

Pflichtenheft Stahlverbundbauweise

Handbuch für die Planung und den Bau von Straßenbrücken



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Vorwort	4
 1. Entscheidungskriterien für ein Verbundbauwerk	12
1.1 Allgemeines	12
1.2 Eigenschaften der Stahlverbundbrücken	15
1.3 Entscheidungskriterien für den Einsatz von Stahlverbundbrücken	16
1.4 Technische Bewertungskriterien	18
1.5 Bewertungskriterium Nachhaltigkeit, Betrachtung der Lebenszykluskosten	23
1.6 Zusammenfassung des Gutachtens „Bewertung von Bauverfahren für Stahlverbundbrücken“	26
1.7 Kennzahlen zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit von Stahlverbundbrücken	29
1.8 Leitlinie zur Aufstellung und Bewertung der Kosten	33
 2. Bauwerksentwurf	43
2.1 Konstruktive Randbedingungen	43
2.2 Montageverfahren	48
2.3 Bauverfahren Herstellung der Verbundplatte	50
2.4 Werkstoffe	52
2.5 Lastannahmen	58
2.6 Statische Berechnung einer Verbundbrücke	63
2.7 Verformungen	79
2.8 Gestaltung und Konstruktive Durchbildung des Bauwerkes (Überbau)	80
2.9 Zweckmäßige Wahl der Plattendicken bei Fahrbahnplatten	84
2.10 Abbruch und Erneuerung der Fahrbahnplatte	89
2.11 Verbundkonstruktionen mit Fertigteillösungen	90
2.12 Korrosionsschutzgerechtes Konstruieren	102
2.13 Erläuterungsbericht	122

-  = Planen
-  = Bauen
-  = Bauüberwachung

3. Bauvorbereitung	132	
3.1 Muster einer Baubeschreibung	132	
3.2 Muster für verbundbauspezifische LV-Positionen	164	
3.3 Abrechnung	166	
3.4 Bauzeitenpläne	167	
4. Bauausführung	169	
4.1 Überbau - Stahl	169	
4.2 Montageverfahren	172	
4.3 Überbau - Verbundplatte	178	
5. Bauüberwachung, Sonderleistungen	188	
5.1 Was ist bei Änderungen gegenüber dem Entwurf, bzw. der Ausschreibung zu beachten?	188	
5.2 Bauüberwachung, M - BÜ - ING	190	
5.3 Fertigungsüberwachung/Qualitätssicherung	200	
5.4 Beispiel eines Leistungsverzeichnisses zum Thema Fertigungsarbeit	210	
6. Wartung, Unterhaltung, Bauwerksprüfung	213	
6.1 Allgemein	213	
7. Verzeichnis der Anlagen	215	
Anlage 1 Literatur zu Verbundbrücken Teil 1	217	
Anlage 2 Literatur zu Verbundbrücken Teil 2	228	
Anlage 3 Literatur zu Verbundbrücken Teil 3	230	
Anlage 4 Aktueller Stand der Normung	232	
Abbildungsverzeichnis	234	
Impressum	239	

Vorwort

Die zentrale Idee, biegesteife Querschnittsteile aus Stahl und Beton entsprechend den Werkstoffstärken zu einem Querschnitt zusammenzufügen ist älter wie das Bauen mit Stahlbeton. Einen ersten Versuch, die beiden Elemente Profilstahl und Eisenbetondecke für einen gemeinsamen Lastabtrag zu verbinden, unternahmen englische Ingenieure bereits kurz nachdem Doppel-T-Profile gerollt oder nietbar waren. Erfolgreich waren die „feuerfesten“ Decken von Henry Hawes Fox, patentiert 1844 und vertrieben von James Barrett, mit guss- oder ab ca. 1851 schweißeisernen L- oder doppel T-Trägern. Fox verlagerte die eisernen Träger in die Zugzone der Deckenkonstruktion, teilweise außerhalb des Deckenbetons. Bekannt ist die Verbunddecke des Maschinenbauingenieur William E. Ward in seinem Haus, 1873 (Bilder 01a und 01b).



Bild 01a: Ward's Folly, 1873

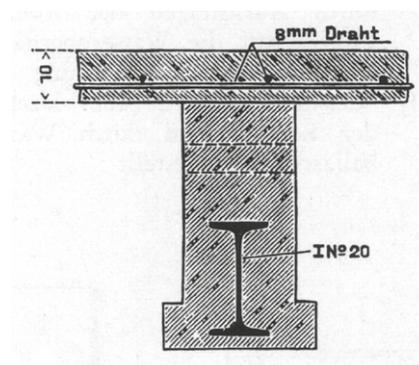


Bild 01b: Querschnitt der Deckenkonstruktion des Wohnhauses von William E. Ward

Die ersten erfolgreichen Eisenbetonbrücken waren zugleich Vorläufer des Stahlverbundbrückenbaus. Joseph Melan (1853-1941) entwickelte Bogenbrücken mit einer eisernen Bewehrung aus biegesteifen Fachwerken, denen er häufig die abzutragenden Lasten zugeordnete (Bild 02).



Bild 02: Schwimmschulbrücke in Graz von Joseph Melan, 1898

Noch in der Idee verfangen über Reibung die Kräfte vom Stahl auf den Beton übertragen zu können, entstand 1914 am Vierwaldstättersee die erste Stahlverbunddeckbrücke (Bild 03a).



Bild 03a: Achereggbrücke am Vierwaldstättersee, 1914

Der entwerfenden Schweizer Ingenieur Arthur Rohn (1877-1956) wies erstmals dem Eisenbetonobergurt gemäß seiner Steifigkeit einen Anteil der Verkehrslast zu (Bild 03b).

Vorwort

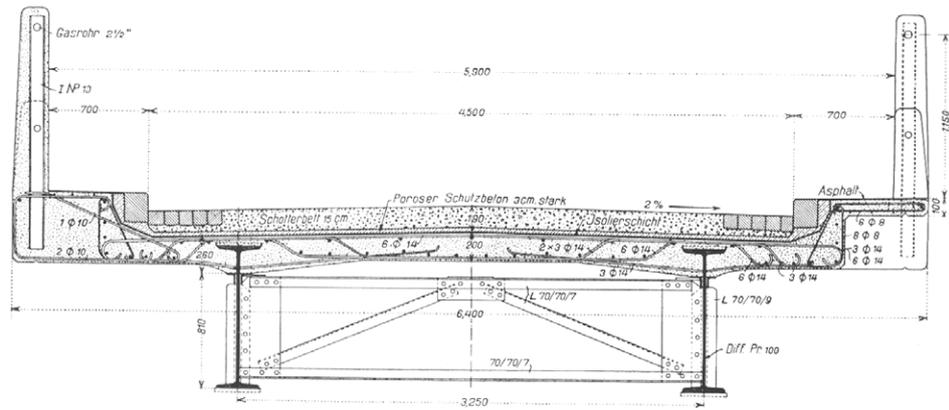


Bild 03b: Querschnitt der Achereggbücke

In rund zwanzigjähriger Forschung reifte die Erkenntnis, dass zum gemeinsamen Lastabtrag von Profilstahl und Eisenbetonplatte eine schubfeste, stahlbaummäßige Verdübelung der beiden Bauteile erforderlich war. Um 1936 entstanden die ersten modernen Stahlverbundbalkenbrücken (Bild 04).

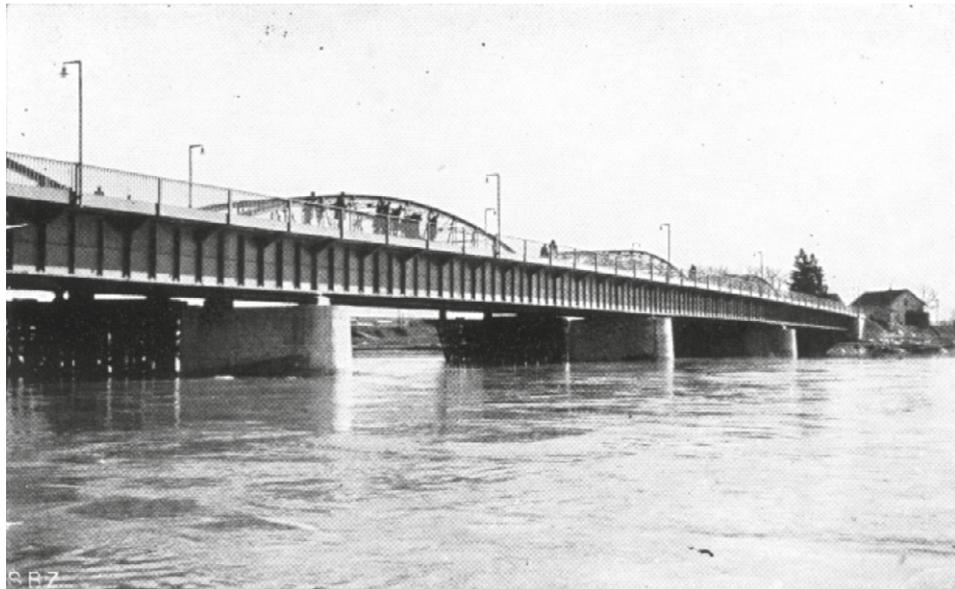


Bild 04: Willerzellviadukt am Sihlsee, 1936

Vorwort

Gleich der Spannbetonbauweise wurde die Entwicklung durch den zweiten Weltkrieg unterbrochen. In der Zeit zwischen 1950 und 1965 - der Spannbeton entwickelte noch seine rationellen Bauweisen - war die Stahlverbundweise durchaus erfolgreich (Bild 05).



Bild 05: Friedensbrücke Frankfurt, 1951

Die Krise des Stahlbrückenbaus und damit der alten, großen Brückenbauanstalten wie MAN oder Demag, vormals Harkort, ein fehlendes, modernes Projektmanagement und die Theorieelastigkeit des Stahlverbundbrückenbaus, die ihm - zu Unrecht - den Ruf einer „Geheimwissenschaft“ einbrachte und den Anwenderkreis auf einen „exklusiven“ Expertenkreis schrumpfen ließ, führten dazu, dass die Stahlverbundbauweise um 1970 für den Brückenbau nahezu bedeutungslos geworden war (Bild 06) [1].

71.01. H39. 297.



Bild 06: Lahnbrücke Eselswiese im Zuge der B429, 1971

Irritiert von der Monopolstellung und erster auftkommender Schäden der Spannbetonbauweise, veranlasste um 1980 das staatliche, technisches Beratungsbüro für die Straßen- und Autobahnen Frankreichs (S.E.T.R.A.) und rund 10 Jahre später den damaligen Referatsleiter Brücken- und Ingenieurbau im Bundesministerium für Verkehr F. Standfuß eine Wiederaufnahme des Stahlverbundbrückenbaus. Ein Innovationschub für die Bauweise folgte. Die Erfolge des französischen Stahlverbundbrückenbaus, der ab Spannweiten von 40 m einen Marktanteil von rund 50% besitzt, ließen sich trotz der Systemvorteile des Stahlverbundbrückenbaus in Deutschland nicht wiederholen.

Was lässt den Stahlverbund für den Bauherrn interessant werden?

Die Hessische Straßen- und Verkehrsverwaltung (HSVV) als Auftragsverwaltung der Bauherrn Bund, Land Hessen und der Hessischen Kreise trägt die Verantwortung für eine Straßeninfrastruktur von rund 15.500 km Straßen in deren Zuge ca. 7.000 Brücken liegen.

Die grundlegenden Leitziele der HSVV - Sicherstellung der Mobilität der Bürger bei effizientem Mitteleinsatz - ergeben vier Grundanforderungen an Konstruktive Ingenieurbauwerke:

- 1. Ganzheitlichkeit:** Konstruktive Ingenieurbauwerke, obwohl singuläre Punkte mit hohem Spezialisierungsgrad, sind Teil des Gesamtbauwerks „Straße“.
- 2. Kundenorientierung:** Jedes einzelne Bauteil des Gesamtbauwerks „Straße“ unterliegt der Grundforderung „Sicherstellung der Mobilität“.
- 3. Kostenbewusstsein:** Der Fokus richtet sich auf die Phase der Nutzung, denn nicht Baukosten sondern Gesamtkosten sind der Maßstab.
- 4. Anlagevermögen:** Straßenbauverwaltungen sind Sachverwalter der Bauherrn Bund. Land oder der Kreise.

Die technischen Vorteile der Stahlverbundbrücken verknüpfen sich Idealerweise mit den, aus den Leitziele des HSVV abgeleiteten, Grundanforderungen an moderne Brückenbauwerke.

Wesentliche Vorteile der Stahlverbundbauweise aus Sicht des Bauherrn sind:

- Hohe Lebensdauer bei hoher Dauerhaftigkeit
- Gezielte Reserven bei Überlastungen
- Geringer Unterhaltungsaufwand
- Kürzere Bau- und Instandsetzungszeiten
- Hohe Qualität durch werkstattmäßige Vorfertigung
- Gezielte Prüfbarkeit, da alle Tragelemente frei zugänglich
- Gezielte Instandsetzungen und Verstärkungen von Bauteilen
- Möglicher Ersatz von Tragelementen unter Verkehr bei geringstmöglicher Verkehrseinschränkung und kurzen Bauzeiten

Das vorliegende Heft der Schriftenreihe der Hessischen Straßen- und Verkehrsverwaltung gibt dem entwerfenden Ingenieur aber insbesondere dem Projektingenieur der Bauvorbereitung und Baudurchführung konkrete Hilfen an die Hand. Praxisorientiert führt es den Projektingenieur schrittweise zur erfolgreichen Umsetzung von Projekten mit Stahlverbundbrücken. Wunsch der Verfasser ist es, den Stahlverbundbrückenbau aus der Ecke des Spezial- und „Geheimwissens“ zu herauszuholen, um so die Scheu vor den Besonderheiten der Bauweise zu nehmen.



Bild 07: Talbrücke Münchholzhausen im Zuge der A45

Der Leitfaden für die Planung und den Bau von Straßenbrücken in Stahlverbundbauweise ist entstanden im partnerschaftlichem Miteinander von beratendem Ingenieur - der schömigplan Ingenieurgesellschaft, Kleinostheim - und öffentlicher Straßenbauverwaltung, vertreten durch das Hess. Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen. Nach dem Entwurfsheft zur integralen Bauweise ist es der nächste Schritt, bauwissenschaftlichen Erkenntnisse praxisorientiert dem vor Ort tätigen Projektgenieur bereitzustellen.

Wiesbaden, Frühjahr 2004 Eberhard Pelke

Vorwort zur 3. Auflage

Mehr als 10 Jahre sind vergangen und das Stahlbaupflichtenheft ist nun in seiner dritten Auflage fortgeschrieben worden. Im Wesentlichen konzentrierten sich die Autoren aber auf die Anpassung an das aktuelle Regelwerk konzentrieren, was für Erfolg und Qualität des ursprünglichen Werkes spricht.

Die Hess. Straßenbauverwaltung, nunmehr Hessen Mobil, unterstützt durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, hat umfangreiche Anstrengungen unternommen, dieser Bauweise zu helfen. So entstehen etliche Großbrücken im Zuge der A 45 und im Bereich des Darmstädter Kreuzes in dieser Bauweise. Bei der, ebenfalls durch Hessen Mobil geförderten, stützenfreien integralen Bauweise, wird der Systemvorteil des Stahlverbundes gerne genutzt.

Vorwort

Dennoch ist der Stahlverbund eine „Auftraggeberbauweise“ geblieben. Manchem Bauüberwacher erfüllt es mit Sorge, die Spannungen innerhalb einer Stahlverbund-ARGE auf der Baustelle beobachten zu müssen. Das Statement Gerhard Freudenbergs [2], technischer Leiter der Rheinstahl Union Brückenbau und später Schäfer Stahlbau, um 1975, der Verbund könne nur wirtschaftlich bleiben bei Minimierung von Schweißnahtvolumen und Herstellungskosten, scheint im Vergleich zum internationalen Brückenbau noch immer an der Detailverliebtheit des deutschen Ingenieurs zu scheitern. So kann der Tonnagepreis signifikant fallen, wenn statt aufwendig ausgesteifter, luftdichtverschweißter Hohlkästen, reguläre offene T-Querschnitte zum Einsatz kommen [3].

Die Fortschreibung des Stahlbaupflichtenheftes ist ein klares Votum von Hessen Mobil für eine vermehrte Verbreitung dieser Bauweise. Es ist daher allen Verdingungsunterlagen und Ingenieurverträgen beizufügen.

Wiesbaden, Sommer 2018 Eberhard Pelke

- [1] Pelke, E.; Kurrer, K.-E.: Zur Entwicklungsgeschichte des Stahlverbundbaus. Stahlbau 85 (2016), H. 11, S. 764-780.
- [2] Hiddemann, E., Freudenberg, G.: Verkürzung der Bauzeiten bei Stahlverbundbrücken gezeigt am Beispiel der Verbundbrücke im Zuge der A 61 bei Alzey. Straße und Autobahn (1976), H. 11, S. 438-446.
- [3] Universität Stuttgart et. al.: COMBRI-Handbuch Brücken Teil II - Stand der Technik und Entwurf von Stahl- und Verbundbrücken. Stuttgart: Institut für Konstruktion und Entwurf, 2008

Download:

<https://www.uni-stuttgart.de/ke/publikationen/veroeffentlichungen/2008/index.html>



Entscheidungs- kriterien für ein Verbundbauwerk

1.

1.1

Allgemeines

Der Stahlverbundbau ist in der Hessischen Straßen- und Verkehrsverwaltung eine anerkannte und bewährte Bauweise.

In diesem Abschnitt werden zunächst die wesentlichen Eigenschaften der Stahlverbundbrücken zusammengestellt. Anschließend werden Empfehlungen für bevorzugte Anwendungsgebiete gegeben. Es bedarf für jeden Einzelfall eines Bewertungsverfahrens, das bereits in der Linienbestimmung und dem Streckenvorentwurf seine Anwendung findet.

Grundsätzlich können die in Deutschland üblichen Verbundbrückenbauweisen nach aufsteigenden Stützweiten in folgende Gruppen untergliedert werden:

Stützweitenbereich	Einsatzgebiet	Konstruktionsarten
< 40 m	<ul style="list-style-type: none">• Überführungsbauwerke als Ein- oder Zweifeldträger• Integrale Brücken	<ul style="list-style-type: none">• Deckbrücken mit Ortbetonfahrbahnplatte• Deckbrücken mit Betonfertigteilen als Schalung für den Ortbeton (z.B. Filigranplatten)• Deckbrücken mit Verbundfertigteilträgern (VFT®)• Trogbrücken mit Verbundfahrbahn• Deckbrücken als Walzträger in Beton (WIB-Bauweise)



Stützweitenbereich	Einsatzgebiet	Konstruktionsarten
40 m - 90 m	<ul style="list-style-type: none">• Talbrücken und Flussquerungen als Ein- oder Mehrfeldträger	<ul style="list-style-type: none">• Deckbrücken mit Ortbetonfahrbahnplatte• Deckbrücken mit Betonfertigteilen als Schalung für den Ortbeton (z.B. Filigranplatten)• Stabbogenbrücken mit Verbundfahrbahn• Bogenbrücken und Sprengwerke mit Verbundfahrbahn• Fachwerke mit Verbundfahrbahn
> 90 m	<ul style="list-style-type: none">• Flussquerungen	<ul style="list-style-type: none">• Deckbrücken mit Betonfahrbahnplatte• Stabbogenbrücken mit Verbundfahrbahndeck• Bogenbrücken mit Verbundfahrbahndeck• Seilverspannte Brücken mit Verbundfahrbahndeck (Schrägseilbrücken, Hängebrücken)

Bei großen Stützweiten werden die Hauptträger von Deckbrücken häufig gevoutet ausgeführt. Dabei betragen die üblichen Schlankheiten über der Stütze ca. $l / 20$ und im Feld $l / 30$.

Die Wirtschaftlichkeit einer Bauweise ist ein wesentliches Entscheidungskriterium bei der Variantenuntersuchung zum Streckenentwurf.



Wirtschaftliche Vorteile ergeben sich bei Verbundbrücken gegenüber Betonbrücken z.B. durch:

- geringere Massen in den Unterbauten und der Gründung
- weniger Unterstützungen, d.h. größere Spannweiten
- geringeres Gewicht im Überbau
- geringere Kosten im Rampenbereich, durch Reduzierung der Rampenlängen infolge der kleineren Bauhöhe
- geringeres Transportaufkommen und dadurch weniger Umweltbelastung
- eine kürzere Bauzeit auf der Baustelle durch hohen Vorfertigungsgrad
- geringeren Erhaltungsaufwand
- geringere Verkehrsbehinderung in der Bauphase (keine bzw. weniger Hilfsstützen) und damit geringere Kosten für Verkehrslenkungsmaßnahmen sowie eine höhere Verkehrssicherheit
- eine höhere Lebensdauer und die Möglichkeit von Verstärkungen und Erweiterungen z. B. durch anschweißen von Traggliedern
- die Austauschbarkeit der Fahrbahnplatte

Bei Einfeldbrücken in integraler Bauweise werden die Vorteile der Verbundbauweise besonders deutlich. Durch die parallel zu den vor Ort stattfindenden Massivbauarbeiten laufende Stahlbaufertigung lässt sich die Gesamtbauzeit auf der Baustelle deutlich verkürzen. Die Montage des Überbaus erfolgt in wenigen Tagen. Somit reduzieren sich auch die Aufwendungen für Verkehrssicherungs- und Verkehrslenkungsmaßnahmen. Dies ist vor allem bei hochfrequentierten Straßen des Bundesfernstraßennetzes oder bei Fernverkehrsstrecken der Deutschen Bahn hervorzuheben, da sich der volkswirtschaftliche Schaden durch Staubildung oder entfallene Zugverbindungen aufgrund der erforderlichen Sperrpausen minimieren lässt.

Der Wechsel von einem 2-Feldsystem in Massivbauweise zu einem integralen Einfeldsystem in Verbundbauweise bringt zusätzliche Einsparungen im Hinblick auf die Unterhaltung. Der Entfall der Mittelstütze zwischen den beiden Richtungsfahrbahnen, bedeutet auch für die Bauwerksprüfung eine Erleichterung, da auch noch die Verkehrssicherungsmaßnahmen zum Arbeiten an der Mittelunterstützung entfallen.

Durch den immer höheren Vorfertigungsgrad der Stahlbauteile unter Werkstattbedingungen und dadurch verkürzte Bauzeiten werden eine größere Genauigkeit und eine bessere Qualität erzielt. Letzteres gilt auch für den Korrosionsschutz, der bis zu 75% (bei kleineren Bauwerken auch bis zu 100 %) im Werk aufgebracht wird.

Bei ausreichender Unterhaltung muss der Korrosionsschutz erst nach etwa 25 bis 30 Jahren erneuert werden.



Alternativ kann z.B. bei stark frequentierten Verkehrswegen, i.A. bei der Überführung von Bahnanlagen, ein WT-Stahl nach DIN EN 10025-5 und DIN EN 1993-1-1:2012-12 vorgesehen werden. Nähere Informationen zur Konstruktion mit wetterfestem Baustahl sind in Kapitel 2.1.3 aufgeführt.

Durch die Möglichkeit bei Bauwerken über Verkehrswegen während der Bauphase mit weniger Hilfsstützen auszukommen, wird die Unfallgefahr stark reduziert.

Die Verkürzung der Bauzeit führt insbesondere in Strecken mit sehr hohem Verkehrsaufkommen zu deutlich reduzierten Behinderungen des Verkehrs und ist somit kundenorientiert. Der volkswirtschaftliche Vorteil einer verkürzten Bauzeit muss besonders bei verkehrsreichen Bundesautobahnen bei der Entscheidung für eine Brückenbauweise beachtet werden. Dabei kann der volkswirtschaftliche Nutzen einer kürzeren Bauzeit die Baukosten einer Brücke um ein Vielfaches übertreffen. Entsprechende Überlegungen sind in anderen Ländern, wie z.B. Schweden, üblich.

Eigenschaften der Stahlverbundbrücken

1.2

Stahlverbundbrücken zeichnen sich im Vergleich zu Stahlbeton- oder Spannbetonbrücken durch folgende Eigenschaften aus:

A. Lebensdauer

Sehr hohe Lebensdauer (> 100 Jahre) bei regelmäßiger Erneuerung des Korrosionsschutzes; Verdopplung der Lebensdauer durch Austausch der Fahrbahnplatte.

B. Gestaltung

Vielfältige Möglichkeiten zur Gestaltung der Bauwerke, z.B. durch Auflösung des Tragwerks in Fachwerk- oder Bogenkonstruktionen, farbliche Gestaltung des Korrosionsschutzes.

C. Anpassung an schwierige Gradientenvorgaben

Die schlankeren Verbundüberbauten können in der Formgebung gefällig an die Krümmungs- und Neigungsvorgaben der Trasse angepasst werden.

D. Umweltverträglichkeit, Verminderung der Verkehrs- und Umweltbelastung

Höhere Umweltverträglichkeit bereits in der Bauphase, da geringere Verkehrsbelastung durch Transporte großer Brückenteile (weniger



Planen

Entscheidungskriterien für den Einsatz von Stahlverbundbrücken

Transporte notwendig), damit auch weniger Lärm. Bei Brücken über Wasserwegen (Flüsse, Kanäle, Seegebiete) ist der besonders wirtschaftliche Transport großer Konstruktionsteile zur Baustelle auf dem Wasserweg möglich.

E. Verkehrssicherheit

Durch Reduzierung der Verkehrslenkungsmaßnahmen während der Herstellung des Überbaues werden die Verkehrsbehinderung und die Unfallgefahr deutlich reduziert.

F. Zeitsparende Montageverfahren

Durch den Verzicht auf Traggerüste ist eine Stahlbaumontage günstiger und zeitsparender. Hubmontage von kompletten Überbauteilen zum Lückenschluss (z.B. über Schifffahrtsrinnen) oder Montage des gesamten Bauwerkes durch Einschwimmen und Einschleppen.

G. Vorfertigung großer Bauteile unter Werkstattbedingungen

Ein sehr hoher Vorfertigungsgrad der Tragglieder ist in Abhängigkeit von den Möglichkeiten der Stahlbaufirma, dem Transportweg und dem Montagegerät möglich. Um die wirtschaftlichen Vorteile der Bauweise auszunutzen, werden die Bauteillängen optimiert. Transportlängen bis zu 50 m und Transportgewichte bis zu 90 Tonnen sind möglich.

H. Umbau, Verstärkung, Erweiterung

Verstärkungen, Umbaumaßnahmen und Erweiterungen (Anbau) sind an Verbundüberbauten einfacher möglich als bei Betonbauwerken.

Entscheidungskriterien für den Einsatz von Stahlverbundbrücken

Stahlverbundbrücken sind bevorzugt einzusetzen, wenn

1. die benachbarte Bebauung eine Beton- oder Spannbetonbrücke aus ästhetischen Gründen ausschließt.
2. bei einem stählernen Haupttragwerk (z.B. aus Gründen der Vereisung) keine orthotrope Platte eingesetzt werden kann.



3. man die Möglichkeit der späteren Erneuerung der Fahrbahnplatte als „Verschleißteil“ planmäßig vorsehen möchte. Durch ein späteres Erneuern der Fahrbahnplatte kann die gesamte Lebensdauer des Bauwerkes entscheidend verlängert werden.
4. es keine wirtschaftliche Möglichkeit gibt, ein Lehrgerüst zu erstellen (z.B. bei Überquerung von Autobahnen oder Bahngleisen).
5. unter Betrieb gebaut werden muss (z.B. bei Überquerung von Autobahnen oder Bahngleisen).
6. Einschwimmen von Überbauten.
7. die Bauhöhe des Überbaus aufgrund von vorhandenen Zwangspunkten (Lichttraumprofile, Anrampungen) niedrig gehalten werden muss, z.B. Stabbogenüberbauten mit Verbundfahrbahn.
8. ein leichter Überbau erforderlich wird, z.B. bei Wiederverwendung vorhandener Gründungen und Unterbauten.
9. ein bestehendes Bauwerk aus Stahl erweitert oder verstärkt werden soll.
10. bei ungünstigen Gründungsverhältnissen ein leichter torsionssteifer Überbau erforderlich ist.
11. beim Ersatz einer alten Brücke die Gradienten der anschließenden vorhandenen Straße nicht verändert werden darf und trotzdem eine größere Stützweite realisiert werden soll.
12. besonders schlechter Baugrund vorliegt und somit bei leichten Überbauten wirtschaftlichere Unterbauten und Gründungen ausgeführt werden können.
13. innerorts / innerstädtisch gebaut wird und:
 - a) wegen hoher Verkehrsbelastung möglichst schnell gebaut werden soll
 - oder b) besonders hohe gestalterische Anforderungen an das Bauwerk gestellt werden.



1.4

Technische Bewertungskriterien

In der folgenden Tabelle wird ein Bewertungsschema für die Beurteilung der Eignung der verschiedenen Bauweisen (Stahl, Stahlverbund, Beton) für konkrete Planungskriterien angegeben. Je nach Eignung der jeweiligen Bauweise werden 0-3 Punkte pro Kriterium vergeben. Die für eine spezielle Planungsaufgabe zutreffenden Kriterien werden ausgewählt und für jede Bauweise ausgewertet. Die Bauweise mit den meisten Punkten ist die für die Planungsaufgabe am besten geeignete Bauweise.

	Bewertungskriterium	Bauweise		
		Stahl	Stahl-verbund	Stahl-/Spann-beton
1.	Vereisungsgefahr der Fahrbahn, z.B. über Wasserwegen.	0	3	3
2.	Forderung nach Austauschbarkeit der Fahrbahnplatte (z.B. bei Autobahnen mit hohem LKW-Anteil)	1	3	0
3.	Erstellen eines Traggerüstes ist nicht möglich	3	3	0/1
4.	Die Herstellung muss über laufendem Verkehr erfolgen (z.B. über Bahngleisen oder Autobahnen).	3	3	0/1
5.	Der Antransport der Bauteile kann über Wasserwege erfolgen.	3	3	0
6.	Das Bauwerk soll evtl. später verbreitert oder erweitert werden.	3	2	0
7.	Es steht nur eine sehr geringe Bauhöhe zur Verfügung.	3	2	0
8.	Es liegen sehr ungünstige Gründungsverhältnisse vor (teure Gründung).	3	2	0



	Bewertungskriterium	Bauweise		
		Stahl	Stahl- verbund	Stahl-/ Spann- beton
9.	Es handelt sich um einen Ersatzneubau einer Stahl- oder Verbundbrücke, ggf. unter Beibehaltung der Unterbauten.	3	2	0
10.	Es handelt sich um ein innerstädtisches Bauwerk mit erhöhten gestalterischen Anforderungen.	3	3	0
11.	Eine verkürzte Bauzeit ergibt einen hohen volkswirtschaftlichen Nutzen durch Stauvermeidung und Verringerung der Umweltbelastung, z.B. bei Autobahnen in Ballungszentren mit sehr hohem Verkehrsaufkommen.	3	3	1-2 ⁽¹⁾
12.	Die Überbaumontage ist nur in großen Bauteilen, z.B. durch Einschwimmen bei Flußquerungen, möglich.	3	3	0

(1) Bei Spannbetonteilen mit Ortbetonergänzung

Im nachfolgenden Beispiel wird für eine innerstädtische Brücke über einen Wasserweg mit mittlerer Breite die Auswertung gemäß obiger Tabelle durchgeführt:

	Bewertungskriterium	Bauweise		
		Stahl	Stahl- verbund	Stahl-/ Spann- beton
1.	X Vereisungsgefahr der Fahrbahn, z.B. über Wasserwegen.	0	3	3



Planen

Technische Bewertungskriterien

	Bewertungskriterium	Bauweise		
		Stahl	Stahl- verbund	Stahl-/ Spann- beton
2.	Forderung nach Austauschbarkeit der Fahrbahnplatte (z.B. bei Autobahnen mit hohem LKW-Anteil)			
3.	X Erstellen eines Traggerüstes ist nicht möglich	3	3	0
4.	Die Herstellung muss über laufendem Verkehr erfolgen (z.B. über Bahngleisen oder Autobahnen).			
5.	X Der Antransport der Bauteile kann über Wasserwege erfolgen.	3	3	0
6.	X Das Bauwerk soll evtl. später verbreitert oder erweitert werden.	3	2	0
7.	Es steht nur eine sehr geringe Bauhöhe zur Verfügung.			
8.	Es liegen sehr ungünstige Gründungsverhältnisse vor (teure Gründung).			
9.	Es handelt sich um einen Ersatzneubau einer Stahl- oder Verbundbrücke, ggf. unter Beibehaltung der Unterbauten.			
10.	X Es handelt sich um ein innerstädtisches Bauwerk mit erhöhten gestalterischen Anforderungen.	3	3	0
11.	Eine verkürzte Bauzeit ergibt einen hohen volkswirtschaftlichen Nutzen durch Stauvermeidung und Verringerung der Umweltbelastung, z.B. bei Autobahnen in Ballungszentren mit sehr hohem Verkehrsaufkommen.			



	Bewertungskriterium	Bauweise		
		Stahl	Stahl- verbund	Stahl-/ Spann- beton
12. X	Die Überbaumontage ist nur in großen Bauteilen, z.B. durch Einschwimmen bei Flußquerungen, möglich.	3	3	0
	Summe der Punkte	15	17	3
	Bevorzugte Bauweise		X	

Für die oben beschriebene Planungsaufgabe einer innerstädtischen Brücke ist somit die Stahlverbundbauweise die am besten geeignete Bauweise im Vergleich zu der Ganzstahl- und der Massivbauweise.

Ein weiteres Beispiel wird für eine konkrete Planungsaufgabe vorgestellt.

Diese Planung wird auch im folgenden Kapitel 1.8 für die beispielhafte Berechnung unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit herangezogen.

Für eine Kreuzung zweier Bundesautobahnen soll für einen Ersatzneubau die am besten geeignete Bauweise ermittelt werden.

	Bewertungskriterium	Bauweise		
		Stahl	Stahl- verbund	Stahl-/ Spann- beton
1.	Vereisungsgefahr der Fahrbahn, z.B. über Wasserwegen.			
2.	Forderung nach Austauschbarkeit der Fahrbahnplatte (z.B. bei Autobahnen mit hohem LKW-Anteil)			



Planen

Technische Bewertungskriterien

	Bewertungskriterium	Bauweise		
		Stahl	Stahl- verbund	Stahl-/ Spann- beton
3.	X Erstellen eines Traggerüstes ist nicht möglich	3	3	1
4.	X Die Herstellung muss über laufendem Verkehr erfolgen (z.B. über Bahngleise oder Autobahnen).	3	3	1
5.	Der Antransport der Bauteile kann über Wasserwege erfolgen.			
6.	Das Bauwerk soll evtl. später verbreitert oder erweitert werden.			
7.	X Es steht nur eine sehr geringe Bauhöhe zur Verfügung.	3	2	0
8.	X Es liegen sehr ungünstige Gründungsverhältnisse vor (teure Gründung).	3	2	0
9.	Es handelt sich um einen Ersatzneubau einer Stahl- oder Verbundbrücke, ggf. unter Beibehaltung der Unterbauten.			0
10.	Es handelt sich um ein innerstädtisches Bauwerk mit erhöhten gestalterischen Anforderungen.			
11.	X Eine verkürzte Bauzeit ergibt einen hohen volkswirtschaftlichen Nutzen durch Stauvermeidung und Verringerung der Umweltbelastung, z.B. bei Autobahnen in Ballungszentren mit sehr hohem Verkehrsaufkommen.	3	3	2



Bewertungskriterium	Bauweise		
	Stahl	Stahl- verbund	Stahl-/ Spann- beton
12. Die Überbaumontage ist nur in großen Bauteilen, z.B. durch Einschwimmen bei Flußquerungen, möglich.			
Summe der Punkte	15	13	4
Bevorzugte Bauweise	X		

Als Ergebnis würde eine Stahlbrücke als bevorzugte Bauweise erscheinen.

Da neben den technischen Bewertungskriterien auch wirtschaftliche Kriterien zur letztendlichen Wahl der Bauweise herangezogen wurden und sich die Stahlbrücke aufgrund der geringen Stützweitenverhältnisse als nicht wirtschaftlich erweist, wurde eine Stahlverbundbrücke geplant.

Bewertungskriterium Nachhaltigkeit, Betrachtung der Lebenszykluskosten

1.5

Die Thematik Nachhaltigkeit von Infrastrukturmaßnahmen und die zu erwartenden Erhaltungs- und Instandsetzungskosten während der vorgesehenen Nutzungsdauer der Straßenbrücken spielen in der heutigen Zeit eine wichtige Rolle und sollten zukünftig bei der Variantenuntersuchung in der Vorplanung mit Berücksichtigt werden. Hierzu gab es in der jüngeren zahlreiche Forschungsvorhaben, die sich mit dem Thema Lebenszykluskosten auseinander gesetzt haben. Seit der Einführung des Deutschen Gütesiegels Nachhaltiges Bauen (DGNB) im Jahr 2009 kommt der Betrachtung der Kosten nach der Herstellung des Bauwerks eine zusätzliche Bedeutung zu.

Von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) wurde die Life Cycle Engineering GmbH zusammen mit dem Institut für Massivbau der TU Darmstadt und dem Lehrstuhl für Massivbau der TU München beauftragt, einheitliche Bewertungskriterien für Infrastrukturmaßnahmen in Hinblick auf das Thema Nachhaltigkeit zu entwickeln.



Planen

Bewertungskriterium Nachhaltigkeit, Betrachtung der Lebenszykluskosten

Das Ergebnis dieser Entwicklung wird nachfolgend in aller Kürze dargestellt und ein Hinweis auf die Anwendung bei der Planung zukünftiger Straßenbrücken gegeben. Für weitere Informationen wird auf [XXII] verwiesen.

Das beschlossene Bewertungssystem gliedert sich in fünf Hauptkriteriengruppen auf, die mehrere Unterkriterien zusammenfassen. Die Hauptkriterien sind unterschiedlich gewichtet und ergeben in Summe eine Hauptbewertung der geplanten Baumaßnahme in Hinblick auf Nachhaltigkeit. Die Hauptkriterien, mit Angabe ihres Anteils an der Gesamtbewertung, sind:

- Ökologische Qualität 22,5 %
- Ökonomische Qualität 22,5 %
- Soziokulturelle und funktionale Qualität 22,5 %
- Technische Qualität 22,5 %
- Prozessqualität 10,0 %

Die Bewertung in den Hauptkriterien erfolgt durch Bewertung der einzelnen Unterkriterien unter Verwendung der einzelnen Steckbriefe, die Hinweise zum Kriterium und zum Ablauf der Bewertung des Unterkriteriums liefern. Die Steckbriefe können [XXII] entnommen werden. Als Maßstab für die Bewertung dient jeweils ein Referenzwert, der z.B. durch eine Berechnungsformel bezogen auf die Brückenfläche ermittelt wird.

1.5.1

Ökologische Qualität

Das Kriterium Ökologische Qualität berücksichtigt die Auswirkungen der geplanten Baumaßnahme auf die globale Umwelt, z.B. durch Bewertung des Treibhauspotentials oder Ozonschichtbildungspotential, und die Inanspruchnahme von erneuerbaren und nicht erneuerbaren Ressourcen während der Nutzungsdauer von 100 Jahren.

1.5.2

Ökonomische Qualität

In der Ökonomischen Qualität werden die Kosten, die in direktem Zusammenhang mit dem Bauwerk stehen und Kosten, die extern durch Verkehrsbeeinträchtigungen bei Maßnahmen im Zusammenhang mit der Erstellung und Instandsetzung des Bauwerks entstehen, bewertet.

Die direkten Kosten, also Herstell-/Investitionskosten, Kosten für regelmäßige Erhaltung, Kosten für unregelmäßige Erhaltung und Instandsetzung und Kosten für die Verkehrssicherung während der Baumaßnahmen lassen sich monetär bewerten und



auf die Referenzgröße skalieren. Bei der Ermittlung und Bewertung der Kosten für planmäßige und unplanmäßige Erhaltungsmaßnahmen ist auf die jeweilige Bauart einzugehen. Die unterschiedlichen Bauweisen und Bauteile sind, durch Erfahrungswerte gestützt, mit Erhaltungsintervallen und bezogenen Kosten in den Steckbriefen enthalten.

Bei der Bewertung der externen, durch Verkehrsbeeinträchtigung entstehenden Kosten, spielt vor allem die Bauweise eine entscheidende Rolle. Bei einer Verbundbrücke kann beispielsweise die planmäßige Austauschbarkeit der Fahrbahnplatte während der Planung berücksichtigt werden, was zu einer geringeren Beeinträchtigung des Straßenverkehrs auf der Brücke, z.B. halbseitige Verkehrsführung anstatt Vollsperrung des kompletten Überbaus, führt.

Soziokulturelle und funktionale Qualität

1.5.3

Beim Hauptkriterium Soziokulturelle Qualität spielen Bewertungskriterien, die einen Einfluss auf die Lebensqualität der betroffenen Bevölkerung haben, z.B. Lärmschutz, eine Rolle. Bei diesen Unterkriterien, Lärmschutz (Masse der Brücke) / Komfort / Umnutzungsfähigkeit / Betriebsoptimierung, haben die unterschiedlichen Bauweisen nur einen geringen Einfluss.

Gerade bei den letztgenannten Kriterien sind die Unterschiede zwischen Stahl-, Stahlverbund und Massivbrücken sehr gering. Der positive Einfluss der Stahlverbundbauweise auf den (Fahr-)Komfort und die Betriebsoptimierung, der aus größeren möglichen Stützweiten zu verzeichnen ist, kann nicht verallgemeinert werden und ist immer am Einzelprojekt zu bewerten.

Die Stahl- und Stahlverbundbauweise kann im Kriterium Umnutzungsfähigkeit gegenüber einer Massivbrücke berücksichtigt werden, dass für zukünftig stärkere Verkehrsaufkommen eine Verstärkung oder Verbreiterung in gewissen Maßen deutlich einfacher zu realisieren sind. Dies kann durch das Anschweißen von zusätzlichen Blechen als Verstärkungsmaßnahme oder durch das Anschweißen ganzer Bauteile zur Verbreiterung des Brückenquerschnitts erfolgen.

Technische Qualität

1.5.4

In der technischen Qualität werden konstruktive Kriterien bewertet. Wesentliche Kriterien sind die Dauerhaftigkeit und Robustheit der Bauwerke oder die Wartungs- und Instandsetzungsfreundlichkeit. Für die Bewertung von Verbundbrücken seien hier die Kriterien Verstärkung und Erweiterbarkeit sowie Rückbaubarkeit hervorgehoben, da hier der Verbundbau besonders punkten kann. Durch die



Planen

Zusammenfassung des Gutachtens „Bewertung von Bauverfahren für Stahlverbundbrücken“

Möglichkeit nachträglich mit geringem Aufwand Verstärkungsbleche an den Stahlbauteilen anzuschweißen kann einer stärkeren, als prognostiziert und bei der Bemessung berücksichtigt, Zunahme der Beanspruchungen aus Straßenverkehr Rechnung getragen werden. Die Demontage einer Verbundbrücke kann mit dem gleichen Aufwand wie bei der Montage erfolgen, ohne dass eine gesonderte oder spezielle Planung hierfür erforderlich ist.

1.5.5

Prozessqualität

Bei der Prozessqualität werden die Qualifikation der Planer, die Berücksichtigung der Nachhaltigkeitsaspekte in der Ausschreibung und die qualifizierte Bauüberwachung bewertet. Hier spielen die verschiedenen Bauverfahren eine untergeordnete Rolle, d.h. bei der Variantenuntersuchung einer Verbundbrücke und dem Vergleich mit einer Spannbetonbrücke ist in der Bewertung der Prozessqualität kein messbarer Unterschied zu erwarten.

1.6

Zusammenfassung des Gutachtens „Bewertung von Bauverfahren für Stahlverbundbrücken“

Das Gutachten untersucht und beurteilt die Wirtschaftlichkeit von Verbundbrücken im Vergleich zu massiven Brücken für vier Standardtypen im Geschäftsbereich von Hessen Mobil, Straßen- und Verkehrsmanagement.

1. Überführungsbauwerk über Autobahnen (Ü-Bauwerke)
2. Durchlaufende Talbrücke im Zuge einer Autobahn mit Standardstützweite 45 m (A-Bauwerk)
3. Durchlaufende Talbrücke im Zuge einer Autobahn mit großer Stützweite 70 m (A-Bauwerk-S)
4. Integrale Brücken

Als Grundlage der Untersuchungen dient eine umfangreiche Brückenbeispielsammlung, die mit Hilfe von Bauämtern, Ingenieurbüros und Baufirmen erstellt wurde. Einige dieser Beispiele sind in das Gutachten direkt eingearbeitet, die meisten Beispiele sind im Anhang in übersichtlichen Tabellen aufgeführt.

Basierend auf dieser Brückensammlung und auf Basis einer Analyse von typischen Bauweisen in EU Nachbarländern werden vier Verbundbrückentypen ausgewählt, genauer untersucht und jeweils mit Massivbrücken in Hinblick auf die Bauzeit und die Baukosten verglichen.



Bei den Autobahnbrücken mit Stützweiten von 45 m (A-Bauwerk) werden vier verschiedene offene Brückenquerschnitte mit unterschiedlichen Bauverfahren untersucht, optimiert und miteinander verglichen. Neben der Kostenkalkulation werden ebenfalls die Bauzeit und das Bauverfahren berücksichtigt. Die Massen für die Kostenermittlung wurden im Vorlauf durch statische Untersuchungen ermittelt und bestimmt. Alle Baukosten sind preisbereinigt auf den Stand 2002.

Hierbei schälen sich mehrstegige Stahlträger mit Betonfertigteilen und Aufbeton sowie ein zweistegiger Brückenträger, der mittels Schalwagen betoniert wird, als günstigste Varianten heraus. Für das A-Bauwerk-S zeigt der Vergleich mit Massivbrücken keine wesentlichen Vorteile in Bezug auf den Baufortschritt. Bezüglich der Herstellkosten der Verbundfahrbahnplatte lohnt sich der Einsatz eines Schalwagens gegenüber einer Fertigteilvariante erst ab einer größeren Gesamtbrückenlänge (> 100m). Zum ermüdungsgerechten Konstruieren und damit zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit der Verbundbrücken werden in diesem Gutachten Empfehlungen gegeben. Durch die Einhaltung der Empfehlungen kann die geplante Nutzungsdauer von 100 Jahren auf 120 Jahre angehoben werden.

Eine andere Möglichkeit der Erhöhung der Dauerhaftigkeit ist die Sanierung der Fahrbahnplatte der Verbundbrücke, so dass diese ausgetauscht und erneuert werden kann und sich somit die Lebensdauer des Brückenbauwerkes verlängert. Für den Fahrbahnplattentausch werden für verschiedene Überbautypen (offene und geschlossene Stahlhohlkästen für einen gemeinsamen Überbau aber auch getrennte Überbauten für beide Fahrtrichtungen) verschiedene Austauschkonzepte erstellt und ausgearbeitet.

Der gesamtwirtschaftliche Nutzen wird anhand von drei Kostenbewertungen berechnet.

1. Sozio-ökonomische Kosten nach EWS 1997

Vorteile bei Verbundlösungen entstehen hier vor allem durch die Verkürzung der Bauzeit, infolge des hohen Vorfertigungsgrades und der schnellen Montage vor Ort. Dieser Einfluss spielt bei der Untersuchung eine bedeutende Rolle, da infolge Zeitverzögerungen und Behinderungen weitere Folgekosten anfallen. Für die beiden Untersuchungsgebiete

- Hessendurchschnitt mit einer DTV von 62.000 und
- Rhein-Main-Gebiet mit einer DTV von 100.000

ergibt die Kostenuntersuchung einen preislichen Vorteil für Verbundrahmenbrücken (integrale Brücken) als Überführungsbauwerke. Je höher die Verkehrsstärke und



Planen

Zusammenfassung des Gutachtens „Bewertung von Bauverfahren für Stahlverbundbrücken“

die damit verbundenen Verkehrsbehinderungen umso stärker ist der Preisvorteil. Ab DTV-Zahlen über dem Durchschnitt der Hessischen Hochleistungsstrecken ergibt sich ein Kostenvorteil der Verbundbrücken gegenüber den Massivbrücken als Überführungsbauwerke.

Noch deutlicher ist das Ergebnis bei Autobahnbrücken im mittleren Spannweitenbereich von 45 m (A-Bauwerk). Die Varianten mit der kürzeren Bauzeit (Stahlträger mit Betonfertigteilen bzw. auch bei Stahlverbundfertigteilen) setzen sich deutlich günstiger gegenüber den anderen Verbundbrückentypen und der Massivbrücke ab. Entscheidend bei Berücksichtigung der sozio-ökonomischen Kosten ist es, die Bauzeit und die Behinderung des laufenden Verkehrs zu minimieren.

2. Wirtschaftlichkeitsuntersuchung über die Gesamtnutzungsdauer auf Basis kapitalisierter Kosten

Die Berücksichtigung der gesamten Lebenszeit und damit verbundenen Kosten erfolgt mit der Kostenrechnung nach der Richtlinie RI-WI-BRÜ. Durch die Möglichkeit, die Fahrbahnplatte einer Verbundbrücke als A-Bauwerk auszuwechseln und die Lebensdauer der Konstruktion zu erhöhen, bekommt die Verbundkonstruktion Vorteile gegenüber Massivbrücken. Kapitalwertberechnungen weisen hier deutlich aus, dass durch eine Nutzungsdauer von 100 Jahren (der Ansatz nach Ablöserichtlinie wären hier 70 Jahre) bzw. 120 Jahren Verbundbrücken kostenneutral gegenüber Massivbrücken sind. Dabei sind aber die Wahl des Querschnitts, sowie das Bauverfahren entscheidend. Ein kostenintensiver Einsatz eines Schalwagens erscheint hier gegenüber einer Lösung mit Betonfertigteilen und Aufbeton erst ab größeren Spannweiten wirtschaftlich.

Bei Überführungsbauwerken, bei denen die Möglichkeit die Betonfahrbahnplatte auszuwechseln nicht gegeben ist, bleibt das Ergebnis analog zu den Herstellkosten. Unter der Berücksichtigung nur der monetären Aspekte liegen die Verbundbrücken somit leicht hinter den Massivbrücken.

Die RI-WI-BRÜ berücksichtigt bei der Gesamtbewertung zusätzlich „nicht-monetäre“ Aspekte, so dass neben den rein monetär bewertbaren Kriterien auch Vorteile mit einbezogen werden müssen, die Verbundbrücken gegenüber Massivbrücken aufweisen und nicht in Kapitalwerte umrechenbar sind. Dies sind z.B. bei Überführungsbauwerken der Wegfall der Mittelstütze und die damit einhergehenden günstigere Verkehrsführung und verminderten Unfallrisiken. Ebenso wird die kürzere Bauzeit und Qualität der Konstruktion mit einbezogen. Hierfür wurde in (RI-WI-BRÜ) ein Kriterienkatalog zusammengestellt. Als Ergebnis aus einer Umfrage heraus kann eindeutig festgestellt werden, dass bei dieser qualitativen Bewertung Verbundbrücken jeweils vor den Massivbrücken liegen.

Die Untersuchungen in den vier vorgestellten Varianten durchleuchten hierbei jeweils einen eigenen Aspekt der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung. Während bei den



sozio-ökonomischen Berechnungen die Bauzeit maßgebend wird, spielen bei der Kapitalwertberechnung die Herstellkosten, Instandsetzungen und Unterhaltungskosten des originären Bauwerks die entscheidende Rolle für die Wirtschaftlichkeit.

Das A-Bauwerk-S besitzt für den Geschäftsbereich von Hessen Mobil nur eine geringe Fallhäufigkeit. Darin ist begründet, dass im vorliegenden Gutachten nur Einzelaspekte aufgegriffen werden. Dazu zählen die Untersuchung der verschiedenen Möglichkeiten des Fahrbahnplattentausches sowie einige Vergleiche von Bauzeiten vorhandener Brückenbeispiele. Die Vergleiche ergaben hierbei keine zeitlichen Vor- bzw. Nachteile für Massiv- oder Verbundbrücken.

Kennzahlen zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit von Stahlverbundbrücken

1.7

Mit der Einführung der Eurocodes gilt für Straßenbrücken das Verkehrslastmodell LM1 nach DIN EN 1991-2 (früher LMM). Gegenüber dem Lastmodell 1 nach DIN Fachbericht 101 sind die charakteristischen Lasten des Tandemsystems und der gleichmäßig verteilten Belastung signifikant gestiegen. Dies wirkt sich auch auf die Materialverteilung und die Gesamttonnage für Straßenbrücken in Verbundbauweise aus.

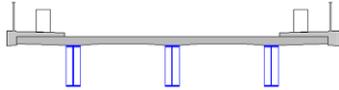
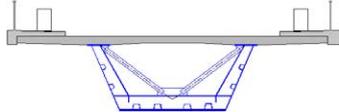
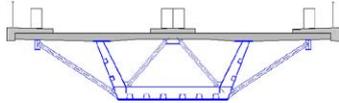
Die Beanspruchungen aus dem neuen Lastmodell sind je nach Brückenlänge durchaus 50 % höher gegenüber dem früheren Lastmodell 1 nach DIN Fachbericht 101. In [92] wurde der Einfluss des neuen LM1 nach DIN EN 1991-2 auf die Gesamttonnage des Baustahlanteils für Verbundbrücken untersucht. Da sich aus den Nachweisen der Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetonplatten nach DIN EN 1992 gegenüber dem früheren Nachweisverfahren üblicherweise eine Zunahme der Plattendicke der Verbundplatte ergibt, erhöhen sich die Stahlmassen auch aufgrund des zunehmenden Eigengewichts des Verbundüberbaus (Montagezustand Herstellung der Ortbetonplatte).

Anhand von mittlerweile realisierten Verbundbrücken, die nach den Regelungen der Eurocodes bemessen und ausgebildet wurden, ließen sich die Baustahlmassen in Abhängigkeit von der Querschnittsausbildung und des ausgeführten Montage- und Betonierverfahrens ermitteln. Daraus wurden die in nachfolgender Tabelle zusammengeführten Kennzahlen zur überschlägigen Ermittlung der Baustahlmassen gewonnen.



Planen

Kennzahlen zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit von Stahlverbundbrücken

Typ	Querschnitt	Baustahl g_a in kg/m ²
1		$g_a = \alpha_s \cdot \alpha_M \cdot \alpha_{LMM1} \cdot (55 + 4,5 \cdot L_M)$
2		$g_a = \alpha_s \cdot \alpha_M \cdot \alpha_{LMM1} \cdot (65 + 3,3 \cdot L_M)$
3		$g_a = \alpha_s \cdot \alpha_M \cdot \alpha_{LMM1} \cdot (100 + 2,2 \cdot L_M)$
4		$g_a = \alpha_s \cdot \alpha_M \cdot \alpha_{LMM1} \cdot (135 + 1,4 \cdot L_M)$

Die Einflussfaktoren berücksichtigen die verwendete Stahlgüte (α_s), das Montageverfahren (α_M) und dem unterschiedlichen Einfluss des neuen Lastmodells je nach Querschnittstyp (α_{LMM1}). Aus den bisher realisierten Brücken wurden die Einflußfaktoren in den nachfolgenden Größenordnungen ermittelt:

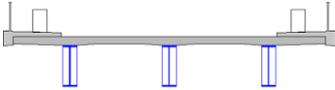
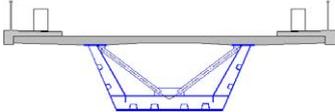
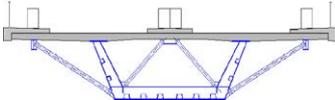
α_s :	1,4	für S235
	1,0	für S355
α_M :	1,0	für Kranmontage, Quereinschub
	1,05	für Taktschiebeverfahren
α_{LMM1} :	1,1	für Querschnitt Typ 1
	1,15	für Querschnitt Typ 4

Beispielhaft wird für eine 60 m lange Straßenbrücke in Verbundbauweise mit der Stahlgüte S355J2+N und einer Kranmontage die Baustahlmenge in kg/m² Brückenfläche überschlägig errechnet. Die unten dargestellten Baustahlmassen lassen sich für das gewählte Beispiel naturgemäß nur bedingt vergleichen, da für die Querschnittsauswahl noch geometrische Randbedingungen, z.B. die zu überführende Fahrbahnbreite, und statische Randbedingungen, z.B. erforderliche Torsionssteifigkeit des Überbaus bei einer in der Lage gekrümmten Überbauachse, zu berücksichtigen sind.

Planen

Kennzahlen zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit von Stahlverbundbrücken



Typ	Querschnitt	Baustahl g_a in kg/m ²
1		$g_a = 360 \text{ kg/m}^2$
2		$g_a = 300 \text{ kg/m}^2$
3		$g_a = 260 \text{ kg/m}^2$
4		$g_a = 250 \text{ kg/m}^2$

Nachstehende Tabelle zeigt eine Auswertung der von Hessen Mobil ausgeführten und abgerechneten Baustahl und Betonstahltonnage in der Fahrbahnplatte. Die Auswertung der Bau- und Betonstahlmassen erfolgt in Abhängigkeit der Querschnittsausgestaltung und der Bauart (Integral, gelagert als Einfeldbrücke, gelagert als Mehrfeldbrücke).

Bei der Auswertung der Bau- und Betonstahlmassen spielt neben der Querschnittsgestaltung und dem Lagerungskonzept auch das Verhältnis der Einzelstützweiten sowie die Lage der Verkehrswege, z.B. der Kreuzungswinkel, eine Rolle. Bei den ausgewerteten integralen Verbundbrücken ist der Kreuzungswinkel jeweils 100 gon bzw. annähernd 100 gon, so dass hier eine relativ gute Vergleichbarkeit der Massenverteilung gegeben ist.



Planen

Kennzahlen zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit von Stahlverbundbrücken

Bauart	Stützweitenbereich	Querschnitt	Baustahl <small>in kg/m²</small>	Betonstahl <small>(Verbundplatte) in kg/m³</small>
Integrale Brücke	35 m bis 55 m	Geschlossen, 2 Hohlkästen	240	260
	35 m bis 55 m (größere Brückenbreite)	Geschlossen, 3 Hohlkästen	200	320
	35 m bis 55 m	Offen, 3 Hauptträger	240	260
	30 m bis 45 m	Offen, 4 Hauptträger	260	240
Gelagert, Einfeld- brücken	30 m bis 40 m	Offen	170	160
Gelagert, Mehrfeld- brücken	30 m bis 50 m	Geschlossene Hauptträger	250	230
	30 m bis 40 m	Offene Hauptträger	180	210
	40 m bis 60 m	Hohlkasten (1-zellig/ 2-zellig)	210	230

Ein Vergleich der tatsächlichen verbauten Baustahlmassen bezogen auf die Brückenfläche mit den zuvor dargestellten Kennzahlen zeigt vor allem für integrale, einfeldrige Bauwerke mit den Querschnittstypen 1 und 2 eine gute Übereinstimmung ($\pm 20\%$). Für die Mehrfeldverbundbrücken weichen die tatsächlichen Stahlmassen von den Ergebnissen des Kennzahlansatzes etwas stärker ab (± 30 bis 40%). Ursächlich ist hier sicherlich das tatsächliche Stützweitenverhältnis der einzelnen Felder, das sich aufgrund der geographischen Randbedingungen u.U. sehr ungünstig einstellt und über eine Kennzahl nur sehr ungenügend abgebildet werden kann. Desweiteren spielen Zwänge aus der Trassierung des überführten Verkehrswegs eine ent-



scheidende Rolle, z.B. steigen bei gekrümmten Brücken die Stahlmassen aufgrund der Torsionsbeanspruchung an. Bei den ausgewerteten Bauwerken betragen die Kreuzungswinkel nur in seltenen Fällen annähernd 100 gon. Die tatsächlichen Winkel liegen hauptsächlich zwischen 47 und 58 gon, so dass sich die größeren berechneten Stahlmassen erklären lassen.

Die von Prof. Dr.-Ing. Hanswille veröffentlichten Kennwerte zur Ermittlung der Stahltonnage von Verbundbrücken sind somit als eine erste Annäherung zu verstehen und können für eine Steifigkeitsverteilung des Verbundquerschnitts herangezogen werden. Die tatsächlichen geometrischen und tragwerksplanerischen Randbedingungen jeder Planungsaufgabe sind einzigartig und bedürfen zur Ermittlung der Massen für die Ausschreibung eine erschöpfende Planung der Verbundbrücke.

Leitlinie zur Aufstellung und Bewertung der Kosten

1.8

In den Abschnitten zuvor wurden die verschiedenen Kriterien zur Auswahl einer Bauweise für die zu betrachtende Planungsaufgabe dargestellt. Neben den technischen Gesichtspunkten in Kapitel 1.3 und 1.4 spielen die monetären Aspekte eine entscheidende Rolle. In Kapitel 1.5 und 1.6 sind die Ergebnisse verschiedener Forschungsvorhaben zusammengefasst und der Einfluss der baubegleitenden Kosten erläutert. Mit Hilfe einer Leitlinie soll die Berücksichtigung aller genannten Faktoren bis hin zur Entscheidung für die Verbundbauweise beschrieben werden.

Bei der Entscheidung für oder gegen eine Verbundbrücke für die betrachtete Planungsaufgabe spielen wie zuvor erwähnt nicht nur die Erstinvestitionskosten sondern für eine ganzheitliche Betrachtung auch die Unterhaltungs- und Sanierungskosten während der Nutzungsdauer des Bauwerks eine große Rolle. In den letzten Jahren wurden zum Thema Nachhaltigkeit und ganzheitliche Planungen verschiedene Vorhaben durchgeführt. Die Nachhaltige und ganzheitliche Planung wird für zukünftige Planungsmaßnahmen immer häufiger eine Planungsprämisse.

Die natürlichen Ressourcen sind begrenzt und die wirtschaftlichen Mittel müssen optimiert eingesetzt werden. Die Erfahrungen hinsichtlich der Life-Cycle-Costs, also der Baukosten und der Unterhaltungskosten bis hin zum Rückbau sind noch begrenzt. Eine Datengrundlage für die unterschiedlichen Bauweisen und Bauverfahren muss noch erarbeitet werden. Eine erste Leitlinie zur Abschätzung der LCC und der Auswirkungen auf die Umwelt basiert auf Kennzahlen eines Ingenieurwettbewerbs, der im Jahr 2011 von der Bayrischen Ingenieurkammer ausgelobt wurde. Diese Kennzahlen werden nachfolgend dargestellt und erläutert.

Im Hinblick auf die Nachhaltigkeit sind neben den Kosten für die Materialien Stahl und Beton auch die Auswirkungen für die Umwelt relevant. So gehen mit der Produktion von 1 Tonne Stahl bzw. 1 m³ Beton ein Ausstoß an Treibhausgasen, vornehmlich



Planen

Leitlinie zur Aufstellung und Bewertung der Kosten

CO₂, einher, die auch in die Ökobilanz des geplanten Vorhabens einzurechnen sind. Die Kennzahlen sind in nachfolgender Tabelle aufgeführt.

- Stahlprofile/Stahlbleche 1,1 t-CO₂/t
- Korrosionsschutz 4,0 kg-CO₂/m²
- Bewehrungsstahl 0,9 t-CO₂/t
- Spannstahl 1,1 t-CO₂/t
- Beton C35/45 0,26 t-CO₂/m³
- Beton C 40/50 (in Ausnahmefällen) 0,28 t-CO₂/m³
- Beton C 45/55 (in Ausnahmefällen) 0,30 t-CO₂/m³
- Beton C 50/60 (in Ausnahmefällen) 0,32 t-CO₂/m³

Die oben genannten Kennzahlen gelten natürlich auch für eine Massivbrücke in Stahlbeton- oder Spannbetonbauweise und können für einen Vergleich der beiden Bauweisen mit der Verbundbauweise herangezogen werden.

Während der Lebensdauer der Brücke von mindestens 100 Jahren sind verschiedene Unterhaltungs-, Instandsetzungs- und Sanierungsmaßnahmen erforderlich. Während sich diese bei einer Stahlbrücke im Wesentlichen auf die Erhaltung und Ausbesserung des Korrosionsschutzes beschränken sind bei Verbundbrücken und massiven Brücken auch Instandsetzungsarbeiten an den Betonuntersichtsflächen erforderlich. Der erforderliche Austausch der Brückenkappen, des Fahrbahnbelags und gegebenenfalls auch der Abdichtung wird an dieser Stelle nicht weiter thematisiert, da dies bei allen Bauweisen erforderlich ist.

Auch hierfür sind entsprechende CO₂-Emissionen anzusetzen und in die Energiebilanz aufzunehmen. Hinzu kommen Kosten für die erforderlichen Verkehrsumlenkungs- und sicherungsmaßnahmen. Führt die Brücke über eine Straße im übergeordneten Verkehrsnetz, z.B. Autobahn oder stark frequentierte Bundesstraße, so sind Sperrmaßnahmen nicht möglich. Durch die bauzeitliche Anordnung der Fahrstreifen und evtl. Reduzierung um einen Fahrstreifen entstehen zwangsläufig Verkehrsstaus, die zu einem erhöhten Ausstoß von CO₂ führen. Daher ist hierfür der tatsächliche Zeitaufwand für die Instandsetzungsmaßnahmen der Betonuntersichtsfläche bzw. des Korrosionsschutzes interessant und mit den unten dargestellten Kennzahlen zu berücksichtigen.

Durch fortschreitende Änderungen der Anforderungen des Straßenverkehrs an die Brückenbauwerke, durch stark zunehmenden Schwerverkehrsanteil oder durch steigende Kosten für die Instandhaltung des Brückenbauwerks wird es ab einem gewissen Zeitpunkt unrentabel die Brücke zu erhalten. Auch für den dann folgenden Abbruch fallen CO₂-Emissionen an und sind in der ganzheitlichen Betrachtung zu berücksichtigen.

Planen

Leitlinie zur Aufstellung und Bewertung der Kosten



Anhand des bereits in Kapitel 1.4 eingeführten und hinsichtlich der technischen Bewertungskriterien beurteilten Beispiels werden nachfolgend die Lebenszykluskosten für die ursprüngliche Vorplanung als Massivbauwerk den Kosten für die später ausgeführte Entwurfsplanung als Verbundkonstruktion gegenübergestellt werden. Bei dem betrachteten Bauwerk handelt es sich um einen Ersatzneubau für eine Überführung einer Bundesfernstraße (Autobahn) über eine stark frequentierte Autobahn im Knotenpunkt. Das Bestandsbauwerk war eine gelagerte Spannbetonbrücke über 3 Felder. Die Vorplanung für den Ersatzneubau sah eine Massivbrücke mit Spannbetonfertigteilen und Ortbetonergänzung vor. Als weitere Variante wurde eine Stahlverbundbrücke als 3-Feld-Brücke untersucht. Die vorhandenen Stützweiten des Bestandsbauwerks wurden aufgegriffen. Die unterschiedlichen Varianten sind in den folgenden Bildern dargestellt.

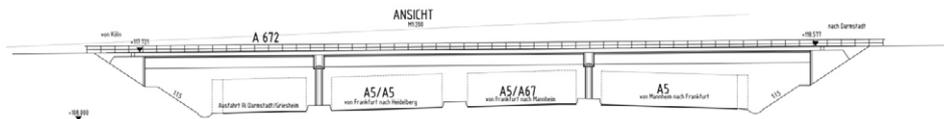


Bild 1.8.1: Ansicht Variante 3-Feld-Brücke

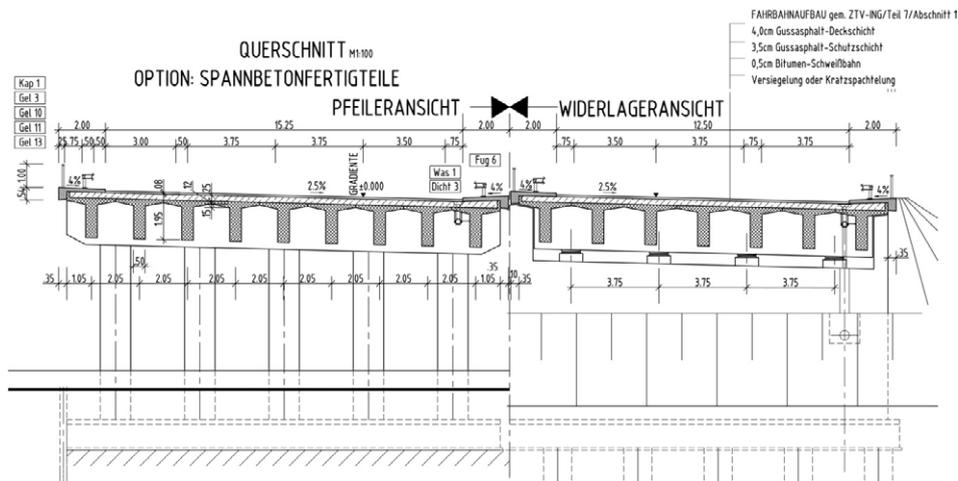


Bild 1.8.2: Spannbetonquerschnitt der 3-Feld-Brücke



Planen

Leitlinie zur Aufstellung und Bewertung der Kosten

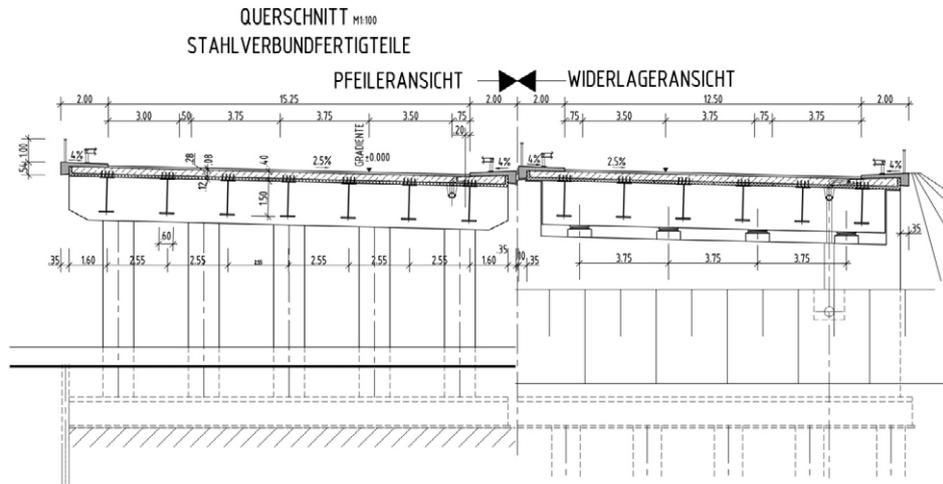


Bild 1.8.3: Verbundquerschnitt der 3-Feld-Brücke

In der Entwurfsplanung wurde eine Optimierung durchgeführt, die vor allem den reduzierten Aufwand für die Verkehrssicherung der stark befahrenen Autobahn berücksichtigt. Aus der 3-Feld Spannbetonbrücke wurde durch Entfall einer zusätzlichen Zwischenunterstützung eine 2-Feld Verbundbrücke entwickelt. In den nachfolgenden Bildern ist die optimierte Planung dargestellt.

