



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Bundesamt für Strassen ASTRA**

**DOKUMENTATION**

# **STAHL- BETON VERBUNDBRÜCKEN**

*Nachhaltige Entwurfsanleitung*

---

*Ausgabe 2024 V1.01*

*ASTRA 82020*

# Impressum

## **Autoren / Arbeitsgruppe**

Papastergiou Dimitrios	ASTRA N-SSI, Vorsitz
Waldis Walter	ASTRA N-SSI
Stucki Dieter	DIC SA, Aigle, Autor

## **Originalsprache**

Deutsch

## **Herausgeber**

Bundesamt für Strassen ASTRA  
Abteilung Strassennetze N  
Standards und Sicherheit der Infrastruktur SSI  
3003 Bern

## **Bezugsquelle**

Das Dokument kann kostenlos von [www.astra.admin.ch](http://www.astra.admin.ch) heruntergeladen werden.

© ASTRA 2024

Abdruck - ausser für kommerzielle Nutzung - unter Angabe der Quelle gestattet.

## Vorwort

Der Entwurf von Stahl-Beton-Verbundbrücken in der Schweiz verlief parallel zur Entwicklung des Autobahnnetzes. In den frühen Sechzigerjahren erlebten Verbundbrücken im Zusammenhang mit den Autobahnen Lausanne-Genf (N1) und Bern-Freiburg (N12) einen grossen Aufschwung. In den Siebzigerjahren führten zwei Ereignisse zum sogenannten goldenen Jahrzehnt der Verbundbauweise. Die von Konrad Basler an der Lehigh University in den USA durchgeführte Forschung führte zur Entwicklung neuer Methoden für den Querkraftnachweis. Das Beulen der Stege von Kästen und Trägern konnte toleriert werden, solange das Kräftegleichgewicht durch ein Zugfeld übernommen wird. Dies führte zu einer konsequenten Vereinfachung der Konzeption der Stahlkonstruktion. Stege mit einer Höhe von 4,00 m konnten ohne horizontale Aussteifungen gebaut werden. Eine weitere Einsparung von bis zu 10 % der Stahlkonstruktion wurde durch die Einführung einer 1930 in den USA entwickelten Stahlsorte auf dem europäischen Markt ermöglicht. Dabei handelt es sich um wetterfesten, witterungsbeständigen Stahl. Obwohl sich ein Rückgang in den 1980er Jahren aufgrund der Konkurrenz durch vorgespannte Brücken und der Beurteilung auf der Grundlage der Baukosten ohne Überlegungen zur künftigen Wartung und Überwachung abzeichnete, wurden Ende des Jahrhunderts einige innovative und manchmal monumentale Verbundbrücken und -viadukte wie die Baregg-Brücke in Dättwil und die Viaducs des Vaux gebaut, die als internationale Referenzen in allen Dokumentationen über Verbundbrücken zu finden sind.

Im Allgemeinen haben sich Verbundbrücken über die Jahre hinweg gut bewährt. Die Problematik der nicht dauerhaften Korrosionsschutzanstriche wird heute durch die Entwicklung neuer Schutzsysteme gelöst, die eine Schutzdauer von mindestens der Hälfte der Nutzungsdauer der Brücken garantieren. Zudem gibt es die Möglichkeit der Feuerverzinkung, die eine Nutzungsdauer bis hundert Jahren erwarten lässt. Die Verwendung von wetterfestem Stahl führt darüber hinaus zu einer Minimierung des Wartungsbedarfs. Verbundbrücken eignen sich sehr gut für ein modernes System zur Überwachung, da sie es ermöglichen, den Zustand des Bauwerks, seine Tragfähigkeit und seine strukturellen Reserven mit bemerkenswerter Genauigkeit zu erfassen. Darüber hinaus eignen sich Verbundbrücken für schnelles Bauen und erfüllen die Anforderungen an eine nachhaltige Entwicklung. Es handelt sich um geeignete Systeme für flexible Konzepte, die Synergien mit Techniken wie der Vorspannung oder innovativen Materialien wie der zementgebundene Ultrahochleistungsfaserbaustoff (UHFB) ermöglichen. Aus all diesen Gründen sind Verbundbrücken wieder im Kommen, was durch ihren Platz in der Rangierung bei den jüngsten Wettbewerben für neue Brücken und Viadukte bestätigt.

Dieser Leitfaden ist ein Werkzeug, das die besten Praktiken für die Planung und den Bau von Verbundbrücken zusammenfasst, die auf jahrelanger Erfahrung beruhen. Aspekte betreffend Überwachung und Unterhalt sind mit blau hinterlegten Texten optisch hervorgehoben dargestellt. Besondere Aufmerksamkeit wird den konstruktiven Details gewidmet, die einem nachhaltigen Design entsprechen. Schliesslich enthält der Leitfaden Fallstudien aus der Geschichte des Baus von Verbundbrücken für das Schweizer Strassennetz, in denen deren Besonderheiten und die damit verbundenen technischen Innovationen vorgestellt werden.

### **Bundesamt für Strassen**

Dimitrios Papastergiou  
Fachverantwortlicher Kunstbauten



# Inhaltsverzeichnis

	<b>Impressum .....</b>	<b>2</b>
	<b>Vorwort.....</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>7</b>
1.1	Zweck der Dokumentation .....	7
1.2	Geltungsbereich .....	7
1.3	Adressaten .....	7
1.4	Inkrafttreten und Änderungen .....	7
<b>2</b>	<b>Ausgangslage.....</b>	<b>8</b>
2.1	Gesetzliche Grundlagen, relevante Normen und Standards .....	8
2.2	Motivation .....	8
2.3	Tragverhalten von Verbundbrücken.....	8
2.4	Abgrenzung .....	9
<b>3</b>	<b>Grundsätze / Entwurf .....</b>	<b>10</b>
3.1	Plattenbalkenbrücken.....	10
3.1.1	Querschnittsausbildung.....	10
3.1.2	Spezielle Querschnittsausbildung .....	12
3.1.3	Brückenträger.....	13
3.2	Kastenträger.....	13
3.2.1	Querschnittsausbildung.....	14
3.2.2	Brückenträger.....	15
3.3	Trogbrücken .....	16
3.3.1	Querschnittsausbildung.....	16
3.3.2	Brückenträger.....	17
3.4	Fachwerkbrücken.....	17
3.4.1	Querschnittsausbildung.....	17
3.4.2	Brückenträger.....	17
<b>4</b>	<b>Konstruktive Durchbildung.....</b>	<b>18</b>
4.1	Materialwahl .....	18
4.2	Plattenbalkenbrücken.....	18
4.2.1	Hauptträger Gurtbleche.....	18
4.2.2	Hauptträger Stegblech .....	20
4.2.3	Querträger .....	20
4.3	Kastenträger.....	26
4.3.1	Hauptträger Gurtbleche.....	27
4.3.2	Querrahmen .....	27
4.4	Fahrbahnplatte .....	28
4.5	Verbundmittel .....	28
4.5.1	Kopfbolzendübel .....	28
4.5.2	Neue Verbindungsart .....	29
4.6	Lager .....	32
<b>5</b>	<b>Baumethode.....</b>	<b>33</b>
5.1	Stahlbau .....	33
5.1.1	Transport.....	33
5.1.2	Montage .....	33
5.1.3	Temporäre Verbände .....	35
5.2	Fahrbahnplatte .....	35
5.2.1	Ortbetonfahrbahnplatte .....	35
5.2.2	Vorfabrizierte Fahrbahnplatte.....	36
5.2.3	Vorfabrizierte Fahrbahnplatte in UHFB.....	36

<b>6</b>	<b>Dauerhaftigkeit und Unterhalt .....</b>	<b>38</b>
6.1	Korrosionsschutz .....	38
6.2	Wetterfester Baustahl .....	38
6.3	Konstruktiver Korrosionsschutz .....	40
6.4	Ermüdung .....	43
<b>7</b>	<b>Beispiele ausgeführter Bauwerke .....</b>	<b>44</b>
7.1	Viaduc sur la Venoge – RC 177 .....	44
7.2	N01 Lehnenviadukt in Killwangen.....	48
7.3	N01 Bünztalviadukt.....	52
7.4	N01 UEF Mellingerstrasse Birmenstorf .....	56
7.5	N01 Viaducs de Lully .....	60
7.6	N01 Viaducs du Bois de Rosset .....	65
7.7	N01 Viaducs des Vaux.....	69
7.8	N01 Bareggbrücke .....	75
7.9	N01 PS Relais de Bavois.....	81
7.10	N05 Viaduc du Landeron Ouest .....	84
	<b>Glossar.....</b>	<b>87</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>88</b>
	<b>Auflistung der Änderungen .....</b>	<b>91</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Zweck der Dokumentation

Die Dokumentation gilt für die Erstellung von Stahl-Beton Verbundbrücken. Sie umschreibt die heute gebräuchlichen Brückenkonzepte, deren Wissensstand und legt damit die Grundsätze und Kriterien für die Systemwahl und das Konzept der Stahl-Beton Verbundbrücken fest.

Die Dokumentation dient der Standardisierung der Konzepte sowie der Optimierung der Kosten-/Nutzen-Verhältnisse von Stahl-Beton Verbundbrücken über die gesamte Lebensdauer der Infrastrukturbauwerke.

## 1.2 Geltungsbereich

Die Dokumentation gilt für die Planung, die Projektierung, die Realisierung von Neubauten sowie für die Erneuerungen von Stahl-Beton Verbundbrücken.

## 1.3 Adressaten

Angesprochen mit dieser Dokumentation sind Bauherren, Planer, Unternehmer, Lieferanten und Betreiber von Stahl-Beton Verbundbrücken.

## 1.4 Inkrafttreten und Änderungen

Dieses Dokument tritt am 30.11.2022 in Kraft. Die „Auflistung der Änderungen“ ist auf Seite 91 dokumentiert.

## 2 Ausgangslage

### 2.1 Gesetzliche Grundlagen, relevante Normen und Standards

Für die Erstellung, den Betrieb und die Erhaltung von Stahl-Beton Verbundbrücken müssen gesetzliche Bestimmungen eingehalten werden. Es ist Aufgabe des Bauherrn, der Planer, der Unternehmer und der Lieferanten und der Betreiber, die für ihren Bereich zutreffenden Vorschriften und Normen einzuhalten [1] – [16].

### 2.2 Motivation

Wurden beim Nationalstrassenbau nach dem II. Weltkrieg in der Schweiz hauptsächlich Stahlbeton - und Spannbetonbrücken erstellt, so zeigt es sich, dass in den letzten Jahrzehnten vermehrt Stahlbetonverbundbrücken projektiert werden. Um diesem Umstand gerecht zu werden, soll hiermit ein Leitfaden für den projektierenden Ingenieur und die öffentlichen Bauherrschaften angeboten werden.

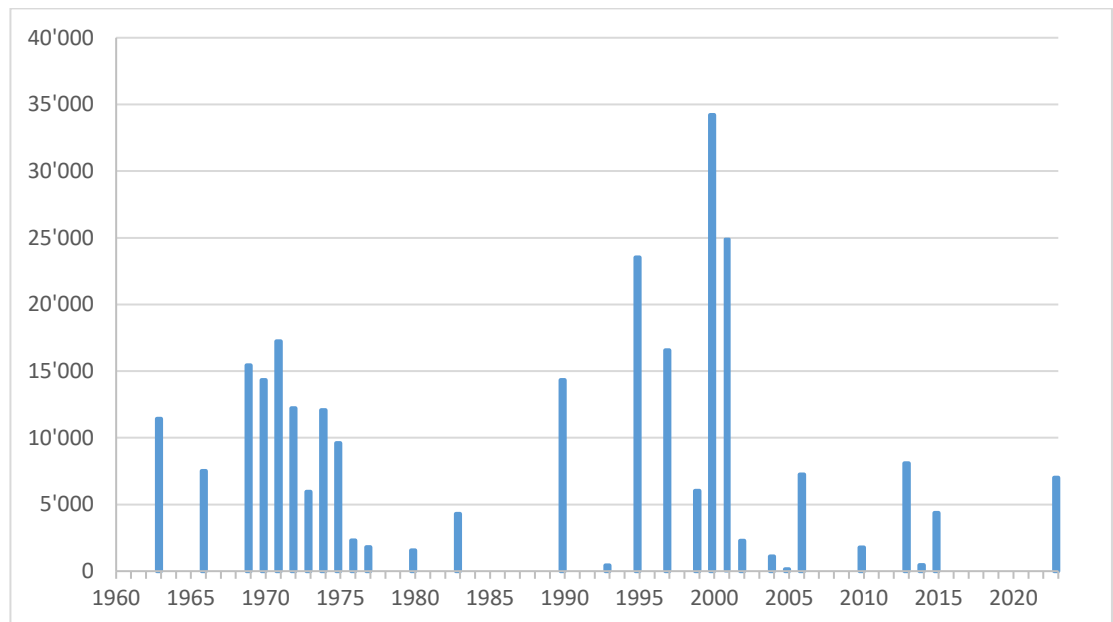


Abb. 2.1 Verbaute Brückenfläche von Stahlbetonverbundbrücken der Nationalstrasse in m² pro Jahr.

### 2.3 Tragverhalten von Verbundbrücken

Verbundkonstruktionen bestehen aus einer Stahlbeton- oder Spannbetonplatte, die über Verbundmittel mit einem Stahlträger verbunden sind. Die Verbundmittel behindern eine Relativverschiebung zwischen der Betonplatten-Unterseite und der Stahlträger-Oberseite. Sie gewährleisten die Dehnungskompatibilität der beiden Materialien.

Die Neutralachse des Brückenquerschnittes liegt üblicherweise relativ hoch. In Abb. 2.2 ist das Spannungs- Dehnungs- Diagramm eines typischen Querschnittes auf Niveau Gebrauchslasten dargestellt.



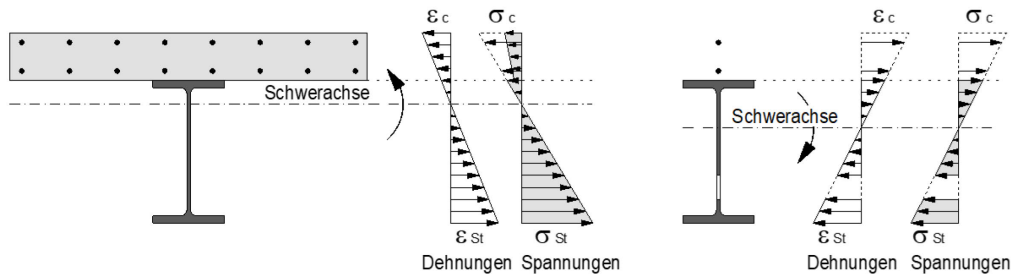


Abb. 2.2 Spannung- Dehnung- Diagramm auf Niveau Gebrauchslasten.

Unter einem positiven Moment ist der Stahlträger hauptsächlich unter Zug und die Betonplatte unter Druck beansprucht, was sehr wirtschaftlich ist. Unter einem negativen Moment steht der Beton unter Zug, was zu einem gerissenen Querschnitt führt, so dass nur die passive Längsbewehrung der Betonplatte im Nachweis berücksichtigt wird. Der Stahlträger steht unter Druck, was zu Stabilitätsversagen führen kann, sodass der Querschnitt dementsprechend angepasst werden muss.

## 2.4 Abgrenzung

Die vorliegende Dokumentation soll und kann nicht ein Handbuch für die Bemessung von Verbundbrücken sein. Für eine intensive Auseinandersetzung mit der Theorie von Stahlbetonverbundbrücke wird auf die weiterführende Literatur wie Lebet [17], Hanswille [18], Hoischen [19], usw. verwiesen.

Es werden vor allem die üblichen Kastenträger-, vollwandige Plattenbalken- und Trogbriicken mit traditionellen Verbundmitteln aus Kopfbolzendübeln dargestellt. Das Augenmerk ist auf eine konstruktiv ausgereifte Durchbildung der Brückenkonstruktion gerichtet. Die vorliegende Dokumentation folgt in Auszügen der Publikation Sétra „Guide ponts mixtes acier-béton“ [20]. Auf eine Darstellung der Verbundwirkung durch Dübelleisten usw. wird bewusst verzichtet.

Es werden keine Angaben zu Walzträger in Beton (WIB-Bauweise) und Schrägkabelbrücken gemacht, da sie nur in speziellen Fällen angewendet werden. Die Rohrfachwerkbrücken werden kurz dargestellt (vgl. Kapitel 3.4), da die bisherigen Erfahrungen gezeigt haben, dass sie erhöhte Lebensdauerkosten (life-cycle cost) haben. Sie wurden in speziellen Fällen infolge ästhetischer Aspekte gewählt. Mit den modernen Korrosionsschutz-Systemen und dem heutigen Stand der Technik können diese Kosten gesenkt werden (vgl. Kapitel 6.1).

Die spezifischen Qualitätsanforderungen des ASTRA sind in den technischen Merkblättern des Fachhandbuches [3] und in der Richtlinie 12001 [1] beschrieben und festgehalten.

### 3 Grundsätze / Entwurf

Der Einsatzbereich von Verbundbrücken liegt bei Spannweiten von 30 bis 130 m. Wirtschaftliche Brücken liegen um Spannweiten von 50 m. Die Abb. 3.1 zeigt deutlich die Zunahme des Stahlverbrauches infolge der Einführung der neuen Normengeneration, die die erhöhten Strassenlasten berücksichtigt.

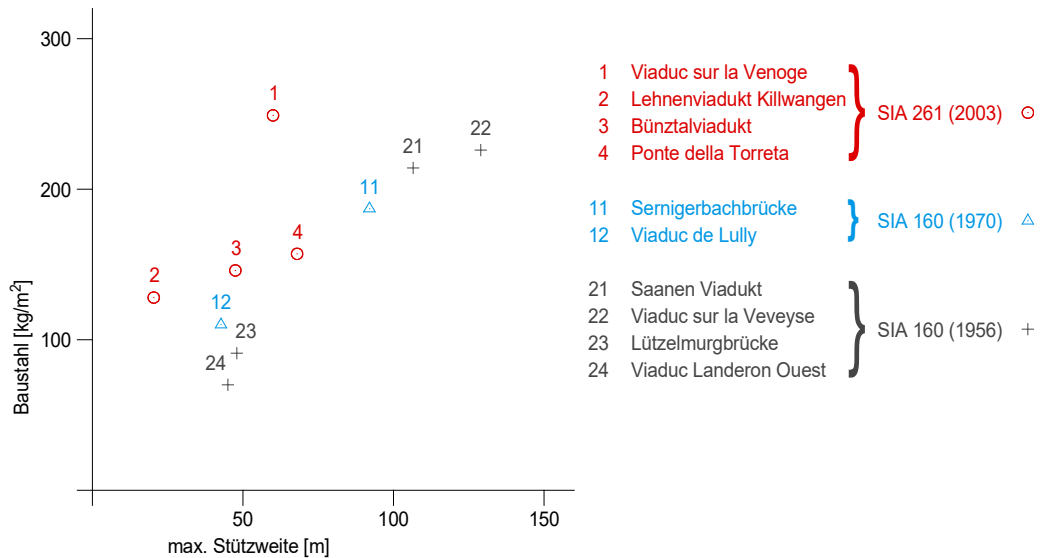


Abb. 3.1 Stahlverbrauch in kg / m<sup>2</sup> befahrbarer Brückenfläche.

### 3.1 Plattenbalkenbrücken

Verbundbrücken werden heute vorwiegend als vollwandige Balkenbrücken ausgebildet, wobei die Ausführung als zweistegiger Plattenbalken sehr wirtschaftlich sein kann, da oft eine kleine Bauhöhe und ein leichtes Konstruktionsgewicht bei einer raschen Montage ohne Baubehinderung massgebend wird. Dies gilt insbesondere bei geraden Brücken mit kleinen und mittleren Spannweiten.

#### 3.1.1 Querschnittsausbildung

Verbundbrücken mit einem Plattenbalkenquerschnitt bestehen im Wesentlichen aus einer Fahrbahnplatte aus Stahlbeton und zwei vollwandigen Hauptträgern aus Stahl mit Querträgern, welche keinen Verbund zur Fahrbahnplatte aufweisen (Abb. 3.2).

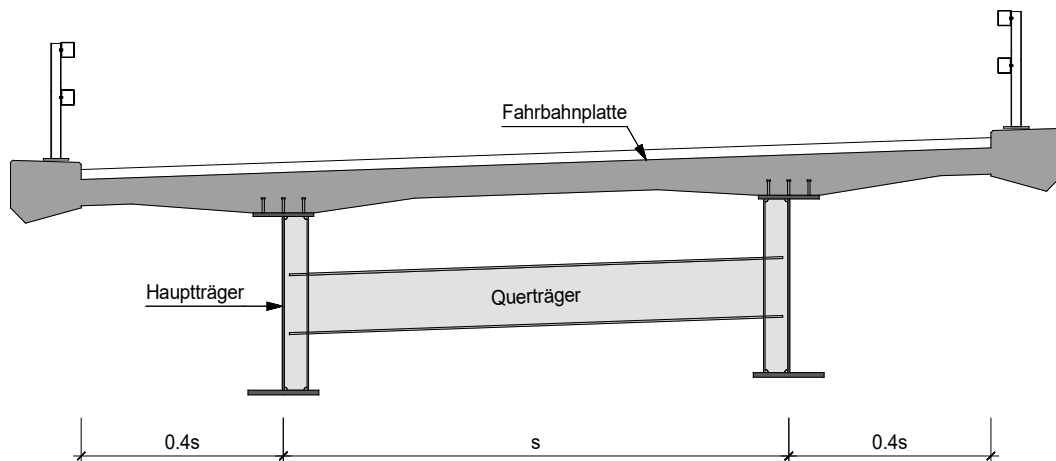


Abb. 3.2 Vollwandiger Plattenbalkenquerschnitt.

In den letzten Jahren wurden oft Kastenträger anstelle von Blechträgern gewählt. Die Wahl erfolgte primär aus Gründen der Ästhetik und sekundär aus Aspekten des Unterhaltes. Es entfallen die hervorstehenden Untergurte, die ohne Gegenmassnahmen oft zu Verschmutzungs- und Korrosionsproblemen infolge brütender Vögel führen. Im Generellen werden die Blechträger bevorzugt, da sie von überall einsehbar sind, nach dem Prinzip „Was ich sehe, kann ich unterhalten“. Gleichzeitig ist bei den Stahlkästen die Einspannung der Fahrbahnplatte zu untersuchen (vgl. Kapitel 4.4).

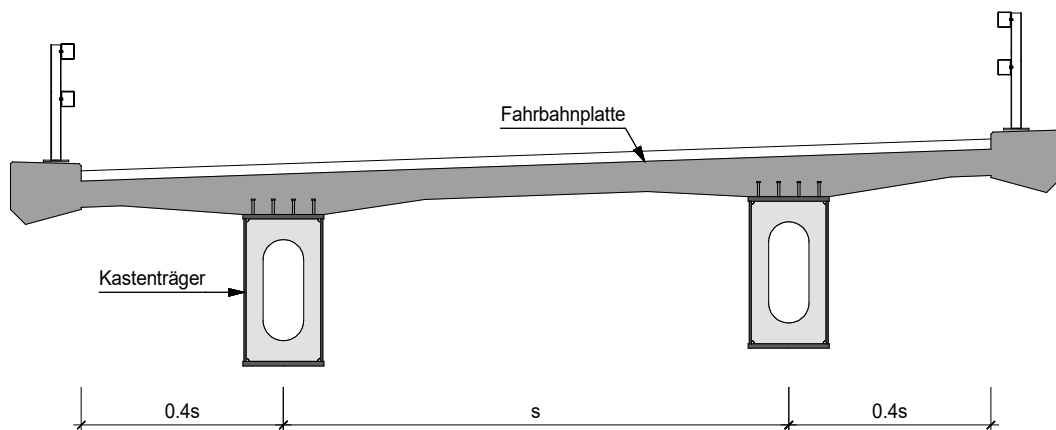


Abb. 3.3 Plattenbalkenquerschnitt mit Kastenträger.

### Hauptträger

Die Hauptträger werden vorwiegend aus dicht zusammengeschweissten Blechträgern gebildet, welche aus einem Stegblech sowie je einem Ober- und Untergurtblech bestehen. Bei kleineren Spannweiten werden auch Walzprofilträger eingesetzt. In Längsrichtung bleibt die Breite der Gurtbleche im generellen konstant und die Gurtblechdicken, die Stegblechdicke und Stegblechhöhe variieren entsprechend den Beanspruchungen. Aufgeschweisste Kopfbolzendübel auf dem Obergurt bewirken die Verbindung zwischen Stahlträger und Stahlbeton-Fahrbahnplatte.

Je nach Erfordernis der Fahrbahn sind die Hauptträger bei einem einseitigen Quergefälle identisch, aber entsprechend dem Quergefälle in der Höhe verschoben (Abb. 3.2). Bei einem Dachgefälle sind die Hauptträger ebenfalls identisch, aber auf der gleichen Höhe (Abb. 3.4).

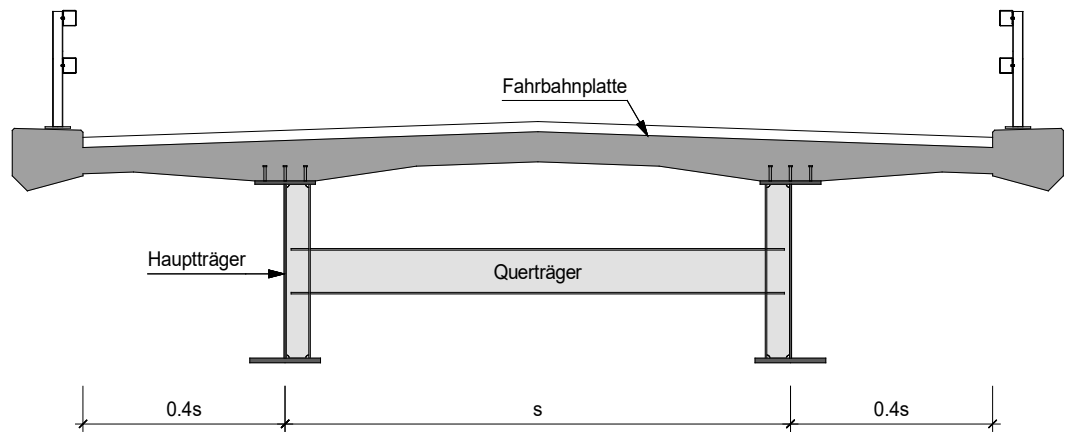


Abb. 3.4 Querschnitt mit Dachgefälle.

### Querträger

Querträger, die einen Querrahmen mit den Hauptträgern bilden, bestehen im generellen aus Walzprofilblechen und haben keinen Kontakt mit der Fahrbahnplatte. Hauptquerträger über den Auflagern, die eine grössere Beanspruchung erhalten, besitzen grössere Abmessungen und bestehen aus zusammengeschweissten Blechträgern. Die Querträger werden mit den vertikalen Querträgerpfosten der Hauptträger verschweisst. Die Querträgerpfosten, die gleichzeitig auch die Quersteifen der Stegbleche bilden, bestehen aus an den Gurt- und Stegblechen angeschweissten T-Querschnitten.

Die Querträgerabstände betragen im generellen weniger als 8 m und sind pro Spannweite konstant, können aber von Spannweite zu Spannweite differenzieren. Bei grossen Kippmomenten kann eine Verkleinerung des Abstandes im Auflagerbereich notwendig werden.

### Fahrbahnplatte

Die Fahrbahnplattenstärke ist in Längsrichtung konstant und variiert im generellen in Querrichtung zwischen 26 cm und 40 cm. Die Fahrbahnplatte besteht im generellen aus Stahlbeton und kann bei langen Kragarmen quer vorgespannt werden.

## 3.1.2 Spezielle Querschnittsausbildung

Plattenbalken-Verbundbrücken können mehr als zwei vollwandige Hauptträger besitzen (Abb. 3.5). Da deren Herstellung aber teurer ist als die üblichen zweistegigen Plattenbalkenbrücken, werden sie nur dort eingesetzt, wo dies spezifische Randbedingungen erforderlich machen, wie zum Beispiel:

- Fahrbahnbreite grösser als 25 m;
- Erforderliche statische Höhe nicht vorhanden;
- Ortsabhängiges Montageverfahren nur mit leichten Hebegegeräten möglich;
- Kleines Verhältnis Spannweite zu Brückenbreite.

