungen.....	23
5.7	Anforderungen an Weichen im Einflussbereich von Brücken	24
	Anhang A1 (Allgemein)	25
A1	Ermittlung von Dehnungslängen.....	25

1 Allgemeines

1.1 Ziele der Regelung

Die Interaktion zwischen Gleis und Brücke wird massgeblich durch die Wahl eines geeigneten Tragsystems der Brücke beeinflusst. Diese Regelung definiert die Anforderungen der Fahrbahn an Brücken und die Anforderungen an die Fahrbahn im Bereich von Brücken. Daraus werden die notwendigen Massnahmen festgelegt, um ein einwandfreies Zusammenwirken von Brücke und Gleis zu gewährleisten. Sie richtet sich hauptsächlich an Projektleiter von Brücken und Fahrbahn.

1.2 Anwendung

1.2.1 Gültigkeitsbereich

Diese Regelung gilt für Eisenbahnbrücken mit Schottertrog oder offener Fahrbahn sowie für Gleise und Weichen in deren Einflussbereich bei Normalspur- und Meterspurbahnen. Brücken mit fester Fahrbahn sind nicht Bestandteil dieser Regelung und bedürfen besonderer Abklärungen durch die verantwortlichen Fachstellen für die Fahrbahn und die Brücken.

Diese Regelung ist sowohl für die Projektierung von neuen Brücken als auch für die Überprüfung von bestehenden Brücken anwendbar.

1.2.2 Ersatz der bisherigen Regelungen

-

2 Grundlagen

2.1 Hoheitliche Regelungen

EBV SR 742.141.1	Verordnung über Bau und Betrieb der Eisenbahnen (Eisenbahnverordnung)	Stand 01.07.2024
AB-EBV SR 742.141.11	Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung	Stand 01.07.2024

2.2 Normen

SIA 260 SN 505260	Grundlagen der Projektierung von Tragwerken	Ausgabe 2013
SIA 112 SN 509112	Modell Bauplanung	Ausgabe 2014

2.3 RTE-Regelungen und Regelungen der Bahnen

R RTE 21110	Unterbau und Schotter Normalspur	2. Ausgabe 01.09.2015
R RTE 22041	Lückenlos verschweisste Gleise, lückenlos verschweisste Weichen und verlaschte Gleise Normalspur	2. Ausgabe 07.05.2019
R RTE 22541	Lückenlos verschweisstes Gleis, verschweisste Weichen und verlaschte Gleise Meterspur	2. Ausgabe xx.xx.2024
R I-22046	Geometrische Gestaltung der Fahrbahn für Normalspur	Ausgabe 01.01.2013
R RTE 22546	Geometrische Gestaltung der Fahrbahn Meterspur	2. Ausgabe 18.08.2022
R I-22069	Einbau, Überwachung und Instandhaltung von Dilatationsvorrichtungen	Ausgabe 01.12.2023

2.4 Weitere Grundlagen

UIC 774-3	Interaktion Gleis/Brücke Empfehlungen für die Berechnung	2. Ausgabe August 2001
CEN/TR 17231	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Verkehrslasten auf Brücken - Gleis-Brücken Interaktion	Ausgabe August 2018
ETR (31) 3	Die Lagestabilität von Weichen in geschweissten Gleisen, Gerhard Kaess, ETR Eisenbahntechnische Rundschau, 31. Jahr- gang, Heft 3.	Ausgabe März 1982

3 Abkürzungen und Begriffe

3.1 Abkürzungen

AB-EBV	Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung
BAV	Bundesamt für Verkehr
DV	Dilatationsvorrichtung
EBV	Eisenbahnverordnung
EN	Europäische Norm
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
SN EN	Von der Schweiz übernommene Europäische Norm
UIC	Union Internationale des Chemins de fer (Internationaler Eisenbahnverband)

3.2 Begriffe

Für die Anwendung dieser Regelung gelten folgende Begriffe:

Bettungsquerschnitt	Schotterbettprofil. Kann verstärkt sein (R RTE 22041).
Dilatationsvorrichtung	Vorrichtung zur Gewährleistung einer spannungsfreien Längenausdehnung der Schiene.
Interaktion Gleis/Brücke	Wechselwirkung zwischen Gleis und Brücke: Verformungen der Brücke resultieren in Krafteinwirkungen in das darauf liegende lückenlos verschweisste Gleis. Krafteinwirkungen in die Schienen werden wiederum auf die Brücke übertragen.
Integrale Brücken	Brücken mit integralen Brückenenden, monolithischem Überbau und monolithischen Stützenverbindungen.
Semi-integrale Brücken	Brücken mit monolithischem Überbau, ohne dilatierte Brückenenden, mit mindestens einem semi-integralen Brückenende oder Lagern auf mindestens einer Stütze
Integrales Brückenende	Brückenende ohne Fuge und ohne Lager. Der Überbau ist monolithisch mit dem Widerlager verbunden.
Semi-integrales Brückenende	Brückenende mit entweder Fuge oder Lager
Offene Fahrbahn	Fahrbahntyp auf Stahlbrücken ohne Schottertrog. Auf solchen Brücken sind die Schwellen direkt auf den Längsträgern befestigt.

4 Grundsätze

4.1 Einleitung

Zwischen Gleis und Brücke besteht eine physikalische Verbindung, sowohl bei einem Schottergleis als auch bei offener Fahrbahn. Entsprechend gibt es zwischen diesen beiden Elementen eine Wechselwirkung resp. Interaktion. Diese führt zu zusätzlichen Kräften im Gleis (in den Schienen, den Schienenbefestigungen und im Schotterbett) und in der Brücke (in den Fundamenten, den Pfeilern, den Widerlagern und in den Lagern) sowie zu Verschiebungen. Die Kräfte wirken zusätzlich zu den Kräften, die bei separater Betrachtung von Gleis und Brücke wirken (z.B. temperaturbedingte Längskräfte in den Schienen).

Für den Eisenbahnoberbau müssen die Interaktionskräfte bei der Beurteilung des Grenzzustands der Tragsicherheit berücksichtigt werden (z.B. Verwerfungen des Gleisrostes im Schotterbett bei zu grossen Druckspannungen in den Schienen). Dieser Tragsicherheitsnachweis für den Eisenbahnoberbau ist für das Bauwerk aber nur ein Gebrauchstauglichkeitsnachweis. Dennoch müssen die Interaktionskräfte beim Bauwerk auch bei der Beurteilung des Grenzzustands der Tragfähigkeit berücksichtigt werden (z.B. Scherversagen der Brückenlager).

Im lückenlos verschweissten Gleis wird ein Teil der auf der Brücke wirkenden Anfahr- und Bremskräfte über das Schotterbett im Nahbereich der Widerlager in den Untergrund abgetragen.

In der Vergangenheit wurde das Problem der Wechselwirkung zwischen Gleis und Brücke meist durch den Einbau von Dilatationsvorrichtungen (DV) in der Nähe der Brückenfugen entschärft. DV sind kosten- und unterhaltsintensiv. Sie sind zudem störungsanfälliger als das restliche Gleis und sie sind nicht zuletzt auch eine Lärmquelle.