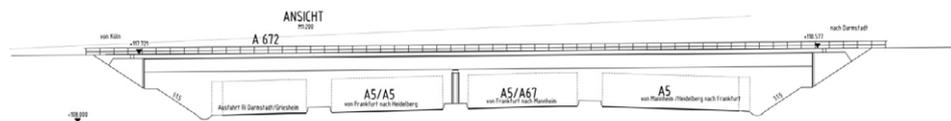


Bild 1.8.4: Ansicht Variante 2-Feld-Brücke

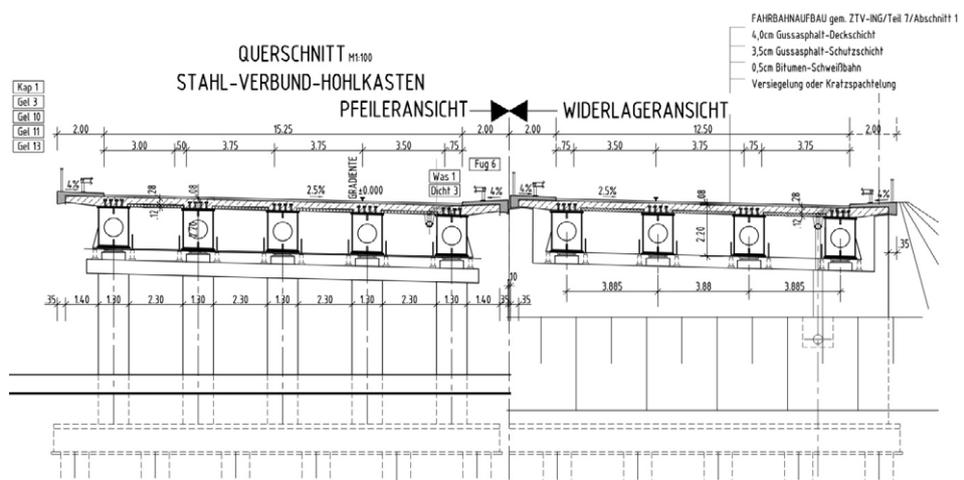


Bild 1.8.5 Verbundquerschnitt der 2-Feld-Brücke

Planen

Leitlinie zur Aufstellung und Bewertung der Kosten



Nachfolgend werden zunächst die in der Variantenstudie geschätzten Baukosten gegenübergestellt. Die Aufwendungen für die bauzeitliche Verkehrssicherung und -lenkung wurden abgeschätzt und gehen in der 2-Feldbrücke als Ersparnis in die Kostenschätzung ein.

Investitionskosten	Vorentwurf 3-Feldbrücke in Spannbeton- bauweise <small>(Fertigteile mit Aufbeton)</small>	Alternative 3-Feldbrücke in Verbundbauweise <small>(VFT)</small>	Bauwerksentwurf 2-Feldbrücke in Verbundbauweise
Baukosten (geschätzt)	7,9 Mio EUR brutto	8,6 Mio EUR brutto	9,2 Mio EUR brutto
Ersparnis Ver- kehrssicherung	0,00 EUR	0,00 EUR	- 400.000,00 EUR
Baukosten für Bewertung	7,9 Mio EUR brutto	8,6 Mio EUR brutto	8,8 Mio EUR brutto

Bei Verwendung von WT Stahl ist eine Kostenreduzierung von etwa 270.000 EUR durch den Entfall des Korrosionsschutzes möglich. Demgegenüber stehen etwa 220.000 EUR Mehrkosten für das WT-Material.
=> 50.000 EUR effektive Ersparnis

Die Zahlen verdeutlichen, dass hinsichtlich der Erstinvestitionskosten zwischen der 3-Feld Massivbrücke und der alternativen 2-Feld Verbundbrücke nur etwa 900.000,00 EUR liegen, also etwa 11 %. Schon die deutliche Ersparnis für die geringeren Aufwendungen für die Verkehrssicherung und Verkehrslenkung während



Planen

Leitlinie zur Aufstellung und Bewertung der Kosten

der Bauzeit zeigt, dass diese Kosten in der Kostenbewertung nicht vernachlässigt werden können. Für die Lebenszykluskosten kann schon jetzt vermutet werden, dass durch eine ersparte Zwischenunterstützung auch für die Wartung und Instandsetzung geringere Kosten entstehen werden.

Mit den Zuvor aufgezeigten Kennzahlen werden die Umweltauswirkungen hinsichtlich der CO₂-Emissionen und der daraus entstehenden Kosten dargestellt.

Investitions- kosten	Vorentwurf 3-Feldbrücke in Spannbeton- bauweise <small>(Fertigteile mit Aufbeton)</small>	Alternative 3-Feldbrücke in Verbundbauweise <small>(VFT)</small>	Bauwerksentwurf 2-Feldbrücke in Verbundbauweise
CO₂- Emission Stahl	–	870 t x 1,1 t-CO ₂ /t = 957 t-CO ₂	900 t x 1,1 t-CO ₂ /t = 990 t-CO ₂
CO₂- Emission Beton	2.530 m ³ x 0,26 t-CO ₂ /m ³ = 658 t-CO ₂	940 m ³ x 0,26 t-CO ₂ /m ³ = 244 t CO ₂	940 m ³ x 0,26 t-CO ₂ /m ³ = 244 t CO ₂
CO₂- Emission Korrosions- schutz	–	5.930 m ² x 4,0 kg-CO ₂ /m ² = 24 t-CO ₂	5.640 m ² x 4,0 kg-CO ₂ /m ² = 23 t-CO ₂
CO₂- Emission Betonstahl	506 t x 0,9 t-CO ₂ /t = 455 t-CO ₂	244 t x 0,9 t-CO ₂ /t = 220 t-CO ₂	244 t x 0,9 t-CO ₂ /t = 220 t-CO ₂
CO₂- Emission Spannstahl	76 t x 1,1 t-CO ₂ /t = 84 t-CO ₂	–	–
Summe CO₂- Emission	1.197 t CO ₂	1.445 t-CO ₂	1.477 t-CO ₂
Kosten	0,18 Mio EUR	0,22 Mio EUR	0,22 Mio EUR



Die zuvor genannten Kosten spiegeln nur die Erstinvestition wieder. Für eine ganzheitliche Betrachtung müssen die Unterhaltungskosten für die verschiedenen Bauweisen gegenübergestellt werden.

Dabei werden Aufwendungen für die Unterhaltung und Instandsetzung von Bauteilen, die unabhängig der ausgeführten Bauweise entstehen, nicht berücksichtigt. Im Wesentlichen handelt es sich bei diesen Bauteilen um den Fahrbahnbelag, die Randkappen sowie die sonstige Ausstattung.

Bei einer Massivbrücke ist ein sehr wichtiger Faktor für die Dauerhaftigkeit der Bauteile die Sorgfalt bei der Herstellung. Ist die Betondeckung zu gering können Korrosionserscheinungen an der Stahlbewehrung früher beginnen. Durch feinste Risse im Beton dringt die u.U. tausalzhaltige Feuchtigkeit bis zu den Bewehrungslagen und der basische Korrosionsschutz der Bewehrung durch den Beton wird durch fortschreitende Karbonatisierung geschwächt. Die Volumenvergrößerung infolge der Korrosionsprodukte führt zu Betonabplatzungen vor allem an den Kanten des Querschnitts. Während der geplanten Nutzungsdauer von 100 Jahren ist davon auszugehen, dass mindestens 1 Mal eine Instandsetzung dieser Schäden durchgeführt werden muss. Die Größenordnung dieser Instandsetzung ist von vielen weiteren Faktoren abhängig, z.B. Spannungszustand im Querschnitt, lokales Mikroklima, die nicht vollumfänglich abgeschätzt werden können. Für die nachfolgende Betrachtung der Unterhaltungskosten wird von einer instandzusetzenden Fläche von 10 % der gesamten Betonfläche ausgegangen.

Die Dauerhaftigkeit einer Verbundbrücke wird neben dem oben aufgezeigten Thema für die Betonfahrbahnplatte, im Wesentlichen für die Unterseite, durch die Qualität des Korrosionsschutzes der Stahlbauteile beeinflusst.

Durch Bewitterung der beschichteten Oberfläche wird mit der Zeit der Korrosionsschutz abgeschwächt. Dies betrifft in erster Linie die Barrierewirkung durch die applizierte Schichtdicke. Durch eine unverhältnismäßig hohe Verschmutzung (Staub, Feinstteile) in Kombination mit Regen und Wind wird der Abtrag der Schichten zusätzlich begünstigt. Der Korrosionsschutz hat bei Wahl eines Beschichtungssystems nach ZTV-ING eine Schutzdauer von mehr als 25 Jahren. Im Allgemeinen ist bei der heutigen Qualität der Beschichtungsstoffe und einer zu überwachenden Ausführungsqualität bei der Applikation nicht erforderlich den gesamten Korrosionsschutz bis zum Stahl zu erneuern. Ein Ausbessern von kleineren Fehlstellen, z.B. nach mechanischer Beschädigung durch Schlagwirkung, ist jedoch zu berücksichtigen. Aus diesem Grund wird für die Betrachtung von einem einmaligen Ausbessern des gesamten Korrosionsschutzes bei 4 % der Beschichtungsfläche und dem einmaligen Aufbringen einer Deckbeschichtung auf 100 % der Beschichtungsfläche ausgegangen.

Bei der Verwendung von WT-Stahl ist keine zusätzliche Korrosionsschutzbeschichtung aufzubringen. Die Unterhaltungskosten können somit auf ein Minimum redu-



Planen

Leitlinie zur Aufstellung und Bewertung der Kosten

ziert werden. Auf die Anwendungshinweise und die Konstruktionshinweise in Kapitel 2.1.3 wird an dieser Stelle verwiesen.

Ein wichtiger Kostenfaktor sind die Verkehrssicherungsmaßnahmen, die für eine Unterhaltung anfallen. Dies hat bereits die Gegenüberstellung der Bauwerkskosten gezeigt. Bei der Betrachtung der Erstinvestitionskosten für die 2-Feld- und die zuvor geplante 3-Feldvariante wurde schon ein deutliches Einsparungspotential im Hinblick auf die Kosten für Verkehrssicherung offensichtlich. Ein weiterer wichtiger Aspekt sind die volkswirtschaftlichen Kosten, die sich durch Staubildung als Folge von Baustellen auf Bundesautobahnen einstellen. Diese Kosten sind hauptsächlich von der Dauer der Instandsetzungsarbeiten abhängig.

Die Ausbesserung des Korrosionsschutzes an Fehlstellen, also des gesamten Beschichtungssystems, ist nur an vereinzelten Stellen erforderlich. Diese Arbeiten können mit einer Verkehrssicherung kürzerer Dauer, sogenannten Tagesbaustellen, erfolgen. Während der Trocknungsdauer der Beschichtung ist im Allgemeinen keine Verkehrssicherung notwendig. Für die Ausbesserung der Deckbeschichtung wird im Allgemeinen eine Verkehrssicherung von wenigen Tagen erforderlich, die auch jeweils nur feldweise eingerichtet wird.

Demgegenüber ist für die Ausbesserung der Betonflächen bei einer Massivbrücke von einer mehrwöchigen Dauer der Instandsetzungsarbeiten auszugehen. Die kumulierte Dauer der Verkehrsstaus ist also deutlich größer als bei den zuvor genannten Korrosionsschutzarbeiten an der Verbundbrücke. Dies muss in der Bewertung der Kosten für die Unterhaltung des Bauwerks berücksichtigt werden.

In [XXIV] wurden bereits gebaute Straßenbrücken analysiert und gegenübergestellt. Die Datengrundlage wurde durch Auswertung des Programmsystems SIB-Bauwerke erarbeitet. So wurden z.B. aus den Eintragungen in die Bauwerksbücher die Instandsetzungsintervalle für die Erneuerung von Bauwerksteilen ausgewertet und gemittelt für eine monetäre Bewertung der Unterhaltungskosten angesetzt.

Die Betrachtung und Ermittlung der Lebenszykluskosten wurde für 3 typische Bauwerkstypen durchgeführt.

- A.** Autobahnüberführung: A1 Einfeldbrücke / A2 Zweifeldrige Brücke
- B.** Mehrfeldträger mittlerer Spannweite
- C.** Talbrücken mit großen Spannweiten



Neben den unterschiedlichen Bauwerkstypen wurden auch verschiedene Unterhaltungsstrategien näher betrachtet:

1. Präventivstrategie

Auf Zustandsveränderungen wird zeitnah reagiert. Dies führt zu einer Häufung von Instandsetzungsmaßnahmen.

2. Zustandsbestimmende Instandhaltung

Die ist die in Deutschland üblicherweise durchgeführte Instandhaltungsstrategie. Auf Zustandsverschlechterungen wird reagiert und vorausschauend werden weitere Unterhaltungsmaßnahmen berücksichtigt und gebündelt durchgeführt.

3. gezielte Alterung

Die Unterhaltungsmaßnahmen werden erst bei dringlicher Notwendigkeit vorgenommen.

Bei der Analyse der verschiedenen Strategien wurde deutlich, dass die Unterhaltungskosten während des betrachteten Lebenszyklus von 100 Jahren von 3 nach 1 steigen, d.h. im Allgemeinen die Präventivstrategie zu den höchsten Unterhaltungskosten führt. Dies liegt vor allem daran, dass über die 100 Jahre viele kleinere Eingriffe notwendig werden und einzelne Bauwerksteile durchaus auch vor ihrem gemittelten Funktionsende ausgetauscht werden. Die größere Anzahl an Instandhaltungstätigkeiten bringt auch größere Anzahlen an Baustellen mit sich und somit auch mehr baustellenbedingte Verkehrsbehinderungen, die kostenmäßig in die Gesamtbetrachtung einfließen. Die günstigste Unterhaltungsstrategie der gezielten Alterung hat jedoch den wesentlichen Nachteil, dass das Bauwerk oder zumindest wesentliche Bauwerksteile nach 100 Jahren nicht mehr funktionstüchtig sind und somit nach der geplanten Lebensdauer ein Ersatzneubau geschaffen werden muss. Bei den anderen Strategien ist durch den guten Bauwerkszustand nach 100 Jahren eine weitere Nutzung möglich.

Bei der Ermittlung der Lebenszykluskosten wurde deutlich, dass der Anteil der Herstellungskosten an den Gesamtkosten sehr hoch ist. Bei den Beispielbauwerken des Typs A wurde auch ein sehr hoher Anteil an den externen Kosten ausgemacht. Dies ist vor allem darin begründet, dass auf stark frequentierten Verkehrswegen eine Baustelle mit entsprechender Arbeitsstellensicherung und Verkehrsführung zu mehr Verkehrsbeeinträchtigungen führt.



Planen

Leitlinie zur Aufstellung und Bewertung der Kosten

Anhand der Referenzbauwerke wurde in einem weiteren Vergleich der Unterschied zwischen einer integralen Bauweise ohne Inselfeiler einer konventionellen 2-Feld-Brücke gegenübergestellt. Aufgrund der entfallenen Mittelstütze reduzieren sich die Lebenszykluskosten vor allem durch den Entfall des Lagers zwischen den beiden Richtungsfahrbahnen und somit auch die notwendigen Verkehrssicherungen für die Überprüfung und den Austausch. Die hauptsächlich Staubbedingten externen Kosten für die integrale Verbundbrücke betragen über den 100-jährigen Lebenszyklus 4,5 Mio Euro. Zum Vergleich betragen die externen Kosten bei einer 2-Feld-Brücke in Verbundbauweise 6,0 Mio Euro und bei einer Massivbrücke sogar 9,0 Mio Euro. Die Gesamtkosten aus Herstellung, Unterhaltung und den externen Kosten halten sich bei diesen 3 Referenzbauwerken jedoch annähernd die Waage, was hauptsächlich durch die in umgekehrter Reihenfolge unterschiedlichen Herstellungskosten begründet ist. Aufgrund der zunehmenden Verkehrsbelastung vor allem in Ballungsgebieten und auf den Bundesfernstraßen kommt den staubbedingten Kostenanteilen und vor allem auch der dadurch größeren Umweltbelastung eine größere Bedeutung zu.

Bei der zuvor genannten Auswertung der Lebenszykluskosten lässt sich generell sagen, dass die Anteile der Kosten, die aus den Umweltkriterien, z.B. CO₂-Emission, stammen, an den Gesamtkosten sehr gering sind. Dies betrifft jedoch nur die monetäre Betrachtung der Umweltauswirkungen, die tatsächlichen Auswirkungen auf die Umwelt im Hinblick auf einen nachhaltigen Umgang mit den vorhandenen und begrenzten Ressourcen sollten neben der rein geldwerten Betrachtung ebenfalls eine wichtige Rolle bei der Planung von Straßenbrücken und der Wahl der Bauweise spielen.

Dies wird unter anderem im Vergleich der Werkstoffe und des Korrosionsschutzes der Werkstoffe deutlich. Ein gegenüber „normalem“ Baustahl nach DIN EN 10025-5 in der Herstellung teurerer wetterfester Baustahl erzeugt über den Lebenszyklus deutlich geringere Unterhaltungs- und externe Kosten. Durch die nicht notwendige Korrosionsschutzbeschichtung reduzieren sich auch die Auswirkungen auf die Umwelt, z.B. CO₂-Ausstoß bei der Herstellung der Beschichtungsstoffe, des Transports und der Applikation, deutlich.



Bauwerksentwurf

2.

Konstruktive Randbedingungen

2.1

Querschnittswahl

2.1.1

Nach den Variantenuntersuchungen und den Abwägungen der wirtschaftlichen Kriterien in der vorangegangenen Vorplanung erfolgt im Bauwerksentwurf die wesentliche Durchbildung der Verbundbrücke.

Nach der abgeschlossenen Verkehrsplanung sind die Verkehrswege, die überführt werden und die gekreuzten Verkehrswege bzw. topographischen Hindernisse sowohl in der Lage als auch in der Höhe bekannt.

Aufgrund der geringen Dicke des Fahrbahnbelags folgt die Oberkante der tragenden Konstruktion im Wesentlichen der Gradienten der Straße und bildet somit die Obergrenze der möglichen Bauhöhe der Konstruktion. Die freizuhaltenen Lichtraumprofile für die untenliegenden Verkehrswege (Bahn, Straße oder Schifffahrt) geben die mögliche Untergrenze vor. Entsprechend der Lage der Verkehrswege oder sonstiger topographischer Gegebenheiten ergeben sich mögliche Unterstützungen der Verbundbrücke.

Bei der Festlegung der Unterbauten und der Gründung sind die Empfehlungen des Baugrundgutachtens zu berücksichtigen. Dieses beeinflusst neben der Wahl des statischen Systems und der Festlegung der Stützweiten auch die Wahl möglicher und geeigneter Bauverfahren und Montageabläufe. Im Bauwerksentwurf werden die Details zur baulichen Durchbildung der Verbundbrücke ausgearbeitet.

Bereits mit der Festlegung des Überbauquerschnitts wird durch wartungsfreundliche Wahl der Längsträgerabstände die Grundlage für die Dauerhaftigkeit durch einfache Zugänglichkeit und Prüfbarkeit tragender Strukturen des Überbaus gelegt.



Planen

Konstruktive Randbedingung

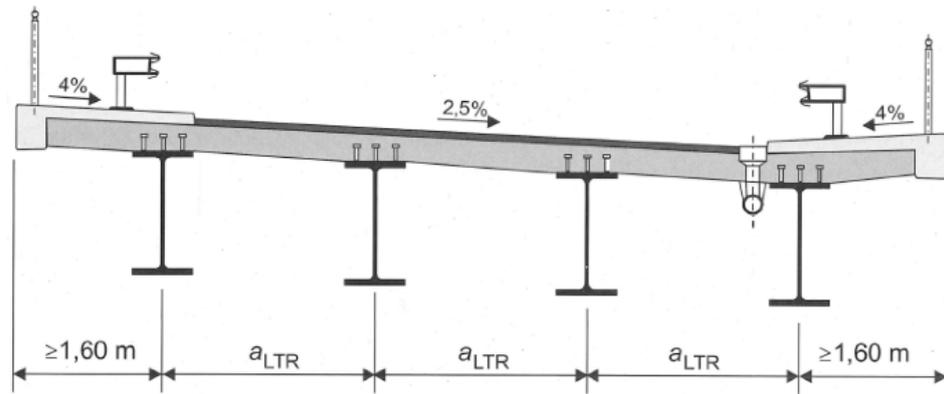


Bild 2.1.1: aus DIN Fachbericht 104. Der Achsabstand a_{LTR} der Hauptträger sollte aus Wartungsgründen 2,40 m nicht unterschreiten

- a_{LTR} sollte aus Wartungsgründen 2,4 m nicht unterschreiten
- bei teilweise vorgefertigten Betonbauteilen sollte $a_{LTR} \leq 3,0$ m betragen.

Singemäß sollten diese Regelungen auch bei mehrstegigen Plattenbalken mit luftdicht verschweißten Hohlkästen angewandt werden.

2.1.2

Entwässerung

Ein besonders wichtiger Punkt ist die Entwässerung der Fahrbahn, da die Abführung von Niederschlägen ein wesentlicher Faktor für die Verkehrssicherheit darstellt. Gleichzeitig bedeutet die Anordnung von Brückenabläufen nach Richtzeichnung RiZ-ING Was 1 auch immer eine Durchdringung der Abdichtungsebene und eine lokale Schwächung des Tragwerks, vor allem bei Verbundkonstruktionen.

Bei einem geschlossenen Hohlkastenquerschnitt sollten die Längsleitungen der Brückenentwässerung aus wartungstechnischen Gründen innerhalb des Hohlkastens liegen. In diesem Fall sind ausreichende Entwässerungsöffnungen in den Querträgern, z.B. größere Freischnitte in den Stegen, sowie Notentwässerungsöffnungen in der Bodenplatte in den Tiefpunkten der Brücke vorzusehen. Die Öffnungen sind mit Vogeleinflugschutzgittern zu versehen um der Beschädigung des Korrosionsschutzes im inneren des Brückenquerschnitts vorzubeugen.

Die Vorzugslösung der Leitungsführung des Brückenablaufs ist senkrecht bzw. unter 45°- schräg in die Längsleitung. Ist die leichte Zugänglichkeit der Längsentwässerungsleitung möglich, kann die Längsentwässerung außen unter dem Kragarm angeordnet werden. Das Einbetonieren von Querleitungen sollte auf das absolute Mindestmaß reduziert werden, um planmäßige Schwachstellen in der Fahrbahnplatte des Verbundquerschnitts zu reduzieren.

Bei begehbaren Hohlkasten-Brückenquerschnitten kann die Längsleitung innerhalb des Hohlkastens angeordnet werden. Die Querleitungen binden dann seitlich durch die Hohlkastenstege ein. Verläuft die Neigung der Längsentwässerung parallel zum Überbau, ergeben sich durch die sichtbaren Querleitungen keine gestalterischen Nachteile. Siehe auch Handbuch Hessen Mobil 2.4.2.8 Bauwerksausstattung.

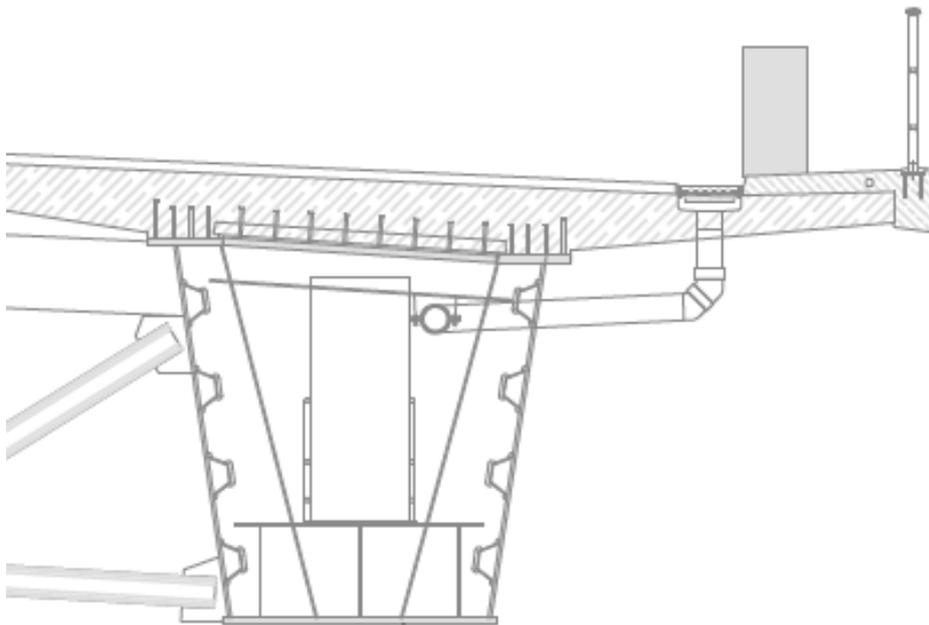


Bild 2.1.2: Vorzugslösung: Senkrechte Leitungsführung für Brückenablauf.
Anschluss an Längsentwässerung über Querleitung durch Steg

Bei geringer Längsneigung des Überbaus ergibt sich durch die einzuhaltende Mindestlängsneigung der Längsentwässerung (ZTV ING Teil 8, Abschnitt 5, 2.1 (2)) eine Höhendifferenz zur Gradiente, die durch unterschiedlich geneigte Führung der Querleitung kompensiert werden muss. Weiterhin werden dann geringe Abstände der Brückenabläufe erforderlich. In gestalterischer Hinsicht, besonders bei längeren Brücken, wirken diese Gegebenheiten sehr störend. In diesem Fall sollte die Querleitung in der Fahrbahnplatte geführt und die Neigungsdifferenz der Längsneigung im Hohlkasten bzw. bei Plattenbalkenquerschnitten zwischen den Stegen „versteckt“ ausgeglichen werden. Bei einbetonierten Querleitungen müssen die Auswirkungen auf die Ausbildung des Querschnitts im Bereich von Durchstoßpunkten durch zusätzliche Verstärkungen oder Aussparungen im Kopfbolzenraster konstruktiv berücksichtigt werden.

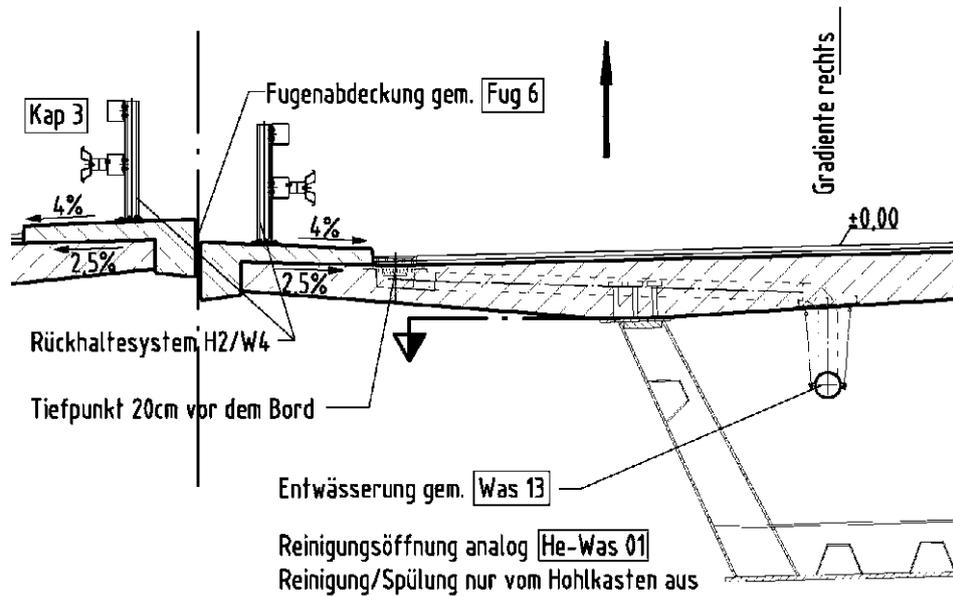


Bild 2.1.3: Bei geringer Längsneigung des Überbaus: Querleitung der Entwässerung, Auswechslung der Kopfbolzen beachten

2.1.3

Besonderheiten bei wetterfestem Baustahl (WT-Stahl)

Bei der Überführung von stark frequentierten Verkehrswegen, vor allem bei der Überführung über eine Bahnanlage mit Oberleitung, sollte der Einsatz von wetterfestem Baustahl in Erwägung gezogen werden. Der Einsatz von wetterfestem Baustahl ist denkbar, wenn folgende Anwendungskriterien vorliegen:

- kein dauerfeuchtes Klima
(Sonst Korrosionsfortschritt wie bei normalem Baustahl)
- Konstruktionsglieder liegen mehr als
 - 1 m über der Erde
 - oder über der Vegetation
 - oder mehr als 2,5 m über stehendem
 - oder 3,0 m über fließendem Wasser
- wenn Bewuchs von der Konstruktion fern gehalten werden kann
- bei starkem Meereseinfluss keine hohen Chloridanteile in der Atmosphäre enthalten sind. Siehe auch Abschnitt 2.12



Neben den klimatischen Randbedingungen sind beim Einsatz von wetterfestem Baustahl auch konstruktive Vorgaben zwingend einzuhalten um die Abrostung zu begrenzen und somit einen übermäßigen Querschnittsverlust zu vermeiden. Ein Abrostungszuschlag ist bei der Querschnittsausbildung zu berücksichtigen, darf jedoch bei der Tragwerksplanung nicht angesetzt werden. Die Dickenzuschläge nach DASt Richtlinie 007 sind von der Art der Korrosionsbelastung und der Nutzungsdauer abhängig. Für Verbundbrücken liegen die Dickenzuschläge zwischen 0,8 bis 1,5 mm und sind für bewitterte Stahlflächen vorzusehen.

Der wetterfeste Baustahl ist sehr anfällig für Spaltkorrosion. Bei der Konstruktion sind daher offene Spalte zu vermeiden.

Die Oberfläche benötigt für die Ausbildung der festhaftenden Patina ein Wechselklima, im Idealfall mit Niederschlagsperioden und anschließenden Trockenzeiten.

Die Flächen müssen daher frei bewittert sein.

Bei der Konstruktion sind alle Flächen so auszubilden, dass kein Wasser stehen bleiben und sich kein Schmutz ablagern kann.

Bei der Verwendung von WT-Stahl ist auch nach der Herstellung, also während der Nutzung, eine besondere Wartung erforderlich. Im Zuge der Bauwerksprüfungen ist der tatsächliche Dickenverlust zu dokumentieren. Dafür kann nach der Inbetriebnahme an ausgewählten Messstellen eine Nullmessung durchgeführt werden und im Bauwerksbuch festgehalten werden. Durch die kontinuierliche Messung an diesen Kontrollstellen ist der Stahlabtrag dokumentierbar und kann dem Dickenzuschlag aus der Planung gegenübergestellt werden. Weiterhin muss bei der Inspektion darauf geachtet werden, dass sich trotz werkstoffgerechter Konstruktion keine Stellen mit Dauerfeuchtigkeit ergeben. An diesen Stellen schreitet die Korrosion wie bei ungeschütztem normalen Baustahl deutlich schneller voran und kann Auswirkungen auf die Gebrauchstauglichkeit und im schlimmsten Fall auch auf die Standsicherheit haben.

In [XXIII] sind weitere Informationen und eine Checkliste für Anwender von WT-Stahl enthalten.



Montageverfahren

Bei der Wahl des Überbauquerschnitts spielen schon von Anfang an die möglichen und geeigneten Montageverfahren eine Rolle (siehe auch Abschnitt 4.2 und DIN EN 1090-2 Abschnitt 9.2). Die wichtigsten Kriterien für die Wahl des Herstellungsverfahrens sind

- Verlauf der Straßenachse
- Gesamtlänge des Brückenzugs bzw. der Einzelfelder
- Sind die Einzelstützweiten einigermaßen gleich oder variieren diese stark?
- Ist das Gelände unterhalb der Brücke erreichbar, können Montage und Betonierstützen aufgestellt werden?
- Lage der Verkehrswege, gibt es Naturschutzgebiete, etc. unterhalb der Brücke?
- Kann die Brücke im Baufeld vormontiert werden? Stehen hierfür bauzeitliche Flächen zur Verfügung?
- Wie können die Einzelbauteile zur Baustelle transportiert werden?

Auf diese und noch viele andere Fragen muss bei der Entwurfsplanung und der Wahl des Montageverfahrens Rücksicht genommen werden.

Die gängigen Montageverfahren sind:

Taktschiebverfahren

Das Einschieben der Brücke in Längsrichtung ist ein gängiges Verfahren, wenn das unter der Brücke befindliche Gelände gar nicht oder nur schwer zugänglich bzw. landschaftspflegerische Auflagen keinen oder nur stark eingeschränkten Zugang ermöglichen. Der Vormontageplatz des Stahlquerschnitts liegt hinter dem Widerlager. Aus den Einzelbauteilen wird der Gesamtquerschnitt zusammengebaut und anschließend Schussweise längs eingeschoben.

Beim Taktschiebverfahren ist zu beachten, dass es technisch und wirtschaftlich nur bei geraden Brücken oder Brücken im konstanten Bogen anwendbar ist. Auch die Gesamtlänge der Brücke spielt eine entscheidende Rolle, denn obwohl die Brücke beim Einschieben auf Gleitlagern oder speziellen Verschublagern ruht, bauen sich mit zunehmender Länge Reibungskräfte auf, die beim Verschub zu überwinden sind.



Das Einschleiben von zwei Seiten ist bei langen Talbrücken prinzipiell möglich. Dabei sind aber die zusätzlichen Kosten für die 2. Taktanlage nicht zu vernachlässigen. Ferner sollte die Taktanlage – sofern die übrigen Umstände (Zugänglichkeit, Platzverhältnisse, usw.) es zulassen, so angeordnet werden, dass das Einschleiben möglichst bergauf erfolgen kann. Hierdurch lassen sich zusätzliche Aufwendungen für Rückhalteeinrichtungen zur Verhinderung, dass der Überbau unplanmäßig ins Rutschen gerät, vermeiden.

Zur Minimierung der Beanspruchungen und der Verformungen auf den auskragenden Überbauabschnitt wird vor dem ersten Schuss ein Vorbauschnabel befestigt. Dieser ist wie das restliche Bauwerk durch eine statische Berechnung nachzuweisen. Alternativ oder zusätzlich kann auch ein Hubtisch am Ende des Vorbauschnabels bzw. am Ende des Überbaus vorgesehen werden. Bei Verwendung eines Vorbauschnabels erfolgt der Höhenausgleich aufgrund der Durchbiegung bei großer Auskragung vor dem Auflaufen auf den nächsten Pfeiler entweder durch seine geometrische Form (Anstellwinkel oder gevoutete Bauweise) oder durch eine hydraulische Vorrichtung zur Veränderung des Anstellwinkels (Winkel zwischen Vorbauschnabel und Überbau). Bei einem Hubtisch erfolgt der Höhenausgleich ebenfalls hydraulisch, jedoch unmittelbar am Hubtisch, d.h. an der Spitze des Überbaus oder Vorbauschnabels.

Längs-/Querverschub

Falls es die Platzverhältnisse vor oder seitlich der späteren Lage zulassen, oder weil es der Bauablauf und die Aufrechterhaltung der Verkehrswege erfordern, kann die Montage des Stahlquerschnitts auch in seitlicher, evtl. leicht versetzter Lage, erfolgen. Über spezielle Verschublager und Pressenkonstruktionen kann der komplette Überbau anschließend in Längs- oder Querrichtung eingeschoben werden. Nachteilig ist zu erwähnen, dass die Unterbauten für die Montage des Überbaus meistens im Endzustand nicht mehr genutzt werden können und somit zurückgebaut werden müssen.

Einhub

Sofern es die Randbedingungen zulassen, können die einzelnen Schüsse mittels Mobilkränen abschnitts- oder sogar feldweise eingehoben werden. Hierfür ist es jedoch unabdingbar, dass das Gelände unterhalb der Brücke zugänglich ist und auch durch schwere Fahrzeuge befahren werden kann (Beispiel BAB A5 Urselbachbrücke, Ortsumgehung Hungen Talbrücke Horloff). Bei Brücken über Fließgewässer können die Mittelfelder oberhalb der Schifffahrtsrinne auch mit Pontons eingeschommen



Planen

Bauverfahren Herstellung der Verbundplatte

werden (Beispiel Carl Ulrich Brücke über den Main zwischen Frankfurt und Offenbach). Bei Ausbildung einer Stabbogenbrücke mit Verbundfahrbahnplatte kann das gesamte Stahltragwerk eingeschwommen werden. So geschehen bei der neuen Osthafenbrücke in Frankfurt am Main. Der Einhub erfolgt dann über Schwimmkrane, falls diese verfügbar sind, alternativ auch über Litzenheber an den bereits montierten Überbauteilen.

Bei der Wahl des Montageverfahrens für den Stahlüberbau spielt auch die Logistik eine Rolle. Dabei ist zu untersuchen wie die Stahlbauteile wirtschaftlich von der Fertigungsstätte zur Baustelle transportiert werden können. Die unterschiedlichen Transportarten und die möglichen Abmessungen werden in Kapitel 4.1 näher behandelt.

An dieser Stelle sollen die bereits im Bauwerksentwurf zu berücksichtigenden Randbedingungen kurz beispielhaft erläutert werden. Die Transportmöglichkeit der Stahlbauteile zur Baustelle und die als Vormontageplatz zur Verfügung stehenden Flächen haben direkten Einfluss auf das Montagekonzept. Bei innerstädtischen Straßenbrücken stehen im Allgemeinen keine ausreichend großen Flächen für eine Montage zur Verfügung. Hier kommt meistens das Einhubverfahren zum Einsatz, d.h. die einzelnen Träger des Überbaus müssen in möglichst großen Bauteilen von der Fertigungsstätte zur Baustelle transportiert werden können. Dabei ist zu untersuchen (Schleppkurven) wie diese Bauteile, z.B. mittels Schwertransporten über das vorhandene Straßennetz, antransportiert werden können. Zu beachten sind neben den Bauteilabmessungen auch deren Gewichte.

2.3

Bauverfahren Herstellung der Verbundplatte

Neben dem Montageverfahren des Stahlquerschnitts ist im Entwurf bereits eine mögliche Betonierreihenfolge (ZTV-ING T 4, 4 (1) + 4 (2)) zu planen. Die Wahl der Betonierreihenfolge und der Betonierabschnitte haben direkten Einfluss auf die Gesamttonnage des Stahlanteils und sind demnach auch bei der zum Entwurf gehörenden Tragwerksplanung zu berücksichtigen.

Neben der Wahl einer geeigneten Betonierreihenfolge muss auch eine planerisch und baupraktisch sinnvolle Festlegung der Betonierabschnittsgrenzen erfolgen. Der planerische Fokus liegt auf der Festlegung der Betonierabschnittsgrenzen in den Stützbereichen. Der Tragwerksplaner wird vor die Frage gestellt, wo der kritische Stützbereich beginnt und wo dieser endet. Als Entscheidungskriterium wird hier in der Praxis in aller Regel der Momentenverlauf eines Durchlaufträgers für den Lastzustand Eigengewicht Stahlüberbau herangezogen, der als Eingussystem hergestellt wurde. Demzufolge erstreckt sich der kritische Stützbereich mit negativer Momentenbeanspruchung entsprechend der Lage der Momentennullpunkte über



jeweils ca. 15 % der angrenzenden Feldlängen. Abbildung 2.3.1 zeigt am Beispiel des Pilgerschrittverfahrens eine entsprechende Einteilung der Betonierabschnitte in Anlehnung an die äquivalenten Stützweiten.

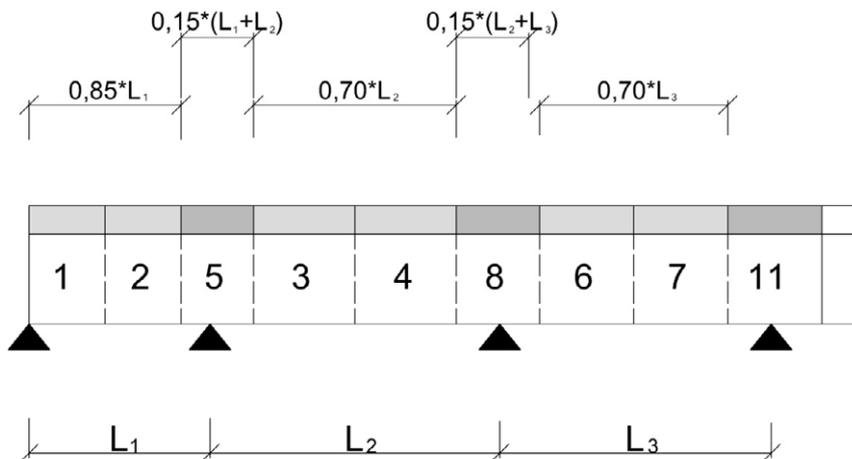


Bild 2.3.1: Praxisübliche Festlegung der Betonierabschnittsgrenzen für die Herstellung der Betonfahrbahnplatte im Pilgerschrittverfahren

Die Auswirkungen verschiedener Betonierreihenfolgen und unterschiedlicher Betonierabschnittslängen werden in Kapitel 4 ausführlicher behandelt.

Neben der Betonierreihenfolge bestimmt die Hydratationswärmeentwicklung des Betons beim Abbinden die Größe der Zwangsbeanspruchungen im System. Die hierdurch in der Platte geweckten Zugspannungen (früher Zwang) müssen im „jungen“ Beton durch rissbegrenzende Bewehrung aufgenommen werden.

Durch richtige Wahl des verwendeten Zements mit geringer Wärmeentwicklung kann sowohl die für die Rissebschränkung erforderliche Bewehrungsmenge als auch die Rissbildung im Ganzen begrenzt werden. Zu beachten ist hierbei, dass nach DIN EN 1992-2/NA:2013-04 NCI Zu 7.3.2 (102) für die Berechnung über den r -Wert anzugeben ist, ob unter sommerlichen- oder winterlichen Bedingungen betoniert wird. Geht man bei z.B. Taktschiebebrücken von einer Herstellung der Fahrbahnplatte im Wochentakt aus, ist bei der Zementwahl neben der Hydratationswärmeentwicklung die Festigkeitsentwicklung zu beachten. Dies trifft auch analog für alle statisch unbestimmte Systeme z.B. integrale Brücken zu, bei denen eine Begrenzung der Zwangsbeanspruchungen besonders wichtig ist. In besonderen Fällen sollten für den zur Verwendung bestimmten Beton Voruntersuchungen zur Bestimmung der Lösungswärme nach DIN 1164 Teil 8 durchgeführt werden.



2.4

Werkstoffe

2.4.1

Werkstoffe, Normen und Bezeichnungen vor Einführung der Eurocodes

Die Haupttragelemente des Stahlquerschnittes einer Verbundbrücke bestanden in der jüngeren Vergangenheit in der Regel aus Stahl der Güte S 355 J2G3 bzw. S 355 K2G3 bei Materialstärken ab $t = 55$ mm. Dabei bedeuten S Stähle für den Stahlbau, 355 die Mindeststreckgrenze in N/mm^2 , J2 die Kerbschlagarbeit 27 Joule bei -20 °C, bzw. K2 die Kerbschlagarbeit 40 Joule bei -20 °C und G3 die Desoxidationsart FF (doppelt beruhigt).

Der Lieferzustand für Stähle im Stahlbrückenbau war immer N (normalisiert). Dies ergab sich aus der ZTV-ING Teil 4 Stahlbau Abschnitt 2 Werkstoffe. Demnach galten für diesen Baustahl die DIN EN 10025 „Warmgewalzte Erzeugnisse aus unlegierten Baustählen; Technische Lieferbedingungen“ unter Berücksichtigung der BN 918 002.

2.4.2

Werkstoffe, Normen und Bezeichnungen nach Einführung der Eurocodes

In der Neuauflage der DIN EN 10025 Teil 1-6 sind erstmalig alle konstruktionsrelevanten Stahlsorten in einer Norm enthalten, je nach Herstellungsverfahren in den Teilen 2 bis 6. Nach dieser Norm ist unberuhigter Stahl nicht mehr zulässig. Dadurch entfallen die früheren Kennzeichnungen G1, G2, G3 und G4.

Der Stahl für den Brückenbau muss für den Lieferzustand +N bestellt werden, d.h. die jetzige Bezeichnung für oben aufgeführte Stähle lautet S355 J2+N bzw. S355 K2+N.

Bei den Stahlsorten S355 wird die Mindestzugfestigkeit für den Dickenbereich von 3 bis 100 mm von 490 Mpa auf 470 Mpa (Megapascal, alt: N/mm^2) abgesenkt. Damit werden diese Stähle den normalisierten Feinkornbaustählen in Teil 3 und den TM-Stählen in Teil 4 angeglichen.

Bei den Stahlsorten S 235 wird die Mindestzugfestigkeit in allen Dickenbereichen um 10 bis 20 Mpa gegenüber den früheren Werten erhöht.

Anstelle der in der ZTV -ING nicht datierten Bahnnorm BN 918 002-02 ist jetzt die DBS 918 002-02: 2013-01 getreten, wobei DBS für Deutsche Bahn Standard steht.

In den Abnahmeprüfbescheinigungen muss bei der Angabe der Lieferbedingungen ausdrücklich die ZTV-ING Teil 4, Abschnitt 1, Abs. 1-2 vereinbart sein.

Abweichend vom DB-Standard Punkt 4.3 bleibt es jedoch im Straßenbrückenbau bei der Regelung, dass dem Auftraggeber ein Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach EN 10204 vorzulegen ist.



Im Straßenbrückenbau dürfen nur Stahlerzeugnisse nach DIN EN 10025-1 bis -5, DIN EN 10210 und DIN EN 10219 eingesetzt werden. In den ZTV -ING Teil 4 wird der Einsatz von Stahl auf die Festigkeitsklassen S235, S355 und S460 beschränkt.

Zusätzlich sind die technischen Lieferbedingungen nach Deutsche Bahn Standard DBS 918 002-2 zu berücksichtigen.

Für tragende Bauteile von Brücken dürfen Stähle aus den Gütegruppen J0 und JR nicht verwendet werden. Nichttragende Bauteile, z.B. Schutzplanken, Geländer, werden in DIN EN 1993-2 als sekundäre Konstruktionselemente definiert.

Die Gütegruppe J bzw. K ordnet die Stahlbauteile nach ihrer Zähigkeit ein. Die Bezeichnung J2 bedeutet, dass bei einer Prüftemperatur der Probe von -20°C eine Kerbschlagarbeit von mindestens 27 Joule erreicht werden muss, bei der Bezeichnung K2 beträgt die Kerbschlagarbeit mindestens 40 Joule für Blechdicken bis 150 mm. Je höher der Wert der gemessenen Kerbschlagarbeit beim Kerbschlagbiegeversuch ist, desto zäher, also duktiler ist der Werkstoff.

Die Werkstoffe sind im Brückenbau im normalgeglühten oder normalisierten Zustand zu liefern. Dies wird durch die zusätzliche Angabe des Lieferzustands +N gekennzeichnet. Der Lieferzustand +N wird über die DBS 918 002-02 Tabelle A.2 vorgeschrieben.

Bei der Verwendung von dickeren Blecherzeugnissen ist die Verwendung von Feinkornbaustählen der DIN EN 10025-3 bzw. -4 erforderlich. Bei den Feinkornbaustählen wird nicht hinsichtlich der Gütegruppen J oder K unterschieden, da sich diese Stähle durch ihre feine Kornstruktur durch eine hohe Zähigkeit auszeichnen. Hier wird nur zwischen den Lieferzuständen N bzw. M und NL bzw. ML (L für low temperature) unterschieden, wobei die erstgenannten eine Mindestkerbschlagarbeit von 40 Joule bei einer Prüftemperatur von -20°C erreichen und die kaltzähen Feinkornbaustähle eine Kerbschlagarbeit von 27 Joule bei -50°C erreichen müssen.

Die Bezeichnung für einen Feinkornbaustahl lautet beispielhaft S355N.

Durch die aktuelle, eingeführte Normenreihe der Eurocodes wird für Straßenbrücken beim Einsatz von Stahl der Festigkeitsklasse S460 nicht länger eine Zustimmung im Einzelfall benötigt. Beim Einsatz dieses härtesten Stahls sind jedoch einige Dinge zu beachten. Die höhere Festigkeit eines S460 gegenüber einem S235 oder S355 ermöglicht die Reduzierung der erforderlichen Blechdicken im Grenzzustand der Tragfähigkeit. Die höhere Festigkeit bringt im Hinblick auf die Materialermüdung jedoch keinen Vorteil, da die Dauerfestigkeit der verschiedenen Festigkeitsklassen in der derzeitigen Normung annähernd identisch ist. In den Nachweisen gegen Ermüdung kommt somit nicht die höhere Festigkeit eines S460 zum Tragen und es ist durchaus möglich, dass in Bereichen mit Schwellbeanspruchung eine Anpassung und Vergrößerung der Blechdicken erforderlich wird.

Die Ermüdungsfestigkeit für Baustähle nimmt mit höheren Zugfestigkeiten nicht signifikant zu. Im Bereich, der für die Ermüdung von Straßenbrücken relevant ist - bei



$2 \cdot 10^5$ Lastspielen – ist die Dauerfestigkeit für beide Stahlgüten annähernd gleich. Da sich dieser Umstand zunächst nur im Nachweis gegen Materialermüdung auswirkt sind Kerben, die sich im Zuge der Stahlbaufertigung nicht vermeiden lassen (metallurgische Kerben = Gefüge Schweißgut; geometrische Kerben = Schweißnähte) mit zunehmender Zugfestigkeit des Werkstoffs kritisch zu beurteilen. Erschwerend kommt hinzu, dass die höheren Festigkeiten durch Zulegieren von weiteren Elementen, z.B. Mangan, ermöglicht werden. Die Versprödung des Werkstoffs Stahl nimmt mit zunehmendem Legierungsgehalt dieser Festigkeitssteigernden Legierungsanteile (Kohlenstoff, Mangan) zu. Daher ist auch nur beim S235 ein ausgeprägtes Fließplateau in der Arbeitskurve vorhanden. Mit zunehmender Festigkeit nimmt auch das Verhältnis von Streckgrenze bzw. 0,2 % Dehnfestigkeit zur Zugfestigkeit ab.

Bei der statischen Berechnung der Stahlverbundbrücken ist der Nennwert der Festigkeiten nach DIN EN 1993-1-1 anzuwenden. Die Tabelle 3.1 enthält für die Stahlgüten S235, S355 und S460 die Streckgrenze $f_{y,k}$ und die Zugfestigkeit $f_{u,k}$ in Abhängigkeit der Erzeugnisdicke. Die rechnerischen Festigkeiten werden nur bis zu einer maximalen Erzeugnisdicke von 80 mm angegeben. DIN EN 1993-1-1/NA:2010-12 verweist im NDP zu 3.2.1(1) auf die jeweiligen Produktnormen DIN EN 10025-2 bis -6, DIN EN 10210-1 und DIN EN 10219-1. In den Produktnormen werden auch mechanische Eigenschaften für größere Erzeugnisdicken (bis > 250 mm) als Mindestwerte benannt.

Für Bleche mit einer Dicke von mehr als 100 mm wird auf die Tabelle A.9 der DBS 918-002-02 verwiesen. Hier werden zusätzliche Anforderungen an die Eigenschaften und zusätzliche technische Lieferbedingungen für die Stahlerzeugnisse gestellt, z.B. Nachweis der Z-Güte Z35 gemäß DIN EN 10164. Im Übrigen sind natürlich auch für Blechdicken kleiner 100 mm die Z-Güten relevant.

Für Bauwerke und Bauwerksteile mit nicht vorwiegend ruhender Beanspruchung sind nur Werkstoffe zu verwenden, die den Anforderungen der DBS 918 002-02 entsprechen und durch eine anerkannte Stelle geprüft wurden.

Der Prüfumfang umfasst im Wesentlichen:

- den Zugversuch an einer genormten Probe mit Angaben zur Streckgrenze, Zugfestigkeit und Brucheinschnürung,
- den Nachweis der Kerbschlagzähigkeit an genormten Proben (ISO- V Proben),
- die Ultraschallprüfung, diese erfolgt gemäß DIN EN 1090 und DBS 918 002-02 nach DIN EN 10160 für Bleche und Breitflachstähle bzw. nach DIN EN 10 306 für H- und IPE Profile sowie nach DIN EN 10 306 für Stäbe (z.B. Hänger).



- die chemische Analyse (15 Elemente, sog. erweiterte 14-er Analyse mit Angabe des Anteils von Bor),
- den Aufschweißbiegeversuch bei Blechstärken über $t=30$ mm zur Beurteilung der Sicherheit gegen Sprödbbruch entsprechend SEP 1390. Der Aufschweißbiegeversuch gilt auch für Hänger aus Rundstählen (DBS 918 002-02, Abs. 3.3.2). Für Bleche und Profile mit Blechstärken $t > 30$ mm kann auf den Aufschweißbiegeversuch verzichtet werden, wenn bei Stahlgüte S 355 Feinkornbaustahl der Typen N oder M bzw. NL oder ML bestellt wird, bei S 235 genügt dann normalisiertes Material des Typs +N. Diese Regelungen im Straßenbrückenbau sind über die, mit den ZTV-ING mit geltenden DBS 918002-02, Januar 2013, berücksichtigt.
- gegebenenfalls den Nachweis der Z-Güten bei Beanspruchung in Dickenrichtung.
- Weiterhin sind der Lieferzustand und das Erschmelzungsverfahren anzugeben.

Neben weiteren Angaben (vgl. hierzu ZTV-ING Teil 4 Stahlbau Abschnitt 1 und 2) sind die Werte dieser Prüfergebnisse im Materialzeugnis 3.2 nach DIN EN 10204 anzugeben.

Durch den Einsatz von Stählen höherer Festigkeit kann die Zahl der Einzellamellen in hoch ausgenutzten Gurten reduziert werden. Dadurch reduzieren sich die Zahl der Schweißnähte, und die Fertigungskosten. Die Kerbwirkung nimmt jedoch bei höheren Streckgrenzen kontinuierlich zu, das bedeutet, dass sogenannte Ungängen in den Schweißnähten und an der Oberfläche kritisch betrachtet werden müssen und gegebenenfalls der Nacharbeit bedürfen (kerbfrei bearbeiten). Bei Einhaltung der erforderlichen Randbedingungen hängt die Häufigkeit von Ausbesserungen hauptsächlich von der Handfertigkeit des Schweißers ab.

Die Nachbearbeitung der Schweißnähte wird über die Vorgaben der ZTV-ING geregelt. Die Schweißnähte und der benachbarte Grundwerkstoff sind im Zuge der visuellen Prüfung in die Bewertungsgruppe B nach DIN EN ISO 5817 einzuordnen. Diese Norm regelt die Zulässigkeit von äußeren (Risse, Oberflächenporen, Schweißspritzer) und inneren (Poren, Bindefehler) Ungängen. Alle außerhalb der zulässigen Grenzen befindlichen Ungängen sind im Zuge der Eigenüberwachung nachzubearbeiten. Dies soll eine Minimierung der Kerbwirkung gewährleisten. Davon ausgenommen ist das blechebene Nachbearbeiten der Schweißnähte, also das Entfernen der geometrischen Kerbe. Diese Leistung muss, falls sie z.B. aus gestalterischen Gründen gewünscht wird, gesondert ausgeschrieben werden. Im Leistungsverzeichnis ist hierfür eine eigene Position vorzusehen. Ein Mustertext ist in Kapitel 3.2 enthalten.



Die thermomechanisch gewalzte Güte M ist auf Grund ihres sehr niedrigen Legierungsgehaltes in der Schweißignung den normalisierten Stählen wirtschaftlich überlegen, da diese bei erheblich geringerer Vorwärmleistung verschweißt werden.

Die DASt-Richtlinie 009 ist in der aktuellen Fassung, 2008, gültig. Die Richtlinie basiert auf dem bruchmechanischen Spröbruchkonzept und wurde in Teil 1-10 des Eurocode 3 aufgenommen. Die DASt-Richtlinie 009 regelt die Stahlsortenauswahl für geschweißte Stahlbauten. In Abhängigkeit der Einsatztemperatur, bei Straßenbrücken $T = -30^{\circ}\text{C}$, und der zu erwartenden Auslastung der Stahlkonstruktion wird je nach Stahlgüte die maximale Erzeugnisdicke angegeben. Die entsprechende Tabelle ist nachfolgend abgebildet.

Die Tabellen der DASt-Richtlinie wurden in die Eurocodes übernommen und sind mit deren Einführung durch die DIN EN 1193-1-10 bauaufsichtlich geregelt. Ein ausführlicher Hintergrundbericht zu den Grundlagen der Stahlgütenwahl ist in [XXV] enthalten.

Tabelle 2. Maximal zulässige Erzeugnisdicken t_z [mm]

Stahlsorte		Kerbschlagarbeit		Referenztemperatur T_{Ed} [°C]																				
Stahl-	Güte-	bei	KV	$\sigma_{Ed} = 0,75 \cdot f_y(t)$						$\sigma_{Ed} = 0,50 \cdot f_y(t)$						$\sigma_{Ed} = 0,25 \cdot f_y(t)$								
				T	[J _{min}]	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30
S235	JR	20	27	60	50	40	35	30	25	20	90	75	65	55	45	40	35	135	115	100	85	75	65	60
	JO	0	27	90	75	60	50	40	35	30	125	105	90	75	65	55	45	175	155	135	115	100	85	75
	J2	-20	27	125	105	90	75	60	50	40	170	145	125	105	90	75	65	200	200	175	155	135	115	100
S275	JR	20	27	55	45	35	30	25	20	15	80	70	55	50	40	35	30	125	110	95	80	70	60	55
	JO	0	27	75	65	55	45	35	30	25	115	95	80	70	55	50	40	165	145	125	110	95	80	70
	J2	-20	27	110	95	75	65	55	45	35	155	130	115	95	80	70	55	200	190	165	145	125	110	95
	M,N	-20	40	135	110	95	75	65	55	45	180	155	130	115	95	80	70	200	200	190	165	145	125	110
S355	ML,NL	-50	27	185	160	135	110	95	75	65	200	200	180	155	130	115	95	230	200	200	200	190	165	145
	JR	20	27	40	35	25	20	15	15	10	65	55	45	40	30	25	25	110	95	80	70	60	55	45
	JO	0	27	60	50	40	35	25	20	15	95	80	65	55	45	40	30	150	130	110	95	80	70	60
	J2	-20	27	90	75	60	50	40	35	25	135	110	95	80	65	55	45	200	175	150	130	110	95	80
S420	K2,M,N	-20	40	110	90	75	60	50	40	35	155	135	110	95	80	65	55	200	200	175	150	130	110	95
	ML,NL	-50	27	155	130	110	90	75	60	50	200	180	155	135	110	95	80	210	200	200	200	175	150	130
	M,N	-20	40	95	80	65	55	45	35	30	140	120	100	85	70	60	50	200	185	160	140	120	100	85
	ML,NL	-50	27	135	115	95	80	65	55	45	190	165	140	120	100	85	70	200	200	200	185	160	140	120
S460	Q	-20	30	70	60	50	40	30	25	20	110	95	75	65	55	45	35	175	155	130	115	95	80	70
	M,N	-20	40	90	70	60	50	40	30	25	130	110	95	75	65	55	45	200	175	155	130	115	95	80
	QL	-40	30	105	90	70	60	50	40	30	155	130	110	95	75	65	55	200	200	175	155	130	115	95
	ML,NL	-50	27	125	105	90	70	60	50	40	180	155	130	110	95	75	65	200	200	200	175	155	130	115
S690	QL1	-60	30	150	125	105	90	70	60	50	200	180	155	130	110	95	75	215	200	200	200	175	155	130
	Q	0	40	40	30	25	20	15	10	10	65	55	45	35	30	20	20	120	100	85	75	60	50	45
	Q	-20	30	50	40	30	25	20	15	10	80	65	55	45	35	30	20	140	120	100	85	75	60	50
	QL	-20	40	60	50	40	30	25	20	15	95	80	65	55	45	35	30	165	140	120	100	85	75	60
	QL	-40	30	75	60	50	40	30	25	20	115	95	80	65	55	45	35	190	165	140	120	100	85	75
	QL1	-40	40	90	75	60	50	40	30	25	135	115	95	80	65	55	45	200	190	165	140	120	100	85
QL1	-60	30	110	90	75	60	50	40	30	160	135	115	95	80	65	55	200	200	190	165	140	120	100	

Anmerkung: Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden. Extrapolationen in Bereiche außerhalb der angegebenen Grenzen sind nicht zulässig.

Für Bauteile, die ausschließlich Druckspannungen ausgesetzt sind, ist das Spannungsniveau $\sigma_{Ed} = 0,25 \cdot f_y(t)$ anzuwenden.

Die in Spalte 4 angegebenen Kerbschlagarbeitswerte KV beziehen sich auf Längsproben mit V-Kerbe. Werden die in den Technischen Lieferbedingungen (Produktnormen) spezifizierten Werte an V-gekerbten Querproben erfüllt, ist dies als gleichwertig anzusehen.



T_{Ed} wird nach EN 1993-1-10:2005 + AC:2009 (D) Gleichung 2.2 berechnet. Für Brücken ist die niedrigste Lufttemperatur T_{md} nach DIN EN 1993-1-10/NA:2010-12 Tabelle NA.A.1 mit $T_{md} = -30^{\circ}\text{C}$ anzusetzen.

Unter Vernachlässigung der restlichen Summanden der Gleichung 2.2, beträgt beispielhaft für eine Verbundbrücke $T_{Ed} = -30^{\circ}\text{C}$ bei einer Ausnutzung von 50 % der Streckgrenze die maximale Erzeugnisdicke für einen S355J2 $t = 65$ mm, für einen S355K2 $t = 80$ mm.

QM-System: Zertifiziert nach ISO 9001		DILLINGER HÜTTE	
Erfüllungen siehe Rückseite/Explanations voir au verso/See reverse for explanations (www.dillinger.de/certificate)			
A02	ABNAHMEPRÜBFZEUGNIS	3.2 NACH EN 10204 : 2004	Blatt
	ABNAHMEPRÜBFZEUGNIS	3.2 NACH ISO 10474 : 2013	A09/ Werkauftrags-/ A03 Beschleunigungs-Nr.
A05	Aussteller Abnahmeweg	A07.1 Nr.	B01 Erzeugnis
TUV	Empfänger	A07.2 Nr.	GROBBLESCHE
B02/ Stahlbezeichn.	S355NL+Z35		
B03 Anforderungen	DBS-918002-02;13 / DIN-EN10025-3:05 DIN-EN10164:05		
B01-B99 Beschreibung des Erzeugnisses			
B14 Pos. Nr.	B08 Stückzahl	B10 Breite	B11 Länge
01	1	110,00 x 2360	x 8140
***	1	MM	
		B12 Theoretische Masse	B04 Lieferzustand des Erzeugnisses
		16588 KG	N
		B07.1 Walztafel-/ Problem-Nr.	B07.2 Schmelz-Nr.
		93676-01	410152
			Ist-Masse: 16829 KG
B06 Kennzeichnung des Erzeugnisses			
POSITION-NR. : 01			
STAHLBEZEICHNUNG S355NL Z35			
SCHMELZEN-NR. / HERSTELLERZEICHEN / WALZTADEL-NR. - PROBEN-NR. / ABNAHMEPRÜFSTEMPEL			
B07-B99 Ergänzende Angaben zur Identifizierung des Erzeugnisses			
POSITION-NR. : 01			
DICKENVERFORMUNGSGRAD >= 2,0			
C10-C29 Zugversuch			
B14 Pos. Nr.	B07.2 Schmelz-/ Problem-Nr.	C01 Temp. GRG	C02/ C03 C01
01	410152 93676	K4 L RT	376
		K4 Q RT	353
		K4 SV RT	
		K4 SV RT	
			MPA
			BEH
			Lo=SD
			A
			C13
			RM
			5,22
			5,17
			C14-C15
			Z
			%
			74,2
			72,7
			74,6
A04	Z01/Z02/Z03: Es wird bestätigt, dass die Lieferung den Vereinbarungen bei der Bestellung entspricht.		A01
	71 201 14 WADH 0511		AG der Dillinger Hüttenwerke
	GEPÜFT/CHECKED/VERIFIE		Postfach 1580, D-66748 Dillingen/Saar
	SGS-TÜV		Abnahme
	Dillier Bervian		
	AHD		
	Der Abnahmebeauftragte		Datum: 25.08.14
	Der Abnehmer		ML 1

Bild 2.4.2: Abnahmeprüfzeugnis 3.2



2.5

Lastannahmen

2.5.1

Zusammenstellung der Regelwerke

Mit der bauaufsichtlichen Einführung der sogenannten Eurocodes wurde die bisher gültige Normengrundlage der DIN Fachberichte abgelöst. Zurzeit gelten im Verbundbrückenbau die folgenden harmonisierten Europäischen Normen einschließlich der zugehörigen Nationalen Anhänge:

- DIN EN 1990 Grundlagen der Tragwerksplanung
- DIN EN 1991-1-1 Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-1:
Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke -
Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten
im Hochbau
- DIN EN 1991-2 Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 2:
Verkehrslasten auf Brücken
- DIN EN 1994-1-1 Bemessung und Konstruktion von
Verbundtragwerken aus Stahl und Beton - Teil 1-1:
Allgemeine Bemessungsregeln und
Anwendungsregeln für den Hochbau
- DIN EN 1994-2 Bemessung und Konstruktion von
Verbundtragwerken aus Stahl und Beton - Teil 2:
Allgemeine Bemessungsregeln und
Anwendungsregeln für Brücken

Über die Norm DIN EN 1994-1-1 werden die Normen DIN EN 1990 bis 1993 und 1997 bis 1998 mit aufgerufen. Für die Nachweise des reinen Stahlüberbaus, z.B. für Montagezustände, sind daher die Nachweise nach DIN EN 1993-2 zu führen.

2.5.2

Einwirkungen auf Brücken im Endzustand

A. Ständige Einwirkungen

- Eigengewicht der Brücke (Beton: $\gamma = 25,0 \text{ kN/m}^3$, Stahl $\gamma = 78,5 \text{ kN/m}^3$)
- Ausbaulasten entsprechend der Wichten der verwendeten Materialien (Kappen, Abdichtung und Belag, Schutzeinrichtungen und Geländer, Lärmschutzwände, etc.)



- Umlagerung der Schnittgrößen aus Kriechen und Schwinden des Betons für $t = \infty$
- Eingeprägte Schnittgrößen aus der Montage, z.B. Verbundabsenken
- Für Mehreinbau beim Fahrbelag ist zusätzlich eine gleichmäßig verteilte Last von $0,5 \text{ kN/m}^2$ zu berücksichtigen (DIN Fachbericht 101:2009, wird über DIN EN 1991-1-1/NA NDP zu 5.2.3 aufgerufen) bzw. über Anhang 3 zum ARS 22/2012

B. Einwirkungen aus Straßenverkehr, vertikale Belastungen

- Lastmodell 1 (LM1) nach DIN EN 1991-2 Abschnitt 4.3.2 bestehend aus der Doppelachse (TS) und gleichmäßig verteilter Belastung (UDL) für den Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS) und im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (SLS) sowie für den vereinfachten Nachweis gegen Materialermüdung
- Lastmodell 4 (LM4), Menschenansammlungen nach DIN EN 1991-2 Abschnitt 4.3.5
- Ermüdungslastmodell 3 nach DIN EN 1991-2 Abschnitt 4.6.4 für den Nachweis gegen Materialermüdung

C. Einwirkungen aus Straßenverkehr, horizontale Belastungen

- Lasten aus Bremsen und Anfahren nach DIN EN 1991-2 Abschnitt 4.4.1
- Fliehkraft und andere Querlasten nach DIN EN 1991-2 Abschnitt 4.4.2

D. Einwirkungen für Geh- und Radwegbrücken

- Gleichmäßig verteilte Last q_{fk}
- Konzentrierte Einzellast Q_{fwk} für Fußgängerverkehr bzw. Q_{serv} für Dienstfahrzeuge
- 10 % der gleichmäßig verteilten Last als horizontale, längsgerichtete Einwirkung bzw. 60 % des Dienstfahrzeuggewichts

E. Windeinwirkungen

- Windeinwirkung nach DIN EN 1991-1-4 Abschnitt 8
- Vereinfachter Ansatz der Windeinwirkungen nach DIN EN 1991-1-4/NA Abschnitt NA.N für nicht schwingungsanfällige Deckbrücken und Bauteile



F. Temperatureinwirkungen nach DIN EN 1991-1-5 Abschnitt 6

- Für den konstanten Temperaturanteil ist zusätzlich der Nationale Anhang, DIN EN 1994-2 sowie ARS 22/2012 Anlage 2 zu berücksichtigen

G. Militärlasten, falls gefordert, nach STANAG 2021

H. Sonstige Einwirkungen

- Setzungen, Verformungen des Baugrunds auch unter Berücksichtigung von DIN EN 1992-1-1 u. DIN EN 1992-1-1/NA NCI zu 2.3.1.3 (4)
- Bemessungssituation Lageraustausch (gr6) mit reduzierten Verkehrslasten (50 %) nach DIN EN 1991-2/NA Abschnitt 4.5.1
- Schneelasten bei überdachten Brücken nach DIN EN 1991-1-3
- Außergewöhnliche Einwirkungen, z.B. Anprall durch Fahrzeuge, Schiffe, etc.
- Reaktionskräfte infolge von Lagern und Übergangskonstruktionen

2.5.3

Einwirkungen auf Brücken im Montagezustand

A. Einwirkungen aus Schal- und Rüstkonstruktionen und Lasten des Baubetriebes

Belastungen aus Schal- und Rüstkonstruktionen, Vorbauwagen, Vorschub-schnäbeln sowie Lasten auf Pfeilertischen (bei Freivorbau) u.ä. sind hinreichend genau festzulegen und ggf. mit ihren oberen und unteren Grenzwerten ungünstig zu berücksichtigen. Dies gilt auch für die Lagerung von Baustoffen, kleineren Baugeräten, Arbeitsbühnen und Laufstegen.

Betonierlasten mit erhöhtem Frischbeton-Eigengewicht (DIN EN 1991-1-1:2010-12, Anhang A, Tabelle 4.1) sind in der Reihenfolge der Betonierabschnitte aufzubringen (z. B. Pilgerschritt-Verfahren). Das Gleiche gilt für das Ausschalen und für das Differenzgewicht des erhärteten Betons. Hierbei sind die Steifigkeiten entsprechend der Bauwerksgeschichte, d.h. der bereits fertig gestellten Betonierabschnitte (Verbund-Steifigkeiten, übrige Bereiche mit Stahl-Steifigkeiten) zu berücksichtigen. Kriech- und Schwind einflüsse sind ebenfalls zu berücksichtigen.