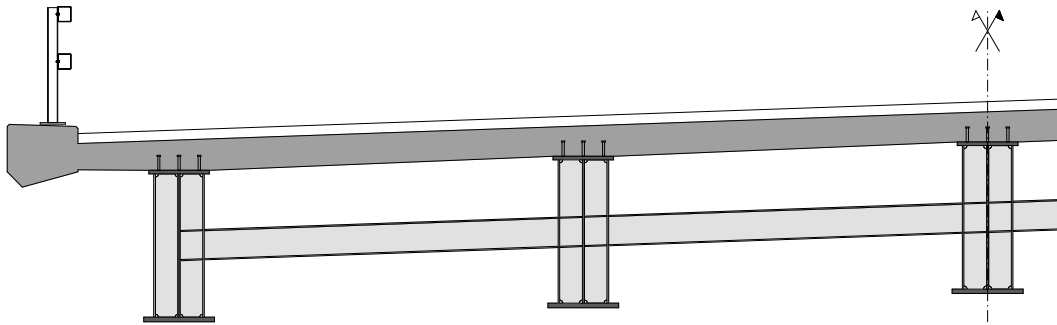


Abb. 3.5 Vollwandiger mehrstegiger Plattenbalkenquerschnitt.

### 3.1.3 Brückenträger

Die Mehrzahl der Plattenbalkenbrücken besitzen eine konstante Trägerhöhe über die gesamte Brückenlänge (Abb. 3.6). Diese Anordnung ermöglicht eine rationelle Fertigung in der Werkstatt, was sehr wirtschaftlich ist.

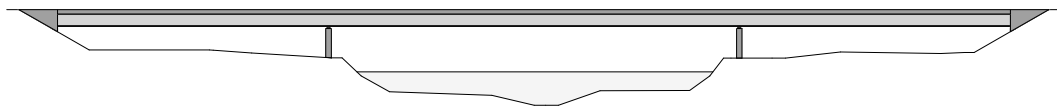


Abb. 3.6 Brücke mit konstanter Trägerhöhe.

Bei kurzen Endspannweiten wird die Trägerhöhe linear bis zu den Widerlagern reduziert ohne gross die Wirtschaftlichkeit der Brücke zu beeinträchtigen (Abb. 3.7).

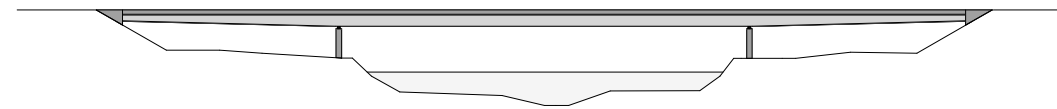


Abb. 3.7 Brücke mit variabler Trägerhöhe in den Endspannweiten.

Brücken mit variabler Trägerhöhe werden oft infolge geometrischen Randbedingungen (einzuhaltendes Lichtraumprofil) oder ästhetischen Aspekten gewählt, da deren Fabrikation und Montage aufwendiger ist. Die Änderung der Trägerhöhe ist generell parabolisch (Abb. 3.8). Sie kann aber jede geometrische Form annehmen.

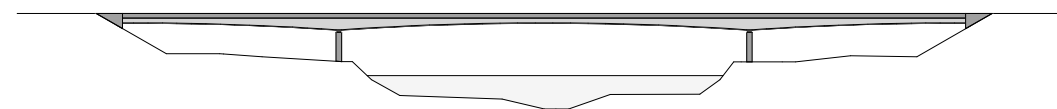


Abb. 3.8 Brücke mit parabolischer Trägerhöhe.

## 3.2 Kastenträger

Kastenträgerbrücken werden überwiegend bei einer gekrümmten Linienführung und bei grossen Spannweiten der Brücke verwendet, da die Ablenkkräfte infolge Krümmung über den offenen Querschnitt der Plattenbalkenbrücke nicht mehr aufzunehmen sind. Es wird daher ein torsionssteifer Kasten gewählt.

Kastenträgerbrücken werden auch gewählt, um die Abmessungen der Pfeiler zu minimieren, indem zusätzlich noch die Stegbleche geneigt werden.

### 3.2.1 Querschnittsausbildung

Kastenträgerbücken bestehen aus einer Fahrbahnplatte aus Stahlbeton sowie einem U-förmigen Stahlkasten, zusammengesetzt aus einzelnen Stahlblechen. In regelmässigen Abständen werden Querrahmen angeordnet (Abb. 3.9). Der Stahlkasten besteht aus zwei Obergurtblechen, zwei Stegblechen und einem Untergurtblech.

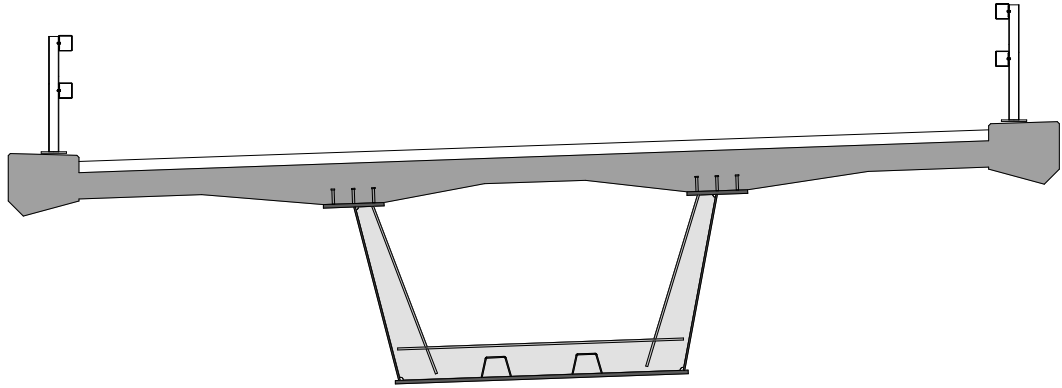


Abb. 3.9 Kastenträger.

Die Fahrbahnplatte entspricht den Ausführungen der Plattenbalkenbrücken.

Die Obergurtbleche werden analog den Plattenbalkenbrücken ausgeführt.

Das Untergurtblech besitzt in Querrichtung eine konstante Dicke und wird in Längsrichtung den Beanspruchungen entsprechend abgestuft. Wenn notwendig werden zusätzlich Beulsteifen aus Trapezprofilen, T-Profilen oder Flachblechen angeordnet.

Die Kastenträgerstege werden generell geneigt ausgeführt, und wo notwendig mittels Steifen versehen.

Wie bei Plattenbalkenbrücken können bei grossen Fahrbahnbreiten Querträger in Verbund mit der Fahrbahnplatte angeordnet werden.

Verstärkte Querrahmen bestehen aus zusammengeschweissten Blechträgern und werden alle 4 bis 6 m angeordnet (Abb. 3.10). Sie sind zur Querschnittserhaltung des Brückenträgers notwendig.

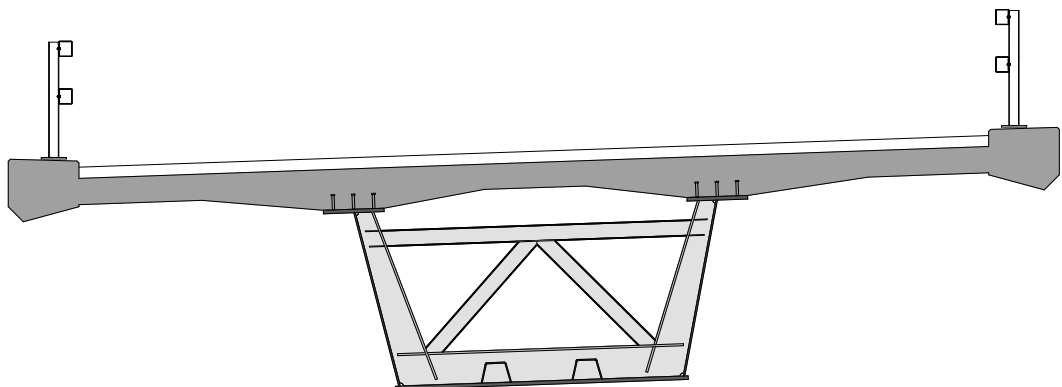


Abb. 3.10 Querrahmen.

Bei den Auflagern werden massive Querschotte ausgebildet. Sie leiten die verschiedenen Beanspruchungen des Brückenträgers in die Auflager weiter. Im Prinzip wird ein volles massives Querschott mit einem Mannloch für den Bau und für spätere Überwachungstätigkeiten konzipiert (Abb. 3.11). Die minimale Abmessung des Mannloches ist  $D = 60 \text{ cm}$ .

Das Querschott steht mit Kopfbolzendübel im Verbund mit der Fahrbahnplatte.

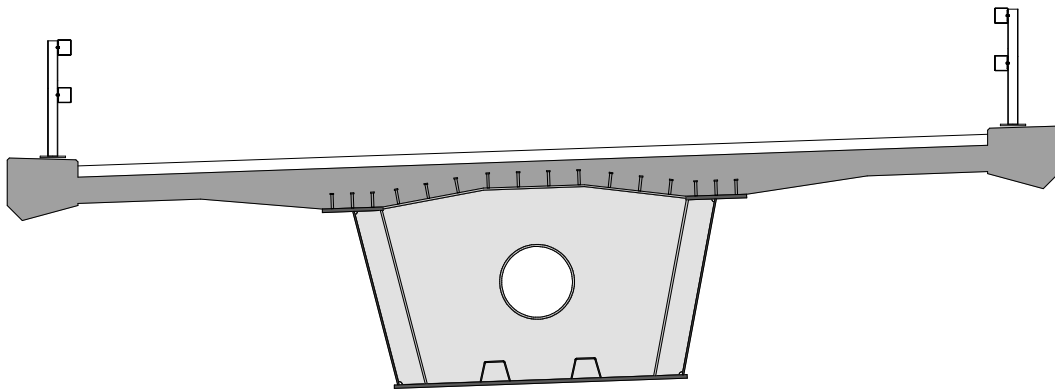


Abb. 3.11 Querschott über Auflager.

Generell darf die Trägerhöhe des Stahlhohlkastens 1.2 m und bei einzelnen lokalen Stellen 1 m nicht unterschreiten. Das ASTRA empfiehlt eine minimale Trägerhöhe von 1.5 m. Dies aus Gründen der Fabrikation der Fahrbahnplatte, des Unterhaltes sowie der Inspektion.

Wirtschaftliche Stahlhohlkasten überschreiten die Gesamtbreite von 6 m und die Breite des Untergurtbleches von 4.5 m nicht. So kann der Stahlhohlkasten als ein Element gefertigt werden und es entfallen aufwendige Längsnaht-Schweissungen im Untergurtblech.

In speziellen Fällen, zum Beispiel bei kleinen Stahlhohlkasten, kann es sinnvoll sein, das Obergurtblech über die gesamte Breite des Kastens anzuordnen. Somit entfallen die aufwendigen Schalungs- und Ausschalarbeiten der Fahrbahnplatte. Kleine geschlossene Stahlhohlkasten werden oft bei kurzen und gekrümmten Brücken eingesetzt.

Bei der Sanierung von Plattenbalkenbrücken ist zu überprüfen, ob ein nachträglicher Einbau eines unteren Windverbandes mit verhältnismässigem Aufwand möglich ist. Dies im Sinne einer Verstärkung des Brückenträgers für erhöhte Verkehrslasten (Abb. 3.12).

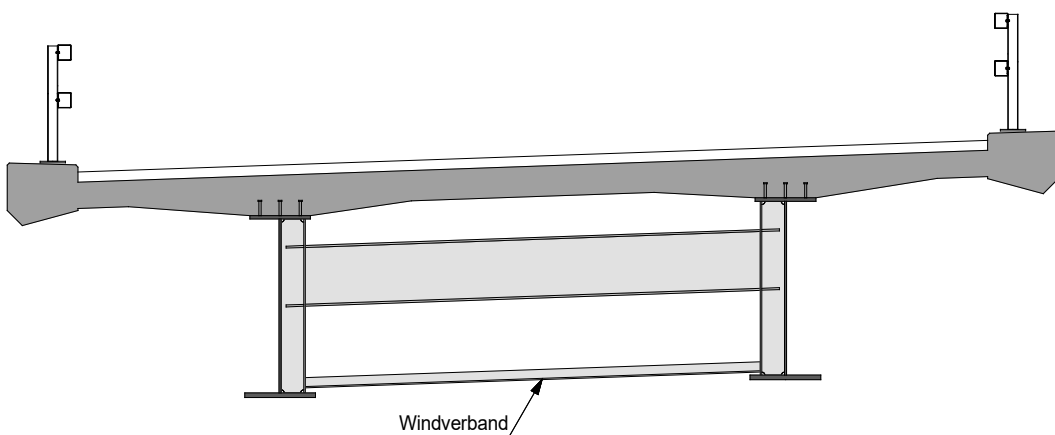


Abb. 3.12 Nachträglicher Einbau eines unteren Windverbandes.

### 3.2.2 Brückenträger

Die meisten Kastenträgerbrücken besitzen eine konstante Trägerhöhe über die gesamte Brückenlänge. In Ausnahmefällen kann die Trägerhöhe variieren, doch erhöhen sich dabei die Fabrikations- und Montagekosten, insbesondere bei einer Montage durch Taktschiebverfahren.

### 3.3 Trogbrücken

Die häufige Forderung im Nationalstrassenbau, bei Überführungen auf Mittelpfeiler zu verzichten, sowie die Forderung zu einem grösseren Lichtraum für einen zukünftigen Fahrstreifenausbau bei gleichbleibender Dammhöhe der Überführung führt bei Neubauten zu grossen Spannweiten, die oft nur mittels Trogbrücken überspannt werden können.

#### 3.3.1 Querschnittsausbildung

Trogbrücken bestehen aus zwei aussenliegenden Stahlkastenträger und einer in Verbund stehenden Betonfahrbahnplatte (Abb. 3.13). In regelmässigen Abständen werden Stahlquerträger angeordnet, die die Fahrbahnplatte unterstützen und den Verbund erwirken.

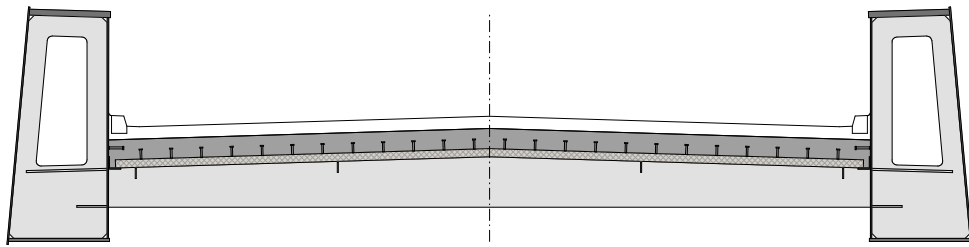


Abb. 3.13 Trogbrücke.

Die Fahrbahnplatte, die sich von Querträger zu Querträger spannt, besteht aus Stahlbeton und wird entweder vollständig an Ort, oder mit der Hilfe von Fertigteilplatten als Schalungselementen betoniert. Sie ist über Kopfbolzendübel mit den Haupt- und Querträgern verbunden.

Die Kastenträger werden generell begebar ausgebildet.

Eine grosse Aufmerksamkeit ist der konstruktiven Ausbildung des Überganges Fahrbahnplatte zu Randträger zu widmen. Eine mögliche Ausbildung ist in Abb. 3.14 gegeben. Zusätzlich ist der Oberflächenschutz auf der Innenseite des Hauptträgers mittels konstruktiver Einrichtungen vor Beschädigungen zu schützen.

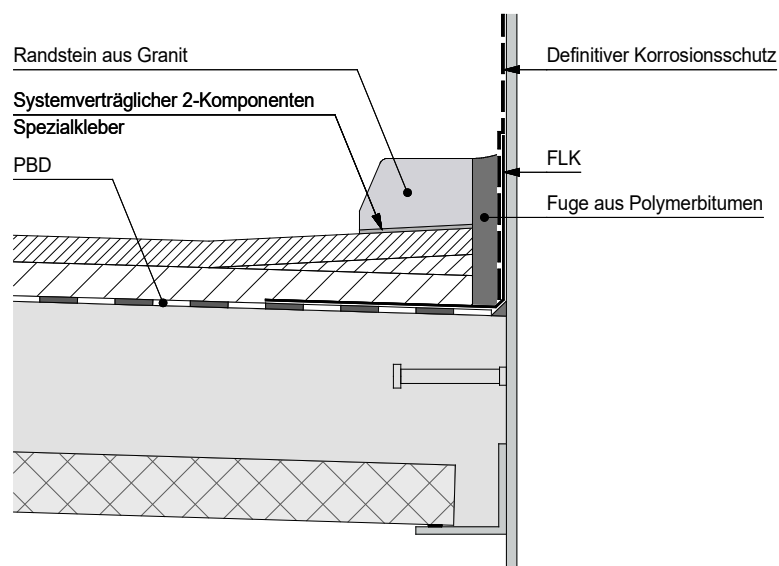


Abb. 3.14 Detail Übergang Fahrbahnplatte zu Randträger.



### 3.3.2 Brückenträger

Die meisten Trogbrücken besitzen analog der Kastenträgerbrücken eine konstante Trägerhöhe über die gesamte Brückenlänge. In Ausnahmefällen kann die Trägerhöhe variieren, doch erhöhen sich dabei die Fabrikations- und Montagekosten.

## 3.4 Fachwerkbrücken

Fachwerkbrücken werden meistens aus ästhetischen Gründen gewählt, da ihre Erstellung und ihr Unterhalt relativ teuer sind.

In neuester Zeit können auch Rohrquerschnitte aus wetterfestem Stahl verwendet werden.

### 3.4.1 Querschnittsausbildung

Der Querschnitt wird generell analog den Kastenträgerbrücken ausgebildet, wobei oft eine dreieckförmige Ausbildung mit einem zentralen Untergurt gewählt wird.

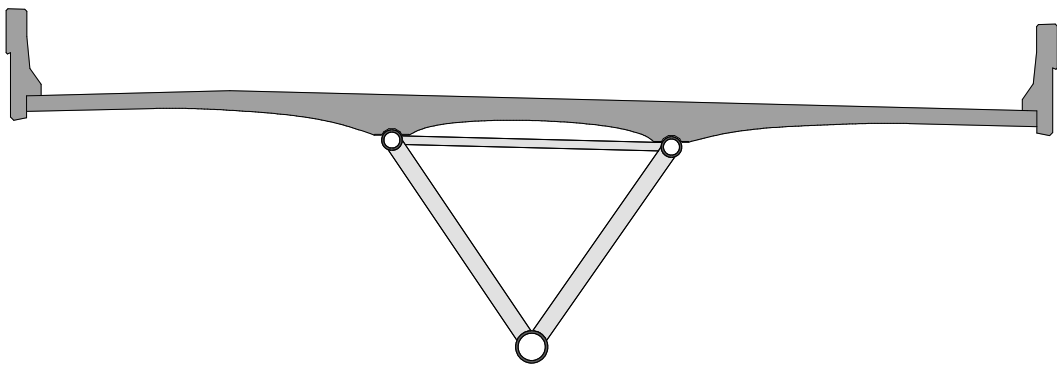


Abb. 3.15 Querschnitt.

### 3.4.2 Brückenträger

Die meisten Fachwerkbrücken besitzen analog der Kastenträgerbrücken eine konstante Trägerhöhe über die gesamte Brückenlänge. Bei Überführungen werden oft aus ästhetischen Gründen variable Träger verwendet.

## 4 Konstruktive Durchbildung

### 4.1 Materialwahl

Strassenbrücken des Nationalstrassennetzes fallen generell in die Ausführungsklasse EXC3 gemäss EN 1090.

Für die tragenden Elemente soll grundsätzlich nur Material verwendet werden, das direkt im Werk bestellt wird. Bei der Terminplanung des Projektes ist daher rechtzeitig genügend Zeit für die Materialbestellung einzurechnen.

Die Gütegruppe von tragenden Bauteilen soll mindestens J2 betragen. Das ASTRA empfiehlt, bei dicken Blechen ( $t \geq 25$  mm) den Einsatz von höherwertigen Feinkornbaustählen der Gütegruppen M, ML, und N, NL zu prüfen.

In der Regel wird die Stahlqualität S355 verwendet. Es können aber auch höherfeste Stahlqualitäten S420 und S460 eingesetzt werden.

Die maximal zulässigen Blechdicken sind in EN 1993-1-10 Tabelle 2.1 aufgelistet.

Bei Beanspruchungen quer zur Plattendicke sollen die entsprechenden Z-Werte eingehalten werden.

Montagestösse werden generell geschweisst ausgeführt. Bei geschraubten Verbindungen sind generell Hochfeste Schrauben (SHV) zu verwenden.

Die Verwendung von wetterfestem Baustahl wird empfohlen (vgl. Kapitel 6.2).

Die Vorgaben für die Fahrbahnplatte aus Stahlbeton sind [11] zu entnehmen.

### 4.2 Plattenbalkenbrücken

#### 4.2.1 Hauptträger Gurtbleche

Die Hauptträger-Gurtbleche bestehen im generellen aus S355N, M, NL oder ML.

Die Gurte folgen im Grundriss der Strassenachse, gerade bei geraden Brücken, horizontal gekrümmt bei gekrümmten Brücken. Sie sind in Querrichtung horizontal angeordnet.

Bei kleinen Spannweiten sind die Gurtblechdicken konstant. Bei grösseren Spannweiten variieren die Gurtblechdicken entsprechen den Beanspruchungen. Die Dickenänderung wird im generellen auf der Seite des Stegbleches vorgenommen, sodass die Unter- und Oberkante des Trägers eine Ebene bildet (Abb. 4.1) und damit das allfällige Verschieben (Unterseite) sowie das Erstellen der Fahrbahnplatte (Oberseite) erleichtert.

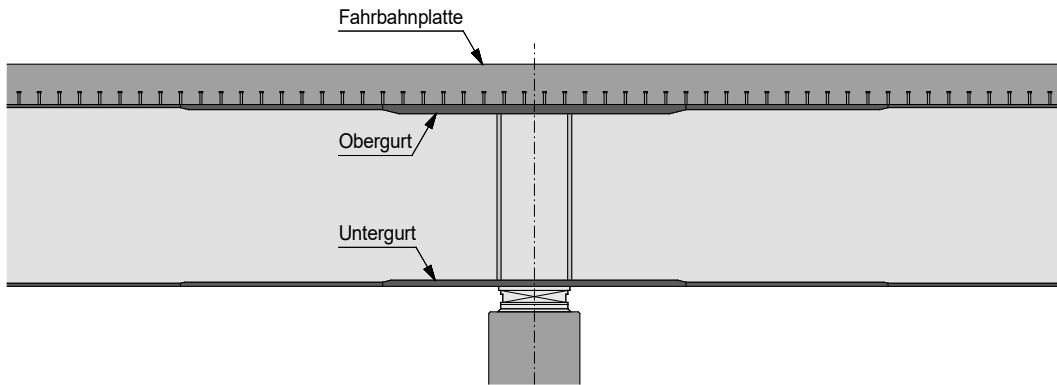


Abb. 4.1 Variation Gurtblechdicke.

Zu abrupte Dickenänderungen können zu unerwünschten Biegemoment- und Spannungsspitzen führen, sodass die Dickenänderung auf + 50% und - 33% limitiert wird. Zusätzlich soll der Übergang nur mit einer linearen Variation der Dicke mit der Steigung 1:4 erfolgen (Abb. 4.2).

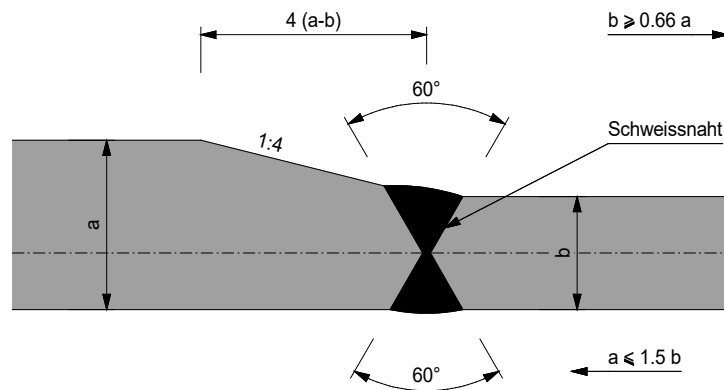


Abb. 4.2 Detail Variation Gurtblechdicke.

Die Änderung der Gurtblechdicken muss entsprechend sorgfältig gewählt werden. Zu wenige Änderungen führen zu hohem Stahlverbrauch, und zu viele Änderungen zu hohen Fertigungskosten. In Abb. 4.3 sind mögliche Gurtänderungen bei verschiedenen Spannweiten von Durchlaufträgern gegeben.

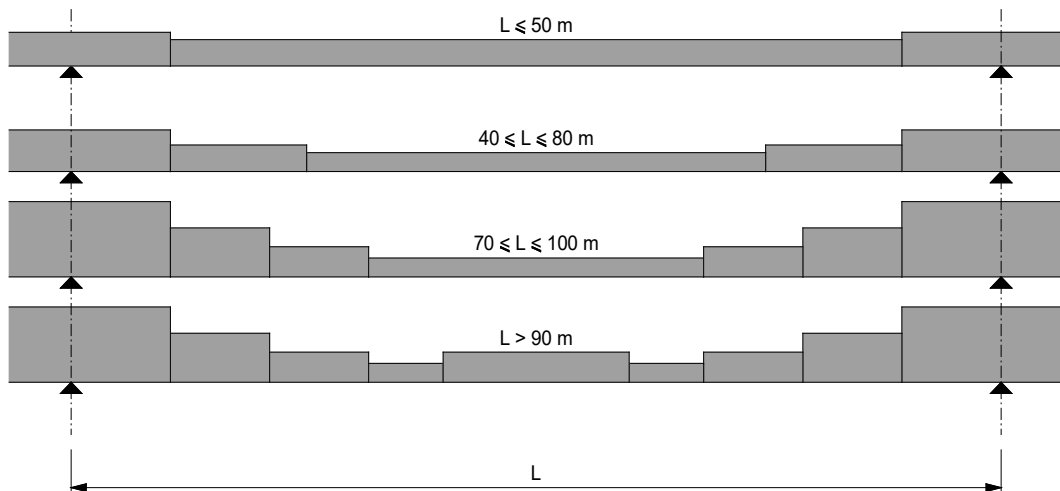


Abb. 4.3 Variation Gurtblechdicke bei verschiedenen Spannweiten.

Bei einfachen Balkenbrücken sind 2 bis 3 Gurtänderungen sinnvoll.

## 4.2.2 Hauptträger Stegblech

Stegbleche sowie die angeschweissten Quer- und Längssteifen besitzen im generellen die Stahlqualität S355K2+N.

Die Blechgeometrie der Stegbleche folgt im Grundriss der Strassengeometrie, entsprechend den Gurtblechen.

Die Stegbleche werden aus einem Blech, unter Berücksichtigung des Längenprofils, der Überhöhungen und der Gurtblechvariationen, herausgeschnitten.

Im generellen besitzen die Stegbleche eine Mindestdicke von 14 bis 16 mm, um die ungewollten Verformungen beim anschweissen der Steifen klein zu halten, und sind zentrisch zueinander angeordnet.

Bei einem Dickensprung bis zu 4 mm kann auf eine Abfasung verzichtet werden. Bei grösseren Dickensprüngen wird die Abfasung analog den Vorgaben der Gurtbleche vorgenommen.

## 4.2.3 Querträger

Querträger bestehen im generellen aus Walzprofilblechen der Reihe IPE oder HE-Profilen mit Abmessungen von 400 bis 700 mm, und besitzen im generellen die Stahlqualität S355K2+N.

Über den Auflagern, wo massive Querschotte benötigt werden, bestehen die Querträger aus zusammengeschweissten 700 bis 1'600 mm hohen Blechträgern (Abb. 4.4).