4.2 Massgebende Parameter und Definitionen

4.2.1 Einwirkungen

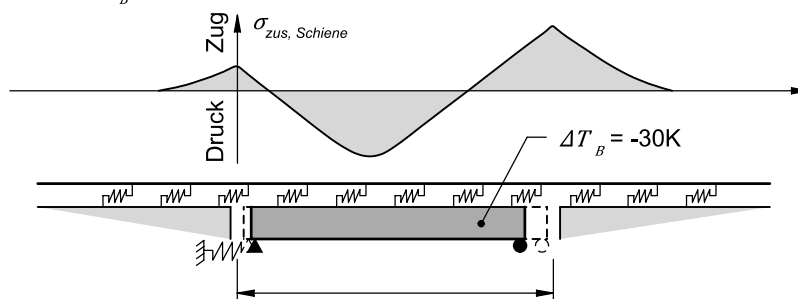
Folgende, wesentlichen Einwirkungen führen zu massgebenden, relativen Verschiebungen zwischen Gleis und Brücke und müssen bei einer Interaktionsbetrachtung berücksichtigt werden:

- Thermische Dehnung des Tragwerkes (siehe Abbildung 4-1a)
- Anfahr- und Bremskräfte der Züge (siehe Abbildung 4-1b)
- Endverdrehungen der Brücke infolge einer vertikalen Belastung der Brücke (siehe Abbildung 4-1c)

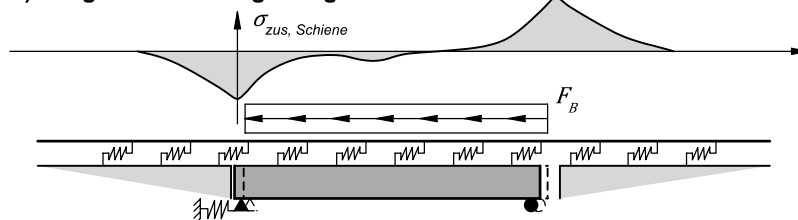
Weiter führen auch Kriechen und Schwinden des Tragwerkes oder Temperaturunterschiede zwischen Ober- und Unterseite des Tragwerkes bzw. der Pfeiler zu Verschiebungen.

a) Längsdehnungen infolge Temperatur, Kriechen, Schwinden

hier $\Delta T_B = -30\text{K}$



b) Längsverschiebung infolge Bremsen



c) Überbauverformung infolge der vertikalen Verkehrslast

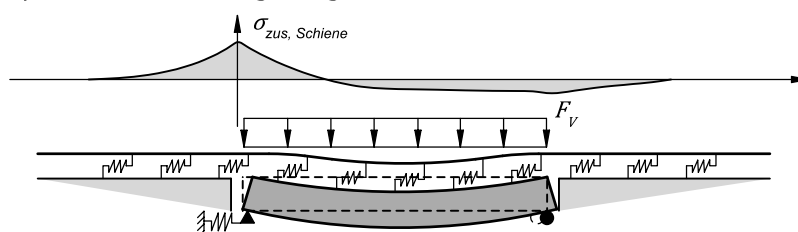


Abbildung 4-1: Zusätzliche Schienenlängsspannungen im lückenlosen Gleis im Bereich der Brücke am Beispiel eines Einfeldträgers

4.2.2 Brücken- und Lagerungskonzept

Ziel der Brücke ist es, die Fahrbahn mit der fahrdynamisch festgelegten Gleisgeometrie zu tragen. Dabei soll das Bauwerk so gestaltet werden, dass die Brückenbewegungen und die Steifigkeitsunterschiede innerhalb der zulässigen Grenzwerte liegen, welche für die Fahrbahn von Bedeutung sind, um eine stabile und unterhaltsarme Gleislage zu garantieren.

Ist die Gleisgeometrie auf der Brücke nicht eine Gerade oder verläuft auf einem Tragwerkselement eine mehrspurige Strecke, so müssen in den Lagern ggf. Zwängungskräfte aufgenommen werden. Die Erstellung eines Lagerungsschemas (siehe Abbildung 4-2 und Abbildung 4-3) ist ein geeignetes Mittel, um die Bewegungsrichtung der Brücke zu definieren.

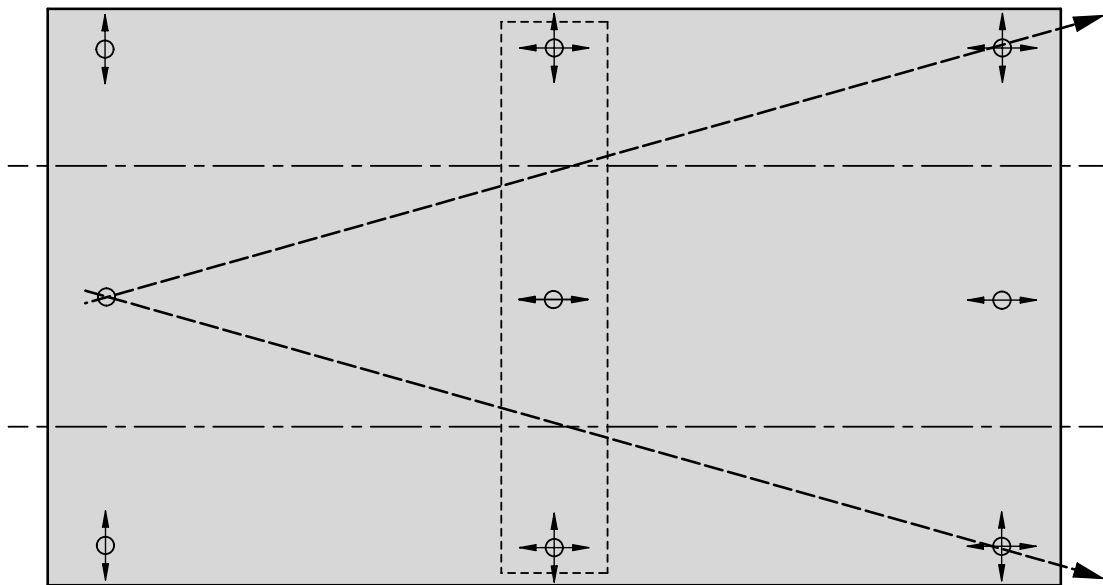


Abbildung 4-2: Lagerungsschema eines Brückentragwerks für eine doppelspurige Strecke

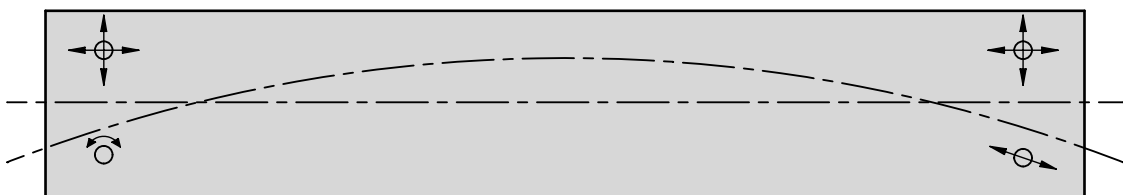


Abbildung 4-3: Lagerungsschema eines Brückentragwerks mit unterschiedlicher Tragwerks- und Gleisachse

Werden Bewegungen ausserhalb der Gleisachsen toleriert, so können im Gleis und insbesondere in den Schienen unzulässige Kräfte und Verschiebungen entstehen (siehe Abbildung 4-4).