Für den Überbau sind in den Bauzuständen und im Endzustand für die Nachweise der Lagesicherheit günstig und ungünstig wirkende Anteile



der ständigen Einwirkung getrennt zu betrachten und mit den entsprechenden Teilsicherheiten gemäß DIN EN 1990, Anhang A2 anzusetzen.

B. Einwirkungen beim Taktschiebeverfahren

Werden Überbauten im Taktschiebeverfahren o.ä. erstellt, so gilt Absatz a) auch für die Zwischenjoche.

Bodenplatten von Hohlkästen sind für eine gleichmäßig verteilte Last von $q = 0,75 \text{ kN/m}^2$ zu bemessen. Sie sind mit sonstigen Einwirkungen aus Verkehr nicht zu überlagern.

Ferner sind zur Berücksichtigung von Toleranzen und Lagerreibung die Regelungen der ZTV-ING Teil 6 Abschnitt 2 zu beachten. Hierbei sind sowohl in Längs- als auch in Querrichtung Bauungenauigkeiten in Form von Lagerzwangsverformungen zu berücksichtigen. Bzgl. der dort angegebenen max. Lagerreibung von 4 % ist sicherzustellen, dass diese Werte auch in allen Situationen gewährleistet sind.

Dies ist insbesondere nach längeren Haltephasen und Wiederbeginn des Verschiebens aufgrund der zu überwindenden Haftreibung unter baupraktischen Bedingungen nicht immer möglich. Hier können kurzzeitig die 2- bis 3-fachen Haftreibungsbeiwerte auftreten. Sofern die 4%-ige Lagerreibung nicht sicher gewährleistet werden kann, empfiehlt es sich den Ansatz zu verdoppeln. Extreme Reibungsbeiwerte, welche noch darüber hinausgehen, sind dann über den Teilsicherheitsbeiwert von 1,5 noch abgedeckt. Da prinzipiell technische Defekte, d.h. ein unvorhersehbarer Stopp des Verschubs, nicht ausgeschlossen werden können, ist eine Beschränkung der Empfehlung auf die Situationen zum jeweiligen Taktbeginn nicht sinnvoll bzw. im Einzelfall zu prüfen.

Die Lagerreibung von 4 % ist als Erfahrungswert zu verstehen und nicht normativ geregelt. Beim Vershub des Überbaus ist über die Aufzeichnung der Pressenkräfte und die Messung des zugehörigen Vershubwegs ein Rückschluss über die Rückstellkräfte bzw. Reibungsverluste an den Lagern möglich. Für den Fall, dass die Lagerreibung größer wird als der rechnerisch berücksichtigte Ansatz, können die Vershublager mit zusätzlichem Gleitmittel versehen werden um die Reibung zu verringern. Darüber hinaus ist zu beachten, dass die Überhöhung aufgrund der statischen Unbestimmtheit und der im Vergleich zum Endzustand (für den die Überhöhung ausgelegt ist) abweichenden Positionierung der Lager Beanspruchungen des Tragwerks hervorrufen. Diese sind nicht nur in statischer Hinsicht relevant, sondern beeinflussen auch die maßgeblichen Verformungen.



C. Nachweis der Lagesicherheit

Für den Nachweis der Lagesicherheit gilt DIN EN 1990. Vorbauwagen, Vorbauschnabel u.ä. zählen dabei als ständige Last. Das Frischbetongewicht einschl. Bewehrung ist jedoch als Verkehrslast zu betrachten. Die Lagesicherheit des jeweilig teilfertiggestellten Bauwerks ist in jedem Fall nachzuweisen. Dies bedeutet jedoch nicht zwingend, dass die Lagesicherheit jedes Auflagerpunktes im Zuge des Verschubs ebenfalls erfüllt sein muss, wie es vergleichsweise im Endzustand der Fall ist (i.d.R. keine abhebenden Lagerkräfte). D.h. der Überbau kann während des Verschubs durchaus von einzelnen Lagern abheben. Die Auswirkungen sind in statischer Hinsicht nachzuweisen. Besonderes Augenmerk ist dabei auf die Abtragung der Windlasten bzw. der Auslegung der horizontalen Führung des Überbaus zu legen.

D. Einfluss der abfließenden Hydratationswärme

Durch abfließende Hydratationswärme (DIN EN 1994-2:2010-12 Abschnitt 7.4.1(6)) ergeben sich Beanspruchungen ähnlich dem Schwinden der Fahrbahnplatte. Bei Einfeldträgern ergeben sich zusätzliche Durchbiegungen, bei statisch unbestimmten Tragwerken zusätzliche Zwangsbeanspruchungen des Tragwerks.

Inbesondere bei Einfeldtragwerken sind die Verformungen aus abfließender Hydratationswärme bei der Überhöhung des Tragwerks zu berücksichtigen. Die Verformungen und Beanspruchungen können durch Einsatz eines langsam abbindenden Zementes oder gekühlter Zuschlagstoffe verringert werden.

Der Einfluss der abfließenden Hydratationswärme ist bei Einsatz von Betonierhilfsstützen besonders groß („eingefrorene Zwängungen“); er ist auch für die Bestimmung der Hilfsstützenkräfte zu beachten.



Statische Berechnung einer Verbundbrücke

2.6

Entwurfsstatik/ Statische Vorberechnung

2.6.1

Die statische Vorberechnung als Grundleistung der Tragwerksplanung in der Leistungsphase 3 nach HOAI dient neben der grundsätzlichen Dimensionierung der Querschnitte auch für eine abgesicherte Massenermittlung für die Kostenberechnung der Objektplanung.

Der Umfang der in der Entwurfsstatik zu erbringenden Leistungen ist im ARS 22/72 bzw. RAB-ING - Teil 5 Entwurfsstatik - Abschnitt 1 Grundsätzliches festgelegt. Zur Entwurfsstatik gehören u.a. Spannungs-, Rissesicherungs- und Bruchsicherheitsnachweise in den für die Bemessung maßgebenden Querschnitten und, soweit kritisch, Nachweis der Sicherheit gegen Verformungen und Stabilitätsnachweise.

Schon in der statischen Vorberechnung müssen daher neben dem Endzustand auch die zum geplanten Montage- und Betonagekonzept zugehörigen maßgeblichen Bauzustände mit abgebildet und nachgewiesen werden. Sofern nach ZTV-ING - Teil 4 Stahlbau, Stahlverbundbau - Abschnitt 1 Stahlbau 1 (9) Unterschiede zwischen Bauzustand und Endzustand bestehen, sind die Auswirkungen auf den Materialaufwand zu untersuchen. Dies können zusätzlich erforderliche Montage- oder Stabilisierungsverbände oder das Stabilitätsverhalten der Gurte bei taktgeschobenen offenen Querschnitten sein.

Die Bauzustände werden durch die Entwurfsplanung unter Berücksichtigung der maßgeblichen Randbedingungen, z.B. Montageverfahren und Bauablauf, festgelegt und in der statischen Vorberechnung abgebildet. Die dem Entwurf zugrunde liegende Montage- und Betonierreihenfolge hat maßgeblichen Einfluss auf die Materialverteilung im Stahlüberbau und ist daher im Erläuterungsbericht zu dokumentieren. Die aus der statischen Vorberechnung ermittelten Querschnitte sind im Erläuterungsbericht, z.B. in Form einer schematischen Materialverteilung festzuhalten aus der die in der statischen Vorberechnung ermittelten Blechdicken hervorgehen, da die Erzeugnisdicke der angesetzten Bleche die rechnerisch zulässigen Festigkeiten des Werkstoffs Stahl bestimmen. Sowohl die Streckgrenze, als auch die Zugfestigkeit nehmen mit zunehmender Blechdicke ab und werden in DIN EN 1993-1-1 (Tabelle 3.1) bzw. den Produktnomen der DIN EN 10025 angegeben. Bei verstärkten Gurten ist die Anzahl der Lamellen mit Angabe der maximalen Blechdicke anzugeben, sie bestimmen nach DIN EN 1993-1-10 Tabelle 2.1 auch die Auswahl der Stahlsorten (siehe auch Abschnitt 2.4.1 Bild 2.1.5 und Abschnitt 3.2).



Planen

Statische Berechnung einer Verbundbrücke

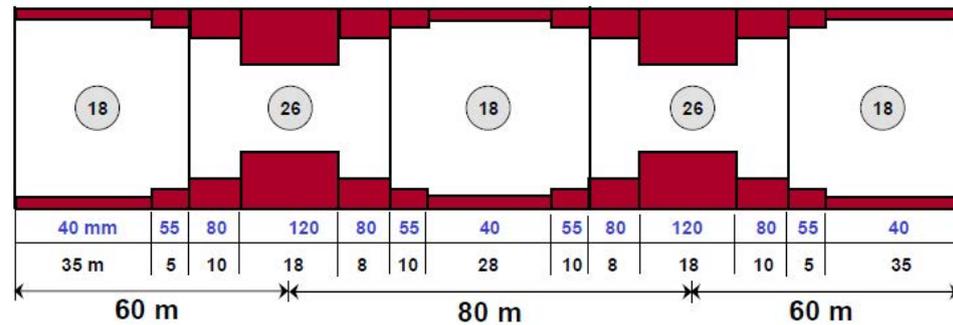


Bild 2.6.1: Beispiel Materialverteilung (Beispiel aus "Eurocodes - Background and applications EN 1994 Part 2 Composite bridges")

Die statische Vorberechnung liefert eine ausreichende Grundlage, um einen ersten Materialverteilungsplan für den Bauwerksentwurf aufzustellen. Dieser dient für den Bauherren als Grundlage zur Überprüfung der Stahlmassen bei der Ausführung des Bauwerks.

Der Elastizitätsmodul für den Beton der Verbundplatte ist in der statischen Vorberechnung zu benennen und bei der Ausführung der Brücke zu überprüfen, siehe ZTV-ING - Teil 4 Stahlbau, Stahlverbundbau - Abschnitt 2 Stahlverbundbau 2.3 (2). Besonders im Stahlverbundbau werden auch schon in der Vorstatik einige Detailnachweise erforderlich, z.B. der Nachweis der Verbundmittel.

Die Nachweise zur Rissbreitenbeschränkung und des maximalen Bewehrungsgrades der Verbundplatte sind schon in der statischen Vorberechnung zu führen, da die Steifigkeitsverteilung des Verbundquerschnitts vom Zustand der Verbundplatte (gerissen, ungerissen) maßgeblich beeinflusst wird. Weiterhin sind bei der Nachweisführung die Vorgaben der ZTV-ING Teil 4-2, hinsichtlich der Bewehrungsführung und der zulässigen Abstände der Längs- und Querbewehrung, zu berücksichtigen.

Ein Nachweis der Z-Güte wird in der statischen Vorberechnung nicht geführt, da hierfür eine Detailplanung erforderlich ist, die erst in der Ausführungsplanung durchgeführt werden kann und muss. Im Allgemeinen wird bei den Stahlkonstruktionen für einen gewissen Anteil an Blechen eine erforderliche Z-Güte $\geq Z15$ erforderlich. Die genaue Festlegung ist u.a. von der Fertigungsreihenfolge, von den Schweißnahtdetails und von der tatsächlichen Blechabstufung abhängig, welche im Rahmen einer statischen Vorberechnung nicht genau festgelegt werden können. Insofern empfiehlt es sich den Z-Güte-Bedarf anhand üblicher Konstruktionsdetails abzuschätzen. Dies gilt insbesondere bei größeren Blechdicken ($t > 25\text{mm}$, z.B. Bodenbleche im Stütz-bereich). Bei geringerem Z-Güte-Bedarf kann man auch im Erläuterungsbericht darauf hinweisen und bei der Erstellung der Verdingungsunterlagen diese mit einem

Freitext im Leistungsverzeichnis einschließen.

Ein wichtiges Thema bei Stahl- und Stahlverbundbrücken ist das Stabilitätsversagen von großen Blechfeldern, wie sie beim Überbauquerschnitt einer Straßenbrücke üblicherweise vorliegen.

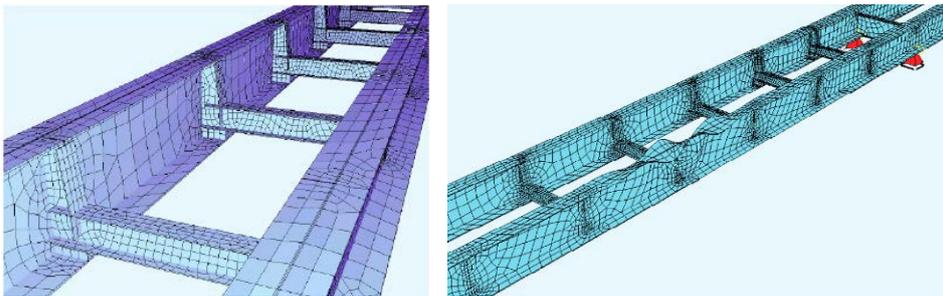


Bild 2.6.2: Beispiel Stabilitätsnachweis offener Querschnitt mit Querrahmen beim Taktstie-ben

Bereits in der statischen Vorbemessung sind die Querschnittsklassen der Tragelemente durch Ermittlung der c/t -Verhältnisse zu ermitteln und den Spannungsnachweisen zugrunde zu legen.

Die praktische Erfahrung zeigt, dass im Zuge der Entwurfsstatik die Spannungsnachweise häufig im rein elastischen Bereich durchgeführt werden, obwohl die gewählten Querschnittsabmessungen eine Bemessung im plastischen Bereich zuließe. In nachstehender Grafik aus [IX] ist zur Verdeutlichung der Zusammenhang zwischen Querschnittklassifizierung, Querschnittstragfähigkeit und Schnittgrößenermittlung dargestellt.

Die Masseneinsparungen können bei plastischer Bemessung, wie die Erfahrung zeigt, gegenüber rein elastischer Bemessung bis zu 40% und mehr betragen. Für den Ausschreibenden ist daher die Kenntnis des gewählten Bemessungsverfahrens nicht nur eine wirtschaftliche, sondern auch eine vertragsrechtlich relevante Information, da z.B. bei Pauschalierung durch den Auftragnehmer, die Einsparungen nur zum geringen Teil weitergegeben werden.



Planen

Statische Berechnung einer Verbundbrücke

Lässt man rein wirtschaftliche Aspekte außen vor, sind die Vorteile elastischer Bemessung:

- robusteres Bauwerk durch plastische Tragreserven
- einfachere unkompliziertere Herstellung, da wegen der größeren Blechdicken weniger Verzug beim Schweißen entstehen
- Beulsteifen können entfallen
- geringere Verformungen im Bau- und Endzustand

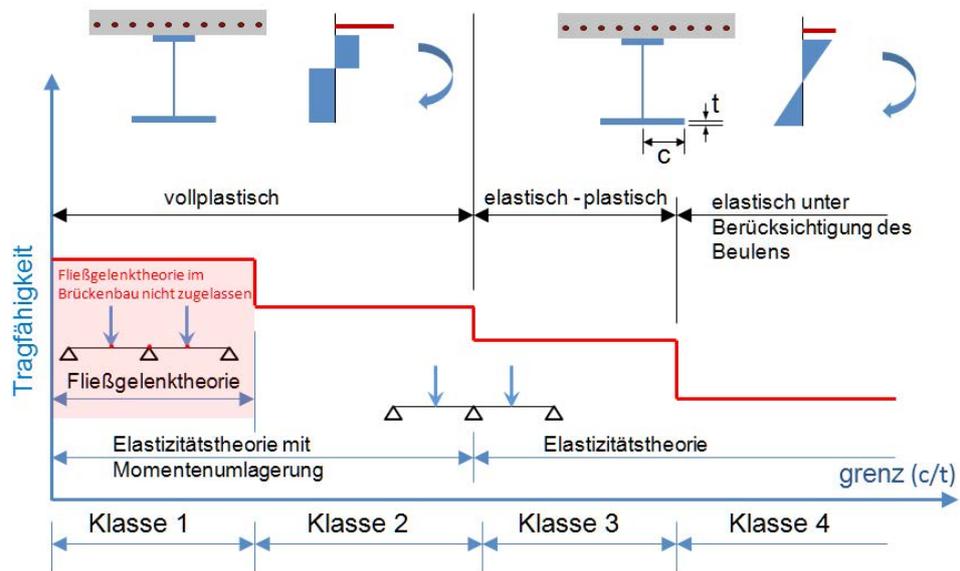


Bild 2.6.3: Aus [IX] Leitfaden zum DIN Fachbericht 104 - Verbundbrücken, Abbildung 4-2

Unabhängig von der Querschnittsklassifizierung ist, sofern erforderlich, durch die Wahl geeigneter Längsaussteifung der Blechfelder ein Stabilitätsversagen infolge Plattenbeulen auszuschließen. Dies führt zu einer gesicherten Massenermittlung der beulgefährdeten Stahlbleche, z.B. der Stegbleche begehbare Hohlkästen. Die Längssteifen sind vorzugsweise aus geschlossenen Profilen vorzusehen, z.B. Trapezhohlsteifen. Zum einen ist gegenüber einer Flachsteife der statische Vorteil hervorzuheben (größeres Flächenträgheitsmoment, günstigere Knickspannungslinie im Rahmen der Beulnachweise, optimierter Materialeinsatz), zum anderen reduziert sich die mit Korrosionsschutz zu beschichtende Fläche. Desweiteren kann der Schweißaufwand für die Beulaussteifung reduziert werden. Bei Verwendung von Trapezhohlsteifen werden mit 2 Längsnähten insgesamt 2 Stege an das auszusteiende Blech angeschweißt. Sind hingegen Flachsteifen vorgesehen, werden je Steife 2 Längs-



nähte als Kehlnaht und die doppelte Anzahl von Umschweißungen bei Durchdringungspunkten durch die Querträger erforderlich. Für die gleiche Anzahl an Aussteifungselementen wird somit die doppelte Anzahl von Schweißnähten notwendig. Eine grafische Gegenüberstellung ist in Bild 2.6.4 dargestellt.

Als einziger und für übliche Konstruktionen nicht wesentlicher Nachteil sei darauf hingewiesen, dass der Einsatz von Trapezhohlsteifen eine gewisse Mindesthöhe der Querträger bedingt, damit der verbleibende Steg unterhalb der Trapezöffnung und Freischnitt die Querkraft aufnehmen kann. Ferner sind die oberen Halsnähte der Querträgerstege aufgrund der Schwächung durch die Trapezöffnungen höher beansprucht und auch das Stegblech erhält im Rahmen des sogenannten „Sägezahn-Nachweises“ (vgl. DIN EN 1993-2 Bild 9.4) zusätzliche Beanspruchungen. Insgesamt überwiegen jedoch die Vorteile einer Trapezsteifenverwendung eindeutig.

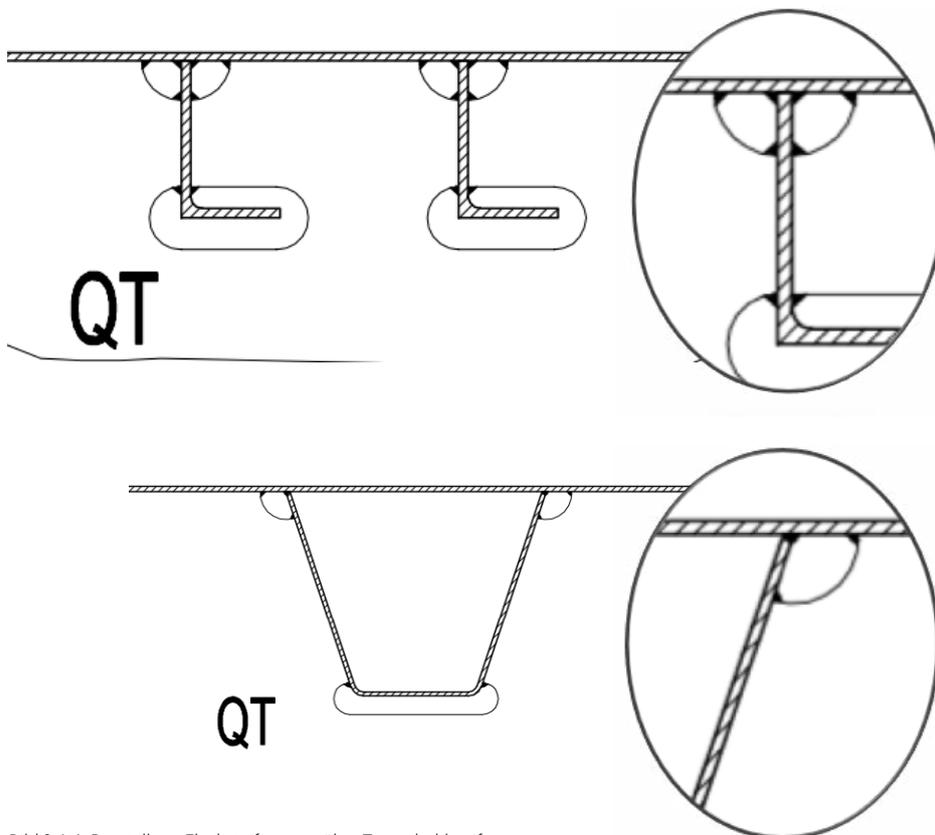


Bild 2.6.4: Darstellung Flachstife gegenüber Trapezhohlstife



Planen

Statische Berechnung einer Verbundbrücke

Die Entwurfsstatik bzw. statische Vorberechnung kann und soll nicht den Detaillierungsgrad einer Ausführungsstatik besitzen. Daher können vereinfachte Rechenannahmen durch den Tragwerksplaner angesetzt werden, die den Modellierungs- und Rechenaufwand vereinfachen, aber dennoch eine ausreichende Sicherheit für die Massenermittlung liefern.

Dies trifft in erster Linie für die Abbildung des statischen Systems zu. Zu Beginn der Tragwerksplanung ist die genaue Steifigkeitsverteilung der Querschnitte in der Längsabwicklung unbekannt und kann daher mit Hilfe der in Kapitel 1 genannten Kennzahlen abgeschätzt werden.

Die Steifigkeitsverteilung einer Verbundbrücke ist ganz wesentlich von den mittragenden Breiten und dem Zustand der Verbundplatte (gerissen / ungerissen) abhängig. Eine vergleichsweise aufwändige iterative Berechnung zur Bestimmung, welche Bereiche sich im Zustand II befinden, kann für die Steifigkeitsverteilung vermieden werden, sofern man sich in den Grenzen des in DIN EN 1994-2 Abschnitt 5.4.2.3 (3) angegebenen Nährungsverfahrens befindet (Verhältnis der an der Innenstütze angrenzenden Stützweiten $l_{\min}/l_{\max} > 0,6$). Dies gilt für die Steifigkeitsverteilung der Schnittgrößenermittlung. Für die Bemessung der Querschnitte ist das Rissverhalten natürlich entsprechend den einschlägigen Regelungen zusätzlich zu erfassen. Im Hinblick auf Fälle, welche nicht durch das o.g. Nährungsverfahren abgedeckt sind, wird auf die Regelungen der DIN EN 1994-2 5.4.2.3 (2) verwiesen. Der von der Objektplanung vorgesehene Bauablauf ist bereits in der Entwurfsstatik mit den maßgebenden Bauzuständen abzubilden und nachzuweisen. Als Annäherung ist es jedoch ausreichend die prinzipielle Betonierfolge abzubilden, d.h. es muss nicht jeder Betonierabschnitt einzeln berücksichtigt werden.

Die Einflüsse aus Kriechen und Schwinden können in der heutigen Zeit durch die Möglichkeiten der EDV mit geringem Aufwand programmintern ermittelt werden. Da die Plausibilitätsprüfung der Rechenergebnisse besonders bei statisch mehrfach unbestimmten Tragwerken einen erhöhten Aufwand bedeutet, ist eine Abschätzung der Zwangsbeanspruchungen durch einen äquivalenten Temperaturlastfall ausreichend.

2.6.2

Vorgezogene Ausführungsplanung

Hessen Mobil geht zunehmend dazu über, Genehmigungs- und Ausführungsplanungen nach Lph. 4 und 5 der HOAI bereits vor der Bauausführung erstellen zu lassen und dem Leistungsverzeichnis geprüft beizulegen. Der Umfang der Leistungen wird in der Regel wie folgt ausgeschrieben:

**Beispiel für eine Taktschiebebrücke mit Hilfsstützen während des Verschubs:**

1. Vom AN ist für die Brückenneubauten die Genehmigungs- und Ausführungsplanung zu erstellen sowie die Vergabe vorzubereiten und zu begleiten. Die Leistungen umfassen die Leistungsphasen 4 bis 7 der Objekt- und Tragwerksplanung nach HOAI / HVA-F StB.
2. Weiterhin sind vom AN für die Baubehelfe für das Bauverfahren (u. a. Taktkeller, Hilfsstützen) und die Verbauten die Entwurfsplanung zu erstellen. Die Leistungen umfassen die Leistungsphasen 3 der Objekt- und Tragwerksplanung nach HOAI / HVA-F StB.
3. Die Leistungen für den Neubau, die Baubehelfe und Verbauten erfolgen auf der Grundlage der DIN EN 1990 -1997 sowie den Nationalen Anhängen unter Beachtung des aktuellen Verkehrslastmodells LM1 (gemäß EC).
4. Die Form und die Art der zu erbringenden Leistung haben gemäß der ZTV-ING, der AVB-ING, der TVB-Brücken und der „Richtlinie zur Erstellung von Ausführungsunterlagen für Stahlbauten“ (DTSV 2008) zu erfolgen.
5. Die Vorgaben aus den genehmigten Bauwerksentwürfen sind zu beachten.
6. Der AN erstellt die Genehmigungs- und Ausführungsunterlagen und überarbeitet diese gemäß der statischen Prüfung. Bei der Systemmodellierung sind zur Erfassung aller bauzeitigen und endgültigen Verformungen alle geometrischen Randbedingungen, wie Querneigung, unterschiedliche Steghöhen, etc. zu erfassen.
7. Der AN bleibt während der gesamten Bauphase vertraglich gebunden, erstellt die Baustellenausfertigungen und Bestandspläne, nimmt an Baubesprechungen teil sowie ist zuständig für die Planung und Einarbeitung von Änderungen auf Veranlassung durch den AG.
8. Der Neubau ist einschließlich des Bauverfahrens bzw. sämtlicher Bauzustände (Herstellung Stahlhohlkästen, Taktschiebeverfahren mit Taktlängen, Herstellung Fahrbahnplatte mit Betonierabschnitten) zu bemessen und zu planen (LPH 4 + 5). Diese Planung beinhaltet auch die Baubehelfe, die für die Errichtung des Bauwerks erforderlich oder Bestandteil der endgültigen Konstruktion werden (z.B. Verbände zur Aussteifung, usw.).



Planen

Statische Berechnung einer Verbundbrücke

9. Die Planung der Baubehelfe wie Verbauten, Behelfsstützen, Taktanlagen und die Einhausung für die Lph. 4 und 5 wird im Rahmen der Bauausführung durch die Baufirma erbracht.
10. Bei der Planung der Betonfahrbahnplatte sind folgende Aspekte zu berücksichtigen: Pilgerschrittverfahren, Ausgleichsmöglichkeit von Toleranzen, Schalwagenstühlchen, Durchdringungen der Betonplatte, Abziehmöglichkeit der Oberfläche des frischen Betons, usw.
11. Die Materialstärken sind für den maßgebenden Zustand (End- bzw. Bauzustand) zu bemessen und in einem Massenverteilungsplan (in Quer- und Längsrichtung) zeichnerisch darzustellen.
12. In den Ausführungsunterlagen sind Angaben wie z.B. zu Blechdicke, Bauteilgröße, Stahlsorte, Z-Güte, Schweißnahtdicken, Kerbschlagzahl, Schweiß- und Montagefolgen festzulegen. Für die Dimensionierung der durch die Baufirma zu planenden Teile sind die erforderlichen Angaben sowie die in der Planung getätigten Annahmen zu dokumentieren (z.B. Angaben zu den Verschublagern und zum Vorbauschnabel).
13. Auf die Einhaltung der vorgeschriebenen Mindestabstände von Bauteilen und auf die Durchführbarkeit von Unterhaltungs- und Wartungsmaßnahmen (Bauwerksprüfung) incl. Schweiß- und Schraubarbeiten ist besonders zu achten, u. a. gem. DIN EN ISO 12944-3 (schweiß- und korrosionsschutzgerechtes Konstruieren). Neben der Herstellung beim Neubau ist insbesondere auch die händische Erreichbarkeit zum Schweißen und Beschichten im Rahmen von möglichen Instandsetzungen in die konstruktive Ausbildung einzubeziehen.
14. Der Korrosionsschutz ist unter Berücksichtigung u. a. folgender Aspekte zu planen: Zugänglichkeit, Mindestbauteilabstände, Dichtigkeit von Hohlkästen, Erreichbarkeit von verdeckten Stellen (Düsenstrahl), schnelle Abtrocknung von Stahlflächen, Minimierung von langfristiger Schmutzablagerung, usw.
15. Die Montage- und Werkstattpläne werden im Rahmen der Bauausführung durch die Baufirma erbracht.



- 16.** Die Planung der Stahlschüsse incl. der hierfür erforderlichen Schweißnähte durch den AN hat gemäß einer „baubaren“ Ausführung zu erfolgen, d. h. die Schüsse müssen transportabel sein und die Fertigung ist unter konstruktiven und wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu planen.
- 17.** Die herstellungsbedingten, temporären Kräfte (Verschub, Anschüttung, Verdichtung) auf die Unterbauten sind zu berücksichtigen.
- 18.** Der Taktkeller und die Montageplätze sowie die Hilfsstützen und Verbauten sind zu planen und kosten- und mengenmäßig zu erfassen (Entwurfsplanung, LPH 3). Angabe der Gründungsart der Hilfsstützen (Flach-, Tiefgründung). Die Baugrubenverbauten sind so umfassend zu planen, dass eine STLK-gerechte Ausschreibung möglich ist. Das bedeutet, die Massen sind nach Bauteilen getrennt aufzuführen.
- 19.** Die Gründungsgutachten für die Baubehelfe und Verbauten werden zeitgleich mit der Entwurfsplanung erstellt, wobei dieses bilateral zwischen Gutachter und AN erfolgt, der u. a. die Lasten liefert.
- 20.** Für die Bemessung der Überbauten schlägt der AN den Elastizitätsmodul gem. DIN EN 1992-1-1, Tab. 3.1, vor und führt nach Abstimmung mit dem AG die weitere Bemessung mit dem festgelegten E-Modul durch.

Für dieses Beispiel „Taktchiebebrücke mit Hilfsstützen“ sind im Weiteren noch Präzisierungen zum Leistungsumfang erforderlich, die für andere Herstellungsverfahren sinngemäß angepasst werden müssen:

Die Annahmen zur Entwurfsplanung Lph. 3 sind zu Beginn der Leistungserbringung zwischen AG und AN abzustimmen. Hierzu zählen grundlegende Annahmen zum Bauverfahren für die Herstellung des Bauwerks, da hier neben rein konstruktiven Erfordernissen, die sich z. B. aus der Verschubart über Verschublager, Rutschträger, Platzbedarf der Taktchiebelager, anstehenden Baugrund im Bereich der Taktanlage, usw. ergeben, zusätzlich Randbedingungen wie Zuwegung, Platzverhältnisse (Länge Taktkeller), etc., wirtschaftlich bewertet werden müssen.

Nach ZTV-ING - Teil 4 „Stahlbau, Stahlverbundbau“. Abschnitt 1 Stahlbau, 1 (9), sind die Auswirkungen des Bauverfahrens mit seinen Wechselwirkungen im Tragwerk im Rahmen der grundsätzlichen Dimensionierung der Querschnitte zu berücksichtigen. Dies sind beispielhaft u. a. Auswirkungen der Horizontalkräfte beim Verschub auf die Unterbauten, erforderliche Montage- oder Stabilisierungsverbände, Aussteifungen



Planen

Statische Berechnung einer Verbundbrücke

für die Sicherstellung der Stabilität von Gurten bzw. Stegen bei taktgeschobenen Querschnitten, Betonierreihenfolge.

Im Stadium der Entwurfsplanung können zwangsläufig nur Annahmen für die vorgesehenen Hilfskonstruktionen (Definition im Sinne DIN EN 1991-1-6 = Baubehelfe) wie z. B. Vorbauschnabel, Verschubsysteme, Verschublager, Festhaltungen, Seitenführungen getroffen werden, die für die vorgesehene Verwendung geeignet und aufgrund von Erfahrungswerten einbaubar sind. Detailnachweise sind nur dann erforderlich, wenn vom Erfahrungswert abweichende geometrische Verhältnisse vorliegen oder wenn sich Zusatzbeanspruchungen ergeben, die für die Bemessung des Tragwerks maßgebend werden, wie dies z. B. bei konzentrierter Lasteinleitung während des Taktschiebens in Bereichen stabilitätsgefährdeter Beulfelder des Überbaus der Fall ist.

Der Umfang und die Nachweistiefe ergibt sich für die Entwurfsbearbeitung Lph. 3 dahingehend, dass das Leistungsverzeichnis (Lph 6) erstellt werden und der Bauausführende die zu erbringende Leistung kalkulieren kann. Dazu gehören in der Regel, neben der Beschreibung der zugrunde liegenden Annahmen, ergänzende technische Angaben zu Lagerkräften, Verschiebungen, Kräften für Hilfsstützen mit Gründungsart und/oder besondere Maßnahmen, die bei setzungsempfindlichen Bauteilen eine Höhenkorrektur erfordern.

Die Entwurfsplanung des Taktkellers beschränkt sich auf die wesentlichen Eckdaten, zu denen auch die Geometrie, insbesondere die Länge, des Taktkellers gehört, die sich aus der gewählten Schussteilung und in der Folge den gewählten Taktlängen ergibt (dies ist Teil der Ausführungsplanung, siehe Unterpunkt 9 der obigen Leistungsbeschreibung).

Für die Entwurfsplanung der Hilfsstützen sind zunächst die maximalen Lasten (vertikal + horizontal) anzugeben. Diese dienen zur kurzfristigen Erstellung eines Gründungsgutachtens (extern), mit dem der AN anschließend die Gründung der Hilfsstützen plant. Eventuelle Abspannungen sind ebenfalls Teil der Entwurfsplanung (ungefähre Geometrie, Kraftfluss).

Weitere vom AN zu planende Hilfskonstruktionen bzw. Baubehelfe sind:

- Verschublager und Seitenführungen für den Taktkeller bzw. die Unterbauten
- Aufbauten auf den Stützenköpfen für Verschublager, Seitenführung und Stapel, etc.
- Verschubsystem einschl. Längsfesthaltungen (auch temporär) und Zugvorrichtungen
- Vorbauschnabel mit Anschlusskonstruktion an die Stahlkästen
- Hilfskonstruktionen für den Lagerein- und -ausbau für Taktschieben und endgültige Lager.



Vorgehensweise bei der Statischen Berechnung

2.6.3

Es werden die Arbeitsschritte bei der Vorbereitung und Erstellung der Ausführungsstatik (= Genehmigungsplanung nach HOAI §64 Tragwerksplanung) erläutert.

Vorklärung

Vor dem Beginn der Ausführungsstatik für den Verbundüberbau müssen folgende Grundlagen im technischen Gespräch geklärt werden

Baustoffe

- Baustahl- und Betongüten, Einsatz von LP-Blechen
- Klärung des E-Moduls des Betons

Bauvorgang der Stahlkonstruktion

- Montageverfahren, z.B. Einschub oder Kranmontage
- bei Einschub: Bauart und Länge der Verschublager, Antrieb zum Verschub
- Einsatz von Hilfsstützen
- Länge und Montagefolge der Stahlschüsse
- Ein- und Ausbau von Montageverbänden
- Absenkvorgänge

Bauvorgang der Betonplatte

- Ortbeton oder Fertigteile
- Länge und Reihenfolge der Betonierabschnitte, evtl. Pilgerschrittverfahren
- Berücksichtigung der jeweiligen Steifigkeiten des Querschnitts (Stahl- oder Verbundquerschnitt)
- Abschätzung der Einflüsse aus Kriechen und Schwinden aufgrund der unterschiedlichen Alter der Betonierabschnitte
- Schalensystem: Rüstung oder Schalwagen
- Bei Schalwagen: Bauart, Länge, Krafteinleitung, Eigenlast
- Absenken der Betonierstützen als Lastfall Stützensenkung

Lager

- Bauart, Abmessungen
- Anschluss an die Stahlkonstruktion
- Einbauzeitpunkt
- Hilfskonstruktionen für horizontale Festhaltungen beim Wechsel der längs- oder querfesten Lager

Fahrbahnübergänge

- Bauart, Abmessungen, Aussparungen in der Brücke und im Widerlager



Planen

Statische Berechnung einer Verbundbrücke

Iterative Vorberechnung

Schätzung der Dimensionierung der Stahlkonstruktion und der Bewehrung:

1. Berechnung der Schnittgrößen und Aufstellung der wichtigsten Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweise
Überprüfung der Dimensionierung und ggf. Anpassung
2. Diese Schritte werden so lange wiederholt, bis die in wirtschaftlicher und technischer Hinsicht optimale Dimensionierung erreicht ist.

Endgültige Berechnung

Nach Festlegung der endgültigen Dimensionierung werden alle nach den Vorschriften erforderlichen Nachweise erstellt.

2.6.4

Form und Gliederung der Ausführungsstatik

Form und Gliederung werden in Anlehnung an ZTV-ING Teil 1 Abschnitt 2 Anhang A gewählt. Bild 2.6.5 zeigt eine Mustergliederung für einen Stahlverbund-Überbau gemäß ZTV-ING. Für das Aufstellen computergestützter Standsicherheitsnachweise ist darüber hinaus die Ri-EDV-AP 2001, „Richtlinie für das Aufstellen und Prüfen EDV-unterstützter Standsicherheitsnachweise“, Ausgabe 2001, herausgegeben vom Bundesverein der Prüfsingenieure, zu beachten.



Baumaßnahme: Mustergliederung Stahlverbund-Überbau		Bauwerksnummer (ASB)	
Straßenbauverwaltung: Hessen Mobil, Straßen- und Verkehrsmanagement			
Aufsteller:		Datum:	
<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 40px; height: 40px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-right: 10px;"> 2-0 </div> <div style="font-size: 24px; font-weight: bold;">Inhaltsübersicht</div> </div>			
Nr.	Vorgang	Seite	
2-00	Inhaltsübersicht	2-0/1	
2-01	Allgemeines	2-1/1	
2-02	Konstruktionsskizzen	2-2/1	
2-03	Elektronik-Eingabe	2-3/1	
2-04	Lagerangaben	2-4/1	
2-05	Verschiebungswege der Übergänge	2-5/1	
2-06	Spannungsnachweise der Hauptträger	2-6/1	
2-07	Sonstige Nachweise der Hauptträger	2-7/1	
2-08	Verformungen und Überhöhung	2-8/1	
2-09	Endquerträger	2-9/1	
2-10	Querträger	2-10/1	
2-11	Fahrbahnplatte	2-11/1	
2-12	Bauvorgang	2-12/1	
2-13	Z-Güten und Schweißnahtprüfung	2-13/1	
2-14	MLC-Nachweise	2-14/1	
2-15	Aufstellvermerk	2-15/1	
Anlage E	Elektronische Berechnung		
Bauteil: 2-Stahlverbund-Überbau (Bauteil 1)		Seite: 2-0 / 1	
Kapitel / Vorgang: 2-0 Inhaltsübersicht		Archiv-Nr.	

Bild 2.6.5: Mustergliederung Stahlverbund-Überbau



2.6.5

Besonderheiten bei Verbundbrücken

- Der Einfluss des Abfließens der Hydratationswärme ist bei Verbundbrücken mit Eigengewichtsverbund (also z. B. bei Einsatz von Betonierhilfsstützen) zu untersuchen (DIN EN 1994-2, Abschnitt 7.4).
- Für Fahrbahndeckbleche, Längsrippen und Längsrippenstöße und Längsrippendurchführungen durch Querträgerstege braucht kein Nachweis gegen Ermüdung geführt werden, wenn die bauliche Durchbildung der Schweißverbindungen und die angegebenen Mindest-Blechkicken nach DIN EN 1993-2/NA:2014 Anhang NA.G eingehalten werden.

- Der Ermüdungsnachweis für Haupttragwerksbauteile kann entfallen, wenn bei Stahl- oder Verbundbrücken mit Stützweiten kleiner als 45 m die Kerbgruppe 71 nicht unterschritten wird (Einführung der DIN-Fachberichte ARS 12/2003).

Der oben genannte Passus war im NA zu DIN EN 1993-2/NA:2012 noch enthalten. Dieser NA wurde 2014 durch DIN EN 1993-2/NA:2014-10 ersetzt. Der Hinweis auf Entfall des Ermüdungsnachweises für Kerbfall 71 und Einflusslinie bis 45 m ist nicht mehr enthalten. Für alle tragenden Bauteile außer Fahrbahnblechen, Längsrippen, etc. die nach den Empfehlungen des Anhang NA.G ausgeführt werden, ist ein Ermüdungsnachweis zu führen.

Es wird empfohlen für die Haupttragelemente bereits in der Entwurfsstatik den Nachweis gegen Materialermüdung zu führen.

- Nachweis der Beanspruchungen bei luftdicht verschweißten Hohlkästen
In den ZTV-ING wird eine Dichtheitsprüfung der luftdicht verschweißten Hohlkästen gefordert. Diese Dichtheitsprüfung wird mit einem Überdruck von 0,2 bar innerhalb des Hohlkastens geführt. Diese Dichtheitsprüfung ist bei der Tragwerksplanung zu berücksichtigen, entsprechend der Abmessungen des Hohlkastens kann dieser Lastfall bemessungsrelevant, z. B. für die Kehlnähte zwischen Gurt und Steg, werden.



Zusammenstellung

2.6.6

Als Ergebnis der Berechnung werden die für die Bauausführung wesentlichen Angaben übersichtlich und leicht findbar zusammengestellt.

- Blechdickenverteilung
- Stahlgüten (Stahlsorten, Z-Güten)
- Verbindungsmittel der Stahlkonstruktion
- Abmessungen, Stahlgüte und Anordnung der Verdübelung
- Abmessungen und Stahlgüten der Verbindungsmittel
- Betongüten und Bewehrung der Fahrbahnplatte
- Angaben zur Überhöhung bzw. spannungslosen Werkstattform
- Lagerkräfte und -verformungen
- Verschiebungswege der Fahrbahnübergänge
- Detaillierte Beschreibung des der Statik zugrunde liegenden Bauvorgangs
- Betonierplan, Betonieranweisungen
- Soll-Werte der Verformungen in allen Bauphasen
als Grundlage für das Messprogramm
- Angaben zum Einbaupunkt der Lager und Übergangskonstruktionen sowie deren Voreinstellungen (ggf. in Abhängigkeit von der Bauwerkstemperatur)
- Belastungen der Hilfskonstruktionen (z. B. Hilfsstützen)
- Planung des Lageraustauschs und der dafür erforderlichen Hilfskonstruktionen (z. B. Festhaltungen für Horizontalkräfte)
- ggf. Planung des späteren Abbruchs und der Erneuerung der Fahrbahnplatte

Neue Regelungen zum Stabilitätsnachweis gegen Beulen

2.6.7

Mit dem Rundschreiben vom 10.03.2015 des Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) werden 2 für den Verbundbrückenbau wesentliche Grundlagen der Bemessung korrigiert bzw. klargestellt.

Der erste Punkt des Rundschreibens betrifft die Korrektur des Beulnachweises gemäß DIN EN 1993-1-5 Gl. (10.5) unter Längs- und Querdruck. Dort findet die in der Fachwelt seit längerem bekannte Kritik, dass der in der Norm vorgegebene Nachweis gegen Beulen in Teilen, d. h. unter zweiachsen Druckbeanspruchungen, zu auf der unsicheren Seite liegenden Ergebnissen führt, Eingang in die Bemessungspraxis als verpflichtende Regelung.



Planen

Statische Berechnung einer Verbundbrücke

Der o.g. Beulnachweis, der im Übrigen in gleicher Form auch den DIN-Fachberichten (Ausgabe 2009) zugrunde liegt, kann bei ungünstigen Verhältnissen teilweise bis zu ca. 30% auf der unsicheren Seite liegenden Ergebnissen führen. Betroffene Fälle mit zweiachsen Druckbeanspruchungen können sowohl im End-, als auch in Bauzuständen auftreten. Im Endzustand können dies z. B. Bodenbleche im Stützbereich sein, die aufgrund der Querrahmenwirkung und/oder geneigter Stegbleche auch Druckbeanspruchungen in Querrichtung aufnehmen müssen. Gleiches gilt z.B. auch für Querschnitte mit Außendiagonalen, welche die Betonfahrbahn stützen. Verschärfend wirkt dabei eine evtl. Abstufung bzw. ein dünneres Bodenblech im mittleren Querschnittsbereich.

Im Bauzustand sind vor allem Hauptträger-Stegbleche über Verschlusslagern betroffen, bei denen ebenfalls zweiachsiale Druckbeanspruchungen direkt über dem Verschlusslager auftreten. Derartige Fälle sind aus Sicherheitsgründen von besonderer Relevanz, da sie bei unzureichender Bemessung zum Totalversagen des Bauwerks führen können. Bzgl. weiterer Details sei auf das Rundschreiben verwiesen.

Ursächlich für die Überschätzung der Tragfähigkeit ist der Umstand, dass es sich bei der Nachweisformel im Prinzip um eine bezogene Vergleichsspannungsformel handelt. Die Spannungskomponenten werden dabei ins Verhältnis zu den mit den Abminderungsbeiwerten multiplizierten Design-Streckgrenzen gesetzt. Da der gemischte Term $\sigma_x \cdot \sigma_z$ bei gleichem Vorzeichen einen günstigen Einfluss auf das Ergebnis hat, wird dieser mit höherer Ausnutzung immer größer, d. h. günstiger. Dies wird durch das Rundschreiben korrigiert, indem für zweiachsiale Druckbeanspruchung des betrachteten Beulfeldes für den gemischten Term korrigierte Abminderungsbeiwerte anzusetzen sind.

Der zweite Punkt des Rundschreibens betrifft die Beantwortung von Auslegungsfragen an die DIN-Normenausschüsse Stahlbrücken und Verbundbau zu nachfolgend genannten Regelungen:

- A.** Voraussetzungen zur Erfüllung der Querschnittsklasse 3
- B.** Anwendung von DIN EN 1993-1-5 Anhang C (Beulnachweise mit FEM)

Hinsichtlich der Voraussetzungen zur Einstufung eines Querschnitts in die Querschnittsklasse 3 wird klargestellt, dass für sämtliche Querschnittsteile ein Stabilitätsversagen vor Erreichen der Streckgrenze ausgeschlossen werden muss, indem nachzuweisen ist, dass sämtliche Abminderungsbeiwerte (einschl. knickstabähnlichem Verhalten, Drillknicken von Steifen, mehraxialen Versagensmechanismen) gleich eins sind.

Im Hinblick auf die Anwendung des informativen Anhang C von DIN EN 1993-1-5 wird eindeutig festgelegt, dass die dort enthaltenen Empfehlungen (Anhang C gibt Empfehlungen zur geometrisch und physikalisch nichtlinearen Berechnung von Beulfeldern mittels FEM) nicht ersatzweise für den o.g. Beulnachweis im Sinne von DIN

EN 1993-1-5 Abschnitt 10 angewendet werden dürfen. Der Anhang C dient lediglich zur ergänzenden Betrachtung von Fällen, welche durch den zuvor genannten Abschnitt nicht ausreichend erfasst werden können und bedingt aufgrund der Komplexität der Anwendung in jedem Fall entweder eine europäische oder nationale Zulassung auf Grundlage der Eurocodes oder die Zustimmung im Einzelfall durch die oberste Bauaufsichtsbehörde.

Verformungen

2.7

Der E-Modul des Betons bestimmt die Nulllinienlage im ideellen Querschnitt und damit die Aufteilung der Schnittgrößen bzw. Verteilung und Größe der Spannungen im Stahl- und Betonteil. Für die Verformungsberechnung und Schnittgrößenermittlung der Stahlverbundkonstruktion ist der E-Modul der Stahlbetonplatte durch Versuche oder durch Nachweis durch das Betonwerk festzulegen. Die Abweichung zum E-Modul des eingebauten Betons darf maximal +/- 10% betragen (ZTV-ING T4, 2.3(2)). Dies bedeutet, dass bereits zum Zeitpunkt der Erstellung der statischen Berechnung für den Hauptträger die Betonrezeptur mit Zuschlägen festliegen muss oder dass später die Betonrezeptur so gewählt werden muss, dass der Wert eingehalten wird.

In der folgenden Abbildung 2.7.1 werden die Auswirkungen des E-Moduls des Betons auf die Steifigkeit des Verbundträgers und auf die Spannungsverteilung im Querschnitt dargestellt. Im Beispiel führt der 15% geringere E-Modul des Betons zu einer 19% größeren Durchbiegung. Die Zugspannung im Stahluntergurt steigert sich um zwar nur um 4%, dafür ist die Druckspannung im Stahlbergurt um 60% größer und führt u.U. zu größeren Blechdicken.

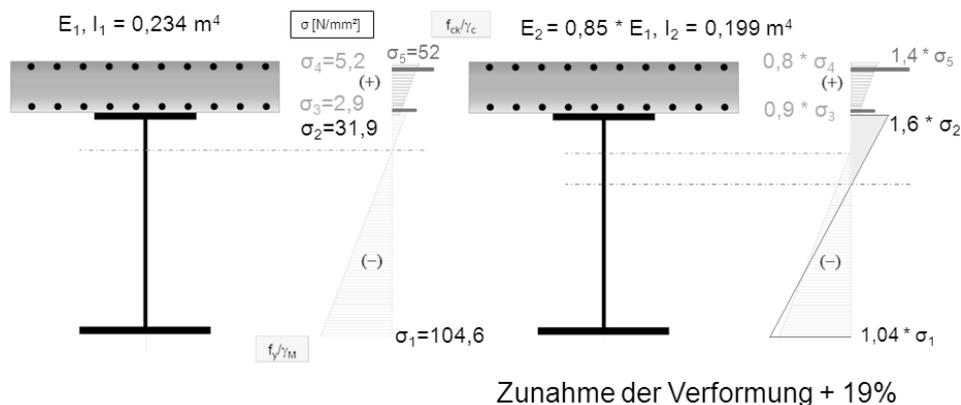


Bild 2.7.1: Spannungsverteilung elastisch in Abhängigkeit des E-Moduls der Verbundplatte



Planen

Gestaltung und Konstruktive Durchbildung des Bauwerkes (Überbau)

2.8

Gestaltung und Konstruktive Durchbildung des Bauwerkes (Überbau)

Gestaltung des Bauwerkes (Überbau)

Die Möglichkeiten der Gestaltung des Überbaues beziehen sich bei Deckbrücken auf die Stahlkonstruktion, die Verbundplatte und auf die Brückenausstattungs-elemente. Bei Stabbogenkonstruktionen kann der Bogen mit seinen Hängern als gestal-terisches Element mit heran gezogen werden.

- Überbauquerschnitt
(z. B. bei Deckbrücken gevoutete Hauptträger bzw. Hohlkastenstege, schräg gestellte Hauptträgerstege, Hohlkasten, usw.)
- Konservierung der Stahlkonstruktion
(z. B. farbliche Gestaltung durch entsprechende Farbauswahl, unterschiedliche Farben für die verschiedenen Bauteile, Farboberfläche wie Eisenglimmer, Glanzgradstabilisierung des Konservierungsmaterials)
- Gesimskappen
(Ausbildung in der Formbildung und der Oberflächenstruktur des Gesimsbalkens)
- Geländer
(z. B. Geländerform, Füllflächengestaltung, Material etc.)
- Berührungsschutz über DB - Strecken
(z. B. Struktur bzw. Art der Ansichtsflächen, Materialwahl)
- Lärmschutzwand und Beleuchtung

Konstruktive Durchbildung des Bauwerkes (Überbau)

Bei der konstruktiven Aus- bzw. Durchbildung des Stahlquerschnittes ist besonders den Belangen

- der Stahlbau - Fertigung (Schweißfolge, Schweißnahtkonzentration, Wahl der Schweißnähte, Kerbfälle, Schweißnahtprüfung, Materialprüfung usw.),
- der Stahlbau - Montage (Montageart - Einschub, Einhub, Schussanzahl-Montageschweißnähte, Stückgewichte, Stückabmessungen usw.),
- des Korrosionsschutzes (Zugänglichkeit, Mindestbauteilabstände,



- Dichtigkeit von Hohlkästen, Erreichbarkeit von verdeckten Stellen für Düsenstrahl, schnelle Abtrocknung von Stahlflächen, Minimierung von langfristiger Schmutzablagerung – Korrosionsgefahr usw.),
- der Herstellung der Betonfahrbahnplatte (Ausgleichsmöglichkeit von Toleranzen, Schalwagenstühlchen, Abziehmöglichkeit der Oberfläche des frischen Betons usw. Durchdringungen der Betonplatte sind nicht zugelassen und erfordern daher die Wahl eines geeigneten Schalungssystems.
 - der späteren Bauwerksunterhaltung (Brückenprüfung, Begehbarkeit der einzelnen Überbauteile, Lagerkontrolle, Lagerwartung, Lageraustauschbarkeit, Zugänglichkeit z. B. zu Lagern, Fahrbahnübergängen, Entwässerungsleitungen, Einläufen, Rohrdurchführungen, Anschlüssen, Pressenansatzflächen usw.) Rechnung zu tragen.

Große Beachtung ist in den Auflagerbereichen der Widerlager und Pfeiler der Lasteinleitung in Haupt- bzw. Querträger, den Lager- und Pressenansatzpunkten, den Fahrbahnübergängen, sowie den Entwässerungsdetails zu schenken.

Weiterhin sind evtl. Durchführungen von Kabeln und Leitungen sowie evtl. Anschlüsse bzw. Übergänge zu weiteren Bauwerken wie Vorlandbrücken, usw. zu berücksichtigen.

Von Bedeutung ist ferner die Zugänglichkeit der Überbaukonstruktion selbst als auch der Auflagerbereiche für die turnusmäßigen Brückenprüfungen bzw. Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten. Die Anforderungen, wie sie für Bauwerksprüfungen nach der DIN 1076, Dokumentation – Abschnitt 6 bestehen, sind ebenfalls zu beachten. Auf die Einhaltung der vorgeschriebenen Mindestabstände von Bauteilen und auf die Durchführbarkeit von Unterhaltungs- und Wartungsmaßnahmen wie Schweiß- und Schraubarbeiten ist besonders zu achten.

Bei eingeschränkten Prüfungs-, Wartungs- und Besichtigungsmöglichkeiten sind ergänzende Maßnahmen vorzusehen. In diesem Zusammenhang wird auch auf die GU 15.1 verwiesen. Die Notwendigkeit einer späteren Erneuerung des Korrosionsschutzes ist zu berücksichtigen. Die Forderung nach einer korrosionsschutzgerechten Konstruktion findet hier ihre Anwendung (vgl. hierzu Abschnitt 2.12 „Korrosionsschutzgerechtes Konstruieren“).

Besondere Sorgfalt ist auf die Berührungsflächen der Lager und Ankerplatten mit dem Untergurt der Stahlkonstruktion zu legen.

In der Regel ist der Untergurt der Stahlkonstruktion durch die Anhäufung der Schweißarbeiten in diesen Bereichen (voller Anschluss der Steifenquerschnitte etc.) so verformt, dass die Toleranzwerte der DIN 4141-13 nicht eingehalten werden.

Diesem Umstand kann vorgebeugt werden indem die Lagerquerträger als separate Bauteile (querorientiert) geplant werden.



Planen

Gestaltung und Konstruktive Durchbildung des Bauwerkes (Überbau)

Beim Ersatzneubau der Talbrücke Dorlar im Zuge der BAB A45 wurden die End- und Pfeilerquerträger als separate Bauteile gefertigt. Die Keilplatten werden als gefräste Elemente an die Querträger nach dem Abschweißen angebracht. Dadurch kann dem Verzug durch das Schweißen ausgeglichen werden. Bei der Montage werden zunächst die Querträger auf die Pfeiler bzw. die Widerlager abgelegt und anschließend die Längsträger eingehoben und montiert.

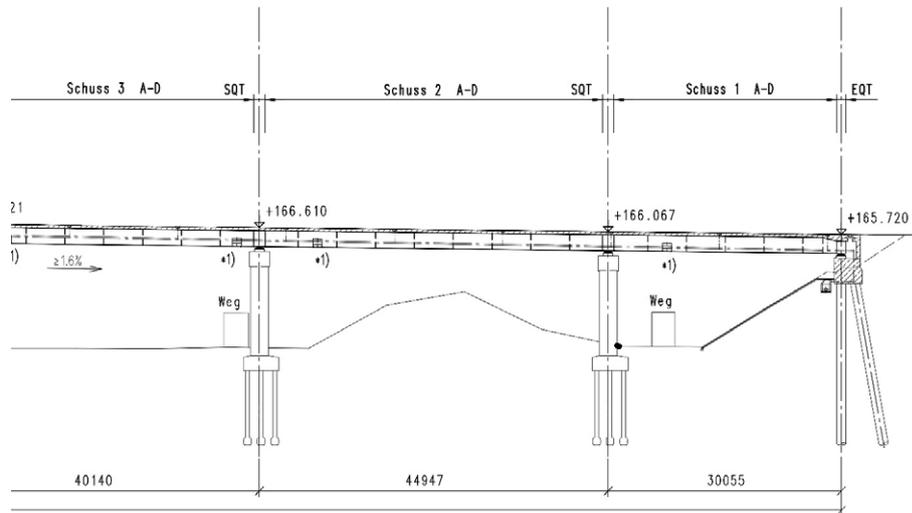


Bild 2.8.1: Ersatzneubau der Talbrücke Dorlar, End- und Pfeilerquerträger als querorientiertes Bauteil gefertigt.

Die Längsträger werden zwischen die Querträger eingehoben und montiert.

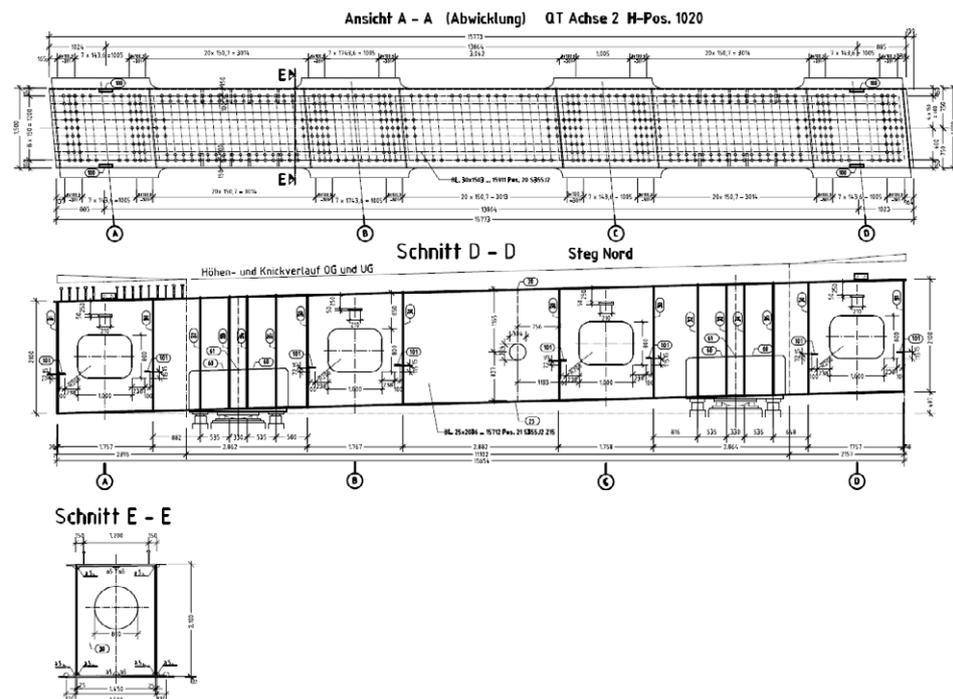


Bild 2.8.2: Ersatzneubau der Talbrücke Dorlar, Ausschnitt aus der Stahlbauzeichnung des Querträgers.



Sie müssen dadurch nicht an die schweren Montageschüsse der Hauptträgerkonstruktion bereits im Werk angebracht werden, sind relativ leicht (in der Regel 5 – 6 t) und können somit nach dem vollständigen Abschweißen aller Nähte vor ein Fräs-
werkzeug zum Plan bearbeiten gebracht werden.

Zu beachten ist, dass die Gurtplatten oberhalb der späteren Lager in diesem Bereich wegen den Fräsarbeiten ca. 5 mm dicker bestellt werden müssen.

Sollte diese Vorgehensweise nicht möglich sein (z. B. beim Instandsetzen vorhandener Bauwerke) so können diese Unebenheiten auch durch ein hochbelastbares Metall-Polymer (z. B. Multimetall Stahl 1018) ausgeglichen werden. Dies sollte jedoch eine absolute Ausnahme sein und bedarf der Zustimmung des Bauherrn.

Dieses Produkt ist für den Einbau bzw. Austausch von Brückenlagern oder Keilplatten geeignet um alle unebenen Auflagerflächen oder unterschiedliche Spaltmaße zwischen Brückenbauwerk und -Lager/Keilplatten kraftschlüssig auszugleichen (vgl. hierzu auch DB Richtlinie 804, Abs. 392 und 394 sowie VHFL Richtlinie 2).

Die Mindestabmessungen der Material-Querschnitte nach ZTV-ING Teil 4, Abschnitt 1 Tabelle 4.1.2 sind zu beachten.

Bei der konstruktiven Durchbildung der tragenden Stahlquerschnitte müssen die Materialeigenschaften des Werkstoffs Stahl berücksichtigt werden. Etwa 90 % der für die Blecherzeugung verwendeten Brammen werden im Stranggussverfahren hergestellt. Die Gefahr von Mittenseigerungen wird dadurch minimiert. Beim Frischen werden ungewünschte Legierungsbestandteile (hauptsächlich Schwefel) durch Zugabe von Aluminium gebunden. Im Walzwerk werden die vorher kugeligen Molekülverbindungen zeitig ausgewalzt. Mit zunehmender Dicke des gewalzten Blechs nehmen daher die charakteristischen Festigkeiten, also Zugfestigkeit und Streckgrenze, ab. Dem wird in DIN EN 1993-1-1 Rechnung getragen, siehe hierzu Tabelle 3.1. Beispielsweise darf in den statischen Nachweisen für einen Stahl mit der Festigkeitsklasse S355 bis zu einer Blechstärke von $t = 40$ mm die Streckgrenze mit der Nennfestigkeit 355 N/mm^2 angesetzt werden. Im Dickenbereich zwischen $t = 40$ mm und 80 mm wird die Streckgrenze auf den Wert 335 N/mm^2 reduziert. Im Verbundbrückenbau werden für die Gurte der Hauptträger jedoch oftmals größere Blechdicken als 40 mm erforderlich. Neben der Möglichkeit dickere Grobbleche zu verwenden, können die Bleche auch durch zusätzliche Lamellen auf die statisch erforderliche Querschnittsdicke vergrößert werden. Hier spielen auch fertigungstechnische Abläufe eine entscheidende Rolle, denn durch den Einsatz von dickeren Grobblechen können die erforderlichen Schweißnahtlängen und somit die Fertigungsdauer verringert werden.

Mit der neuesten Ausgabe der DBS 918 002-2 dürfen seit Januar 2013 im Brückenbau auch Bleche mit Dicken von über 100 mm eingesetzt werden. Dabei ist jedoch die Tabelle A.9 im Anhang A zu beachten, die zusätzliche Anforderungen an die Stahlsorten und Prüfung der Grobbleche stellt.



Planen

Zweckmäßige Wahl der Plattendicken bei Fahrbahnplatten

Die Blechdicken der Hauptträger sollten grundsätzlich dem Kraftverlauf der Verbundbrücke angepasst werden. Dies kann durch Zulagemellen in den höchstbeanspruchten Bereichen, z. B. über den Zwischenstützen, erreicht werden.

Wie bereits erwähnt, sind für bestimmte Teile einer Konstruktion Stähle mit besonderen Anforderungen hinsichtlich Z-Güte zu verwenden. Ziel ist es, durch Wahl bzw. Zuordnung eines Bauteils zu einer Z-Güte Terrassenbruch zu vermeiden. Die Empfindlichkeit von Stahlwerkstoffen wird nach EN 10164 geprüft. Dort werden Güteklassen in Form von Z-Werten angegeben. Die Anforderungen an die Z-Güte sind in DIN EN 1993-2:2010-12, 3.2.4 Eigenschaften in Dickenrichtung, geregelt. Terrassenbruch ist eine schweißinduzierte Gefügetrennung, die im Allgemeinen mit Ultraschalluntersuchungen erkennbar wird. Das wesentliche Risiko für Terrassenbruch besteht bei Kreuz-, T- und Eckverbindungen und bei voll durchgeschweißten Nähten.

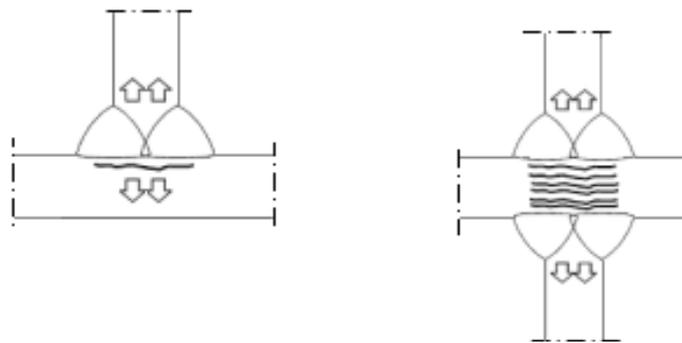


Bild 2.8.3: Gefügetrennung bei Beanspruchung in Dickenrichtung, „Terrassenbruch“ Quelle: DIN EN 1993-1-10

2.9

Zweckmäßige Wahl der Plattendicken bei Fahrbahnplatten

Die zweckmäßigen Dicken für nicht vorgespannte Fahrbahnplatten sind im Normalfall entsprechend den Stützabständen in Brückenquerrichtung (z. B. bei Deckbrücken ohne Querträger) bzw. den Querträgerabständen (z. B. bei Stabbogenbrücken) zu wählen.

Wichtigstes Kriterium ist dabei die Einhaltung der Maximalbewehrung nach ZTV-ING Teil 4 Abschnitt 2 5.5(1).

Generell sollte die Plattendicke wegen der Dauerhaftigkeit großzügig gewählt werden, zumal die Kosten für das etwas höhere Betonvolumen relativ gering sind.

**Kragplattenrand d_1**

Nach ZTV-ING Teil 3 Abschnitt 2 Tabelle 3.2.1 beträgt die Mindestdicke für Kragplatten am Außenrand 25 cm bei reiner Ortbetonbauweise. Bei Ausbildung der Verbundplatte mit Halffertigteilen und Ortbetonergänzung sind die Mindestabmessungen für Fertigteilplatten und Ortbetonergänzung von 10 cm bzw. 20 cm zu berücksichtigen. Die Mindestdicke am Kragplattenrand beträgt bei dieser Bauweise somit 30 cm. In ZTV-ING Teil 4 Abschnitt 2 5.4 wird für die Ortbetonergänzung im Kappenbereich eine Mindeststärke von 15 cm gefordert und somit eine Gesamtstärke der Verbundplatte von 25 cm für ausreichend befunden.

Die Mindestdicke von 25 cm ist dann auch ausreichend, falls die Kappen mit einer Lärmschutzwand versehen sind.

Wenn die Fahrbahnplatte in Ausnahmefällen in Querrichtung vorgespannt wird, dann ist die Plattendicke in Abhängigkeit des Spannverfahrens zu wählen. In der Regel beträgt die Dicke dann 28 cm.

Kragplatte unterhalb des Schrammbords d_2

Die Mindestdicke 25 cm ist hier ausreichend. Im Bereich der Entwässerungsabläufe ist jedoch eine Dicke von 30 cm erforderlich. Im Übergangsbereich zwischen Fahrbahn und Kappenbereich greifen bei Bauweise mit Betonfertigteilen und Ortbetonergänzung die Forderungen zur Mindestdicke nach zuvor genannter Tabelle 3.2.1, so dass unterhalb des Schrammbords eine Mindeststärke von 30 cm empfohlen wird.

Kragplattenanschnitt über dem Hauptträgersteg d_3

Im ARS Nr. 31/1994 wird auf das Heft „Kragarme von Fahrbahnplatten für Beton- und Stahlverbundbrücken“, Ausgabe November 1994 verwiesen. Darin sind Entscheidungshilfen für die Wahl der Kragplattendicken zusammengestellt (Verkehrsbblatt-Dokument Nr. B 5255). Diese nach alten Vorschriften ermittelten erforderlichen Dicken gelten im Entwurfsstadium genau genug auch für Brücken, die nach DIN EN 1994-2 zu bemessen sind.

Der Ermittlung der erforderlichen Kragplattenstärke liegt die historisch begrenzte maximal zulässige Bewehrung in der (schlaff bewehrten) Betonplatte von 0,7% zugrunde. Die maximale Bewehrung wurde mit dem mittlerweile zurückgezogenen ARS 12/1994 geregelt. Im Bild 2.9.2 ist für diese Bewehrungsbegrenzung die zweckmäßige Plattendicke am Anschnitt über die Länge der Auskragung aufgetragen. Die Linie steigt relativ steil an. Kragplattenlängen l_k über 3,60 m (entsprechend einer Plattendicke von 50 cm) sollten daher aus Wirtschaftlichkeitsgründen vermieden werden, vgl. auch Bild 2.9.1.



Planen

Zweckmäßige Wahl der Plattendicken bei Fahrbahnplatten

Es wird empfohlen, im Sinne der Dauerhaftigkeit die Dicke ca. 2-3 cm größer zu wählen, als sich nach dem Diagramm ergibt.