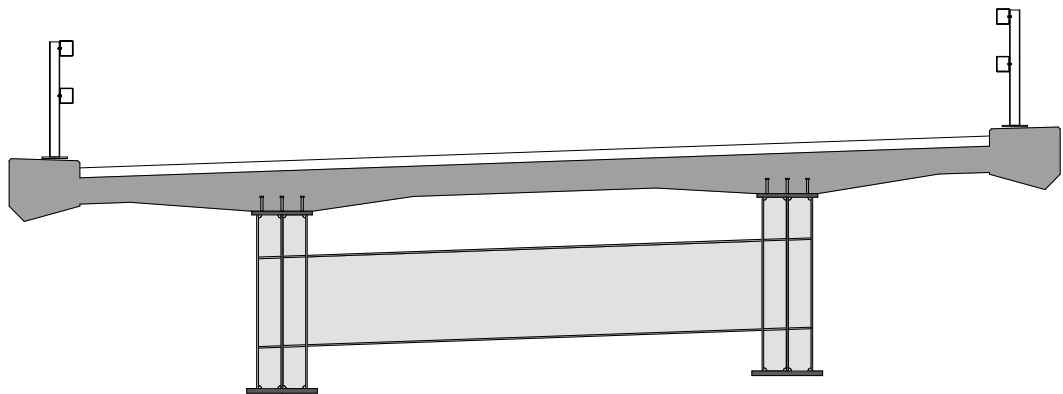


Abb. 4.4 Querschott über Auflager.

Bei grossen Beanspruchungen kann es notwendig sein, das Querschott bis unter die Fahrbahnplatte zu führen und evtl. mit dieser zu verbinden (Abb. 4.5). Diese Anordnung hat aber den Nachteil, dass die allfällige Schalung der Fahrbahnplatte nicht mehr kontinuierlich zwischen den Hauptträgern verschoben werden kann.

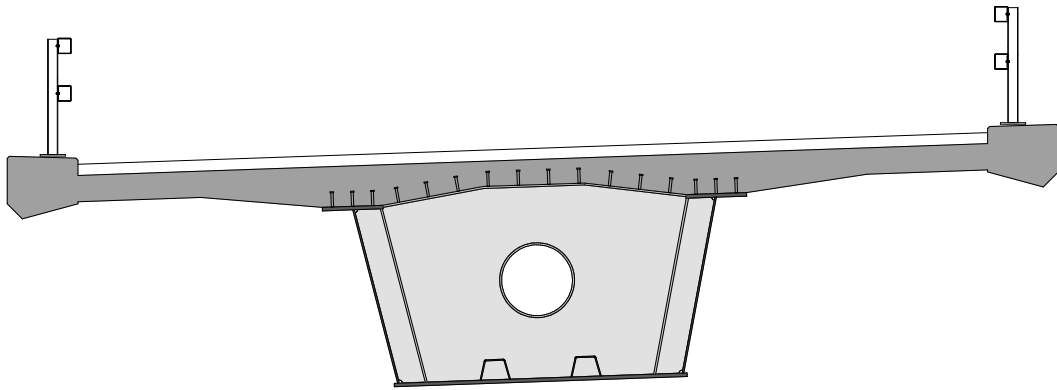


Abb. 4.5 Querschott über Auflager in Verbund mit der Fahrbahnplatte.

Die Querträger und die Quersteifen, die zusammen den Querrahmen bilden, können in der Ansicht vertikal oder schräg (senkrecht auf das Längenprofil) angeordnet werden. Die Auflager-Querschotts sind immer vertikal.

Im Grundriss sind die Querträger senkrecht auf die Trägerachsen (Brückenachse) positioniert.

Bei leicht schiefen Trägerbrücken  $> 70^\circ$  sind alle Querträger schief angeordnet (Abb. 4.6).

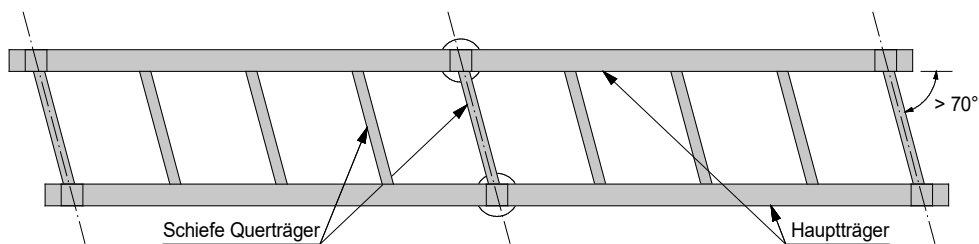


Abb. 4.6 Leicht schiefe Trägerbrücke.

Bei sehr schiefen Trägerbrücken  $< 70^\circ$  sind spezielle Untersuchungen notwendig, um die optimale Anordnung der Querträger zu ermitteln. Eine mögliche Anordnung der Querträger ist in Abb. 4.7 gegeben.

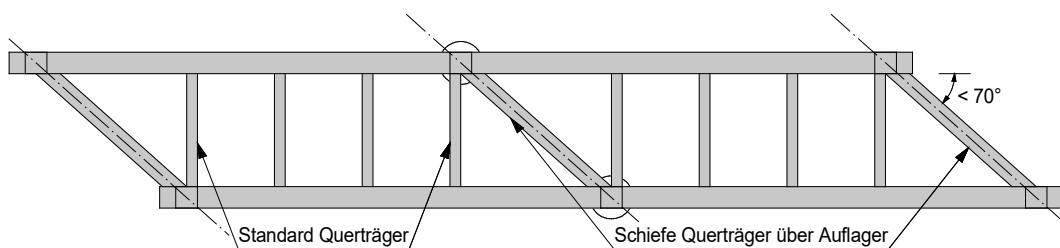


Abb. 4.7 Sehr schiefe Trägerbrücke.

Bei schiefen Brücken muss die Überhöhung der Längsträger bei der Geometrie der Querträger zusätzlich berücksichtigt werden.

Die Querträger können horizontal oder parallel zum Quergefälle der Fahrbahnplatte positioniert werden (Abb. 4.8). Der Abstand zwischen der Unterseite der Fahrbahnplatte und dem Obergurt des Querträgers sollte minimal 30 cm betragen.

Dies um den Unterhalt (Erneuerung des Korrosionsschutzes) optimal zu ermöglichen, sowie Platz für die Anordnung von Werkleitungen frei zu halten.

Bei der Verwendung einer mobilen Untersichtschalung sind meistens 50 cm lichte Weite notwendig.

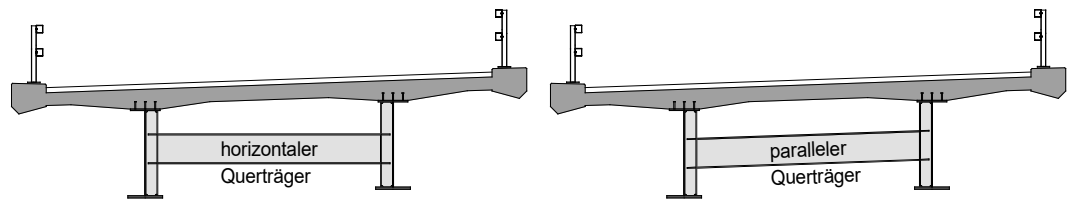


Abb. 4.8 Querträgeranordnung.

### Querträgerpfosten

Die Querträgerpfosten, die mit dem Querträger den Querrahmen bilden, sind generell aus zusammengeschweißten Blechträgern in der Form von T-Trägern an die Hauptträger angeschweisst. Das Gurtblech der Querträgerpfosten wird am Obergurt des Hauptträgers fest verschweisst. Am Untergurt des Hauptträgers wird es generell nicht verschweisst, um Ermüdungsrisse zu vermeiden. In Abb. 4.9 ist eine mögliche Ausbildung für das Ende dieses Gurtbleches beim Hauptträger-Untergurt dargestellt. Generell werden runde Freischnitte in den Querträgerpfosten vorgesehen, um die Längsnaht optimal auszuführen. Diese Löcher sind auch notwendig, um eventuell anfallendes Strassenabwasser abzuleiten, sodass keine Schmutzecken entstehen.

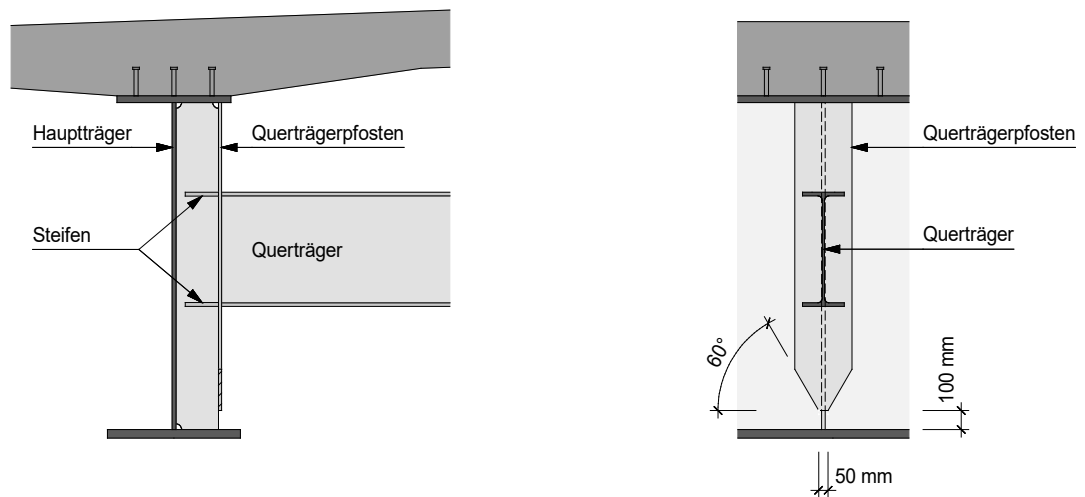


Abb. 4.9 Generelle Ausbildung des Querträgerpfostens.

Um das Verschieben der Schalung der Fahrbahnplatte zu ermöglichen, werden die Querstreifen gegenüber dem inneren Rand des Untergurtes der Hauptträger um 100 mm zurückversetzt (Abb. 4.10).

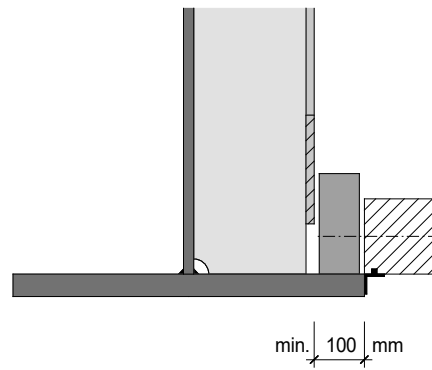


Abb. 4.10 Freiraum für Schalung.

Das Gurtblech der Quersteifen wird hingegen bei den Auflagern fest mit dem Untergurt des Hauptträgers verschweisst, da hier generell die Ermüdungsspannungen kleiner sind, und die Auflagerreaktionen so direkt eingeleitet werden.

Im generellen werden die Querträger mit Rippenplatten an die Quersteifen und Hauptträger angeschlossen. Es wird eine Ausbildung aus rechteckigen Rippenplatten vorgezogen, um den Anschluss mit eventuell notwendigen Wind- und Montageverbände zu ermöglichen. Bei mehrstegigen Plattenbalkenbrücken werden die Rippen an allen drei Seiten verschweisst, um die Kontinuität der Querträger zu garantieren (Abb. 4.11).

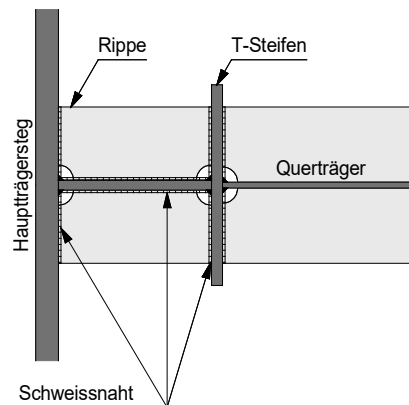


Abb. 4.11 Anschluss Querträger - Quersteife.

Bei den Auflagerquerträgern wird auf der Aussenseite der Hauptträger eine zusätzliche Quersteife angeordnet (Abb. 4.12). Dies garantiert eine optimale Kräfteinleitung der Lagerkräfte. An den Stellen, wo temporäre Pressen zum Lagerwechsel positioniert werden, werden zur Kräfteinleitung die Auflagerquerträger / Querschotte mittels zusätzlicher Rippen verstärkt (Abb. 4.12). Über den Lagern werden massive Keilplatten fest mit den Hauptträgern verschweisst positioniert. Sie haben die Aufgabe, die Neigung des Untergurtes infolge Brückengeometrie (Längsgefälle, Quergefälle) auszugleichen und eine horizontale Auflagerfläche zu bilden. Die Keilplatten besitzen die gleiche Stahlqualität wie die Hauptträgeruntergurte. Die minimale Dicke der Keilplatte beträgt 20 mm, und die Oberflächen sind maschinell bearbeitet.

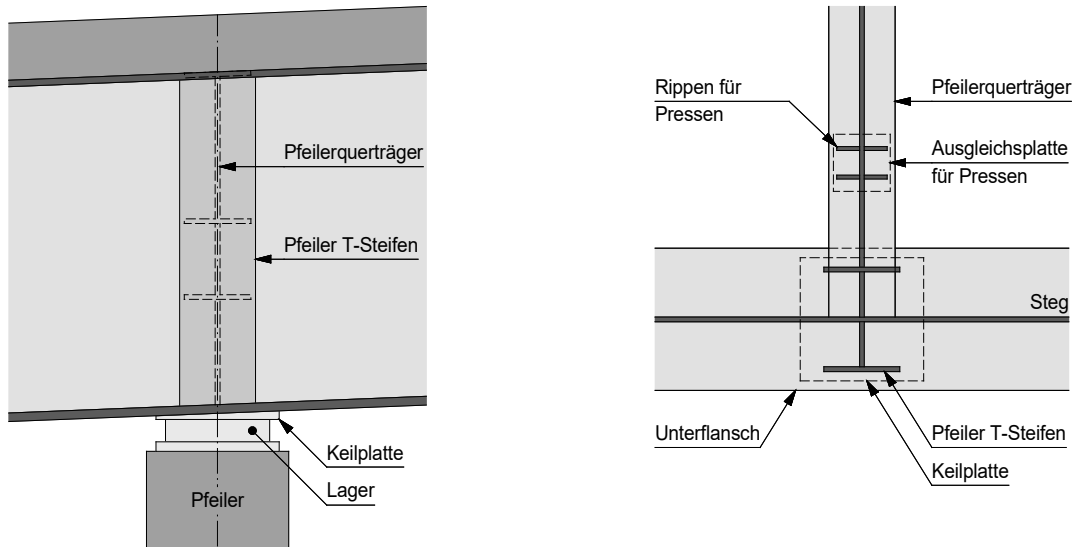


Abb. 4.12 Auflagerquerträger.

**Ausbildung am Brückende**

Bei den Widerlagern besitzen die Hauptträger generell einen Überstand von 50 cm bis zu 1 m. Eine Fahrbahnplattenverstärkung wird im Bereich des Fahrbahnüberganges, zur Aufnahme der Übergangskonstruktion und zur Verstärkung gegen differenzielle Verformungen Brückende – Widerlager am Aussenrand, sowie infolge dynamischer Beanspruchung im Übergangsbereich, angeordnet. Die Verstärkung wird im generellen auf eine Länge von 1 m und in einer Dicke von 40 cm auf die gesamte Breite angeordnet (Abb. 4.13). Die Verstärkung kann durch Ausnutzung der Voutenhöhe (Typ 1) oder durch eine Reduktion der Hauptträgerhöhe (Typ 2) vorgenommen werden. In einigen Fällen kann bei starken Beanspruchungen der Fahrbahnplatte die Anordnung eines Stahlbetonunterzuges notwendig werden (Typ 3). Im generellen besitzt die Fahrbahnplatte einen Überstand von 30 cm über den Endquerträger, der die Befestigung einer Entwässerungsrinne ermöglicht.

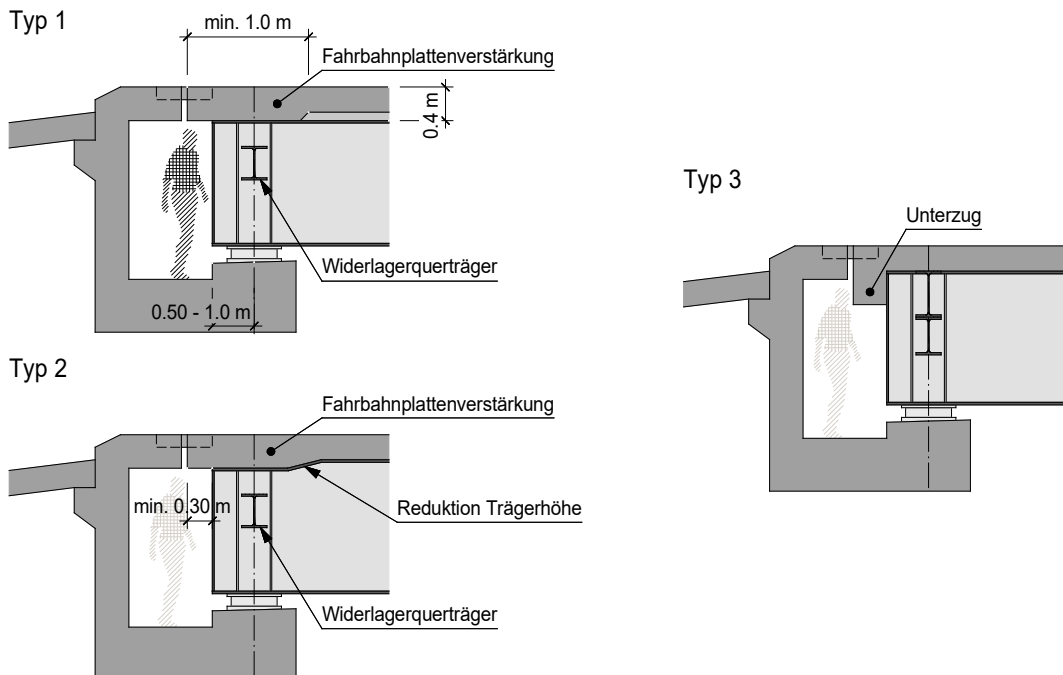


Abb. 4.13 Fahrbahnplattenverstärkung im Widerlagerbereich.



### **Ausbildung am Brückende bei integralen oder semi-integralen Brücken**

Bei integralen und semi-integralen Brücken werden die Hauptträger direkt in die Widerlagerkonstruktion eingespannt. In Abb. 4.14 ist eine mögliche Ausbildung dargestellt.

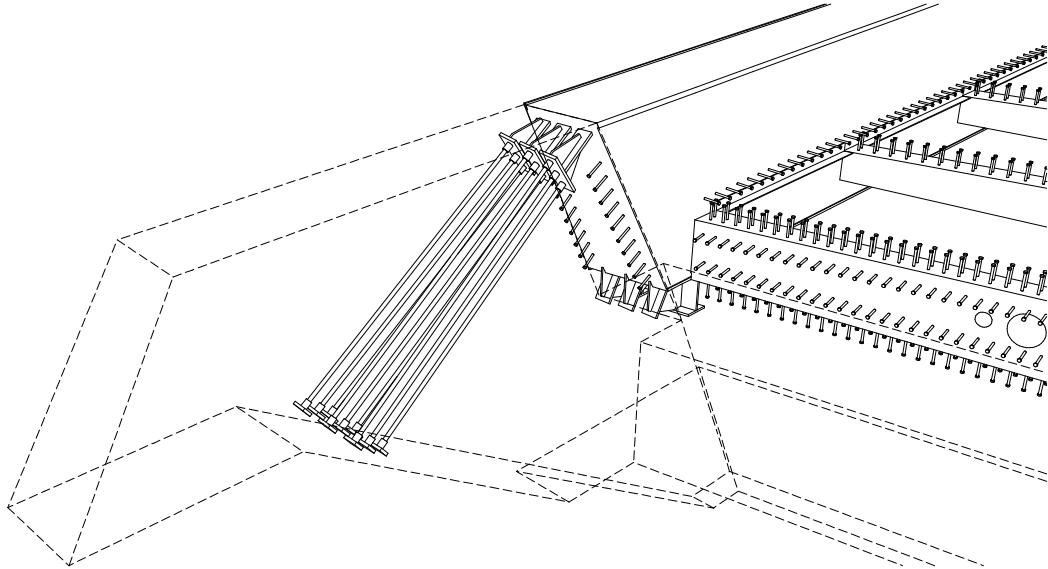


Abb. 4.14 Brückenträgereinspannung.

### 4.3 Kastenträger

Nur spezifisch für Kastenträgerbrücken relevante Details werden in diesem Kapitel beschrieben, ansonsten wird auf das Kapitel 4.2 Plattenbalkenbrücken verwiesen.

Je nach Erfordernis der Fahrbahn ist der Untergurt des Kastens horizontal oder identisch mit dem Quergefälle der Fahrbahnplatte (Abb. 4.15) positioniert. Bei einem Dachgefälle wird der Untergurt des Kastens horizontal angeordnet.

Im generellen wird bei einem einseitigen Quergefälle der Querschnittstyp mit Untergurt im gleichen Quergefälle vorgezogen infolge Vereinfachung der Fabrikation.

Die Forderung, die Untergurtbreite auf maximal 4.5 m zu beschränken führt dazu, dass die Stege oft geneigt ausgebildet werden (vgl. Kapitel 3.2.1).

Bei kleineren Brücken mit kleineren Untergurtbreiten können auch vertikale Stege ausgeführt werden.

Bei geringen Kastenhöhen (kleiner 1.5 m) und Kastenbreiten wird der Obergurt über die gesamte Kastenbreite geführt, was zu einem geschlossenen Stahlkasten führt. Dadurch übernimmt der Obergurt die Funktion einer Schalung für die Fahrbahnplatte und muss daher entsprechend dimensioniert werden. Die Anordnung der Kopfbolzendübel wird in zwei Zonen unterteilt: die Randzone, wo die statisch notwendigen Kopfbolzendübel positioniert werden, und die mittlere Zone wo die maximalen Dübelabstände einzuhalten sind.

Der Obergurt kann horizontal oder geneigt angeordnet werden.

Während der Montage des offenen Stahlkastens wird, wenn notwendig, ein Windverband in der Ebene des Obergurtes angebracht. Dies schliesst den offenen Kastenquerschnitt und verleiht ihm zusätzliche Torsionssteifigkeit.

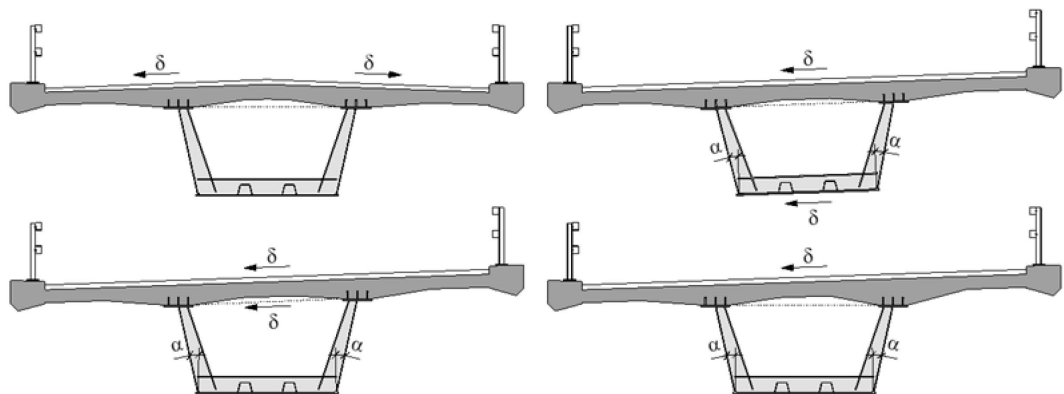


Abb. 4.15 Mögliche Querschnittsausbildung.

### 4.3.1 Hauptträger Gurtbleche

Der Anschluss Stegblech an Untergurtblech wird oft mit einem Überstand von 50 mm bis 100 mm (Abb. 4.16), und mit einer Kehlnaht ausgebildet. Im Bereich der Auflager, wo die Lagerkräfte direkt in den Steg eingeleitet werden, wird der Steg mittels einer voll durchgeschweißten K-Naht an das Untergurtblech auf eine Länge von 1 m beiderseits der Lagerachse angeschlossen.

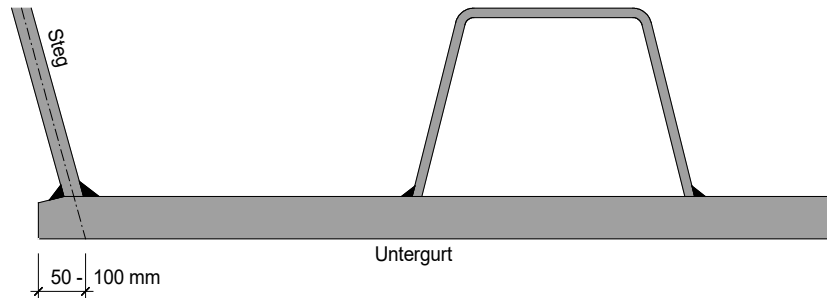


Abb. 4.16 Detail Anschluss Steg - Untergurtblech.

Aus Stabilitätsgründen werden Längssteifen an das Untergurtblech angeschweisst. Sie bestehen generell aus Trapezprofilen. Bei gekrümmten Brücken werden entweder die Trapezsteifen polygonal angeordnet oder es werden Steifen aus zusammengesetzten gekrümmten Blechen verwendet.

### 4.3.2 Querrahmen

Querrahmen werden generell zur Querschnittserhaltung infolge Torsionsbeanspruchungen benötigt. Je nach Erfordernissen werden die folgenden Typen verwendet:

- Einfacher Querrahmen (Typ 1);
- Kontinuierlicher Querrahmen (Typ 2);
- Verstärkter Querrahmen (Typ 3);
- Querschott (Typ 4).

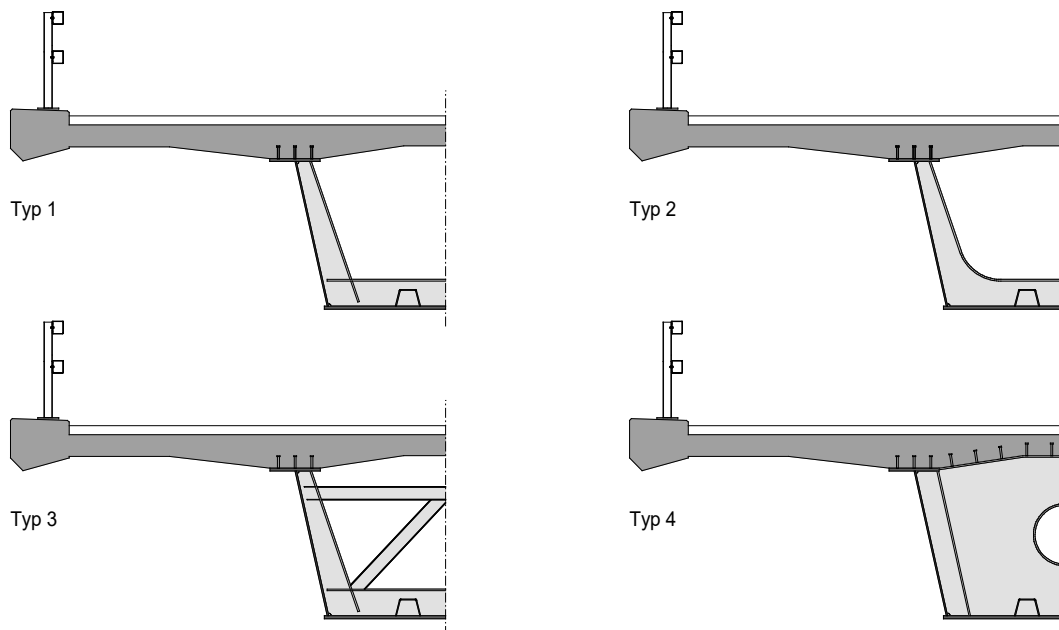


Abb. 4.17 Querrahmentypen.

Der Typ 4, das massive Querschott, wird hauptsächlich bei stark gekrümmten Brücken und in den Auflagerbereichen verwendet. Dabei ist zu beachten, dass ein genügend grosses Durchgangsloch vorhanden ist. Der obere Flansch des Querschotts wird mittels Kopfbolzendübeln mit der Fahrbahnplatte verbunden.