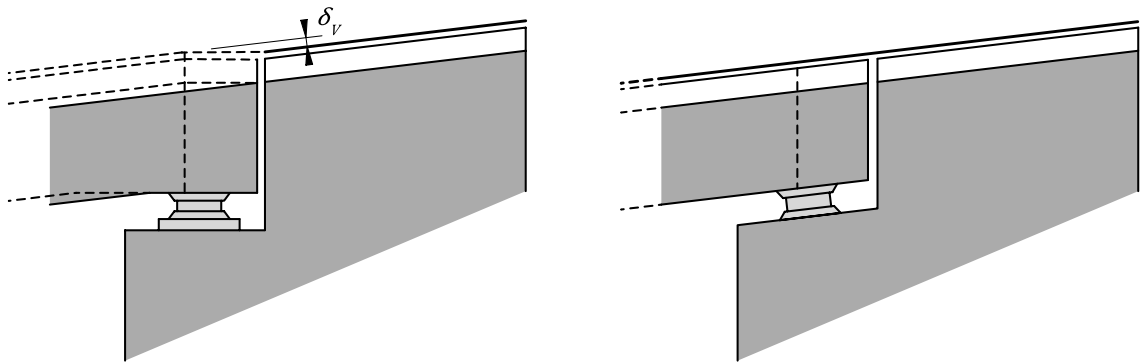


Abbildung 4-4: Einfluss der Lagerebene in Bezug auf die vertikale Linienführung (δ_v = Vertikalversatz)

Für die Konzeption von Brücken sind die folgenden Parameter massgebend (siehe Abbildung 4-5 und Abbildung 4-6):

- Längsbewegung (δ)
- Brückenausdehnung infolge Temperaturänderung (ΔL)
- Durchbiegung (W)
- Endtangentialwinkel (α)

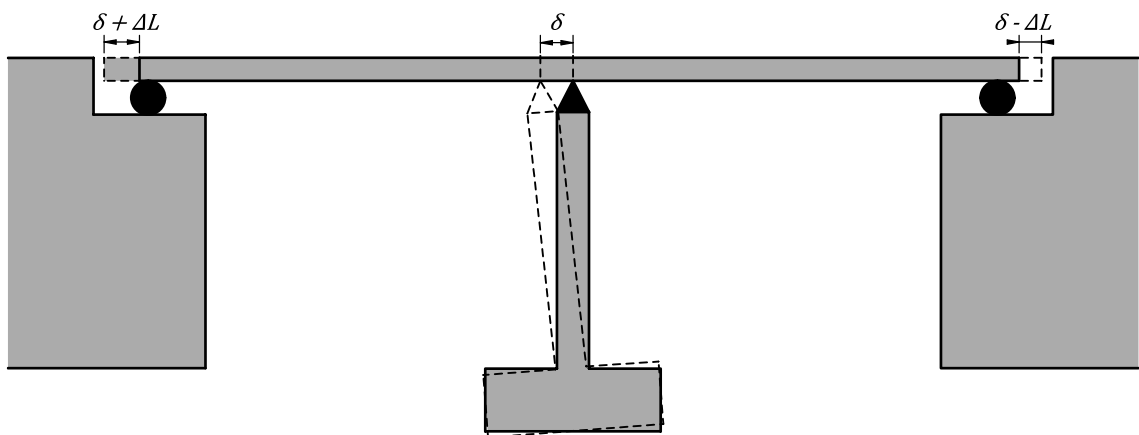
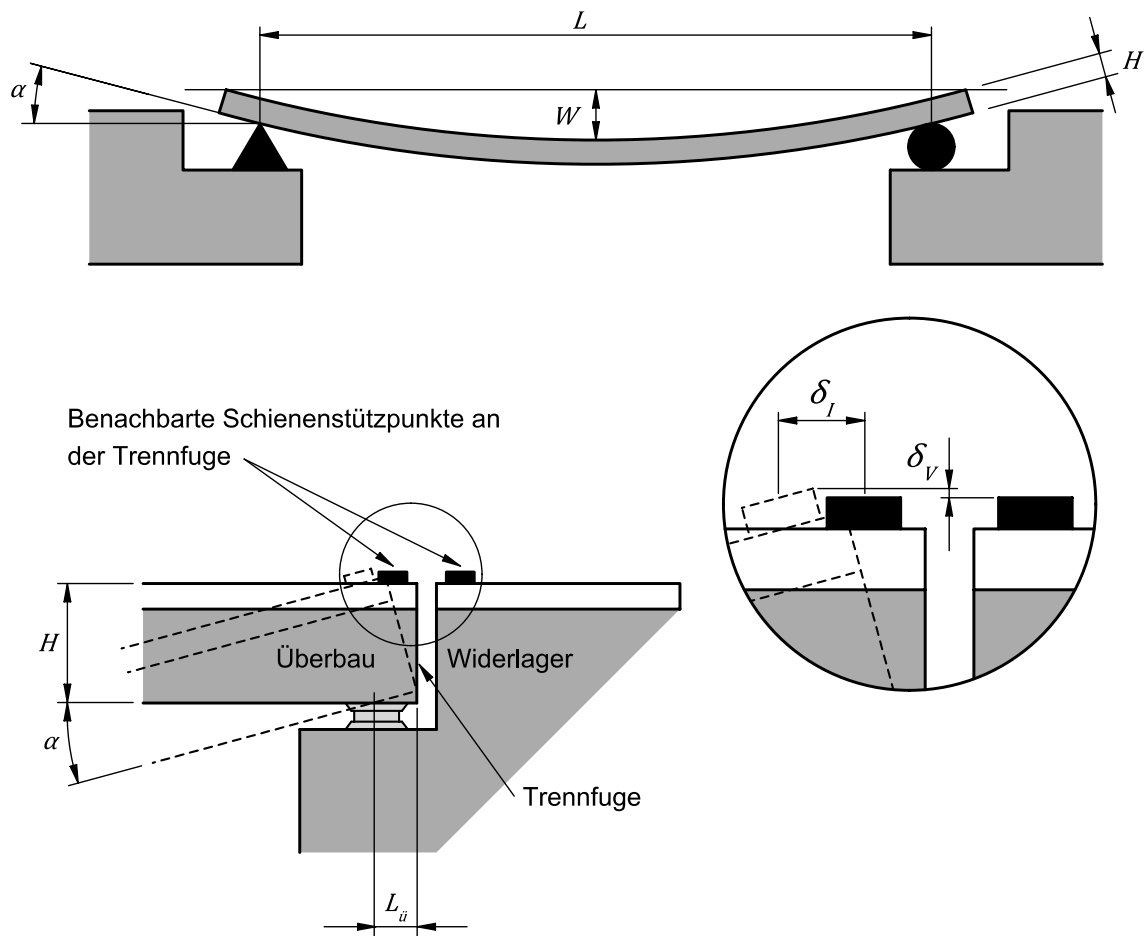