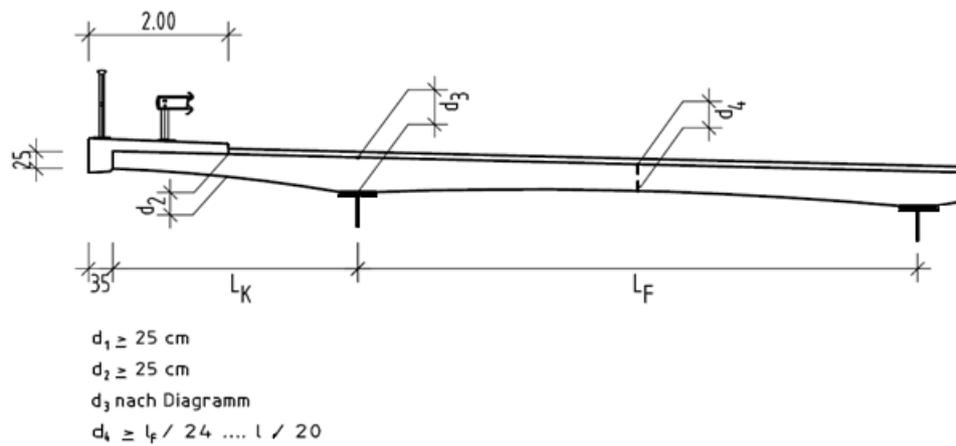


Bild 2.9.1: Zweckmäßige Plattendicken Teil 1

Die aktuell gültigen Regelungen der ZTV-ING T4, A2, 5,5 (1)a lassen einen Bewehrungsgehalt von 1% in der Verbundplatte zu. Für eine erste Dimensionierung der Plattendicke können die historischen Bemessungshilfen weiterhin herangezogen werden. Durch die deutlich größeren Beanspruchungen aus Straßenverkehr steigt der erforderliche Bewehrungsgrad an und ist den aktuell gültigen Grenzwerte gegenüberzustellen.

Bei der Wahl der Kragplattendicke sind die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit, z.B. Verformungen, zu berücksichtigen.

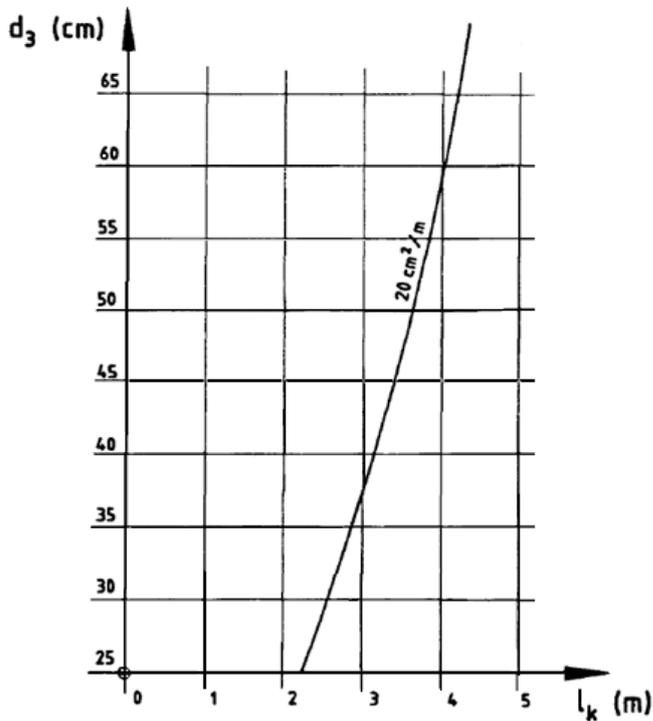


Bild 2.9.2: Zweckmäßige Plattendicken Teil 2

In der Veröffentlichung von Rombach/Velasco [60] sind für Betonbrücken Schnittgrößen und erforderliche Plattendicken bei Verzicht auf Querkraftbewehrung angegeben. Die Anschnittmomente aus den Radlasten sind bei Verbundbrücken kleiner als bei entsprechenden Betonbrücken, weil die erhöhend wirkende Einspannung in die Stege nicht vorhanden ist. Die Anwendung der Diagramme wäre daher zu ungünstig. Bei Verzicht auf Querkraftbewehrung ergeben sich - insbesondere bei Kraglängen $2,0 \leq l_k \leq 3,5$ m - nach Rombach/Velasco unwirtschaftliche Plattendicken, so dass es günstiger ist, die Platte dünner zu wählen und Querkraftbewehrung einzubauen. Zum Ausgleich von Toleranzen sollte zwischen der Betonplatte und dem Stahlträgerobergurt ein ca. 25 mm hoher Sockel, die sogenannte Aufstelzung, vorgesehen werden.

Größere Auskragungen als die zuvor genannten, sollten in keinem Fall ausgeführt werden. Dies gilt nicht nur für eine Ausbildung in reiner Massivbauweise, sondern auch für etwaige Konstruktionen in Verbundbauweise, wie sie exemplarisch in Bild 2.9.3 dargestellt ist.



Planen

Zweckmäßige Wahl der Plattendicken bei Fahrbahnplatten

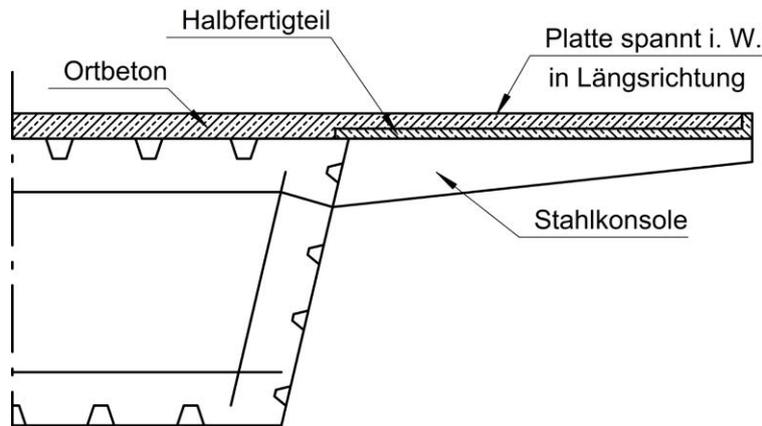


Bild 2.9.3: Nicht zu empfehlende Konstruktion

Hintergrund für diese Empfehlung ist, dass bei einer derartigen Bauweise die Betonfahrbahnplatte nicht nur in Haupttragwerksrichtung (Stützbereiche aufgrund der Längsbeanspruchung im Zustand II), sondern auch in Querrichtung wegen der Mitwirkung in der Zugzone der auskragenden Verbundkonsole vollständig (!) aufreißt. Darüber hinaus überlagern sich durch die Stützwirkung der Konsole die lokalen mit den globalen Plattenbeanspruchungen in Längsrichtung (zusätzlich zur Querbeanspruchung).

Das geltende Vorschriftenwerk deckt eine derartige Beanspruchung für Betonfahrbahnplatten unter zweiachsigem Zug von Verbundbauteilen nicht ab. In solchen Fällen empfiehlt es sich, auf einen Querschnitt mit außenliegenden Längsträgern, welche durch Zugbänder und Diagonalen getragen werden (vgl. Abschnitt 1.7 Querschnitt Typ 4) überzugehen. Bei dieser Bauweise bleibt die querorientierte Lastabtragung mittels der Biegetragfähigkeit der Platte über die gesamte Querschnittsbreite erhalten. Das dünne Zugband stellt für die Platte keine Lagerung dar und vermeidet somit die Entstehung zusätzlicher Längsbeanspruchungen.

Ferner ist auch die Stahlkonstruktion konstruktiv nachteilig, da die Stahlkonsole bei fehlendem äußerem Längsträger zur Abtragung der im Bauzustand unvermeidlichen Torsionsbeanspruchung als Kastenquerschnitt ausgebildet werden muss. Die Aussteifungskonstruktion im inneren des Hauptträger-Hohlkastens ist jedoch einsteigig, so dass im Übergangsbereich zwischen zweistegiger Konsole und dem Inneren des einsteigigen Hauptträgerkastens zusätzliche Bleche im Rahmeneckbereich angeordnet werden müssen, um die Lastabtragung sicherzustellen. Dies ist aufgrund der Geometrie, der beengten Platzverhältnisse und durchdringenden Längssteife in konstruktiver Hinsicht keine empfehlenswerte Konstruktion.

**Feldmitte d_4**

Wirtschaftlich ist eine Dicke von $l_F/20$, in Ausnahmefällen ist auch $l_F/24$ möglich.

Wenn zwischen den Längsträgern die Platte mit Vouten zu den Trägern hin versehen wird, dann sollten diese 1,5 m bis 2,0 m lang sein.

Plattenunterseite

Die Plattenunterseite kann polygonal oder gekrümmt ausgeführt werden.

Abbruch und Erneuerung der Fahrbahnplatte**2.10****Fahrbahnplatten-Austausch bei örtlicher Beschädigung**

Bei der Planung einer Großbrücke als Verbundbrücke (insbesondere bei einteiligen Verbundüberbauten) muss bei entsprechenden Vorgaben von verkehrlichen Belangen (Minimierung von Sperrzeiten, etc.) die Möglichkeit des Austausches eines (z. B. durch einen unfallbedingten Brand) beschädigten ca. 10-15 m langen Plattenabschnitts vorgesehen werden.

Austausch der gesamten Fahrbahnplatte

Da man nach bisheriger Erfahrung davon ausgeht, dass die Lebensdauer der Betonfahrbahn (ca. 60 Jahre) geringer ist, als die der Stahlkonstruktion (mehr als 120 Jahre), kann auch die Möglichkeit des Austauschs der gesamten Fahrbahnplatte sinnvoll werden.

Wenn die Brücke für den Zeitraum des Plattenaustauschs voll gesperrt werden kann, wie z. B. bei Autobahnbrücken mit getrennten Überbauten, ist der Austausch aus verkehrlicher Sicht unproblematisch. Die alte Platte wird abgebrochen und die neue Platte wird in der gleichen Folge wie beim Erstbau neu betoniert.

Wenn die Brücke nur halbseitig gesperrt werden kann (z. B. aus verkehrlichen Belangen), muss der Plattentausch schon in der Entwurfsphase detailliert geplant werden. Der spätere Plattentausch hat erheblichen Einfluss auf die zweckmäßige Wahl der konstruktiven Einzelheiten beim Erstbau. In der Ausschreibung müssen daher das Raster der Abbruchfugen und der Bauablauf des Austauschs vorgegeben werden.

Die Anwendung des Pilgerschrittverfahrens erschwert den halbseitigen Plattentausch erheblich. Es sollte daher beim Erstbau nur dann angewendet werden, wenn es bei großen Stützweiten, niedriger Bauhöhe und dünner Platte unbedingt erforderlich ist. Das ist der Fall, wenn die bei sukzessivem Betonieren erforderliche Bewehrung im Stützenquerschnitt zu stark und damit der Bewehrungsgrad zu groß wird.



Planen

Verbundkonstruktionen mit Fertigteillösungen

Insgesamt gesehen ist die Möglichkeit des Fahrbahnplatten-Austauschs ein großer Vorteil des Verbundbrückenbaus, der die Gesamt-Wirtschaftlichkeit dieser Bauweise positiv hervorhebt.

Der Austausch ist jedoch immer mit relativ langen Sperrpausen verbunden. Es sollte daher angestrebt werden, die Haltbarkeit der Platte möglichst über den o. g. Zeitraum von ca. 60 Jahren zu verlängern. Hierzu sollten bei der Planung und Bauüberwachung des Erstbaus folgende (eigentlich selbstverständliche) Punkte besonders streng beachtet werden:

- Großzügige Wahl der Plattendicken
- Richtige Dimensionierung und ausreichende Überdeckung der Bewehrung
- Qualität des Betons, der Verdichtung und der Nachbehandlung
- Sorgfältige Sanierung unplanmäßiger Risse
- Dichtigkeit der Isolierung gegenüber eindringendem Wasser und Tausalz

2.11

Verbundkonstruktionen mit Fertigteillösungen

2.11.1

Verbundkonstruktionen mit Fertigteilen

Die Fertigteile dienen als Schalelemente für den Ortbeton.

Bemessung und konstruktive Einzelheiten sind in DIN EN 1993-2 Kap. 8 geregelt.

Die Ortbetonergänzung muss im Fahrbahnbereich mindestens 20 cm und im Kapfenbereich mindestens 15 cm dick sein. Die Fertigteile werden auf 2 cm dicken und 3 cm breiten auf den Stahlgurt aufgeklebten Streifen aus synthetischem geschlossenzelligem Elastomer verlegt. Die Steifigkeit der Elastomerstreifen ist so zu wählen, dass noch eine genügend dicke Vergußfuge zwischen den Dübelöffnungen bleibt. Mit diesen Elastomerstreifen kann auch die Querneigung der Fahrbahnplatte erzeugt werden, wenn z. B. ein Streifen 3 cm dick ausgebildet wird.

Über den äußeren Hauptträgern kragen die 10 cm dicken Fertigteile aus. Um eine Seitenschalung zu vermeiden, sind sie am Kragarmrand aufgekantet. Für die Dübelgruppen sind Aussparungen vorgesehen. Bei den inneren Hauptträgern liegen die Fertigteile auf dem Gurtrand auf, so dass der Dübelbereich nicht unterbrochen wird. Die Kopfbolzendübel sind verlängert, so dass sie bis in den Ortbeton reichen.

Vor dem Aufbringen des Ortbetons werden die Längsfugen über den Hauptträgern und die Quersfugen der Fertigteile mit Vergussmörtel verfüllt.

Planen

Verbundkonstruktionen mit Fertigteillösungen



Für diese Bauweise wurden 1997 vom Ingenieurbüro Schübler-Plan Typenentwürfe für den Querschnitt RQ 10,5 und den Wirtschaftsweg aufgestellt [XI]. Die folgenden 3 Abbildungen sind diesen Entwürfen entnommen.

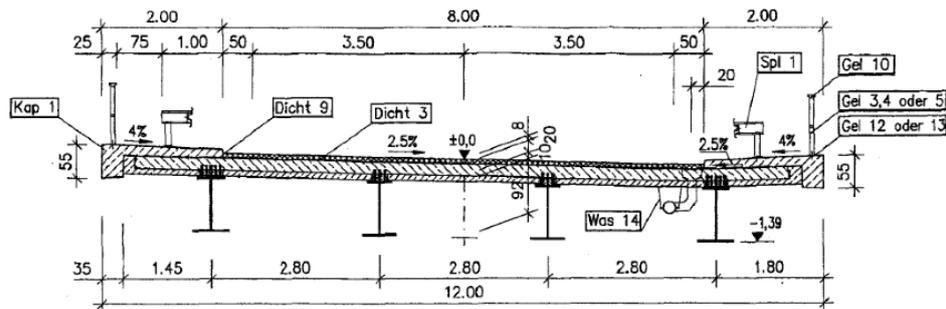


Bild 2.11.1: Brückenquerschnitt: Fertigteile mit Ortbetoneergänzung

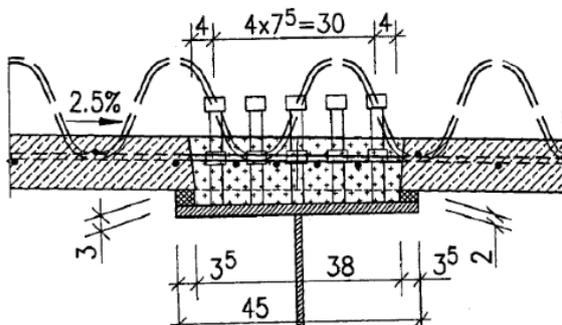


Bild 2.11.2: Fertigteilauftragung auf dem äußeren Hauptträger

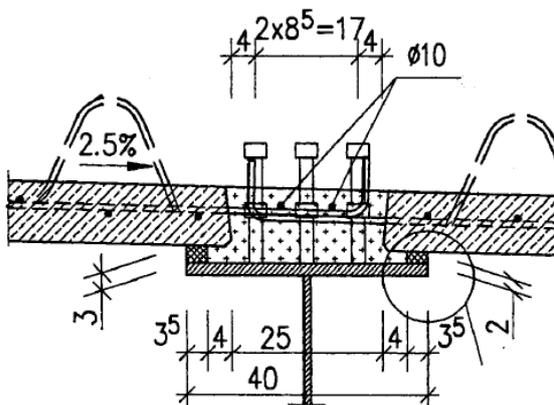


Bild 2.11.3: Fertigteilauftragung auf dem inneren Hauptträger



Planen

Verbundkonstruktionen mit Fertigteilösungen

Querfuge mit Trägerverbindung Montage Querschnitt

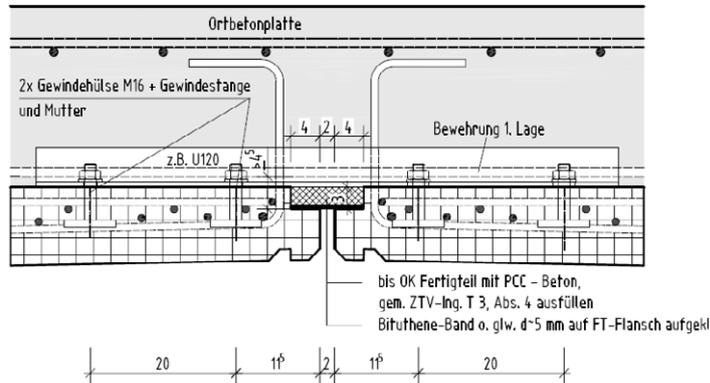


Bild 2.11.4: Querfuge der Fertigteile

Vollfertigteile

Die Ausführung von Verbundbrücken als Vollfertigteile ist in Deutschland nicht zugelassen. Die ehemals vorhandene Entwurfshilfe wurde zurückgezogen

2.11.2

Doppelverbund mit Druckbeton im Kastenboden

Bei Kastenträgern mit größeren Stützweiten (ab ca. 80 m) ist es zweckmäßig und wirtschaftlich, im Stützenbereich Druckbeton im Kastenboden anzuordnen. Ein großer Anteil der Untergurt-Druckkraft des Durchlaufträgers wird dabei durch die Verdübelung in die Beton-Bodenplatte geleitet, so dass die Bodenblechdicke erheblich abgemindert werden kann. Ein Teil des teuren Baustahls wird also durch billigeren Beton ersetzt. Da der Beton direkt auf den Kastenboden aufgebracht wird, entstehen keine Schalungskosten.

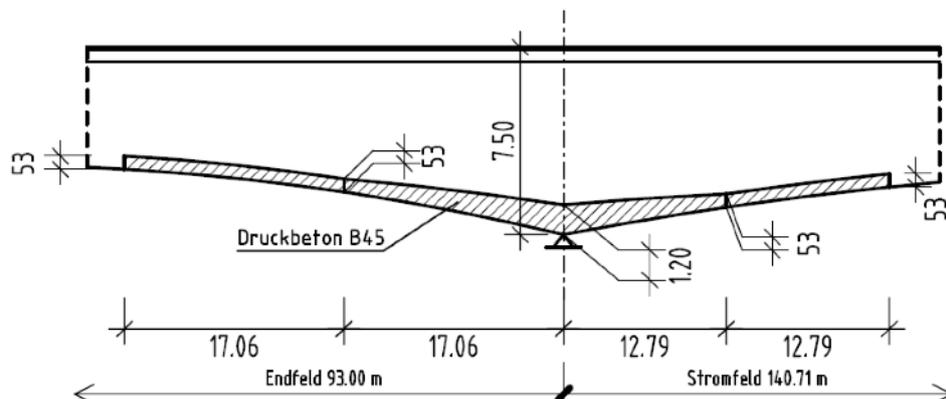


Bild 2.11.5: Ausführungsbeispiel für Doppelverbund mit Druckbeton im Kastenboden

Die Anordnung der Dübel im Kastenboden kann, z. B. in Anlehnung an DIN-Fachbericht 104 Kap. II-7.4(6) erfolgen.

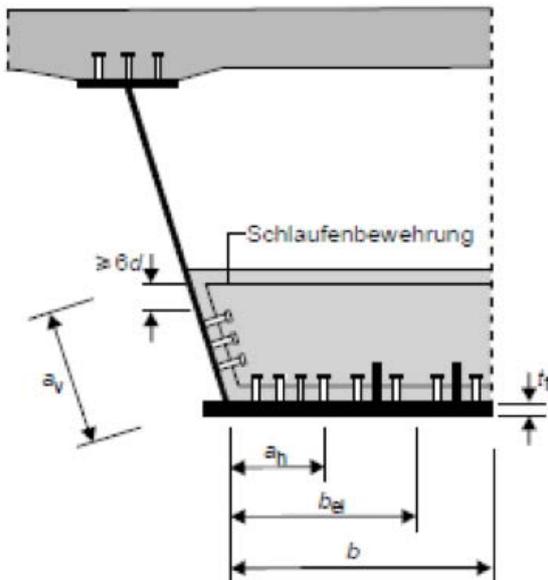


Bild 2.11.6: Verteilung der Dübel bei Doppelverbundquerschnitten (aus DIN Fachbericht 104, Bild 7.2)

Doppelverbund durch Fertigteilträger mit vorgespanntem Untergurt

2.11.3

Hersteller dieser Fertigteilträger mit geschützten Namen sind die Firmen

Christmann & Pfeifer, 35223 Breidenbach

Produkt: Preflex-Verbundträger

Spannverbund, 65529 Waldems

Produkt: Spannverbundträger

Bei dieser Bauweise handelt es sich um Verbundträger mit werkseitig betonummanteltem vorgespanntem Untergurt.

Ein überhöht hergestellter Walzträger (oftmals mit zusätzlichen Gurtlamellen) oder geschweißter Blechträger wird in einer Spannvorrichtung vertikal belastet und gebogen. Der gedehnte Untergurt wird mit einem Betonfuß ummantelt. Nach dem Erhärten federt der Stahlträger, der mit dem Untergurt durch Kopfbolzendübel schubfest verbunden ist, beim Entlasten der Spannkkräfte zurück und der Betonfuß (1. Verbund) wird hoch vorgedrückt.



Planen

Verbundkonstruktionen mit Fertigteillösungen

Nach dem Einbau der Träger wird der Ortbeton aufgebracht, der ebenfalls über Kopfbolzendübel mit dem Stahlträger verbunden ist (2. Verbund). Unter Gebrauchslasten dehnt sich der Untergurtbeton. Er bleibt jedoch rissfrei, so dass der Träger mit seiner gesamten Steifigkeit wirksam ist. Da auch der Steg durch den Ortbeton ummantelt wird, hat die gesamte Stahlkonstruktion einen dauerhaften Korrosionsschutz.

Der große Vorteil dieser Bauweise liegt in der Ermöglichung niedriger Konstruktionshöhen bei vergleichsweise geringen Verformungen. Sie eignet sich besonders für kleinere Bauwerke mit schwierigen örtlichen Verhältnissen, z. B. Brücken über elektrifizierte Bahngleise oder über Flüsse. Im Bauzustand tragen die Einfeldträger über die volle Stützweite. Hilfsstützen sind nicht erforderlich.

Beim Spannverbundträger wird die Vorspannung im Betonuntergurt durch eine externe Vorspannung mittels Litzen im Spannbett bzw. Spanngliedern erzeugt. Bei diesem Verfahren kann die Untergurtfläche wesentlich reduziert werden. In der Ablösungsbeträge-Berechnungsverordnung-ABBV (Entwurf 03/06) ist diese Bauweise hinsichtlich der jährlichen Unterhaltungskosten mit nur 0,6 % der Bausumme im Vergleich zu den übrigen Bauweisen besonders günstig eingestuft.

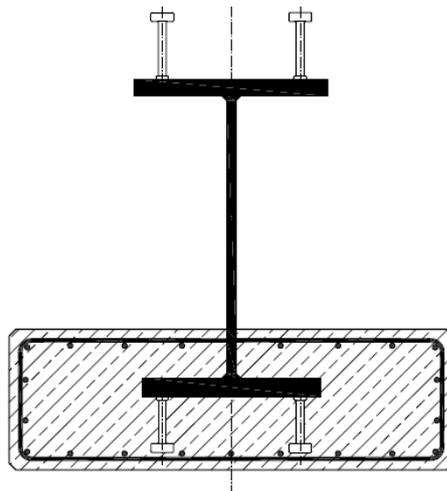


Bild 2.11.7: Querschnitt des Fertigteilträgers im Werk

Planen

Verbundkonstruktionen mit Fertigteillösungen

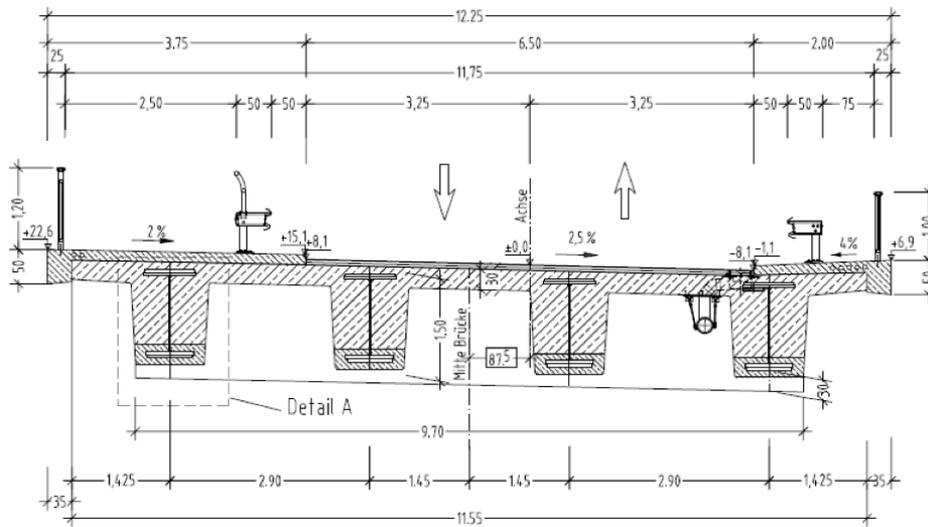


Bild 2.11.8: Brückenquerschnitt mit Fertigteilträgern

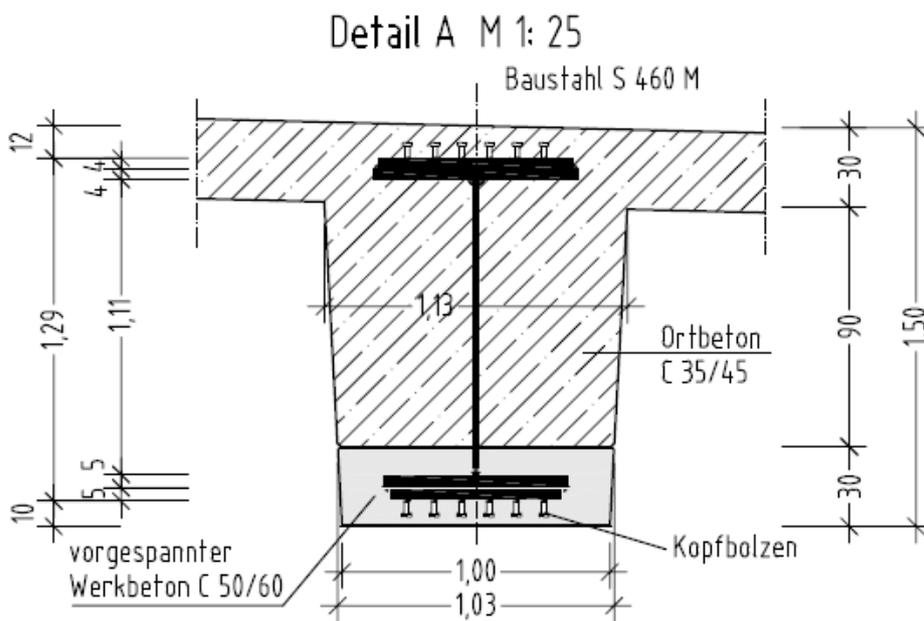


Bild 2.11.9: Typischer Querschnitt einer Straßenbrücke mit vier Preflex-Hauptträgern (B453 Lahnbrücke Eckelhausen)



Planen

Verbundkonstruktionen mit Fertigteilösungen

2.11.4

Verbundfertigteilträgerbauweise (VFT®-Träger)

Die Abkürzung „VFT“ für Verbundfertigteilträger wurde von der Schmitt Stumpf Fröhlich und Partner, Ingenieurgesellschaft im Bauwesen mbH (München), im Zuge der Entwicklung und Durchsetzung der Bauweise als Markenzeichen eingetragen.

Verbundfertigteil-Träger sind Verbundträger mit werkseitig anbetoniertem relativ dünnem Beton-Obergurt, der die Schalung für die Ort betonplatte bildet. Der Obergurt stabilisiert den freistehenden Träger gegen Kippen. Außerdem entlastet er durch die Eigenlast-Verbundwirkung den Stahlgurt beim Aufbringen des Ortbetons. Ausführliche Beschreibung siehe [36].

Die Träger eignen sich besonders für kleinere und mittlere Stützweiten und für Brücken, bei denen der Einsatz von Gerüsten oder Hilfsstützen wegen der örtlichen Verhältnisse nicht möglich ist. Relativ große Trägerlängen können wirtschaftlich transportiert und mit Kranen eingehoben werden.

Nachteilig ist der durch die hohen Montagegewichte erforderliche Einsatz sehr großer Krane. Beim Einsatz der VFT®-Träger bei schiefwinkligen Brücken sind die vorgefertigten Platten miteinander zu koppeln. Für den Transport muss die Betonplatte zusätzlich gestützt werden, um so ein Schwingen der recht dünnen Platten zu vermeiden.

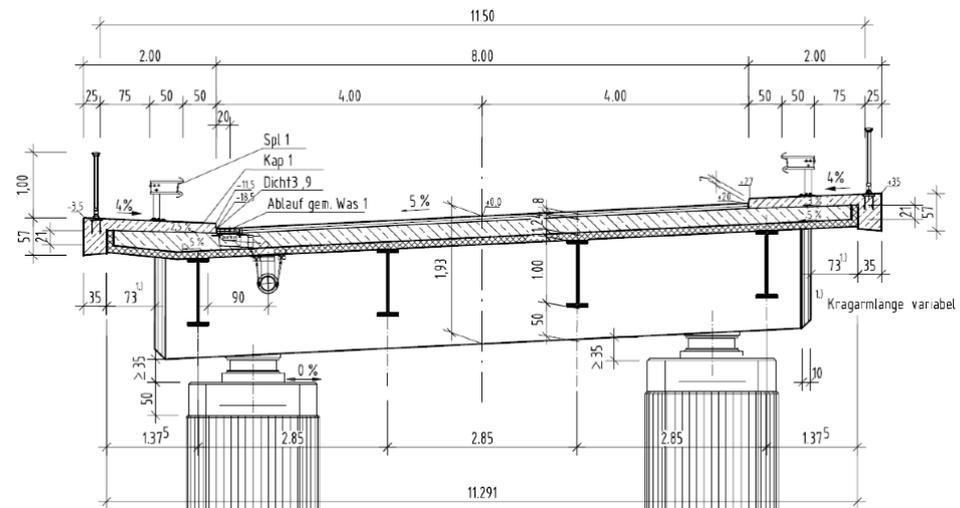


Bild 2.11.10: Typischer Querschnitt einer Verbundfertigteil-Träger-Brücke (B457 OU Hungen Horlofftalbrücke)

Verbundbrücken mit Auflagerquerträgern aus Beton

Hierbei handelt es sich um Verbundüberbauten mit engliegenden Hauptträgern, die aus Walzträgern oder geschweißten Trägern (I-Träger oder Hohlkästen) bestehen und bei denen die Querträger an den Widerlagern und an den Stützen aus Stahlbeton bestehen.

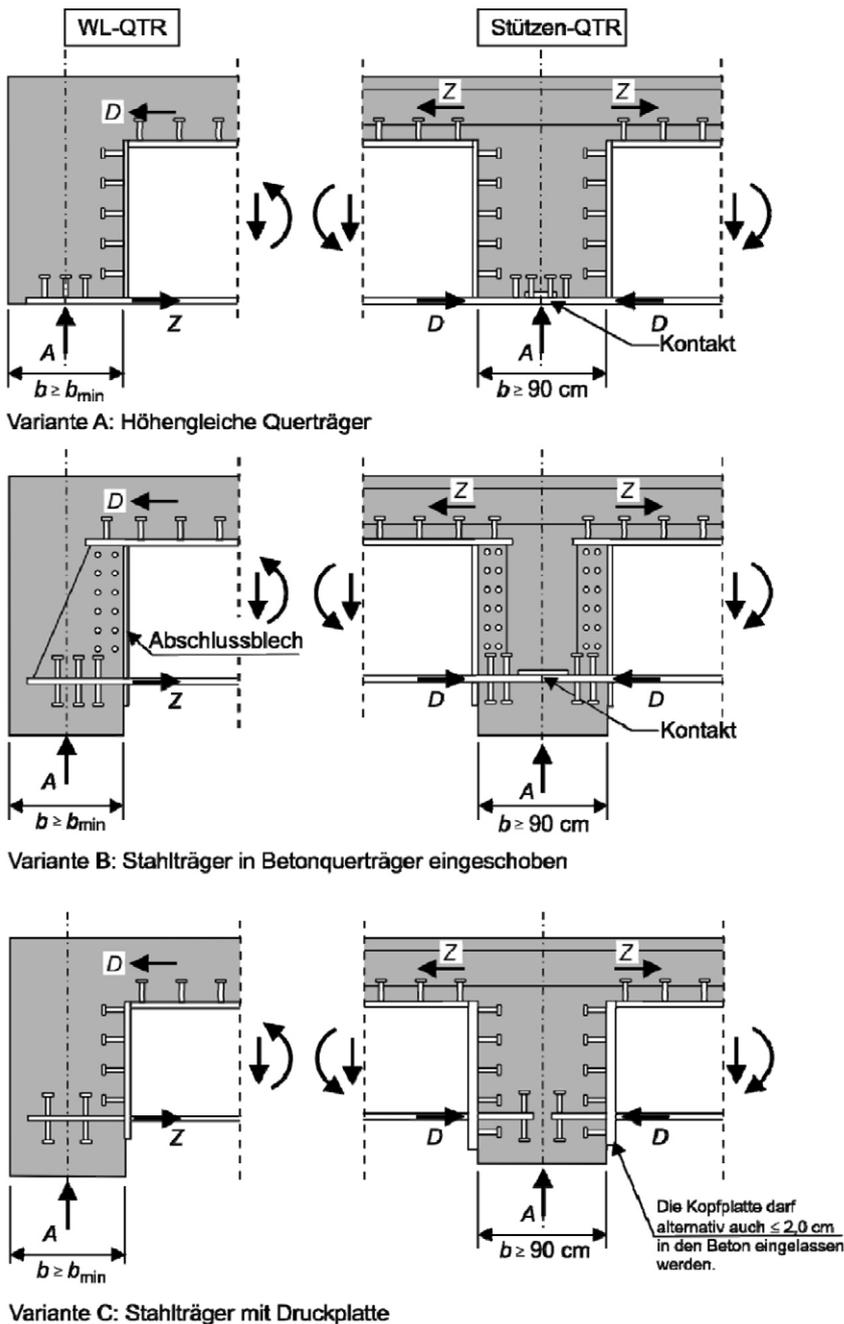


Bild 2.11.11: Varianten zur konstruktiven Durchbildung der Stahlbetonquerträger. Aus ZTV-ING Teil 4, Abschnitt 2, Anhang A



Planen

Verbundkonstruktionen mit Fertigteillösungen

Die oben aufgezeigten Varianten A und B sind eher kritisch zu betrachten. Aufgrund der zulässigen und auch sich einstellenden Fertigungstoleranzen der einzelnen Bauteile ist ein Druckkontakt im durchgehenden Bodenblech unrealistisch. Die Herstellung des Druckkontakts in der Untergurtebene kann durch senkrecht stehende Futterplatten zwischen den Bodenblechen, die nach örtlichem Aufmaß gefräst werden, hergestellt werden. Eine Detaildarstellung ist in Bild 2.11.12 zu finden.



Bild 2.11.12: Ausbildung des Druckkontakts im Untergurt über der Zwischenunterstützung mit gefräster Futterplatte bei der Talbrücke Horloff

In den Stützenpunkten des Durchlaufträgers wird die Obergurt-Zugkraft durch Bewehrung und die Untergurt-Druckkraft durch Kontakt der Stahlgurte oder durch Einleitung in den Beton (Teilflächenpressung) übertragen. Die Querkkräfte werden über Kopfbolzendübel in den Beton des Querträgers ein- und wieder ausgeleitet. Konstruktive Lösungsmöglichkeiten sind in Bild A.4.2.1 der ZTV-ING Teil 4 Abschnitt 3 dargestellt.

Diese Bauweise eignet sich besonders für Brücken mit kleineren Stützweiten. Der Vorteil liegt darin, dass die Stahlträger im Werk komplett vorgefertigt sind. Auf der Baustelle sind keine Schweißarbeiten erforderlich. Die Träger werden zur Baustelle transportiert und mit Autokranen aufgelegt.

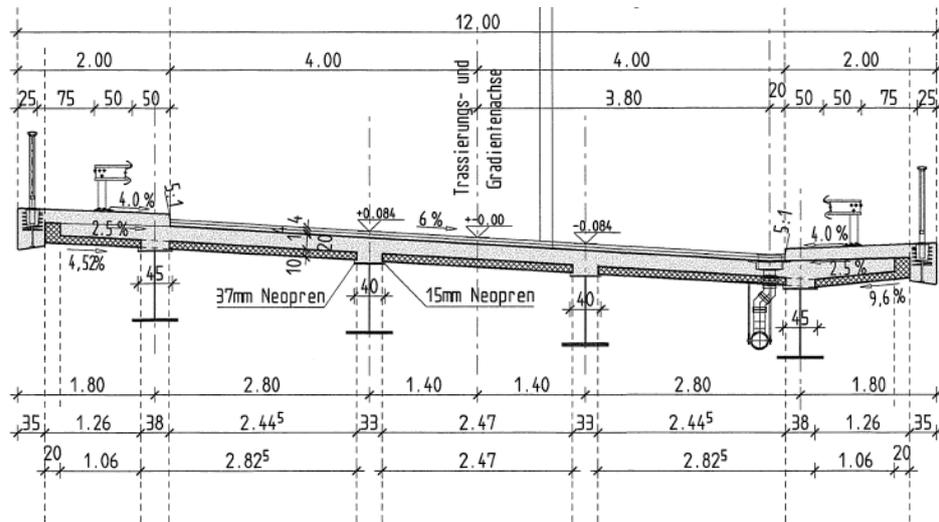


Bild 2.11.13: Typischer Querschnitt einer Verbundbrücke mit engliegenden Hauptträgern

Luftdicht verschweißte Hohlkästen

Nach DIN 1076:1999 ist festgelegt, dass „bei den Hauptprüfungen alle, auch die schwer zugänglichen Bauwerksteile, gegebenenfalls unter Zuhilfenahme von Besichtigungseinrichtungen, Rüstungen und ähnlichem, handnah zu prüfen“ sind. Die DIN 1076 ist gem. § 48 HStrG Hessisches Straßengesetz (HStrG) und Erlass vom 10. August 1993 (StAnz. S. 2120) verbindlich anzuwenden.

Generell gilt der Konstruktionsgrundsatz, dass luftdicht verschweißte Hohlkästen nur in Ausnahmefällen zugelassen sind, z. B. bei stark gekrümmten Systemen, bei denen eine hohe Torsionssteifigkeit notwendig ist, oder bei sehr schlanken Konstruktionen. Für die konstruktive Ausbildung ist die ZTV-ING - Teil 4 Stahlbau, Stahlverbundbau - Abschnitt 1, Stahlbau 3, Konstruktion, (7) + (8) + (10) zu beachten bzw. vertraglich zu vereinbaren.

Für Konstruktionen die begehrbar im Sinne der RAB-Brü sind gilt ein grundsätzliches Anwendungsverbot für luftdichte Ausführungen. Bei geringeren lichten Höhen von Hohlkästen ist zu prüfen, ob eine eingeschränkte Begehrbarkeit vorliegt.

Bei der Berechnung ist der Abschnitt 2.6.5 „Besonderheiten bei Verbundbrücken“ zu beachten und vertraglich zu vereinbaren.



Planen

Verbundkonstruktionen mit Fertigteilösungen

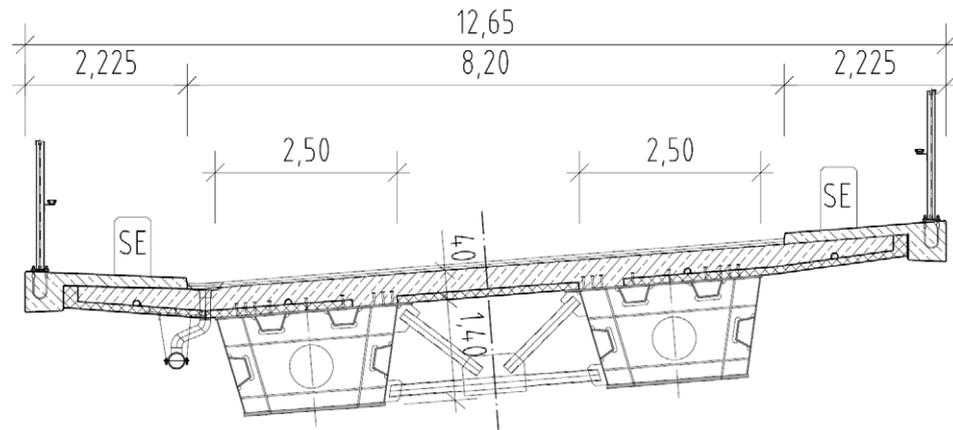


Bild 2.11.14: Typischer Querschnitt (Niedermittlau) eines luftdicht verschweißten Hohlkastens.

2.11.7

Integrale Brücken (Rahmenbrücken)

Die integrale Bauweise als Rahmenbrücke hat in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. Anwendungsgebiete, Bauvorgang, Konstruktionsdetails und Berechnung sind ausführlich in [63] und [XV, XXI] beschrieben.

Die großen Vorteile sind das Entfallen der Lager und die Vereinfachung der Fahrbahnübergänge sowie die Ermöglichung sehr niedriger Bauhöhen im Feldbereich. Das wichtigste Anwendungsgebiet sind Einfeldbauwerke über Autobahnen oder Flussläufe. Durch Hessen Mobil wurden bereits einige integrale Brücken bis 55,00 m Spannweite erfolgreich ausgeführt.

Die Hauptträger der Rahmenbrücke können als normale Verbundträger z. B. nach Bild 2.11.1 oder als Verbundfertigteil-Träger z. B. nach Bild 2.11.10 ausgeführt werden. Aus Steifigkeitsgründen sind die Zwangsbeanspruchungen aus Temperatur gegenüber Beton- bzw. Spannbetonfertigteilkonstruktionen wesentlich geringer und lassen sich leichter beherrschen.

Die Höhenlage des überführten Verkehrsweges wird durch optimale Ausnutzung des Lichraumprofils verbessert. Durch die Anvoutungen der Träger werden die Stützmomente an den Rahmenecken erhöht und der Feldbereich des Trägers entlastet. Dadurch kann der Feldbereich des Überbaus sehr schlank ausgebildet werden.

Durch die Riegelwirkung des fest mit den Widerlagern verbundenen Überbaus kann die Gründung für Erddrucklasten wesentlich günstiger bemessen werden. Für die Gründung sind Bohrpfähle günstig, da mit diesen zum einen das Einspannmoment gut abgetragen werden kann und zum anderen wegen der elastischen Bettung der Pfähle die Bewegungen des Überbaus aus Temperaturänderung gut aufgenommen werden können.

Planen

Verbundkonstruktionen mit Fertigteillösungen

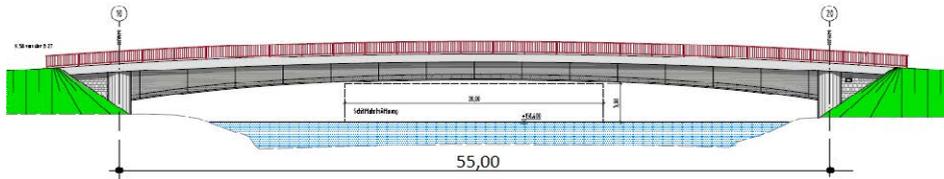


Bild 2.11.15: Beispiel integrale Brücke, Schlankheiten: Rahmenecke = 20,7, Feld = 31,4

Eine typische Rahmenecke ist auf der **Entwurfshilfe 4.06 (Stahlverbund, Rahmenbrücke, Eckausbildung Brücke - Widerlager)** dargestellt.

Für eine wirtschaftliche Durchbildung der Stahlträger empfiehlt es sich schon für den Bauzustand „Herstellung der Ortbetonergänzung“ eine Teileinspannung in die Widerlagerwände auszubilden.

Dies kann durch eine geeignete Montagehilfskonstruktion ermöglicht werden. Die Untergurte der Hauptträger werden auf den bereits hergestellten Widerlagerabschnitten auf temporären Lagern, z. B. Schienen, um eine Verdrehung zuzulassen, aufgelagert. Durch eine Spannvorrichtung können die Obergurte gegen den erhärteten Beton der Widerlager vorgespannt werden. Dies kann bei größeren Stützweiten durch ein Traggerüst in Feldmitte mit Zylinderpressen unterstützt werden. Durch Messung der tatsächlichen Endtangentialwinkel und der eingepprägten Überhöhung kann der Abgleich mit den rechnerischen Sollwerten erfolgen. Eine mögliche Einspannung für die Einbringung des Ortbetons ist in Bild 2.11.16 dargestellt.

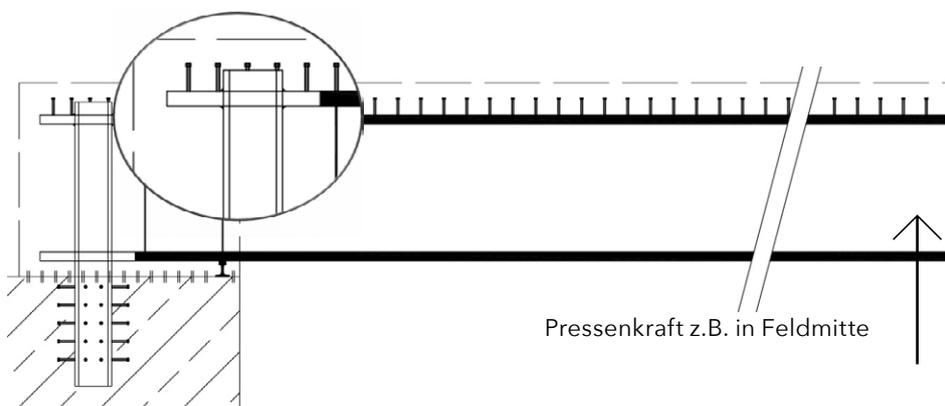


Bild 2.11.16: Beispiel integrale Brücke, Teileinspannung ins Widerlager für die Ortbetonage



Korrosionsschutzgerechtes Konstruieren

Allgemeines

Unter **Korrosion** (lat. von *corrodere* = zernagen) ist die Reaktion eines metallischen Werkstoffes mit seiner Umgebung zu verstehen, die zu einer Beeinträchtigung seiner Eigenschaften führt. Sie beginnt daher an der Oberfläche. Die Reaktion kann chemischer Art (= Zunderung des Stahls in heißen Gasen, Anlaufen des Silbers) und elektrochemischer Natur sein (Rosten des Stahls, Grünspan auf Kupferlegierungen, Patina auf Kupferdächern).

Bei der Korrosion handelt es sich stets um Grenzflächenvorgänge (chem. Reaktion), die entweder zwischen einem Metall und einem Gas oder zwischen einem Metall und einem flüssigen Stoff ablaufen. Daraus erfolgt auch eine Einteilung der Korrosionsarten.

Korrosion durch Gase (Oxidschichtbildung)

Die Korrosion in gasförmigen Stoffen wird, weil oxidierende Gase meist dabei überwiegen, nach den entstehenden Korrosionsprodukten, den Metalloxiden, häufig als Zunderung bezeichnet. Die entstehenden Schichten sind meist durchlässig, so dass sie durch Diffusion wachsen, aber infolge der unterschiedlichen Wärmedehnung zum Grundwerkstoff abplatzen. Dadurch wird der Werkstoff freigelegt und weiter korrodiert.

Als Beispiel sei hier genannt die Oxidschicht, die sich beim Abkühlen des Stahls bildet und als Zunder- oder Walzhaut bekannt ist. Für eine gewisse Zeit gibt diese Oxidschicht dem Stahl einen gewissen Korrosionsschutz - sie wittert jedoch bei Witterung im Laufe eines Jahres ab.

Korrosion durch Flüssigkeiten

Für die Korrosion in Flüssigkeiten sind die wässrigen Lösungen wegen ihres Elektrolytcharakters von großer Bedeutung. In vielen Fällen kann Wasser zu den Konstruktionsteilen gelangen, als Regen- oder Kondenswasser. Das Wasser enthält Ionen oder nimmt sie vom Werkstoff auf und wird dadurch zu einem Elektrolyt. Zwei verschiedene Metalle oder -verbindungen bilden dann in Verbindung mit einem Elektrolyten ein galvanisches Element.

Die für den Stahlbau sicher wichtigste Korrosionsart ist die „Sauerstoffkorrosion“, die in näherungsweise neutralem, leitfähigem und sauerstoffangereichertem Wasser entsteht. Weitgehend geschwindigkeitsbestimmend ist bei der Sauerstoffkorrosion von Eisen und Stahl die Belüftung, d. h. die Menge an Sauerstoff, die an der Kathode zur Verfügung steht. Auch beschleunigen Salze und andere Verunreinigungen des Wassers die Korrosion u. U. erheblich.



Bei der **atmosphärischen Korrosion** werden in trockenen Perioden die in Feuchtperioden gebildeten Oxidschichten verdichtet und der Korrosionsvorgang kommt fast zum Stillstand, während in feuchten Perioden Mechanismen im Sinne der Sauerstoffkorrosion ablaufen.

Eine Atmosphäre ist also desto korrosiver, je feuchter sie ist und je aggressiver das korrosive Medium in der Feuchtperiode ist. Man unterscheidet darum folgende Klimata:

- Landklima
 - Stadtklima
 - Industrieklima
 - Meeresklima
- ↓ zunehmend
↓ korrosiv

Die korrosivsten wasserlöslichen Stoffe sind das Sulfation, das sich aus den schwefelhaltigen Verbrennungsprodukten der Kamine, Automobile etc. in der Atmosphäre bildet und das Chloridion, das in Meeresnähe aus dem Meerwasser und im Landesinneren vorzugsweise aus Tausalzen und Düngemitteln in die Atmosphäre gelangt. Bei der Korrosion bilden sich Rostpusteln mit Eisensulfatnestern- bzw. -chloridnestern. Die Folge ist ein narbiger Abtrag des Eisens.

Erscheinungsformen der Korrosion

Je nach Verlauf, den die Grenzfläche annimmt, lassen sich grundsätzlich folgende Korrosionsarten unterscheiden:

- Ebenmäßige Korrosion (Flächenkorrosion)
es entsteht eine mehr oder weniger narbige Oberfläche
Vorgang ist zu kontrollieren, somit ungefährlich
- Ungleichmäßige Korrosionsarten
- Lochkorrosion (Lochfraß)
- Interkristalline Korrosion
- Selektive Korrosion
- Spaltkorrosion
- Kontaktkorrosion
- Spannungsrisskorrosion

Die Spalt- und Kontaktkorrosion können durch konstruktive Maßnahmen verhindert werden.



Planen

Korrosionsschutzgerechtes Konstruieren

Korrosionsschutz

Man unterscheidet den

- **Aktiven Korrosionsschutz**, d.h. den Eingriff in die Reaktion durch Änderung von
 - Werkstoff => z. B. Einsatz von nichtrostendem Stahl, WT-Stahl
 - korrosivem Mittel => z. B. Luftfeuchtigkeit reduzieren
 - Reaktionsbedingungen => z. B. Oberfläche polieren

und den

- **Passiven Korrosionsschutz**, d.h. Trennung von Werkstoff und korrosivem Mittel durch eine Trennschicht (Beschichtung)

Polymerbeschichtungen sind zwar nach dem Mechanismus der Diffusion von einzelnen Molekülen durchdringbar, nicht jedoch von negativ geladenen Ionen wie Chlorid und Sulfat. Um einen guten Korrosionsschutz zu erhalten, muss für die heutigen Systeme eine völlig reine Metalloberfläche zum Zeitpunkt der Beschichtung vorhanden sein.

In der ZTV-ING Teil 4 Abschnitt 3 Korrosionsschutz von Stahlbauten sind eingehend Entrostungsverfahren, Reinigungsmethoden und die zu erzielenden Reinheitsgrade beschrieben.

Ein häufig örtlicher Korrosionsangriff ist sehr oft die Ursache für die Zerstörung von Bauteilen aus Stahl bzw. die Verringerung ihrer Lebensdauer.

Dafür sind überwiegend folgende Gründe verantwortlich:

Fehlerhafte Ver- und Bearbeitung des Werkstoffes

Beschädigung der Werkstoffoberfläche (Kratzer, Riefen, Schleifspuren)
Kaltverformung (Bohren, Biegen, Hammerschläge)

Wartungsmängel

mit geeigneten Maßnahmen muss für einwandfreie möglichst glatte Oberflächen gesorgt werden. Oberflächenablagerungen aller Art (organischer Bewuchs, Fremdrost, Totwasserecken, stagnierende Medienströme) sollen vermieden werden.



Konstruktive Mängel

Eine nicht korrosionsschutzgerechte Gestaltung des Bauteils ist eine sehr häufige Versagensursache (Medium kann nicht ablaufen, Spalten, fehlende Zugänglichkeit für Inspektion und Reparatur).

Konstruktive Festlegungen haben entscheidenden Einfluss auf den wirksamen Korrosionsschutz. Durch konstruktive und fertigungstechnische Maßnahmen können Korrosionsschäden vermieden oder vermindert werden. Aus diesem Grunde muss der Korrosionsschutz beim Planen bzw. Konstruieren bereits berücksichtigt werden. Man muss sich dabei jedoch im Klaren sein, dass die günstigere Konstruktion aus der Sicht des Korrosionsschutzes oftmals höhere Fertigungskosten verursachen kann. Es ist aber zu beachten, dass Korrosionsschäden oft **hohe Folgekosten durch Reparatur und eingeschränkte Verfügbarkeit nach sich ziehen können**.

Außerdem ist der Korrosionsschutz nie abgeschlossen, da er nur zeitlich wirkt, d. h. man muss beim Entwerfen und Konstruieren auch immer gleich an die Unterhaltung denken.

Im Folgenden werden einige konstruktive Schwachstellen beschrieben sowie „Grundregeln zur Gestaltung“ gemäß DIN EN ISO 12944 Teil 3 dargestellt.



Konstruktive Schwachstellen

Spalträume:

Durch den Zusammenbau von Bauteilen mittels Schrauben, Klemmen oder auch Schweißen (besonders beim Punktschweißen) entstehen Spalträume, die beim Eindringen von Wasser Korrosion verursachen.

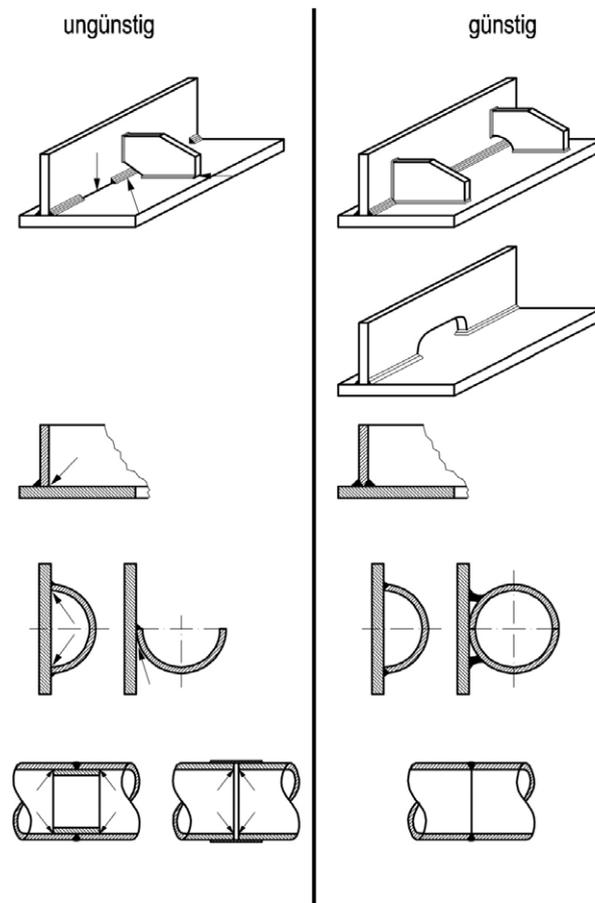


Bild 2.12.1: „Vermeiden von Spaltkorrosion“ Teil 1

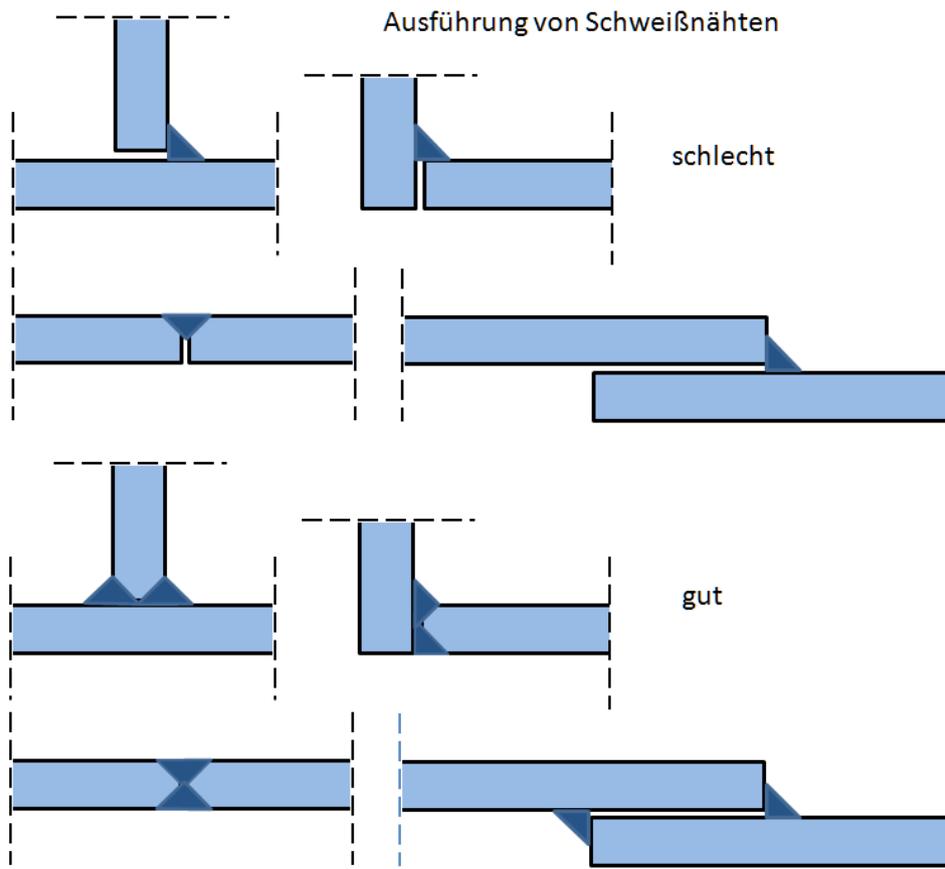


Bild 2.12.2: „Vermeiden von Spaltkorrosion“ Teil 2

Kanten und Ecken

Beim Trocknungsvorgang treten an den Kanten Schrumpfungen auf (Kantenflucht) die zu einer Verringerung der Schichtdicken führen. An diesen Kanten entstehen somit Schwachstellen die zu einer vorzeitig einsetzenden Korrosion führen.

An den Innenkanten kommt es zu unerwünschten Anhäufungen an Beschichtungstoff. (Beeinträchtigung der Haftfestigkeit, Verlängerung der Trockenzeit, Spannungen in der Schicht und damit Rissbildung).

Durch Abrundung oder Brechen der Kanten und Ecken wird die Gleichmäßigkeit der Schichtdicke begünstigt.

Ist dies nicht möglich, sind besondere Maßnahmen erforderlich, z. B. Aufbringen einer zusätzlichen Beschichtungsschicht (Kantenschutz).



Planen
Korrosionsschutzgerechtes Konstruieren

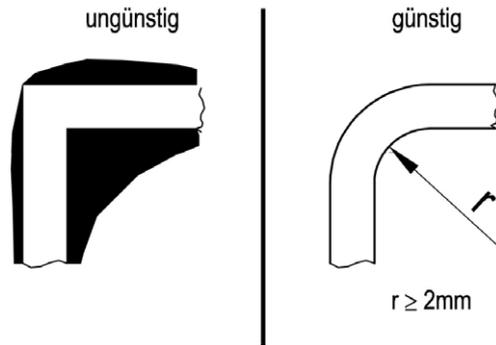


Bild 2.12.3: „Kantenausbildung“

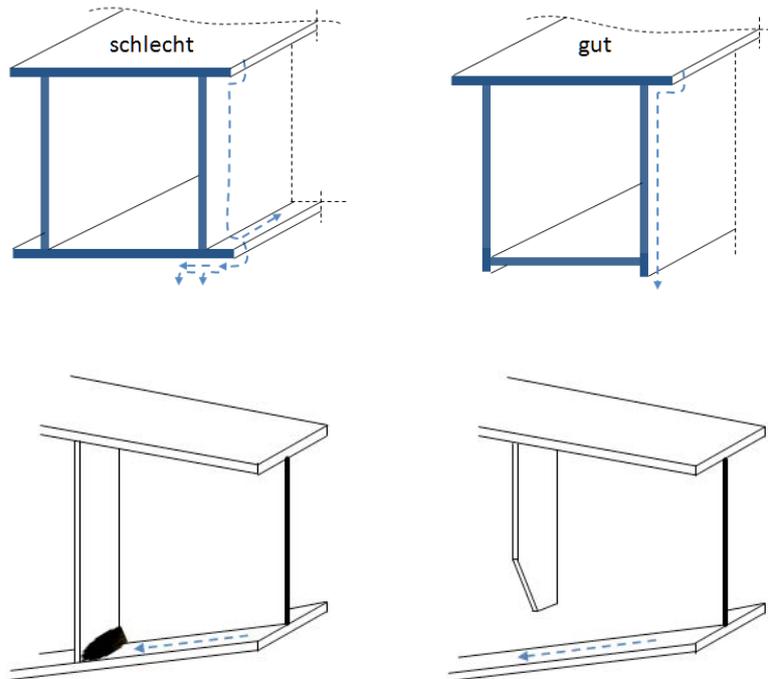
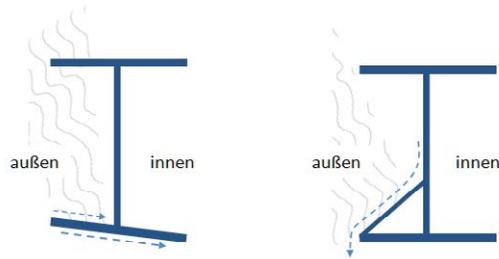


Bild 2.12.4: Vermeidung von Staunässe



Hohlteile

Man unterscheidet:

- offene begehbare Hohlkästen und Hohlbauteile
- offene nicht begehbare Hohlkästen und Hohlbauteile
- dicht geschlossene Hohlkästen und Hohlbauteile
(vgl. hierzu auch **Entwurfshilfe Blatt 4.02** im Anhang).

Offene begehbare und auch nicht begehbare Hohlteile müssen auf den Innenflächen einen Korrosionsschutz aufweisen.

Eine gute Durchlüftung ist zu gewährleisten.

Bei Staubeinwirkung ist ein Verschließen der offenen Seitenflächen vorzusehen. Schraub-Verbindungen sind nicht dicht und sollten, wenn möglich, durch Schweiß-Verbindungen ersetzt oder besonders abgeschottet werden.

Bei Brückenentwürfen mit luftdicht geschweißten Stahlkästen, z. B. zwei Stück je Überbau siehe Entwurfshilfe 4.02 (Überbau nicht begehbar), entfallen aufwendige Begehkonstruktionen für die Hauptträger und Pfeilerköpfe. Auf einen inneren Korrosionsschutz der Stahlkästen kann völlig verzichtet werden. Dadurch wird der Aufwand für Wartung und Betrieb erheblich reduziert.

Die Forderungen der ZTV-ING Teil 4 Abschnitt 3 sind zu berücksichtigen. Die Dichtigkeit der Schweißnähte ist durch eine Dichtheitsprüfung nachzuweisen. Bei der Prüfung wird ein Überdruck von 0,2 bar im Inneren des Hohlkastens erzeugt und über 24 Stunden aufrechterhalten. Der Druckverlust darf nach der Prüfdauer maximal 10 % betragen.

Die erforderlichen Öffnungen in den Hohlkästen sind nach der Prüfung mit Dichtschrauben zu verschließen. Dabei ist darauf zu achten, dass diese Dichtheitsprüfung nachweisrelevant sein kann, der aufgebrachte Überdruck im Inneren der Hohlkästen entspricht in etwa dem Wasserdruk einer 2 m hohen Wassersäule, und unter Umständen größere Schweißnahtquerschnitte bei den Kehlnähten erforderlich werden können. Dies ist im Zuge der Tragwerksplanung statisch nachzuweisen.

Für zukünftige Verbundbrücken in Hessen sind begehbare Brückenquerschnitte nicht als dichtgeschweißte Hohlkästen zulässig. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass dichtgeschweißte Hohlkästen eine maximale Bauhöhe von etwa 1,90 m haben dürfen. Ansonsten sind diese Hohlkästen im Sinne der RBA-BRÜ mit den entsprechenden Ausstattungen begehbar auszubilden.

Profile und Ihre Auswahl

Stark profilierte Oberflächen sind schwer zu beschichten und sind gleichzeitig einer höheren Korrosionsbelastung ausgesetzt als glatte Flächen.

Über die Möglichkeit von Schadstoffablagerungen und die korrosive Belastung entscheiden die Einbaulage und die Auswahl der Profile

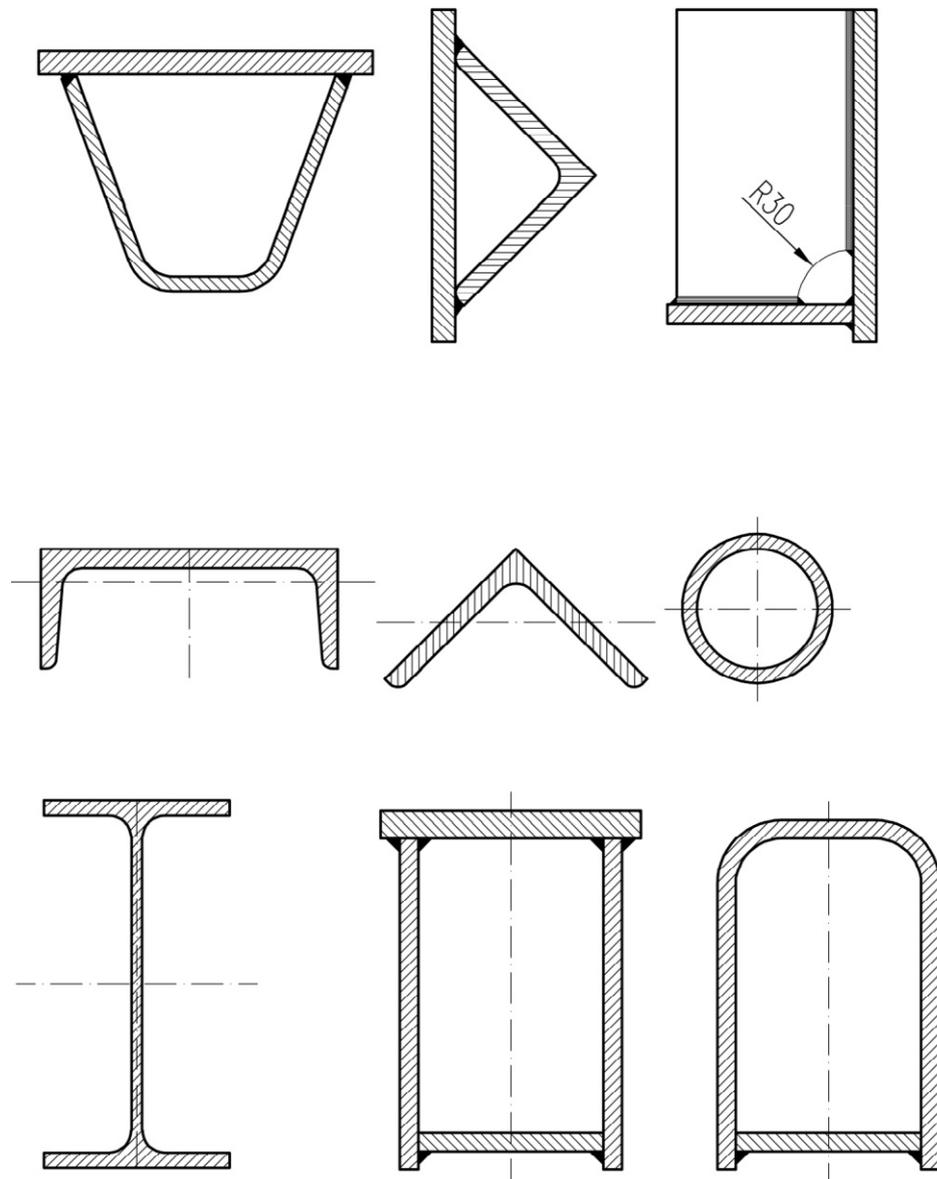


Bild 2.12.5: „Korrosionsschutzgerechte Profilwahl“, „Korrosionsschutzgerechte Ausführung“

Metallische Werkstoffpaarungen

(Verbindungen ungleicher Materialien)

Wenn es nicht möglich ist eine Verbindung, die sowohl Kohlenstoffstahl als auch nichtrostenden Stahl enthält, vor Feuchtigkeit zu schützen, so ist auf die Vermeidung von bimetallischer Korrosion zu achten. Dabei ist die Verwendung von Schrauben aus Kohlenstoffstahl in Bauteilen aus nichtrostendem Stahl zu vermeiden.

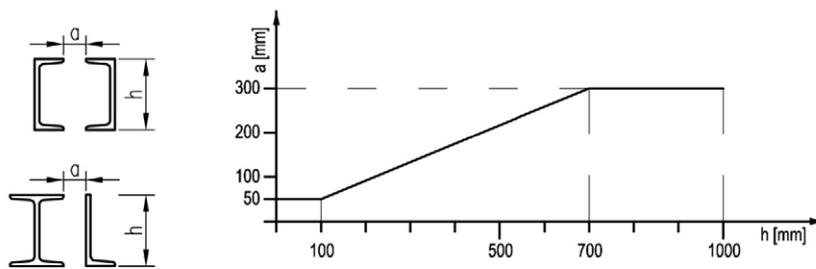
Kohlenstoffstahl und nichtrostender Stahl sind elektrisch zu isolieren.

Abstände benachbarter Bauteile

Der Abstand benachbarter Profile und Bauteile muss so gewählt werden, dass Korrosionsschutzarbeiten möglich sind und durch Luftzirkulation eine korrosive Überbelastung dieser Flächen verhindert wird.