## 4.4 Fahrbahnplatte

Die Haupttragrichtung der Fahrbahnplatte ist in Querrichtung. Die Fahrbahnplatte wird über den Längsträgern / Obergurten der Kastenträger gelenkig angenommen, ohne Einspannung in den Steg des Stahlträgers. Bei massiven Querträgerpfosten ist je nach Steifigkeit eine Einspannung in den Steg des Stahlträgers zu berücksichtigen [8] und [21]. Die Fahrbahnplatte besitzt üblicherweise eine minimale Dicke von 26 cm und vergrössert sich über den Obergurten auf ca. 40 cm (Abb. 4.18).

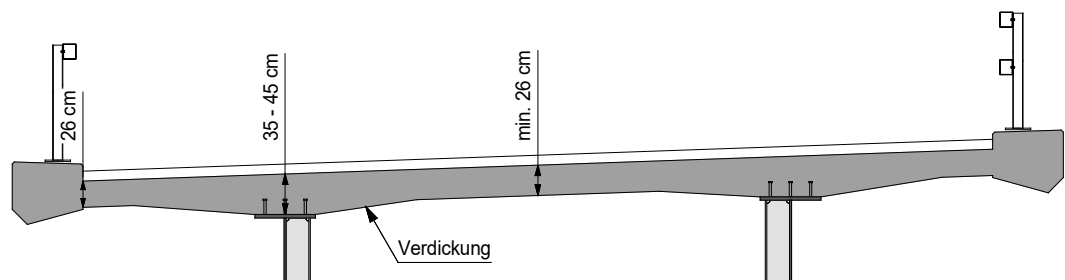


Abb. 4.18 Fahrbahnplattengeometrie.

Die Bewehrung in Querrichtung resultiert aus der vorhandenen Beanspruchung. Die Bewehrung in Längsrichtung wird vor allem für das Einhalten der Bedingung der Gebrauchstauglichkeit benötigt. Eine mögliche Anordnung der Bewehrung ist in Abb. 4.19 dargestellt.

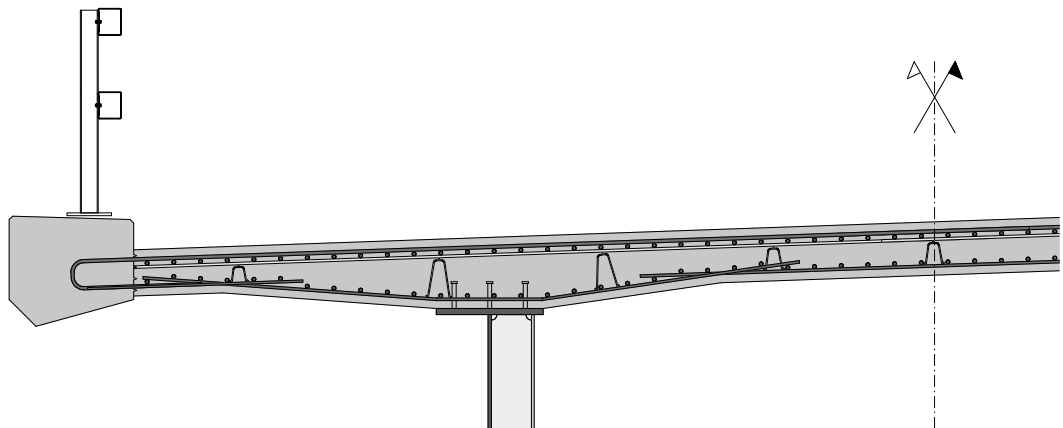


Abb. 4.19 Fahrbahnplattenbewehrung.

## 4.5 Verbundmittel

### 4.5.1 Kopfbolzendübel

Die Verbundwirkung zwischen den Stahlträgern und der Stahlbeton-Fahrbahnplatte wird mittels Kopfbolzendübel Durchmesser 22 mm aus Material S235J2G3 + C450 hergestellt. Die Befestigung der Kopfbolzendübel geschieht mittels Bolzenschweissgerät. Die Länge der Kopfbolzendübel beträgt generell 150 mm. Dies aus der Bedingung, dass zwischen der Unterkante des Dübelkopfes und der Oberkante der unteren Bewehrung (inklusive deren Rippen) mindesten eine lichte Höhe von 30 mm vorhanden ist.

Die Abstände und Überdeckungen sind gemäss [15] einzuhalten.

Die Anordnung der Kopfbolzendübel auf den Längsträger folgt aus den Randbedingungen:

- Versetzen der Querbewehrung (Abstand 150 mm oder 200 mm);
- Freihalten einer durchgehenden Gasse für das Verschieben eines Schalwagens;
- Minimalabstände;
- Erforderliche Anzahl Dübel.

Eine mögliche Anordnung ist in Abb. 4.20 gegeben.

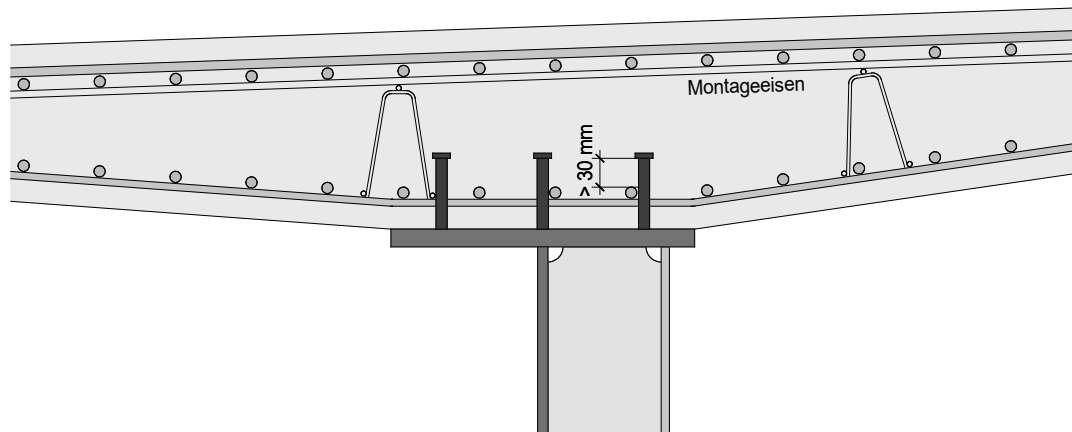


Abb. 4.20 Anordnung der Kopfbolzendübel.

Wenn vorgefertigte Fahrbahnplattenelemente verwendet werden, sind die Kopfbolzendübel in Nischen untergebracht. Dabei kann der Abstand der Kopfbolzendübel zueinander bis auf minimal 100 mm reduziert werden.

#### 4.5.2 Neue Verbindungsart

Im Stahl-Beton-Verbundbrückenbau mit vorgefertigten Plattenelementen ist die traditionelle Lösung zur Anwendung der Verbundwirkung zwischen den Plattenelementen und den Stahlträgern das Ausbetonieren der Aussparungen (shear pockets) der Plattenelemente, in denen Kopfbolzendübel eingeschlossen sind (Abb. 4.21). Die Kopfbolzendübel werden typischerweise auf den oberen Teil der Flansche der Träger geschweisst.

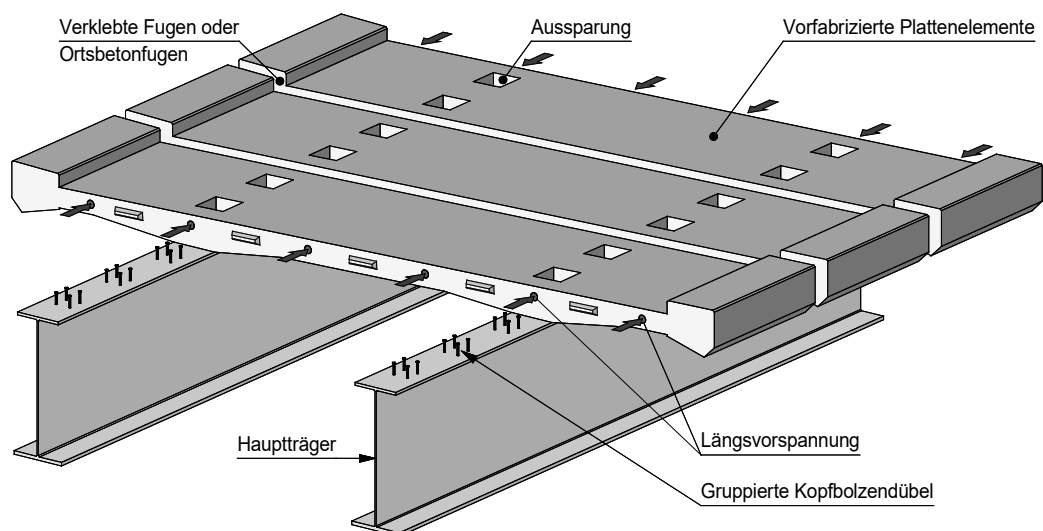


Abb. 4.21 Verbindung durch gruppierte Kopfbolzendübel in Aussparungen.

Allerdings ist die momentan übliche Ausführung mit gruppierten Kopfbolzendübeln nicht optimal für die Vorfabrikation und die schnelle Ausführung vor Ort geeignet und genügt den Dauerhaftigkeitsanforderungen an eine Brücke nicht. Die zusätzlichen Arbeiten zum Betonieren der Aussparungen vor Ort erhöhen die Gesamtbauzeit. Durch die Schwindentwicklung im Beton der Aussparungen und durch die Spannungskonzentration entstehen Risse am Umfang und an den Ecken der Aussparungen. In die Risse eindringende Korrosionsmittel, wie z. B. Tausalz, können die Dauerhaftigkeit der Konstruktion verringern und die Verbindung beschädigen. Diese Problematik kann durch die Verwendung von UHFB umgangen werden. Aus diesen Gründen wurden neuere Typen von Verbindungen, die durch Haftung, Verzahnung und Reibung wirken, entwickelt (Abb. 4.22) um diesen Anforderungen zu genügen. Der Tragwiderstand dieser Verbindungen basiert auf der Entwicklung der Längsschubspannungen entlang der Kontaktfläche der Verbindung.

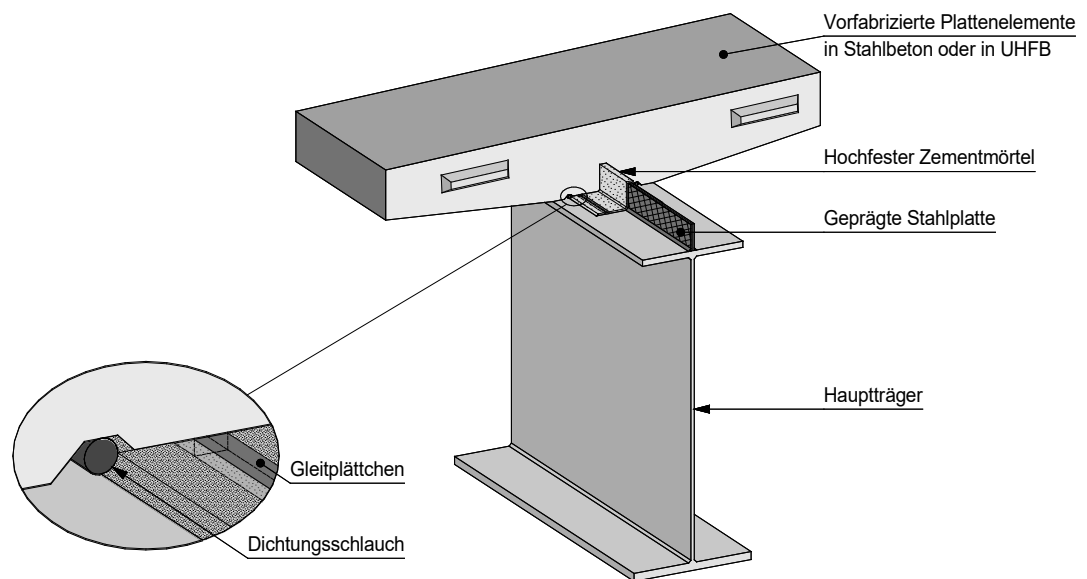


Abb. 4.22 Verbindung durch Haftfestigkeit, Verzahnung und Reibung.

Abbildung 4.22 zeigt die Verbindung durch Haftfestigkeit, Verzahnung und Reibung. Der Stahlträger ist mit zwei längs angeordneten Riffelblechen ausgerüstet. Diese Riffelbleche mit Einbuchtungen von 1.4 mm werden miteinander Rücken an Rücken auf den Stahlgurt geschweisst. Die Fahrbahnplatte besteht aus vorgefertigten Segmenten aus Stahlbeton oder Spannbeton, die im unteren Bereich mit einer U-förmigen Nut versehen sind. Die Oberfläche im Bereich der Rippe muss einem Waschbeton mit einer gleichmässigen Rautiefe von 3 bis 4 mm entsprechen. Bei Fahrbahnplatten-Elementen aus stahlbewehrtem UHFB wird die Oberfläche der Rippe künstlich mit 8 mm hohen, kegelförmig vorstehenden Unebenheiten aufgeraut, wie in Abb. 4.23 dargestellt. Die Geometrie dieser kegelförmigen Unebenheiten entspricht der Kategorie 4 (sehr rau) der von EC2 vorgeschlagenen Klassifizierung.

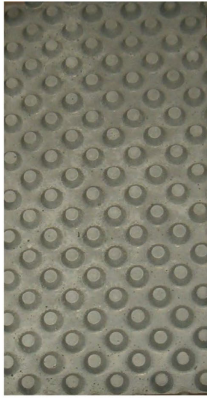


Abb. 4.23 Oberfläche der Rippe eines UHFB Plattelementes mit 8 mm kegelförmig vorstehenden Unebenheiten.

Diese Verbindung nimmt die Beanspruchungen über den Schubwiderstand zwischen den Grundmaterialien auf. Dabei spielt die Zwängungsbeanspruchung eine grosse Rolle, welche durch die Kinematik der Verbundfugen und die Profilgeometrie beeinflusst wird.

In [22] stehen ein Algorithmus und einige Bemessungstabellen für die Nachweise der Tragfähigkeit, der Ermüdungsfestigkeit und der Gebrauchstauglichkeit dieser neuartigen Verbindung zu Verfügung.

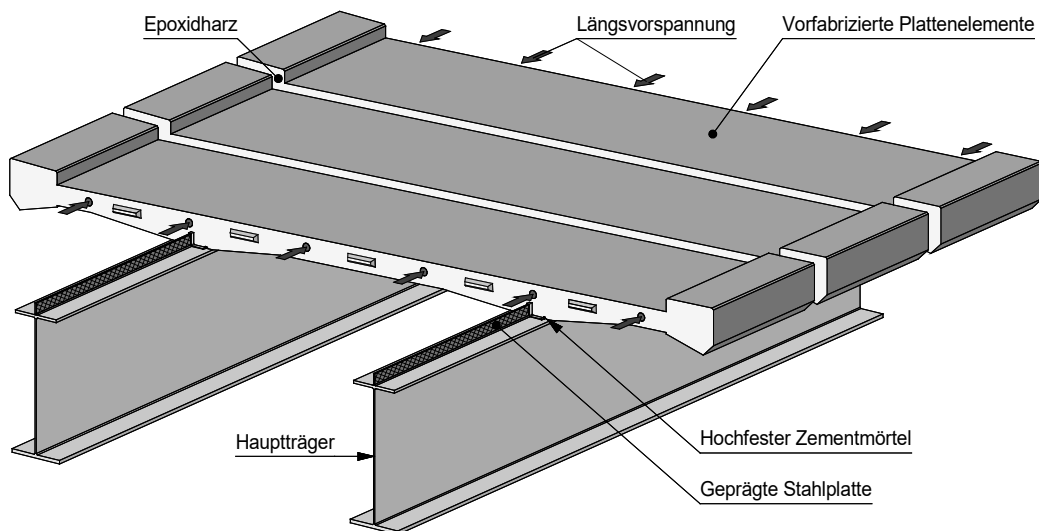


Abb. 4.24 Ausführung einer Brücken-Fahrbahnplatte unter Verwendung der neuen Verbindung.

Verbindungen durch Haftfestigkeit, Verzahnung und Reibung ermöglichen eine vollständige Vorfertigung ohne zusätzliches Betonieren. Die vorgefertigten Plattenelemente werden mit einem Epoxidharz (Abb. 4.24) unter Aufbringen einer Längsvorspannung miteinander verbunden. Es folgt die Injektion des Zwischenraums zwischen der Nut im Segment und dem Stahlträger mit hochfestem Zementmörtel. Sobald dieser ausgehärtet ist, ist die Verbundwirkung erstellt und die Brücke kann in Betrieb genommen werden.

Die Dichtung zwischen Segment und Stahlträger muss so beschaffen sein, dass sie dem Injektionsdruck zu widerstehen vermag. Dabei müssen die baupraktisch unvermeidbaren Toleranzen von Element zu Element (bis zu 10 mm), die eine abrupte Stärkenänderung der Fuge zur Folge haben, berücksichtigt werden.

## 4.6 Lager

Im generellen werden die beweglichen Lager im Brückenbau so angeordnet, dass die Gleitplatte sich auf der Oberseite der Lager befindet. Diese Anordnung bewirkt, dass die Beanspruchung infolge der Exzentrizität der Auflagerreaktion aus Lagerbewegungen, verursacht durch Längenänderungen des Überbaues, durch die Endquerträger aufgenommen werden muss.

In speziellen Fällen, z.B. bei grossen Auflagerverschiebungen, kann es sinnvoll sein die Lager zu drehen, so dass sich die Gleitplatte auf der Unterseite des Lagers befindet. Dies ist besonders der Fall, wenn die Aussteifungen über einen entsprechend grossen Bereich angeordnet werden müssten und erhöhte Kosten zur Folge haben würden. Die Kraffteinleitung bei der Brücke bleibt in diesem Fall zentrisch infolge Auflagerverschiebung, und die Lastexzentrizität wird über die Auflagerbank abgetragen.

Da jetzt aber die Gleitplatte unten liegt, muss sichergestellt werden, dass keine Verschmutzung das Funktionieren der Gleitlager beeinträchtigt.



## 5 Baumethode

Im Kapitel 7 sind stellvertretend einige ausgeführte Bauwerke dargestellt, die die verschiedenen Baumethoden kurz darstellen.

### 5.1 Stahlbau

#### 5.1.1 Transport

Der Entwurf von Stahlbeton-Verbundbrücken hängt stark von der Fabrikationsmethode der Stahlträger ab. Der Stahl wird zuerst in einem Stahlwerk gemäss spezifischen Anforderungen hergestellt, dann in einer Stahlbauwerkstatt zu Stahlbauteilen zusammengestellt und schlussendlich auf der Baustelle montiert. Für die Montage auf der Baustelle werden die einzelnen Montageteile je nach Transportart und den spezifischen Randbedingungen in ihren Abmessungen und Tonnage, optimiert. Die Form der einzelnen Montageteile muss schon in der Projektierung berücksichtigt werden, da sie einen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit hat.

Da die Schweissnähte auf der Baustelle einen erhöhten Aufwand erfordern und unter erschwerten Bedingungen erfolgen, werden grundsätzlich die Montageteile so gross wie möglich fabriziert, um die Montageschweissungen und die Montagezeit zu optimieren.

Die Grösse und das Gewicht der Montageteile sind abhängig von:

- Werkstattkapazität (Krankkapazität, Hallenabmessung, usw.);
- Montageart;
- Installation und Baustellenzufahrt;
- Hebegerät und Hebekapazität auf der Baustelle;
- Transportweg (Strasse, Bahn, Wasser usw.).

Dem Ort sowie der Art, wie die Hilfskonstruktionen (Montageverbände, Transportabstützungen, Hebe-Laschen usw.) an den einzelnen Montageteilen angebracht und eventuell wieder entfernt werden, ist grosse Aufmerksamkeit zu schenken, da sie einen Einfluss auf die statischen Nachweise und Dauerhaftigkeit haben (Ermüdung, Druckstellen usw.).

#### 5.1.2 Montage

Bei geometrisch komplexen Bauwerken (gekrümmte Brücken, schiefe Trägerroste, usw.) kann eine Vormontage in der Werkstatt angeordnet werden. Diese Vormontage berücksichtigt neben der relativen Position der einzelnen Bauteile auch die geforderten Überhöhungen in vertikaler und horizontaler Richtung.

Die Montageart, die Bauteilabmessungen sowie die Fahrbahnplattenherstellung sind in den erforderlichen Nachweisen, insbesondere den Stabilitätsnachweisen des Brückenbauwerkes und der Hilfskonstruktionen während den Bauphasen, zu berücksichtigen.

Um die Hilfseinrichtungen sowie die temporären Montageverbände zu befestigen, werden generell Rippen und Laschen an dem definitiven Brückenbauwerk angeschweisst. Diese sind nach erfolgter Montage wieder zu entfernen, die Schweissnähte zu entfernen und das Grundmaterial auf Schädigungen zu untersuchen (und ein ggf. vorhandenes Korrosionsschutzsystem fachgerecht zu ergänzen).

#### ***Kranmontage***

Die meistverbreitete Montageart ist die Kranmontage, da die Brückengeometrie im Gegensatz zum Taktchiebeverfahren darauf keinen Einfluss hat. Dabei können einzelne kleine Bauteile auf Hilfsabstützungen mittels Mobilkränen sowie auch ganze Brückenspannweiten mittels massiver Hebegeräte versetzt werden.

Die Abmessungen der einzelnen Brückenbauteile hängt von der Krankapazität sowie der Kranpositionierung auf der Baustelle ab. Es werden möglichst grosse Brückenbauteile versetzt, um temporäre Hilfsabstützungen zu vermeiden. Ein möglicher Versetzablauf ist in Abb. 5.1 gegeben.

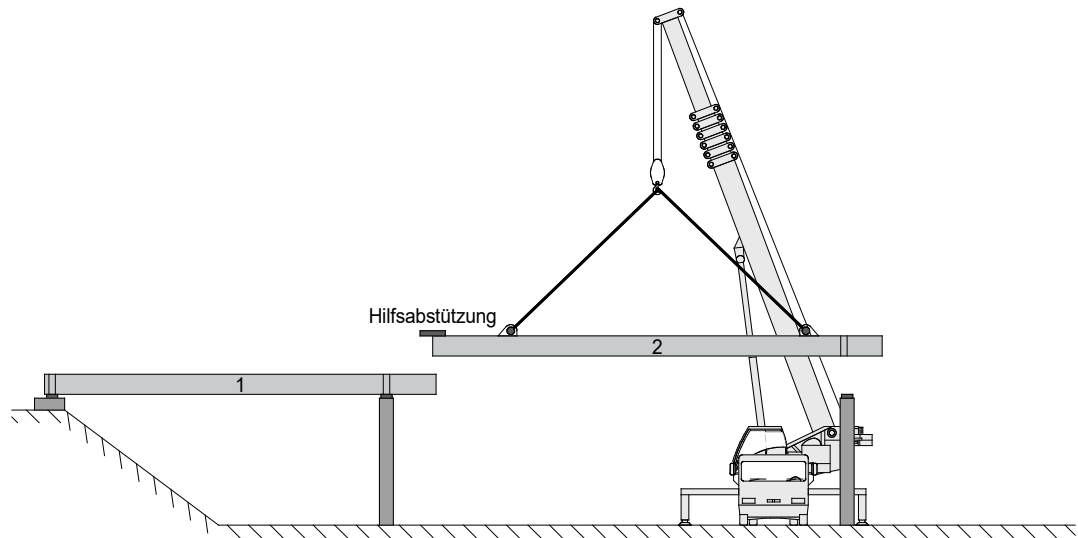


Abb. 5.1 Versetzablauf.

### Montage durch Taktschiebverfahren

Das Taktschiebverfahren wird im Generellen bei geraden und konstant gekrümmten, langen Brücken verwendet. Um die Kragarmmomente im Brückenquerschnitt während des Verschubvorganges zu reduzieren, wird an der Spitze eine temporäre Verschubnase montiert. Sie besteht meistens aus einem leichten torsionssteifen Stahlfachwerk. Eine mögliche Abfolge eines Verschubvorganges ist in Abb. 5.2 gegeben.

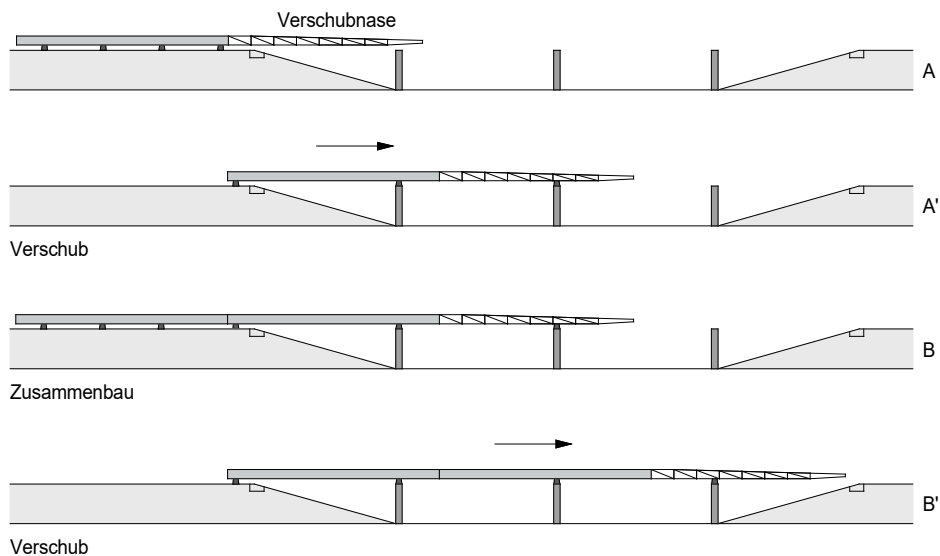


Abb. 5.2 Verschubvorgang.

Mehrstegige Plattenbalkenbrücken können auch verschoben werden. Dabei werden aber generell nur 2 Hauptträger unterstützt (statisch bestimmte Auflagerung).

### 5.1.3 Temporäre Verbände

Während der Montage der Stahllängsträger sind teilweise temporäre Montageverbände notwendig. Sie verhindern das Kippen der Längsträger vor allem im Bereich auskragender Längsträger, und übernehmen die Funktion eines Windverbandes während der Montage. Sie bestehen generell aus Winkelprofilen, Flachstäben oder Zugstangen und bilden ein St. Andreas Kreuz (Abb. 5.3).

In der Regel werden die temporären Montageverbände nach Fertigstellung der Brücke wieder entfernt. Wenn sie im Bauwerk verbleiben, dann sind sie mit dem gleichen Korrosionsschutz zu versehen wie das Brückenbauwerk.

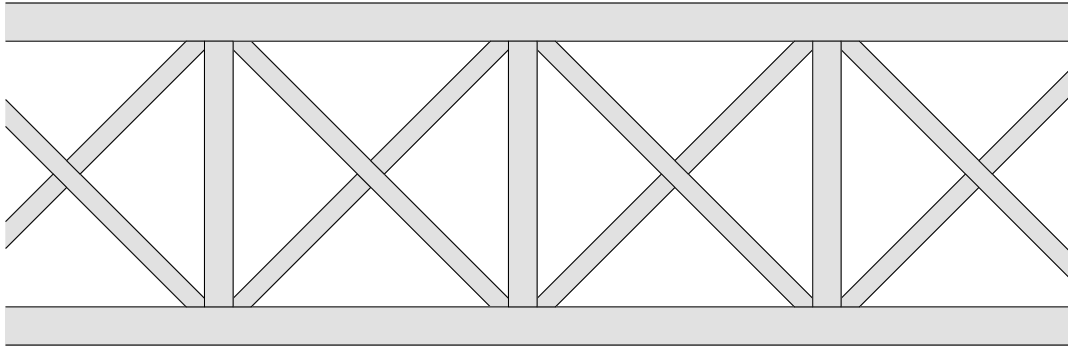


Abb. 5.3 Temporärer Windverband.

## 5.2 Fahrbahnplatte

Die Fahrbahnplatte besteht im Allgemeinen aus bewehrtem Beton und wird hauptsächlich in Ortbeton hergestellt. In gewissen Fällen kann auch eine Herstellung mittels Vorfabrikation (im Werk oder auf der Baustelle) in Frage kommen.