Abbildung 4-5: Längsbewegung δ und Brückenausdehnung ΔL infolge Temperaturänderung



Legende

δ_v	Vertikalversatz	α	Endtangentialwinkel
δ_I	Längsverschiebung	$L_{\bar{u}}$	Brückenüberhang
H	Konstruktionshöhe	L	Spannweite

Abbildung 4-6: Bewegungen am Brückenende aufgrund der Durchbiegung W der Brücke

Der Endtangentialwinkel α , die Längsverschiebung δ_I und der Vertikalversatz δ_v sind Werte, die direkt durch die Durchbiegung W der Brücke bestimmt werden.

Die Längsverschiebung δ_I und der Vertikalversatz δ_v werden ausserdem auch durch die Konstruktionshöhe H und die Länge des Überhangs $L_{\bar{u}}$ bestimmt.

4.2.3 Einflussparameter auf Seite der Brücke

Folgende Eigenschaften einer Brücke haben einen wesentlichen Einfluss auf die Interaktion Gleis/Brücke:

- Die Anordnung der Lager hat einen Einfluss auf die Dehnungslänge einer Brücke. Je kürzer die Dehnungslänge, desto kleiner sind die temperaturbedingten Verformungen des Brückentragwerks. Die Ermittlung der Dehnungslänge sowie verschiedene Lageranordnungen werden im Anhang A1 beschrieben.
- Die Gesamtsteifigkeit der Auflagerung bestimmt die Bewegungen in Brückenlängsrichtung der Tragwerkselemente. Sie wird im Wesentlichen durch die Steifigkeit des Fundaments bestimmt, aber auch die Verformung der Pfeiler und die Lagereigenschaften haben einen Einfluss.

- Zuletzt hat auch das Biegeverhalten und die geometrischen Eigenschaften der Tragwerke einen massgeblichen Einfluss auf die Interaktion. Hier spielen vor allem die Dimensionen der Tragwerksenden, wie z.B. die Länge der Überhänge und die Höhe des Tragwerks eine Rolle. Je grösser die Distanz zwischen Neutralachse der Brücke und der Schienen, desto grösser werden auch die resultierenden Kräfte.

4.2.4 Einflussparameter auf Seite der Fahrbahn

Beim Oberbau haben sämtliche Elemente, welche einen Einfluss auf die Verschiebungen in Längs- und Querrichtung der Gleisachse haben, auch einen Einfluss auf die Interaktion. Dies betrifft vor allem den Schotter, die Schwellen, die Schienenbefestigungen und das Schienenprofil.

Schotterfahrbahnen und offene Fahrbahnen weisen wesentliche Unterschiede in Bezug auf die Interaktion auf. Dies sind zum Beispiel die Sensibilität gegenüber Rotation am Endpunkt des Überbaus insbesondere aufgrund verschiedener Abhebewiderstände sowie die verschiedenen Eigenschaften der Längsverschiebbarkeit.

4.2.5 Weichen im Einflussbereich von Brücken

Bei Weichen müssen zusätzlich zu den Kräften im einspurigen Gleis auch die Längskräfte der Schienen in der Ablenkung aufgenommen und abgetragen werden. Dies führt im Zungenbereich zu erhöhten Längs- (siehe Abbildung 4-7) und Querkraften. Zusätzlich wirken in diesem Bereich aufgrund des abrupten Krümmungswechsels auch erhöhte dynamische Kräfte. Dies führt zu einer leichten Dekonsolidierung des Schotterbetts im Zungenbereich, was wiederum zu einer deutlichen Reduktion des Querverschiebewiderstandes der Weichenschwellen führen kann. Liegt eine Weiche im Einflussbereich einer Brücke, überlagern sich diese Kräfte und diejenigen aus der Interaktion Gleis/Brücke somit in einem Bereich mit lokal reduziertem Querverschiebewiderstand.

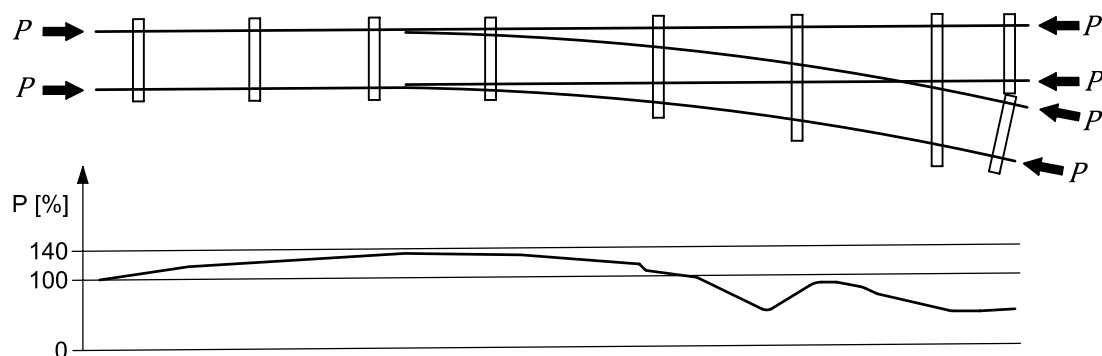
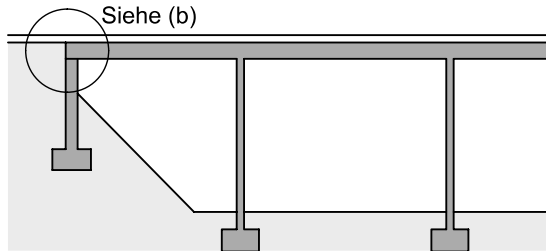


Abbildung 4-7: Schematische Darstellung der erhöhten Längskräfte in den Schienen im Zungenbereich (Beispiel einer Messung nach Kaess aus ETR (31) 3)

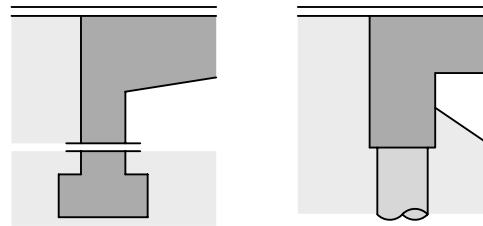
4.3 Integrale Brücke

Integrale und semi-integrale Brücken minimieren die Beanspruchungen auf das Gleis und reduzieren den Unterhaltsaufwand. Auf die Anordnung von DV kann generell verzichtet werden. Deshalb sind solche Brücken für die Fahrbahn die optimale Lösung, insbesondere im Bereich von Weichen. Beispiel für die Ausbildung von integralen und semi-integralen Brückenenden können der Abbildung 4-8 entnommen werden.