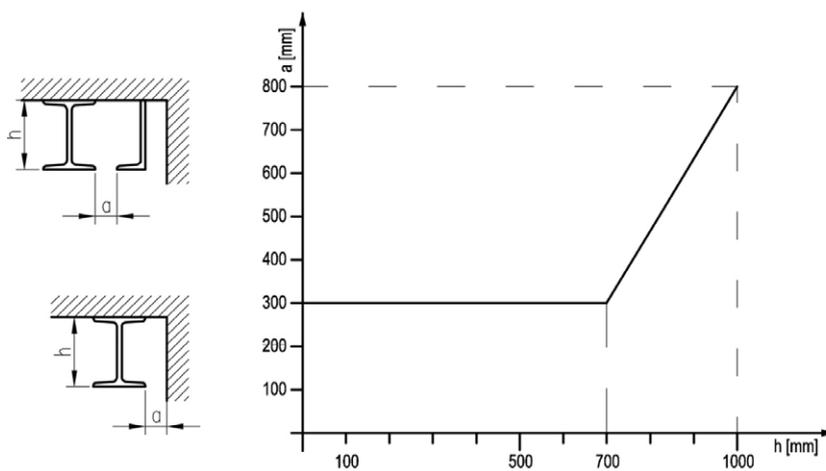
Die Mindestabstände a ergeben sich in Abhängigkeit von der Profilhöhe h bzw. der Profilbreite b .

Mindestmaße bei engen Abständen zwischen Oberflächen nach DIN EN ISO 12944-3



Zulässiger Mindestabstand $[a]$ zwischen zwei Bauteilen in Abhängigkeit von der Höhe $[h]$

Bild 2.12.6: Mindestabstände zwischen zwei Bauteilen



Zulässiger Mindestabstand $[a]$ zwischen einem Bauteil und einer angrenzenden Fläche in Abhängigkeit von der Höhe $[h]$ der Bauteile (bei $h > 1000$ mm sollte $a \geq 800$ mm sein)

Bild 2.12.7: WMindestabstände zwischen Bauteil und angrenzenden Flächen



Planen
Korrosionsschutzgerechtes Konstruieren



Bild 2.12.8: Bild zu geringer Abstand zwischen Bauteilen und angrenzenden Flächen



Bild 2.12.9: Bild zu geringer Abstand zwischen Bauteilen und angrenzenden Flächen

Schweißfehler, Schweißnahtausbildung

Um einen bevorzugten Angriff auf die Schweißverbindung zu vermeiden ist prinzipiell eine sorgsame Schweißnahtvorbereitung und Nachbehandlung notwendig (keine unzulässige Poren, Bindefehler, Krater, Oberflächenrauheit der Naht, Schweißspritzer). Für die Beschaffenheit der Schweißnähte sind die zulässigen Nahtunregelmäßigkeiten, z.B. Nahtüberhöhung, Übergangswinkel zum Grundwerkstoff, der Bewertungsgruppe B nach DIN EN 5817 einzuhalten. Da es sich bei Verbundbrücken um ermüdungsbeanspruchte Konstruktionen handelt, sind die im Anhang C der DIN EN 5817 festgelegten Anforderungen an die Bewertungsgruppe B mit der Schwingfestigkeitsklasse FAT 90 einzuhalten. Weitere Abnahmekriterien und Zusatzanforderungen z.B. für Brückenfahrbahnen werden in der DIN EN 1090-2 angegeben. Nachstehend sind einige typische Nahtfehler dargestellt.

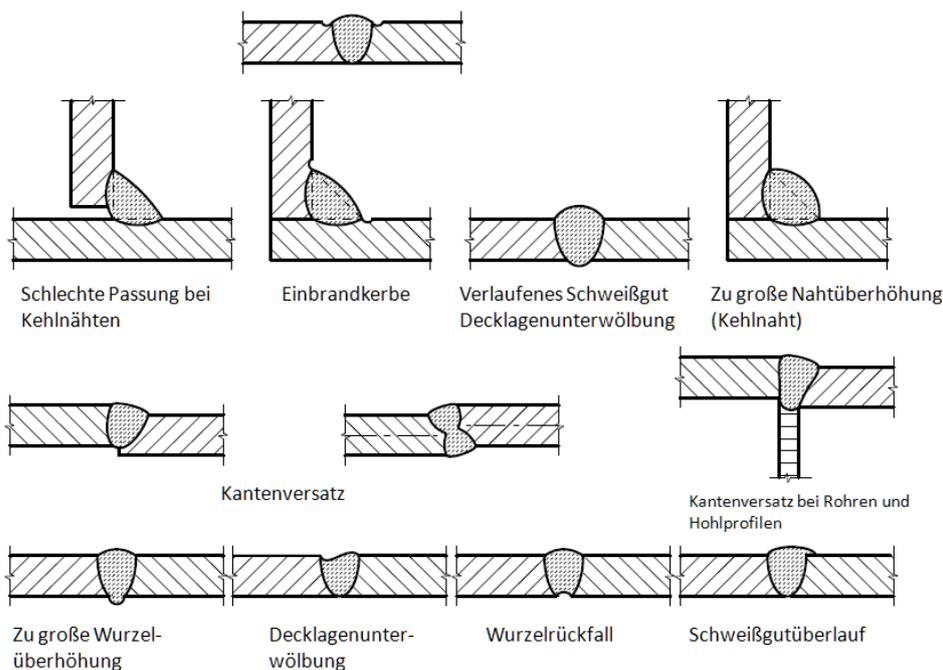


Bild 2.12.10: Typische Nahtfehler, Bezeichnung nach DIN EN ISO 5817:2014-06

Die Schweißnähte sind korrosionstechnisch wie Kanten zu behandeln und mit einer zusätzlichen Beschichtung entsprechend einem Kantenschutz zu versehen.



Planen

Korrosionsschutzgerechtes Konstruieren

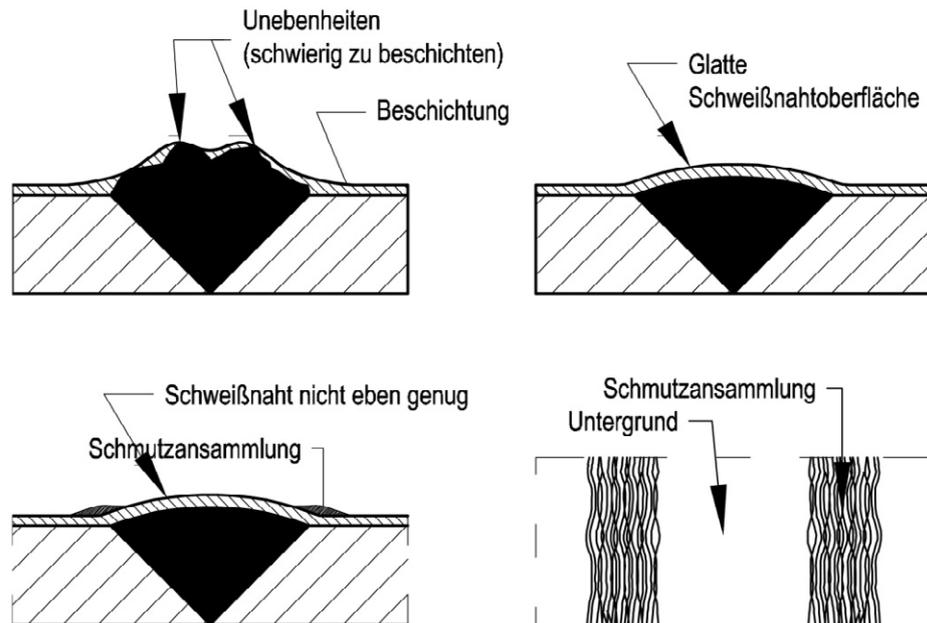
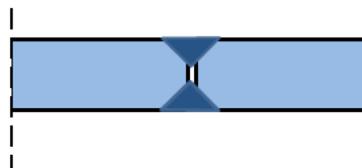


Bild 2.12.11: „Oberflächenfehler beim Schweißen“, „Ausrundungen von Versteifungen“, „Schweißen auf Plättchen“

Stumpfstöße. Werkstatt + Baustelle

Nach EC 3 zulässige Schweißnaht
Nicht durchgeschweißte Naht
Doppel Y-Naht
Schlecht prüfbar, da Wurzelfehler
nicht oder sehr schwer erkennbar



Durchgeschweißte Naht
Doppel V-Naht
Gut prüfbar, Fehler erkennbar
Muss vom AG ausgeschrieben werden

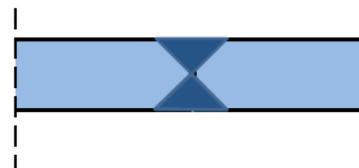


Bild 2.12.12: „Schweißnahtausbildung, Prüfbarkeit“

Verbundbauwerke Schnittstelle zum Beton

Berührungsflächen Stahl/ Beton unterliegen besonderen Korrosionsbelastungen. Zusätzlich ist zu beachten, dass sie auf Grund der nicht gegebenen Erreichbarkeit nicht instand gesetzt, d.h. der Korrosionsschutz erneuert, werden können. Sie sind deshalb dauerhaft vor Korrosion zu schützen.



Entsprechende Festlegungen in der ZTV-ING T 4-3 (Korrosionsschutz Stahlbauten) sind zu beachten. Dabei ist zu unterscheiden, ob die Berührungsfläche in Kontakt mit Frischbeton oder mit Festbeton, z.B. Fertigteilen, kommt. Da bei der Halbfertigteilbauweise zwischen Fertigteil und Stahl immer ein minimaler Luftspalt verbleibt und daher keine geschlossene Schutzhülle für den Stahl darstellt, ist hier ein Beschichtungssystem mit mindestens 5 Schichten auszubilden.

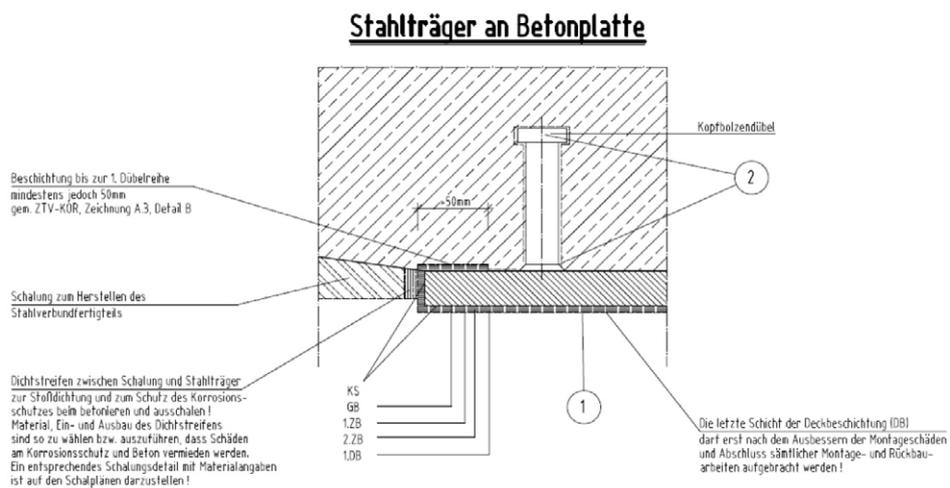


Bild 2.12.13: „Ausbildung der Schnittstelle zum Beton“

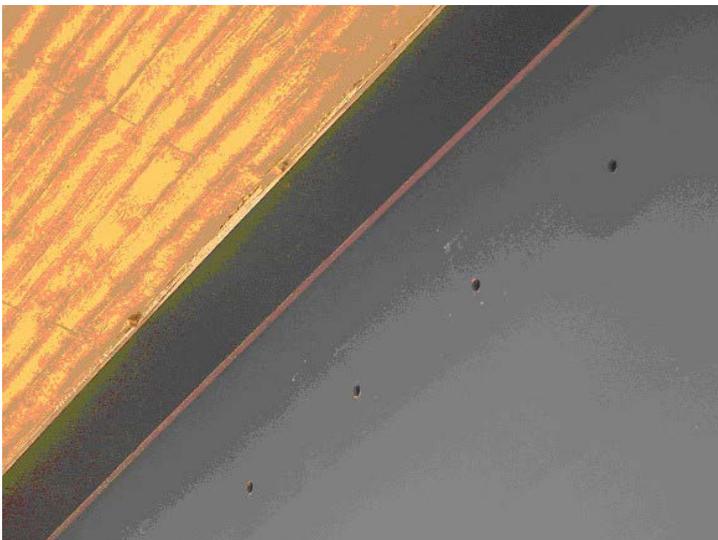


Bild 2.12.14: Bild Ausbildung der Schnittstelle Beton



Planen

Korrosionsschutzgerechtes Konstruieren

Schnittufer der Einzelbauteile (Montageschüsse)

Zum korrosionsschutzgerechten Konstruieren gehört auch die Herstellung der Schnittufer in einer für die Schweißtechnik auf der Baustelle und den Korrosionsschutz ausreichend genauen Form. Dazu sind entsprechende Messprotokolle zu erstellen nach denen die Bauteile vermessen, gegebenenfalls im Werk gerichtet und erst anschließend konserviert und ausgeliefert werden.

Umfangreiche Richtarbeiten und das Öffnen von Schweißnähten auf der Baustelle sind auch im Sinne eines funktionsfähigen Korrosionsschutzes zu vermeiden.

(vgl. hierzu auch Kap. Bauvorbereitung Messprotokolle Werkstatt)



Bild 2.12.15: Baustellenstoß Marktheidenfeld Schnittufer



Bild 2.12.16: Kanalbrücke Lippe Schnittufer



Bild 2.12.17: Hilfsmittel zum Richten eines Montagestoßes



Korrosionsschutz

Die Stahlbauteile mit freiliegenden Stahlflächen, auch im Inneren von begehbaren Hohlkastenquerschnitten, sind mit einem Korrosionsschutzsystem nach ZTV-ING Teil 4 Abschnitt 3 zu versehen. Standardmäßig hat sich für die meisten Flächen ein Beschichtungssystem nach Blatt 87 der TL/TP KOR durchgesetzt.

In der jüngeren Vergangenheit sind vermehrt Probleme im Haftverbund der Deckbeschichtung aufgetreten, die zu einem zusätzlichen Instandsetzungs- und Unterhaltungsaufwand geführt haben. Üblicherweise wurde in der Vergangenheit bei einem Beschichtungssystem nach Blatt 87 die Deckbeschichtung vollständig nach der Montage und den Betonarbeiten appliziert. Die Deckbeschichtung hat gegenüber den restlichen Beschichtungen als Bindemittel Polyurethan anstatt Epoxidharz. Vor allem bei einer längeren Bewitterung der Beschichtungen mit Epoxidharz findet ein chemischer Prozess statt, das sogenannte Auskreiden. Durch diesen Umstand wird die Zwischenhaftung (Adhäsion) zwischen der Deckbeschichtung und der 2. Zwischenbeschichtung nachteilig beeinflusst.

Zur Beseitigung dieses Umstands stehen dem Planer seit der Neuauflage der ZTV-ING, Ausgabe 2012, verschiedene Möglichkeiten als sogenannte „Verbund 2“-Lösung zur Verfügung, die im Korrosionsschutzplan des Entwurfs dargestellt werden müssen.

1. Applikation der halben PUR-Deckbeschichtung im Werk
2. Austausch der 2. Zwischenbeschichtung mit PUR statt EP als Bindemittel

Bei der 1. Variante ist jedoch zu beachten, dass die beiden „halben“ Deckbeschichtungen jeweils mit einer erhöhten Sollsichtdicke von 60 µm ausgeführt werden und somit zu einem insgesamt dickeren Beschichtungsaufbau mit zusätzlichem Verbrauch an Beschichtungsstoff führen.

Die 2. Variante wird bei längeren Verbundbrücken empfohlen, da im Bereich der erforderlichen Montagestöße ein zusätzlicher Arbeitsgang gegenüber Möglichkeit 1 eingespart wird.

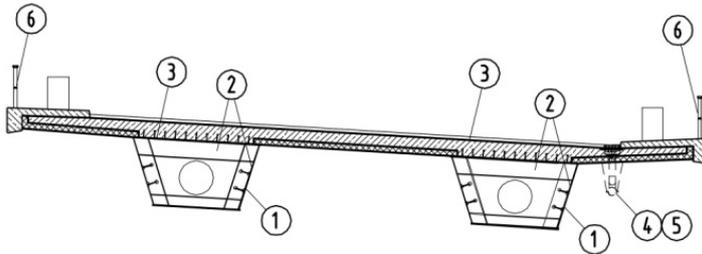
Vor dem Applizieren der Deckbeschichtung auf der Baustelle sind die im Werk applizierten obersten Beschichtungen aufgrund der längeren Standzeit und der evtl. Verunreinigungen durch die anderen Gewerke fachgerecht vorzubereiten und zu reinigen. Eine Aufbereitung der Oberfläche durch Sweep-Strahlen, z.B. zum Entfernen von Betonschläpfe, ist auf der Baustelle bis auf zustimmungspflichtige Kleinfächen nicht zugelassen.



Beispiel eines Korrosionsschutzplans

Regelquerschnitt

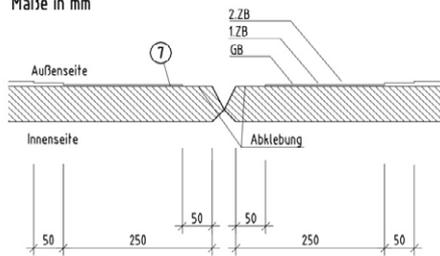
M 1:100



Prinzip-Detail: Abstufung der Beschichtung im Bereich der Montagestöße (abkleben)

M 1:5

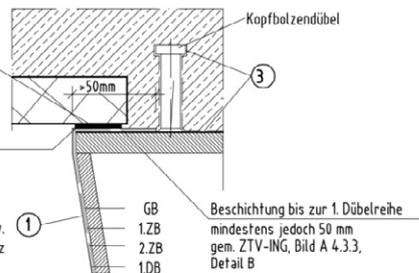
nach ZTV-ING Teil 4 Abschnitt 3, Nr.5.5 Baustellenschweißstöße
Maße in mm



Prinzip-Detail Obergurt an Betonplatte

Berührungsfläche zwischen Stahl- und
Elementplatte ZTV-ING, Tabelle A.4.3.2
Bauteil-Nr. 512
GB EP Zinkstaub
1.ZB EP
2.ZP EP
3.ZB EP
DB EP

Dichtstreifen zwischen Stahlträger und
Betonfertigteil zur Stoßdichtung und zum
Schutz des Korrosionsschutzes beim Einheben
der Fertigteile.
Material, Ein- und Ausbau sind so zu wählen bzw.
auszuführen, dass Schäden am Korrosionsschutz
und Beton vermieden werden.
Ein entsprechendes Schalungsdetail mit
Materialangaben ist auf den Schalplänen
darzustellen!



Beschichtung bis zur 1. Dübelreihe
mindestens jedoch 50 mm
gem. ZTV-ING, Bild A 4.3.3,
Detail B

Bild 2.12.18: Korrosionsschutzplan Verbundüberbau Teil 1/4



Planen

Korrosionsschutzgerechtes Konstruieren

<p>0 Gesamter Überbau Oberflächenvorbereitungsgrad nach ZTV-ING Teil 4 Abschnitt 3 u. Bauteil Nr. 1.3.1b, Nr.1 in Verbindung mit DIN EN ISO 12944, Teil 5 auf Epoxidharz- und Polyurethangrundlage nach TL/TP-KOR, Anhang E, Blatt 87</p> <p>Strahlen mit nicht silikogenen Mitteln nach DIN EN ISO 12944, Teil 4</p>	<p>4 Überbautenwässerung - Rohrleitungen Außenseite: Korrosionsschutzsystem nach ZTV-ING Teil 4 Abschnitt 3, Anhang A, Tab. A 4.3.2, Bauteil 3.3.3, Nr.1 in Verbindung mit DIN EN ISO 12944, Teil 5 auf Epoxidharzgrundlage nach TL/TP-KOR, Anhang E, Blatt 87</p> <table border="1"> <tr> <td>Oberflächenvorbereitung</td> <td>Normreinheitsgrad Sa 3</td> <td>2x40mym</td> </tr> <tr> <td>Spritzverzinkung (zweischichtig)</td> <td>thermisch nach DIN EN 22063</td> <td>80mym</td> </tr> <tr> <td>Deckbeschichtung (DB)</td> <td>Epoxidharz-Eisenglimmer-Farbe (siehe Bemerkung 1)</td> <td></td> </tr> </table> <p>Innenseite: Korrosionsschutzsystem nach ZTV-ING Teil 4 Abschnitt 3, Anhang A, Tab. A 4.3.2, Bauteil 3.3.3, Nr.4 in Verbindung mit DIN EN ISO 12944, Teil 5 auf Epoxidharzgrundlage nach TL/TP-KOR, Anhang E, Blatt 87</p> <table border="1"> <tr> <td>Oberflächenvorbereitung</td> <td>Normreinheitsgrad Sa 2 1/2</td> <td>120mym</td> </tr> <tr> <td>Deckbeschichtung (DB)</td> <td>Epoxidharz-Kombi</td> <td></td> </tr> </table>	Oberflächenvorbereitung	Normreinheitsgrad Sa 3	2x40mym	Spritzverzinkung (zweischichtig)	thermisch nach DIN EN 22063	80mym	Deckbeschichtung (DB)	Epoxidharz-Eisenglimmer-Farbe (siehe Bemerkung 1)		Oberflächenvorbereitung	Normreinheitsgrad Sa 2 1/2	120mym	Deckbeschichtung (DB)	Epoxidharz-Kombi																									
Oberflächenvorbereitung	Normreinheitsgrad Sa 3	2x40mym																																						
Spritzverzinkung (zweischichtig)	thermisch nach DIN EN 22063	80mym																																						
Deckbeschichtung (DB)	Epoxidharz-Eisenglimmer-Farbe (siehe Bemerkung 1)																																							
Oberflächenvorbereitung	Normreinheitsgrad Sa 2 1/2	120mym																																						
Deckbeschichtung (DB)	Epoxidharz-Kombi																																							
<p>1 Äußere Sichtflächen Korrosionsschutzsystem nach ZTV-ING Teil 4 Abschnitt 3, Anhang A, Tab. A 4.3.2 Bauteil Nr. 1.3.1b, Nr.1 in Verbindung mit DIN EN ISO 12944, Teil 5 auf Epoxidharz- und Polyurethangrundlage nach TL/TP-KOR, Anhang E, Blatt 87</p> <p>Oberflächenvorbereitung Normreinheitsgrad Sa 2 1/2</p> <table border="1"> <tr> <td>Grundbeschichtung (GB)</td> <td>Epoxidharz-Zinkstaub-Farbe grau Stoff-Nr. 687.03</td> <td>70mym</td> </tr> <tr> <td>Kantenschutz (KS)</td> <td>Epoxidharz-Zinkphosphat-Farbe rotbraun RAL 8012 Stoff-Nr 687.06</td> <td>80mym</td> </tr> <tr> <td>1.Zwischenbeschichtung (1.ZB)</td> <td>Epoxidharz-Eisenglimmer-Farbe grün DB 601 Stoff-Nr 687.14</td> <td>80mym</td> </tr> <tr> <td>2.Zwischenbeschichtung (2.ZB)</td> <td>Epoxidharz-Eisenglimmer-Farbe grau DB 702 Stoff-Nr 687.12</td> <td>80mym</td> </tr> <tr> <td>1.Deckbeschichtung (1.DB)</td> <td>Polyurethan-Eisenglimmer-Farbe (siehe Bemerkung 1)</td> <td>60mym</td> </tr> <tr> <td>2.Deckbeschichtung (2.DB)</td> <td>(wie 1.Deckbeschichtung)</td> <td>60mym</td> </tr> </table>	Grundbeschichtung (GB)	Epoxidharz-Zinkstaub-Farbe grau Stoff-Nr. 687.03	70mym	Kantenschutz (KS)	Epoxidharz-Zinkphosphat-Farbe rotbraun RAL 8012 Stoff-Nr 687.06	80mym	1.Zwischenbeschichtung (1.ZB)	Epoxidharz-Eisenglimmer-Farbe grün DB 601 Stoff-Nr 687.14	80mym	2.Zwischenbeschichtung (2.ZB)	Epoxidharz-Eisenglimmer-Farbe grau DB 702 Stoff-Nr 687.12	80mym	1.Deckbeschichtung (1.DB)	Polyurethan-Eisenglimmer-Farbe (siehe Bemerkung 1)	60mym	2.Deckbeschichtung (2.DB)	(wie 1.Deckbeschichtung)	60mym	<p>5 Überbautenwässerung - Formsüße Außenseite: Korrosionsschutzsystem nach ZTV-ING Teil 4 Abschn. 3, Anhang A, Tab. A 4.3.2, Bauteil 3.3.3, Nr.6 in Verbindung mit DIN EN ISO 12944, Teil 5 auf Epoxidharz- und Polyurethangrundlage nach TL/TP-KOR, Anhang E, Blatt 87</p> <table border="1"> <tr> <td>Oberflächenvorbereitung</td> <td>Normreinheitsgrad Sa 2 1/2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grundbeschichtung (GB)</td> <td>Epoxidharz-Zinkstaub-Farbe grau Stoff-Nr. 687.03</td> <td>70mym</td> </tr> <tr> <td>Zwischenbeschichtung (ZB)</td> <td>Epoxidharz-Eisenglimmer-Farbe grau DB 702, Stoff-Nr.687.12</td> <td>80mym</td> </tr> <tr> <td>Deckbeschichtung (DB)</td> <td>Polyurethan-Eisenglimmer-Farbe (siehe Bemerkung 1)</td> <td>80mym</td> </tr> </table> <p>Innenseite: Korrosionsschutzsystem nach ZTV-ING Teil 4 Abschn. 3, Anhang A, Tab. A 4.3.2, Bauteil 3.3.3, Nr.5 in Verbindung mit DIN EN ISO 12944, Teil 5 auf Epoxidharzgrundlage nach TL/TP-KOR, Anhang E, Blatt 87</p> <table border="1"> <tr> <td>Oberflächenvorbereitung</td> <td>Normreinheitsgrad Sa 2 1/2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grundbeschichtung (GB)</td> <td>Epoxidharz-Zinkstaub-Farbe grau Stoff-Nr. 687.03</td> <td>70mym</td> </tr> <tr> <td>Deckbeschichtung (DB)</td> <td>Epoxidharz-Eisenglimmer-Farbe (siehe Bemerkung 1)</td> <td>80mym</td> </tr> </table>	Oberflächenvorbereitung	Normreinheitsgrad Sa 2 1/2		Grundbeschichtung (GB)	Epoxidharz-Zinkstaub-Farbe grau Stoff-Nr. 687.03	70mym	Zwischenbeschichtung (ZB)	Epoxidharz-Eisenglimmer-Farbe grau DB 702, Stoff-Nr.687.12	80mym	Deckbeschichtung (DB)	Polyurethan-Eisenglimmer-Farbe (siehe Bemerkung 1)	80mym	Oberflächenvorbereitung	Normreinheitsgrad Sa 2 1/2		Grundbeschichtung (GB)	Epoxidharz-Zinkstaub-Farbe grau Stoff-Nr. 687.03	70mym	Deckbeschichtung (DB)	Epoxidharz-Eisenglimmer-Farbe (siehe Bemerkung 1)	80mym
Grundbeschichtung (GB)	Epoxidharz-Zinkstaub-Farbe grau Stoff-Nr. 687.03	70mym																																						
Kantenschutz (KS)	Epoxidharz-Zinkphosphat-Farbe rotbraun RAL 8012 Stoff-Nr 687.06	80mym																																						
1.Zwischenbeschichtung (1.ZB)	Epoxidharz-Eisenglimmer-Farbe grün DB 601 Stoff-Nr 687.14	80mym																																						
2.Zwischenbeschichtung (2.ZB)	Epoxidharz-Eisenglimmer-Farbe grau DB 702 Stoff-Nr 687.12	80mym																																						
1.Deckbeschichtung (1.DB)	Polyurethan-Eisenglimmer-Farbe (siehe Bemerkung 1)	60mym																																						
2.Deckbeschichtung (2.DB)	(wie 1.Deckbeschichtung)	60mym																																						
Oberflächenvorbereitung	Normreinheitsgrad Sa 2 1/2																																							
Grundbeschichtung (GB)	Epoxidharz-Zinkstaub-Farbe grau Stoff-Nr. 687.03	70mym																																						
Zwischenbeschichtung (ZB)	Epoxidharz-Eisenglimmer-Farbe grau DB 702, Stoff-Nr.687.12	80mym																																						
Deckbeschichtung (DB)	Polyurethan-Eisenglimmer-Farbe (siehe Bemerkung 1)	80mym																																						
Oberflächenvorbereitung	Normreinheitsgrad Sa 2 1/2																																							
Grundbeschichtung (GB)	Epoxidharz-Zinkstaub-Farbe grau Stoff-Nr. 687.03	70mym																																						
Deckbeschichtung (DB)	Epoxidharz-Eisenglimmer-Farbe (siehe Bemerkung 1)	80mym																																						
<p>2 Innenflächen der Hohlkästen einschl. Steifen, Rippen, Quersteifen, Diagonalen etc. Die Flächen sind Innenflächen von nicht zugänglichen Hohlräumen und erhalten keinen Korrosionsschutz (gem. ZTV-ING Teil 4, Abschnitt 3). Die Hohlräume sind luftdicht zu verschließen.</p>																																								
<p>3 Betonberührte Flächen Korrosionsschutzsystem nach ZTV-ING Teil 4 Abschnitt 3, Tab. A 4.3.2 Bauteil Nr. 5.4.1, Nr. 1 in Verbindung mit DIN EN ISO 12944, Teil 5 auf Epoxidharzgrundlage nach TL/TP-KOR, Anhang E, Blatt 87</p> <table border="1"> <tr> <td>Oberflächenvorbereitung</td> <td>Normreinheitsgrad Sa 2 1/2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grundbeschichtung (GB)</td> <td>Epoxidharz-Zinkstaub-Farbe grau Stoff-Nr. 687.03 (einschl. Kopfbolezündbel)</td> <td>50mym</td> </tr> </table>	Oberflächenvorbereitung	Normreinheitsgrad Sa 2 1/2		Grundbeschichtung (GB)	Epoxidharz-Zinkstaub-Farbe grau Stoff-Nr. 687.03 (einschl. Kopfbolezündbel)	50mym																																		
Oberflächenvorbereitung	Normreinheitsgrad Sa 2 1/2																																							
Grundbeschichtung (GB)	Epoxidharz-Zinkstaub-Farbe grau Stoff-Nr. 687.03 (einschl. Kopfbolezündbel)	50mym																																						

Bild 2.12.19: Korrosionsschutzplan Verbundüberbau Teil 2/4

<p>6 Geländer Korrosionsschutzsystem nach ZTV-ING Teil 4 Abschnitt 3, Anhang A, Tab. A 4.3.2 Bauteil Nr. 31.c.1, Nr.1 in Verbindung mit DIN EN ISO 12944, Teil 5 auf Epoxidharz- und Polyurethangrundlage nach TL/TP-KOR, Anhang E, Blatt 87</p> <table border="1"> <tr> <td>Oberflächenvorbereitung</td> <td>Normreinheitsgrad B vor Verzinkung</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Beschichtung</td> <td>Feuerverzinkung nach DIN EN ISO 1461 mit Beblatt 1 Sweep-Strahlen nach Verzinkung</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Zwischenbeschichtung (ZB)</td> <td>Epoxidharz-Eisenglimmer-Farbe grau DB 703 Stoff-Nr. 687.13</td> <td>80mym</td> </tr> <tr> <td>Deckbeschichtung (DB)</td> <td>Polyurethan-Eisenglimmer-Farbe (siehe Bemerkung 1)</td> <td>80mym</td> </tr> </table>	Oberflächenvorbereitung	Normreinheitsgrad B vor Verzinkung		Beschichtung	Feuerverzinkung nach DIN EN ISO 1461 mit Beblatt 1 Sweep-Strahlen nach Verzinkung		Zwischenbeschichtung (ZB)	Epoxidharz-Eisenglimmer-Farbe grau DB 703 Stoff-Nr. 687.13	80mym	Deckbeschichtung (DB)	Polyurethan-Eisenglimmer-Farbe (siehe Bemerkung 1)	80mym	<p>8 Lager und Lagerteile Korrosionsschutzsystem nach ZTV-ING Teil 4 Abschnitt 3, Anhang A, Tab. A 4.3.2 Bauteil Nr. 3.2, Nr. 1 in Verbindung mit DIN EN ISO 12944, Teil 5 auf Epoxidharz- und Polyurethangrundlage nach TL/TP-KOR, Anhang E, Blatt 87</p> <p>Korrosionsgefährdete Stahlflächen einschl. eines 5cm breiten Randsreifens auf der Berührungsfäche Stahl/Beton vorbereiten.</p> <table border="1"> <tr> <td>Oberflächenvorbereitung</td> <td>Normreinheitsgrad Sa 3</td> <td>100mym</td> </tr> <tr> <td>Spritzverzinkung</td> <td>thermisch nach DIN EN 22063</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Zwischenbeschichtung (ZB)</td> <td>Epoxidharz-Eisenglimmer-Farbe, grau DB 703, Stoff-Nr.687.13</td> <td>80mym</td> </tr> <tr> <td>Deckbeschichtung (DB)</td> <td>Polyurethan-Eisenglimmer-Farbe (siehe Bemerkung 1)</td> <td>80mym</td> </tr> </table> <p>Zwischen 2 Platten sind zur Kraftübertragung die beiden Kontaktflächen, SA 2 1/2 vorbereiten, nur mit je 1 GB ASI-Zinkstaub nach Blatt 85 in einer Sotlschichtdicke von 40 mm zu beschichten (s. auch DIN EN 1337-1).</p>	Oberflächenvorbereitung	Normreinheitsgrad Sa 3	100mym	Spritzverzinkung	thermisch nach DIN EN 22063		Zwischenbeschichtung (ZB)	Epoxidharz-Eisenglimmer-Farbe, grau DB 703, Stoff-Nr.687.13	80mym	Deckbeschichtung (DB)	Polyurethan-Eisenglimmer-Farbe (siehe Bemerkung 1)	80mym
Oberflächenvorbereitung	Normreinheitsgrad B vor Verzinkung																								
Beschichtung	Feuerverzinkung nach DIN EN ISO 1461 mit Beblatt 1 Sweep-Strahlen nach Verzinkung																								
Zwischenbeschichtung (ZB)	Epoxidharz-Eisenglimmer-Farbe grau DB 703 Stoff-Nr. 687.13	80mym																							
Deckbeschichtung (DB)	Polyurethan-Eisenglimmer-Farbe (siehe Bemerkung 1)	80mym																							
Oberflächenvorbereitung	Normreinheitsgrad Sa 3	100mym																							
Spritzverzinkung	thermisch nach DIN EN 22063																								
Zwischenbeschichtung (ZB)	Epoxidharz-Eisenglimmer-Farbe, grau DB 703, Stoff-Nr.687.13	80mym																							
Deckbeschichtung (DB)	Polyurethan-Eisenglimmer-Farbe (siehe Bemerkung 1)	80mym																							
<p>7 Baustellenschweißnähte Korrosionsschutzsystem (reparierbarer Schutz) nach ZTV-ING Teil 4 Abschnitt 3, Anhang A, Tab. A 4.3.2 Bauteil Nr. 5.2.2 in Verbindung mit DIN EN ISO 12944, Teil 5 auf Epoxidharz- und Polyurethangrundlage nach TL/TP-KOR, Anhang E, Blatt 94</p> <p>reparierbarer Schutz: Oberflächenvorbereitungsgrad nach Schweißen mechanische Reinigung im Schweißnahtbereich</p> <table border="1"> <tr> <td>Grundbeschichtung (GB)</td> <td>Zn-Beschichtungsstoff (EP-Akkpigment) sandgelb, Stoff-Nr. 694.02</td> <td>80mym</td> </tr> </table> <p>endgültiger Schutz: Oberflächenvorbereitungsgrad Normreinheitsgrad Sa 2 1/2</p> <table border="1"> <tr> <td>Grundbeschichtung (GB)</td> <td>Epoxidharz-Zinkphosphat Farbe rotbraun RAL 8012, Stoff-Nr 687.06, 2-lagig 160:2x80mym (d.h. Zinkstaub wird durch Zn Zinkphosphat ersetzt !)</td> <td></td> </tr> </table> <p>weiter wie jeweiliges Bauteil</p>	Grundbeschichtung (GB)	Zn-Beschichtungsstoff (EP-Akkpigment) sandgelb, Stoff-Nr. 694.02	80mym	Grundbeschichtung (GB)	Epoxidharz-Zinkphosphat Farbe rotbraun RAL 8012, Stoff-Nr 687.06, 2-lagig 160:2x80mym (d.h. Zinkstaub wird durch Zn Zinkphosphat ersetzt !)		<p>9 Fahrbahnübergangskonstruktion Achse 10 + Achse 30 Korrosionsschutzsystem nach ZTV-ING Teil 4 Abschnitt 3, Anhang A, Tab. A 4.3.2, Bauteil Nr. 3.4.2, Nr.1 in Verbindung mit DIN EN ISO 12944, Teil 5 auf Epoxidharz- und Polyurethangrundlage nach TL/TP-KOR, Anhang E, Blatt 87</p> <p>Oberflächenvorbereitung Normreinheitsgrad Sa 2 1/2</p> <table border="1"> <tr> <td>Grundbeschichtung (GB)</td> <td>Epoxidharz-Zinkstaub-Farbe grau Stoff-Nr. 687.03</td> <td>70mym</td> </tr> <tr> <td>Kantenschutz (KS)</td> <td>Epoxidharz-Zinkphosphat-Farbe rotbraun RAL 8012 Stoff-Nr 687.06</td> <td>80mym</td> </tr> <tr> <td>1.Zwischenbeschichtung (1.ZB)</td> <td>Epoxidharz-Eisenglimmer-Farbe grün DB 601 Stoff-Nr 687.14</td> <td>80mym</td> </tr> <tr> <td>2.Zwischenbeschichtung (2.ZB)</td> <td>Epoxidharz-Eisenglimmer-Farbe grau DB 703 Stoff-Nr 687.13</td> <td>80mym</td> </tr> <tr> <td>3.Zwischenbeschichtung (3.ZB)</td> <td>Epoxidharz-Eisenglimmer-Farbe grau DB 702 Stoff-Nr 687.12</td> <td>80mym</td> </tr> <tr> <td>Deckbeschichtung (DB)</td> <td>Epoxidharz-Eisenglimmer-Farbe (siehe Bemerkung 1)</td> <td>80mym</td> </tr> </table> <p>Verankerung soweit einbetoniert-ohne besonderen Schutz, sonst wie 3.4.2</p>	Grundbeschichtung (GB)	Epoxidharz-Zinkstaub-Farbe grau Stoff-Nr. 687.03	70mym	Kantenschutz (KS)	Epoxidharz-Zinkphosphat-Farbe rotbraun RAL 8012 Stoff-Nr 687.06	80mym	1.Zwischenbeschichtung (1.ZB)	Epoxidharz-Eisenglimmer-Farbe grün DB 601 Stoff-Nr 687.14	80mym	2.Zwischenbeschichtung (2.ZB)	Epoxidharz-Eisenglimmer-Farbe grau DB 703 Stoff-Nr 687.13	80mym	3.Zwischenbeschichtung (3.ZB)	Epoxidharz-Eisenglimmer-Farbe grau DB 702 Stoff-Nr 687.12	80mym	Deckbeschichtung (DB)	Epoxidharz-Eisenglimmer-Farbe (siehe Bemerkung 1)	80mym
Grundbeschichtung (GB)	Zn-Beschichtungsstoff (EP-Akkpigment) sandgelb, Stoff-Nr. 694.02	80mym																							
Grundbeschichtung (GB)	Epoxidharz-Zinkphosphat Farbe rotbraun RAL 8012, Stoff-Nr 687.06, 2-lagig 160:2x80mym (d.h. Zinkstaub wird durch Zn Zinkphosphat ersetzt !)																								
Grundbeschichtung (GB)	Epoxidharz-Zinkstaub-Farbe grau Stoff-Nr. 687.03	70mym																							
Kantenschutz (KS)	Epoxidharz-Zinkphosphat-Farbe rotbraun RAL 8012 Stoff-Nr 687.06	80mym																							
1.Zwischenbeschichtung (1.ZB)	Epoxidharz-Eisenglimmer-Farbe grün DB 601 Stoff-Nr 687.14	80mym																							
2.Zwischenbeschichtung (2.ZB)	Epoxidharz-Eisenglimmer-Farbe grau DB 703 Stoff-Nr 687.13	80mym																							
3.Zwischenbeschichtung (3.ZB)	Epoxidharz-Eisenglimmer-Farbe grau DB 702 Stoff-Nr 687.12	80mym																							
Deckbeschichtung (DB)	Epoxidharz-Eisenglimmer-Farbe (siehe Bemerkung 1)	80mym																							

Bild 2.12.20: Korrosionsschutzplan Verbundüberbau Teil 3/4

Planen

Korrosionsschutzgerechtes Konstruieren



Nr.	Beschichtung	Verfahren	Ort	
①	GB KS 1.ZB 2.ZB 1.DB 2.DB	Airless-Spritzverfahren Streichen Airless-Spritzverfahren Airless-Spritzverfahren Airless-Spritzverfahren Airless-Spritzverfahren	Werk Werk Werk Werk Werk Baustelle	Äußere Sichtflächen
②		kein Korrosionsschutz nach ZTV-ING Teil 4, Abschnitt 3		Innenflächen Hohlkästen
③	GB	Airless-Spritzverfahren	Werk	Betonberührte Flächen
④	<u>außen</u> DB	Airless-Spritzverfahren	Werk	Überbauentwässerung - Rohrltg.
	<u>innen</u> DB	Airless-Spritzverfahren	Werk	
⑤	<u>außen</u> GB ZB DB	Airless-Spritzverfahren Airless-Spritzverfahren Airless-Spritzverfahren	Werk Werk Werk	Überbauentwässerung - Formstücke
	<u>innen</u> GB DB	Airless-Spritzverfahren Airless-Spritzverfahren	Werk Werk	
⑥	ZB DB	Airless-Spritzverfahren Rollen	Werk Baustelle	Geländer
⑦	temp GB GB	Rollen Rollen	Baustelle Baustelle	Baustellenschweißstöße
⑧	ZB DB	Airless-Spritzverfahren Airless-Spritzverfahren	Werk Werk	Lager und Lagerteile
⑨	GB KS 1.ZB 2.ZB 3.ZB DB	Airless-Spritzverfahren Streichen Airless-Spritzverfahren Airless-Spritzverfahren Airless-Spritzverfahren Airless-Spritzverfahren	Werk Werk Werk Werk Werk Werk	Fahrbahnübergangskonstruktion

Bild 2.12.21: Korrosionsschutzplan Verbundüberbau Teil 4/4



Erläuterungsbericht

Im Erläuterungsbericht ist der Bauwerksentwurf textlich zu beschreiben. Es sind alle für die Ausschreibung und die spätere Ausführung maßgeblichen Entwurfsgedanken und planerische Vorgaben festzuhalten. Dazu gehören, neben allgemeinen Angaben für die Baumaßnahme und das Bauwerk, die für Verbundbrücken speziellen Angaben:

Tragsystem

- Beschreibung des Tragwerks (Gesamtlänge, Einzelstützweiten, Lagerungskonzept, integrale oder semiintegrale Bauweise)
- Auswirkungen aus der Trassierung auf das Tragsystem (gekrümmter Stabzug, Schiefwinklige Brücke)
- Auswirkungen der Bodenverhältnisse auf das Tragsystem und die Gründung
- Zusammenstellung der Belastungen auf das Tragsystem

Querschnittsgestaltung

- Angaben zur Querschnittsausbildung (Hohlkastenquerschnitt, 2 Hauptträger, engliegende Hauptträger)
- Globale Abmessungen des Verbundquerschnitts (Breite der Verbundplatte, Abmessungen der Stahlträger, Bauhöhe und bezogene Schlankheit)
- Dicke der Stahlgurte und Stegbleche (Gurte aus dicken Einzelblechen oder zusammengesetzte Blechpakete)
- Dicke der Verbundplatte (konstante Dicke, Vouten im Bereich der Hauptträger)
- Angaben zu den Verbundmitteln (Kopfbolzen, Staffelung auf den Hauptträgern in Quer- und Längsrichtung)
- Angaben der Materialien für Stahl, Betonstahl und Beton und der Expositionsclassen der Bauteile aus Beton
- Angabe des Elastizitätsmoduls für die Verbundplatte
- Beschreibung des geplanten Korrosionsschutzes

Bauwerksausstattung

- Entwässerung der Fahrbahn
- Ausbildung der Randkappen (in Betonbauweise, in Stahlbauweise)
- Besonderheiten bei der Ausbildung der Abdichtung
- Einfluss der Brückenausstattung auf den Verbundquerschnitt (Verankerung der Geländer oder Lärmschutzwände)
- Zugänglichkeit



Montageverfahren

- Erläuterung des geplanten Montageverfahren
(Längsvershub, Quervershub, Einhub)
- Darstellung der wesentlichen Bauzustände, die auch in der statischen Berechnung berücksichtigt werden müssen
- Angaben zur Baulogistik
(Baustraßen, Baustelleneinrichtungsflächen, Vormontageplatz)
- Planerische Vorgaben, die zur Einteilung des Querschnitts in Einzelbauteile führt (mögliche Bauteilabmessungen und -gewichte)
- Angaben zu den möglichen Schusslängen, die beim gewählten Montagekonzept eingeschoben oder eingehoben werden können
- Müssen bestimmte Termine eingehalten werden
(Sperrzeiten Verkehrswege)

Fiktiver Erläuterungsbericht für eine Verbundbrücke

2.13.1

Nachfolgend wird für eine fiktive Verbundbrücke beispielhaft ein Erläuterungsbericht aufgezeigt. Dabei werden allgemeine Angaben die auch für eine Betonbrücke gelten könnten, z.B. Angaben zu den Unterbauten oder zum Fahrbahnbelag und keine Auswirkung auf die Konstruktion der Verbundbrücke haben, bewusst ausgespart.

1. Allgemeines

1.1 Notwendigkeit der Maßnahme, Verkehrswege

Allgemeines

Zur Verbesserung der Verkehrsqualität (Prognose Nullfall 2020 = 92800 Kfz/24h) wird die Straße 6-streifig ausgebaut. Die beiden Richtungsfahrbahnen (RiFa) werden auf getrennten Überbauten mit jeweils 3 Fahrspuren, Standspur und Geh- und Radweg getrennt geführt (RQ 36). Beide Brücken erhalten eigene Unterbauten und selbstständige Gründungen.

Auf beiden Überbauten ist somit ein 4+0-Verkehr möglich und erlaubt damit im Bedarfsfalle beide Überbauten unabhängig zu unterhalten.

Auf beiden Überbauten wird jeweils ein Regelquerschnitt RQ 36 ausgebildet. Die Spurbreite der Fahrstreifen beträgt von außen nach innen 3,75 m - 3,50 m - 3,50 m. Auf der rechten Fahrbahnseite ist im Abstand von 0,50 m ein 3,75 m breiter Standstreifen angeordnet; eine temporäre 4+0 Verkehrsführung ist möglich. Auf den innenliegenden Kappen seitlich der Fahrbahn befindet



sich, durch eine Schutzeinrichtung (Aufhaltstufe H4b mit Wirkungsbereich W4) abgetrennt, ein 75 cm breiter Notgehweg. Auf den außenliegenden Kappen wird hinter der Schutzeinrichtung (Aufhaltstufe H4b mit Wirkungsbereich W4) ein 2,50 m breiter Geh- und Radweg angeordnet.

Diese Schutzeinrichtung wird mit einer Höhe größer 1,15 m vorgesehen, damit auf ein zusätzliches Aufsatzgeländer verzichtet werden kann.

Die Geh- und Radwege auf der Brücke werden an das bestehende Straßen- und Radwegenetz angeschlossen. Die Gradienten der beiden Überbauten bilden im Brückenbereich eine Kuppe. Von hier aus entsteht in beiden Richtungen zu den Bauwerksenden ein variables Längsgefälle. Die Gradienten steigen von Süden kommend mit 1,206 % an. Nach Erreichen des Streckenhochpunktes fallen die Gradienten mit jeweils -0,815% ab. Zur Entwässerung der Fahrbahn werden beide Überbauten mit einer einseitigen Querneigung von 2,5 % nach außen versehen.

Die grundrissliche Streckentrassierung des Ersatzneubaus der Brücke verläuft für beide Überbauten in der Geraden. Der Achsabstand beträgt etwa 18,90 m (lichter Brückenabstand zwischen den Kappen etwa ca. 2,60 m).

Belastung

Für die Bemessung des Tragwerks wird das zivile Verkehrslastmodell Lastmodell 1 nach DIN EN 1991-2 angesetzt.

Das Lastmodell LM1 setzt sich im Fahrstreifen 1 aus den Achslasten von $2 \times Q_{1k} = 300 \text{ kN}$ und der gleichmäßig verteilten Last von $q_{1k} = 12 \text{ kN/m}^2$, im Fahrstreifen 2 aus den Achslasten von $2 \times Q_{2k} = 200 \text{ kN}$ und der gleichmäßig verteilten Last von $q_{2k} = 6 \text{ kN/m}^2$, im Fahrstreifen 3 aus den Achslasten von $2 \times Q_{3k} = 100 \text{ kN}$ und der gleichmäßig verteilten Last von $q_{3k} = 3 \text{ kN/m}^2$ sowie der Flächenlast auf der Restfläche $q_{rk} = 3 \text{ kN/m}^2$ zusammen.

Für die Ermüdungsberechnung wird das Ermüdungslastmodell 3 nach DIN EN 1992-2 unter der Verkehrskategorie 1 mit der Verkehrsart 'große Entfernung' verwendet.

Zur Einstufung in die militärischen Verkehrslastklassen MLC 50/50 - 100 in Zweibahn - bzw. Einbahnverkehr wird die Richtlinie STANAG 2010 herangezogen.

LM 1 Eurocode

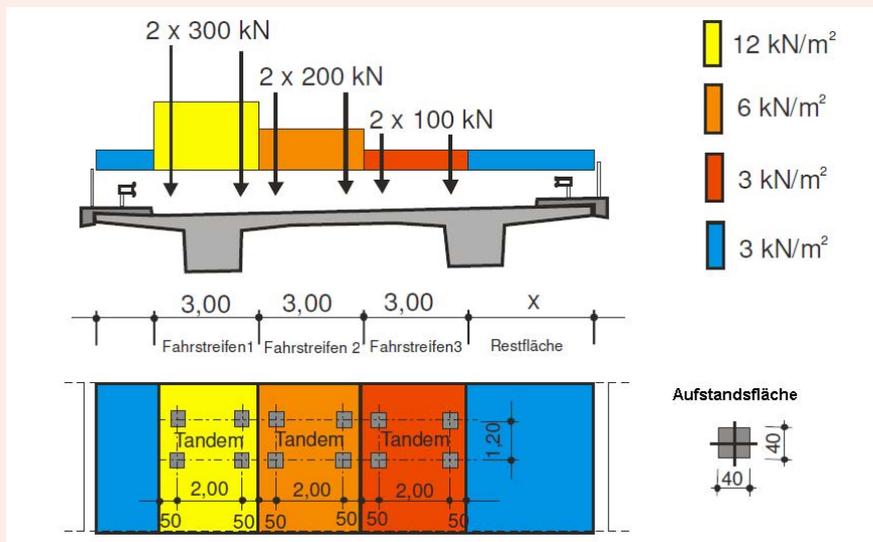


Bild 2.13.1 Verkehrslastmodell für Straßenbrücken nach DIN EN 1991-2

Für lokale Nachweise wird gemäß dem Handbuch von Hessen Mobil ungeachtet der Schutzeinrichtungen ein Fahrzeug mit den Abmessungen und Lasten nach DIN EN 1991-2, 4.7.3.1 mit einer Achslast von 200 kN einschließlich der gleichmäßig verteilten Last UDL zur Berücksichtigung eines Besichtigungsgerätes als zusätzliche Gehweglast rechnerisch bis an die Geländer berücksichtigt.

Bemessung

Für die Bemessung gelten ansonsten die Eurocodes DIN EN 1992-2 Betonbrücken, DIN EN 1993-2 Stahlbrücken und DIN EN 1994-2 Verbundbrücken.

1.2 Bauwerksgestaltung

Der vorliegende Brückenentwurf ist geprägt von der harmonischen Symmetrie einer schlanken Deckbrücke. Ein heller, silberfarbener Anstrich der Hohlkörper (Farbton: DB 701) steht in einem spannungsreichen Kontrast zu einer dunklen Gestaltung der Fahrbahnplatte; die Kontinuität der gevouteten Felder, die Linearität und die Schlankheit der Brücke werden dadurch unterstrichen. Die beiden Teilbauwerke werden bis auf die ungleichen Endfelder am schief-



winkeligen Widerlagerbereich gleich konstruiert. In den Hauptfeldern besitzen die parallelgurtigen Überbauten als einzellige Hohlkästen mit Verbundplatte Querschnittshöhen von 3,80 m. Die Stegbleche der Hohlkästen sind im gesamten Brückenbereich mit 73,74° geneigt.

Zur Gliederung der Brückenuntersicht wird in den Vorlandbereichen auf einen Verbundquerschnitt mit zwei Hohlkästen gewechselt, der bis zu den Widerlagern mit 3,30 m Querschnittshöhe durchgeführt wird. Auch hier bleibt die Neigung der Stegbleche des Hauptfeldes erhalten.

Beim Variantenstudium entwickelte sich die oben beschriebene Konstruktion zur Vorzugslösung, da sie im Hinblick auf Wirtschaftlichkeit, Verformungsverhalten, Bauablauf, optische Verträglichkeit mit der Umgebung, Eingriff in die Umwelt und Rücksichtnahme auf Anforderungen des Natur- und Vogelschutzes deutliche Vorteile gegenüber anderen untersuchten Systemen (z. B. Schrägseilbrücken, Bogen- oder Fachwerkbrücken) bot.

1.3 Berücksichtigung von Umweltbelangen

Die vorliegende Brückenkonstruktion berücksichtigt ohne Einschränkungen die Belange des Umweltschutzes:

- Die Avifauna ist durch die flache Deckbrücke nicht beeinträchtigt.
- Im Naturschutzgebiet werden nur wenige Pfeilerbauwerke - und nur an den zulässigen Stellen - errichtet.
- Bei der Montage des Überbaus, der einen hohen Grad an Vorfertigung und somit reduzierte Aktivitäten auf der Baustelle - auch im Bezug auf die Bauzeit - aufweist, sind keinerlei Eingriffe, wie Hilfsunterstützungen o. ä. im Bereich der Schutzgebiete erforderlich. Darüber hinaus wird die Gesamtbauzeit und damit die Störung von Fauna und Flora durch gleichzeitiges Arbeiten am Überbau im Werk und an den Unterbauten auf der Baustelle kurz gehalten.
- Zur Umweltverträglichkeit der vorgeschlagenen Lösung trägt zudem die schlanke Konstruktion bei, durch die der Landschaftsraum optisch so wenig wie möglich verstellt wird.

2. Bodenverhältnisse, Gründung

entfällt.

3. Unterbauten

entfällt.



4. Überbau

4.1 Tragkonstruktion

Die Überbauten der Brücke bestehen aus Durchlaufträgern mit 50 - 55 - 102,5 - 70 - 60 m Stützweite. Der Überbauquerschnitt ist aus Baustahl der Güte S 355 J2+N bzw. S 355 K2+N hergestellt. Die Aussteifung des Querschnitts erfolgt über Querträger im Regelabstand von 3,5 m. Als Beulaussteifung werden Trapezhohlsteifen herangezogen.

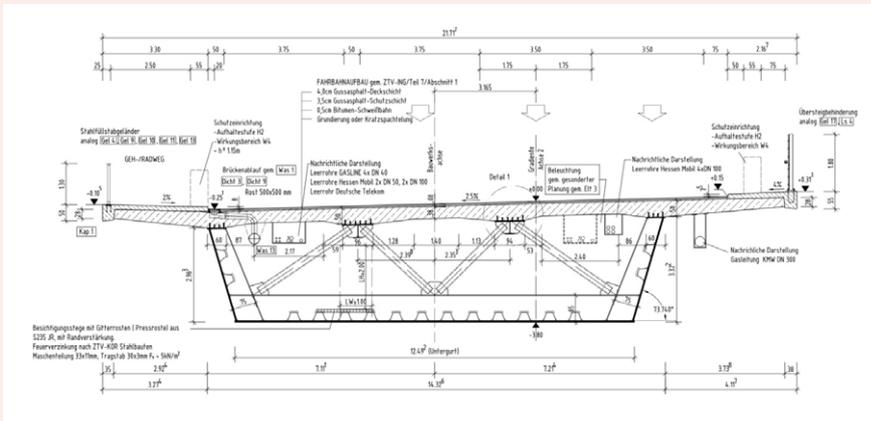


Bild 2.13.2: Regelquerschnitt Feldbereich (Hauptfeld)

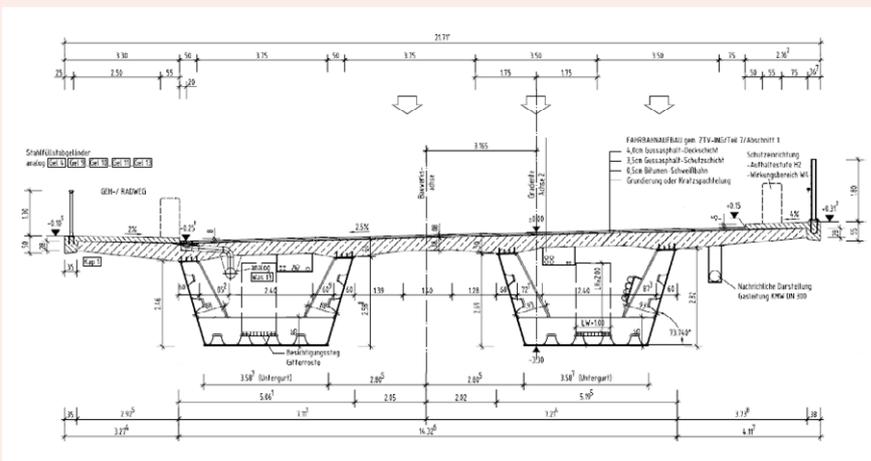


Bild 2.13.3: Regelquerschnitt Feldbereich (Vorlandbrücken)



Ein Konstruktionsmerkmal der Überbauten ist die konstante Stegblechneigung. Die Ober- und Untergurte sind entsprechend des Kraftflusses in ihren Dicken lamellenartig abgestuft. Im Stützbereich sind in den Ober- und Untergurten Blechpakete von bis zu 3 Lamellen notwendig.

Die Verbundplatte wird in den Brückenfeldern mit einer Plattenstärke von 38 cm ausgebildet. Im unmittelbaren Verbundbereich an den Stahlstegen zieht die Verbundplatte auf 50 cm Dicke an.

Im Hauptfeld wird die Stahlbetonfahrbahnplatte unter Heranziehung zusätzlicher Fahrbahnlängsträger mit einem einzelligen Hohlkasten zu einer 3,8 m hohen Tragkonstruktion verbunden. Im Gegensatz hierzu teilt sich der relativ breite Hohlkasten über den weniger hohen Vorlandbereichen in zwei einzelne Hohlkästen mit 3,3 m Konstruktionshöhe auf, was zum einen der Abstützung der Fahrbahnplatte, zum anderen der Gliederung der Brückenuntersicht entgegen kommt.

Als Materialien werden beim Verbundquerschnitt Baustahl S 355 J2+N bzw. S 355 K2+N, Beton C 35/45 und Betonstahl BSt 500B eingesetzt. Die Expositionsklassen der Verbundplatte sind XD3, XF4, XC4, die Feuchtigkeitsklasse ist WA. Die Verbindung zwischen Stahl und Stahlbeton wird über 22 mm dicke Kopfbolzendübel aus Baustahl S 355 J2+C450, die auf dem Obergurt nach statischer Erfordernis angeordnet sind, realisiert.

4.2 Korrosionsschutz, Schutz gegen Tausalze

Als Oberflächenvorbereitung vor Herstellung der Beschichtung sind alle Stahlteile des Überbaus mindestens auf Normreinheitsgrad Sa 2 1/2 zu strahlen. Für alle Flächen wird ein Korrosionsschutzsystem nach ZTV-ING Teil 4, Abs. 3, Anhang A, Tabelle A.2 auf Epoxidharz- und Polyurethangrundlage nach TL/TP-KOR, Anhang E aufgebracht.

Die Grund- und Zwischenbeschichtungen sind im Spritzverfahren im Werk aufzubringen. Der letzte Deckanstrich im Farbton DB 701 wird unter Beachtung und Einhaltung aller Umweltauflagen an der Baustelle am fertig montierten und gereinigten Überbau durch Rollen aufgebracht.

An allen Baustellenstößen wird zunächst kein Korrosionsschutz aufgebracht. Dieser wird nach Verschweißen der Stahlteile auf der Baustelle ergänzt. Alle Korrosionsschutzmaßnahmen werden nach ZTV-ING Teil 4, Abs. 3 ausgeführt. Die genaue Ausbildung des Korrosionsschutzes der Stahlbauteile ist im Korrosionsschutzplan dargestellt.

Dem Kappenbeton wird bei der Herstellung ein Luftporenbildner zum Schutz gegen Frost- und Tausalzangriff zugegeben. Es wird hierfür ein Beton C 25/30 LP nach ZTV-ING Teil 3, Abs. 1.4 (5) mit Mindestluftporengehalt nach Tab. 3.1.1 und mit max. w/z-Wert 0,50 verwendet.

Bei einer Verkehrsübergabe im Herbst oder Winter ist auf den Kappen ein Oberflächenschutz OS-A aufzubringen.



4.3 Sichtflächen

Die Untersichten der Verbundfahrbahnplatten werden glatt in Stahlschalung oder sägerauer Bretterschalung mit versetzten Stößen hergestellt.

Die zugehörigen Gesimse der Betonkappen werden ebenfalls glatt geschalt.

5. Entwässerung

entfällt.

6. Absturzsicherung, Schutzeinrichtungen

entfällt.

7. Zugänglichkeit der Konstruktionsteile

Die Untersichten und Seitenflächen der Überbauten sind mit mobilen Brückenuntersichtsgeräten prüfbar; ein stationäres Besichtigungsgerät wurde nicht vorgesehen. Allerdings muss sich das Brückenuntersichtsgerät auf dem linken Fahrstreifen aufstellen, da dort kein Geh- und Radweg überwunden werden muss. Für alle Arbeiten und Prüfvorgänge auf der in Fahrtrichtung gesehen linken Brückenseite und -untersicht muss das Brückenuntersichtsgerät deswegen auf der linken Fahrbahnseite positioniert werden. Das Brückenuntersichtsgerät ist in der Lage, über den Notgehweg und die hier angebrachte Übersteigbehinderung von 1,80 m Höhe hinwegzureichen und die gesamte Brückenuntersicht zu erreichen.

Die Lagerbänke auf allen Pfeilern sind mit Wartungsgängen analog RiZ-ING Zug 1 ausgestattet und jederzeit über den Überbau erreichbar, so dass Inspektion und Wartung der Lager ohne Geräte durchgeführt werden können.

Die Zugänglichkeit der Hohlkästen erfolgt von den Widerlagern aus über verschließbare Zugänge in den Stirnseiten. Die Verriegelung erfolgt gem.

RiZ-ING Zug 5 mit Notentriegelung.

Die Hohlkasteninnenseiten sind stets so ausgebildet, dass überall mit mobilen Gerüsten besichtigt werden kann.

Der Besichtigungssteg im Hohlkasten verläuft immer auf der Unterseite des Querschnitts. In ausreichend hohen Querschnitten wird der Besichtigungssteg höhenmäßig auf den Querträgern angeordnet. Die Regelbreite des Steges beträgt 1,00 m. In flachen Querschnitten wird die Stegebene auf Höhe der unteren Trapezhohlsteifen abgesenkt, um eine ausreichende Standhöhe zu gewährleisten. Beim Begehen müssen dann die Querträger überstiegen werden. Ein Plan zur Anordnung des Besichtigungssteiges liegt dem Entwurf bei.

8. Sonstige Ausstattungen

entfällt.



9. Herstellung, Bauzeit

9.1 Baustelleneinrichtung

Für den Neubau der Brücke werden zunächst alle Baustelleneinrichtungsflächen westlich des neuen Überbaus erstellt.

Alle Baustraßen werden bzgl. Breite und Aufbau so ausgelegt, dass sie den Anforderungen als Kranstandort zum Einheben der Stahlbauteile genügen. Die Baustraße verläuft parallel zur Brücke auf dem Urgelände. An allen Landpfeilerstandorten sind zusätzlich quer verlaufende Baustraßen geplant. Entlang der Baustraßen befinden sich an abgestimmten Orten zusätzliche BE-Flächen als Lager- und Montageflächen, Containerstandorte usw.

9.2 Montage des Überbaus

Die Stahlquerschnitte der Überbauten werden im Werk in Einzelabschnitten vorgefertigt und nach dem Konservieren mit LKW- bzw. Schiffstransporten zur Baustelle geliefert. Als maximale Bauteilabmessungen für den Transport auf der Straße sind Längen bis zu 35 m, Breiten bis ca. 4 m und Bauteilhöhen bis ca. 3,2 m möglich. Das maximale Transportgewicht beträgt etwa 60 t. Für den Schiffstransport sind in Abhängigkeit der Lukenabmessungen größere Einzelteilabmessungen und Gewichte möglich.

Verbundüberbau „Vorlandbrücke Süd“

Der Stahlquerschnitt jedes der beiden parallel verlaufenden Hohlkästen ist in Bodenblechmitte getrennt, so dass für jeden Schuss jeweils 4 Bauteile in L-Form angeliefert werden müssen (siehe Kapitel 3, Bild 3.1.1). Die Bauteile werden in Längen von etwa 35 m angeliefert. Auf dem Vormontageplatz können die Längsfugen der Hohlkästen geschweißt werden. Für die Montage der einzelnen Schüsse wird in den beiden Vorlandfeldern jeweils 1 Hilfsstütze pro Hohlkasten erforderlich.

Die Einzelbauteile werden vor Ort mit Kranen auf die Hilfskonstruktionen abgelegt, ausgerichtet und zu dem Gesamtquerschnitt verschweißt.

Verbundüberbau „Hauptfeld“

Der Stahlquerschnitt des einzelligen Hohlkastens ist in Bodenblechmitte sowie rechts und links am Rand des Bodenblechs getrennt, so dass für jeden Schuss jeweils 2 Bauteile in L-Form und 2 ebene Bauteile angeliefert werden müssen. Die einzelnen Bauteile des Stahlquerschnitts werden auf Hilfsstützen und



Hilfskonstruktionen mit Kranen abgelegt. Es ergeben sich maximale Bauteillängen von etwa 28 m. Anschließend werden die Bauteile verschlossert, ausgerichtet und verschweißt.

Verbundüberbau „Vorlandbrücke Nord“

Die Montage erfolgt in gleicher Weise wie die der „Vorlandbrücke Süd“ vom Widerlager aus in Richtung Hauptfeld.

Nach dem Verschweißen des Mittelteils werden die Verbundplatten aller Verbundbrücken betoniert, um Stahl- und Massivbaugewerke sinnvoll zu trennen. Bei der abschnittswisen Herstellung der Fahrbahnplatte wird die Betonierreihenfolge so gewählt, dass die Längszugspannungen in den Betongurten möglichst gering bleiben. Daher erfolgt die Herstellung der Verbundplatte im Pilgerschrittverfahren (Feld 1 – Feld 2 – Pfeiler 1 – Feld 3 – usw.), ausgehend von den Widerlagerbereichen in Richtung Brückenmitte, um über die fertige Brückenplatte eine Zufahrtsmöglichkeit für die Betonarbeiten zu gewährleisten. Die vorgesehenen Betonierabschnitte haben Längen zwischen 10 und 23 m und werden mit einem Schalwagen hergestellt. Für das Betonieren ist jeweils in Feldmitte eine zusätzliche Betonierstütze erforderlich.

10. Kosten entfällt.



3.

Bauvorbereitung

3.1

Muster einer Baubeschreibung

Die nachfolgende Baubeschreibung baut auf dem Erläuterungsbericht zur im vorherigen Kapitel beschriebenen Straßenbrücke in Verbundbauweise auf. Allgemeine Anforderungen, die auch an massive Straßenbrücken am gleichen Ort gestellt würden, werden in der nachfolgenden Musterbaubeschreibung bewusst ausgespart.

Allgemeine Beschreibung der Leistung

Allgemeines

Die folgenden Beschreibungen der Baumaßnahme entbinden den Auftragnehmer (AN) nicht von der Verpflichtung, sich unbedingt vor Angebotsabgabe über die örtlichen Gegebenheiten im Bereich der Baumaßnahme zu informieren und sich genaue Kenntnis über den Umfang und Schwierigkeitsgrad der durchzuführenden Arbeiten und alle Randbedingungen der Bauarbeiten zu verschaffen.

Gemäß ZTV/E-StB 2002, Nr.3 fordert der AG im Zuge der Vergabe neben der Urkalkulation des AN auch die Urkalkulation der Nachunternehmer ein. Die Angaben in der Baubeschreibung entbinden den Auftragnehmer (AN) nicht von der Verpflichtung zur genauen Prüfung der örtlichen Gegebenheiten im Bereich der Baustelle und der für das Angebot und die Ausführung der Bauleistungen maßgebenden Unterlagen und Verhältnisse. Für die Besichtigung der Örtlichkeiten hat sich der Bieter bei der zuständigen Autobahnmeisterei anzumelden und den Ortstermin zu protokollieren (siehe Kap. „Angaben zur Baustelle“).

Alle sich aus der Baubeschreibung ergebenden Forderungen hat der AN in die entsprechenden Positionen des Leistungsverzeichnisses einzukalkulieren, sofern über die Kostentragung in der Baubeschreibung oder dem LV nicht ausdrücklich etwas Gegenteiliges ausgesagt ist.