### 5.2.1 Ortbetonfahrbahnplatte

Die möglichen Ausführungsarten für die Ortbetonfahrbahnplatte sind:

- Durchgehende Schalung mittels Leegerüst;
- Mittels Schalwagen, dessen Länge derjenigen einer Betonieretappe (8 m bis 20 m) entspricht. Eine übliche Etappenlänge ist 12 m. Die Stahlkonstruktion muss daher so konzipiert werden, dass ungehindertes Verschieben des Schalwagens ermöglicht wird (vgl. Kapitel 4.2.3). In neuester Zeit wird anstelle einer kontinuierlichen fortlaufenden Herstellung der Fahrbahnplatte (Abb. 5.5) vermehrt die Methode „Pilgerschritt“ (Abb. 5.4) beim Ablauf der einzelnen Betonieretappen angewendet;
- Dünnwandige vorgefertigte Betonelemente als Schalung des nachträglich aufgetragenen Ortbetons.

Untenstehend sind die zwei Betoniersequenzen dargestellt. Generell wird die Herstellungsart mittels Pilgerschritt angewendet.

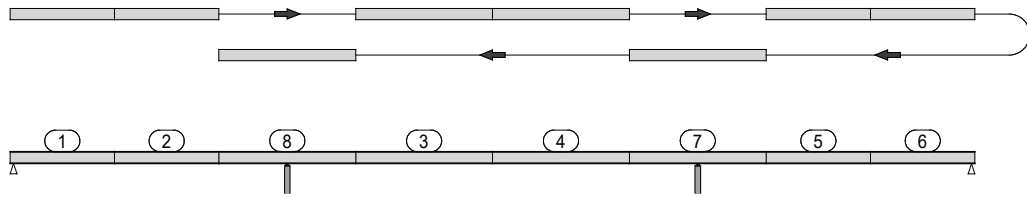


Abb. 5.4 Pilgerschritt.

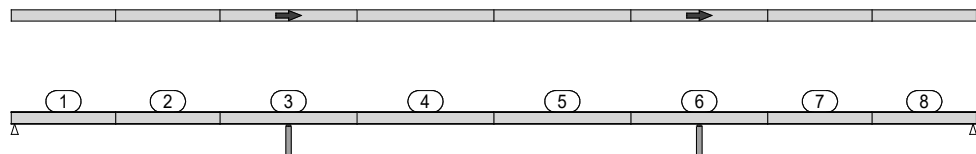


Abb. 5.5 Kontinuierliche Herstellung.

## 5.2.2 Vorfabrizierte Fahrbahnplatte

Die Herstellung der Fahrbahnplatte mittels vorgefertigter Betonelemente wird hauptsächlich dann verwendet, wenn eine kurze Bauzeit im Vordergrund steht. Gleichzeitig wirkt sich dieser Umstand günstig auf die Einwirkungen Kriechen und Schwinden aus, da ein Teil dieser Vorgänge unbehindert (vor Verbundwirkung) erfolgt. Zudem wird die Produktion eines für die Dauerhaftigkeit der Brücke relevanten Teils weg von der Baustelle in klimatisch idealere industrielle Umgebung verlagert.

Die Fahrbahnplattenelemente können auf die gesamte Fahrbahnbreite (in der Regel ohne Konsolköpfe) hergestellt werden. Die Konsolköpfe werden üblicherweise nachträglich betoniert, um einen massiven kontinuierlichen Verteilbalken zu bilden. Die Elemente besitzen eine Länge von ca. 2,5 m, was ein Elementgewicht von ca. 25 t bis 30 t ergibt und für den Strassentransport üblich ist. Die Elemente werden direkt auf den Obergurten abgestellt, was einen fachgerechten, fertiggestellten Korrosionsschutz des Obergurtes erfordert.

Die Verbundwirkung wird in neuester Zeit mittels auf dem Obergurt aufgeschweissten Verbundleisten hergestellt (vgl. Kapitel 4.5.2).

Der Spalt zwischen Obergurt und Fahrbahnplattenelement wird ganz am Schluss ausinjiziert.

Das Verlegen dieser Elemente erfolgt mittels Hebegeväten oder auf den bereits verlegten Elementen sich bewegenden Hubstaplern oder speziellen Verlegegeräten.

## 5.2.3 Vorfabrizierte Fahrbahnplatte in UHFB

Für das Erzielen von dauerhaften Bauwerken und zur Optimierung des Eigengewichts stellen Fahrbahnplatten aus UHFB eine interessante Alternative zum klassischen Stahlbeton für Stahl-Beton-Verbundbrücken dar. Solche Typen von vorgefertigten Fahrbahnplatten wurden in Rahmen des nationalen Projektes MIKTI [21] in Frankreich durch das Labor LCPC (Laboratoire des Ponts et Chaussées) zwischen 2004 und 2007 auf Biegung inkl. Ermüdung, Querkraft und Durchstanzen untersucht. Für mehr Informationen wird auf dieses Forschungsprojekt verwiesen.

Ein möglicher Querschnitt für eine Stahl- UHFB Verbundbrücke ist in der Abb. 5.6 dargestellt.

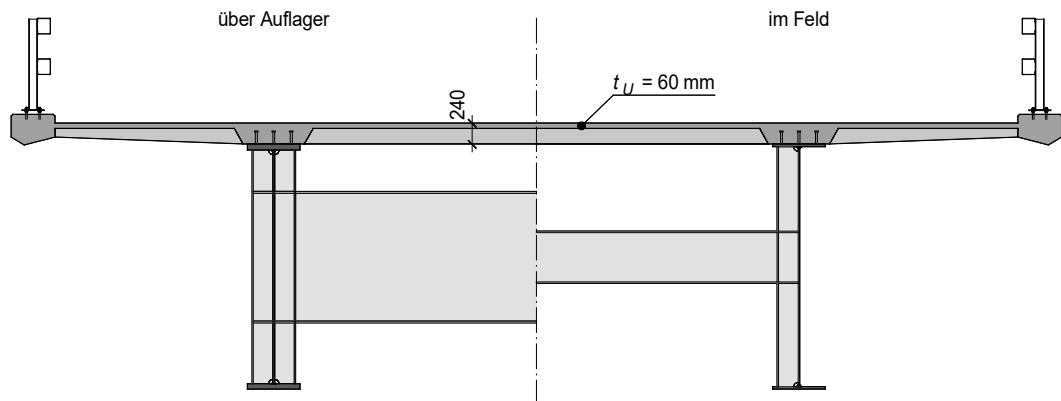


Abb. 5.6 Querschnitt für einer Stahl- UHFB Verbundbrücke.

Die Fahrbahnplatte besteht aus vorfabrizierten Elementen in UHFB. Eine Mindestdicke von 6 cm sowie ein Rippenabstand von 30 cm werden empfohlen, um einen ausreichenden Widerstand gegen Durchstanzen zu gewährleisten.

Solide Prinzipien und die Effizienz der Verbundmittel und der Verbindungsart sind eine wichtige Voraussetzung für den Entwurf einer innovativen Verbund-Fahrbahnplatte. Daher muss die Tragfähigkeit des geplanten Details geprüft werden, da sie die Sicherheit einer möglichen Anwendung bestimmt.

In der Dokumentation 82022 [31] sind mögliche Verbunddetails in der Abbildung 5.18 dargestellt. Alternativ zu den Kopfbolzendübeln kann die neue Verbindungsart gemäss Kapitel 4.5.2 an diese Bauweise adaptiert werden mit einer geeigneten Geometrie des vorfabrizierten Elements wie in der Abb. 4.22.

## 6 Dauerhaftigkeit und Unterhalt

### 6.1 Korrosionsschutz

Das ASTRA verfolgt die Strategie, wenn möglich nur einmal in der geplanten Nutzungsdauer von 100 Jahren eine Vollerneuerung des allfällig applizierten Korrosionsschutz-Systems vorzunehmen (vgl. auch [23]). Dies bedingt, dass die Schutzdauer des Korrosionsschutzes im Werk grösser als 40 Jahren angestrebt wird. Diese Anforderung kann durch die heutigen vorhandenen Korrosionsschutzsysteme (z.B. mit Deckschichten in Fluorpolymere [24], [25]) und unter Beachtung konstruktiver Regeln erreicht werden.

Diese Strategie bedingt jedoch, dass kleinere Schäden innert nützlicher Frist am Korrosionsschutz der Brücke jeweils nach der Hauptinspektion zu beheben sind.

Bei der Projektierung sind die folgenden Regeln empfohlen:

- Korrosionsschutzgerechte konstruktive Durchbildung;
- Keine horizontalen Oberflächen mit direkter Bewitterung;
- Fachgerechte Bauhilfsmassnahmen zum Schutz der Stahlkonstruktion während der Erstellung der Fahrbahnplatte;
- Deckanstrich nach Erstellung des Bauwerkes;
- Schutznetze im Widerlagerbereich (keine Vogelnester).

Das technische Merkblatt des ASTRA „Korrosionsschutz“ [4] sowie die Dokumentation des SZS „Oberflächenschutz von Stahlkonstruktionen“ [26] enthalten zusätzliche Regeln, konstruktive Details, Anforderungen, usw. die bei der Projektierung des Brückenbauwerkes und der Auswahl eines fachgerechten Oberflächenschutzes zu berücksichtigen sind.

### 6.2 Wetterfester Baustahl

Der Einsatz von wetterfestem Baustahl wird vermehrt vom ASTRA empfohlen und ist die bevorzugte Materialwahl. Die „life cycle costs“ können dadurch erheblich reduziert werden. Durch den nicht benötigten Korrosionsschutz besitzt der wetterfeste Baustahl grosse Vorteile im Hinblick auf kürzeren und zuverlässigeren Bauprozess (Wegfall Applikation Deckschicht auf Baustelle), Nachhaltigkeit, Sicherheit von Personen und Unterhalt.

Wetterfeste Baustähle sind Stähle, die mittels Zulegierung von Phosphor, Kupfer, Chrom, Nickel, Molybdän usw., eine erhöhte atmosphärische Korrosionsbeständigkeit aufweisen [9]. Unter wiederholten Zyklen von Nass / Trocken ist Einsatz von wetterfestem Baustahl sehr geeignet, hingegen korrodiert er, wenn er sich in einem konstant feuchten Klima in Verbindung mit Schadstoffen befindet (Dauerfeuchtigkeit).

Messungen [29] an der Brücke N1-524 in Killwangen, die 4 m über der dauereingestauten Limmat liegt, haben gezeigt, dass sich auch in diesem speziellen Mikroklima mit über 80% der Tage von >60% relativer Luftfeuchte die Verwendung von wetterfestem Baustahl bewährt hat.

Die Verwendung eines wetterfesten Baustahles fordert die Anwendung von konstruktiven Regeln, damit sich die gewünschte schutzbildende Deckschicht (Patina) bilden kann.

Bei der Projektierung sind die folgenden Regeln empfohlen:

- Korrosionsgerechte konstruktive Durchbildung [27], [28];
- Verzicht auf die Verwendung von WP Stählen;
- Schweisszusatz kompatibel mit wetterfestem Baustahl;
- Verzicht auf unterbrochene Schweissnähte;
- Statisch wirksame Schrauben sollen aus wetterfestem Baustahl sein;

- Konstruktive Schrauben sollen aus wetterfestem Baustahl oder Inox sein;
- Verzicht auf die Verwendung von „schwarzen“ Schrauben;
- Verzicht auf die Verwendung von verzinkten Schrauben bzw. Bauteilen in Kontakt mit wetterfestem Baustahl;
- Ein Abrostungszuschlag von 1 mm pro bewitterter Seite ist empfohlen;
- In «kritischen» Zonen mit geringer Belüftung (Widerlager in Hangsituationen, Lagerbereich) wird empfohlen, konstruktiv genügend Raum vorsehen für das nachträgliche Anbringen eines allfällig nötigen Oberflächenschutz-Systems;
- Verzicht auf die Verwendung von chemischen Mitteln zum Beschleunigen der schutzbildenden Deckschicht (Patina);
- Die Verschmutzungen infolge Schweissnahtkontrollen, Montage usw. sollen nach der Fertigstellung des Bauwerkes entfernt werden;
- Die gesamte Stahloberfläche ist nach Montage und Verschweissen, wenn mit vernünftigem Aufwand möglich, sandzustrahlen. Dies ergibt ein einheitlicheres Erscheinungsbild, beseitigt baustellenbedingte Verfärbungen durch Wasserläufe und Betonierspuren und fördert die Bildung der erforderlichen Patina.

Geschraubte Verbindungen sind generell zu vermeiden. Bei der Verwendung von geschraubten Verbindungen ist zu verhindern, dass sich Spalten bilden (Kontaktverlust der Stossplatten), in denen sich Dauerfeuchtigkeit ausbildet, die zu Korrosion führt. Die Verwendung von Spaltverfüllern ist zu prüfen.

Aus ästhetischen Gründen können quergeführte Schweissnähte, die den Untergurt umrunden, angeordnet werden um anfallendes Wasser kontrolliert abzuleiten und eine Verfärbung des Betons in den Auflagerbereichen zu vermeiden.

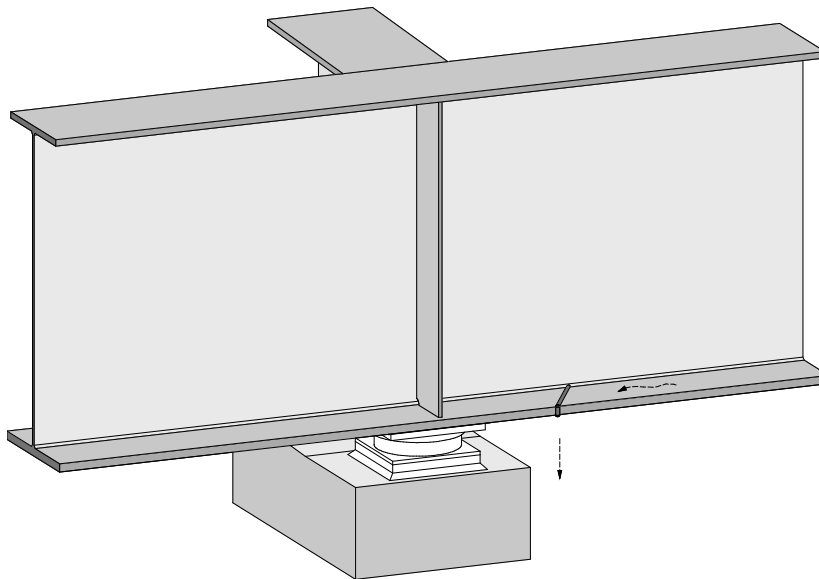


Abb. 6.1 Schweissnaht als Tropfkante.

Nach der Fertigstellung des Bauwerkes können Testzonen an kritischen aber dennoch gut zugänglichen Orten festgelegt werden, an denen eine detaillierte Erstmessung der Blechdicken vorgenommen wird. Im generellen, wenn Zweifel bei der Verwendung von wetterfestem Baustahl bestehen, kann ein Spezialist bei der Beurteilung der Machbarkeit hinzugezogen werden.

Wetterfester Baustahl kann mit vielen gängigen Schweissverfahren geschweisst werden, die von unlegierten Baustählen bekannt sind. Aufgrund ihres relativ hohen Kohlenstoffäquivalentwertes müssen wetterfeste Baustähle vor dem Schweissen möglicherweise stärker vorgewärmt werden als die meisten anderen Baustähle. Das thermomechanische Walzen bietet eine gute Möglichkeit, das Kohlenstoffäquivalent von wetterfesten Baustählen zu

senken und damit die Schweisbarkeit zu verbessern. Darüber hinaus sollten vor dem Schweißen bereits gebildete Oxidschichten in einem Abstand von 10 mm bis 20 mm von der Schweisskante entfernt werden. Abgesehen davon sind die Verfahren im Allgemeinen ähnlich wie bei unlegierten Baustählen. Schliesslich ist auch das Verschweissen verschiedener Stahlsorten miteinander möglich.

In einzelnen Fällen ist es wünschenswert, die Brücken aus wetterfestem Baustahl mit einem zusätzlichen Korrosionsschutz zu versehen. Der Korrosionsschutz der Stahlkonstruktion wird in Bereichen vorgeschrieben, in denen davon ausgegangen wird, dass die Umwelt die Bildung der schützenden Oxidschicht verhindern würde. Dies kann bei langfristiger bis zu permanenter Nässe der Oberflächen der Fall sein, insbesondere in Verbindung mit hoher Chloridbelastung (z. B. durch Tausalzwasser) oder durch die Ansammlung von Schutt, Salz oder anderen Verunreinigungen. Zu diesen Bereichen gehören die Oberseiten der Untergurten zusammen mit einem Teil des Stegs, und Bereiche unterhalb von Dehnungsfugen. Unter diesen Umständen können normalerweise die gleichen hochschützenden Korrosionsschutzsysteme wie für unlegierte Baustähle verwendet werden.

### 6.3 Konstruktiver Korrosionsschutz

Um einen guten und dauerhaften Korrosionsschutz zu erreichen, sind untenstehend einige wichtige konstruktive Regeln dargestellt (Abb. 6.2 bis Abb. 6.9 aus [27]).

Der Einsatz von integralen und semi-integralen Brücken ist sehr vorteilhaft, da die Schwachstelle von potentiell undichten Brückenübergängen, die chloridhaltige Feuchtigkeit in den Widerlagerbereich einführen, vermieden werden können (Abb. 6.4 und Abb. 6.6).

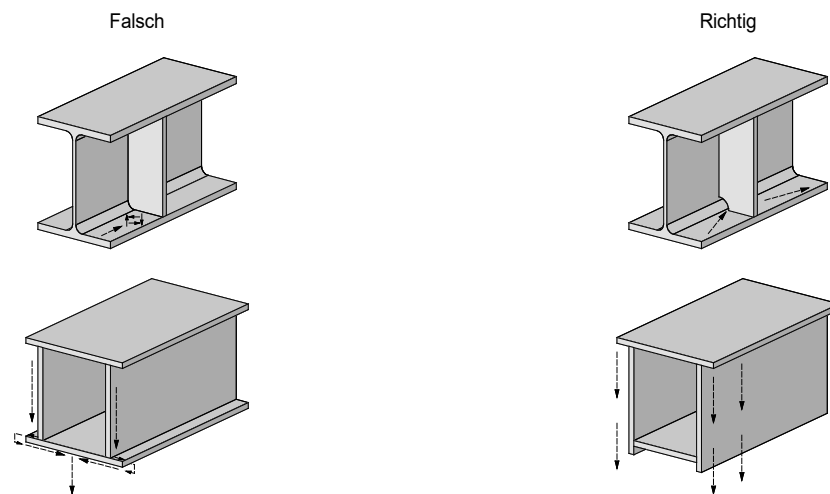


Abb. 6.2 Vermeidung von Dauerfeuchtigkeit.



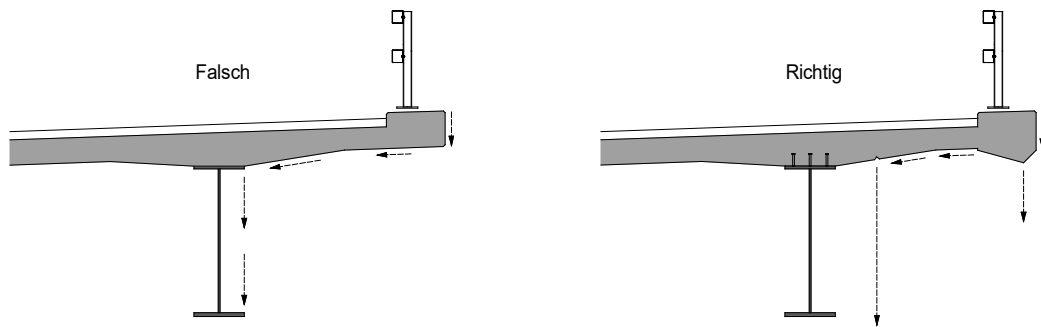


Abb. 6.3 Ausbildung von Tropfnasen.

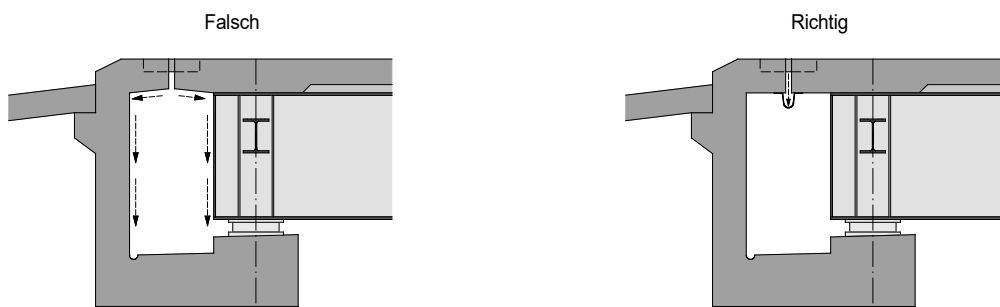


Abb. 6.4 Ausbildung von Tragkonstruktion im Bereich des Fahrbahnüberganges.

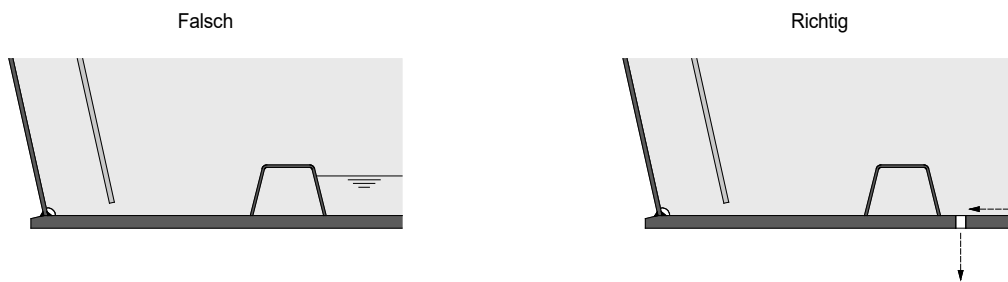


Abb. 6.5 Ausbildung des Bodenbereichs von Hohlkasten.

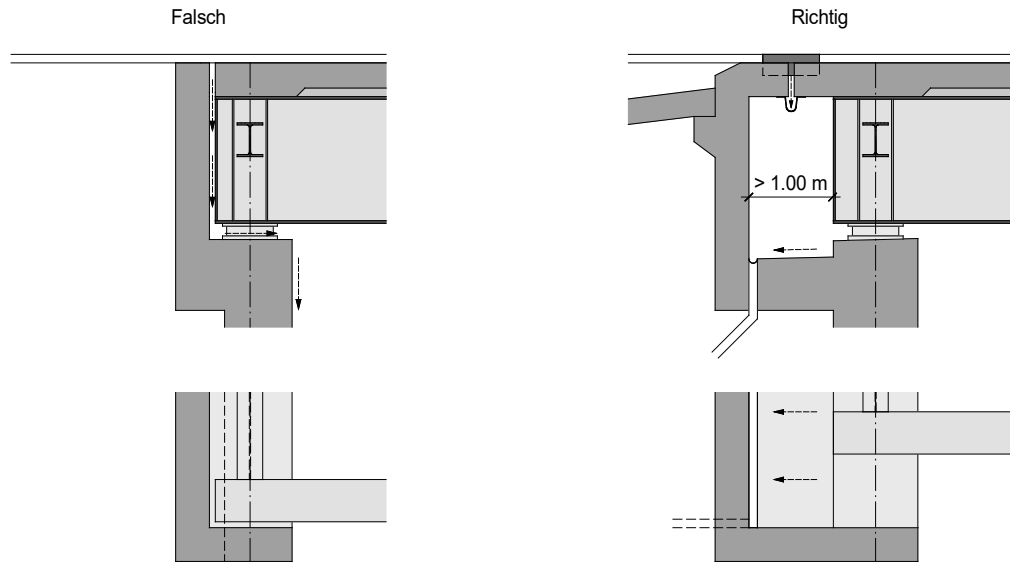


Abb. 6.6 Ausbildung der Widerlagerkonstruktion (Ansicht und Grundriss).

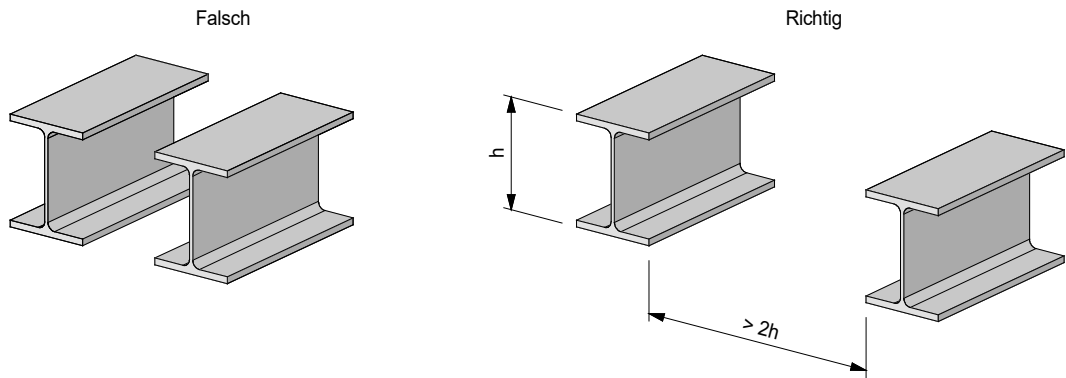


Abb. 6.7 Anordnung parallel verlaufender Hauptträger.

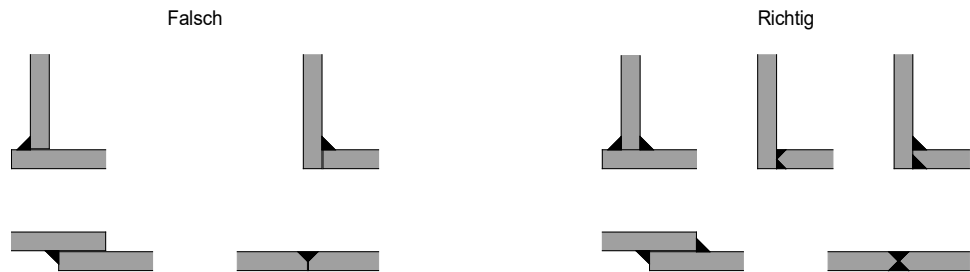


Abb. 6.8 Ausbildung von Schweissnähten.

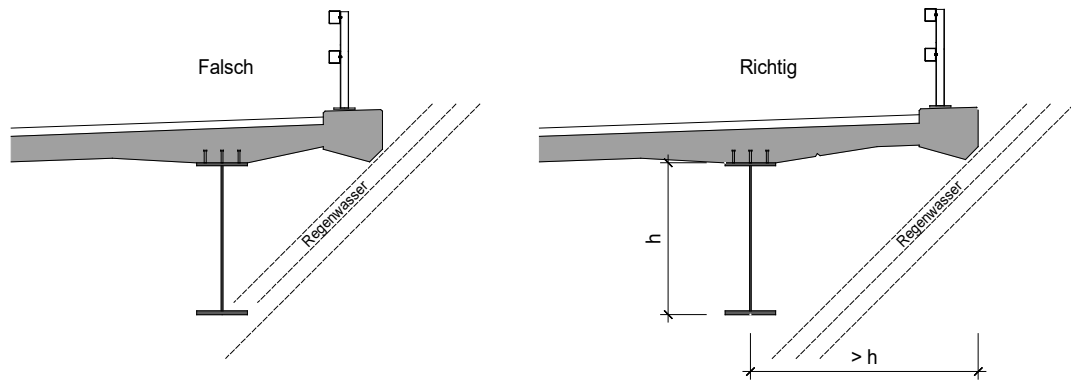


Abb. 6.9 Auskragung der Fahrbahnplatte.

## 6.4 Ermüdung

Für den Entwurf und die Bemessung von Stahlbeton- Verbundbrücken sind die Konstruktionsdetails der jeweiligen Kerbgruppe zu berücksichtigen. Generell ist es möglich, konstruktive Lösungen zu wählen, welche die minimale Kerbgruppe 71 einhalten. Im Auflagerbereich ist im generellen die Kerbgruppe 36 massgebend (siehe SIA 263, Anhang E) [13].

Anwendungsbeispiele für Ermüdungsnachweise nach Eurocode 3 Teil 1-9, von Stahlbauteilen und Konstruktionsdetails, deren Verbindungen, einschliesslich Knotenverbindungen mit Hohlprofilen für Stahl-Beton-Verbundbrücken, sind im folgenden Leitfaden [30] zu finden.