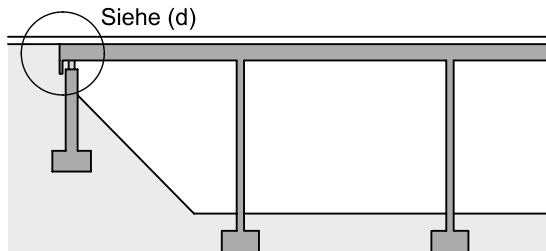
(a) Integrale Brücke



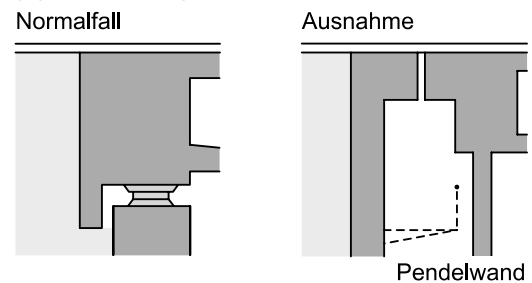
(b) Integrale Brückenenden



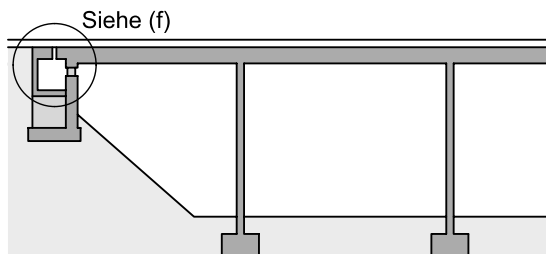
(c) Semi-integrale Brücke



(d) Semi-integrale Brückenenden



(e) Einseitig längsbewegliche gelagerte Brücke



(f) Dilatierte Brückenenden

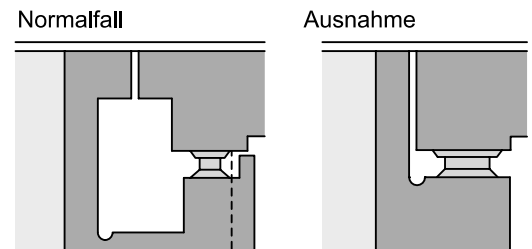


Abbildung 4-8: Ausbildung von integralen und semi-integralen Brückenenden

4.4 Planungsprozess

4.4.1 Neue Brücken

Der Projektleiter Brückenbau und der Projektleiter Fahrbahn müssen bereits in der Entwurfsphase (allenfalls schon in Phase 21 «Machbarkeitsstudie» aber spätestens in Phase 31 «Vorprojekt» gemäss Norm SIA 112 eng zusammenarbeiten, um ein für das Gleis optimales statisches System der Brücke festzulegen.

In einem ersten Schritt entwickelt der Projektleiter Brückenbau ein statisches System unter Berücksichtigung der vorgegebenen Trassierung und weiterer Vorgaben der Infrastrukturbetreiberin (z.B. Standards wie Oberbau, Querschnitt, etc.). Kumulativ sind folgende Kriterien zu prüfen:

- Lagerungskonzept optimiert (siehe Abschnitt 5.1)
- Gebrauchsgrenzen und die Grenzwerte der Fahrdynamik eingehalten (siehe Abschnitt 5.1)
- Grenzwerte für die Dehnungslängen eingehalten (siehe Abschnitt 5.2)

Das daraus resultierende Tragwerkskonzept gleicht er mit dem Projektleiter Fahrbahn ab.

Sind die Grenzwerte für die Dehnungslängen gemäss Abschnitt 5.2 nicht eingehalten, so prüft der Projektleiter Brückenbau zusammen mit dem Projektleiter Fahrbahn in einem zweiten Schritt primär Massnahmen am Tragwerkskonzept und erst danach allenfalls an der Fahrbahn. Mögliche Massnahmen sind (nicht abschliessend):

- Reduktion der Dehnungslängen (zum Beispiel durch Anpassungen im Brückenunter- und überbau)
- Erhöhung der horizontalen Steifigkeiten in Längsrichtung
- Anpassung der Oberbaumaterialien, insbesondere Schienenprofil und Schwellentyp
- Anpassung der Trassierung, insbesondere Vergrösserung der Radien
- Einbau einer oder mehrerer Dilatationsvorrichtungen

Dabei sind stets auch die über den gesamten Lebenszyklus des Bauwerks anfallenden Kosten der einzelnen Massnahmen abzuschätzen. Insbesondere beim Einbau einer Dilatationsvorrichtung sind auch die dadurch erhöhten Risiken im Betrieb (z.B. Entgleisungsrisiko) mit zu berücksichtigen. Der Entscheid über den Einbau einer DV liegt in der Verantwortung des Projektleiters Fahrbahn.

Zur Überprüfung der Wirksamkeit/Notwendigkeit einer oder mehrerer vorgenannter Massnahmen kann auch die Durchführung einer Interaktionsberechnung durch einen Experten angezeigt sein.

In einem letzten Schritt wird das endgültig gewählte statische System durch den Projektleiter Brückenbau und den Projektleiter Fahrbahn gemeinsam festgelegt und in der Projektbasis (siehe Norm SIA 260, Ziffer 2.5) dokumentiert.

4.4.2 Bestehende Brücken

Sind bei bestehenden Brücken Instandsetzungsmassnahmen vorgesehen, welche über den reinen 1:1-Ersatz hinausgehen, so haben die Projektleiter Brückenbau und Fahrbahn gemeinsam anhand der massgebenden Parameter in Abschnitt 4.2 abzuschätzen, ob sich die vorgesehene Massnahme negativ auf das Interaktionsverhalten Gleis/Brücke auswirken kann. Im Zweifelsfall haben der Projektleiter Brückenbau und der Projektleiter Fahrbahn gemeinsam mögliche Auswirkungen zu prüfen und über allfällig notwendige zusätzliche Massnahmen, z.B. gemäss Abschnitt 4.4.1, zu entscheiden.

5 Anforderungen an Brücken und Fahrbahn ohne DV

5.1 Allgemeine Anforderungen

Grundsätzlich ist die Brücke so zu konzipieren, dass die vor und nach dem Brückenbauwerk vorgesehene Standard-Fahrbahn (meist durchgehend eingeschottert und lückenlos verschweisst) ohne weitere Anforderungen über die Brücke geführt werden kann.

Die Schienen gehören nicht zum Tragsystem der Brücke. Bestehende Brücken, die auf ein Mitwirken der Schienen angewiesen sind, stellen einen Spezialfall dar und müssen gesondert betrachtet werden (siehe dazu auch zum Beispiel UIC Merkblatt 774-3).