Zur Beachtung bei der Kalkulation und Berücksichtigung im Angebot:

- Unter der in den Leistungstexten verwendeten Formulierung „...nach Unterlagen des AG ...“ sind die Langtexte des Leistungsverzeichnisses, die Baubeschreibung, die Entwurfsplanung und die Ausführungsplanung zu verstehen. Die Ausführungsplanung für das Ingenieurbauwerk erbringt der AN gegen gesonderte Vergütung. Als Unterlagen des AG gelten auch die nach den ZTV-ING vom AN zu liefernden Ausführungsunterlagen.
- Bei der Kalkulation sind die Hinweise, Forderungen und Bedingungen aus der Baubeschreibung unbedingt zu beachten.
- Leistungspositionen welche die „ ... seitliche Lagerung ...“ von Aushub-, Einbau oder anderen Materialien vorschreiben, sind vom AN auf eine Lagerfläche des AN abzulagern. Die Beschaffung dieser Flächen obliegt dem AN. Transportentfernungen zu und von diesen Flächen sind die entsprechenden Einheitspreise einzukalkulieren.
- Besondere Flächen und Flächenbefestigungen für die Montage und Demontage von Baubehelfen werden nicht gesondert vergütet. Diese sind in die entsprechenden Einheitspreise einzukalkulieren.

Auszuführende Leistungen

Der Bauvertrag umfasst im Wesentlichen:

Errichtung der Straßenbrücke in Stahlverbundbauweise gem. Bauwerksentwurf
Errichtung der Verkehrszeichenbrücken und Beschilderungen auf den neuen Brückentragwerken mit allen Entwässerungseinrichtungen, Brücken- und Brückenkopf-
ausstattungen etc. gem. LV und den Planunterlagen.

Brückenbau Straßenbrücke

Zweck und Nutzung

Die vorliegende Ausschreibung behandelt den Neubau der Straßenbrücke im Zuge des übergeordneten Straßennetzes. Die jeweils 3 Fahrstreifen + Standstreifen je Fahrtrichtung werden auf der neuen Brücke auf separaten Überbauten mit getrennten Unterbauten und Gründungen geführt.



Art und Umfang

Die Verbundbrücke wird entsprechend dem Bauwerksentwurf als schlanke Deckbrücke ausgeführt. Dabei wird zur Gliederung der Brückenuntersicht in den Vorlandbereichen auf einen Verbundquerschnitt mit zwei Hohlkästen gewechselt, der bis zu den Widerlagern mit 3,30 m Querschnittshöhe durchgeführt wird. Die Stegbleche der Hohlkästen sind im gesamten Brückenbereich mit 73,74° geneigt.

Die beiden Teilbauwerke werden bis auf die ungleichen Endfelder am schiefwinkligen Widerlagerbereich gleich konstruiert. Die Streckentrassierung der Brücke verläuft für beide Überbauten in der Geraden. Der Achsabstand der beiden Überbauten beträgt etwa 18,90 m, der lichte Brückenabstand zwischen den Kappen beträgt etwa 2,60 m. Die Gradienten steigt von Süden mit 1,206 %. Nach Erreichen des Streckenhochpunktes fällt die Gradienten mit -0,815 % ab. Der Gradientenhochpunkt befindet sich in Bau-km 0+455,170.

Auf beiden Überbauten wird jeweils ein Regelquerschnitt RQ 36 ausgebildet. Die Breite der Fahrstreifen beträgt von außen nach innen 3,75 m - 3,50 m - 3,50 m. Auf der rechten Fahrbahnseite ist im Abstand von 0,50 m ein 3,75 m breiter Standstreifen angeordnet. Auf den innenliegenden Kappen seitlich der Fahrbahn befindet sich, durch ein Fahrzeugrückhaltesystem abgetrennt, ein 75 cm breiter Notgehweg. Auf den außenliegenden Kappen wird hinter den Fahrzeugrückhaltesystemen ein 2,50 m breiter Geh- und Radweg angeordnet. Zur Entwässerung der Fahrbahn werden beide Überbauten mit einer einseitigen Querneigung von 2,5 % jeweils nach außen ausgebildet. Die Schutzeinrichtungen sind so auszuführen, dass das auf den parallelen Geh- und Radwegen sowie auf dem Notgehweg anfallende Regenwasser durch ausreichend dimensionierte Öffnungen in die Fahrbahntwässerung fließen kann.

Querschnittsausbildung der Brücke

(in Fahrtrichtung gesehen von links nach rechts):

Übersteigschutzwand mit Handlauf.....	0,367 m
Notgehweg.....	0,750 m
Fahrzeugrückhaltesystem / Betonschutzwand..... (Aufhaltestufe H2)	0,550 m
Vorbord	0,500 m
Seitenstreifen und Markierung.....	0,750 m



Fahrstreifen.....	3,500 m
Fahrstreifen.....	3,500 m
Fahrstreifen.....	3,750 m
Trennstreifen mit breiter durchgezogener Längsmarkierung.....	0,500 m
Standstreifen.....	3,750 m
Sicherheitsstreifen vor Schutzeinrichtung mit Straßenabläufen..... und Rinne (bzw. Pendelrinne im Kuppenbereich) Fahrzeugrückhaltesystem / Betonschutzwand	0,500 m
(Aufhaltestufe H2).....	0,550 m
Geh- und Radweg.....	2,500 m
Geländer / Handlauf und Lärmschutzwand.....	0,250 m / 0,465 m
Gesamtbreite des Querschnitts.....	21,717 m / 21,932 m
Lichte Breite zwischen den äußeren Geländern.....	21,100 m

Bei Bauwerken über eine Binnenwasserstraße ist ein sog. Gefährdungsraum für die Schifffahrt freizuhalten. Dieser ersetzt das frühere Lichttraumprofil. Der Gefährdungsraum ist hinsichtlich seiner Breite und seiner Höhe über dem maßgebenden Wasserspiegel durch die zuständige Wasser- und Schifffahrtsverwaltung festzusetzen und hat unter Umständen auch Auswirkungen auf die Bauwerksunterkante im Uferbereich, z.B. bei gevouteten Brücken.

Die Verbundbrücke wird für die Lasten nach DIN EN 1991-2 bemessen. Angesetzt wird das Lastmodell 1 (LM1), das sich aus den 3 Tandemsystemen und den gleichzeitig anzusetzenden Flächenlasten in den 3 Fahrstreifen zusammensetzt. Dadurch wird auch eine vorübergehende (bauzeitliche) Beanspruchung durch eine 4+0 Verkehrsführung mit den vorgeschriebenen Sicherheiten im Grenzzustand der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit berücksichtigt. Die Brücke wird in die militärische Lastklasse MLC 50/50 - 100 nach STANAG 2021 eingestuft.



Bauwerksdaten

- Bauart
Hauptfelder und benachbarte Vorlandfelder:
Einzellige, gevoutete Stahlhohlkastenbrücke mit orthotroper Fahrbahnplatte

Vorlandfelder:
Zwei parallelgurtige Stahlverbundhohlkästen mit gemeinsamer Stahlbetonfahrbahnplatte
- Verkehrskategorie nach DIN EN 1991-2:
1 mit $N_{obs} = 2 \times 10^6$
- Verkehrsart nach DIN EN 1992-2:
große Entfernung
- Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit:
Anforderungen nach DIN EN 1994-2 7.1 und
DIN EN 1994-2/NA NDP 7.4.1 (4)
- Militärlastklasse:
STANAG 2021 MLC 50/50 - 100
- Einzelstützweiten [m]:
Überbau Ost: 50,00 - 55,0 - 102,5 - 70,0 - 60,0
Überbau West: 48,65 - 55,0 - 102,5 - 70,0 - 60,0
- Breite zwischen den Geländern:
21,10 m

- Überbauten:

Stahlteile im Stahl- und Verbundüberbau:

Bleche $t \leq 65$ mm Stahl S 355 J2+N

Bleche $65 < t \leq 80$ mm Stahl S 355 K2+N

Trapezbleche Stahl S 355 J2C+N

Kopfbolzendübel Stahl S 235 J2+C450
kalt verformt



Temporärer Verband Stahl S 235 J0
(für Betoniervorgang)

Leitern, Podeste, Geländer,
untergeordnete Kleinteile..... Stahl S 235 J0

Fahrbahnplatte:

(Verbund) Beton C35/45 XD1,
XF2, XC4 / WA

Betonstahl..... B 500B

Kappen Beton C 25/30 XD3,
XF4, XC4 / WA

Betonstahl..... B 500B

Mindestluftporengelalt
nach ZTV-ING, Tab.
3.1.1; max w/z 0,50 n.
ZTV-ING, Abs. 4 (5)

Überbau, Lager, Übergangskonstruktionen

Überbau

Die Verbundplatte wird in den Brückenfeldern mit einer Plattenstärke von 38 cm ausgebildet. Im unmittelbaren Verbundbereich an den Stahlstegen zieht die Verbundplatte auf 50 cm Dicke an. Im Hauptfeld wird die Stahlbetonfahrbahnplatte unter Heranziehung zusätzlicher Fahrbahnlängsträger mit einem einzelligen Hohlkasten zu einer 3,8 m hohen Tragkonstruktion verbunden. Im Gegensatz hierzu teilt sich der relativ breite Hohlkasten über den weniger hohen Vorlandbereichen in zwei einzelne Hohlkästen mit 3,3 m Konstruktionshöhe auf.

Als Materialien werden beim Verbundquerschnitt Baustahl S 355 J2+N bzw. S 355 K2+N, Beton C 35/45 und Betonstahl B500B eingesetzt. Die Expositionsklassen der Verbundplatte sind XD1, XF2, XC4, die Feuchtigkeitsklasse ist WA. Die Verbindung zwischen Stahl und Stahlbeton wird über 22 mm dicke Kopfbolzendübel aus Baustahl S 355 J2+C450, die auf dem Obergurt nach statischer Erfordernis angeordnet sind, realisiert.

Die Ortbetonkappen auf dem Überbau werden in Anlehnung an RiZ-ING Kap 1 aus frost- und tausalzbeständigem Stahlbeton mit Luftporenzusatz in Beton C 25/30 LP mit den Expositionsklassen XD3, XC4, XF4, Feuchtigkeitsklasse WA hergestellt. Die



Bauen

Muster einer Bauvorbereitung

Arbeitsfugen sind mit durchgehender Bewehrung herzustellen. Ansonsten sind die Kappen fugenlos auszuführen. Der Schalungsverlauf der Kappen erfolgt parallel zur Gradienten.

Aufgrund des vorgesehenen Bauzeitenplans werden die Randkappen in den kalten Monaten hergestellt. Alle Betonkappen sind daher mit einer Hydrophobierung nach ZTV-SIB/OS-A zu versehen. Zuvor ist die Betonoberfläche durch Feuchtstrahlen zu reinigen. Die Betonunterlage darf höchstens eine Feuchte von 4 M-% (CM-Gerät) aufweisen.

Korrosionsschutz - Baustelle

Baustellenstöße sind gemäß ZTV-ING Teil 4 Abschnitt 3 Punkt 5.5 auszuführen. Bei Ausbesserungen von Transport- und Montageschäden sowie bei Baustellenstößen sind Beschichtungsmittel mit Zulassung durch die BASt und desselben Herstellers wie bei der Werksbeschichtung zu verwenden. Ein Applizieren von Zinkstaub auf Zinkstaub ist nicht zulässig. Die Einhaltung der Umgebungsbedingungen und der Trockenschichtdicken sind nach ZTV-ING Teil 4 Abschnitt 3 zu dokumentieren.

Entwässerung Hohlkasten

Im Hohlkasten werden Not-Entwässerungsöffnungen an den Tiefpunkten und Aussparungen in den unteren Querträgern für den Fall einer schadhaften Leitung vorgesehen.

Zugang zu den Pfeilerköpfen

Die Leitern, die aus dem Hohlkasten auf die Pfeilerköpfe führen, sind als ausziehbare Leitern konzipiert. Diese müssen von oben (z. B. mittels Seilzug oder Hydraulik) bedient werden können, also ein- und ausgefahren werden können. Das Bediensystem ist im Rahmen der Ausführungsplanung zu konzipieren und umzusetzen. Die hierfür erforderlichen Aufwendungen sind in die Position für die Leitern einzukalkulieren.

Im Zustand eines Lagertausches auf den Landpfeilern können die Zugangseinrichtungen von oben nicht verwendet werden, da der Platz auf dem Pfeilerkopf für Hubpressen und Stapelträger benötigt wird. In diesem Fall ist aber ohnehin ein Zugang mit Hubsteigern von außen erforderlich.



Korrosions- und Oberflächenschutz

Als Oberflächenvorbereitung vor Herstellung der Beschichtung sind alle Stahlteile des Überbaus mindestens auf Normreinheitsgrad Sa 2 1/2, Rauheitsgrad mittel „G“ gemäß ISO 8501 zu strahlen. Für alle Flächen wird ein Korrosionsschutzsystem nach ZTV-ING, Teil 4, Abschnitt 3 (Korrosionsschutz Stahlbauten), Anhang A, Tabelle A 4.3.2 auf Epoxidharz- und Polyurethangrundlage nach TL/TP-KOR, Anhang E aufgebracht.

Die Grund- und Zwischenbeschichtungen für die Stahlbauteile der Hohlkastenbrücke sind im Airless-Spritzverfahren im Werk aufzubringen. Der letzte Deckanstrich im Farbton DB 701 wird „zur Hälfte“ im Werk und „zur Hälfte“ auf der Baustelle am fertig montierten und gereinigten Überbau mit einer Schichtdicke von jeweils mind. 60 µm unter Beachtung und Einhaltung aller Umweltauflagen durch Airless-Spritzverfahren aufgebracht.

An allen Baustellenschweißstößen wird zunächst kein Korrosionsschutz aufgebracht. Dieser wird nach Verschweißen der Stahlteile und Strahlen der Flächen durch Airless-Spritzverfahren komplett auf der Baustelle aufgebracht. Alle Korrosionsschutzmaßnahmen werden nach ZTV-ING Teil 4, Abs. 3 ausgeführt.

Die Beschichtungen im Bereich der Betonfahrbahnplatte sind gem. ZTV-ING, Teil 4, Abschnitt 3 (Korrosionsschutz Stahlbauten) Zeichnung A3, Detail B bis zur 1. Dübelreihe bzw. mindestens 50 mm auf die betonberührte Fläche aufzubringen – mit Ausnahme der letzten Hälfte der Deckbeschichtung, die erst nach Herstellung der Verbundplatte auf der Baustelle erfolgt und dadurch nur bis zur Betonkante erfolgen kann.

Vor dem Aufbringen der Deckbeschichtung auf der Baustelle ist die Werksbeschichtung nach den Vorgaben (Merkblättern) des Farbherstellers in Abhängigkeit von der jeweiligen Standzeit zu reinigen. Diese Zwischenreinigung ist nach ZTV-ING, Teil 4, Abschnitt 3.2 durchzuführen. Die Art der Reinigung ist auf das Beschichtungssystem abzustimmen. Sweepstrahlen wird als Reinigungsart der Zwischenbeschichtung für das Aufbringen der Deckbeschichtung, bis auf zustimmungspflichtige kleinflächige Ausnahmen, nicht zugelassen. Für das Zwischenreinigen sind entsprechende LV-Positionen vorgesehen. Über dem FFH-Gebiet sind die Reinigungswässer mit geeigneten Maßnahmen aufzufangen und zu entsorgen. Alle für die Reinigung erforderlichen Materialien, Gerüste, Einhausungen sowie eventuelle Entsorgung von Schadstoffen sind in die Einheitspreise der Reinigungspositionen einzurechnen und werden nicht gesondert vergütet.



Bauen

Muster einer Bauvorbereitung

Silikonhaltige Öle und Fette dürfen nicht mit der beschichteten Oberfläche der Stahlbauteile in Berührung kommen. Dies gilt sowohl für die Werkstattarbeiten als auch für die Arbeiten auf der Baustelle. Für sämtliche Stoffe (Öle, Fette o. ä.) die für Montage- und sonstige Vorgänge, z. B. beim Verschieben oder Ausrichten von Bauteilen und beim Schalen der Betonplatte (Wachse), eingesetzt werden, sind Merkblätter die u. a. deren Zusammensetzung beschreiben, zur Einsicht vorzuhalten.

Die genauen Angaben zum Korrosionsschutz des Überbaus, der Verankerungen sowie aller weiteren Stahlbauteile wie Geländer, Fahrbahnübergänge, Lager, Entwässerungseinrichtungen, Leitern usw. sind dem Korrosionsschutzplan zu entnehmen.

Als Farbton der letzten Deckbeschichtung für den Überbau sowie die Geländer und alle Sichtflächen wird DB 701 (hellgrau) vorgesehen. Der Korrosionsschutz der Baustellenschweißstöße wird nach den entsprechenden LV-Positionen vergütet, hierin enthalten ist auch der temporäre Schutz auf der Baustelle.

Es sind geeignete Maßnahmen zur Vermeidung von Schäden an der Beschichtung beim Einheben und beim Betonieren vorzusehen. Diese Maßnahmen sind vor Beginn der Arbeiten mit dem AG abzustimmen, sind in die Einheitspreise einzurechnen und werden nicht gesondert vergütet.

Fehlstellen, Transport- und Montageschäden, Beschädigungen durch Betonarbeiten etc. an Stahlbauteilen sind weitest möglich auszuschließen; evtl. doch entstandene Beschädigungen sind umgehend, sorgfältig und großflächig zu beheben. Hierbei sind die beschädigten Stellen vorzubereiten und mit den im Korrosionsschutzplan beschriebenen Anstrichen zu versehen.

Die Ausbesserungen haben in verschieden großen Flächenabstufungen zu erfolgen.

Der AG ist über den Schaden selbst und rechtzeitig vor dessen Behebung zu informieren. Bei größeren Schäden sind die einzelnen Schichtdicken der sanierten Flächen dem AG durch Messung mit einem Schichtdickenmessgerät nachzuweisen. Alle Kosten für Ausbesserungen von Schäden an der Beschichtung und für evtl. Hilfsgerüste und sonstige hiermit im Zusammenhang stehende Maßnahmen sind in die entsprechenden Einheitspreise einzurechnen und werden nicht gesondert vergütet.

Die Kosten für eine eventuell erforderliche Endreinigung werden nicht gesondert vergütet.



Gebinde, Lieferscheine und die Abnahmeprotokolle sind vorzulegen und müssen übereinstimmend folgende Angaben enthalten:

- Herstellwerk
- Bezeichnung des Beschichtungsstoffes nach den TL-Chargen-Nr.
- Prüfprotokoll mit Nr./Jahr
- Herstellungsdatum
- Nettogewicht

Stoffe mit fehlenden oder unvollständigen Angaben werden als nicht bedingungs- gemäß zurückgewiesen.

Als Abnahmezeugnis wird ein 3.2-Zeugnis verlangt. Die Aufwendungen hierfür sind in die entsprechenden LV-Positionen einzurechnen und werden nicht gesondert vergütet.

Alle auf der Baustelle vorzunehmenden Beschichtungen sind unter Berücksichtigung des sensiblen Umfeldes so auszuführen, dass jede Verunreinigung von Bauwerksteilen, des Geländes, des Gewässers und der Umwelt absolut vermieden wird.

Die Kosten für die dazu erforderlichen Schutzvorkehrungen wie Planen, Bodenabdeckungen, Einhausungen, usw. sind, sofern nicht im LV gesondert ausgewiesen, in die Einheitspreise des Korrosionsschutzes einzurechnen.

Alle Maßnahmen zum Schutz der Umwelt sind in Eigenverantwortung des AN gewissenhaft durchzuführen. Allgemeingültige gesetzliche Bestimmungen und Richtlinien zum Schutz der Umwelt sind zu beachten, auch wenn sie in den Vertragsunterlagen nicht eigens erwähnt werden.

Die werkstattmäßigen Bedingungen für die Durchführung der Beschichtungs- sowie Schweißarbeiten sind mit Hilfe einer Einhausung, Be- und Entlüftung und ggf. Beheizung zu gewährleisten und sofern nicht eigens im LV ausgewiesen, in die Einheitspreise des Korrosionsschutzes einzurechnen.

Zum Schutz der Grund- und Zwischenbeschichtung der äußeren Sichtflächen Überbau beim Betonieren ist zwischen Schalung und Stahlträger ein Dichtstreifen einzubauen (siehe Schalplan).

Betonschlämmen auf beschichteten Stahloberflächen sind zu vermeiden!

Im Massivbau wird der konstruktive Korrosionsschutz der Bewehrung durch Wahl geeigneter Expositionsklassen nach DIN-Fachbericht 100 und ZTV-ING gewährleistet.



Bauen

Muster einer Bauvorbereitung

Bezüglich der den Korrosionsschutz betreffenden Prüfungen und Kontrollflächen siehe Kap. „Korrosionsschutz – Prüfungen und Kontrollflächen“.

Angaben zur Ausführung

Bauablauf

Reihenfolge und Abwicklung der Arbeiten

Technische Bearbeitung, Verkehrssicherung, Baustellenzufahrten

Zunächst erfolgt für die Brücke die Technische Bearbeitung, Einholen von Genehmigungen, Prüfung und Freigabe der statischen Berechnung und der Ausführungspläne mit dem Ziel, möglichst früh den Stahl für die Brückenteile bestellen zu können.

Baufeldfreimachung

Zeitgleich kann auf den Baustelleneinrichtungsflächen mit der Baufeldfreimachung begonnen werden. Bäume und Buschwerk werden im Vorhinein bereits gerodet.

Baustelleneinrichtung

Die Baustelle wird eingezäunt und eingeebnet. Baustraßen werden auf einer Vlies-trennlage hergestellt und verdichtet. Die Baubüros, Arbeitsgerüste, Montageplattformen, die Gewässerschutzanlagen, Strom-, Frischwasser- und Abwasserleitungen etc. werden eingerichtet und in Betrieb genommen.

Montage Überbaus

Die Stahlquerschnitte der Überbauten werden im Werk in Einzelabschnitten vorgefertigt und nach dem Konservieren mit LKW- bzw. Schiffstransporten zur Baustelle geliefert. Als maximale Bauteilabmessungen für den Transport auf der Straße sind Längen bis zu 35 m, Breiten bis ca. 4 m und Bauteilhöhen bis ca. 3,2 m möglich. Das maximale Transportgewicht beträgt etwa 60 t. Nach Anlieferung der im Werk vorbereiteten Einzelbauteile werden diese auf der Baustelle zu Montageschüssen zusammengeschnitten und auf die fertigen Pfeiler und Hilfsstützen eingehoben und dort fertig zusammengeschnitten. Je nach Krankapazitäten, Lage des Vormontageplatzes, Kranstandorten und Gewicht der einzuhebenden Bauteile können diese am Vormontageplatz zu einem kompletten Schuss zusammengeschnitten werden oder müssen in bis zu vier Einzelteilen zerlegt und getrennt eingehoben werden. Die verbleibenden Längsschnitte können dann erst an Ort und Stelle geschweißte werden.

Sämtliche für die Montage der Überbauten benötigten Hilfskonstruktionen wie Hebezeuge, Hydraulik, Verschiebbahnen, Gerüste, Stützen, Verschlosserungen, Anschlagpunkte etc., Lastverteilungskonstruktionen auf der orthotropen Platte, Schwerlastplattformwagen, Hubsteiger, Treppentürme, Begehungen etc. sind in die Stahlbaupositionen einzurechnen und werden nicht gesondert vergütet.

Beim Einsatz von Schalwagen werden diese mit den Positionen der Traggerüste für die Vorlandbrücken vergütet. Durchdringungen durch die Betonplatte sind nicht zugelassen.

- **Verbundüberbau Vorlandbrücke**

Der Stahlquerschnitt jedes der beiden parallel verlaufenden Hohlkästen ist in Bodenblechmitte getrennt, so dass für jeden Schuss jeweils 4 Bauteile in L-Form angeliefert werden (siehe folgende Darstellung).

Auf dem Vormontageplatz oder in Endlage können die Längsfugen der Hohlkästen geschweißt werden. Für die Montage der einzelnen Schüsse wird in den beiden Vorlandfeldern jeweils eine Hilfsstütze pro Hohlkasten erforderlich.

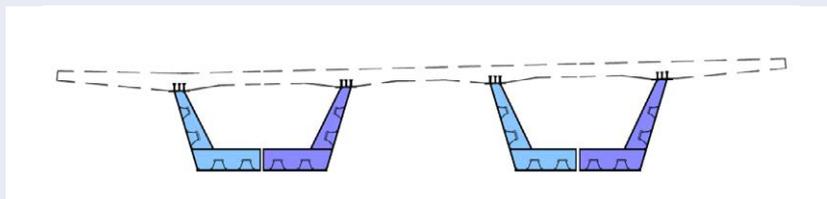


Bild 3.1.1: Bauteilaufteilung Verbundüberbau als 2-zelliger Hohlkasten

Die Einzelbauteile werden vor Ort mit Kranen auf die Hilfskonstruktionen abgelegt, ausgerichtet und zu dem Gesamtquerschnitt verschweißt.

Alle dafür erforderlichen Bauhilfskonstruktionen (z. B. Betonierstützen, Gerüste, Hebezeuge etc.) sind in die entsprechende LV-Position einzurechnen und werden nicht gesondert vergütet.

- **Verbundüberbau Hauptfeld**

Der Stahlquerschnitt des einzelligen Verbundhohlkastens ist in Bodenblechmitte sowie rechts und links am Rand des Bodenblechs getrennt, so dass für jeden Schuss jeweils 2 Bauteile in L-Form und 2 ebene Bauteile angeliefert werden müssen (siehe Bild 3.1.2).

Bei der Schusseinteilung handelt es sich um einen Vorschlag, der Schwerlasttransporte über die Straße ermöglicht. Bei einem vorgesehenen Schifftransport können andere Querschnittsaufteilungen und damit größere Bauteile vorgesehen werden.

Die einzelnen Bauteile des Stahlquerschnitts werden auf Hilfsstützen und Hilfskonstruktionen mit Kranen abgelegt. Es ergeben sich Bauteillängen von etwa 28 m. Anschließend werden die Bauteile verschlossert, ausgerichtet und verschweißt.

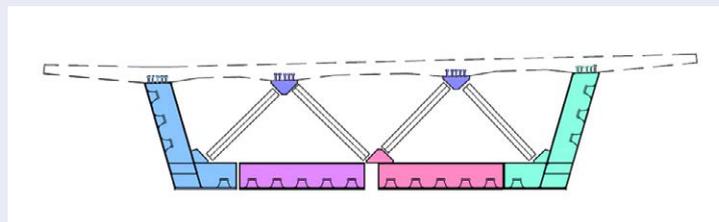


Bild 3.1.2: Bauteilaufteilung Verbundüberbau als 1-zelliger Hohlkasten

Alle dafür erforderlichen Bauhilfskonstruktionen (z. B. Betonierstützen, Gerüste, Hebezeuge etc.) sind in die entsprechende LV-Position einzurechnen und werden nicht gesondert vergütet.

Montageeinrichtungen

Alle in der Leistungsbeschreibung nicht explizit ausgeschriebenen Geräte und Konstruktionen wie Fahrbahnen für Schwerlastplattformwagen (SLPW), SLPW, Hilfsstützen, Betonierhilfsstützen und Hilfskonstruktionen für den Überbau beim Einheben, Hebezeuge, Schalwagen, Hubpressen, Spannvorrichtungen etc., die für die Montage benötigt werden, sind - sofern nicht mit eigener LV-Position ausgeschrieben - in der zugehörigen Leistungsposition (z. B. Stahlbauposition) zu berücksichtigen und werden nicht gesondert vergütet.



Stoffe, Bauteile

Allgemeines

Die geforderten Baustoffgütern für das zu erstellende Bauwerk sind auf den beiliegenden Ausschreibungszeichnungen bzw. im Leistungsverzeichnis / Baubeschreibung angegeben. Außerdem gelten die Anforderungen und Regelungen der ZTV-ING mit den darin genannten Normen und sonstigen Technischen Regelwerken und die in der ZTV-ING im Teil 10 (Anhang), Abschnitt I zusammengestellten Normen und sonstigen Technischen Regelwerke.

Die Verwendung von Stoffen mit auswaschbaren Bestandteilen ist nicht gestattet.

Alle zu erbringenden Leistungen umfassen gemäß VOB/C auch die Lieferung der dazugehörigen Stoffe und Bauteile einschließlich Abladen und Lagern auf der Baustelle, soweit nicht in den Positionen des Leistungsverzeichnisses anderweitige Angaben gemacht werden.

Für Beton, Asphaltmischgut und Mineralgemische werden nur Lieferungen von güteüberwachten Mischanlagen zugelassen.

Für Baustahl und Betonstahl wird eine Stoffpreisgleitklausel vereinbart, die dem LV als Anlage beigefügt ist.

Brückenbau

Mineralstoffe

Die Zuschlagstoffe für die Betonpositionen sind vom AN so zu wählen, dass die geforderten Betongütern, Expositionsklassen und Feuchtigkeitsklassen eingehalten werden. Es sind die Vorgaben der ZTV-ING Teil 3 einzuhalten.

Bindemittel

Die Zemente und Zementmengen für die Betonpositionen sind vom AN so zu wählen, dass die geforderten Betongütern, Expositionsklassen und Feuchtigkeitsklassen eingehalten werden. Es sind die Vorgaben der ZTV-ING Teil 3 einzuhalten.



Bauen

Muster einer Bauvorbereitung

Anstrichmittel

Zur den Randbedingungen bei der Ausbildung des Korrosionsschutzes der Stahlbauteile siehe Kap. „Korrosions- und Oberflächenschutz“. Genaue Angaben zu den aufzubringenden Korrosionsschutzsystemen sind im Korrosionsschutzplan festgelegt.

Angaben zu Prüfungen und Kontrollflächen siehe Kap. „Korrosionsschutz – Prüfungen und Kontrollflächen“.

Bei einer Verkehrsübergabe im Herbst oder Winter ist auf den Stahlbetonkappen ein Oberflächenschutzsystem OS-A aufzubringen.

Zusatzmittel, -stoffe

Es sind die Vorgaben der ZTV-ING Teil 3 einzuhalten.

Dem Kappenbeton wird bei der Herstellung ein Luftporenbildner zum Schutz gegen Frost- und Tausalzangriff zugegeben. Es wird hierfür ein Beton C 25/30 LP nach ZTV-ING Teil 3, Abs. 1.4 (5) mit Mindestluftporengehalt nach Tab. 3.1.1 und mit max. w/z-Wert 0,50 verwendet.

Weitere Betonzusatzmittel wie Fließmittel, Beschleuniger, Verzögerer usw. sind im Rahmen der Ausführungsplanung vom AN in Absprache mit dem Betonlieferwerk und dem Bauherrn festzulegen.

Transportbeton / Ortbeton

Es kommen folgende Betongüten, Expositionsclassen und Feuchtigkeitsclassen zum Einsatz:

Sauberkeitsschicht und Magerbeton: Beton C 12/15 X0 / WF

Flachgründungen: Beton C 30/37 XD2, XF2, XC2, XA2 / WA

Widerlager: Beton C 35/45 XD2, XF2, XC4, XA2 / WA

Pfeiler: Beton C 30/37 XD1, XF2, XC4, XA2 / WF

Fahrbahnplatte (Verbund): Beton C 35/45 XD1, XF2, XC4 / WA



Kappen: Beton C 25/30 XD3, XF4, XC4 / WA,
Mindestluftporengehalt nach ZTV-ING,
Tab. 3.1.1; max w/z 0,50 n. ZTV-ING,
Abs. 4 (5)

Stahl

Stahlteile im Verbundüberbau:

Bleche $t \leq 65$ mm: Stahl S 355 J2+N

Bleche $65 < t \leq 80$ mm: Stahl S 355 K2+N

Trapezbleche: Stahl S 355 J2C+N

Kopfbolzendübel: Stahl S 235 J2+C450 kalt verformt

Temporärer Verband (für Betoniervorgang): Stahl S 235 J0

Leitern, Podeste, Geländer, sekundäre Konstruktionselemente: Stahl S 235 J0

Betonstahl: Bst 500 S (B)

Winterbau

Winterbau ist zulässig, soweit die technischen Vorschriften eingehalten werden.

Notwendige Maßnahmen sind in die Einheitspreise der entsprechenden Positionen einzurechnen (siehe hierzu auch ZTV-ING, Teil 6, Abschnitt 3).

Für die witterungsabhängigen Arbeiten sind – sofern diese nach derzeitigem Stand des Terminplans nicht im Sommer durchgeführt werden können – LV-Positionen für klimatisierte Schutzeinrichtungen vorgesehen. Dies gilt sowohl für Arbeiten an der Brückenabdichtung als auch für Korrosionsschutzarbeiten.

Die im Baustellenbereich als üblich geltenden meteorologischen Verhältnisse sind bei der terminlichen Bauablaufplanung zu berücksichtigen und begründen keinen Anspruch auf Erschwerniszulage, Zeitverzögerungen bzw. Bauzeitverlängerung.



Bauen

Muster einer Bauvorbereitung

Abdrift von Strahlmitteln, Anstrichmaterialien und chemischen Spritzmitteln

Der AN hat mit Hilfe geeigneter Schutzmaßnahmen (z. B. Einhausungen) den Eintrag von schädlichen Stoffen in die Umwelt zu verhindern. Aufgrund der Lage der Baustelle im Naturschutzgebiet und FFH-Gebiet ist auf die Qualität der Schutzmaßnahmen besondere Sorgfalt zu verwenden. Falls trotzdem aus vom AN zu vertretenden Gründen umweltbelastende Stoffe frei werden, haftet der AN hierfür mit allen rechtlichen Konsequenzen.

Herstellen der Ausgleichsgradiente und der Ebenflächigkeit

Aufnahmeverfahren und Auswertung

Das Netznivellement hat der AN nach der Fertigstellung der Rohdecke vorzunehmen.

Der AG ist 6 Werktage im Voraus vom Vermessungstermin zu informieren, um ihm die Teilnahme an der Messung zu ermöglichen oder eine unabhängige Kontrollmessung durchzuführen.

Um Verfälschungen der Messergebnisse durch Längenänderungen von Bauteilen infolge von Temperaturdifferenzen zu vermeiden, dürfen die Netznivellements nur bei annähernd gleichen Temperaturen aufgenommen werden, extreme Temperaturen sind zu vermeiden.

Die Netzabstände für die Nivellements sind so zu wählen, dass folgende Bedingungen eingehalten werden:

1. Der Abstand der Netzpunkte darf nicht größer als 2,50 m sein.

Aufzunehmen sind:

die Fahrbahnachse, die Fahrbahn- und Standstreifenränder
Punkte für die Deckenhöhen nach Deckenhöhenplänen oder Deckenbücher und dergleichen Brückenabläufe, Schachtabdeckungen in der Fahrbahn, Übergangskonstruktionen und andere Zwangspunkte

2. Das gewählte Netz ist vom AN vor der Ausführung des Nivellements zur Genehmigung vorzulegen. Die Aufnahmepunkte sind wetterfest zu markieren.



Die graphische Auswertung des Nivellements als Rohdeckenbuch und in handlichen und übersichtlichen Längsschnitten für Fahrbahnachse und Fahrbahn­ränder erfolgt durch den AN.

Sofern Verbesserungen nur durch Schichtverdickungen und Abschleif­zonen vorgenommen werden sollen, genügt zur Beurteilung der Maß­nahme das Auftragen der Ist-Werte über der als Gerade aufgetragenen Soll­gradienten, wobei je nach Längenmaßstab eine bis 100-fache Über­höhung erforderlich werden kann.

Für die Beurteilung von Ausgleichsgradienten und Anrampung sind, sowohl den Toleranzen als auch dem Längsmaßstab entsprechend, überhöhte Längsschnitte vorzulegen. Längsschnitte müssen die Ist-Höhen der Roh­decke, die noch zu erwartende rechnerische Restverformung des Brückentragwerkes, die vorgeschlagenen Verbesserungen der Ist-Höhen der Rohdecke, die verbesserten Ist-Höhen zuzüglich normaler Brücken­belagsdicke und die Soll-Höhen enthalten.

An Restverformungen sind z. B. zu beachten (ZTV-ING Teil 1, 2.3(1):

- Schwinden
- Kriechen
- Belastungen durch Kappen und Brückenbelag

Vorlagen und Genehmigungsverfahren

Das Rohdeckenbuch und die graphischen Auswertungen sind zusammen mit eventu­ell notwendigen Verbesserungsvorschlägen dem AG 4-fach zur Genehmigung vorzulegen.

Erst nach Genehmigung dieser Unterlagen darf die Versiegelung für die Überbauab­dichtung aufgebracht werden.

Die Übergangskonstruktion muss vor dem Einbetonieren vom AG höhenmäßig kontrolliert sein. Die Kontrolle ist vom AN rechtzeitig zu beantragen.

Nach Genehmigung dieser Unterlagen trägt der AN die Ausgleichsgradienten in wetterfester Farbe an den Borden an. Im Zuge der Antragungen sind die Ergebnisse des Verbesserungsvorschlages an Ort und Stelle zu überprüfen.

Alle Kosten, die durch die Aufnahmen (außer der Aufnahme, die der AG durchführt), Auswertungen, Mängelbeseitigung, zusätzlicher statischer Nachweise und Mehrein­bau entstehen, hat der AN zu übernehmen.



Bauen

Muster einer Bauvorbereitung

Wird über größere Flächen durch die Verdickung der Schutzschicht eine wesentliche Mehrbelastung hervorgerufen, so ist auf Verlangen des AG vom AN ein statischer Nachweis über die Tragfähigkeit zu erbringen.

Nachweis der Leistungen

Bei Lieferscheinnachweisen verbleibt nach Anerkennung des Lieferscheins durch die Bauüberwachung vorab eine Ausfertigung des Lieferscheins bei der örtlichen Bauüberwachung. Die Originallieferscheine sind geordnet und aufgelistet umgehend nach der Lieferung dem AG zu übergeben. Nicht unterzeichnete Lieferscheine werden nicht anerkannt.

Die Leistungen sind generell nach Zeichnung (Soll) abzurechnen. Sind keine Unterlagen vorhanden, so ist die Leistung gemeinsam von AN und Bauüberwachung aufzumessen und auf den entsprechenden Aufmaßblättern zu dokumentieren. Gleiches gilt für die Kontrolle der Soll-Maße. Der AN hat alle erforderlichen Hilfsmittel und Personal für die Kontrollmessungen zu stellen. Dies ist in die entsprechenden Positionen einzurechnen und wird nicht gesondert vergütet.

Für den Nachweis der Abschlagszahlungen sind schlussrechnungsreife Unterlagen beizufügen; für den Nachweis der Leistungen gilt ZVB/E-StB.

Prüfungen

Allgemeine Hinweise

Bei der Bauwerksabnahme bzw. bei der Überprüfung vor Ablauf der Gewährleistungsfrist müssen alle Bauteile zugänglich sein. Die Abnahme erfolgt nach der Bauwerkshauptprüfung, die der AG veranlasst.

Prüfungen werden nach den jeweils gültigen und zutreffenden Vorschriften und Richtlinien durchgeführt. Eignungs-, Erhärtungs- und Güteprüfungen erfolgen in einem entsprechenden Institut.

Für die Eignungsprüfungen gilt ZTV-ING, Teil 1, Abschnitt 1, Pkt. 2.2.2, für die Eigenüberwachung ZTV-ING, Teil 1, Abschnitt 1, Pkt. 2.3.2. Weiterhin ist die DIN 1045-3 zu beachten. Kosten für die Güteüberwachungen werden nicht gesondert vergütet.



Eignungsprüfungen

Für alle auf der Baustelle zu verwendenden Stoffe sind 14 Tage vor dem Einbau Eignungsprüfungen, Prüfbescheide oder Zulassungen vorzulegen.

Die von zugelassenen Prüfstellen durchzuführenden Eignungsprüfungen werden nicht später als vier Kalenderwochen vor Beginn des jeweiligen Einbaues der entsprechenden Verwendung dem AG (Bauüberwachung) vorgelegt.

Eignungsprüfungen für Beton

Beton nach DIN-Fachbericht 100 ‚Beton‘, ZTV-ING, Teil 3, Abschnitt 1 ‚Beton‘ und Abschnitt 2 ‚Bauausführung‘, DIN 1045-3, DIN 1045-4.

Bei den zu verwendenden Betonen nach DIN-Fachbericht müssen folgende Voraussetzungen erfüllt werden:

Das Transportbetonwerk weist nach, dass alle Forderungen nach DIN-Fachbericht 100 ‚Beton‘, insbesondere Herstellung, Produktionskontrolle und Konformität (= Eigen- und Fremdüberwachung) in seinem Werk erfüllt sind.

Die Überwachung auf der Baustelle nach DIN 1045-3 ist gewährleistet. Alle Prüfungen der Ausgangsstoffe, des Frischbetons und des erhärteten Betons sowie die Aufzeichnungen darüber sind in die Einheitspreise der Betonpositionen einzurechnen.

Im Rahmen der Eignungsprüfung ist der E-Modul zu bestimmen. Die hieraus entstehenden Kosten sind in die Einheitspreise der entsprechenden Betonposition einzurechnen.

Eignungsprüfungen für Stahl

Stahlkonstruktion

Für alle Haupttragteile der Stahlkonstruktion des Überbaus kommt ausschließlich Baustahl S 355 J2+N bzw. S 355 K2+N für Blechdicken ab $t = 55$ mm nach DIN EN 10025-2 zur Verwendung. Untergeordnete Bauteile, wie Geländer oder eingehängte Gitterroste des Besichtigungssteiges werden aus Stahl S 235 J0 nach DIN EN 10025-2 hergestellt.

Mit dem Angebot gibt der AN Auskunft über den von ihm vorgesehenen Stahl-Lieferanten (Stahl-Bezugsquelle) sowie die Herkunft des Stahls (Walzwerk). Für sämtliche Stähle sind Prüfbescheinigungen nach DIN EN 10204 vorzulegen. Es werden Abnahmeprüfzeugnisse 3.2 gefordert. Die Prüfbehörde wird vom AG festgelegt. Die Aufwendungen hierfür sind in die entsprechenden Einheitspreise einzurechnen.



Die Eignung des Materials (auch z. B. von Z-Güten) ist vom AN nachzuweisen. Die Verwendung von Stahlblechen mit Z-Güten wird nicht gesondert vergütet und ist in den Einheitspreis der Stahlposition einzukalkulieren.

Für zusätzliche Materialprüfungen wird auf die „Technischen Lieferbedingungen der DBS 918 002-02“ verwiesen.

Bei der chemischen Zusammensetzung des Baustahls - Schmelzenanalyse - ist neben den geforderten 14 Elementen nach DIN 18 800-1 zusätzlich auch der Massenanteil in % von Bor anzugeben. Der Grenzwert von $B \leq 0,0008$ ist einzuhalten und nachzuweisen.

Für die Massenanteile in % von Schwefel und Phosphor sind folgende Grenzwerte einzuhalten und nachzuweisen:

$$S \leq 0,005 \text{ und } P \leq 0,015$$

Diese Grenzwerte weichen von der Forderung der ZTV-ING ab, können jedoch ohne weitere Kosten durch Qualitätshütten eingehalten werden.

Die für den Baustahl geforderten Zugwerte (Streckgrenze, Zugfestigkeit) sind in Walzlängs- und Querrichtung zu erfüllen und nachzuweisen.

Es dürfen ausschließlich Halbzeuge verwendet werden, die keine radioaktive Strahlung und kein Cadmium freisetzen.

Die Forderungen der DIN EN 1090-1 Abs. 4.7 „Gefährliche Substanzen“ sind einzuhalten.

Die schweißtechnischen Qualitätsanforderungen sind in der DIN EN 729 geregelt. Sie ist Grundlage für die Ausführung und Prüfung.

Nähte von Stumpfstößen sind sowohl im Werk, als auch auf der Baustelle durchzuschweißen. Dies gilt abweichend von der Norm, die z.B. DY-Nähte zulässt. Das Durchschweißen wird verlangt und wird nicht gesondert vergütet. Dies ist in die entsprechende LV-Position einzurechnen.

Für die Toleranzen (Breite, Längen, Höhen, Winkelmaße) der Einzelbauteile des Stahlbaus und für den gesamten Überbau gilt DIN EN ISO 13920 Toleranzklasse B. Dies gilt jedoch nicht für Sachverhalte, welche die Funktion betreffen, z. B. beim Erzielen der Gradienten oder wenn Vorgaben aus der Schweißtechnik für Spaltmaße und Versätze einzuhalten sind.



Für diese Sachverhalte sind höhere Genauigkeiten bei den Bauteilgeometrien einzuhalten und entsprechende Verfahren festzulegen (Arbeiten mit sog. Zugaben, anschließendes Messen und Abgleichen der Schnittufer zum benachbarten Bauteil, gegebenenfalls richten in der Werkstatt vor den Konservierungsarbeiten und vor dem Ausliefern auf die Baustelle). Sämtliche Aufwendungen und Kosten, die zum Herstellen dieser Genauigkeiten erforderlich sind, sind in die entsprechenden LV-Positionen einzurechnen und werden nicht gesondert vergütet.

Neben der Eigenüberwachung seitens der ausführenden Stahlbaufirma sind zusätzliche stichprobenartige Kontrollen durch den AG im Werk vorgesehen.

Eignungsprüfungen der Werks- und Baustellenschweißnähte

Im Werk und auf der Baustelle erfolgt die Qualitätssicherung der Schweißarbeiten nach einem vorher festzulegenden Prüfprogramm, wobei folgende Verfahren zur Anwendung kommen werden:

- Sichtprüfung nach DIN EN 970
- Durchstrahlprüfung nach DIN EN 1435
- Ultraschallprüfung nach DIN EN 1714
- Farbeindringverfahren nach DIN EN 571-1
- Magnetpulverprüfung nach DIN EN 1290

Mit diesen Prüfverfahren werden alle für die Tragfähigkeit entscheidenden Schweißnähte kontrolliert bzw. deren Ausführung überwacht.

Art, Umfang und Lage der betroffenen Schweißnähte wird in Prüfplänen genau festgelegt. Diese Pläne (Baustelle und Werkstatt) mit dem oben beschriebenen Prüfprogramm werden vom AN aufgestellt und sind vom AG zu genehmigen. Die Prüfungen werden mit entsprechenden Leistungspositionen vergütet (Nebenleistungen sind hiervon ausgenommen), die Erstellung der Prüfpläne ist in die Position „Ausführungszeichnungen Bauwerk“ einzurechnen. Sämtliche mit den Prüfungen anfallenden Aufwendungen und Kosten



(u. a. auch Unterbrechungen, Störungen des betrieblichen Ablaufes usw.) sind in die entsprechenden Einheitspreise mit einzurechnen.

In den vorgesehenen Positionen des Leistungsverzeichnisses sind die wahren Prüflängen und nicht die Filmlängen angegeben.

Alle quer zur Naht beanspruchten Stumpfnähte im Zugschwell- oder Wechselbereich sind auf voller Länge zu durchstrahlen.

Bei den Stegblechen von Biegeträgern darf die Durchstrahlung auf den Bereich einer Filmlänge, ausgehend von den Gurten, beschränkt werden. Bei den übrigen Stumpfnähten (Längs- und Quernähten) sind in sinnvoller Auswahl Stichproben von 10 % der Nahtlängen unter Einbeziehung aller Nahtkreuzungen, jedoch mindestens eine Filmlänge, zu durchstrahlen.

In Zweifelsfällen ist die Durchstrahlung mit einer Ultraschallprüfung zu ergänzen, wobei die Ergebnisse in einem Protokoll zu vermerken sind.

DHV- und HV-Nähte auf Biegung mit/ohne Längskraft sowie mit/ohne Querkraft, die im Zugschwell- oder Wechselbereich quer zur Naht beansprucht werden, sind auf volle Länge mittels Ultraschall zu prüfen. Für die Prüfung von Schweißnähten gilt ZTV-ING, Teil 4.

Kehlnähte und DHY-Nähte sind in Stichproben zerstörungsfrei zu prüfen. Der Prüfumfang ist im Plan für zerstörungsfreie Prüfungen darzustellen. Das Ergebnis der Prüfungen ist zu protokollieren. Reicht die Aussage der zerstörungsfreien Prüfung nicht aus, so werden Arbeitsproben gefordert. Arbeitsproben sind für die Nahtbeurteilung aufzubrechen.

Die Schweißnahtgüten müssen mindestens den Festlegungen in DIN EN 1090-2 genügen. Weiterhin gilt die ZTV-ING, Teil 4.

Die Wurzeln von Stumpf-, HV- und DHV-Nähten müssen, ausgenommen bei Wurzelbadsicherung durch Keramikleiste, ausgearbeitet und gegengeschweißt werden. Bei Verwendung von Keramikleisten ist durch ausreichend großen Anpressdruck das Anliegen an den beiden zu verbindenden Blechen sicherzustellen. Keramikleisten dürfen nur in trockenem Zustand verwendet werden.

Die Schweißfolgepläne und die Aufnahmen der Durchstrahlungsprüfung sind dem AG zur Prüfung und Genehmigung rechtzeitig vorzulegen.



Andere erforderliche Eignungs- und Gütenachweise erbringt der AN ohne besondere Aufforderung nach den gültigen Vorschriften.

Eine Überwachung und Teilabnahme der Konstruktion im Werk erfolgt durch den beauftragten Fertigungsüberwacher des AGs. Die Termine für die Abnahme sind rechtzeitig mitzuteilen.

Alle für die Prüfung und Abnahmen anfallenden Kosten sind in die entsprechenden Einheitspreise einzurechnen.

Alle zur Kontrolle im Werk und auf der Baustelle erforderlichen Geräte, Gerüste, Strom, Hilfskräfte usw. sind dem AG unentgeltlich zur Verfügung zu stellen.

Korrosionsschutz - Prüfungen und Kontrollflächen

Für den Korrosionsschutz gelten die ZTV-ING, Teil 4, Abschnitt 3 und die TL/TP-KOR-Stahlbauten in Verbindung mit dem ARS Nr. 30/2002 (siehe hier auch insbesondere Abschnitt C des vorgenannten ARS Nr. 30/2002 - Vertragsbestandteil, sowie DIN EN ISO 12944, DIN 55634, DIN EN 1993 und DIN EN 1994).

Zur Ausbildung des Korrosionsschutzes siehe Kap. „Korrosions- und Oberflächenschutz“. Die genaue Ausbildung des Korrosionsschutzes der Stahlbauteile ist im Korrosionsschutzplan festgelegt.

Es ist vorgesehen, an den verschiedenen Konstruktionsteilen Kontrollflächen gemäß DIN EN ISO 12944 Teil 7 anzulegen.

Die Anordnung der Kontrollflächen wird so vorgesehen, dass an jedem Teilbauwerk ein 2 m breiter, umlaufender, die gesamte Abwicklung des Brückenquerschnitts innen und außen umfassender Streifen als Kontrollfläche ausgeführt wird. Das Geländer bzw. die Lärmschutzwand sowie die Übersteigenschutzwand in diesem Bereich gehören ebenfalls noch zur Kontrollfläche. In der Brückendeckfläche werden keine Kontrollflächen vorgesehen. Die Ausführung der Kontrollflächen ist in die entsprechenden Einheitspreise des Korrosionsschutzes einzukalkulieren. Es erfolgt keine gesonderte Vergütung.

Die genaue Festlegung der Lage der Kontrollflächen hat in Abstimmung mit dem AG zu erfolgen.

Die Prüfung der Korrosionsschutzstoffe und der Ausführung der Arbeiten erfolgt nach DIN EN ISO 12944 Teil 6 und 7 bzw. nach ZTV-ING, Teil 4, Abschnitt 3. Gemäß ZTV-ING Teil 4, Abs. 7.2.3 „Abnahmeprüfzeugnisse“ müssen alle



Farbmaterialien mit Abnahmeprüfzeugnis 3.2 belegt werden.

Sämtliche mit den Prüfungen anfallenden Aufwendungen und Kosten (z. B. auch Unterbrechungen, Störungen des betrieblichen Ablaufes usw.) sind in die entsprechenden Einheitspreise mit einzurechnen.

Eigenüberwachungsprüfungen

Dem AG (örtlicher Bauüberwachung) ist unmittelbar nach Abschluss der Prüfung, spätestens jedoch am folgenden Arbeitstag, eine Ausfertigung der jeweiligen Prüfungsniederschrift auszuhändigen. Bei Prüfung mit negativem Ergebnis werden die Versuche nach ordnungsgemäßer Durchführung der Leistung wiederholt. Es erfolgt keine besondere Vergütung der Kosten.

Beim Einbau von Beton und Stahlbeton ist speziell das Kapitel 11 der DIN 1045-3 zu beachten. Bei Transportbeton ist bei Eintreffen eines jeden Fahrzeuges an der Baustelle und vor Beginn des Betonierens durch Versuch nach DIN EN 12350-5 das Ausbreitmaß zu bestimmen und nicht nur durch Augenschein zu beurteilen.

Der Umfang und die Häufigkeit der Prüfungen richten sich nach Tabelle A.1 der DIN 1045-3. Die Prüfung der E-Module, insbesondere der Fahrbahnplatte, ist nach 28 Tagen vorzunehmen. Für den Umfang wird festgelegt, dass je Betonierabschnitt drei Prüfkörper herzustellen sind.

Der Begriff ‚Betonierabschnitt‘ setzt das ununterbrochene Betonieren in einem Zug voraus. Werden, wie gelegentlich bei Kappen, mehrere Abschnitte an einem Arbeitstag betoniert, so können diese als ein Betonierabschnitt betrachtet werden. Bei kleineren Bauabschnitten können auf Antrag des AN hiervon abweichende Regelungen getroffen werden. Kommt der AN seiner Verpflichtung zur Durchführung der Prüfungen nicht oder nicht vollständig nach, so ist der AG berechtigt, ein Labor seiner Wahl mit den Prüfungen auf Kosten des AN zu beauftragen.

Die Prüfstelle E ist bereits vor der Bestellung der für die Baustelle zu verwendenden Betone einzuschalten.

Die Herstellung der Abdichtung und der Einbau der Übergangskonstruktion darf erst nach entsprechendem Nachweis der höhen- und fluchtgerechten Lage des Überbaus begonnen werden.

Zur Nachweisführung der Ebenflächigkeit und der Herstellung einer Ausgleichsgradienten siehe Pkt. „Herstellen der Ausgleichsgradienten und der Ebenflächigkeit“ der Baubeschreibung.



Fremdüberwachung, Kontrollprüfungen, Schiedsuntersuchungen

Der AN hat die Baumaßnahme zur Fremdüberwachung anzumelden. Für die Fremdüberwachung und die Kontrollprüfungen sowie zusätzliche Kontrollprüfungen und Schiedsuntersuchungen gilt die ZTV-ING, Teil 1, Abschnitt 1, Pkt. 2.3.3, 2.3.4, 2.3.5 und 2.3.6. Kontrollprüfungen werden vom AG gemäß dem Technischen Regelwerk veranlasst (Koordination: örtliche Bauüberwachung). Dafür hat der AN möglicherweise auftretende Verzögerungen des Arbeitsablaufs entschädigungslos aufzufangen. Die Kosten einer Wiederholungsprüfung, die wegen Nichtbestehens einer Kontrollprüfung vom AG veranlasst wird, trägt der AN.

Der Fremdüberwachungsstelle wird das Sonderbetonsortenverzeichnis im Rahmen der Fremdüberwachung vorgelegt, sofern das Sonderbetonsortenverzeichnis von dem gültigen Betonsortenverzeichnis abweicht.

Der AG erhält spätestens mit der Schlussrechnung den Überwachungsbericht E der Fremdüberwachung gemäß DIN 1084, Blatt 2, in Kopie.

Der Überwachungsvertrag zwischen dem AN und der Fremdüberwachung ist vor der Erteilung des Auftrages dem AG vorzulegen. Der Nachweis der Anzeige der Arbeiten des AN gegenüber der Fremdüberwachung ist mit der Rücksendung der vom AN unterzeichneten Vertragsausfertigung dem AG vorzulegen. Die Anzeige ist von der Fremdüberwachung zu bestätigen.

Die Überwachungsprotokolle über die Baustellenbesuche der Fremdüberwachung sind ohne Aufforderung umgehend dem AG vorzulegen. Vor Abnahme der Bauarbeiten ist der Überwachungsabschluss der Fremdüberwachung mit der dazugehörigen Beurteilung des AN ebenfalls dem AG vorzulegen.

Die Arbeiten für den Oberflächenschutz sind mit den Formblättern der Technischen Prüfvorschriften gemäß ZTV-ING zu protokollieren.

Nach Aufforderung des AG (örtliche Bauüberwachung) hat der AN Proben von allen zur Verwendung kommenden Stoffen zu Kontrollprüfungen bzw. Identitätsprüfungen zu entnehmen. Der AN hat die erforderlichen Hilfskräfte und Hilfsmittel für die Probenahmen oder Kontrollprüfungen vor Ort zur Verfügung zu stellen und ggf. das Versenden der Proben an ein vom AG bestimmtes Prüfinstitut zu übernehmen.

Die Kontrollprüfungen gemäß ZTV-ING sind in den jeweiligen Abschnitten der Teile 2 bis 9 angegeben.

Die Setzungen bzw. Verdrehungen des Bauwerkes sind in allen Bauphasen zu kontrollieren und zu dokumentieren.



Ausführungsunterlagen

Vom AG zur Verfügung gestellte Ausführungsunterlagen

Ausschreibungspläne

Die Ausschreibungspläne liegen der Ausschreibung bei.

Die Ausschreibungspläne sind digital erstellt worden und werden dem AN (als PDF-Dateien) zur Verfügung gestellt. Bei Weiterverwertung von zur Verfügung gestellten digitalen Planunterlagen hat der AN diese eigenverantwortlich auf Stimmigkeit zu überprüfen.

Vom AN zu erstellende bzw. zu beschaffende Ausführungsunterlagen und Bestandsunterlagen

Korrosionsschutzplan

Es ist ein prüffähiger Korrosionsschutzplan gemäß ZTV-ING, Teil 4, Abschnitt 3 zu erstellen und vorzulegen. Ohne geprüften und genehmigten Korrosionsschutzplan darf der AN nicht mit der Ausführung jeglicher Korrosionsschutzarbeiten beginnen.

Die Gliederung und Darstellung der einzelnen Bauteile mit ihrem Beschichtungsaufbau (verschiedenen Beschichtungsarten) ist zeichnerisch so darzustellen, dass eine zweifelsfreie Zuordnung der Beschichtung zum jeweiligen Bauteil möglich und klar erkennbar ist.

Ebenso ist die Angabe sämtlicher Stoffnummern und die Herstellerbezeichnung im Korrosionsschutzplan anzugeben.

Die Positionierung der einzelnen Beschichtungen ist so vorzunehmen, dass eine Verwechslung ausgeschlossen ist.

Die Aufteilung und Beschreibung der verschiedenen Beschichtungsarten hat so zu erfolgen, dass sie übereinstimmend mit der Baubeschreibung und dem Leistungsverzeichnis erfolgt, klar nachvollziehbar, vollständig und eindeutig ist.

Später nur schwer oder nicht mehr zugängliche Flächen an der Konstruktion sind gesondert zu positionieren, eindeutig und vollständig auszuweisen und zu beschreiben. Dies gilt auch für Übergangskonstruktionen, Lager, Entwässerungseinrichtungen, Geländer, sowie jede Art von architektonischer Farbgestaltung, die über die normale Konservierung hinausgeht.

Dieser Plan ist in der Position „Ausführungszeichnungen erstellen - Bauwerk“ enthalten.



Materialverteilungsplan

Zur besseren Beurteilung des vom AN vorgesehenen Materialeinsatzes ist ein detaillierter Materialverteilungsplan für die gesamte Stahlkonstruktion zu erstellen und vorzulegen.

Aus diesem Materialverteilungsplan müssen die geplanten Materialgüten, die vorgesehene Stahlblechaufteilung mit Brennu- und Brennvorgaben sowie die Stoßaufteilungen zu ersehen sein.

Die geforderte Art der Prüfbescheinigung nach DIN EN 10204 muss auf dem Plan angegeben sein.

Die Positionierung der einzelnen Blechteile hat so zu erfolgen, dass sie den einzelnen Schüssen des Überbaus zuzuordnen sind.

Eine Materialliste mit Gewichtsangaben ist dem Plan beizuheften.

Dieser Plan ist in der Position „Ausführungszeichnungen erstellen – Bauwerk“ enthalten.

Schweißfolgepläne

Um den im Werk des Stahlbauers geplanten schweißtechnischen Fertigungsablauf prüfen und später überwachen zu können, ist rechtzeitig ein prüffähiger Schweißfolgeplan zu erstellen und vorzulegen.

Dieser Plan ist in der Position „Ausführungszeichnungen erstellen – Montage-, Transport-, Bauzustände“ enthalten.

Schweißnahtprüfpläne

Prüfpläne mit ausgearbeitetem Prüfprogramm getrennt nach Werkstatt- und Baustellenfertigung.

Dieser Plan ist in der Position „Ausführungszeichnungen erstellen – Bauwerk“ enthalten.



Bauen

Muster einer Bauvorbereitung

Höhenmessplan (Gradiente)

Ein Höhenmessplan, auf dem dargestellt wird (über Verformungsordinaten einzelner Last- und Bauzustände) wie die Gradiente erreicht werden soll, ist zu erstellen.

Hierbei muss der Einfluss aller relevanten Bauzustände und Lasten auf die Verformung des Überbaus berücksichtigt werden. Die einzelnen Zustände sollen in übersichtlicher Form (Messstationen als Tabelle mit Soll-Ist-Abgleich, bezogen auf einen Übergabepunkt in NN-Höhen) dargestellt werden. Die Messungen sind zeitnah durchzuführen und dem Bauherrn bzw. der örtlichen Bauüberwachung ebenfalls zeitnah mitzuteilen.

Dieser Plan ist in der Position „Ausführungszeichnungen erstellen - Bauwerk“ enthalten.

Messprotokolle: Werkstatt

Die vorgefertigten Einzelbauteile müssen in der Werkstatt messtechnisch überprüft werden (3D-Messstationen).

Dazu muss ein Messprotokoll erstellt werden. Die Protokolle werden Bestandteil der Dokumentation.

Unter anderem zur Vermeidung umfangreicher Richtarbeiten, verbunden mit dem Öffnen bereits voll verschweißter Blechteile, sind qualifizierte Messprotokolle zu erstellen, welche die Schnittrufer ausreichend beschreiben, so dass unzulässige Toleranzen noch im Werk zu korrigieren sind bzw. die Gegebenheiten auf der Baustelle im Werk noch angepasst werden können.

Andernfalls sind die Toleranzen der Baustelle so kenntlich zu machen, dass diese vor Ort mittels einer genauen Arbeitsanweisung behoben werden können.

Die entsprechende Qualitätssicherung (Dokumentation und Verfolgung dieser Vorgänge) ist durch den AN zu gewährleisten und durch eine unabhängige Fertigungsüberwachung gegebenenfalls einzufordern und zu verfolgen.

Für die Messprotokolle ist eine gesonderte LV-Position vorhanden.



Verladeplan: Transport der Einzelbauteile zur Baustelle

Vor dem Verladen der Bauteile ist ein sog. Verladeplan zu erstellen. Hierbei ist das Transportmittel und die Lage des Bauteils darzustellen (Achsen). Ebenfalls darzustellen sind die Auflagepunkte der Bauteile, die besonders zu schützen sind um Beschädigungen am Korrosionsschutz zu vermeiden.

Dieser Plan ist in der Position „Ausführungszeichnungen erstellen - Montage-, Transport-, Bauzustände“ enthalten.

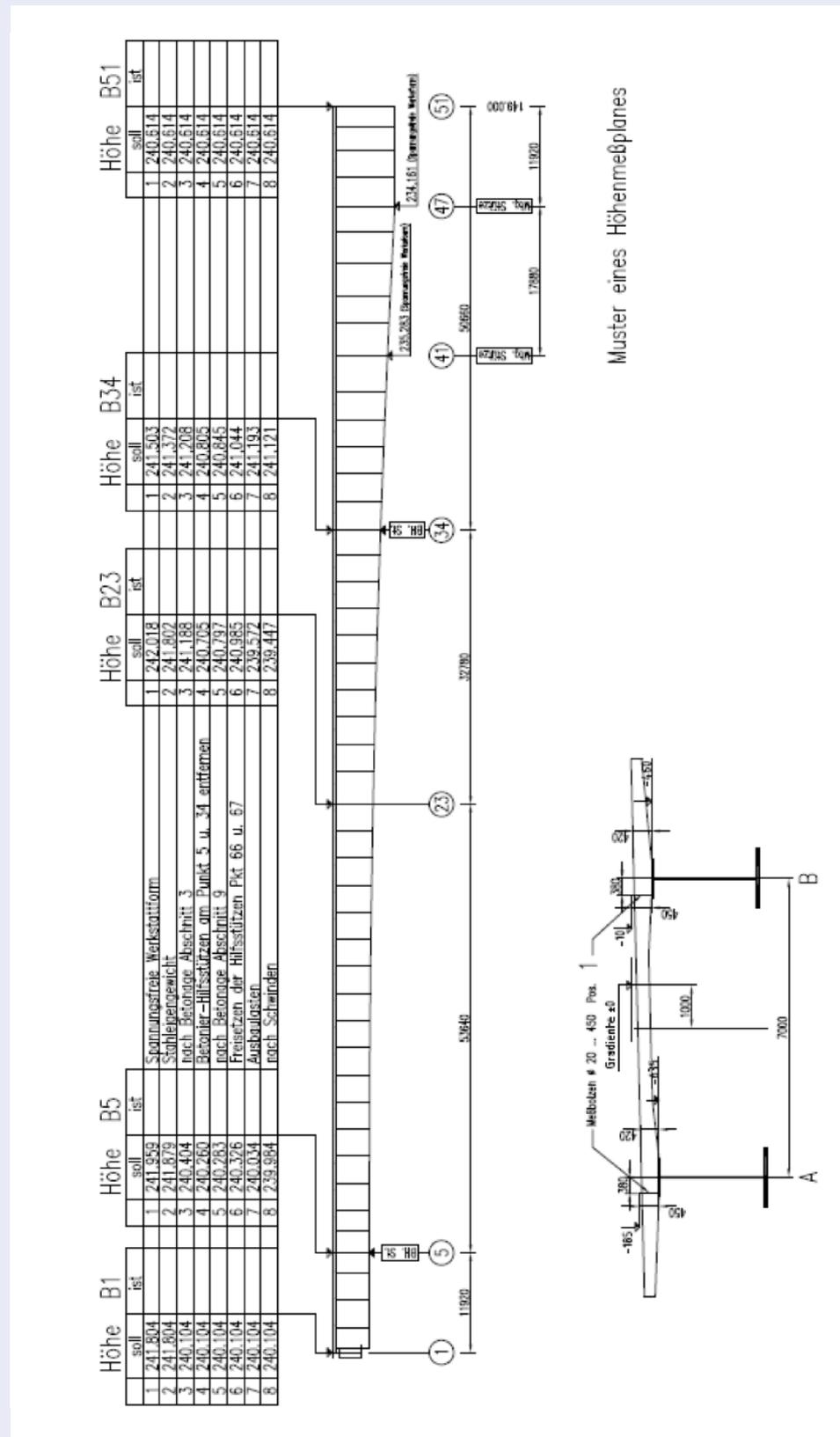


Bild 3.1.3: Muster eines Höhenmessplanes

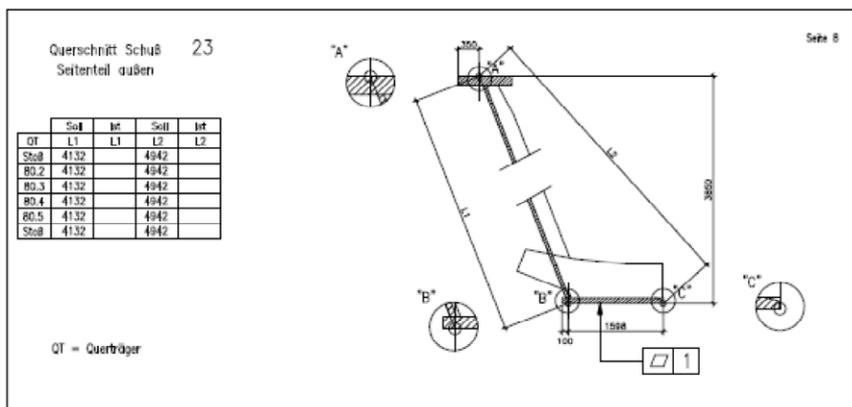
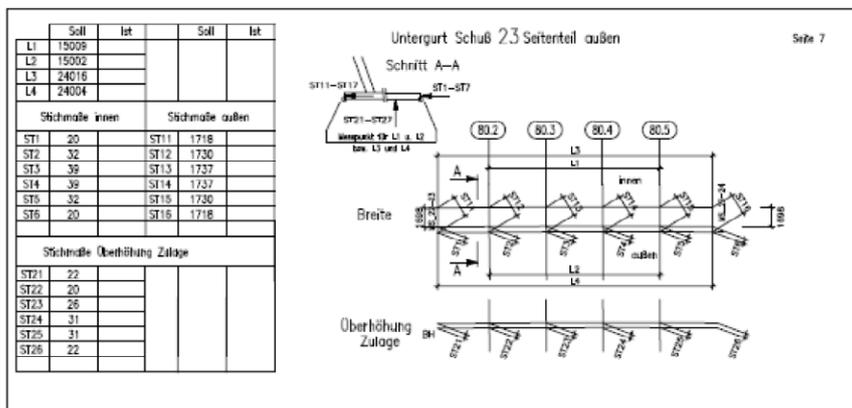
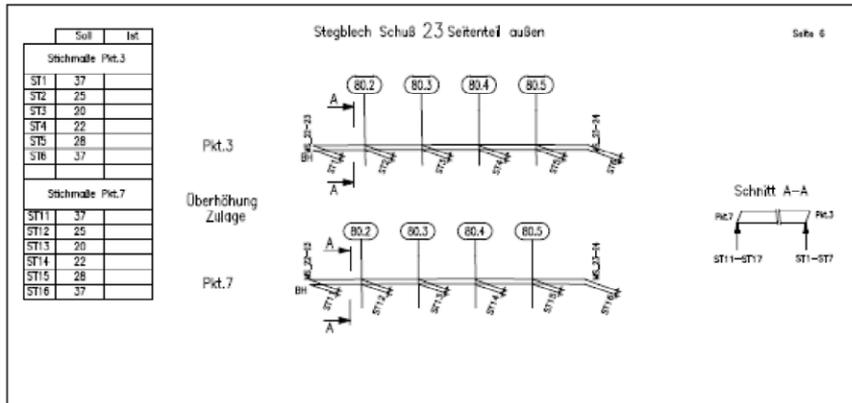


Bild 3.1.4: Messprotokoll Werkstatt



3.2

Muster für verbundbauspezifische LV-Positionen

Vorschläge für Standardleistungstexte (Ergänzungsbedarf gegenüber STLK)

Leistungsverzeichnis Langtext

- 00.03.0014 Messprotokolle für die einzelnen Bauteile des Überbaus auch zum Abgleich der Schnittufer für den Zusammenbau der Einzelteile auf der Baustelle herstellen und liefern.
Angabe Soll-Werte und freie Felder für Ist-Werte.
Angabe der erforderlichen Messmarken (Körner bzw. Messbolzen)
Stahlbau in spannungsloser Werkstattform im Fertigungswerk und unter Eigengewicht, für Bauzustände, außerdem Länge, Höhe, Breite, Winkel.
- Psch
- 00.03.0015 Höhenmessplan für die einzelnen Bauzustände der Überbauten herstellen und liefern.
Angabe Soll-Werte und freie Felder für Ist-Werte.
Einschl. Endzustand mit Kriechen und Schwinden.
- Psch
- Hinweis zu Pos. Nähte als Stumpfstoß sind durchzuschweißen.
- 04.00.0001 Die Aufwendungen für das Durchschweißen der Nähte sind in die nachfolgende Position einzurechnen.
- 04.00.0001 Stahlkonstruktion entsprechend statischen und konstruktiven Erfordernissen nach Unterlagen des AG einschl. aller Verbindungsmittel herstellen, liefern und montieren.
Vorbereiten der Stahloberfläche sowie Aufbringen der Beschichtungen werden gesondert vergütet.
Bauteil **„Stahlverbund-Überbau“**
Stahlsorte = Baustahl S355J2+N bzw. S355 K2+N
Stahlgüte für Beanspruchungen in Dickenrichtung gem. DIN EN 1993-1-10 für alle Grobblecherzeugnisse größer Z15, höhere Z-Güten sind für einen Anteil von 5 % an der Gesamttonnage einzurechnen
Beschichtungsflächenberechnung 3-fach vorlegen.
Konstruktion geschweißt,



Abgerechnet wird nach theoretischem Gewicht des
Walzstahles ohne Zuschläge für Walztoleranzen nach
der Gummiband-Methode.