## 7 Beispiele ausgeführter Bauwerke

### 7.1 Viaduc sur la Venoge – RC 177



#### **Daten:**

<i>Bauherr:</i>	DGMR VD
<i>Bauingenieur:</i>	DIC SA
<i>Architekt:</i>	B+W architecture SA
<i>Unternehmung:</i>	Consortium Marti-Walo-Perrin
<i>Bauzeit:</i>	2015 - 2018
<i>Ort:</i>	Vufflens-la-Ville (VD)

#### **Technische Daten:**

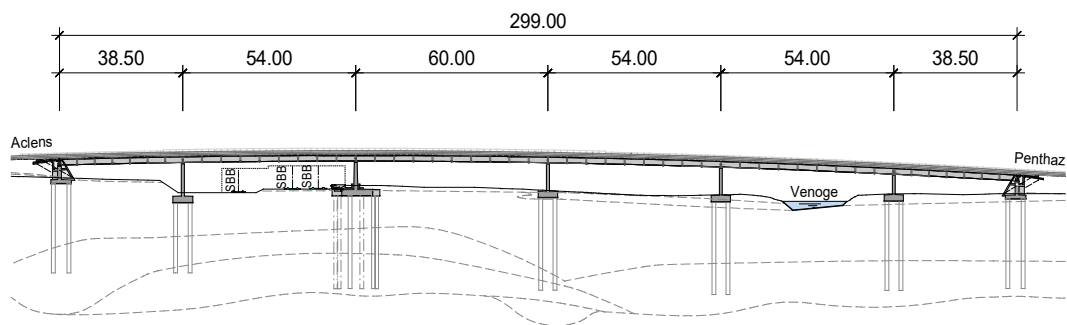
<i>Querschnitt:</i>	Kastenquerschnitt in Wetterfestem Baustahl mit Fahrbahnplatte aus Stahlbeton
<i>Gesamtlänge:</i>	299 m
<i>Spannweite:</i>	38.5 m – 54.0 m – 54.0 m – 60.0 m – 54.0 m – 38.5 m
<i>Fahrbahnbreite:</i>	9.00 m
<i>l/h:</i>	27
<i>Fläche:</i>	2'691 m <sup>2</sup>
<i>Baustahl:</i>	S355K2W
<i>Tonnage:</i>	600 t

## Beschreibung

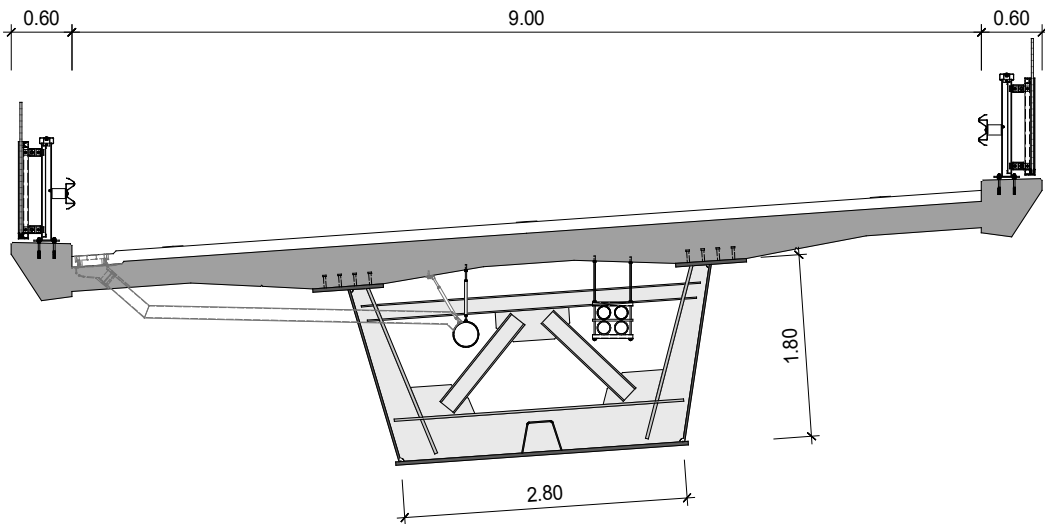
Das Viadukt über die Venoge befindet sich auf der Kantonsstrasse RC 177 und überspannt die SBB-Gleise und die Venoge. Das Bauwerk ist eine schwimmende Stahl-Beton-Verbundbrücke, die auf den 5 Pfeilern des Bauwerks in Längsrichtung stabilisiert ist. Sie besteht aus einem Stahlkastenquerschnitt mit einer konstanten Höhe von 1.80 m, auf dem sich eine Stahlbetonfahrbahnplatte mit einer Dicke zwischen 40 cm und 26 cm befindet. Die Montage der Brücke erfolgte mit mobilen Pneukranen.

Das Bauwerk besitzt im Grundriss zwei Radien von 3'000 m und 170 m, die durch eine Klothoide verbunden sind, und weist eine Querneigung zwischen 3 % und 7 % auf. Die Längsneigung des Viadukts variiert zwischen 5.43 % in Richtung Penthaz und 4.48 % in Richtung Aclens.

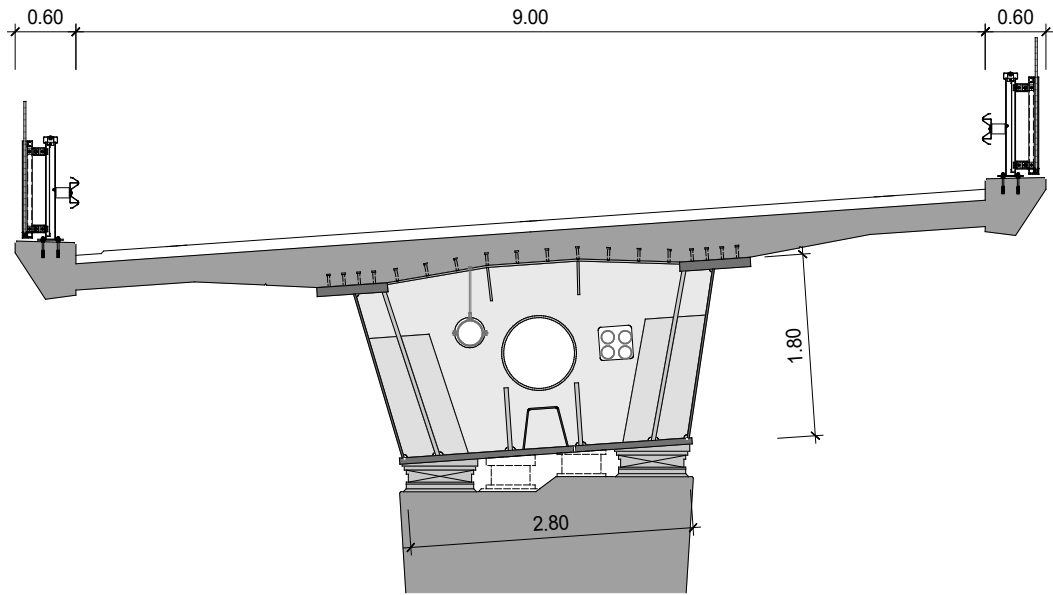
## Details und Photos



Längsschnitt



Feldquerschnitt



*Pfeilerquerschnitt*



*Querträger, Windverband*



*Auflagerquerträger*



*Montage auf Hilfsabstützungen*



*Schalungswagen*



Montage mit Pneukran



Zusammenbau der Trägerelemente

### **Projektspezifische Aspekte:**

- **Überhöhung und Kontrollen in der Werkstatt und auf der Baustelle:**  
Die im Projekt ermittelten Durchbiegungen des Brückenträgers wurden dem Stahlbauer mitgeteilt und entsprechend diesen der Stahlkasten vorgeformt. Die Überhöhungen wurden in der Werkstatt kontrolliert und die Verformungen des Bauwerks beim Bau auf der Baustelle wurden ebenfalls während aller Montageschritte kontrolliert (Stahlbaumontage, Betonieren der Fahrbahnplatte, Betonieren der Konsolköpfe, Aufbringen des Belags und der Abdichtung sowie das Montieren der Leitplanken und der Lärmschutzwand).
- **Kontrolle der Abmessungen der einzelnen Stahlkastenschüsse:**  
Die Abmessungen aller Stahlkästen wurden vor dem Transport zur Baustelle in der Werkstatt sowie auf der Baustelle speziell für das Versetzen der Stahlkästen zwischen zwei schon montierten Stahlkästen kontrolliert. Die Kontrollen der Abmessungen der Stahlkästen wurden durchgeführt, um die Geometrie des Bauwerks und die Verlegung der Stahlkästen in dem zur Verfügung stehenden Raum gewährleisten zu können und um über einen angemessenen Raum für die Herstellung der Stumpfschweissung der Stahlkastenbleche zu verfügen.
- **Betonieren mit zwei Schalwagen:**  
Es wurden zwei Schalwagen gleichzeitig eingesetzt, wobei das Betonieren im kontinuierlichen Vorschub erfolgte. Ein Wagen wurde für den stark gekrümmten Viaduktbereich mit einem horizontalen Radius von 170 m und ein weiterer Wagen für den Viaduktbereich mit der Klothoide und dem konstanten horizontalen Radius von 3'000 m verwendet.

## 7.2 N01 Lehnenviadukt in Killwangen



### **Daten:**

<i>Bauherr:</i>	ASTRA
<i>Bauingenieur:</i>	Ingenieurgesellschaft Bänziger Partner AG und DIC SA
<i>Unternehmung:</i>	Rothpletz Lienhard AG und Zwahlen & Mayr SA
<i>Bauzeit:</i>	2005-2006
<i>Ort:</i>	Killwangen – Spreitenbach (AG)

### **Technische Daten:**

<i>Querschnitt:</i>	Mehrstegiger Plattenbalkenquerschnitt mit Kastenträgern in wetterfestem Baustahl mit Fahrbahnplatte aus Stahlbeton vor Ort
<i>Gesamtlänge:</i>	263.37 m
<i>Spannweite:</i>	18.60 m – 6 x 20.40 m – 3 x 20.42 m – 20.43 m – 20.44 m – 20.24 m
<i>Fahrbahnbreite:</i>	16.50 m bis 33.00 m
<i>l/h:</i>	20
<i>Fläche:</i>	7'250 m <sup>2</sup>
<i>Baustahl:</i>	S355J2G1W
<i>Tonnage:</i>	850 t

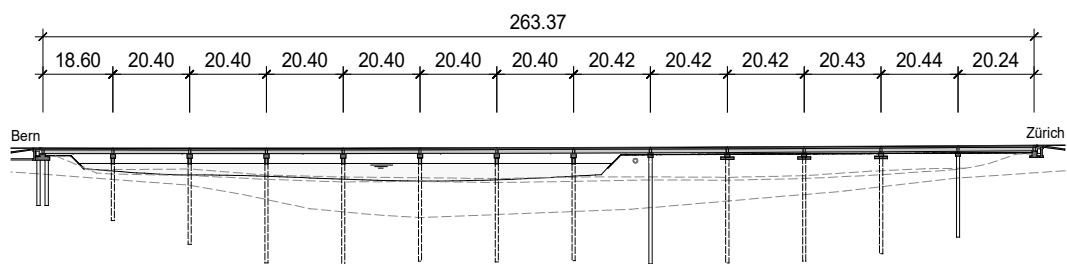


## Beschreibung

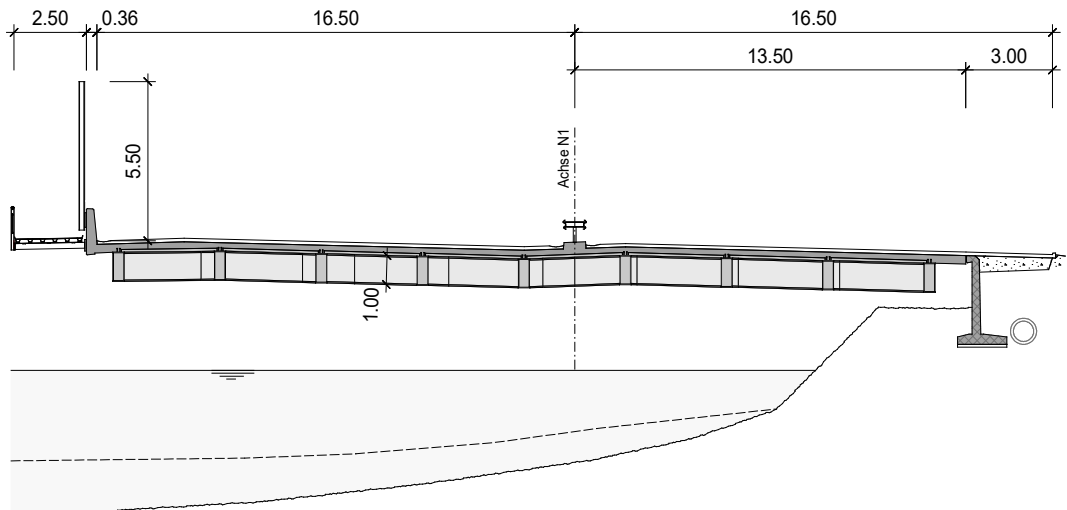
Das Lehnenviadukt der N1 in Killwangen / Spreitenbach ist eine 13-feldrige Brücke mit einer Länge von 263.37 m. Die Brückenbreite beträgt 33.00 m für beide Fahrrichtungen. Der Überbau wird aus durchlaufenden vorgefertigten Stahlträgern aus wetterfestem Bau- stahl mit einem Kastenquerschnitt und einer durchgehenden Ortbetonplatte gebildet. Die Verbundwirkung wird mittels konventionellen Dübel hergestellt. Für das Betonieren der Ortbetonplatte ist eine verlorene Schalung vorgesehen, die aus vorfabrizierten vorgespannten Stahlbetonplatten besteht. An die neue fugenlose Leitmauer werden die Lärmschutzwand und die Tragstruktur des Gehwegs angehängt.

Die Brücke ist beim Widerlager Seite ZH und beim Mittelwiderlager in Längsrichtung beweglich gelagert. Beim Widerlager Seite BE wird die Brücke längs festgehalten. Auf jedem Joch ist die Brücke in Längsrichtung durch ein Führungslager geführt.

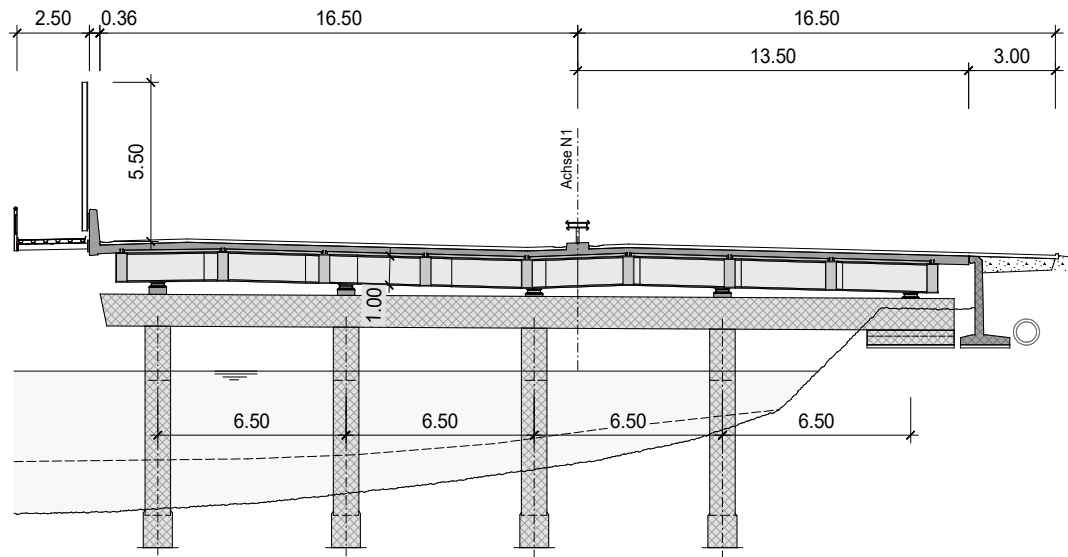
## Details und Photos



## Längsschnitt



## Feldquerschnitt



*Pfeilerquerschnitt*



*Montage mit Pneukran*



*Montage mit Pneukran*



*Kastenträger bei der Montage*



*Übersicht Montage*



Lager



Vorfabrizierte vorgespannte Stahlbetonplatten als Schalung



Dübelnischen

### **Projektspezifische Aspekte:**

- **Montage der neuen Elemente mit dem Kran:**  
Die Montage aller Stahlbauteile des Bauwerks erfolgte mit einem mobilen Pneukran. Diese Art der Montage ist ideal für die beengten Platzverhältnisse und die geforderte Schnelligkeit bei der Ausführung des Bauwerks, das sich auf der Autobahn N01 befindet, die mit 6 Fahrspuren für den Verkehr offengehalten wurde.
- **Schalung aus vorgefertigten vorgespannte Stahlbetonplatten:**  
Da sich unter dem Bauwerk in einigen Teilbereichen Wasser befand und an anderen Stellen nicht genügend Platz für eine traditionelle Schalung vorhanden war, wurden vorgefertigte Spannbetonplatten verwendet, was zusätzlich zu einer schnelleren Fertigstellung des Bauwerks führte.
- **Wahl des Querschnitts:**  
Wahl der Kästen infolge der Vögel (Nester, die sie bauen könnten) und minimale Oberfläche der Kästen, die kleiner ist als die Oberfläche eines I-Trägers.

## 7.3 N01 Bünzthalviadukt



### **Daten:**

<i>Bauherr:</i>	ASTRA
<i>Bauingenieur:</i>	Ingenieurgemeinschaft Bänziger Partner AG und DIC SA
<i>Unternehmung:</i>	Rothpletz Lienhard AG und Implenia AG
<i>Bauzeit:</i>	2011-2013
<i>Ort:</i>	Othmarsingen (AG)

### **Technische Daten:**

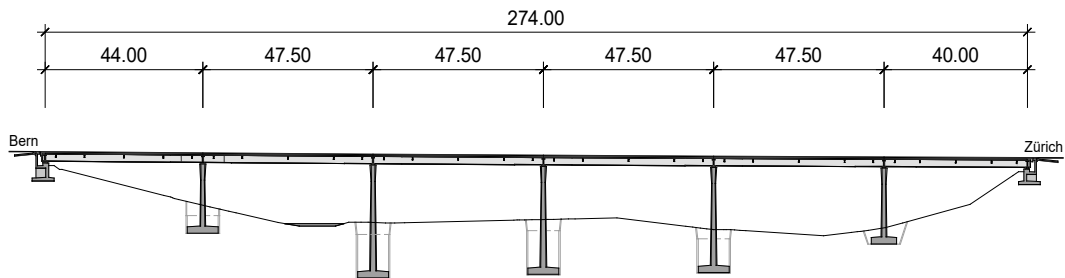
<i>Querschnitt:</i>	Plattenbalkenquerschnitt mittels Kastenträger in wetterfestem Baustahl mit Fahrbahnplatte aus Stahlbeton
<i>Gesamtlänge:</i>	275.36 m
<i>Spannweite:</i>	44.24 m – 3 x 47.76 m – 47.71 m – 40.13 m
<i>Fahrbahnbreite:</i>	2 x 14.70 m
<i>l/h:</i>	18
<i>Fläche:</i>	2 x 4'048 m <sup>2</sup>
<i>Baustahl:</i>	S355J2G1W, S420J2G1W und S420QW
<i>Tonnage:</i>	800 t

## Beschreibung

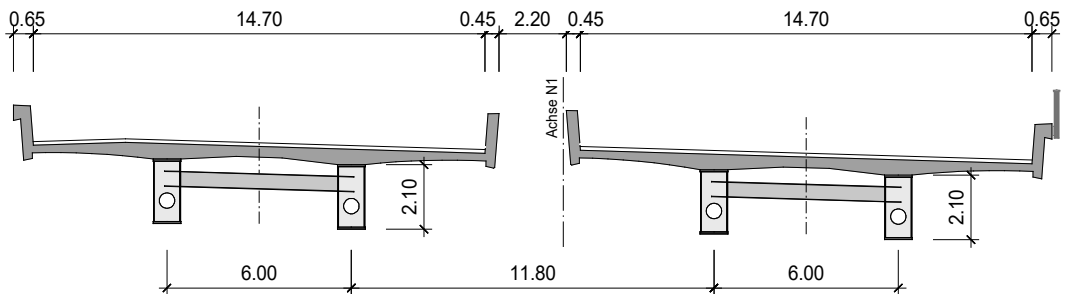
Das Bünztalviadukt der N1 in Othmarsingen besteht aus zwei identischen 6-feldrigen Brücken mit einer Länge von 275.36 m. Die Brückenbreite beträgt je 14.70 m für eine einzelne Fahrtrichtung. Der Überbau wird aus zwei durchlaufenden vorfabrizierten Stahlträgern aus wetterfestem Baustahl mit einem Kastenquerschnitt und einer durchgehenden, quer vorgespannten Ort betonfahrbahnplatte gebildet. Die Verbundwirkung wird mit konventionellen Dübeln hergestellt. In Längsrichtung ist die Brücke beim Widerlager Zürich fixiert.

Die Brücke liegt in einer Kurve (Radius 1800 m) und teilweise in einer Klothoide, in der Situation ist sie deshalb leicht gekrümmt. Die Brücke liegt auch in einem vertikalen Ausrundungsradius von  $R = 65'000$  m (Wanne). In Fahrtrichtung Bern beträgt die Steigung beim Widerlager Zürich 0.40 %, und beim Widerlager Bern 0.84 %. Das Quergefälle beträgt 3.0%.

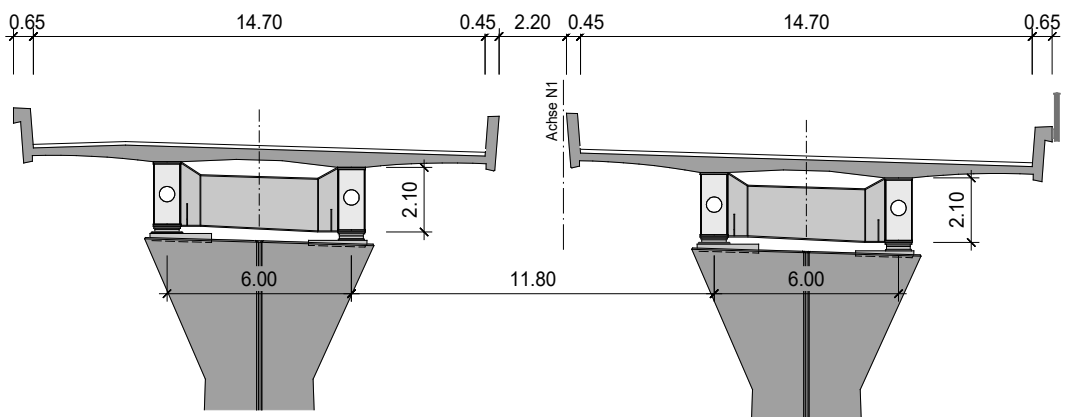
## Details und Photos



### Längsschnitt



### Feldquerschnitt



### Pfeilerquerschnitt



*Abbruch Hammerkopf mit 190t Bagger*



*Montage mit Pneukran*



*Schweisskabine*



*Montage mit Pneukran*



*Auflagerklötze für Schalwagen*



*Bewehrung mit Quervorspannung*



*Betonieren der Fahrbahnplatte*



*Einstellen der Lagerhöhe*

### **Projektspezifische Aspekte:**

- *Wahl der Baustahlqualität:*  
Da die Montage der schweren Stahlträger in grosser Höhe erfolgte, wurde anstelle von S355 ein Baustahl aus S420 verwendet. So konnten grosse Bauteile versetzt werden und die Baustellenschweissungen auf ein Minimum reduziert werden.
- *Betonieren im Pilgerschrittverfahren:*  
Da die Brücke im Grundriss nur eine leichte Krümmung aufweist, wurde die Fahrbahnplatte im Pilgerschrittverfahren hergestellt. Dabei wurden vorgängig die Abstützpunkte des Schalwagens im Bereich der Stahlträger aus Beton mit definitiv durchgehender Bewehrung erstellt. Dadurch entfällt das Ausgiessen der Aussparungen bei den Abstützpunkten.

## 7.4 N01 UEF Mellingerstrasse Birmenstorf



### **Daten:**

<i>Bauherr:</i>	ASTRA
<i>Bauingenieur:</i>	Bänziger Partner AG und DIC SA als Subplaner
<i>Unternehmung:</i>	Implenia SA und Senn SA
<i>Bauzeit:</i>	2014 - 2016
<i>Ort:</i>	Birmenstorf (AG)

### **Technische Daten:**

<i>Querschnitt:</i>	Trogquerschnitt aus korrosionsgeschütztem Baustahl mit Fahrbahnplatte aus Stahlbeton
<i>Gesamtlänge:</i>	48.00 m
<i>Spannweite:</i>	48.00 m
<i>Fahrbahnbreite:</i>	7.50 m
<i>l/h:</i>	21
<i>Fläche:</i>	360 m <sup>2</sup>
<i>Baustahl:</i>	S355M-Z35
<i>Tonnage:</i>	120 t



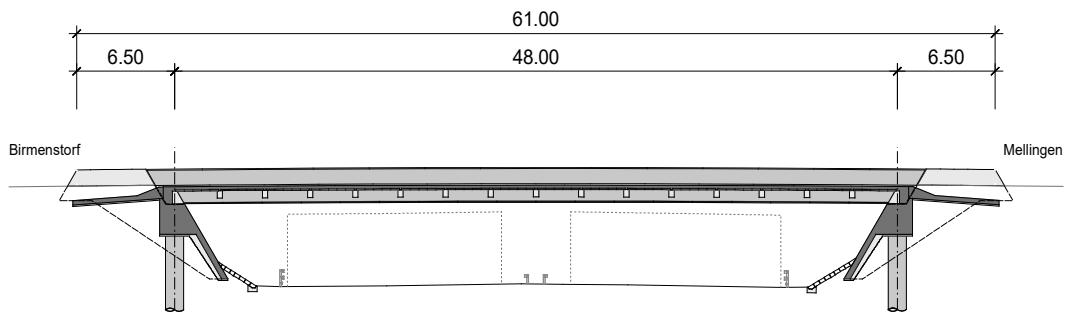
## Beschreibung

Die neue Brücke überquert die 6-streifige Nationalstrasse N01 mit einer Spannweite von 48.0 m. Sie weist zwei Fahrstreifen für die Ortverbindungsstrasse auf. Die Höhe des Lichtraumprofils wird gegenüber dem heutigen Zustand von 4.5 m auf ca. 5.3 m vergrößert.

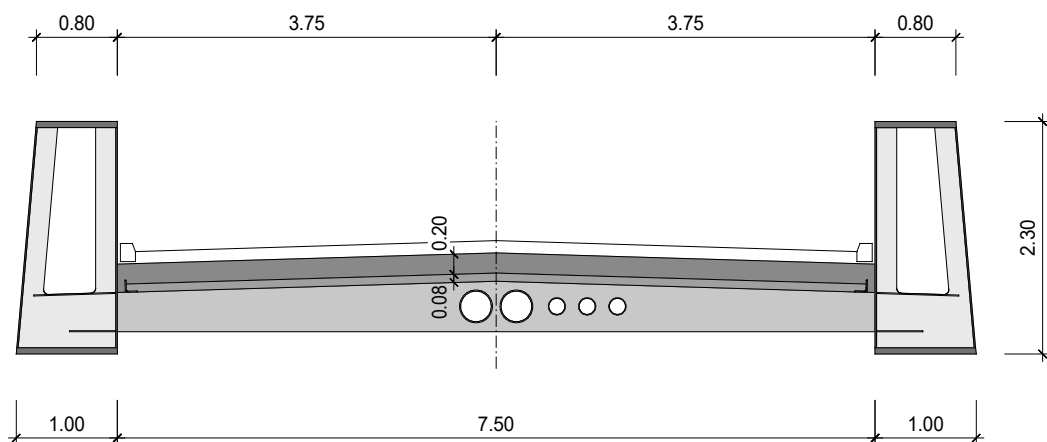
Die Brückenkonstruktion besteht aus einer integralen einfeldrigen Stahl-Beton-Verbundbrücke mit einer Spannweite von 48.00 m. Sie hat zwei 2.30 m hohe, seitlich angeordnete kastenförmige Längsträger aus Stahl. Zusammen mit den Querträgern und Fahrbahnplatte bilden sie den trogförmigen Querschnitt des Überbaus. Die kastenförmigen Längsträger dienen auch als Schutz vor herabfallenden Fahrzeugen oder Fussgängern. Sie werden durch Querversteifungen versteift. Die Querträger wiederum wirken zusammen mit der 28 cm dicken Betonfahrbahnplatte als Stahl-Beton-Verbundkonstruktion. Die gesamte Stahlkonstruktion ist mit vollständig durchgeschweissten Nähten versehen, um das Innere der Kästen luftdicht zu verschliessen. Nach dem Betonieren der Fahrbahnplatte wird der Überbau in die Widerlager eingespannt, indem die Verbindung zwischen Fahrbahnplatte und Widerlager, die einen starren Rahmenwinkel bilden, betoniert wird.