Die Deformationen der Brücke müssen so beschränkt werden, dass die zulässigen Planungsgrenzwerte der Trassierungselemente, insbesondere für die Verwindung und für die vertikale Ausrundung gemäss R I-22046 resp. R RTE 22546 stets eingehalten werden. Dazu sind mindestens die Gebrauchsgrenzen gemäss Norm SIA 260, Tabelle 12 resp. 14, einzuhalten. Unter Umständen müssen die Deformationen der Brücke noch weiter eingeschränkt werden.

Bei beweglichen Lagern sind die Bewegungen der Brücke in Richtung der Gleisachse zu führen, sowohl bezüglich der horizontalen als auch in der vertikalen Linienführung. Die Erstellung eines Lagerungsschemas (siehe Abbildung 4-2 und Abbildung 4-3) ist ein geeignetes Mittel, um die Bewegungsrichtung der Brücke zu definieren.

Die Stabilität des Gleises ist fallweise unter Berücksichtigung der aus den Brückenbewegungen stammenden Beanspruchungen nachzuweisen. Dieser Stabilitätsnachweis muss durch die Fachstelle für die Fahrbahn erbracht werden.

5.2 Begrenzung der Dehnungslänge

Die Dehnungslänge ist die massgebende Grösse für die Beurteilung der Notwendigkeit einer DV. Sowohl Bewegungszentrum als auch die Dehnungslänge sind vom Brückenkonzept abhängig und durch den Projektleiter Brückenbau zu definieren.

Der verlangte Stabilitätsnachweis (siehe auch AB-EBV zu Art. 26, AB 26.1, Ziff. 1.4) gelingt in der Regel, wenn die Dehnungslänge die nachfolgenden Richtwerte nicht überschreitet:

- Beton- oder Verbundbrücke 90 m
- Stahlbrücke mit Schotterbett 60 m

Diese Richtwerte gelten unter den folgenden Voraussetzungen:

- Schienenprofil 60E1/E2
- Radius im Bereich der Widerlager grösser als 1500 m
- Schotteroberbau mit Betonschwellen
- mindestens 30 cm verdichteter Schotter unter den Schwellen

Bei anderen Radien oder anderen Verlegearten zeigen Abbildung 5-1 und Abbildung 5-2, wann bei Brücken mit Schotterbett auf eine DV verzichtet werden kann.

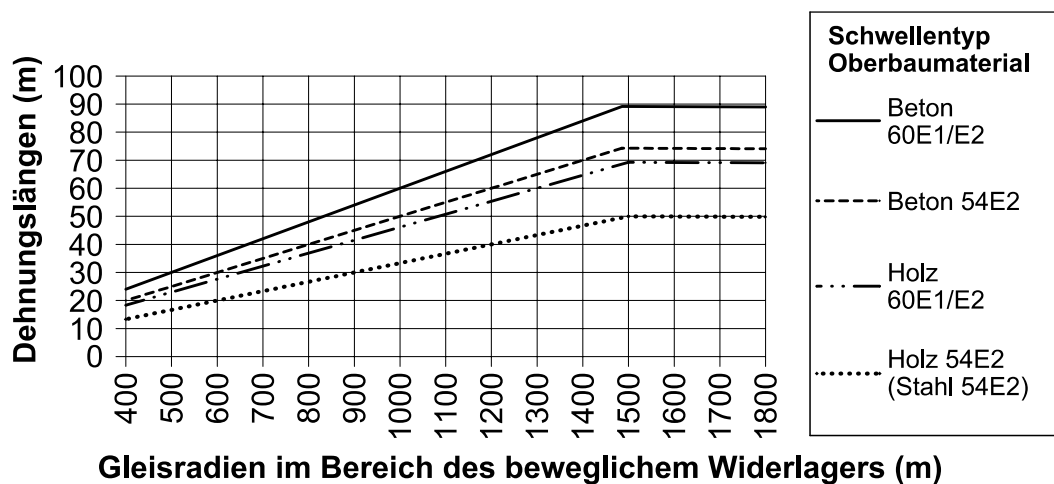


Abbildung 5-1: Betonbrücken mit Schotterbett: maximale Dehnungslängen ohne Dilatationsvorrichtung in Funktion der Gleisradien und des Oberbaumaterials

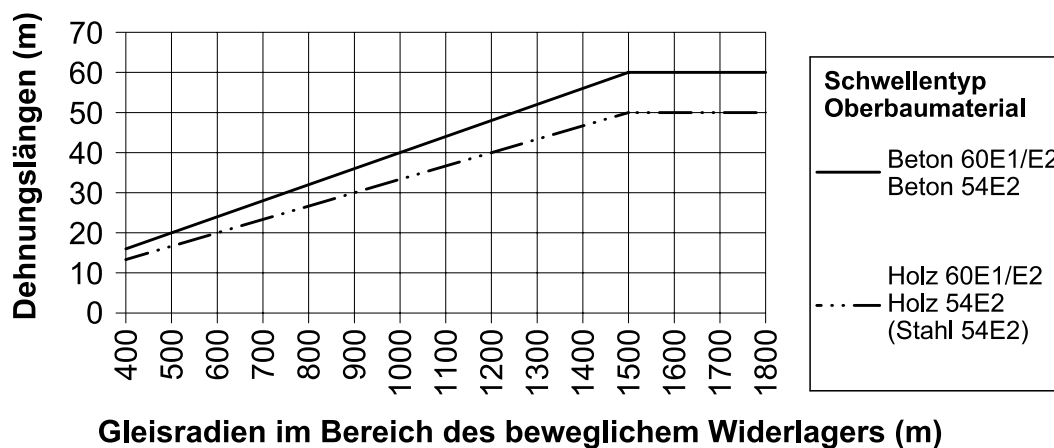


Abbildung 5-2: Stahlbrücken mit Schotterbett: maximale Dehnungslängen ohne Dilatationsvorrichtung in Funktion der Gleisradien und des Oberbaumaterials bei

Beispiel Stahlbrücke: Wenn bei einer Brücke mit einem Schotteroberbau mit Betonschwellen und Schienenprofil 60E1/E2 der Gleisradius 1000 m beträgt, dann kann auf eine DV verzichtet werden, sofern die Dehnungslänge der Brücke nicht grösser als 40 m ist.

Falls auf eine DV verzichtet werden kann, müssen beidseits des beweglichen Widerlagers auf mindestens einer Länge der 0.3-fachen Dehnungslänge Verstärkungsmassnahmen getroffen werden. Diese Massnahmen sind:

- verstärktes und verdichtetes Schotterbettprofil für alle Schwellentypen
- bei Stahlschwellen: Typ S220
- bei Holzschwellen: Sicherungskappen, jede 2. Schwelle wechselseitig

Falls gemäss R RTE 22041 resp. R RTE 22541 weitere Verstärkungsmassnahmen erforderlich sind, so sind diese anzuwenden.

Brücken mit Gleisradien unter 400 m sind im Einzelfall durch die Fachstelle für die Fahrbahn zu beurteilen.