Montage gemäß Baubeschreibung einschl. aller
erforderlichen Baubehelfe.

2.300,000 t

04.00.0003 Messen in Werkstatt und auf Baustelle
gem. Messprotokollen und Höhenmessplan.
Gemessene Werte in Messprotokoll eintragen.

Psch

04.00.0004 Schweißnahtprüfung im Werk durchführen.
Mögliche Prüfungsverfahren:
Magnetpulver, Ultraschall, Röntgen, Isotopen und
Farbeindringverfahren.
Anzahl und Länge entsprechend DIN EN 1090-2 und
ZTV-ING,T4,A1 für Ausführungsklasse EXC3.
Schweißnaht nach geltender Prüfnorm bewerten.
Die Ergebnisse werden dem AG im Original übergeben.
Weitere Hinweise siehe Baubeschreibung.

Psch

04.00.0005 Schweißnahtprüfung auf Baustelle durchführen.
Mögliche Prüfungsverfahren je nach Erfordernis:
Magnetpulver, Ultraschall, Röntgen und Farbeindringverfahren.
Anzahl und Länge entsprechend DIN EN 1090-2 und
ZTV-ING,T4,A1 für Ausführungsklasse EXC3.
Schweißnaht nach geltender Prüfnorm bewerten.
Die Ergebnisse werden dem AG im Original übergeben.
Weitere Hinweise siehe Baubeschreibung.

Psch

04.00.0006 Schweißnähte im Werk und auf der Baustelle
blechen nachbearbeiten entsprechend
konstruktiven und ggf. statischen Erfordernissen

Psch



Abrechnung

Materialbezahlung

Eine Materialübereignung des noch nicht verbauten Stahls wird ausgeschlossen. Eine Vorauszahlung des für die Baumaßnahme bestellten Stahls (Grobbleche und Profile) ist nur bei Vorlage einer Bankbürgschaft zulässig.

Gewichtsermittlung und Abrechnung Stahl bei vorliegender vorgezogener Ausführungsstatik

Als Abrechnungsgrundlage dient die Mengenermittlung im Zuge der Ausschreibung. Vorzugsweise soll dieser Mengenermittlung eine geprüfte Ausführungsstatik zugrunde liegen. Die Stahltonnage ist dann mit einer Genauigkeit von $\pm 2\%$ zu ermitteln. Im LV ist diese Menge pauschaliert auszuschreiben, der AN hat die Mengenermittlung und die bereitgestellte geprüfte Statik anzuerkennen.

Die Kontrolle der abgerechneten Stahltonnage erfolgt zum einen durch Wiegen der fertigen Bauteile und Schüsse und zum anderen durch Ermittlung der Tonnage der Einzelelemente gemäß Zuschnittliste nach der Gummibandmethode.

Neben der Massensicherheit liefert diese Vorgehensweise auch den Vorteil, dass der AN unmittelbar nach der Beauftragung mit der technischen Bearbeitung beginnen kann.

Gewichtsermittlung und Abrechnung Stahl nach Entwurfsstatik

Stahlverbundbrücken mit geringem bis mittlerem Schwierigkeitsgrad werden in der Regel nach Entwurfsplänen ausgeschrieben. Für die Entwurfsstatik gilt, dass sich die Nachweistiefe auf wesentliche, maßgebende Schnittgrößen unter Berücksichtigung der Bauzustände bzw. Bauablaufs beschränkt. Bei der Massenermittlung sind dann angemessene Zuschläge für Kleinteile und Verschnitt zu berücksichtigen, um den Unterschied zwischen Netto- und Abrechnungsgewicht zu erfassen. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass gemäß ZTV-ING - Teil 4 Stahlbau, Stahlverbundbau, A 1 Stahlbau (8) ...für die Abrechnung andere Methoden als in VOB Teil C (DIN 18335) beschrieben z.B. die Nettoflächenmethode in den Vertragsunterlagen vereinbart werden können. Von dieser Möglichkeit sollte Gebrauch gemacht werden, da die Abrechnung nach der VOB Teil C mit umschriebenen Rechtecken, wegen der Formgebung der Querschnitte nach Kraftfluss und Ermüdungssicherheit (z.B. Querrahmen), im Brückenbau zu unwirtschaftlich ist.

Bauausführung

4.

Überbau - Stahl

4.1

Die Ausbildung des Querschnitts ist, wie oben beschrieben, stark vom gewählten Montageverfahren abhängig. Die Möglichkeiten des Transports und der Vormontage auf der Baustelle geben auch die maximal zulässigen Einzelabmessungen für die Bauteile oder Schüsse vor.

Da die Qualität der Schweißarbeiten auf der Baustelle bedingt durch die vorherrschenden äußeren Umstände, z.B. Witterung, Schweißen in Zwangslagen, die Qualität einer Schweißung im Werk nicht erreicht, sind Baustellenstöße auf ein Minimum zu reduzieren. Entsprechend des geplanten Montagekonzepts gibt der Bauwerksentwurf die möglichen Bauteilabmessungen und Schusslängen vor. Bedingt durch die Ausstattung der Fertigung im Herstellerwerk, z.B. maximale Bauteilgewichte und verarbeitbare Blechabmessungen, können die Schusslängen und Bauteilabmessungen von den Vorgaben des Entwurfs abweichen. Dies kann durch eine detaillierte Baubeschreibung und der Vorgabe von Bauteil- und Schussabmessungen bei der Ausschreibung vermieden werden.

Bau- und Montagebehelfe

4.1.1

Für das Verschlossern der Querschnitte und das Ausrichten der Bauteile sind Montagehilfskonstruktionen erforderlich. Zum Transport der Bauteile in den Fertigungshallen sowie zum Ver- und Entladen werden Anschlagösen erforderlich die bevorzugt an den Stahlquerschnitten angeschweißt werden.

Zur Lagesicherung während des Transports und der Montage werden temporäre Stabilisierungsverbände eingebaut, die nach der Herstellung der Verbundplatte nicht länger benötigt werden und zurückgebaut werden müssen.

Zur Festlegung, wo Behelfskonstruktionen angeschweißt werden können ist eine Werkstattplanung durchzuführen. Die Maßnahmen zum Befestigen und Lösen der Montagebehelfe ist in einer Arbeitsanweisung zu beschreiben. Nach dem Entfernen wird eine Nachbearbeitung der Stahlbauteile notwendig. Die Bleche werden blechen beschliffen und kerbfrei nachgearbeitet. Hierbei ist darauf zu achten, dass durch



die mechanische Bearbeitung der Bleche keine Reduzierung des Blechquerschnitts verursacht wird oder dass Werkzeugspuren wie Riefen im Grundmaterial auftreten. Werkzeugspuren bedeuten eine Kerbe und sind unter der Wechselbeanspruchung ein Ausgangspunkt für Ermüdungsrisse.

Vor der Beschichtung der ausgesparten Blechbereiche wird durch eine Oberflächenrissprüfung die Fehlerfreiheit nachgewiesen. Hier kommen zerstörungsfreie Prüfverfahren wie z.B. das Farbeindringverfahren oder das Magnetpulververfahren zum Einsatz.

Alternativ können Montagebehelfe im Bereich der Verbundplatte auch oberhalb des Stahlträgers abgetrennt werden und verbleiben wie ein Verbundmittel in der Konstruktion. Der Vorteil ist, dass die Fehler, die beim blechebenen Abtrennen passieren können, vermieden werden. Eine zusätzliche Kerbwirkung ist im Allgemeinen nicht zu erwarten.

4.1.2

Lastannahmen für Brücken im Bauzustand

- Lastannahmen für Traggerüste nach DIN EN 12812
- Einwirkungen aus dem Montagekonzept, z.B. Schalwagen

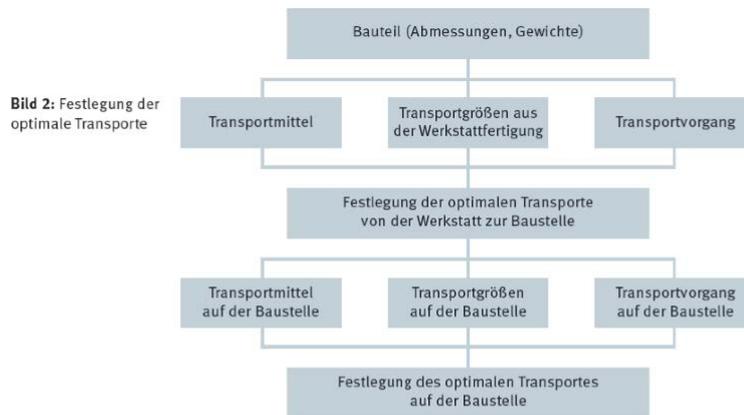
siehe auch Kap. 2.4

4.1.3

Festlegung der Transportart

Wie wird transportiert, per:

- **Lkw** über die Straße (ggf. mit allen damit zusammenhängenden Transportaufwendungen wie: Schwerlasttransport, Sondergenehmigungen, Polizeibegleitung, Nachttransporte, Sonderfahrtrouten, usw.)
- **Bahn** (ggf. mit allen damit zusammenhängenden Transportaufwendungen wie: Sondergenehmigungen, Lademaßüberschreitung, Schutzwaggons, Terminliche Abstimmungen wegen Zugfolgen, mögl. Fahrstreckenplanungen / Ausweichstrecken bei Sondermaßen oder -gewichten, usw.)
- **Schiff** (ggf. mit allen damit zusammenhängenden Transportaufwendungen wie: Ver- und Entlademöglichkeiten, ggf. Einrichten einer bauzeitl. Entladestelle auf der Baustelle, usw.)



	Straßentransporte ohne besondere Genehmigung				Schwer- und Spezialtransporte	
	Fahrzeuge mit 2 Achsen	Fahrzeuge mit über 2 Achsen	Sattelfahrzeuge	Lastzüge	mit Jahresdauer-genehmigung	mit Einzelfahrt-genehmigung
Länge [m]	12,0	12,0	15,5 ¹⁾	18,0	25,0	> 25,0
Breite [m]	2,5	2,5	2,5	2,5	3,0	> 3,0
Höhe [m]	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	> 4,0
Gesamtgewicht [t]	18,0	25,0	40,0	40,0	40,0 ²⁾	> 40,0

¹⁾nach Euro-Norm 16,50 m
²⁾42,0 t für unteilbare Lasten

Bild 4.1.1: Arbeitshilfe zur Festlegung der transportierbaren Bauteilabmessungen und Transportgewichte. Quelle: bauforumstahl

Zu den oben dargestellten Informationen ist hinzuzufügen, dass das maximale Transportgewicht für den Straßentransport 120 t nicht überschreiten sollte. Dies ist beim Entwurf für die Einzelbauteile zu Grunde zu legen. Größere Transportgewichte sollten dann nur noch über einen Schifftransport realisiert werden.



4.2

Montageverfahren

4.2.1

Hubmontage

Hubmontage z. B. vom Tal aus mittels Kran auf vorbereiteten Kranstandplätzen.



Bild 4.2.1: Hubmontage Diepmannsbachtalbrücke



Bild 4.2.2: Hubmontage Diepmannsbachtalbrücke

Taktschiebeverfahren

4.2.2

Vormontageplatz hinter einem Widerlager. Nach Anbau kompletter Querschnitte und entsprechender Längen wird der Teilüberbau meist unter zu Hilfenahme eines leichten Vorbausnabels in Richtung Pfeiler über Verschublager vorgeschoben. Beim Taktschiebeverfahren spielt die in Deutschland durch das Rundschreiben vom 10.03.2015 korrigierte Nachweisführung gegen Plattenbeulen eine entscheidende Rolle. Die Änderungen gegenüber dem Nachweis nach DIN EN 1993-1-5, Ausgabe 12/2010 werden in Kapitel 2.6.7 ausführlicher behandelt.



Bild 4.2.3: Taktschiebeverfahren Talbrücke Schwarzach



4.2.3

Längseinschub, Querverschub

- mit Ponton und Vorschubpressen (vergl. Elbebrücke Dömitz)



Bild 4.2.4: Längseinschub mit KAMAGS und Ponton Mainbrücke Marktheidenfeld

4.2.4

Vergleich der Montageverfahren, Einfluss auf die Bemessung

Zunächst werden die Einflüsse bei der Hubmontage am Beispiel einer 5-feldrigen Stahlverbundbrücke mit Stützweiten bis zu 50 m untersucht. Die Brücke wird in 6 Schüssen eingehoben. Das statische System sowie die Schusseinteilung und Reihenfolge ist in der folgenden Abbildung 4.2.5 schematisch dargestellt. Die Querschnittsabstufung wird im Rahmen dieses Beispiels vereinfachend in Stütz- und Feldquerschnitte unterteilt.

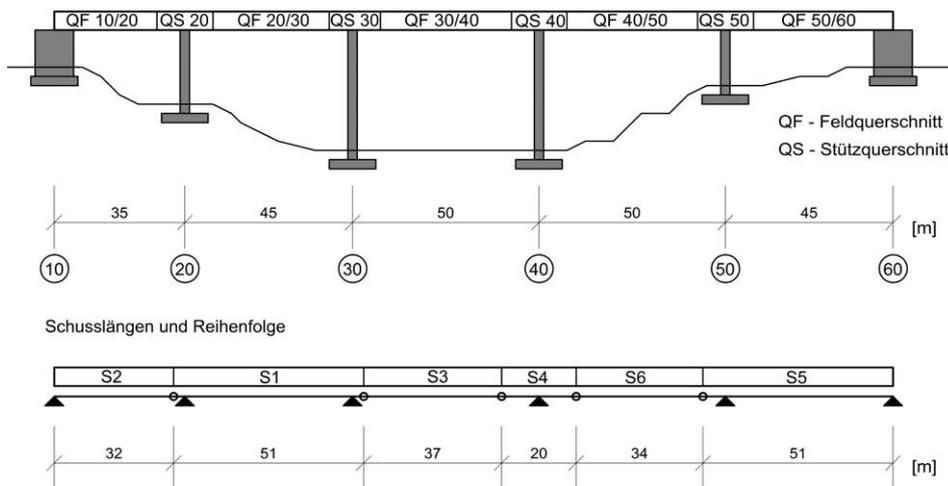


Bild 4.2.5: Herstellung der Stahlbauteile einer 5-feldrigen Verbundbrücke mittels Hubmontage

Die Schusslängen und Reihenfolge ergeben sich neben stat.-konstruktiven Randbedingungen, wie z.B. Stellen mit notwendigen Blechabstufungen, u.a. auch aus Transport- (Längen und Gewichte der Bauteile) und Montage-Randbedingungen (Krankkapazitäten und -standorte). Durch die gewählten Schusslängen werden die Momentennullpunkte definiert (Bild 4.2.5), welche für die Beanspruchungen infolge Stahl-Eigengewicht relevant sind. Während der Montage werden die einzelnen Schüsse zunächst nur gelenkig verschlossert. Eine biegesteife Verschlosserung ist dabei in jeder Hinsicht aufwändiger, da sie u.a. das Verschlossern der am Kran hängenden Schüsse erfordert und stellt somit eine Ausnahme dar bzw. wird i.d.R. nur im Freivorbau angewendet. Werden Hilfsstützen verwendet, ist deren Wirkung bzw. das Freisetzen durch Superposition entsprechender Lastfälle zu berücksichtigen.

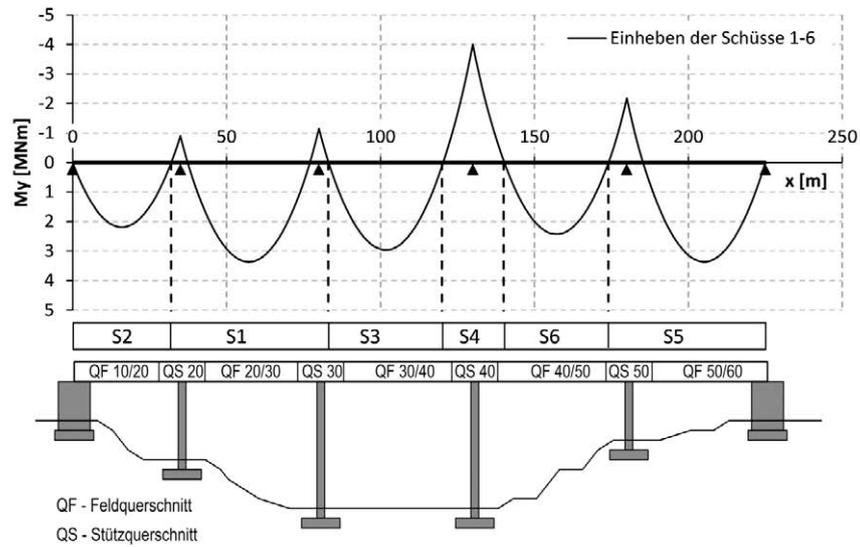


Bild 4.2.6: Biegemoment infolge Stahl-Eigengewicht bei Einhubmontage

Die genannten Faktoren, die jedoch zum größten Teil erst verbindlich in den Leistungsphasen 4 und 5 sowie in Abstimmung mit den ausführenden Firmen festgelegt werden können, haben somit unmittelbar Einfluss auf die Beanspruchung. Allerdings sind sie in ihren Auswirkungen begrenzt, da das Stahl-Eigengewicht nur einen kleinen Teil der Beanspruchung im Vergleich zu den übrigen Lasten (u.a. infolge Fahrbahnplatten-Eigengewicht, Ausbau- und Verkehrslasten) ausmacht. Hinzu kommt, dass diese Beanspruchung an einigen Stellen größer, dafür aber an anderen Stellen kleiner wird, wie dies in Bild 4.2.7 in einem Vergleich mit der am Durchlaufträger bestimmten Momentenlinie deutlich wird. In Summe kann es dennoch zu kleineren Abweichungen bzw. Mehr-/Minderungen kommen, da sich die Einflüsse aufgrund konstruktiver Randbedingungen, wie z.B. Mindestblechdicken, nicht vollständig ausgleichen.

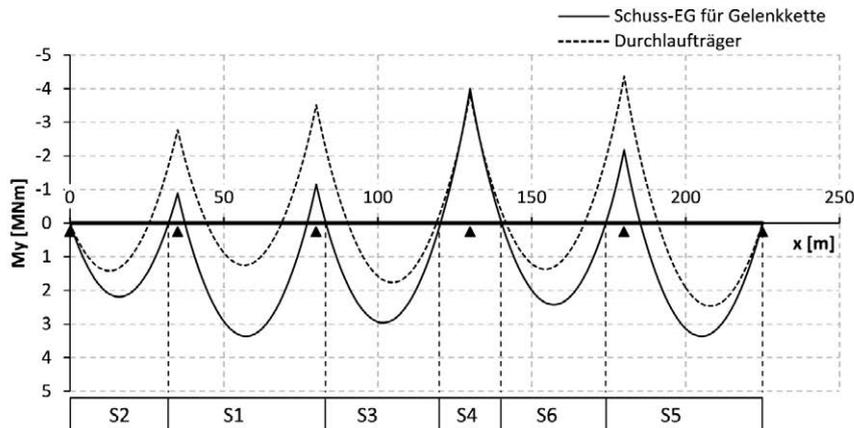


Bild 4.2.7: Vergleich der Biegemomente infolge Stahl-Eigengewicht bei Einhub und Einschub

Die am Durchlaufträger ermittelte Beanspruchung ist auch diejenige, welche bei einer Montage mittels Einschub für den Endzustand zu berücksichtigen ist. Hier ist die Montageart, d.h. der Einschub, in jedem Fall auch bereits im Entwurfsstadium zu untersuchen, um eine belastbare Mengenermittlung für die Ausschreibung zu erhalten. Aufgrund der einschubspezifischen Tatsache, dass Querschnitte, welche im Endzustand für den Feldbereich dimensioniert wurden, für den Einschubzustand auch durch große Stützmomente beansprucht werden, vgl. hierzu Bild 4.2.8, sind diese Beanspruchungen häufig bemessungsrelevant. Bild 4.2.8 weist für den Feldquerschnitt des letzten Feldes zwischen Achse 50 und 60 bei größter Auskragung einen Wert von ca. - 15 MNm aus, während das Moment infolge Stahl-Eigenwicht dort im eingeschobenen Zustand gemäß Bild 4.2.7 nur ca. 2,5 MNm beträgt.

Ein direkter Vergleich ist jedoch nicht zielführend, da die wesentliche Beanspruchung des reinen Stahlquerschnitts an dieser Stelle erst durch das Eigengewicht der Betonfahrbahnplatte hervorgerufen wird, siehe hierzu auch Abschnitt 4.3 bzw. Bild 4.3.3. Dort beträgt das resultierende Moment auf den Stahlquerschnitt - je nachdem an welcher Stelle man es vergleicht (im Bereich von BA 10 bzw. BA 9) - ca. 25 MNm bzw. 12 MNm . In Teilen ist die Beanspruchung infolge Einschubzustand gemäß Bild 4.2.8 somit betragsmäßig größer. Unabhängig von der evtl. betragsmäßigen Vergrößerung des Biegemomentes hat dabei auch das Vorzeichen eine wesentliche Relevanz. So besteht im Endzustand für das Bodenblech aufgrund der Lage in der Zugzone keine Beulgefahr, sehr wohl jedoch im Einschubzustand.

Gleiches gilt für den Steg, der über die reine Längsbeanspruchung hinaus auch zusätzlich für die lokale Lasteinleitung der Kräfte aus den Verschublagern ausgelegt werden muss (Beulen unter zweiaxialen Druck, siehe auch 2.67.). Eine auf den Querschnitt abgestimmte gute Aussteifung nicht nur der Stege ist daher bei einer Einschubmontage von großer Bedeutung, da sie sowohl den Fertigungsaufwand der ausführenden Firma als auch maßgeblich die Gesamt-Tonnage infolge der erforderlichen Blechdicken definiert.

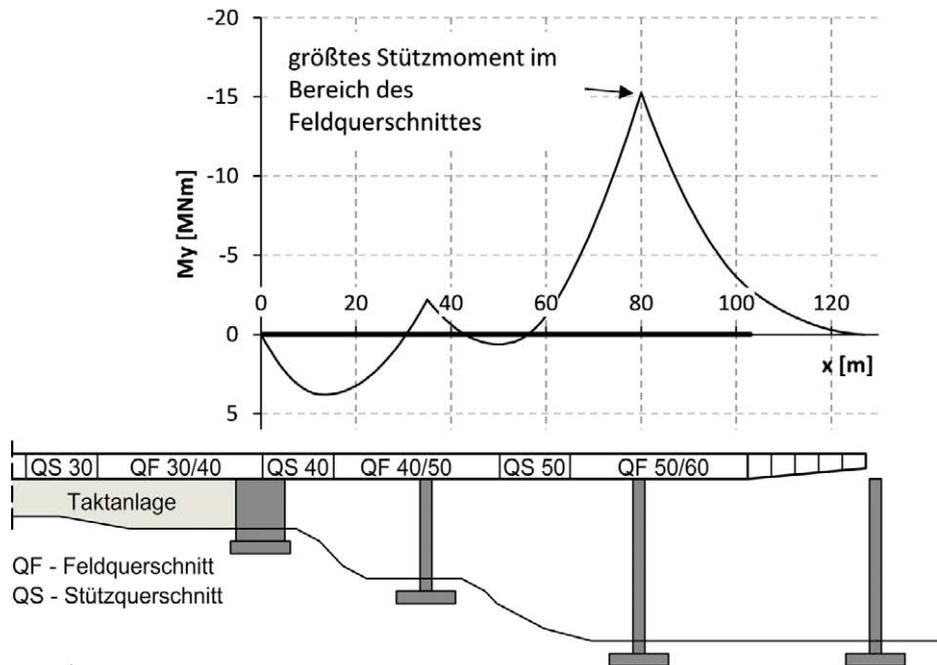


Bild 4.2.8: Exemplarischer Einschubzustand - Biegebeanspruchung

4.3

Überbau - Verbundplatte

4.3.1

Anforderungen an die Verbundplatte hinsichtlich ihrer Ebenheit und eines evtl. Gradientenausgleichs

Nach DIN EN 1991-2, Anhang B haben beim Ermüdungsnachweis Rauigkeit und Ebenföchigkeit des Belages keinen Einfluss auf die Ermüdungsfestigkeit. Die Ebenföchigkeit ist nach ZTV-ING Teil 1 durch eine Ausgleichsgradierte zu erzielen, wobei der Ausgleich nur in der Schutzschicht erfolgen darf.

Die Schutzschicht darf im Hinblick auf deren Standfestigkeit in einzelnen Punkten 5,0 cm nicht über- und 2,5 cm nicht unterschreiten. Bei Belägen auf Beton mit einer Dichtungsschicht aus einer Bitumen-Schweißbahn darf die Gesamtdicke der Schutzschicht einschließlich Profilausgleich nicht mehr als 6,5 cm betragen (ZTV-ING Teil 7 Abschnitt 1).

Diese Forderung stellt daher hohe Anforderungen an die Betonoberfläche sofern nicht mit Betonersatz gearbeitet werden soll.



Zur Ermöglichung der Fahrbahnebenflächigkeit muss die Fahrbahn mit einer Rüttelbohle über die gesamte Fahrbahnbreite abgezogen werden. Abstützungen und Durchhänger im Betonierbereich sind zu minimieren.

Die Rahmen der üblicherweise eingesetzten Schalwagen sind höhenmäßig derart auszuführen, dass flächig mit dem Flügelglätter gearbeitet werden kann.

Zur Festlegung der Planung sind vor der Ausführung und mit den Angaben der statischen Berechnung hinsichtlich der Durchbiegungen in den unterschiedlichen Bauzuständen und Belastungszuständen Höhenmesspläne zu erarbeiten und diese während der Ausführung zu prüfen. Die wesentlichen Aufmaße auf der Baustelle sind:

- Nach dem Einheben/Einschieben des Stahlüberbaus der Abgleich zwischen Stahlbau Soll- und Isthöhe
- Bei Fertigteilbauweise: Nach dem Einheben der Fertigteile und vor dem Betonieren der Ortbetonergänzung
- Nach Herstellung der Ortbetonergänzung der Abgleich zwischen Rohbaugradiente Soll und Ist.

Im Anschluss an die Vermessungsarbeiten sind die Ausgleichsmaßnahmen, z.B. Ausgleichsgradiente in der Schutzschicht sowie in der Kappengeometrie zu planen. Wichtig für die Berechnung der Ausgleichsgradiente ist, dass die später noch eintretenden zeitabhängigen Verformungen aus Kriechen und Schwinden berücksichtigt werden müssen.

Der in Kapitel 3.1, Bild 3.1.3 dargestellte beispielhafte Höhenmessplan enthält in Zeile 8 die Soll-Höhen nach dem Abklingen der Schwindverformungen. Der Abgleich mit den Ist-Höhen führt zu Höhenunterschieden (Toleranzen), die bei der Ermittlung der Ausgleichsgradienten zu berücksichtigen sind.



Bild 4.3.1: Abziehen der Fahrbahnplatte der Urselbachtalbrücke

4.3.2

Einfluß der Betonierverfahren und Querschnittsgestaltung

Zur Betrachtung des Einflusses verschiedener Betonierverfahren wird das bereits im Rahmen der Montageverfahren untersuchte Beispiel verwandt. Dabei erfolgt die Herstellung der Fahrbahnplatte in Betonierabschnitten von ca. 20 m Länge zunächst in den Feldbereichen der ersten beiden Feldern, wobei der dazwischen liegende Stützbereich zunächst ausgelassen wird (Pilgerschrittverfahren). Erst wenn die dem Stützbereich benachbarten Feldbereiche fertiggestellt sind, wird die Fahrbahnplatte im Stützbereich ergänzt. Diese Vorgehensweise wird für alle Felder wiederholt, vgl. Bild 4.3.2. Für die letzten beiden Felder wird diese Vorgehensweise geringfügig dahingehend variiert, als dass zunächst das Endfeld betoniert wird und erst dann das vorletzte Feld (zwischen Achse 40 und 50, Bild 4.3.2). Hierdurch soll sichergestellt werden, dass in der Achse 60 zwischenzeitlich keine abhebenden Lagerkräfte infolge Betonierens entstehen.

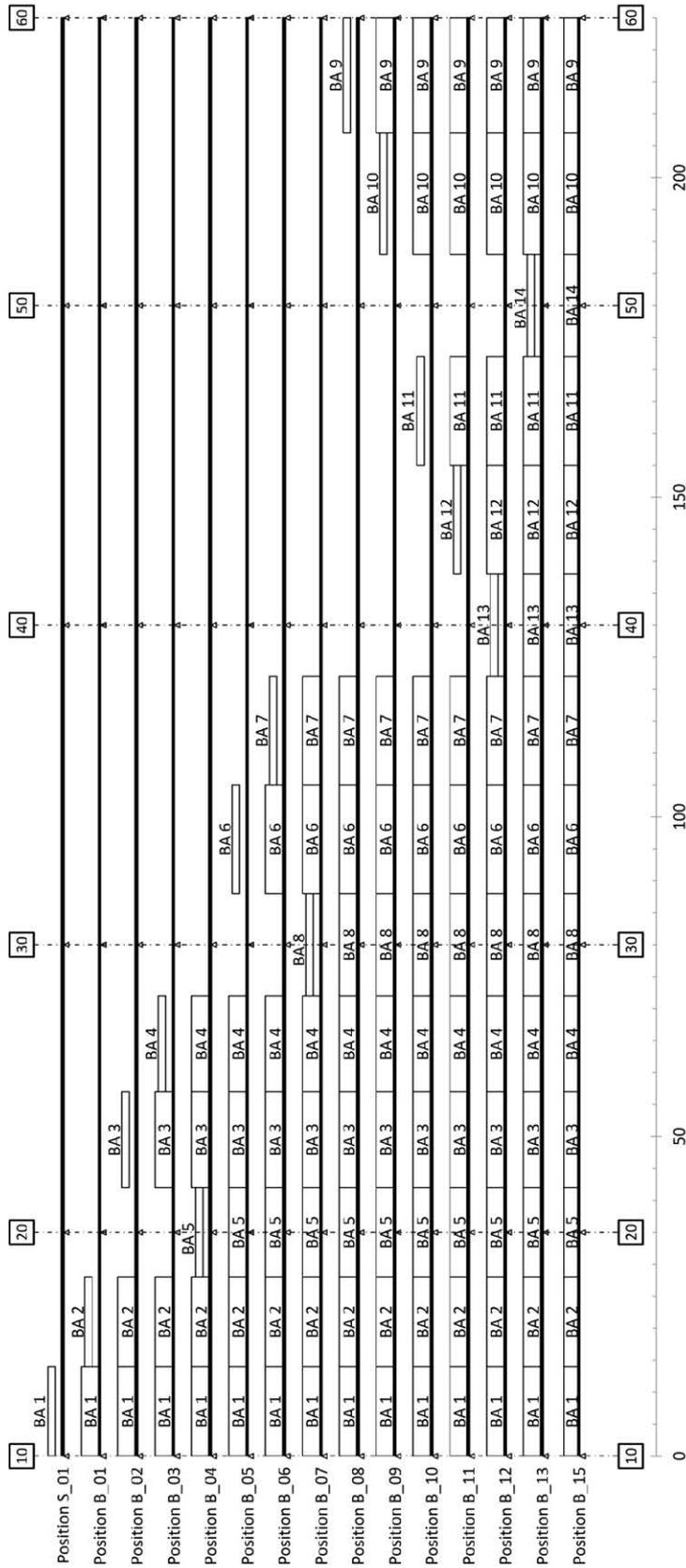


Bild 4.3.2: Abschnittsweise Herstellung der Fahrbahnplatte



In den folgenden Diagrammen sind die Reihenfolge der Betonierabschnitte (BA1 - BA16), das Moment, welches auf den Stahlquerschnitt wirkt, das Moment, welches auf den Verbundquerschnitt wirkt und die Superposition beider Anteile dargestellt (Bild 4.3.3).

Es wird deutlich, dass - durch die gewählte Betonierreihenfolge - ein gewisser Anteil des Biegemomentes auf den „wirtschaftlicheren“ Verbundquerschnitt wirkt. Gleichzeitig wirken (nahezu) keine negativen Momente in den Stützquerschnitten des Verbundquerschnittes, was wiederum die Rissbildung im Beton in den Stützbereichen verringert. Mit zunehmenden Feldlängen werden aufgrund der limitierten Schalwagenlängen (kleiner ca. 25 m) mehr Betonierabschnitte erforderlich, was dazu führt, dass der oben beschriebene günstige Effekt (Verbundwirkung für Fahrbahnpplatten-Eigengewicht) sich noch etwas vergrößert. Aus konstruktiven Gründen (verstärkte Bewehrung Kopfbolzendübel an Betonierabschnittsenden) ist es jedoch nicht empfehlenswert, die Betonierabschnitte aus den zuvor erläuterten Gründen und insbesondere bei kürzeren Feldweiten zu kleinteilig festzulegen. In den Feldbereichen sollten die Betonierabschnittslängen eine Mindestlänge von ca. 16 m nicht unterschreiten.

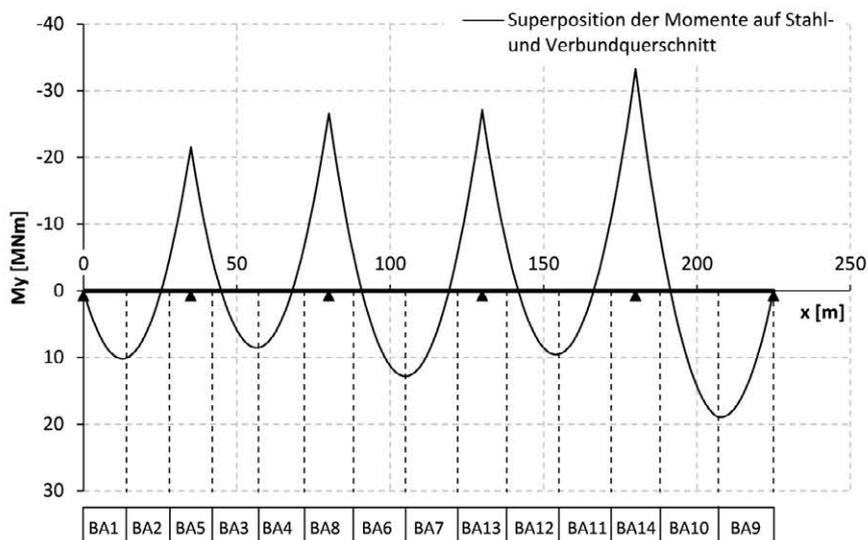
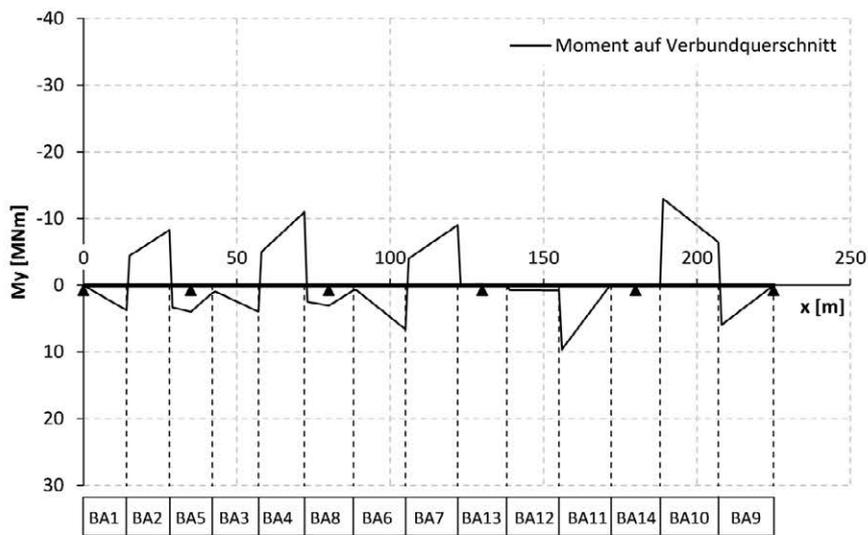
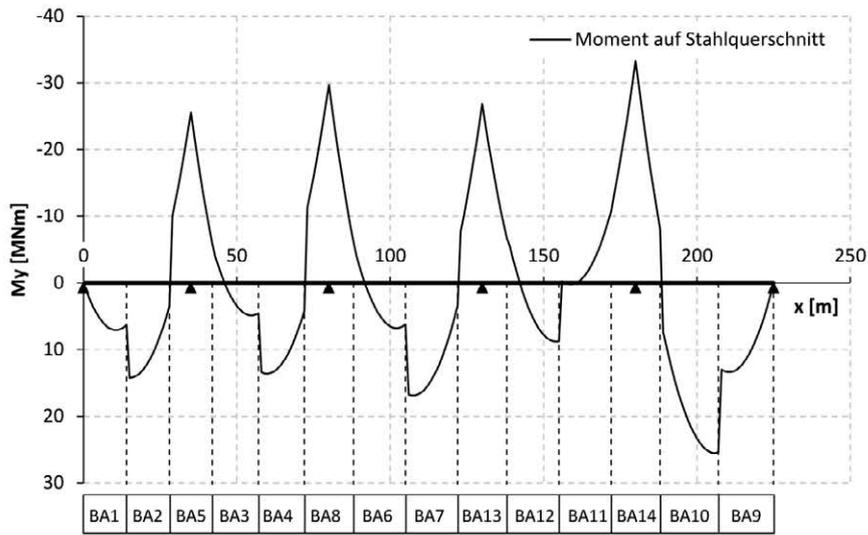


Bild 4.3.3: Auswirkungen der abschnittweisen Fahrbahnplattenherstellung



Die Verwendung von Halbfertigteilen für den Verbundquerschnitt ermöglicht in manchen Fällen den Verzicht auf eine entsprechende Schalung und hebt dadurch die Begrenzung der Betonierabschnittslängen infolge der maximal möglichen bzw. üblichen Schalwagenabmessungen auf. Durch die Halbfertigteile reduziert sich auch das auf der Baustelle einzubauende Betonvolumen, so dass prinzipiell größere Betonierabschnitte möglich sind. Der Vorteil dieser Bauweise liegt in der kürzeren Bauzeit, da ein Teil der Fahrbahnplatte vorgefertigt und die Anzahl der Betonierabschnitte reduziert werden kann. Allerdings ist dabei zu berücksichtigen, dass dieser Vorteil mit einer Massenmehrung sowohl im Hinblick auf den erforderlichen Betonstahl als auch auf den Baustahl erkauft wird. Die Verwendung von Halbfertigteilen bewirkt zunächst einmal - da sie i.d.R. nicht vorvergossen werden-, dass ihre Last wegen der nicht vorhandenen Verbundwirkung rein auf den Stahlquerschnitt wirkt. Wird darüber hinaus auch in größeren Abschnittslängen betoniert, wirkt auch das Eigengewicht der Ortbetonergänzung vollständig auf den Stahlquerschnitt. Damit wird der wirtschaftliche Vorteil des Verbundbaus für den nicht unerheblichen Anteil der Eigengewichtsbeanspruchung infolge Fahrbahnplatte im Prinzip vollständig preisgegeben. Bild 4.3.4 veranschaulicht den erläuterten Sachverhalt an einem fiktiven Beispiel mithilfe der Momentenlinien, welche die Wirkung der Eigengewichtslasten auf den Stahl- bzw. auf den Verbundquerschnitt wiedergeben. Die Tatsache, dass die gestrichelte Linie (Moment auf Verbundquerschnitt) im Vergleich zur durchgezogenen Linie (Moment auf Stahlquerschnitt) vernachlässigbar klein ist, ist ein eindeutiger Indikator für die Verbundwirkung für Fahrbahnplatten-Eigengewicht, welche im vorliegenden Beispiel nahezu vollständig verschenkt wird. Entsprechende Mehrmengen beim Baustahl sind zu berücksichtigen.

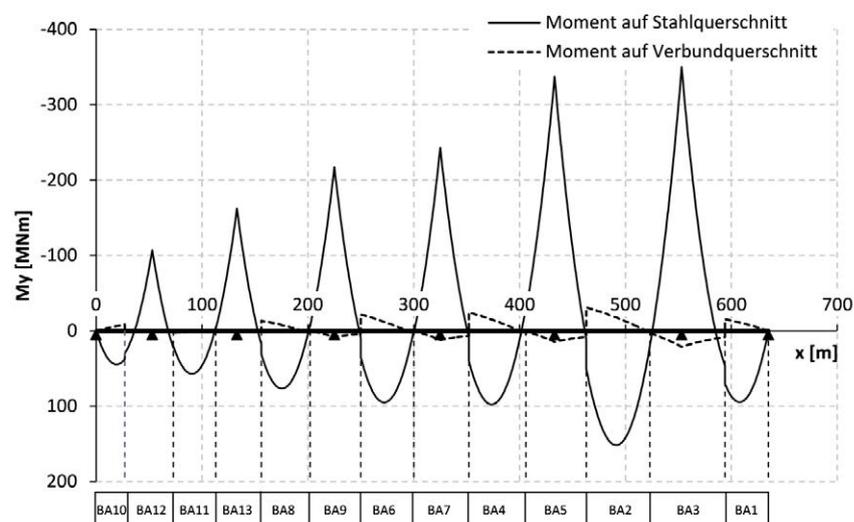


Bild 4.3.4: Eigengewichtsbeanspruchung wirkt nahezu vollständig auf Stahlquerschnitt

Einfluss auf die Stahlbeanspruchungen bei Änderung der Montageunterstützung

4.3.3

Im nachfolgenden Beispiel sollen die Auswirkungen im Hinblick auf eine Änderung der Montageunterstützung dargestellt werden. Bei der Herstellung der betrachteten Stahlverbundbrücke (offene Stahlprofile und eine Verbundplatte bestehend aus Fertigteilen und einer Ortbetoneergänzung) wurde im Entwurf eine Montageunterstützung für die Herstellung der Ortbetoneergänzung vor den Widerlagern vorgesehen. Die Montageunterstützungen wurden auch ausgeschrieben. Nachfolgend ist die Brücke im Längsschnitt mit den Montagestützen dargestellt.

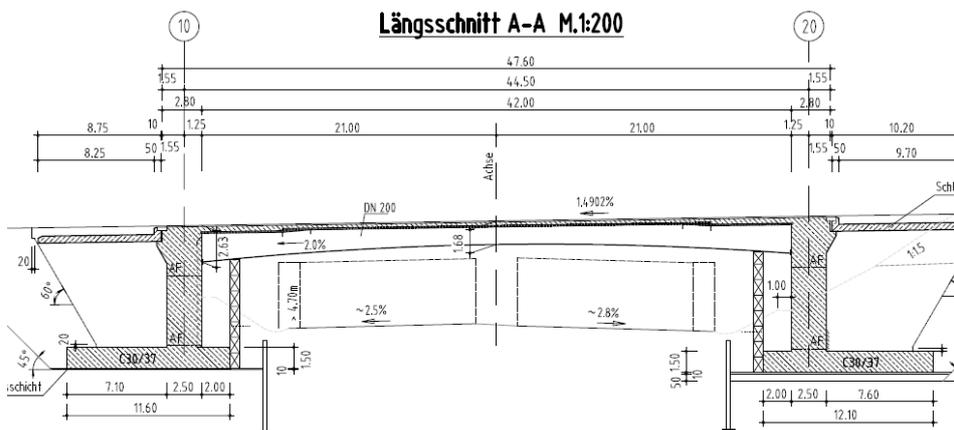


Bild 4.3.5: Längsschnitt Stahlverbundbrücke mit Montagestützen in der Entwurfsplanung

Querschnitt Bauzustand

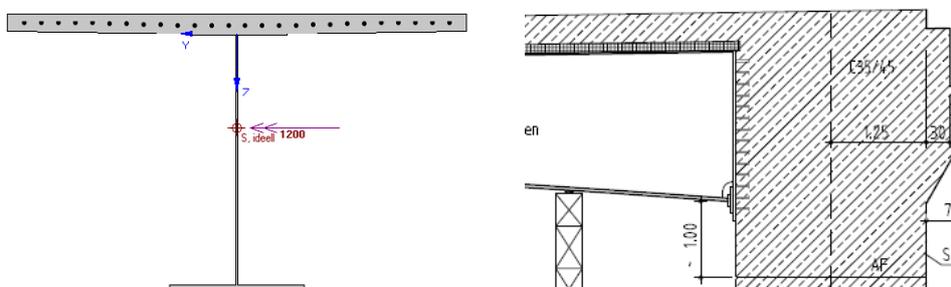


Bild 4.3.6: Querschnitt und Detail Montagestütze



Bei der Ausführung wurde auf die Montagestützen an beiden Widerlagern verzichtet. Für die Herstellung der Ortbetonergänzung ergibt sich statisch eine größere Stützweite

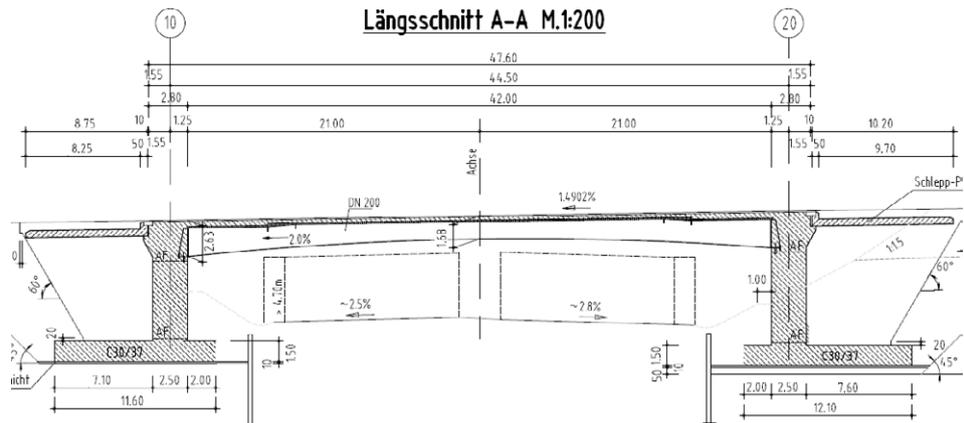


Bild 4.3.7: Längsschnitt Stahlverbundbrücke ohne Montagestützen wie ausgeführt

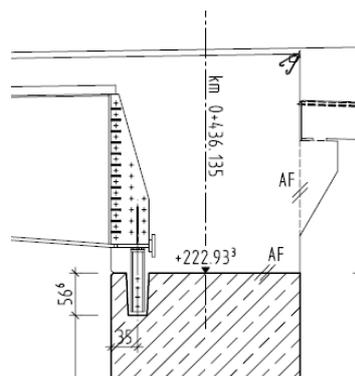
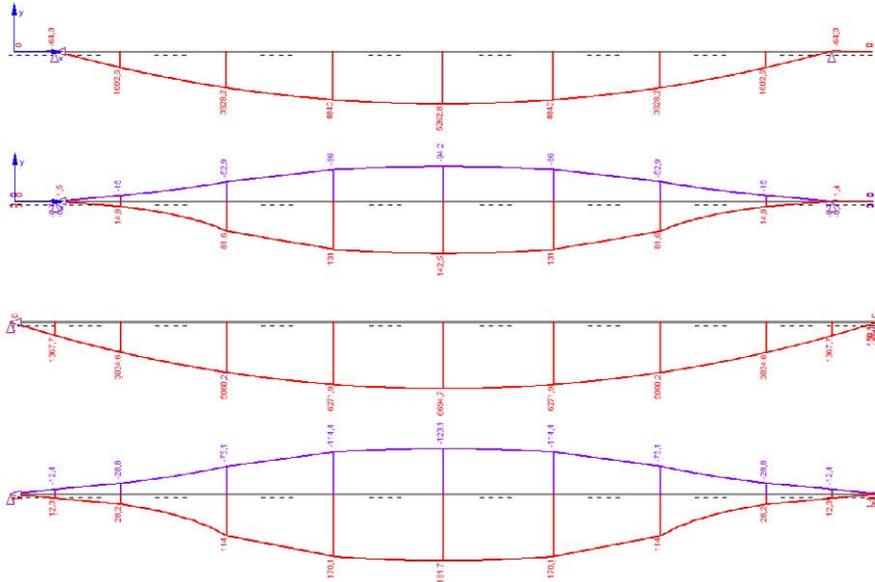


Bild 4.3.8: Detail Montageunterstützung direkt auf der Widerlagerwand wie ausgeführt

Durch die größere Stützweite bei der Ausführung ändert sich die Momentenbeanspruchung in den Stahlträgern und somit auch die Spannungsverteilung. Die Momente und die Spannungen in den Gurten sind in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

Vergleich der Schnittkräfte



Moment + 27%, Spannung Ober- Untergurt + 27%

Bild 4.3.9: Vergleich der Biegebeanspruchung und der Spannungen in den Stahlgurten.

Oben System wie ausgeschrieben, unten System wie ausgeführt

Änderungen während der Bauausführung sind vertragsrechtlich wie Nachträge zu behandeln und bedürfen der Zustimmung des Auftraggebers. Sie sind hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Massen zu prüfen.



Bauen

Was ist bei Änderungen gegenüber dem Entwurf, bzw. der Ausschreibung zu beachten?

Bauüberwachung, Sonderleistungen

5.

5.1

Was ist bei Änderungen gegenüber dem Entwurf, bzw. der Ausschreibung zu beachten?

Der Bauwerksentwurf, der im Allgemeinen auch die Grundlage der Ausschreibung bildet, wird unter Berücksichtigung der Anforderungen an die Bemessung entsprechend der geltenden Normung, den anerkannten Regeln der Technik und der Berücksichtigung der im Verbundbau üblichen baulichen Durchbildung erstellt.

In die Entwurfsplanung kann jedoch nicht mit einfließen, wie der spätere Auftragnehmer der Baumaßnahme in seiner Fertigung eingerichtet ist und ob hinsichtlich des Montageablaufs ein dem Entwurf gleichwertiges Nebenangebot angeboten wird. Wie zuvor erwähnt hat das Montageverfahren des Stahlanteils einen erheblichen Einfluss auf die Materialverteilung im Querschnitt.

Sollten sich im Zuge der Ausführungsplanung aus fertigungstechnischen Gesichtspunkten Änderungen hinsichtlich der Stahlsorte und der Blechstärken ergeben, so sind einige Punkte zu beachten.

- Wahl eines dickeren Blechs gegenüber einem zusammengesetzten Blechpaket

Bei der Verwendung von dicken Blechen ist die verringerte rechnerische Tragfähigkeit des Materials zu berücksichtigen, alternativ eine andere Stahlgüte auszuwählen. Bei Blechdicken größer als 100 mm sind die zusätzlichen Lieferbedingungen nach DBS 918 002-2 Anhang A Tabelle A.9 zu berücksichtigen.

- Änderung der Stahlgüte, z.B. S355N anstatt S355J2+N

Bei der Verwendung eines Feinkornstahls nach DIN EN 10025-3 oder DIN EN 10025-4 anstatt eines unlegierten Baustahls nach DIN EN 10025-2 ergibt sich in schweißtechnischer Hinsicht zunächst kein Nachteil. Die Verwendung von Feinkornbaustählen ist bei fachgerechter Handhabung schweißtechnisch unproblematisch. Es sollte



darauf geachtet werden, dass ein Vorwärmen vor dem Schweißen im Allgemeinen nicht erforderlich ist und im Hinblick auf die durch Vorwärmen langsamere Abkühlung der Wärmeeinflusszone eine Grobkornbildung möglich ist und damit ein Zähigkeitsverlust einhergeht. Beim Richten der Bauteile ist eine Temperatureinbringung in den Stahl unumgänglich. Bei der Verwendung von Feinkornbaustählen ist auch hier eine größere Sorgfalt erforderlich. Daher ist bei der Verwendung von Feinkornbaustählen eine Arbeitsanweisung für das Schweißen und für das Richten geschweißter Konstruktionen unerlässlich. Für die Schweiß- und Richtarbeiten ist nur geschultes und erfahrenes Personal einzusetzen. Die bei unsachgemäßer Behandlung des Feinkornbaustahls entstehenden metallurgischen Schäden (Zähigkeitsverlust und Festigkeitsverlust in der Wärmeeinflusszone) sind von außen nicht wahrnehmbar und können zum Versagen des Tragwerks führen. Regelungen hierzu sind in DIN EN 1090-2:2011-10, EN 1090-2:2008+A1:2011 (D), 6.5.2 Warmumformen und 6.5.3 Flammrichten enthalten.

In Bereichen, bei denen nicht die rechnerische Streckgrenze als Bemessungswert verwendet wird, sondern die Zugfestigkeit des Grundwerkstoffs eine Rolle spielt, z.B. bei Schweißverbindungen, führt der Einsatz von Feinkornbaustählen mitunter zu einer reduzierten Tragfähigkeit gegenüber unlegierten Baustählen gleicher Festigkeitsklasse.

- Änderung der Betonierreihenfolge oder Montageunterstützungen

Änderungen der Betonierreihenfolge oder Montageunterstützungen wirken sich auf die Schnittgrößen bzw. Spannungen im Stahlträger aus. Sie können zu erheblichen Mehrmassen führen.



5.2

Bauüberwachung, M - BÜ - ING

Im Zuge der Bauüberwachung sind insbesondere die auch auf einen Verbundüberbau anzuwendenden Vorgaben der M-BÜ-ING zu beachten. Der Teil 4, Abschnitt 2 Stahlverbundbau befindet sich noch in Bearbeitung und wurde bisher nicht von der BASt veröffentlicht.

5.2.1

Checkliste Stahlverbundbau

0 Hinweise für Entwurf und Konstruktion

- | | | |
|-----|---|--------------------|
| (1) | Wurde für die Ausschreibung bei der Massenermittlung ein angemessener Zuschlag für den Unterschied Netto- / Abrechnungsgewicht berücksichtigt? (Stichwort Gummibandmethode) | ZTV-ING 4-1, 1 (7) |
| (2) | Wurden beim Bauwerksentwurf Bauzustände untersucht, die bei der Stahlmassenermittlung berücksichtigt wurden? | ZTV-ING 4-1, 1 (9) |

1 Allgemeines

- | | | |
|-----|---|--------------------|
| (1) | Verfügen die Stahlbauunternehmen für Werks- und Baustellenfertigung über die notwendige Herstellerqualifikation? (i.A. EXC3) | DIN EN 1090-2 |
| (2) | Hat ein Abstimmungsgespräch zwischen dem Auftragnehmer (Stahlbauunternehmen) und dem Auftraggeber bzw. der von ihm beauftragten Bau- und Fertigungsüberwachung stattgefunden? | |
| (3) | Ist ein Messprotokoll über die richtige Lage der Unterbauten erstellt und übergeben worden? | ZTV-ING 4-1, 8 (1) |
| (4) | Werden die Stahlbauarbeiten mit unmittelbar betroffenen Dritten abgestimmt, (z.B. Wasser- und Schifffahrtsamt, DB AG, Versorgungsunternehmen, Verkehrsbehörden)? | |



- | | | |
|-----|--|------------------------|
| (5) | Ist das ausführende und das überwachende Fachpersonal in die Ausführungsunterlagen eingewiesen? | ZTV-ING 1-1, 2.3.2 (2) |
| (6) | Werden die Aufzeichnungen der Eigenüberwachung und die Lieferscheine dem Auftraggeber vor der Abnahme der Baumaßnahme übergeben? | ZTV-ING 1-1, 2.3.2 |

2 Werkstoffe

- | | | |
|-----|---|---|
| (1) | Werden das Prüfprogramm und die anerkannte Prüfstelle zur Bestätigung der Abnahmeprüfzeugnisse mit dem Auftraggeber bzw. der Fertigungsüberwachung abgestimmt? | ZTV-ING 4-1, 2
DIN EN 10025
DBS 918 002-2 |
| (2) | Liegen vollständige Abnahmeprüfzeugnisse mit allen geforderten Angaben vor und erfüllen die angegebenen Prüfergebnisse die Bestellanforderungen? | ZTV-ING 4-1, 2
DIN EN 10025
DBS 918 002-2 |
| (3) | Stimmen die Materialzeichnungen mit den Angaben auf den Abnahmeprüfzeugnissen überein? | |
| (4) | Entsprechen die Schrauben den Vorgaben der gültigen Vorschriften und liegen die notwendigen Prüfzeugnisse vor? | DIN EN 1090-2
DIN EN 1993-1-8 |
| (5) | Stimmen die Angaben in den Abnahmeprüfzeugnissen für die Kopfbolzen mit den Anforderungen und der Bestellung überein? | DIN EN ISO 13918
ZTV-ING 4-2, 2.2 (1) |
| (6) | Wurde vor Beginn der Arbeiten eine Arbeitsprobe hergestellt und diese durch die verantwortliche Schweißaufsichtsperson anhand einer Sicht- und Biegeprüfung bewertet? | ZTV-ING 4-2, 2.2 (2) |
| (7) | Alle Anforderungen nach M-BÜ-ING Teil 3 Abschnitt 1 | |



- | | | |
|-----|--|------------------------------------|
| (8) | Wurde in der Tragwerksplanung ein E-Modul für den Beton vorgegeben und wurde vor Betonierbeginn geprüft, dass der tatsächliche E-Modul um maximal 10% vom rechnerischen Ansatz abweicht? | ZTV-ING 4-2, 2.3 (2)
DIN 1048-5 |
| (9) | Wurde für Festigkeitsklassen der Fahrbahnplatte größer C 35/45 die Zustimmung des Auftraggebers eingeholt? | ZTV-ING 4-2, 2.3 (3) |

3 Konstruktion

- | | | |
|-----|---|----------------------|
| (1) | Liegen geprüfte und vom Auftraggeber freigegebene Ausführungszeichnungen vor? | ZTV-ING 1-2, 2.2 (1) |
|-----|---|----------------------|

4 Schweißverbindungen

- | | | |
|-----|---|--|
| (1) | Liegt eine gültige Bescheinigung zum Schweißen von Stahlbauteilen der Klasse EXC3 nach DIN EN 1090-2 vor? Ist die Bescheinigung für alle im jeweiligen Projekt zur Anwendung kommenden Werkstoffe und Schweißprozesse gültig? Beinhaltet die Bescheinigung den jeweils erforderlichen Anwendungsbereich zur Herstellung der Konstruktion? | ZTV-ING 4-1, 4 (1)
DIN EN 1993
DIN EN 1090 |
| (2) | Liegen gültige Prüfungsbescheinigungen für Schweißer und Bediener vor? | ZTV-ING 4-1, 4 (2)
DIN EN 1090 |
| (3) | Sind die Voraussetzungen zur Herstellung von Bolzenschweißverbindungen erfüllt? | DIN EN ISO 14555 |
| (4) | Haben die eingesetzten Schweißer erfolgreiche Arbeitsproben abgelegt? | ZTV-ING 4-1, 4 (2) |



- | | | |
|------|--|--|
| (5) | Liegen die Bescheinigungen über ggf. notwendige Schweißverfahrensprüfungen oder Schweißprüfungen vor Fertigungsbeginn (vorgezogene Arbeitsprüfung) vor? | DIN EN 1090 |
| (6) | Liegen die erforderlichen Schweißtechnischen Unterlagen wie Schweißplan, Schweißanweisung, Schweißfolgeplan und Schweißnahtprüfplan vor? | ZTV-ING 1-2, 1.4.1 (2)
DIN EN 1090 |
| (7) | Entspricht die Schweißnahtvorbereitung den geprüften Ausführungsunterlagen? | ZTV-ING 4-1, 4 (3)
DIN EN 1090 |
| (8) | Sind die zu schweißenden Flächen trocken und frei von Rost, Verunreinigungen und Korrosionsschutz? | DIN EN 1090 |
| (9) | Liegt eine Zulassung für das Schweißen bei vorhandener Fertigungsbeschichtung vor und ist die Verträglichkeit und Haftung zum nachfolgenden Korrosionsschutzsystem nachgewiesen? | ZTV-ING 4-3, 4.3.2
DIN EN 1090
DAST-Ri 006 |
| (10) | Sind die zulässigen Schweißspalte eingehalten? | ZTV-ING 4-1, 4 (10) |
| (11) | Werden die erforderlichen Schweißhilfen, z.B. Unterlagen und Auslaufbleche verwendet und fachgerecht wieder entfernt? | |
| (12) | Wird die erforderliche Vorwärmtemperatur fachgerecht eingebracht und kontrolliert? | DIN EN 1090 |
| (13) | Liegen die Übereinstimmungszertifikate und Kennblätter für die Schweißzusätze vor? | DIN EN 1090
DIN EN 1993 |
| (14) | Werden die Schweißzusätze entsprechend den Angaben der Hersteller gelagert und verwendet? | DIN EN 1090 |
| (15) | Werden nur die im Schweißplan vorgesehenen Schweißverfahren angewendet? | Ausführungsplan |



Bauen

Bauüberwachung, M - BÜ - ING

- | | | |
|------|--|--|
| (16) | Werden Schweißplan, Schweißanweisung und Schweißfolgeplan eingehalten? | Ausführungsplan |
| (17) | Ist ein eventuell erforderlicher Witterungsschutz zum Schweißen vorhanden? | DIN EN 1090 |
| (18) | Ist das Schweißen bei Temperaturen unter 0 °C vorgesehen? Wenn ja, liegt dazu das Einverständnis des Auftraggebers vor? | ZTV-ING 4-1, 4 (12) |
| (19) | Entspricht der Einsatzbereich der Schweißer den vorliegenden Prüfungen? | ZTV-ING 4-1, 4 (2)
DIN EN 1090 |
| (20) | Ist eine entsprechend qualifizierte Schweißaufsichtsperson zur Überwachung während der Schweißarbeiten anwesend? | DIN EN 1090 |
| (21) | Entspricht die Schweißnahtgüte den Anforderungen? | ZTV-ING 4-1, 4
DIN EN 1090 |
| (22) | Werden die Güteprüfungen für Schweißnähte entsprechend dem Schweißnahtprüfplan durchgeführt und dokumentiert? | DIN EN 1090 |
| (23) | Verfügt das für die Schweißnahtprüfungen eingesetzte Personal über die notwendige Qualifikation? | DIN EN 1090 |
| (24) | Werden bei artfremden Verbindungen - niedriglegierte Baustähle mit nicht rostenden Stählen - die Bedingungen des Zulassungsbescheids beachtet? | AbZ „Z-30.3-6“ |
| (25) | Ist die Zugänglichkeit von Verbindungen (Schrauben und Schweißnähte) zum Zwecke der Abnahme sichergestellt? Sind die Schweißnähte vor der Abnahme, wenn überhaupt, nur mit einer durchsichtigen Beschichtung versehen? | VOB/B § 4 Nr. 1. (2)
ZTV-ING 4-3, 4.3.2 |



- | | | |
|------|--|---|
| (26) | Werden auf der Baustelle Trockenöfen und beheizte Köcher für basische Elektroden vorgehalten und eingesetzt? | Verarbeitungsrichtlinien des Hersteller |
| (27) | Werden die angegebenen Schweißparameter (Verfahren, Stromart, Polung, Schweißposition und ggf. besondere Schweißbedingungen) eingehalten? | Schweißanweisung |
| (28) | Entsprechen die tatsächlichen Abmessungen der Schweißnähte den Vorgaben? Ausführungsplan | DIN EN ISO 5817 |
| (29) | Liegt für größere Richtarbeiten eine Zustimmung des Prüfenieurs und des Auftraggebers vor? | |
| (30) | Wenn Neustahl mit der Altkonstruktion verschweißt werden soll, sind dann zur Verifizierung der Schweißverbindung die erforderlichen Untersuchungen (z.B. Baumannabdruck quer zur Walzrichtung, chemische Analyse, Längsschliff) durchgeführt worden? | |
| (31) | Ist die Schweißbarkeit der metallischen Werkstoffe sichergestellt? | DIN 8528 |
| (32) | Sind die Schweißzusätze auf die Grundwerkstoffe und die Schweißprozesse abgestimmt worden? | DIN EN 1090 |

5 Fertigung

- | | | |
|-----|--|--------------------|
| (1) | Stimmen die hergestellten Bauteile mit den Ausführungsplänen überein, z.B. Blechdicken, Profilquerschnitte, Bauteilgeometrie, Werkstoffgüte? | |
| (2) | Werden Art, Umfang und Zeitpunkt der Aufmaßkontrollen mit dem Auftraggeber bzw. der Fertigungsüberwachung abgestimmt? | ZTV-ING 4-1, 6 (4) |



Bauen

Bauüberwachung, M - BÜ - ING

- | | | |
|------|--|--|
| (3) | Werden die Protokolle der Aufmaßkontrollen vorgelegt? | ZTV-ING 4-1, 6 (4) |
| (4) | Werden die zulässigen Fertigungstoleranzen eingehalten? | ZTV-ING 4-1, 6 (4)
DIN EN 1090 |
| (5) | Entsprechen Rand- und Lochabstände von Schraubenverbindungen den Ausführungszeichnungen? | |
| (6) | Entspricht die Größe der Schraubenlöcher den Anforderungen an die jeweilige Verbindungsart? | DIN EN 1090
DIN EN 1993 |
| (7) | Liegt eine Ausführungsanweisung zur Herstellung von vorgespannten Schraubenverbindungen vor? | DIN EN 1090 |
| (8) | Wird die Ausführungsanweisung zur Herstellung der vorgespannten Verbindungen eingehalten und die Ausführung dokumentiert? | DIN EN 1090 |
| (9) | Sind die Geräte zum Aufbringen der Vorspannkraft geeicht? | |
| (10) | Ist die Oberflächenvorbereitung für geschraubte Verbindungen gemäß der jeweiligen Verbindungsart richtig ausgeführt? | DIN EN 1090
ZTV-ING 4-3,
Anhang A |
| (11) | Liegt das Prüfzeugnis für den Beschichtungsstoff von gleitfesten Verbindungen vor und wird auf dem Gebinde ein Reibbeiwert $\mu \geq 0,5$ bestätigt? | DIN EN 1090
TL/TP-KOR -
Stahlbauten,
Blatt 85
ZTV-ING 4-3,
Anhang A |
| (12) | Entsprechen die Werkstoffe von Schrauben, Muttern und Unterlegscheiben den Ausführungsplänen und sind sie entsprechend gekennzeichnet? | DIN EN 1090 |
| (13) | Stammen die Garnituren für feuerverzinkte und/oder vorgespannte Verbindungen von ein und demselben Hersteller? | DIN EN 1090
DIN EN 1993 |



- | | | |
|------|---|--------------------|
| (14) | Werden die Muttern für vorgespannte Verbindungen vor dem Vorspannen mit den entsprechenden Schmierstoffen behandelt? | DIN EN 1090 |
| (15) | Ist die Länge der Schrauben ausreichend und ragt das Gewinde nicht in die Scherebene hinein? Liegt für den Fall, dass das Gewinde in die Scherebene hinein ragt, ein entsprechender statischer Nachweis vor? | DIN EN 1090 |
| (16) | Werden die Muttern so eingebaut, dass das Herstellerkennzeichen sichtbar ist? | DIN EN 1090 |
| (17) | Werden eventuell erforderliche Sicherungen der Schraubenverbindungen gegen unbeabsichtigtes Lösen ausgeführt? | |
| (18) | Werden die Güteanforderungen an Trennschnitte eingehalten? | DIN EN 1090 |
| (19) | Werden der Beginn der Fertigung und die Fertigstellung dem Auftraggeber rechtzeitig mitgeteilt? | ZTV-ING 4-1, 6 (1) |
| (20) | Sind auf der Baustelle Anschlüsse vorgesehen, die teilweise geschweißt und teilweise geschraubt sind? Wenn ja: Ist sichergestellt, dass die hochfeste Schraubverbindung erst nach Fertigung der Schweißverbindung eingebaut wird? | |
| (21) | Werden Markierungen nur mit Schlagzahlen oder Körner hergestellt? Werden die Markierungen nur an gering beanspruchten Stellen angebracht? | |
| (22) | Wird die Güte von Brennschnitten überprüft? | DIN EN 1090 |
| (23) | Sind die Berührungsflächen von Kontaktstößen nach den Vorgaben hergestellt? | DIN EN 1090 |
| (24) | Werden bei hochfesten Schrauben die erforderlichen Unterlegscheiben verwendet? | DIN EN 1090 |



Bauen

Bauüberwachung, M - BÜ - ING

- | | | |
|------|---|---|
| (25) | Werden bei Verbindungen mit feuerverzinkten, hochfesten Schrauben die entsprechenden Teile mit Molybdändisulfid (MOS2, z.B. Molykote) geschmiert? | DIN EN 1090 |
| (26) | Wird die Schmierung von hochfesten Schrauben im Hinblick auf das vorgesehene Vorspannverfahren kontrolliert und ggf. mit dem Schraubenhersteller abgestimmt? | DIN EN 1090 |
| (27) | Entsprechen die Schraubenlöcher im Hinblick auf ihre Fertigung und evtl. erforderliches Aufreiben den Anforderungen? | DIN EN 1090 |
| (28) | Werden die Toleranzwerte der Schraubenlöcher eingehalten? Werden bei Passverbindungen die erhöhten Anforderungen erfüllt? | DIN EN 1090 |
| (29) | Wird die Wirksamkeit der gleitfesten Verbindung geprüft? Wird die Überprüfung von mindestens 10 % aller Schrauben in der Verbindung protokolliert? | DIN EN 1090 |
| (30) | Werden die Herstellungstoleranzen eingehalten? Werden die zulässigen Toleranzwerte der geschweißten Stahlkonstruktion eingehalten? Liegen die Protokolle der Messungen vor? | ZTV-ING 4-1, 6 (4)
Ausführungsplan
Arbeitsanweisung |
| (31) | Werden Nietverbindungen visuell auf Risse, Ausbrüche, festen Sitz sowie auf exzentrischen und schlecht geformten Kopf überprüft? | DIN EN 1090 |
| (32) | Wurde nach dem Entfernen von angeschweißten Montagehilfen eine Oberflächenrissprüfung durchgeführt? | ZTV-ING 4-1, 4 (7) |
| (33) | Weichen die Spaltbreiten mehr als 3 mm von der in der Ausführungszeichnung ausgewiesenen Spaltbreite ab? | ZTV-ING 4-1, 4 (11) |



6 **Montage**

- | | | |
|-----|--|-----------------------------------|
| (1) | Liegen geprüfte technische Ausführungsunterlagen für alle Bauzustände, Bau- und Montagebehelfe sowie Hebezeuge vor? | ZTV-ING 1-2, 1.4.1 |
| (2) | Entspricht die Ausführung der Bau- und Montagebehelfe den geprüften Unterlagen? | |
| (3) | Liegen geprüfte Montageanweisungen vor? | ZTV-ING 4-1, 7 (2)
DIN EN 1090 |
| (4) | Werden die Unterbauten vor dem Beginn der Montage vermessen und ein entsprechendes Protokoll übergeben? | ZTV-ING 4-1, 7 (1) |
| (5) | Werden die erforderlichen Kontrollmessungen während des Baufortschritts durchgeführt und die Messergebnisse den Sollwerten gegenübergestellt? Werden die Protokolle der Kontrollmessungen übergeben? | ZTV-ING 4-1, 7 (2) |
| (6) | Werden die Montagehilfen, sofern sie nicht im Bauwerk verbleiben, fachgerecht entfernt und die Montageöffnungen vereinbarungsgemäß verschlossen? | |
| (7) | Wird die Bau- und Montageabnahme durchgeführt? | |

7 **Spezielle Anforderung im Hinblick auf die Verbundbauweise**

- | | | |
|-----|--|-----------------------|
| (1) | Ausführungszeichnungen: stimmt im Betonierplan der r-Wert (betonieren sommerlich/winterlich) mit den Annahmen der Ausführungsstatik überein? | ZTV-ING 1-2, 2.4.1(1) |
| (2) | Lieferschein Transportbeton: wurde ein Zement mit niedriger Hydratationwärmeentwicklung gewählt (Lieferschein Zeile 18) | ZTV-ING 3-1,8.2 |



Bauen

Fertigungsüberwachung/Qualitätssicherung

- | | | |
|-----|--|----------------------|
| (3) | Werden bei Verbundfertigteilträgern die maximal zulässigen Höhenunterschiede von 2 cm an den Plattenrändern eingehalten? | ZTV-ING 4-2, 5.2 (4) |
| (4) | Liegt die Zusammendrückbarkeit der synthetischen Elastomerstreifen zur Auflagerung von Betonfertigteilen zwischen 3 bis 5 mm als Mindestwert und 10 mm als Maximalwert?
Wurde der verbleibende Spalt zwischen Fertigteileruntersicht und Stahlträger nach Herstellen der Ortbetoneergänzung mit Vergussmörtel ausgefüllt? | ZTV-ING 4-2, 5.4 (3) |
| (5) | Wurde der zulässige Stababstand der Längs- und Querbewehrung zwischen 10 cm und 15 cm eingehalten? | ZTV-ING 4-2, 5.5 (1) |

5.3

Fertigungsüberwachung/Qualitätssicherung

5.3.1

Einleitung

Unmittelbar nach Vergabe der Fertigungsleistung und Bekanntgabe der Herstellungsorte wird die Fertigungsüberwachung ausgeschrieben:

Die Fertigungsüberwachung ist eine besondere Leistung, die frei kalkuliert wird und nicht in der HOAI geregelt ist.