Für das Betonieren der Ortbetonplatte wurde eine verlorene Schalung verwendet, die aus vorgefertigten vorgespannten Stahlbetonplatten besteht.

## Details und Photos



## Längsschnitt



## Feldquerschnitt



Montage mit Pneukran



Montage mit Pneukran



Trogquerschnitt mit Dübeln



Vorfabrizierten Stahlbetonplatten als Schalung



Seitenansicht



Ansicht

**Projektspezifische Aspekte:**

- *Brücke als integrales Bauwerk:*  
Die UEF N1 Mellingerstrasse ist eine integrale Brücke, die die Autobahn überspannt und ohne Zwischenstützen zwischen den Fahrbahnen einen hindernisfreien, grossen Lichtraum unter der Brücke bietet. Im Endzustand ist der Überbau der Brücke in die beiden Widerlager aus Stahlbeton eingespannt. Das Bauwerk ist als integrale Brücke konzipiert, die keine Lager oder Fahrbahnübergänge benötigt. Die Stahlkonstruktion wird während der Bauphase vorübergehend auf den Widerlagern abgestützt. Dadurch kann sich die Stahlkonstruktion wie ein einfacher Träger verformen, wenn sie durch die Betonfahrbahnplatte belastet wird. Auf diese Weise entsteht in den Widerlagern unter dem Lastfall des Eigengewichts kein Einspannmoment. Nach dem Betonieren der Fahrbahnplatte wird der Überbau mit den Widerlagern verbunden, indem die Verbindung zwischen Stahlträger und Widerlager, die einen starren Rahmen bilden, betoniert wird.
- *Versetzen der Stahlkonstruktion mit einem mobilen Pneukran:*  
Die Stahlkonstruktion der Brücke wurde in einer einzigen Nacht verlegt, wobei die Autobahn aus Sicherheitsgründen gesperrt und eine Hilfsabstützung im Mittelstreifen erstellt wurde.
- *Betonieren mit vorgefertigten Schalungsplatten aus Stahlbeton:*  
Da sich unter dem Bauwerk sechs Fahrspuren der Autobahn N01 befanden, wurden vorgefertigte Spannbetonplatten als verlorene Schalung tagsüber unter Aufrechterhaltung des Autobahnverkehrs mit einem Kran verlegt. Anschliessend wurde die Stahlbetonplatte armiert und betoniert. Dies ermöglichte eine schnelle und sichere Erstellung der Fahrbahnplatte.

## 7.5 N01 Viaducs de Lully



### **Daten:**

<i>Bauherr:</i>	ASTRA
<i>Bauingenieur:</i>	DIC SA
<i>Unternehmung:</i>	Bosquet SA, Pisselli SA, Zwahlen & Mayr SA und Stephan SA
<i>Bauzeit:</i>	1994-2001
<i>Ort:</i>	Lully (FR)

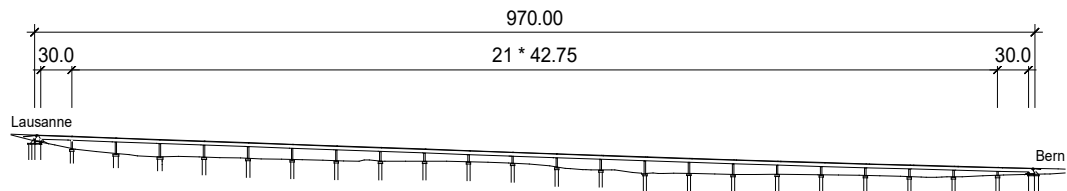
### **Technische Daten:**

<i>Querschnitt:</i>	Dreieckförmiges räumliches Rohrfachwerk aus korrosionsgeschütztem Baustahl mit Fahrbahnplatte aus Stahlbeton
<i>Gesamtlänge:</i>	2 x 957.60 m
<i>Spannweite:</i>	29.925 m – 21 x 42.75 m – 29.925 m
<i>Fahrbahnbreite:</i>	2 x 12.00 m bis 2 x 14.65 m
<i>l/h:</i>	12
<i>Fläche:</i>	2 x 12'000 m <sup>2</sup>
<i>Baustahl:</i>	FeE 355-D und FeE 355-D Z3 für die Rohre der Untergurte und Obergurte
<i>Tonnage:</i>	2'650 t

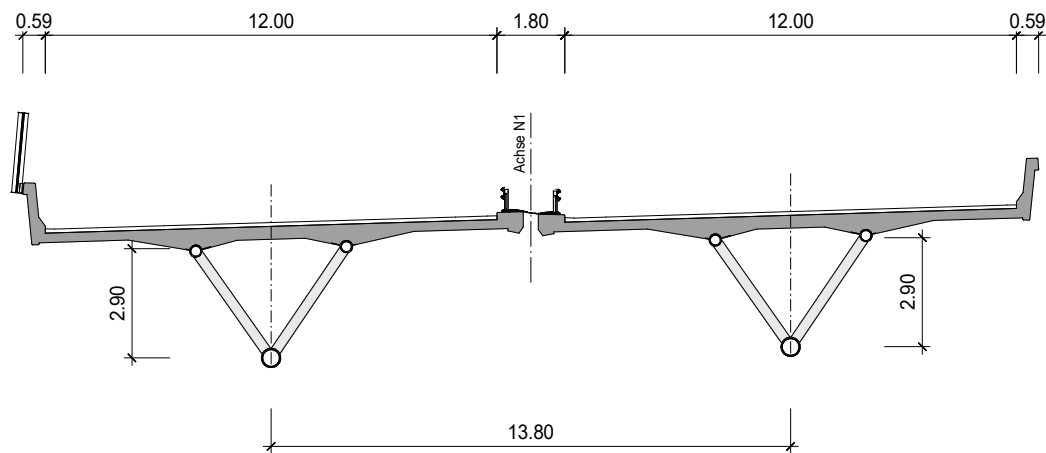
## Beschreibung

Das Viadukt von Lully ist ein Viadukt mit zwei Verbundbrücken, die jeweils über den Pfeilern mittels eines Querträgers verbunden sind. Die zwei Viadukte von Lully (Jura und Alpes) sind zwei Stahl-Beton-Verbundbrücken mit einer Gesamtlänge von je 957.60 m. Sie bestehen aus 23 Feldern, von denen die mittleren Felder eine Spannweite von 42.75 m und die Randfelder eine Spannweite von 29.925 m haben. Der Querschnitt der Viadukte ist ein dreieckiger Fachwerkträger aus Stahlrohren mit einer Fahrbahnplatte aus Spannbeton (in Längs- und Querrichtung). Die Verbindung zwischen dem Stahlträger und der Fahrbahnplatte wird mittels radial auf den oberen Stahlrohren angeordneten konventionellen Dübeln hergestellt. Die beiden Viadukte sind durch geschraubte, rohrförmige Fachwerke miteinander verbunden, die an jeder Stütze (Pfeiler und Widerlager) angebracht sind. Die Breite pro Viadukt variiert zwischen 13.30 m und 16.00 m. Jedes Viadukt besteht aus 22 runden Pfeiler aus Stahlbeton mit einem Durchmesser von 1.40 m und zwei Widerlager aus Stahlbeton. Die Pfeiler und Widerlager sind mit Bohrpfehlen mit einem Durchmesser von 1.0 m fundiert. Die Höhe der Pfeiler variiert zwischen ca. 2.80 m und 12.0 m.

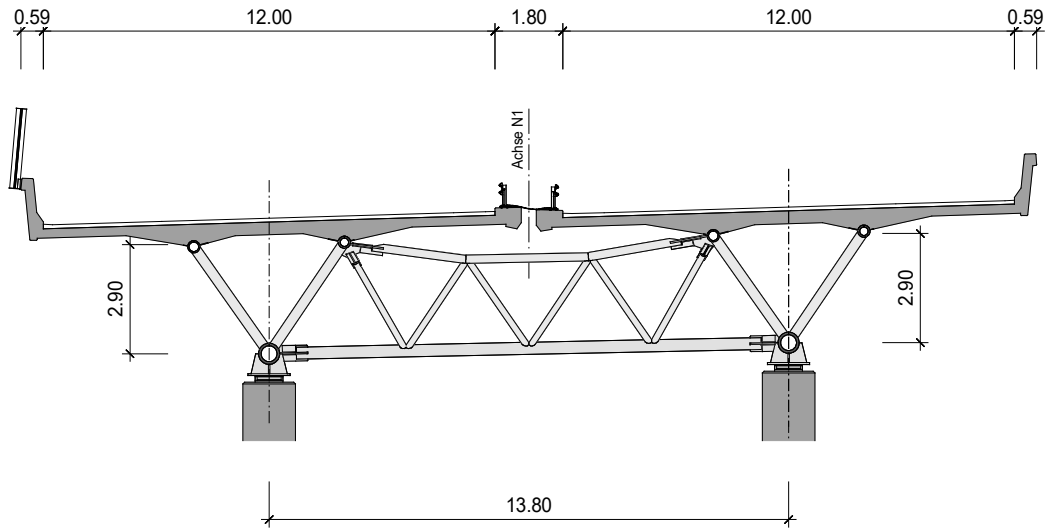
## Details und Photos



### Längsschnitt



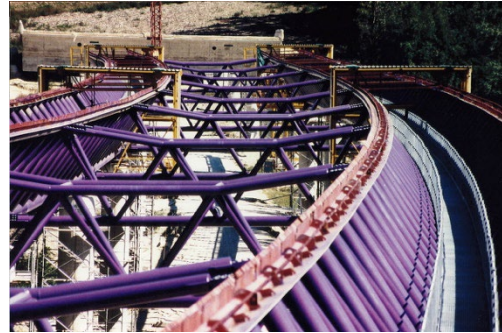
### Feldquerschnitt



*Pfeilerquerschnitt*



*Montage des Stahlträgers*



*Montage des Stahlträgers*



*Untersicht*



*Untersicht*



*Querträger*



*Querträger*



*Untergurtknoten*



*Obergurtknoten*



*Schalwagen*

### **Projektspezifische Aspekte:**

- *Rohrfachwerkbrücke:*  
Die lichtdurchlässige filigrane Rohrfachwerkbrücke entsprang einem Brückenwettbewerb. Sie besteht aus einem raumförmigen dreieckigen Rohrfachwerk mit zwei Rohren als Obergurt (Durchmesser 324 mm), einem Rohr (Durchmesser 508 mm) als Untergurt und Diagonalen aus Rohren (Durchmesser 267 mm). Die Rohre sind ohne Rippen direkt miteinander über voll durchgeschweisste Nähte verbunden.
  
- *Brückenstabilität:*  
Da jedes Viadukt bei den Pfeilern nur je ein Lager besitzt, werden die beiden getrennten Viadukte über ein dreieckförmiges Rohrfachwerk verbunden. So kann die Torsion bei jedem Pfeiler aufgenommen werden.



## 7.6 N01 Viaducs du Bois de Rosset



### **Daten:**

<i>Bauherr:</i>	ASTRA
<i>Bauingenieur:</i>	DIC SA
<i>Unternehmung:</i>	Frutiger SA und Zwahlen & Mayr SA
<i>Bauzeit:</i>	1988 - 1990
<i>Ort:</i>	Avenches (VD)

### **Technische Daten:**

<i>Querschnitt:</i>	Kastenträger aus korrosionsgeschütztem Baustahl mit externer Längsvorspannung und Fahrbahnplatte aus Spannbeton
<i>Gesamtlänge:</i>	2 x 617.25 m
<i>Spannweite:</i>	23.00 m – 34.20 m – 11 x 42.75 m – 51.30 m – 38.50 m
<i>Fahrbahnbreite:</i>	2 x 11.60 m
<i>l/h:</i>	17.5
<i>Fläche:</i>	2 x 7'160 m <sup>2</sup>
<i>Baustahl:</i>	Fe 510 C
<i>Tonnage:</i>	1'585 t

## Beschreibung

Die Viadukte von Bois de Rosset Droite und Gauche sind zwei parallele Brücken von je 617.25 m Länge mit 15 Feldern von 23.00 m – 34.20 m – 11x42.75 m – 51.30 m – 38.50 m Länge. Die beiden Bauwerke überqueren die SBB-Eisenbahnstrecke Lausanne - Lyss, den Fluss Chandon und die Kantonsstrasse RC 601 und sind Teil der Autobahn N01. Sie wurden 1990 erbaut. Die Gesamtbreite jedes Viadukts beträgt 13.00 m. Die Fahrbahn weist eine konstante Neigung von 2.5% auf. Jedes Viadukt besitzt eine Gerade und führt mit einer Klothoide in einen Radius von  $R = 1500$  m über.

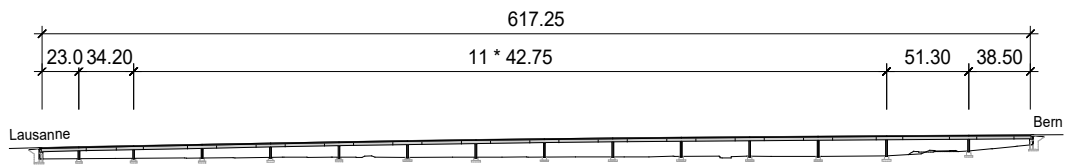
Jedes Viadukts besteht aus einem Stahlkasten mit einer konstanten Höhe von 2.00 m. Im Kasteninneren verlaufen je 4 externe Längsvorspannkabel (2 Kabel an jedem Steg der Kästen). Die Fahrbahnplatte aus quervorgespanntem Stahlbeton ist mit Kopfbolzendübeln mit dem Kasten verbunden.

Der Hohlkasten jedes Viadukts liegt im Stützenbereich auf zwei Pfeilern mit achteckigen Vollquerschnitten, die einen Abstand von 2.40 m haben. An den Widerlagern beträgt der Lagerabstand 4.00 m.

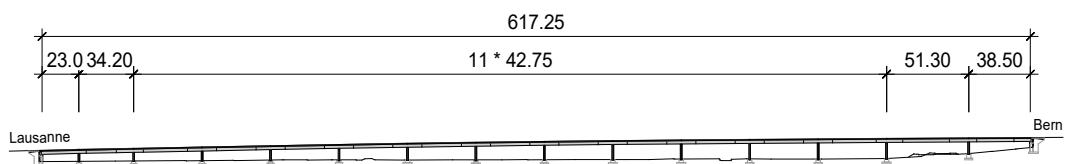
Die Pfeiler und Widerlager sind flach fundiert.

Jedes Viadukt ist in Längsrichtung schwimmend gelagert und wird durch 11 feste Stützen stabilisiert, die auf den Pfeilern 3 bis 13 liegen. Die Pfeiler 1 bis 2 und 14 sowie die Widerlager sind in Längsrichtung mit beweglichen Lagern ausgestattet. In Querrichtung sind alle Auflager fix.

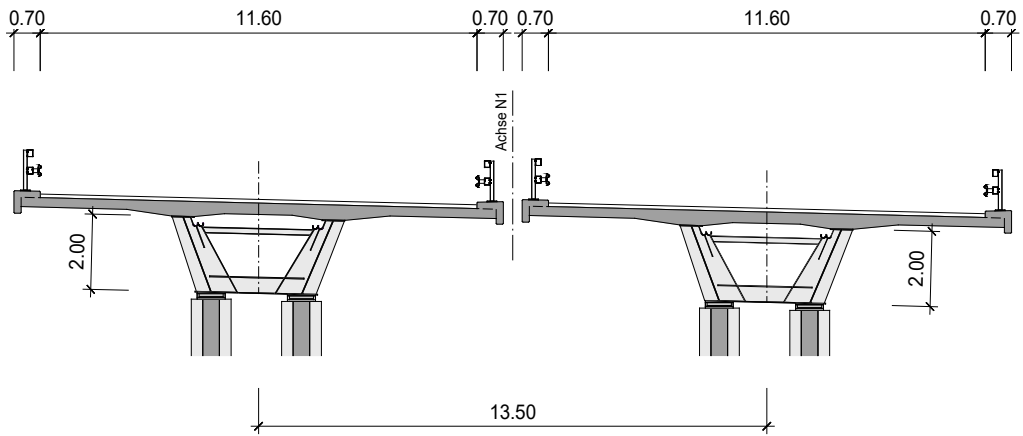
## Details und Photos



### Längsschnitt



### Feldquerschnitt



*Pfeilerquerschnitt*



*Kastenträger mit Dübeln*



*Umlenksattel*



*Schalungswagen*



*Schalungswagen*



*Externe Vorspannung, Koppelstelle*



*Ansicht*



*Untersicht*

**Projektspezifische Aspekte:**

- *Externe Vorspannung:*  
Im inneren der Stahlkästen verlaufen externe, polygonal angeordnete Spannkabel, die über Umlenksättel geführt werden. Jeder Kasten besitzt 4 Vorspannkabel bestehend aus 12 Monolitzen 15.7 mm in einem HDPE Hüllrohr verlegt und mit Zement verfüllt.
- *Lageranordnung:*  
Die Lager der Kastenträger wurden in den Pfeilerbereichen direkt unter den Stegen in einem Abstand von 2.40 m angeordnet. Im Auflagerbereich wurden die Lager aus Stabilitätsgründen auf einen Abstand von 4.00 m nach aussen verschoben angeordnet.

## 7.7 N01 Viaducs des Vaux



### **Daten:**

<i>Bauherr:</i>	ASTRA
<i>Bauingenieur:</i>	Ingenieurgesellschaft RBA Ing.-Cons. SA + GJA Ing.-Civ. SA
<i>Unternehmung:</i>	Induni SA und Zwahlen & Mayr SA
<i>Bauzeit:</i>	1996-2001
<i>Ort:</i>	Yvonand (VD)

### **Technische Daten:**

<i>Querschnitt:</i>	Kastenträger und Plattenbalken in wetterfestem Baustahl mit Fahrbahnplatte aus Spannbeton
<i>Gesamtlänge:</i>	945.25 m (Viaduc Gauche) und 900.25 m (Viaduc Droite)
<i>Spannweite:</i>	Viaduc Gauche: 40.00 m – 2 x 50.00 m – 2 x 56.00 m – 5 x 62.00 m – 130.00 m – (16.25 m) – 130.– m – 62.00 m Viaduc Droite: 40.00 m - 6 x 56.00 m - 3 x 62.00 m - 130.00 m - (16.25 m) - 130.00 m - 62.00 m – 45.00 m
<i>Breite:</i>	2 x 12.06 m
<i>l/h:</i>	20 (Kastenträger) und 18 (Plattenbalken)
<i>Fläche:</i>	11'400 m <sup>2</sup> und 10'857 m <sup>2</sup>
<i>Baustahl:</i>	S355J2G1W
<i>Tonnage:</i>	5'000 t

## **Beschreibung**

Die Viaducs des Vaux sind zwei parallele Brücken mit einer Länge von 900.25 m bzw. 945.25 m, die für das Viadukt Droite 14 Felder von 40.00 m bis zu 130.00 m und für das Viadukt Gauche 15 Felder mit 40.00 m bis zu 130.00 m aufweisen. Die beiden Viadukte überqueren einen Waldweg, die Kantonsstrasse RC 418, das Tal Valleires und Les Vaux, und sind Teil der Autobahn N01. Sie befinden sich auf dem Gebiet der Gemeinde Yvonand und wurden zwischen 1996 und 2000 gebaut. Die Fahrbahnbreite jedes Viadukts beträgt 12.06 m. Die Fahrbahn weist ein variables Querprofil zwischen 6 % und -6 % auf. Jedes Viadukt ist teilweise S-förmig gekrümmt mit einem horizontalen Radius von  $R = \pm 1000$  m und teilweise in Klothoidenform.

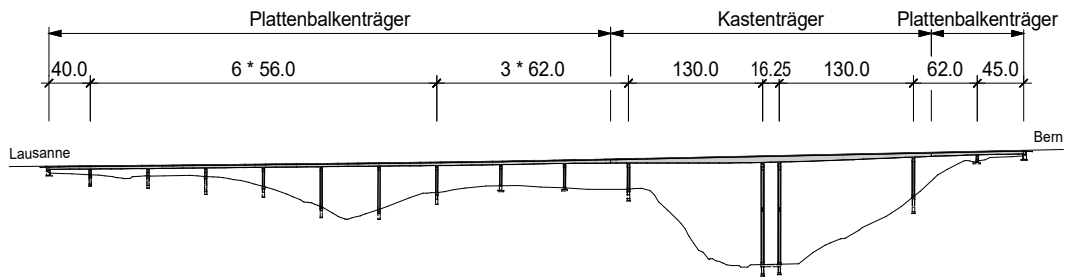
Vom Widerlager Lausanne bis zum Taleinschnitt des Vaux (17.40 m von der Achse 10 Richtung Lausanne) besteht der Querschnitt jedes Viadukts aus zwei Stahlträgern, deren Höhen zwischen 2.52 m und 3.57 m variieren. Der Abstand zwischen den Trägern beträgt 6.00 m. Vom Taleinschnitt des Vaux bis zum Widerlager Bern besteht der Querschnitt jedes Viadukts aus einem geschlossenen Metallkasten mit vertikalen Stegen, dessen Höhe linear zwischen 6.00 m an den höchsten Pfeilern und 3.57 m in der Nähe der Pfeiler der Achse 10 variiert. Die vertikalen Stege des Kastens sind ebenfalls 6.00 m voneinander entfernt. Die verwendete Stahlqualität ist S355J2G1W.

Auf den Stahlträgern befindet sich eine sowohl in Quer- als auch in Längsrichtung vorgespannte Spannbetonplatte. Die Kragarme der Fahrbahnplatte haben eine konstante Breite von 3.73 m. Die Verbindung zwischen Stahl und Beton wird durch Dübelgruppen hergestellt, die in Nischen mit durchgehender Bewehrung angeordnet sind. Die Platte wurde in Längsrichtung vorgespannt, bevor sie mit dem Stahl verbunden wurde. Die Mindestdicke der Platte beträgt 25 cm, im Bereich des Hohlkastens oder der Träger erreicht sie 40 cm.

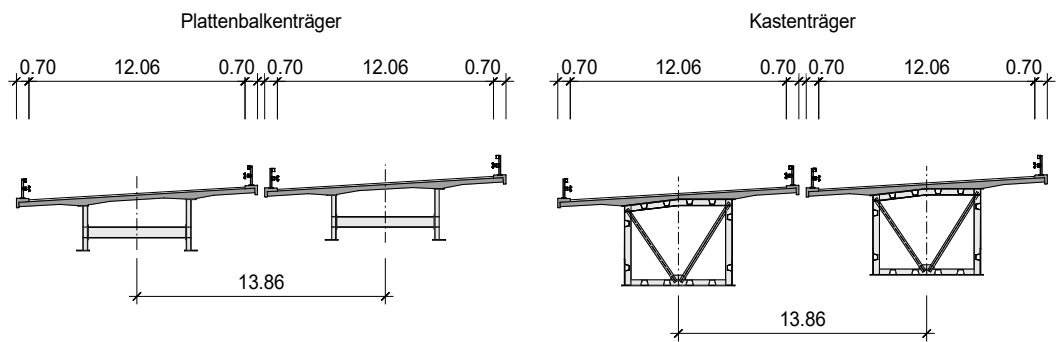
Die vollwandigen Stahlbetonpfeiler besitzen eine Höhe von 4.50 m bis 96.54 m.

Jedes Bauwerk ist schwimmend gelagert und wird in Längsrichtung durch die fixen Lager stabilisiert, die an den Pfeilern Nr. 5 bis 13 angeordnet sind. Die Pfeiler 1 bis 4 und 14 sowie die Widerlager sind mit in Längsrichtung beweglichen Lager ausgestattet. In Querrichtung wird das Bauwerk an jedem Pfeiler durch ein oder zwei feste Lager gehalten.

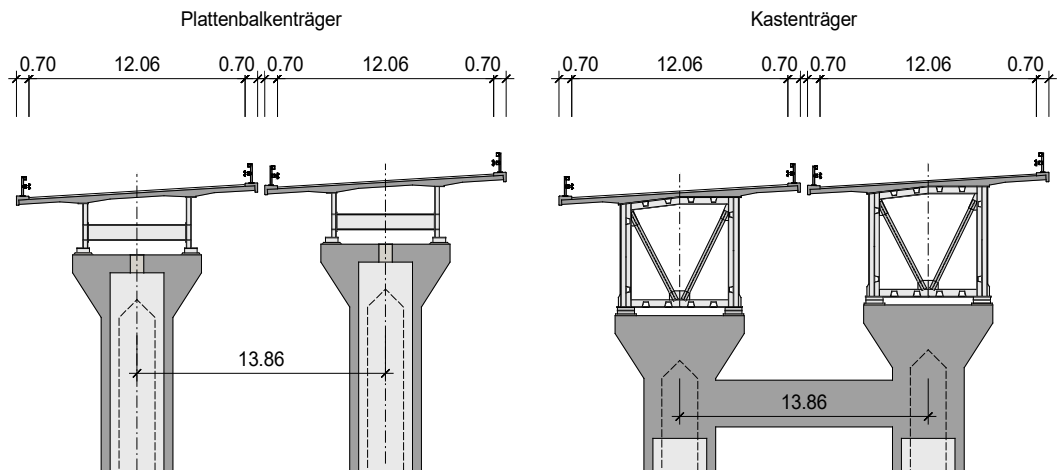
## Details und Photos



## Längsschnitt



## Feldquerschnitt



## Pfeilerquerschnitt



*Taktschiebeverfahren Stahlkasten\**



*Vorbauschnabel\**



*Kranmontage Plattenbalken\**



*Übergang Kasten - Stahlträger\**



*Querträger\**



*Stahlträger beim Widerlager\**

*\*) Photo de l'IBETON EPFL*





*Ansicht*



*Plattenbalken*



*Plattenbalken*



*Kastenträger*



*Auflager*

### **Projektspezifische Aspekte:**

- *Wahl des Querschnitts:*  
Die grosse Hauptspannweite, die im Taktschiebeverfahren erstellt wurde, besitzt einen geschlossenen Stahlkastenquerschnitt. Die anschliessenden Vorlandbrücken hingegen besitzen einen offenen zweistegigen Plattenbalkenquerschnitt. Dieser Querschnittswechsel ermöglichte eine einfachere Montage mittels Pneukranen.
- *Taktschiebeverfahren:*  
Die Überquerung der grossen Hauptspannweiten von 130 m in über 96 m Höhe über dem Talboden erfolgte mittels dem Taktschiebeverfahren. Aus Gründen der Torsionssteifigkeit wurde daher in diesem Bereich ein geschlossener Kastenquerschnitt gewählt. Infolge der grossen Spannweite ergab sich am Kragarmende beim Einschieben eine Durchbiegung von ca. 6.5 m beim Pfeiler. Der Vorbauschub musste daher direkt vor dem Pfeiler um ca. 6.5m mit Pressen angehoben werden.