Für Stahlbrücken mit offener Fahrbahn und Dehnungslängen bis 20 m sind in der Regel keine Massnahmen erforderlich. Für Dehnungslängen zwischen 20 m und 90 m sind auf

der Brücke längsbewegliche Schienenbefestigungen gemäss Abschnitt 5.6.2 anzuordnen. Für Dehnungslängen über 90 m sind beidseitig DV anzuordnen. Auf die zweite DV darf verzichtet werden, wenn ein entsprechender rechnerischer Nachweis dies rechtfertigt.

5.3 Anforderungen an den Schottertrog auf Grund der Interaktion

Der Schottertrog ist so auszubilden, dass über die gesamte Nutzungsdauer der Fahrbahn und des Tragwerkes die seitliche Gleislagestabilität gewährleistet bleibt. Dies bedeutet insbesondere, dass für die Bestimmung der Lage der Oberkante sowohl der Flügelmauern auf dem «Festland» als auch der Randborde auf der Brücke über dem erforderlichen Schotterprofil, mindestens jedoch ab Oberkante Schwelle genügend Hebungsreserven eingerechnet werden. Die Hebungsreserve wird durch den Projektleiter Fahrbahn festgelegt und in der Nutzungsvereinbarung festgehalten.

Des Weiteren sind für die Ausbildung des Schotterbettes die Anforderungen der R RTE 22041 resp. R RTE 22541 sowie der R RTE 21110 zu berücksichtigen.

5.4 Anforderungen an die Gestaltung der Übergänge an den Brückenenden

Im Widerlagerbereich muss mindestens der volle, für die Stabilität des Gleises notwendige Bettungsquerschnitt eingehalten werden (vgl. R RTE 22041 resp. R RTE 22541). Zur Sicherstellung der Schotterbettstabilität und gegen das seitliche Ausfliessen des Schotters sind bauliche Massnahmen (Flügelmauern, Schottertrog, etc.) zu treffen, ohne dass diese den Einsatz von Gleisbaumaschinen behindern.

Diese baulichen Massnahmen sind weit genug über die Brückenenden hinauszuziehen. Die Art und Länge der baulichen Massnahmen legt der Projektleiter Fahrbahn im Rahmen des Planungsprozesses fest.

5.5 Anforderungen an die Fahrbahn im Bereich von Brücken

5.5.1 Schienenstösse

Gleise: Aluminothermische Schweissungen, geklebte Isolierstösse und verlaschte Stösse sind nach Möglichkeit mehr als 10 m ausserhalb der Brückenenden anzuordnen. Als Mindestabstand gelten 4 m.

Weichen: Liegt der Anfang einer neuen Weiche weniger als 4 m ausserhalb eines bestehenden Brückenendes, so muss die Situation in Absprache mit dem Projektleiter Fahrbahn festgelegt werden.

5.5.2 Gleisneutralisierung

Die Neutralisierung muss zu einem Zeitpunkt stattfinden, in welchem sich die Brücke in der Nulllage befindet. Für die Neutralisierung des Gleises gelten die Vorschriften gemäss R RTE 22041 resp. R RTE 22541.

Dies trifft im Normalfall zu:

- Bei Betonbrücken in den Monaten April-Mai bzw. September-Oktober
- Bei Stahlbrücken mit Schottertrog bei Temperaturen zwischen 10 – 15 °C

Der Projektleiter Brückenbau liefert dem Projektleiter Fahrbahn rechtzeitig die erforderlichen Angaben zur Nulllage und zum Dehnungsverhalten der Brücke.

Falls das Gleis ausserhalb der erwähnten Bedingungen eingebaut werden muss, ist die Neutralisierung bei Brücken mit Dehnungslänge > 0.5 maximale Dehnungslänge (gemäss Abschnitt 5.2) in der nächsten Periode mit Brückennulllage zu wiederholen.

5.5.3 Gleistrennung

Bei Arbeiten, die das Trennen der Schienen im Einflussbereich von Brücken erfordern, muss mit grosser Umsicht vorgegangen werden. Aufgrund erhöhter Längszugkräfte können sich beim Trennen Stosslücken ruckartig einstellen. Erhöhte Längsdruckkräfte können beim Trennen zu Verklemmungen der Trenngeräte oder zu ruckartigen Gleislageänderungen führen. Je nach örtlicher Lage und Konstruktion der Brückenlager führen die dadurch plötzlich auftretenden Längskräfte unter Umständen zu Beschädigungen der Tragstruktur.

Insbesondere bei längeren oder gekrümmten Brücken mit offener Fahrbahn und teilweise längsbeweglichen Schienen sowie Lagern auf Auflagersteinen und unbewehrten Widerlagern bzw. Pfeilern können so klaffende Fugen entstehen.

Es wird daher empfohlen, zuerst alle Schienenbefestigung auf der Brücke so weit zu lösen, dass die Schienen vollständig längsbeweglich gelagert aber noch geführt sind. Erst im Anschluss daran ist das Trennen der lückenlosen Schienen im Bereich vor und nach der Brücke gemäss R RTE 22041 resp. R RTE 22541 durchzuführen.

5.5.4 Fangschienen

Für Fangschienen gelten die Vorgaben gemäss AB EBV zu Art. 26, AB 26.2, Ziff.2.

Fangschienen dürfen in keiner Weise die Kräfte auf die Brücke und auf die Fahrbahn beeinflussen. Damit Fangschienen keine zusätzlichen Längskräfte in die Fahrschienen übertragen, muss darauf geachtet werden, dass möglichst kleine temperaturbedingte Spannungen in den Fangschienen entstehen. Dies gelingt in der Regel, wenn die Fangschienen mit 18 m-Schienen erstellt werden und durch einseitig verschraubte Laschen geführt werden (siehe Abbildung 5-3).

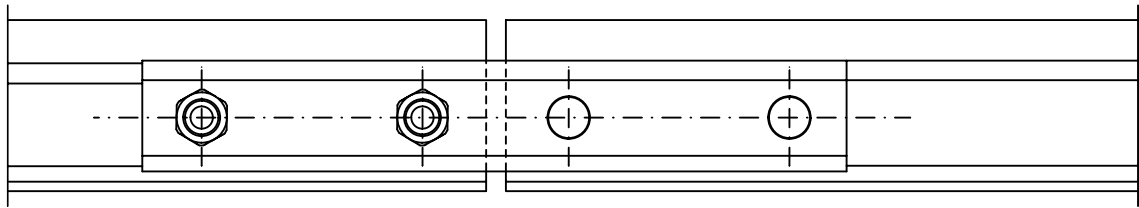


Abbildung 5-3: Durch einseitig verschraubte Laschen geführte Fangschiene

Die Stosslücken auf der Brücke betragen 20 mm. Zudem müssen auch bei den Tragwerksfugen Stosslücken vorhanden sein, die die gesamte zu erwartende Brückenverformung (Längsdehnung) aufnehmen können. Die Einstellung dieser Stosslücken muss entsprechend der Brückenlage erfolgen. Selbst bei maximaler Ausdehnung der Brücke und der Schienen müssen diese Stosslücken ≥ 0 mm betragen.

5.6 Spezielle Anforderungen bei Stahlbrücken mit offener Fahrbahn

5.6.1 Übergänge Brücke - Damm

Die Übergänge auf Brücken mit offener Fahrbahn mit Brückenhölzern oder direkter Befestigung (mit oder ohne DV) gelten hinsichtlich der Trassierung als Zwangspunkte.

5.6.2 Längsbewegliche Schienenbefestigungen

Durch die Verwendung von längsbeweglichen Schienenbefestigungen (beispielsweise gemäss Abbildung 5-4) kann erreicht werden, dass keine zusätzlichen Längskräfte infolge Temperaturdifferenzen in die Schienen geleitet werden.

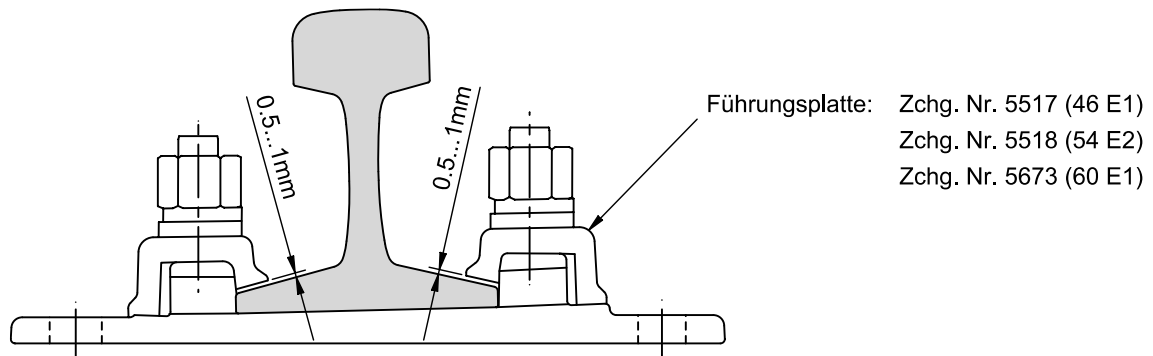


Abbildung 5-4: Beispiel einer längsbeweglichen Schienenbefestigung und Detail der Führungsplatte

Die längsbeweglichen Schienenbefestigungen dürfen nur unter Einhaltung der folgenden Bedingungen eingebaut werden:

- Brücke liegt im geraden Gleisabschnitt.
- statische Systeme a) und c) gemäss Anhang A1
- Die freie Gleislänge ohne Längsverschiebewiderstand darf 90 m nicht überschreiten (Begrenzung der Schienenbruchlücke).
- Ausserhalb der Brücke sind an beiden Enden Festpunkte mit Schienenklemmen gemäss Anhang 3 der R RTE 22041 resp. R RTE 22541 aufzubauen (siehe Abbildung 5-5).

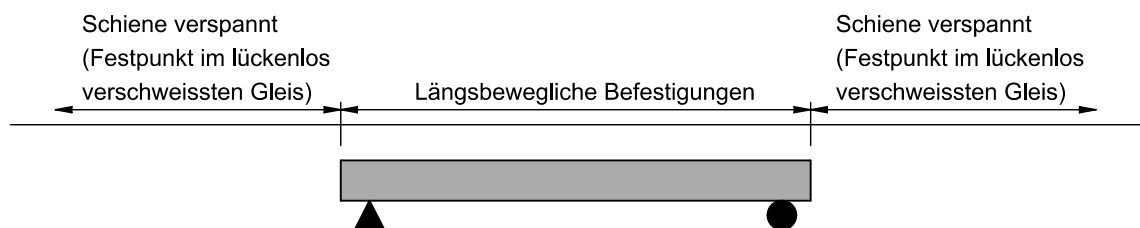


Abbildung 5-5: Lage der Festpunkte mit Schienenklemmen beim Einbau von längsbeweglichen Schienenbefestigungen

Die korrekte Funktion der längsbeweglichen Befestigung muss jederzeit gewährleistet sein.

5.7 Anforderungen an Weichen im Einflussbereich von Brücken

Die Anordnung von Weichen im Einflussbereich von Brücken ist angesichts der zusätzlichen Beanspruchungen der Gleiskonstruktion zu vermeiden. Als Einflussbereich wird die Zone bezeichnet, in welcher die zusätzlichen Längsdruckkräfte der Brücke die Gleisstabilität gefährden können. Er entspricht ca. der 0.4-fachen Dehnungslänge und ist beidseitig der Brückenenden zu berücksichtigen.



Aufgrund der geringen Einflüsse bei Betonbrücken mit Dehnungslängen bis 30 m, Stahlbrücken mit Dehnungslängen bis 20 m und integralen Brücken (Rahmenkonstruktionen und Mauerwerksbrücken ohne kontinuierliche Fahrbahnplatte) ist die Anordnung von Weichen im Einflussbereich solcher Brücken möglich.

Bei der Anordnung von Weichen im Einflussbereich von Brücken muss die verantwortliche Fachstelle für die Fahrbahn einbezogen werden.

Anhang A1 (Allgemein)

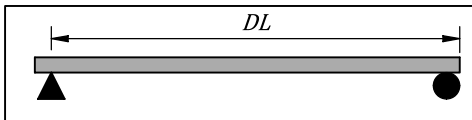
A1 Ermittlung von Dehnungslängen

Zeichungslegende:

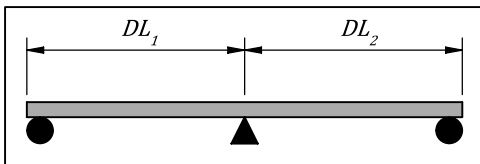
-  festes Lager bzw. Bewegungszentrum
 bewegliches Lager

DL : Dehnungslänge
 DL_1, DL_2 : Teildehnungslängen

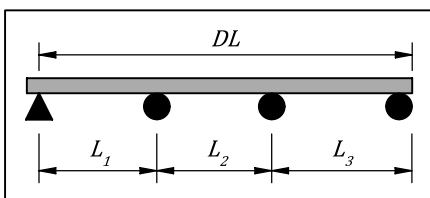
a) Einfacher Balken



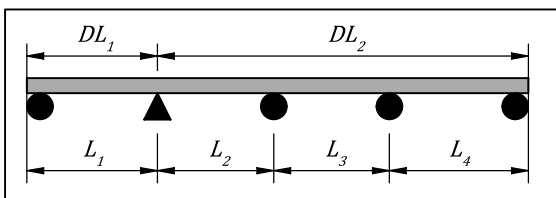
b) Zweifeldträger mit schwimmender Lagerung auf Pfeiler



c) Mehrfeldträger mit festem Lager auf Wiederlager



d) Mehrfeldträger mit schwimmender Lagerung auf Pfeiler



e) Zweiteiliges Tragwerk mit längsbeweglichen Überbauenden auf Pfeiler