## 7.8 N01 Bareggbrücke



### **Daten:**

<i>Bauherr:</i>	ASTRA
<i>Bauingenieur:</i>	Ingenieurgemeinschaft Bänziger Partner AG und DIC SA
<i>Unternehmung:</i>	Rothpletz Lienhard AG und Zwahlen & Mayr SA
<i>Bauzeit:</i>	2000
<i>Ort:</i>	Baden - Dättwil (AG)

### **Technische Daten:**

<i>Querschnitt:</i>	Dreieckförmiges räumliches Rohrfachwerk aus korrosionsgeschütztem Baustahl mit vorfabrizierten Fahrbahnplattenelementen aus Spannbeton
<i>Gesamtlänge:</i>	204.96 m
<i>Spannweite:</i>	25.62 m – 4 x 38.43 – m – 25.62 m
<i>Fahrbahnbreite:</i>	15.50 m
<i>l/h:</i>	10
<i>Fläche:</i>	3'177 m <sup>2</sup>
<i>Baustahl:</i>	FeE 355-D
<i>Tonnage:</i>	373 t

## Beschreibung

Die Brücke ist als Durchlaufträger in Verbundbauweise mit Rohrfachwerk konzipiert. Die Spannweiten sind ein Vielfaches von 4.27 m und betragen, 25.62 m – 4 x 38.43 m – 25.62 m, was eine Gesamtlänge von 204.96 m ergibt. Die Gesamtbreite der Brücke beträgt 16.60 m. Im Grundriss liegt die Brücke in einer Geraden. Das Quergefälle beträgt 2.50 % gegen die Südseite (Überholspur). Die Standspur weist 2.50 % Gegengefälle Richtung Norden auf. Das Längsgefälle vom Widerlager West Richtung Widerlager Ost beträgt ca. 1 %.

Der Überbau besteht aus einem räumlichen Rohrfachwerk, das mit der längs und quer vorgespannten Betonfahrbahnplatte in Verbund steht.

Die Trägerhöhe misst insgesamt 4.0 m. Das im Querschnitt dreieckige Rohrfachwerk ist 3.6 m hoch und 4.7 m breit.

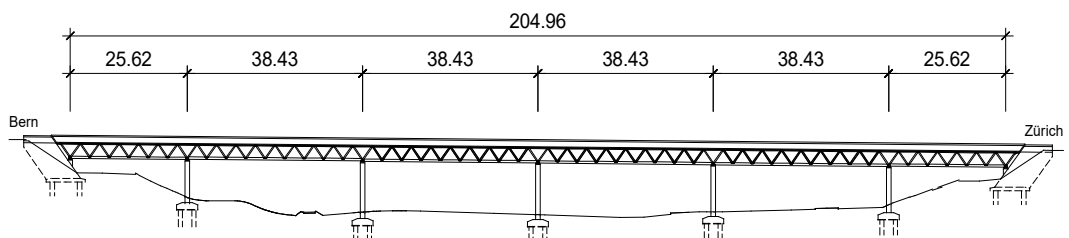
Die Fahrbahnplatte wurde mit vorgefertigten Betonelementen in Segmentbauweise hergestellt. Sie ist in Quer- und Längsrichtung vorgespannt. Die einzelnen Elementplatten besitzen eine Länge von 2.13 m und eine Breite von 15.9 m. Die mittlere Dicke beträgt ca. 38 cm, was ein Elementgewicht von ca. 32 t ergibt. Die Elemente werden auf der Baustelle mit Epoxy zusammengeklebt, so dass eine durchgehende Fahrbahnplatte entsteht.

An beiden Brückenden besteht die Fahrbahnplatte aus Ort beton, um die Endverankerung der Längsvorspannung der Fahrbahnplatte sicher zu stellen.

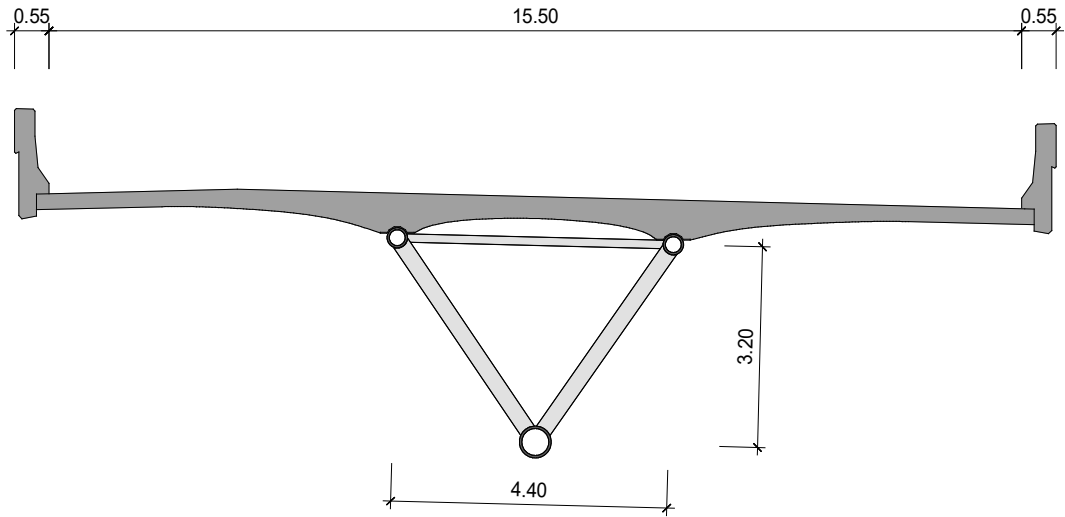
Nach dem Vorspannen der Längsvorspannung wird die Verbundschweissung zwischen Stahlfachwerk und der Fahrbahnplatte hergestellt.

In Längsrichtung besteht die definitive Vorspannung aus 22 Kabeln mit je 7 Monolitzen 0.6“ ohne Verbund, die in einem Hüllrohr aus PT-Plus gebündelt geführt sind. Jede Monolitze ist gefettet und mit zwei PE-Schutzschichten versehen. Der Hohlraum zwischen Monolitze und Hüllrohr wurde mit Injektionsgut ausinjiziert. In Querrichtung ist ca. alle 55 cm ein Kabel mit 4 Litzen 0.6“ in Verbund vorhanden.

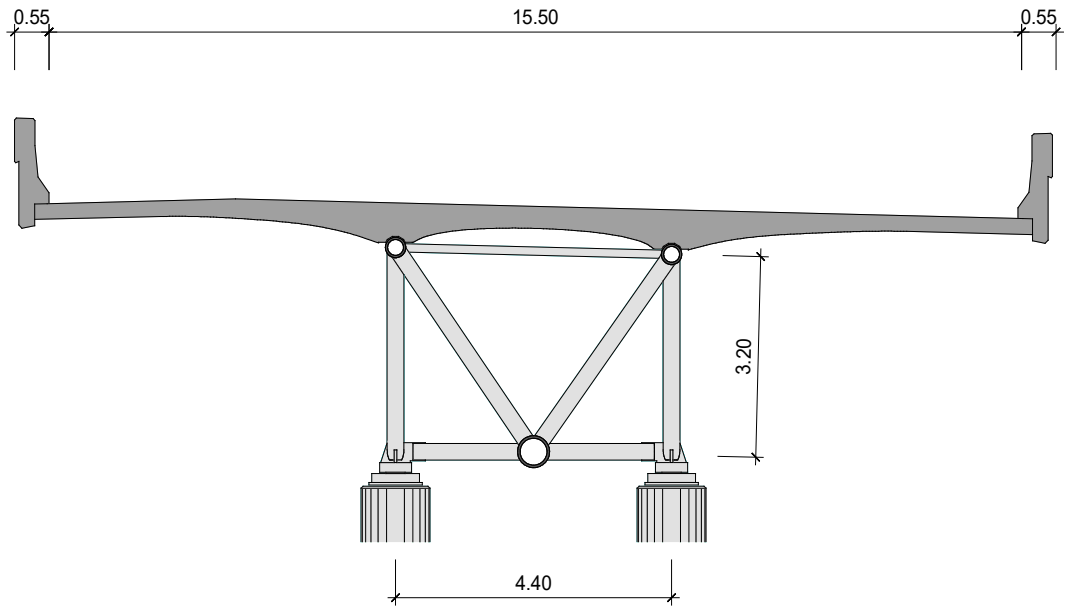
## Details und Photos



### Längsschnitt



*Feldquerschnitt*



*Pfeilerquerschnitt*



*Querschnitt mit Windverband*



*Verbunddübel beim Widerlager*



*Lagerknoten*



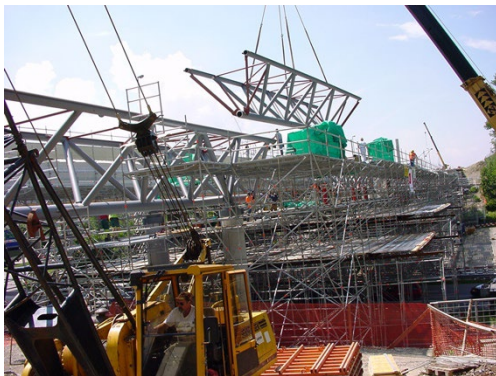
*Untergurtknoten*



*Widerlager*



*Montage Stahlfachwerk mit Pneukran*



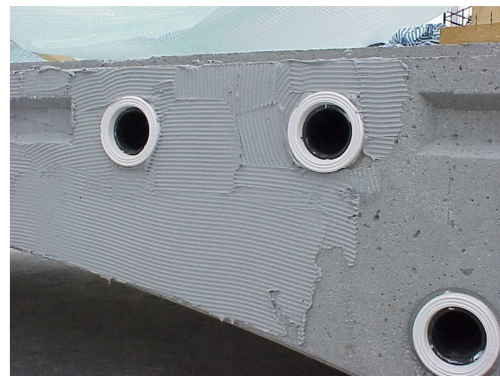
*Montage Stahlfachwerk mit Pneukran*



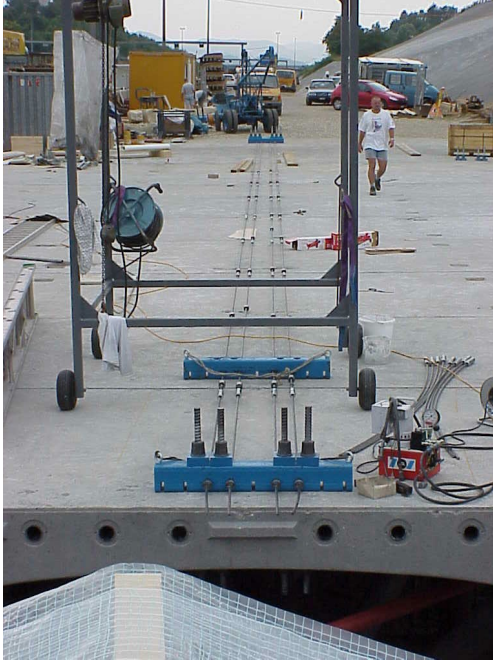
*Montage Fahrbahnplatte mit Pneukran*



*Montage Fahrbahnplatte mit Pneukran*



*Epoxykleber*



*Zusammenspannen der Elemente*



*Montage der Fahrbahnplatte*

**Projektspezifische Aspekte:**

- **Kurze Bauzeit:**  
Das Verlegen der Fabrikation und Herstellung des Stahlträgers und der Fahrbahnplatte in werkseigene Produktionsstätten, und die Möglichkeit unabhängig vom Baufortschritt zu produzieren, ermöglichte eine sehr kurze Bauzeit der Brücke. Die gesamte Bauzeit inklusive der Erstellung der Pfahlfundationen betrug nur 8 Monate.



## 7.9 N01 PS Relais de Bavois



### **Daten:**

<i>Bauherr:</i>	ASTRA
<i>Bauingenieur:</i>	Perret-Gentil SA
<i>Unternehmung:</i>	Konsortium Grisoni-Zaugg, Frutiger, Deneriaz, Camadonna und Zwahlen & Mayr SA
<i>Bauzeit:</i>	2002
<i>Ort:</i>	Bavois (VD)

### **Technische Daten:**

<i>Querschnitt:</i>	Plattenbalken aus korrosionsgeschütztem Baustahl mit Fahrbahnplatte aus Stahlbeton
<i>Gesamtlänge:</i>	50.00 m
<i>Spannweite:</i>	26.44 und 23.56 m
<i>Fahrbahnbreite:</i>	9.30 m
<i>l/h:</i>	16
<i>Fläche:</i>	465 m <sup>2</sup>
<i>Baustahl:</i>	FeE 355-D für Länsträger und FeE 355-C für Querträger und Steifen
<i>Tonnage:</i>	25 t

## Beschreibung

Die Brücke ist ein zweifeldriger Durchlaufträger mit Spannweiten von 26.44 m und 23.56 m. Sie überquert die Autobahn ca. 50 Grad schräg zur Achse der Nationalstrasse. Die Längsneigung beträgt 0.8 %. Die Querneigung beträgt 2.5%. Die 7.00 m breite Fahrbahn (2 Fahrspuren) wird auf einer Seite durch einen 1.65 m breiten Gehweg und auf der anderen Seite durch einen 0.65 m breiten Dienstweg ergänzt.

Die Fahrbahnplatte besteht aus einer Verbundkonstruktion mit einer konstanten Trägerhöhe von 1.20 m, mit zwei Hauptträgern im Abstand von 5.40 m.

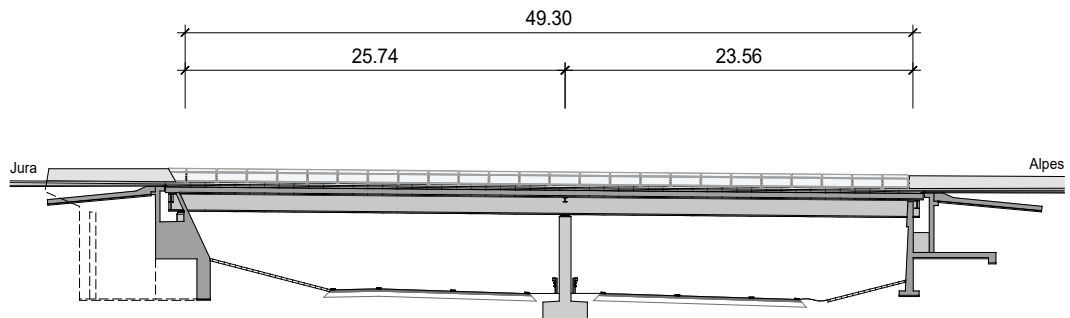
Die Brückenplatte besteht aus vorgefertigten, vorgespannten und gerippten Platten als verlorene Schalung, welche durch eine Ortbeton-Schicht verbunden werden. Die Dicke der Platte variiert zwischen 25 cm und 38 cm.

Die Verbindung zwischen der Fahrbahnplatte und den Stahlträgern erfolgt durch Kopfbolzendübel, die in einzelnen Nischen angeordnet sind.

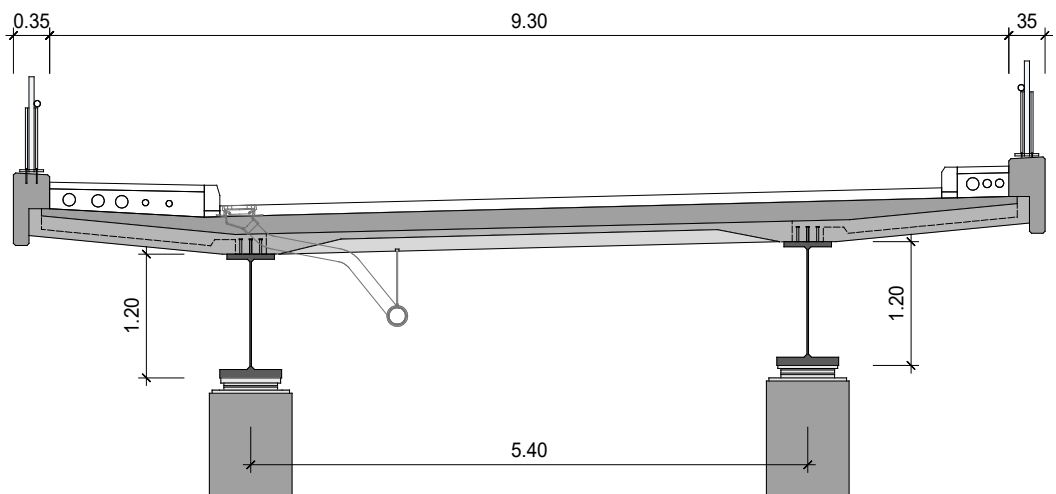
Die Brücke ist flach auf der anstehenden Molasse fundiert.

Die Stahlträger wurden jeweils in 2 Teilen mittels eines Pneuokrans und mithilfe einer Zwischenabstützung versetzt und zusammengesweisst. Das versetzen der Fertigteilelemente erfolgte ebenfalls mittels Pneuokrane. Die Ergänzung mit Ortbeton konnte danach ohne Behinderung des Nationalstrassenverkehrs erfolgen.

## Details und Photos



### Längsschnitt



### Pfeilerquerschnitt



*Untersicht Träger*



*Lager*

**Projektspezifische Aspekte:**

- *Herstellung der Fahrbahnplatte:*  
Um die Beeinflussung des Nationalstrassenverkehrs so klein wie nur möglich zu gestalten, wurden als Schalung für den Ortbeton vorgefertigte vorgespannte Stahlbetonelemente verwendet. Diese Elemente besitzen Rippen, in denen die Quervorspannung verläuft. Die Vorspannung wurde im Werk hergestellt. Die Elemente besaßen beim Versetzen der Elemente seitliche Absturzsicherungen. Der Ortbeton wurde ohne Behinderung des Nationalstrassenverkehrs eingebracht.

## 7.10 N05 Viaduc du Landeron Ouest



### **Daten:**

<i>Bauherr:</i>	ASTRA
<i>Bauingenieur:</i>	Ingenieurbüro R. Fietz, Zürich und Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey
<i>Unternehmung:</i>	Stahlbauunternehmung: Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey
<i>Bauzeit:</i>	1972-1975
<i>Ort:</i>	Le Landeron (NE)

### **Technische Daten:**

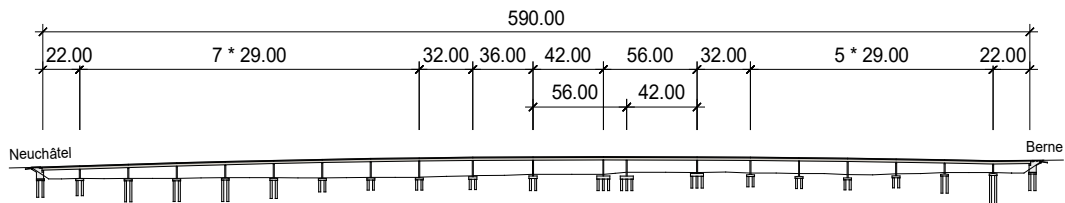
<i>Querschnitt:</i>	Kastenträger aus korrosionsgeschütztem Baustahl mit Fahrbahnplatte aus Stahlbeton
<i>Gesamtlänge:</i>	590.00 m
<i>Spannweite:</i>	22.00 m – 7 x 29.00 m – 32.00 m – 36.00 m – 42.00 m – 56.00 m – 32.00 m – 5 x 29.00 m – 22.00 m
<i>Fahrbahnbreite:</i>	16.20 m
<i>l/h:</i>	25.5
<i>Fläche:</i>	9'558 m <sup>2</sup>
<i>Baustahl:</i>	AC 36/52 FeE355 und AC 43/57 FeE430 für die Kastenträger
<i>Tonnage:</i>	680 t

## Beschreibung

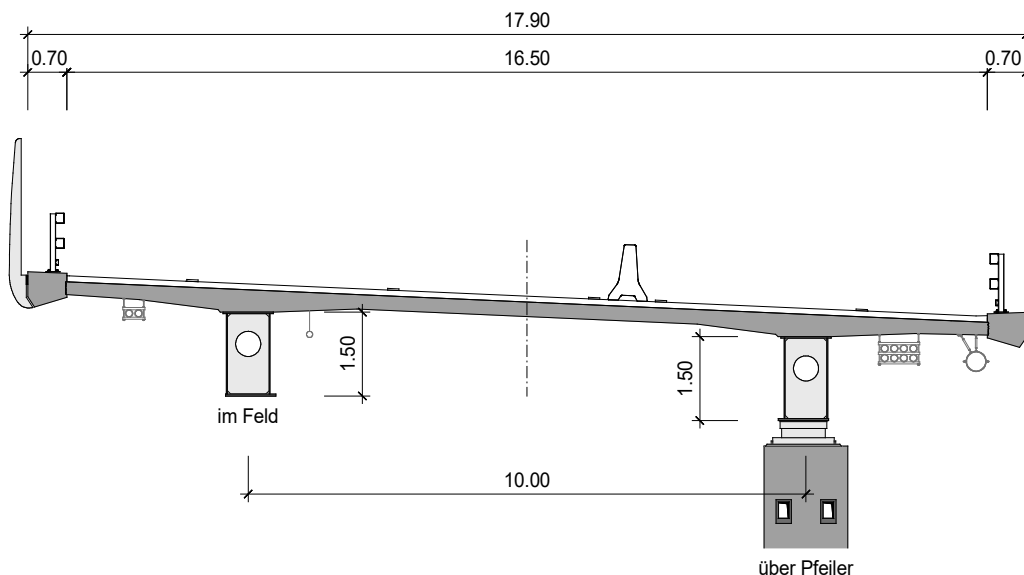
Das Viadukt Landeron-West ist eine Stahl-Beton-Verbundbrücke. Die Längsträger bestehen aus zwei 10 m voneinander entfernten Stahlkästen, die eine 17.5 m breite Fahrbahnplatte aus Stahlbeton tragen. Das Viadukt besteht aus zwei geraden Abschnitten mit regelmässigen Spannweiten von  $L = 29$  m, während der mittlere Teil die Kantonsstrasse und die SBB-Gleise in einer Kurve mit einem Radius von  $R = 450$  m überspannt und seine Spannweite auf 56 m erhöht. Es handelt sich um eine schwimmende Brücke, die auf 11 der 18 Pfeiler stabilisiert ist. Die stabilisierenden Pfeiler (5 bis 15) befinden sich in der Mitte des Bauwerks. In Querrichtung wird die Stabilität durch jedes Paar der Pfeiler gewährleistet, die zusammen mit der Fahrbahnplatte einen selbststabilisierenden Rahmen bilden. Die Pfeiler 5 bis 15 sind fest gelagert, während die restlichen Pfeiler und die Widerlager beweglich gelagert sind.

Die Stahlkästen, die die Fahrbahnplatte tragen, haben einen Abstand von 10 m. Sie bestehen in den Standardfeldern aus FeE 355 und in den Auflagerbereichen der grossen Felder aus FeE 430. Im Bereich der grossen Spannweiten, auf einer Länge von 76 m, wird die Breite der Stahlkästen von 900 auf 1300 mm erhöht. Die Verbindung zwischen den Stahlkästen und der Fahrbahnplatte wird durch geschweisste Kopfbolzendübel hergestellt.

## Details und Photos



## Längsschnitt



## Feld- und Pfeilerquerschnitt



*Ansicht*



*Kastenträger und Fahrbahnplatte*

### **Projektspezifische Aspekte:**

- *Plattenbalken ohne Querträger:*  
Das Besondere an dieser Plattenbalken-Verbundbrücke ist, dass es keine Querträger zwischen den Stahlkästen gibt, auch nicht im Auflagerbereich. Die Stabilität wird durch die Torsionssteifigkeit der Stahlkästen erreicht.
- *Stahlkasten:*  
Da die Stahlkästen im inneren keinen Korrosionsschutz besitzen, wurden sie luftdicht verschweisst. Eine Kontrolle des Zustandes der Stahlkästen im Inneren zeigte, dass keine Korrosion erfolgte und die Verschweissung erfolgreich war.

## Glossar

<b>Begriff</b>	<b>Bedeutung</b>
CEN	Europäisches Komitee für Normung (CEN)
EN	Europäische Norm
ISO	International Organization for Standardization
SBB	Schweizerische Bundesbahnen
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
SN	Schweizer Norm (SN)
SZS	Stahlbau Zentrum Schweiz
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

## Literaturverzeichnis

### Weisungen, Richtlinien und Fachhandbücher des ASTRA

- [1] ASTRA 12001 „Projektierung und Ausführung von Kunstbauten der Nationalstrassen (2005)“, [www.astra.admin.ch](http://www.astra.admin.ch).
- [2] ASTRA 12004 „Konstruktive Einzelheiten von Brücken (2020)“, [www.astra.admin.ch](http://www.astra.admin.ch).
- [3] ASTRA 22001 „Fachhandbuch Kunstbauten“, [www.astra.admin.ch](http://www.astra.admin.ch).
- [4] ASTRA 22001-14420 „Technisches Merkblatt Bauteile - Korrosionsschutz“, [www.astra.admin.ch](http://www.astra.admin.ch).

### Normen

- [5] ISO 12944, „Beschichtungsstoffe (2018)“.
- [6] EN 1090-1, „Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken - Teil 1: Konformitätsnachweisverfahren für tragende Bauteile (2011)“.
- [7] EN 1090-2, „Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken - Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken (2011)“.
- [8] prEN1994-1-1 „Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings (2021)“.
- [9] EN 10025-5, „Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen - Teil 5: Technische Lieferbedingungen für wetterfeste Baustähle (2019)“.
- [10] ASTM A490M-12, „Standard specifications for high-strength steel bolts, classes 10.9 and 10.9.3, for structural steel joints, ASTM international (2012)“.
- [11] SIA 262, „Betonbau (2013)“.
- [12] SIA 262/1, „Betonbau – Ergänzende Festlegungen (2013)“.
- [13] SIA 263, „Stahlbau (2013)“.
- [14] SIA 263/1, „Stahlbau - Ergänzende Festlegungen (2013)“.
- [15] SIA 264, „Stahl–Beton–Verbundbau (2014)“.
- [16] SIA 264/1, „Stahl–Beton–Verbundbau - Ergänzende Festlegungen (2014)“.

### Dokumentation / Berichte

- [17] *Lebet, J.-P., Hirt, M. (2009)*, „Ponts en acier“, EPFL Lausanne, Traité de Génie Civil, Volume 12.
- [18] *Hanswille, G., Stranghöner, N. (2003)*, „Leitfaden zum DIN-Fachbericht 104 Verbundbrücken“, Berlin, Ernst & Sohn.
- [19] *Hoischen, A. (1955)*, „Die praktische Berechnung von Verbundträgern“, Stuttgart, Konrad Wittwer.
- [20] *SETRA. (2010)*, „Guide ponts mixtes acier-béton“.
- [21] *Chabrolin, B. (2011)*, „MIKTI, Steel-concrete bridges, a guide for novel structures“, Press des Ponts.
- [22] *Papastergiou, D. (2012)*, „Connections by Adhesion, Interlocking and Friction for Steel-Concrete Composite Bridges under Static and Cyclic Loading“ [Dissertation]. EPFL Lausanne, N° 5301
- [23] *SBB. (2021)*, „Projektierungsassistent Ingenieurbau - Brücken“.
- [24] *Darden, W. (2012)*, „Ultra-Weatherable Fluoropolymer Coatings for Bridges“, Maintenance and Roadway Operations Workshop, Kansas City, USA.
- [25] *Darden, W. (2018)*, „Toward a 100-year bridge coating system: Bridge topcoats in Japan“, World Steel Bridge Symposium, Baltimore, USA.
- [26] *SZS. (2021)*, „Oberflächenschutz für Stahlkonstruktionen – Konzeption & Submission“.
- [27] *Lebet, J.-P., Lang, T.P. (2001)*, „Brücken aus wetterfestem Stahl“, ASTRA, Forschungsprojekt AGB 1998/437, Dokumentation VSS No. 562.
- [28] *Cerema. (2015)*, „Aciers autopatinables –Recommandations pour leur utilisation en structure des ponts et passerelles“.
- [29] *ewp. (2018)*, „Materialtechnische Überwachung A01 / 34 Spreitenbach – Wettingen Ost, Lehnviadukt über Limmat, Killwangen“, ASTRA, interner Bericht.



- 
- [30] *Nussbaumer, A. (2018) „Fatigue Design of Steel and Composite Structures “*, 2<sup>nd</sup> Edition, Berlin, ECCS – European Convention for Constructional Steelwork.
- 
- [31] *ASTRA Dokumentation 82022. (2023) „UHFB für die Erhaltung und den Bau von Kunstbauten der Strasseninfrastruktur “*.
-



## Auflistung der Änderungen

Ausgabe	Version	Datum	Änderungen
2024	1.01	18.01.2024	Redaktionelle Anpassungen im Rahmen der Übersetzung in Französisch
2022	1.00	30.11.2022	Inkrafttreten Ausgabe 2022