5.3.2

Leistungsbeschreibung

Der AG überträgt dem AN-FÜ für den Bereich Stahlbau mit dem zugehörigen Korrosionsschutz die nachfolgend benannten Leistungen (Ziffer 5.3.3 – 5.3.13).

Für die Leistungserbringung hat der Auftragnehmer Personal einzusetzen, welches nachweislich über die erforderliche Sachkunde verfügt. Diese ist mit den entsprechenden Zeugnissen und Nachweisen (z.B. Nachweis über Kenntnisse aus dem Bereich der Schweiß- und Werkstoffkunde bzw. dem Korrosionsschutz) zu belegen – entsprechend ZTV-ING und RKK (Richtlinie für Kontrollprüfungen von Korrosionsschutzarbeiten).



Für die Überwachung des Einbaus der Brückenlager ist Personal einzusetzen, das über die Qualifikation „Fachkraft für Lager im Bauwesen“ verfügt.

Der Auftragnehmer hat nachzuweisen, dass er über die zur Überwachung erforderlichen Geräte und Ausstattungen gemäß ZTV-ING Teil 4 verfügt.

Prüfungen vor Fertigungsbeginn

5.3.3

Prüfung der Ausführungsunterlagen (Schweißen und Korrosionsschutz) hinsichtlich erforderlicher Kontrollmaße, der schweißtechnischen Machbarkeit, Prüfbarkeit der Nähte und der korrosionsschutzgerechten Konstruktion.

Prüfung des Schweißfolgeplanes (die statische und schweißtechnische Prüfung der eingereichten bautechnischen Unterlagen im bauaufsichtlichen Sinne ist Aufgabe des Prüfingenieurs).

Prüfung der Schweiß-, Transport- und Montageanweisungen

Ergänzende Prüfung der Prüfpläne hinsichtlich der, sich aus Fertigungsbedingungen ergebenden Qualitätsanforderungen.

Prüfung der Korrosionsschutzpläne.

Werkstoffüberprüfung

5.3.4

Überprüfung der durchgeführten Werkstoffprüfungen, Gütenachweise und Abnahmezeugnisse auf Konformität mit dem Bauvertrag und den geltenden technischen Anforderungen.

Abstimmung evtl. erforderlicher ergänzender Werkstoffuntersuchungen.

Gegebenenfalls Veranlassung von Kontrollprüfungen bei Stahlbau - Werkstoffen, Verbindungsmitteln und Beschichtungsmitteln.

Identifizierung der Werkstoffe anhand der vorliegenden Zeugnisse und Kennzeichnungen.

Prüfen der korrekten Übertragung der Kennzeichnungen auf die aus den Werkstoffen gefertigten Einzelteile gemäß Brennschnittplan und Zuschnittliste.



5.3.5

Prüfung der schweiß- und korrosionsschutztechnischen Voraussetzungen (im Werk des Stahlbauers und des Korrosionsschutzunternehmens) - vor Fertigungsbeginn

Überprüfen der betrieblichen und personellen Voraussetzungen von geschweißten Stahlbauten im Herstellerwerk und auf der Baustelle gemäß den Anforderungen der DIN EN 1090 bzw. DIN EN ISO 12944 und der ZTV-ING.

Prüfung auf das Vorhandensein gültiger, den Auftrag abdeckender Schweißer-, Bediener- und Verfahrensprüfungen.

Überwachung und Teilnahme an notwendigen Verfahrensprüfungen.

5.3.6

Fertigungsüberwachung Stahlbau beim Hersteller

Werkstoffnachweise für die Werkstoffe und Verbindungsmittel

Identifizierung der Werkstoffe anhand der vorliegenden Zeugnisse und Kennzeichnungen.

Prüfen der korrekten Übertragung der Kennzeichnungen auf alle aus den Werkstoffen gefertigten Einzelteile gemäß Brennschnittplan und Zuschnittsliste

Prüfung der Maßhaltigkeit

Stichprobenartige Prüfung der wesentlichen Maße der Stahlkonstruktion und auf Einhaltung der Vorgaben aus den geprüften und genehmigten vermessungstechnischen Ausführungsunterlagen und der geforderten Toleranzen.

Insbesondere ist die Einhaltung der räumlichen Überhöhungsvorgaben für die Fertigung und Montage zu überprüfen.

Schweißtechnische Fertigungsüberwachung

Stichprobenartige Kontrolle der Brennschnittgüte gemäß (DIN 9013), ZTV-ING, DIN EN 1090.

Stichprobenartige Prüfung der Nahtvorbereitung gemäß DIN EN ISO 9692, ZTV-ING, DIN EN 1090 anhand geprüfter und genehmigter Schweißnahtdetails

Stichprobenartige Überwachung während der Ausführung der Schweißarbeiten hinsichtlich der Einhaltung der Schweißfolge und der Schweißparameter nach geprüften und genehmigten Schweißplänen.

Überprüfen der Schweißzusätze und Schweißhilfsstoffe hinsichtlich einer gültigen Zulassung und deren Handhabung (Lagerung, Rücktrocknung).

Sichtprüfung (VT) aller Schweißnähte und Beurteilung hinsichtlich der Nahtstärke und der Einhaltung der Vorgaben der DIN EN ISO 5817 und ZTV-ING (Bewertungsgruppe B einschließlich der Zusatzanforderungen der ZTV-ING).

Stichprobenartige Teilnahme an zerstörungsfreien Prüfungen, die vom Hersteller durchgeführt werden.

Durchsicht und Bewertung der Dokumentation der zerstörungsfreien Schweißnahtprüfungen.

Überwachung der eventuell notwendigen Nacharbeiten und Teilnahme an den anschließenden Prüfungen.



Bild 5.3.1: Schweißen einer Längsnaht mit Verfahren 111 PU (unter Pulver)



Bild 5.3.2: Schweißen einer Längsnaht mit Verfahren 111 PU (unter Pulver)



Bild 5.3.3: Schweißen einer Quernaht mit Schweißverfahren 135 MAG (Metall- Aktivgas)



Bild 5.3.4: Ofen zum Rücktrocknen basischer Schweißzusatzstoffe (Pulver Elektroden)



Bild 5.3.5: Prüfung von Kopfbolzen

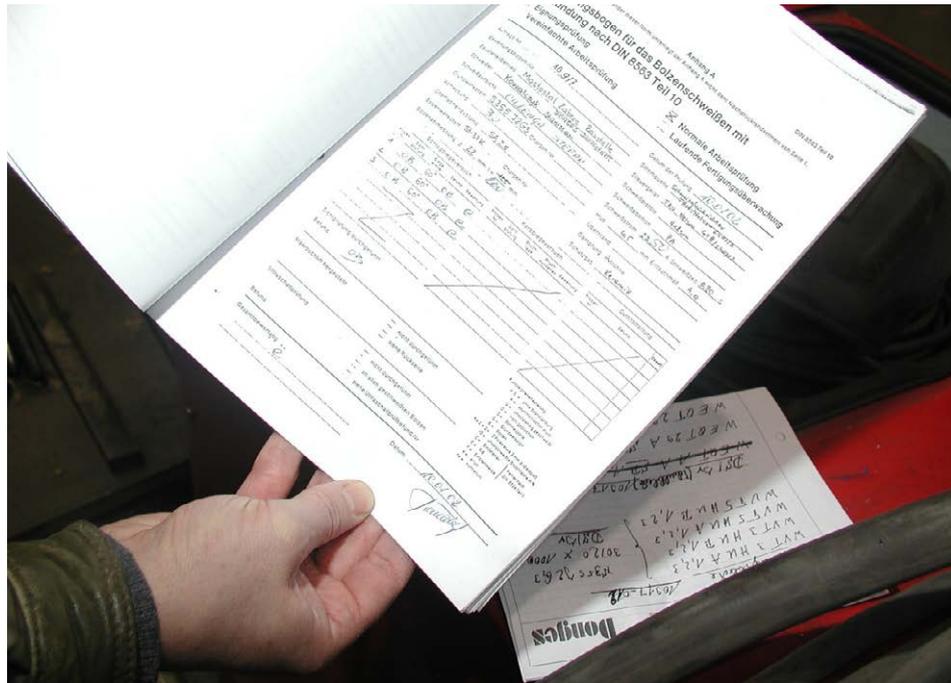


Bild 5.3.6: Dokumentation zum Bolzenschweißen mit Hubzündung

5.3.7

Fertigungsüberwachung Korrosionsschutz im Herstellerwerk

Veranlassung der Entnahme von Rückstellproben der zum Einsatz kommenden Beschichtungsstoffe (in Abstimmung mit dem AG).

Kontrolle der geforderten Oberflächenvorbereitung vor dem Aufbringen der Beschichtung gemäß Bauvertrag, DIN EN ISO 12944 und ZTV-ING.

Ergänzende Sichtprüfung der gestrahlten Werkstoffoberfläche und der Schweißnähte auf Werkstofffehler und unzulässige Schweißnahtunregelmäßigkeiten (z.B. Poren, Überwalmungen, etc.).

Stichprobenhafte Besichtigung während der einzelnen Beschichtungsvorgänge und Prüfung auf Einhaltung der geforderten Schichtdicken gemäß Bauvertrag sowie auf Einhaltung der geforderten Voraussetzungen für die Durchführung von Beschichtungsarbeiten (Umgebungsbedingungen).

Kontrolle der vom Beschichter gemäß ZTV-ING Teil 4, Abschnitt-3 zu erstellenden täglichen Aufzeichnungen.

Teilnahme beim Anlegen von Kontrollflächen.



Kontrolle auf Einhaltung der Verarbeitungsrichtlinien des Herstellers der Beschichtungsstoffe.

Durchführung von Kontrollmessungen der Trockenschichtdicken einschließlich deren Auswertung.

Endprüfung der im Herstellerwerk fertig beschichteten Bauteile und stichprobenartige Kontrolle der Gesamtschichtdicke.

Überwachungen und Prüfungen (auf der Baustelle)

5.3.8

Überwachung der Stahlbauarbeiten und Beurteilung der Schweißnahtprüfungen (Leistungen vollständig wie im WERK einschließlich der sich aus dem Montagekonzept und den Baustellenbedingungen ergebenden zusätzlichen Anforderungen).

Überwachung des Zusammenbaus der Stahlbauteile (Abstimmung der erforderlichen Maßnahmen zur Einhaltung der zulässigen maximalen Imperfektionen).

Überwachung bei der Befestigung und dem Rückbau von Montagelaschen und deren Werkstoffauswirkungen auf den Grundwerkstoff.

Überwachung und Prüfung der Korrosionsschutzarbeiten.

(Leistungen vollständig wie im WERK einschließlich der sich aus dem Montagekonzept und den Baustellenbedingungen ergebenden zusätzlichen Anforderungen).

Prüfung und Überwachung des Einbaus der Lager, und der Übergangskonstruktionen. Dazu ist entsprechend qualifiziertes Personal einzusetzen. Die Erfahrung des eingesetzten Personals ist nachzuweisen.

Die Qualifikationsnachweise sind dem Angebot beizufügen.



5.3.9

Qualitätsmanagement

Die Qualitätssicherung erfolgt gemäß DIN ISO 9001: 2008.

Der AN erstellt in Abstimmung mit dem AG entsprechend dessen Vorgaben verbindliche Verfahrensabläufe bezüglich seines Leistungsbildes (Überwachung Stahlbau und Korrosionsschutz) und der Schnittstellen zu der vertraglich geforderten Eigenüberwachung des Herstellers.

Die Verfahrensabläufe beschreiben die mit dem Hersteller vereinbarten Halte-, Schlüssel- und Kontrollpunkte einschließlich der sich gegenseitig ergänzenden Dokumentationen und Prüfprotokollen.

Basis für die zielgerichtete Qualitätssicherung bei der Ausführung ist, dass das von der ausführenden Firma anzufertigende QMS (gemäß DIN ISO 9001: 2000) eingehalten wird.

Sollten hier gehäuft Abweichungen festgestellt werden, wie z.B. mehrfache Teilabnahmen, so ist der erhöhte Überwachungsaufwand dem AG zwecks Abhilfe unverzüglich anzuzeigen.

5.3.10

Dokumentation

Erstellen eines aussagekräftigen Prüfberichts zu jedem Überwachungstermin mit Bilddokumentation.

Zusammenstellen aller Prüfberichte je Fertigungswerk und Bauabschnitt.

Kontrolle der Enddokumentation des Herstellers. Zur Dokumentation gehören u.a.

- Qualifikationsnachweise für die Herstellung von Stahlbauten einschl. der erforderlichen Erweiterungen
- Gütenachweise und Abnahmeprüfzeugnisse zu allen verwendeten Stoffen (Stahl und Korrosionsschutzbeschichtung)
- Qualifikationsnachweise des ausführenden und überwachenden Personals
- Prüfbericht über die Kontrolle der vorgefertigten Elemente (WERK)
- Messprotokolle über Längen, Überhöhungen, etc. (WERK)
- Prüfprotokolle über den Korrosionsschutz (WERK + BAUSTELLE)



- Prüfbericht über die Kontrolle der Baustellenschweißnähte
- Messprotokolle (BAUSTELLE)
- Prüfprotokolle über den Korrosionsschutz (BAUSTELLE)
- Prüfprotokolle und Einbauprotokolle der Lager (BAUSTELLE)
- Prüfprotokolle und Einbauprotokolle der Übergangskonstruktionen (BAUSTELLE)
- Berichte der durchgeführten zerstörungsfreien Schweißnahtprüfungen
- Prüfberichte der Dichtheitsprüfungen von dichtgeschweißten Bauteilen

Abrechnung

5.3.11

Die BOL/BÜ ist für die Prüfung der Abrechnung des Stahlüberbaus zuständig.

Der Hersteller (Stahlbauunternehmen) hat die Abrechnungsunterlagen gemäß dem Verfahren der REB 23.003 (Regelung für die elektronische Bauabrechnung) Datenart 11 auf einem Datenträger zu übergeben.

Als Grundlage für die Abrechnung werden im Regelfall Abrechnungspläne / Stahl-listen auf der Grundlage der freigegebenen Ausführungsunterlagen verwendet. Im Ausnahmefall werden gemeinsam mit der ausführenden Firma Aufmasse erstellt.

Der Auftragnehmer hat die Richtigkeit des Aufmasses durch Unterschrift zu bestätigen.

Prüfung auf Richtigkeit der Maße, der Mengen, der Einzeleinsätze und Ausrechnungen der damit erstellten Abrechnungsunterlagen.

Projektbetreuung

5.3.12

Durchführung notwendiger technischer Abstimmungen mit den Projektbeteiligten

Führen des notwendigen Schriftverkehrs

Terminplanungen mit den ausführenden Firmen und dem Auftraggeber im Rahmen der Überwachungstätigkeit

Erstellen der notwendigen Prüfberichte im Rahmen der Überwachungstätigkeit und Verteilung an die Projektbeteiligten.



Bauen

Beispiel eines Leistungsverzeichnisses zum Thema Fertigungsüberwachung

5.3.13

Honorar und Nebenleistungen

Die Vergütung soll auf Nachweis erfolgen:

Beschreibung des Prüfumfanges: Bei einem üblichen Fertigungsablauf im Stahlbau-betrieb kann von folgendem Überwachungsaufwand ausgegangen werden.

Zu Spitzenzeiten sind auch mehr Termine je Fertigungs- und Montageweche erforderlich, z.B. beim Anlegen der Kontrollflächen des Korrosionsschutzes

- 2 x wöchentlich im Werk
- 2 x wöchentlich auf der Baustelle

5.4

Beispiel eines Leistungsverzeichnisses zum Thema Fertigungsüberwachung

5.4.1

Prüfungen vor Fertigungsbeginn einschl. Nebenkosten (Planprüfung, Werkstoffprüfung, Prüfung der Voraussetzungen des Herstellers etc.)

Menge:	EP in EUR	GP in EUR
z.B. 200 Stunden

5.4.2

Prüfen und Überwachen der Fertigung im Herstellerbetrieb einschl. Nebenkosten (Stahlbau sowie Korrosionsschutz)

Die Prüfungen erfolgen in der Regel 2 x pro Woche.

Laut Bauzeitenplan ist für die Herstellung der Schüsse einschl. Korrosionsschutz im Werk folgender Fertigungszeitraum vorgesehen:

von bis

Mann/Tagessatz mit einer Einsatzzeit vor Ort von Stunden:

Menge:	EP in EUR	GP in EUR
70 Tagessätze



**Prüfen und Überwachen der Montage auf der Baustelle
einschl. Nebenkosten (Stahlbau sowie Korrosionsschutz)**

5.4.3

Die Prüfungen erfolgen in der Regel 2 x pro Woche.

Laut Bauzeitenplan ist für die Montage einschl. Korrosionsschutz vor Ort folgender Montagezeitraum vorgesehen:

von bis

Mann/Tagessatz mit einer Einsatzzeit vor Ort von Stunden

Menge:	EP in EUR	GP in EUR
90 Tagessätze

Qualitätsmanagement einschl. Nebenkosten

5.4.4

Menge:	EP in EUR	GP in EUR
1,00 Psch

**Prüfung der Dokumentation des Herstellers, Erstellung der
Dokumentation der Fertigungsüberwachung im Werk und auf der
Baustelle, einschl. Nebenkosten**

5.4.5

Menge:	EP in EUR	GP in EUR
1,00 Psch

**Prüfen der Abrechnungsunterlagen des Stahlbaues und des
Korrosionsschutzes einschl. Nebenkosten**

5.4.6

Menge:	EP in EUR	GP in EUR
1,00 Psch



Bauen

Beispiel eines Leistungsverzeichnisses zum Thema Fertigungsüberwachung

5.4.7

Projektbetreuung einschl. Nebenkosten

Menge:	EP in EUR	GP in EUR
20 Monate

5.4.8

Reisekosten zur Fahrt ins Herstellerwerk in

Menge:	EP in EUR	GP in EUR
40 Stck

5.4.9

Reisekosten zur Fahrt zur Baustelle in

Menge:	EP in EUR	GP in EUR
60 Stck

Wartung, Unterhaltung, Bauwerksprüfung

6.

Allgemein

6.1

Die Anforderungen an die Konstruktion werden so gestellt, dass die spätere Durchführung von Wartungs-, Unterhaltungs- und Instandsetzungsarbeiten am Bauwerk nach Möglichkeit ohne zusätzliche Hilfsmaßnahmen und ohne großen Aufwand möglich sind. Die konstruktiven Anforderungen an die bauliche Durchbildung von Verbundbrücken sind im Wesentlichen in den Richtzeichnungen RiZ-ING der BAST sowie in den Hessischen Richtzeichnungen für Verbundbrücken enthalten.

Zur Inspizierbarkeit von Verschleißteilen wie Brückenlagern oder Fahrbahnübergangskonstruktionen sind Wartungsgänge in den Widerlagern oder Brückenpfeilern und lichte Abstände zwischen Lagerbank bzw. Pfeilerkopf und Brückenuntersicht einzuhalten. Hinsichtlich dieser allgemeinen Anforderungen unterscheiden sich Stahlverbundbrücken nicht von anderen Bauweisen in Stahl- bzw. Spannbeton.

Bei begehbaren Hohlkastenquerschnitten mit innenliegender Führung der Brückenlängsentwässerung sind wie zuvor beschrieben ausreichende Freischnitte in den Elementen der Querrahmen vorzusehen, damit im Falle von Leckagen oder Undichtigkeiten der Entwässerungsleitungen die ausfallenden Wasser innerhalb der Hohlkasten zu den in den Tiefpunkten vorgesehenen Notentwässerungsöffnungen im Bodenblech fließen können. Zur Inspizierbarkeit werden begehbare Hohlkästen mit einem Wartungsgang ausgestattet. Dieser wird vorzugsweise als Gitterrost aus verzinktem Stahl mit einseitigem Handlauf über die Querrahmen geführt.

Begehbare Hohlkastenquerschnitte sind innenliegend mit einer Beleuchtung auszustatten. Dies sollte bei der Konstruktion des Querschnitts schon berücksichtigt werden. So kann bei der Herstellung der Ortbetonfahrbahnplatte durch das

Einlegen von Ankerschienen in die Schalung die Befestigung der späteren Beleuchtung relativ einfach gelöst werden. Bei einem durchgehenden Stahldeckblech, z.B. weil die Torsionssteifigkeit im Bauzustand erforderlich ist, kann eine Befestigung an der tragenden Konstruktion erforderlich werden.

Die Schutzdauer der gängigen Korrosionsschutzsysteme, die nach ZTV-ING Teil 4 bzw. TL/TP KOR im Stahl- und Stahlverbundbrückenbau zugelassen sind, soll mindestens 25 Jahre betragen. Bei einer planmässigen Nutzungsdauer der Brücke von mindestens 100 Jahren, bedeutet dies, dass der vorhandene Korrosionsschutz zumindest in der Theorie 3-mal ausgebessert oder erneuert werden muss. Die Anforderungen an die spätere Konservierung der Stahlkonstruktion sind bereits in der Planung zu berücksichtigen. Die derzeitigen Korrosionsschutzsysteme erfüllen bei Einhaltung der geforderten Oberflächenbeschaffenheit der Stahlkonstruktion und bei Einhaltung der technischen Datenblätter bei der Applikation Ihren Zweck des Korrosionsschutzes über einen deutlich längeren Zeitraum als 25 Jahre. Während der Nutzungsdauer ist es oftmals vollkommen ausreichend lokale Stellen mit erhöhtem Abtrag der Beschichtung infolge des Mikroklimas auszubessern. Nach einer regelmäßigen Inspektion und Unterhaltung des Korrosionsschutzes ist u.U. nur 1 Mal die komplette Deckbeschichtung zu erneuern. Dies reduziert nicht nur die Kosten für die Beschichtung der Verbundbrücke sondern minimiert auch die Aufwendungen für die Verkehrssicherung während der Unterhaltung.

Bei der Konstruktion von begehbaren Hohlkastenquerschnitten muss berücksichtigt werden, dass auch der Korrosionsschutz innen eine Schutzdauer aufweist, die im Allgemeinen geringer als die Nutzungsdauer des Bauwerks ist. Durch geeignete Maßnahmen kann die Lebensdauer des Korrosionsschutzsystems verlängert werden. Alle Öffnungen im Querschnitt sind durch Vogeleinflugschutzgitter zu verschließen. Bei der Bauwerksprüfung ist der Zustand dieser Gitter mit zu überwachen, da in der Vergangenheit ein Großteil der Schäden an der Beschichtung auf Verunreinigungen durch Vogelexkremete in Kombination mit mechanischen Beschädigungen durch die Krallen der Tiere zurückzuführen ist. Die ätzenden Bestandteile der Exkremete führen überdies zu einer schneller fortschreitenden Korrosion des stählernen Tragwerks. Auch ist bei der Begehung der Hohlkästen Sorgfalt erforderlich, damit das vorhandene Beschichtungssystem nicht beschädigt wird. Die Laufstege sind daher nur bei Erfordernis zu verlassen.

Über die Zugänglichkeit des Bauwerks hinaus kann der Einbau von Hilfsmitteln wie Stegen, Treppen, Leitern, Sicherungsösen, Schwerlasthaken, usw. erforderlich werden. Hierbei sind die Vorgaben der RiZ-ING, der Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften und der RBA-BRÜ zu beachten.

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1.

Literatur zu Verbundbrücken Teil 1

Aufsätze über ausgeführte Bauwerke und Grundlagen in Fachzeitschriften

Anlage 2.

Literatur zu Verbundbrücken Teil 2

Dokumentationen des Bundesministeriums für Verkehr

Anlage 3.

Literatur zu Verbundbrücken Teil 3

Vorschriften, Typenentwürfe, Kommentare, Fachbücher, sonstige Literatur

Anlage 4.

Aktueller Stand der Normung

Stand: 08-2018

Anlage 5.

Hessische Richtzeichnungen für Verbundbrücken

(siehe unter ANHANG B Handbuch Bautechnik und Ing.-bau)

- He-StVb 01: Überbauende mit Beton- Endquerträger und Wartungsgang
- He-StVb 02: Überbauende mit Verbund- Endquerträger und Wartungsgang
- He-StVb 03: Überbauende mit Verbund- Endquerträger ohne Wartungsgang
- He-StVb 04: Details zum korrosionsschutzgerechten Konstruieren
- He-StVb 05: Details zur Verdübelung

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 6.

Hessische Entwurfshilfen für Verbundbrücken

(siehe unter ANHANG B Handbuch Bautechnik und Ing.-bau)

- Blatt-Nr.: 4.01: Querschnitt mit zwei offenen Hauptträgern
Riegel mit Schrägstreben = Vorzugsvariante
Anwendungsbereich: Schlankheit ≥ 20 keine Bauzeitbeschränkung
- Blatt-Nr.: 4.02: Querschnitt mit zwei schmalen Hohlkasten-Hauptträgern
(Sonderlösung)
Öffnungen für den Wasserabfluss angeben, für unplanmäßiges Eindringen von Wasser. Diese Lösung sollte wegen fehlender Besichtigungsmöglichkeit nur als Sonderlösung, wenn Bauzeit beschränkt ist, bei Montage Großbauteile vorgesehen werden.
- Blatt-Nr.: 4.03: Querschnitt mit einzelligem Hohlkasten Hauptträger
Querschnitt im Feld, im Bereich unter der Verbundplatte über
Stahlhohlkasten: Fertigteil
- Blatt-Nr.: 4.04: Querschnitt mit einzelligem Hohlkasten-Hauptträger
Querschnitt am Pfeiler
- Blatt-Nr.: 4.05: Querschnitt mit zwei breiten Hohlkasten-Hauptträgern
- Blatt-Nr.: 4.06: Rahmenbrücke Eckausbildung Brücke - Widerlager

Anlage 7.

Muster zu Messprotokollen und Höhenmessplänen

- Muster zu Messprotokollen
- Muster Höhenmessplan

Literatur zu Verbundbrücken Teil 1

Aufsätze über ausgeführte Bauwerke und Grundlagen in Fachzeitschriften

Nr.	Autor	Titel	Fachzeit- schrift	Heft	Seite	Jahr- gang
[1]	Schwarz, J. Bartels, H.J. Berz, P.; Meyer, H.	Die neue Weser- brücke Boden- werder	Bauingenieur Jaschke, W.;	-	83	1987
[2]	Mason, J.	Verbundbrücke über den Fluß Tocantins in Nordbrasilien	Stahlbau	5	129	1989
[3]	Brink, K. Rössing, E. Hilbk, H.	Verbundbrücke im Zuge der OW II-Ia in Dortmund	Stahlbau	2	33	1991
[4]	Rother, G.	Die neue Bahnhofs- brücke in Cottbus	Stahlbau	4	97	1991
[5]	Tschemmernegg, F. Passer, H. Neuner, O. Sporschill, K.	Verbreiterung und Sanierung von Stahl- verbundbrücken	Stahlbau	10	289	1991
[6]	Saul, R. Lustgarten, P. Rinne, K.-D. Aschrafi, M.	Verbundbrücke mit Rekordspannweite über den Rio Caroni/ Venezuela	Stahlbau	1	1	1992
[7]	Pluth, W.; Hilbk, H.	Verbundbrückenein- schub mit Betonplatte über die Westfalia- straße in Dortmund	Stahlbau	2	33	1992
[8]	Pamp, R.	Zur Wärmeentwick- lung von Beton und deren Folgen bei Stahlverbundbrücken	Stahlbau	4	107	1992
[9]	Bode, H.; Sauerborn, N.	Grenztragfähigkeit von Stahlverbundträgern im negativen Momen- tenbereich	Bauingenieur	-	401	1993
[10]	Hanswille, G.	Zum Biegedrillknicken bei Verbundbrücken	Stahlbau	3	88	1993
[11]	Bornscheuer, B. F. Eisele, S.	Fußgängersteg in Stuttgart als Stahlfach- werk-Verbundbrücke	Stahlbau	12	349	1993

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1

Nr.	Autor	Titel	Fachzeit- schrift	Heft	Seite	Jahr- gang
[12]	Nather, F.	Dauerhaftigkeit von Stahl- und Stahlverbundbrücken	Stahlbau	7	215	1994
[13]	Ibach, D.	1.Japanisch-Deutsches Kolloquium über Stahl- und Stahlverbundbrücken an der TU München	Stahlbau	11	362	1994
[14]	Schwarz, O. Haensel, J. Doblies, K., Epple, J.	Die Mainbrücke Nantenbach	Bauingenieur	-	127	1995
[15]	Kupfer, H. Schewior, E. Streit, W.; Schütz, K. Kupfer, H.B.	Hangbrücke Würgauer Berg, die erste mehrfeldrige Stahlverbundbrücke mit Federplatten	Bauingenieur	-	425	1995
[16]	Seifried, G. Stetter, K.	Planung und Ausführung von in Längsrichtung nicht vorgespannten Betonfahrbahnplatten für die Stahlverbundbrücken Siebenlehn und Wilkau-Haßlau	Beton- und Stahlbetonbau	4	80	1996
[17]	Kuhlmann, U.	Perspektiven im Verbundbrückenbau	Stahlbau	10	331	1996
[18]	Svensson, H. S. Saul, R.	Großbrücken in Stahl	Stahlbau	10	338	1996
[19]	Langer, St.	Einfluss der Längsbewehrung auf die Stahlkonstruktion von Stahlverbundbrücken	Stahlbau	7	451	1997
[20]	Virlogeux, M.	Verbundbrücken - Vom konventionellen zum innovativen Entwurf	Bautechnik	7	421	1998
[21]	Dauner, H.-G.	Der Viadukt von Lully. Eine Neuheit im Verbundbrückenbau	Stahlbau	1	1	1998
[22]	Korbelár, J.	Stahl- und Stahlverbundbrücken von PONTEX	Stahlbau	1	44	1999
[23]	Schmackpfeffer, H.	Typenentwürfe für Brücken in Stahlverbundbauweise im mittleren Stützweitenbereich	Stahlbau	4	264	1999

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1

Nr.	Autor	Titel	Fachzeit- schrift	Heft	Seite	Jahr- gang
[24]	Brozzetti, J.	Design development of steel-concrete composite bridges in France (Neue Entwicklungen im französischen Verbundbrückenbau)	Stahlbau	11	899	1999
[25]	Collin, P. Johans-son, B.	Wettbewerbsfähige Brücken in Verbundbauweise	Stahlbau	11	908	1999
[26]	Kretz, J. Muer-mans, M.	Deckbrücken in Verbundbauweise als wirtschaftliche Alternative zu Spannbetonbrücken	Beton- und Stahlbetonbau	11	672	2000
[27]	Moser, J. Sprin-ger, J.	Fachwerkverbundbrücke über den Teltowkanal in Berlin-Tempelhof	Stahlbau	3	141	2000
[28]	Kretz, J. Muer-mans, M.	Optimierte Plattenbalkenbrücken in Verbundbauweise im mittleren Spannweitenbereich	Stahlbau	7	514	2000
[29]	Ndogmo, J.	Beulnachweis bei Verbundbrücken nach ENV 1993-Teil 1.5 (Eurocode 3 1 5)	Stahlbau	7	523	2000
[30]	Gehrmann, W.	Vorfahrtsbrücke am Flughafen Köln/Bonn	Stahlbau	11	662	2000
[31]	Allmeier, S. Frenzel, J. Schiefer, S. We-ber, J. Seidl, G.	Innovation im Verbundbrückenbau - Talbrücke Oberhartmannsreuth	Stahlbau	9	707	2000
[32]	Denzer, G. Gräßlin, W. Hanswille, G. Schmidtman, W.	Die Talbrücke über die Wilde Gera-Erfahrungen bei der Planung und Ausführung von Talbrücken mit einteiligen Verbundquerschnitten	Stahlbau	11	842	2000
[33]	Pelke, E.	Dilltalbrücke Haiger im Zuge der A45 - Abbruch und Neubau - Konsequenzen aus der Sicht des Bauherrn	Stahlbau	11	881	2000

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1

Nr.	Autor	Titel	Fachzeit- schrift	Heft	Seite	Jahr- gang
[34]	Grassl, G. Nölting, R. Schlinz, E.	Tragwerk der neuen Isarbrücke Grünwald	Bauingenieur	9	410	2001
[35]	Casper, H.-J. Klotzner, A. Plica, S. Schreiber, O.	Die Straßenbrücke über die Elbe in Wittenberg - Eine Verbundbrücke mit Mittelbogen	Bauingenieur	9	418	2001
[36]	Doss, W.	VFT-Bauweise - Ent- wicklung von Ver- bundfertigteilträgern im Brückenbau	Beton- und Stahlbetonbau	4	171	2001
[37]	Ducret, J.-M. Lebet, J.-P.	Plastische Berechnung von Verbundbrücken	Stahlbau	1	26	2001
[38]	Bode, H. Mensinger, M. Leffer, A.	Verdübelung von Ver- bundträgern unter nicht ruhender Belastung im Brückenbau	Stahlbau	4	277	2001
[39]	Schmackpfeffer, H. Ehrlicher, F.	Typenentwürfe für Brücken in Stahlver- bundbauweise im mittleren Stützweiten- bereich (Teil II)	Stahlbau	7	429	2001
[40]	Schmitt, V. Seidl, G.	Verbundfertigteile- Bauweise im Brücken- bau	Stahlbau	8	546	2001
[41]	Schlaich, J. Schmid, V. Schlaich, M.	Stahlverbundbrücken - neue Erfahrungen - Die Entwicklung von Verbin- dungen mit Zahnleisten	Bauingeni- eur	3	95	2002
[42]	Dauner, H.-G.	Moderner Verbund- brückenbau in der Schweiz	Bauingeni- eur	3	126	2002
[43]	Einhaus, J. Klähne, Th. Münde- cke, M.	Ausbau der Autobahn- kreuze und Autobahn- dreiecke im Zuge des Berliner Ringes - Entwurf und Berechnung: Einflüsse auf die Bau- stahlmengen der Hohl- kastenverbundbrücken	Stahlbau	3	182	2002
[44]	Kandels, M. Lang, M. Leffer, A. Meiswinkel, R.	FE-Modellierung von Ermüdungsphäno- menen im Stahlver- bundbrückenbau	Stahlbau	4	244	2002

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1

Nr.	Autor	Titel	Fachzeit- schrift	Heft	Seite	Jahr- gang
[45]	Kuhlmann, U. Günther, H.-P.	Ermüdungsverhalten von Trägern mit schlanken Stegblechen im Stahl- und Verbundbrückenbau	Stahlbau	6	460	2002
[46]	Dauner, H.-G.	Techniken zum Bau der Fahrbahnplatte bei Verbundbrücken	Stahlbau	8	625	2002
[47]	Unterweger, H.	Aussteifungen in einzelligen Kastentragwerken des Brückenbaues - Beanspruchungsermittlung und praktische Auswirkungen	Bauingenieur	10	466	2003
[48]	Unterweger, H. Sorsky, H.	Zur Systemberechnung mehrfeldriger Verbunddeckstraßenbrücken	Bauingenieur	11/12	533	2003
[49]	Unterweger, H.	Zur maßgebenden Verkehrslaststellung bei Stahl- und Verbundbrücken	Bautechnik	1	24	2003
[50]	Bernhardt, K. Mohr, B. Seifried, G. Angelmaier, V.	Talbrücke Korntal-Münchingen - innovativer Brückenentwurf als Rohrfachwerk-Verbundbrücke, Teil 1- Entwurf	Stahlbau	2	61	2003
[51]	Bernhardt, K. Mohr, B.; Saul, R. Binder, B. Kaßelmann, M. Reuter, R. Häderle, M. U.	Talbrücke Korntal-Münchingen, Teil 2 - , Ausschreibung Vergabe und Bau	Stahlbau	3	147	2003
[52]	Sakuma, S. Kuri-ta, A. Okamoto, Y.	Die Tarodani-Brücke - eine Verbundbrücke als Rahmenkonstruktion bestehend aus stählernen Fachwerkträger und Stahlbetonpfeilern	Stahlbau	5	331	2003
[53]	Kuhlmann, U. Ehmann, J.	Querkrafttragfähigkeit zugbeanspruchter Betonfahrbahnplatten von Verbundbrücken	Stahlbau	7	491	2003
[54]	Kuhlmann, U. Dürr, A. Roos, F.	Ermüdungsnachweis für Straßen-Verbundbrücken nach DIN-Fachbericht	Stahlbau	9	679	2003

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1

Nr.	Autor	Titel	Fachzeit- schrift	Heft	Seite	Jahr- gang
[55]	Trumpf, H.	Fünftes Japanisch- Deutsches Symposium über Stahl- und Verbund- brücken	Stahlbau	12	852	2003
[56]	Weise, Th.	Schalwagen und Trag- gerüste für Verbund- brücken	VDI-Jahrbuch Bautechnik		353	2003
[57]	Reintjes, K.-H. Schreiber, O.	Die Stahlverbundbrücke über die Müglitz im Zuge der Autobahn Dresden - Prag: Entwurf und Aus- führung	Stahlbau	1	4	2004
[58]	Albrecht, G. Rutner, M.. Kurita, A. Ohyama, O	Modifikation des DIN- Fachberichtes 104 hin- sichtlich der Berechnung des Langzeit-Tension Stiffening	Stahlbau	9	648	2004
[59]	Schmackpfeffer, H.	Stahlverbundbrücken mit begehbaren Kasten- trägern	Stahlbau	9	727	2004
[60]	Rombach, G.A. Velasco, R.R.	Schnittgrößen auskra- gender Fahrbahnplatten infolge Radlasten nach DIN Fachbericht	Beton- und Stahlbetonbau	5	376	2005
[61]	Pelke, E. Meyer, H.	Erneuerung von Groß- brücken im Zuge hoch- belasteter Autobahnen	Stahlbau	7	516	2005
[62]	Denzer, G. Schmidtmann, W. Seiler, J.Weyer, U.	Die Haseltalbrücke bei Suhl - Entwurf, Aus- schreibung und Vergabe	Stahlbau	8	587	2005
[63]	Pelke, E. Meyer, H.	Erneuerung von Groß- brücken im Zuge hoch belasteter Autobahnen. Randbedingungen und Lösungsansätze am Beispiel der Urselbach- Talbrücke	Stahlbau	7	516	2005
[64]	Ritzler, M.	Fertigung und Montage des Stahlverbundüber- baus der Reichenbach- talbrücke	Stahlbau	10	749	2005
[65]	Denzer, G. Schmackpfeffer, H	Entwicklungen im Stahl- verbundbrückenbau - Autobahnbrücken mit einteiligen Verbundquer-	Stahlbau	9	649	2005

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1

Nr.	Autor	Titel	Fachzeit- schrift	Heft	Seite	Jahr- gang
[66]	Braun, A. Seidl, G. Weizenegger, M.	Rahmentragwerke im Brückenbau	Beton- und Stahlbetonbau	3	187	2006
[67]	Klähne, T.; Buhl, W. Schubart, R. Weirauch, S.	Planung und Bau einer Autobahnbrücke über den Teltowkanal in Berlin	Stahlbau	2	128	2006
[68]	Eilzer, W. Reintjes, K.-H. Pöttsch, D. Schreiber, O.	Entwurf und Ausführung der Seidewitztalbrücke im Zuge der BAB A 17	Stahlbau	2	117	2006
[69]	Denzer, G. Weyer, U. Dieckmann, C.	Die Talbrücke St. Kilian - Entwurf und Ausführung	Stahlbau	2	105	2006
[70]	Eilzer, W.; Wille, T. Richter, F. Heymel, U. Anistoroiaei, C.	Die Elbebrücke Nieder- wartha die erste Schräg- seilbrücke in Sachsen	Stahlbau	2	93	2006
[71]	Saul, R. Humpf, K. Lustgarten, M.	Die Orinoco-Brücke in Ciudad Guayana/Vene- zuela - Doppel-Schräg- kabelbrücke mit Verbund- überbau für Straßen- und Eisenbahngüterverkehr	Stahlbau	2	82	2006
[72]	Otto, S. Thiele, K. Casper, H.J. Karpa, M. Sachse, F.	Die zweite Strelasundquer- ung - Statik, Konstruktion und Montage der Verbund- und Schrägseilbrücke	Stahlbau	2	69	2006
[73]	Hornecker, G.	Geh- und Radwegüber- führung mit ungewöhn- licher Lage bei Hornberg - Entwurf und Ausführung	Stahlbau	7	565	2006
[74]	Hamme, M. Marzahn, G. Prehn, W. Swadlo, J.	Die Wupper-Talbrücke Oehde - eine moderne Verbundbrücke	Stahlbau	7	558	2006
[75]	Dauner, H.G.	Klebertechnik für den schnellen und wirtschaft- lichen Bau von Verbund- brücken	Stahlbau	7	551	2006
[76]	Pelke, E. Graubner, C.A. Ilic, G.	Teilortsumgehung Weil- burg. Ein semi-integrales Brückenbauwerk	Beton- und Stahlbetonbau	7	522	2006
[77]	Ndogmo, J.	Doppelverbundbrücken im Bau- und Endzustand	Stahlbau	8	670	2006

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1

Nr.	Autor	Titel	Fachzeit- schrift	Heft	Seite	Jahr- gang
[78]	Brux, G.	Verbundbrücken Stahl - Beton - Dauerhafte und innovative Tragwerke	Stahlbau	9	769	2006
[79]	Naumann, J.	Aktuelle Entwicklungen im Straßenbrückenbau	Stahlbau	10	779	2006
[80]	Rings, R Kaßelmann, M. Stötzel, H.	Neubau der Mulde- brücke Wurzen	Bauingenieur	1	33	2007
[81]	Brixner, S. Mündecke, M. Gunkel, F.	Die neue Berliner Brücke in Halle - Erste deutsche Schrägseil- brücke in Verbund- bauweise	Stahlbau	2	79	2007
[82]	Kuhlmann U. Pelke, E. Hauf, G. Herrmann, T. Steiner, J. Aul, M.	Ganzheitliche Wirt- schaftlichkeitsbe- trachtungen bei Ver- bundbrücken unter Berücksichtigung des Bauverfahrens und der Nutzungsdauer	Stahlbau	2	105	2007
[83]	Thomann, M. Lebet, J.P	Stahl-Beton-Haftver- bindungen für Verbund- brücken - Versuche und Bemessung	Stahlbau	3	193	2007
[84]	Hilgendorff, K.-D. Neumann, W. Reitz, D. Schmitz, C.	Talbrücke Elben - Eine Stahlverbundbrücke mit einteiligem Quer- schnitt	Stahlbau	5	320	2007
[85]	Reintjes, K.-H. Zichner, T.; Tang, S. Küchler, M.	Die Brücke Lockwitztal - Eine Revision nach Ent- wurf und Ausführung	Stahlbau	6	359	2007
[86]	Strauß, O. Brandt, B. Oehmke, D.	Besonderheiten des Entwurfs und der Aus- führung der Luitpold- brücke in Bamberg	Bauingenieur	7/8	333	2007
[87]	Dorrer, G.	Innovative Wege im Verbundbrückenbau	Stahlbau	10	694	2007
[88]	Scholz, U. Fila, R.; Fink, J.	Neubau der ÖBB-Salzach- brücke - ein innovatives, einzigartiges Ingenieur- bauwerk in Salzburg	Stahlbau	10	700	2007

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1

Nr.	Autor	Titel	Fachzeit- schrift	Heft	Seite	Jahr- gang
[89]	Fink, J. Petraschek, T.	Tragmodelle zur Bestimmung der Längsschubtragfähigkeit des Kronendübels als neuartiges Verbindungsmittel im Verbundbau	Stahlbau	10	761	2007
[90]	Feldmann, M. Hechler, O. Hegger, J. Rauscher, S.	Neue Untersuchungen zum Ermüdungsverhalten von Verbundträgern aus hochfesten Werkstoffen mit Kopfbolzendübeln und Puzzleleiste	Stahlbau	11	826	2007
[91]	Haumer, W. Gebert, G. Reichelt, A. Schülke, J. El-Dawi, K.	Die Al Mak Nimir Bridge über den Blauen Nil in Khartoum	Stahlbau	3	133	2008
[92]	Hopf, S. Patsch, A.	Die zweite Geo-Geum-Brücke in Südkorea - Schrägkabelbrücke und Vorlandbrücke für Straßenverkehr mit Verbundfachwerkträger	Stahlbau	7	489	2008
[93]	Hopf, S. Patsch, A. Walser, P.	Die MaChang-Brücke in Südkorea - Schrägkabelbrücke mit Verbundüberbau für Straßenverkehr	Stahlbau	7	498	2008
[94]	Unterweger, H. Wiesler, B.	Systemberechnung mehrfeldriger Straßenbrücken in Verbundbauweise mit dem „Zweistabmodell“	Bauingenieur	1	16	2009
[95]	Jung, R. Heymel, U. Reintjes, K. Schreiber, O.	Die Bahretalbrücke - eine Verbundbrücke mit Vollfertigteilen	Stahlbau	6	385	2009
[96]	Kurrer, K. Pelke, E. Stiglat, K.	Einheit von Wissenschaft und Kunst im Brückenbau: Hellmut Homberg (1909-1990) - Das Werk (Teil III)	Bautechnik	2	86	2010
[97]	Wagner, Robert	Untersuchungen zum Verbundverhalten von Betondübeln in vorwiegend ruhend- und nicht ruhend beanspruchten Konstruktionen	Stahlbau	4	250	2011

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1

Nr.	Autor	Titel	Fachzeit- schrift	Heft	Seite	Jahr- gang
[98]	Hagedorn, Stefan Neumann, Winfried Schmitz, Christoph Siebers, Karl-Josef Weyer, Ulrich	Die neue Ruhrbrücke in Wetter – Eine Stahlver- bundbrücke mit luft-dicht verschweißten Kästen	Stahlbau	2	67	2011
[99]	Hamme, Markus Prenting, Adele Neumann, Winfried	Ersatzneubau für die Schnettkerbrücke in Dortmund: Bauwerksent- wurf (Teil 1)	Stahlbau	2	97	2013
[100]	Reitz, Dieter	Fachtag Brückenbau ,integrale Stahlverbund- brücken‘	Stahlbau	10	707	2013
[101]	Langer, Stephan	Talbrücke Gansland- siepen - Fertigung und Montage einer semi- integralen Talbrücke	Stahlbau	10	720	2013
[102]	Gündel, Max Kopp, Maik Feldmann, Markus Gallwoszus, Joerg Hegger, Josef Seidl, Günter	Die Bemessung von Ver- bunddübelleisten nach neuer Allgemeiner bau- aufsichtlicher Zulassung	Stahlbau	2	112	2014
[103]	Univ.-Prof. Dr.-Ing. G. Hanswille	Anwendung der Teile 2 der Eurocodes 3 und 4 für Stahl- und Verbund- brücken	Stahlbau	4	217	2014
[104]	Kuhlmann, Ulrike Maier, Philippa Zinke, Tim Beck, Tabea Lenz, Katrin Friedrich, Hei Schneider, Sarah Mensinger, Martin Ummenhofer, Thomas Pfaffinger, Marjolaine	Nachhaltigkeitsanalysen von Stahlverbundbrücken Ganzheitliche Bewertung von Autobahnbrücken mit Hilfe von quantitativen Methoden	Stahlbau	7	476	2014
[105]	Pasternak, H. Krausche, T. Launert, B.	Schweißen von Trägern mit dicken Blechen Teil 1: Trägerfertigung unter Werksbedingungen - Planung, Herstellung & Simulation (HA)	Bauingenieur	10	395	2014
[106]	Pasternak, H. Krausche, T. Launert, B.	Schweißen von Trägern mit dicken Blechen Teil 2: Schweißen unter Monta- gestoß und Variation der Umgebungstemperatur (HA)	Bauingenieur	12	537	2014

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1

Nr.	Autor	Titel	Fachzeit- schrift	Heft	Seite	Jahr- gang
[107]	Pasternak, H. Chwastek, A.	Zur Entwicklung eines Bemessungs-konzeptes für die Lebensdauer von Reparaturschweißungen Teil 1 - Ermittlung der Schwingfestigkeitsklassen (HA)	Bauingenieur	2	47	2015
[108]	Pasternak, H. Chwastek, A.	Zur Entwicklung eines Bemessungskonzeptes für die Lebensdauer von Reparaturschweißungen Teil 1 - Stand der Technik und Versuche	Bauingenieur	6	272	2015
[109]						
[110]	Seidl, Game Hierl Martin Breu, Michael Mensing, Martin Stambuk, Mislav	Segmentbrücke Greißelbach als Stahlverbundbrücke ohne Abdichtung und Asphalt	Stahlbau	2	126	2016
[111]	Langer, Stephan	Ersatzneubau der Talbrücke Heidingsfeld	Stahlbau	10	670	2016
[112]	Pelke, Eberhard Kurrer, Karl-Eugen	Zur Entwicklungsgeschichte des Stahlverbundbaus	Stahlbau	11	764	2016
[113]	Taras, A. Unterweger, H.	Systemberechnung mehrfeldriger Straßenbrücken in Verbundbauweise - Abbildung und Auswirkungen der Nachgiebigkeit der Verbundfuge (HA)	Bauingenieur	09	360	2016
[114]	Doliva, S.	Das Verhalten von reparaturgeschweißten Altstählen unter nicht vorwiegend ruhender Beanspruchung (HA)	Bauingenieur	10	417	2016
[115]	Marzahn, Gero Collette, Marcell	Innovationen im Stahl- und Verbundbrückenbau Prüf- und Erhaltungsfreundlichkeit von Stahlhohlkästen - Neue Entwicklungen im Korrosionsschutz	Stahlbau	7	595	2017
[116]	Wehnert-Brigdar, Alexandra Sprinke, Peter Höfler, Thomas	Querschnittsgestaltung von Stahlverbundbrücken	Stahlbau	11	998	2017

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 2

Nr.	Autor	Titel	Fachzeit- schrift	Heft	Seite	Jahr- gang
[117]	Schmid, J. Lener, G.	Vergleich von Ermüdungs- lasten für Eisenbahn- brücken aus Lastmodell- und Messdaten (HA)	Bauingenieur	2	74	2017
[118]	Schmidmeier, M Schütz, K.G. Ehmann, R Willberg, U.	Nachrechnung besteh- ender Straßenbrücken auf Grundlage mess- basierter Lastmodelle	Bauingenieur	4	174	2017
[119]	Berndorfer, Claus Hierl, Martin Mensinger, Martin Seidl, Günter Zinke, Tim	Lebenszyklusorientierte Bewertung von Segment- brücken in Stahlverbund- bauweise	Stahlbau	3	193	2018

Anlage 2

Literatur zu Verbundbrücken Teil 2

Dokumentationen des Bundesministeriums für Verkehr

Nr.	Titel	Registrierung	Bezugsquelle
D-1	Schäden an Brücken und anderen Ingenieurbauwerken- Ursachen und Erkenntnisse Dokumentation 1982	Dokument Nr. 5225	Verkehrsblatt-Verlag Borg- mann GmbH & Co. KG, 44139 Dortmund
D-2	Gestaltung von Ingenieurbau- werken an Straßen (Brücken, Tunnel, Stützwände)		Verlag Bau + Technik GmbH, Postfach 12 01 10 40601 Düsseldorf
D-3	Erhaltungsarbeiten an Brücken & anderen Ingenieurbauwerken Dokumentation 1990	Dokument Nr. B 5223	Verkehrsblatt-Verlag Borg- mann GmbH & Co. KG, 44139 Dortmund
D-4	Schäden an Brücken und anderen Ingenieurbauwerken - Ur- sachen und Erkenntnisse Dokumentation 1994	Dokument Nr. B 5226	Verkehrsblatt-Verlag Borg- mann GmbH & Co. KG, 44139 Dortmund
[D-5]	Brücken der Bundesfern- straßen 1994 Dokumentation 1994	Dokument Nr. B 5132	Verkehrsblatt-Verlag Borg- mann GmbH & Co. KG, 44139 Dortmund
[D-6]	Brücken der Bundesfern- straßen 1995 Dokumentation 1995	Dokument Nr. B 5133	Verkehrsblatt-Verlag Borg- mann GmbH & Co. KG, 44139 Dortmund

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 2

Nr.	Titel	Registrierung	Bezugsquelle
[D-7]	Brücken der Bundesfernstraßen 1996 Dokumentation 1996	Dokument Nr. B 5134	Verkehrsblatt-Verlag Borgmann GmbH & Co. KG, 44139 Dortmund
[D-8]	Brücken der Bundesfernstraßen 1997 Dokumentation 1997	Dokument Nr. B 5135	Verkehrsblatt-Verlag Borgmann GmbH & Co. KG, 44139 Dortmund
[D-9]	Bauwerksprüfung nach DIN 1076 Bedeutung, Organisation, Kosten Dokumentation 1997	Dokument Nr. B 5276	Verkehrsblatt-Verlag Borgmann GmbH & Co. KG, 44139 Dortmund
[D-10]	Sammlung Straßenbrücken Dokumentation 1997	Dokument Nr. B 5140	Verkehrsblatt-Verlag Borgmann GmbH & Co. KG, 44139 Dortmund
[D-11]	Straßenbrücken in Stahl-Beton-Verbundbauweise Dokumentation 1997		DCM-Druck Center Meckenheim Eichelkampstraße 2 53340 Meckenheim
[D-12]	Brücken und Tunnel der Bundesfernstraßen 1998 Dokumentation 1998	Dokument Nr. B 5136	Verkehrsblatt-Verlag Borgmann GmbH & Co. KG, 44139 Dortmund
[D-13]	Informationen über Brücken, Tunnel und andere Ingenieurbauwerke der Bundesfernstraßen, Ausgabe 1999	Dokument Nr. B 5278	Verkehrsblatt-Verlag Borgmann GmbH & Co. KG, 44139 Dortmund
[D-14]	Brücken und Tunnel der Bundesfernstraßen 1999 Dokumentation 1999	Dokument Nr. B 5137	Verkehrsblatt-Verlag Borgmann GmbH & Co. KG, 44139 Dortmund
[D-15]	Brücken und Tunnel der Bundesfernstraßen 2000 Dokumentation 2000	Dokument Nr. B 5138	Verkehrsblatt-Verlag Borgmann GmbH & Co. KG, 44139 Dortmund
[D-16]	Brücken und Tunnel der Bundesfernstraßen 2001 Dokumentation 2001	ISBN 3-935064-09-8	Deutscher Bundesverlag Postfach 12 03 80 53045 Bonn

Literatur zu Verbundbrücken Teil 3

Vorschriften, Typenentwürfe, Kommentare, Fachbücher, sonstige Literatur

Nr.	Literatur	Erläuterung
[I]	DIN-Fachbericht 100	Historisch: Beton, Ausgabe 2001 mit ARS 9/2003
[II]	DIN-Fachbericht 101	Historisch: Einwirkungen auf Brücken, Ausgabe März 2003 mit ARS 10/2003
[III]	DIN-Fachbericht 102	Historisch: Betonbrücken, Ausgabe März 2003 mit ARS 11/2003
[IV]	DIN-Fachbericht 103	Historisch: Stahlbrücken, Ausgabe März 2003 mit ARS 12/2003
[V]	DIN-Fachbericht 104	Historisch: Verbundbrücken, Ausgabe März 2003 mit ARS 13/2003
[VI]	Novák, B.; Gabler, M.	Leitfaden zum DIN Fachbericht 101 - Einwirkungen auf Brücken, Ernst & Sohn Verlag, Berlin 2003
[VII]	König, G.; Maurer, R. Viet Tue, N.; Kliver, J. Bornmann, M.	Leitfaden zum DIN Fachbericht 102 - Betonbrücken, Ernst & Sohn Verlag, Berlin 2003
[VIII]	Sedlacek, G.; Eisel, H. Hensen, W.; Kühn, B. Paschen, M.	Leitfaden zum DIN Fachbericht 103 - Stahlbrücken, Ernst & Sohn Verlag, Berlin 2003
[IX]	Hanswille, G. Stranghöner, N.	Leitfaden zum DIN Fachbericht 104 - Verbundbrücken, Ernst & Sohn Verlag, Berlin 2003
[X]	Petersen, Chr.	Stahlbau, Friedr. Vieweg & Sohn Verlag, Braunschweig/Wiesbaden 1993
[XI]	Bundesministerium für Verkehr	Stahlverbundbrücken über zweibahnige Bundesfernstraßen mit Mittelstreifen - Typenentwurf für Straßenquerschnitt RQ 10,5, BMV 1997
[XII]	Bode, H.	Euro-Verbundbau, Konstruktion und Berechnung, Werner-Verlag, Düsseldorf 1998
[XIII]	Kindmann, R.; Frickel, J.	Elastische und plastische Querschnittstragfähigkeit, Ernst & Sohn Verlag, Berlin 2002
[XIV]	Bauer, Th.; Müller, M.	Verbundbrückenbau nach DIN-Fachbericht, Bauwerk Verlag, Berlin 2003
[XV]	Berger, D. Graubner, C.-A. Pelke, E.; Zink, M.	Entwurfshilfen für integrale Straßenbrücken, Heft 50 - 2004 der Schriftenreihe der Hessischen Straßen- und Verkehrsverwaltung
[XVI]	DEGES	Brückenbauwerke in den neuen Bundesländern, Ernst & Sohn Verlag, Berlin 2004

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 3

Nr.	Literatur	Erläuterung
[XVII]	Hanswille, G. Schäfer, M.	Kommentar zu DIN V 18800-5 Ausgabe November 2004, Stahlbaukalender 2005, S. 237, Ernst & Sohn Verlag
[XVIII]	Kürschner, K.	Mechanische Verbundmittel für Verbundträger aus Stahl und Kuhlmann, U. Beton, Stahlbaukalender 2005, S. 455, Ernst & Sohn Verlag
[XIX]	Mangerig, I. Zapfe, C.; Burger, S.	Betondübel im Verbundbau, Stahlbaukalender 2005, S. 535, Ernst & Sohn Verlag
[XX]	Schmitt, V. Seidl, G.; Vogel, C. Schülke, B.; Koch, E.	Untersuchung zum verstärkten Einsatz von Stahlverbundkonstruktionen bei Brücken kleiner und mittlerer Spannweite, Forschungsprojekt der Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V. im Stahl-Zentrum (Hrsg.), Verlag- und Vertriebsges. mbH, Düsseldorf 2005
[XXI]	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur	Richtlinien für den Entwurf und die Ausbildung von Ingenieurbauten, RE-ING, Teil 2, Brücken Abschnitt 5, Integrale Bauwerke
[XXII]	Life Cycle Engineering Experts GmbH, TU Darmstadt-Institut für Massivbau, TU München-Lehrstuhl für Massivbau	Entwicklung einheitlicher Bewertungskriterien für Infrastrukturbauwerke in Hinblick auf Nachhaltigkeit Schlussbericht, Dezember 2010
[XXIII]	Stahl-Informations-Zentrum	Merkblatt 434 Wetterfester Baustahl
[XXIV]	Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V.	Ganzheitliche Bewertung von Stahl- und Verbundbrücken nach Kriterien der Nachhaltigkeit
[XXV]	G. Sedlacek; B. Kühn M. Feldmann, C. Müller, D. Tschickardt, S. Höhler, W. Hensen, W. Dahl, N. Stranghøner, J. Raoul, P. Langenberg, R. Pope, S. Münstermann, J. Brozetti, F. Bijlaard	COMMENTARY AND WORKED EXAMPLES to EN 1993-1-10 "Material toughness and through thickness properties" and other toughness oriented rules in EN 1993 Joint Report JRC 47278, EUR 23510 EN, © European Communities, 2008

Aktueller Stand der Normung

Stand: 31.10.2016

Nr.	Literatur	Erläuterung
1	DIN EN 1990:2010-12	Grundlagen der Tragwerksplanung
2	DIN EN 1990/NA:2010-12 & DIN EN 1990/NA/A1:2012-08	Nationaler Anhang - Grundlagen der Tragwerksplanung
3	DIN EN 1991-2: 2010-12	Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken
4	DIN EN 1991-2/NA: 2012-08	Nationaler Anhang - Verkehrslasten auf Brücken
5	DIN EN 1992-2: 2010-12	Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 2: Betonbrücken
6	DIN EN 1992-2/NA: 2011-01	Nationaler Anhang - Betonbrücken
7	DIN EN 1993-2: 2010-12	Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 2: Stahlbrücken
8	DIN EN 1993-2/NA: 2014-10	Nationaler Anhang - Stahlbrücken
9	DIN EN 1994-2: 2010-12	Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton - Teil 2: Verbundbrücken
10	DIN EN 1994-2/NA: 2010-12	Nationaler Anhang - Verbundbrücken
11	DIN EN 1090-1:	Ausführung von Stahltragwerken und Aluminium- tragwerken - Teil 1: Konformitätsnachweisverfahren für tragende Bauteile
11	DIN EN 1090-2: 2011-10	Ausführung von Stahltragwerken und Aluminium- tragwerken - Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken
12	DIN EN 10025-1: 2005-02	Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen - Teil 1: Allgemeine technische Lieferbedingungen
13	DIN EN 10025-2: 2005-04	Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen - Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle
14	DIN EN 10025-3: 2005-02	Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen - Teil 3: Technische Lieferbedingungen für normalgeglühte/ normalisierend gewalzte schweißgeeignete Feinkornbaustähle
15	DIN EN 10025-4: 2005-04	Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen - Teil 4: Technische Lieferbedingungen für thermomechanisch gewalzte schweißgeeignete Feinkornbaustähle

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 4

Nr.	Literatur	Erläuterung
16	DIN EN 10025-5: 2005-02	Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen - Teil 5: Technische Lieferbedingungen für wetterfeste Baustähle
17	DIN EN ISO 13918:2008	Bolzen und Keramikringe für das Lichtbogenschweißen
18	DIN EN ISO 12944-1 bis -8	Beschichtungsstoffe - Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme
19	DIN EN ISO 17635	Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen - Allgemeine Regeln für metallische Werkstoffe
20	DBS 918 002-02	DB Standard, Technische Lieferbedingungen - Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustähle

Abbildungsverzeichnis

Bild 01a	Ward's Folly, 1873	4
Bild 01b	Querschnitt der Deckenkonstruktion des Wohnhauses von William E. Ward	4
Bild 02	Schwimmschulbrücke in Graz von Joseph Melan, 1898	5
Bild 03a	Achereggbrücke am Vierwaldstättersee, 1914	5
Bild 03b	Querschnitt der Achereggbrücke	6
Bild 04	Willerzellviadukt am Sihlsee, 1936	6
Bild 05	Friedensbrücke Frankfurt, 1951	7
Bild 06	Lahnbrücke Eselswiese im Zuge der B429, 1971	8
Bild 07	Talbrücke Münchholzhausen im Zuge der A45	10
Bild 1.8.1	Ansicht Variante 3-Feld-Brücke	35
Bild 1.8.2	Spannbetonquerschnitt der 3-Feld-Brücke	35
Bild 1.8.3	Verbundquerschnitt der 3-Feld-Brücke	36
Bild 1.8.4	Ansicht Variante 2-Feld-Brücke	36
Bild 1.8.5	Verbundquerschnitt der 2-Feld-Brücke	36
Bild 2.1.1	aus DIN Fachbericht 104. Der Achsabstand	44
	aLTR der Hauptträger sollte aus Wartungs- gründen 2,40 m nicht unterschreiten	
Bild 2.1.2	Vorzugslösung: Senkrechte Leitungsführung	45
	für Brückenablauf. Anschluss an Längsent- wässerung über Querleitung durch Steg	
Bild 2.1.3	Bei geringer Längsneigung des Überbaus:	46
	Querleitung der Entwässerung, Auswechslung der Kopfbolzen beachten	
Bild 2.3.1	Praxisübliche Festlegung der Betonier-	51
	abschnittsgrenzen für die Herstellung der Beton fahrbahnplatte im Pilgerschritt verfahren	

Abbildungsverzeichnis

Bild 2.4.1	Stahlsortenauswahl, maximal zulässige Blechdicken nach DASt Richtlinie 009 (ist identisch DIN 1993-1-10 Tabelle 2.1)	56
Bild 2.4.2	Abnahmeprüfzeugnis 3.2	57
Bild 2.6.1	Beispiel Materialverteilung (Beispiel aus "Eurocodes - Background and applications EN 1994 Part 2 Composite bridges")	64
Bild 2.6.2	Beispiel Stabilitätsnachweis offener Querschnitt mit Querrahmen beim Taktchieben	65
Bild 2.6.3	Aus [IX] Leitfaden zum DIN Fachbericht 104 -Verbundbrücken, Abbildung 4-2	66
Bild 2.6.4	Darstellung Flachsteife gegenüber Trapezhohlsteife	67
Bild 2.6.5	Mustergliederung Stahlverbund-Überbau	75
Bild 2.7.1	Spannungsverteilung elastisch in Abhängigkeit des E-Moduls der Verbundplatte	79
Bild 2.8.1	Ersatzneubau der Talbrücke Dorlar, End- und Pfeilerquerräger als querorientiertes Bauteil gefertigt. Die Längsträger werden zwischen die Querträger eingehoben und montiert	82
Bild 2.8.2	Ersatzneubau der Talbrücke Dorlar, Ausschnitt aus der Stahlbauzeichnung des Querträgers	82
Bild 2.8.3	Gefügetrennung bei Beanspruchung in Dickenrichtung, „Terrassenbruch“ Quelle: DIN EN 1993-1-10	84
Bild 2.9.1	Zweckmäßige Plattendicken Teil 1	86
Bild 2.9.2	Zweckmäßige Plattendicken Teil 2	87
Bild 2.9.3	Nicht zu empfehlende Konstruktion	88
Bild 2.11.1	Brückenquerschnitt: Fertigteile mit Ortbetonergänzung	91
Bild 2.11.2	Fertigteilauflagerung auf dem äußeren Hauptträger	91
Bild 2.11.3	Fertigteilauflagerung auf dem inneren Hauptträger	91
Bild 2.11.4	Querfuge der Fertigteile	92
Bild 2.11.5	Ausführungsbeispiel für Doppelverbund mit Druckbeton im Kastenboden	92
Bild 2.11.6	Verteilung der Dübel bei Doppelverbundquerschnitten (aus DIN Fachbericht 104, Bild 7.2)	93
Bild 2.11.7	Querschnitt des Fertigteilträgers im Werk	94
Bild 2.11.8	Brückenquerschnitt mit Fertigteilträgern	95
Bild 2.11.9	Typischer Querschnitt einer Straßenbrücke mit vier Preflex-Hauptträgern (B453 Lahnbrücke Eckelhausen)	95

Abbildungsverzeichnis

Bild 2.11.10	Typischer Querschnitt einer Verbundfertigteil-Träger-Brücke (B457 OU Hungen Horloffthalbrücke)	96
Bild 2.11.11	Varianten zur konstruktiven Durchbildung der Stahlbetonquerträger. Aus ZTV-ING Teil 4, Abschnitt 2, Anhang A	97
Bild 2.11.12	Ausbildung des Druckkontakts im Untergurt über der Zwischenunterstützung	98
Bild 2.11.13	Typischer Querschnitt einer Verbundbrücke mit engliegenden Hauptträgern	99
Bild 2.11.14	Typischer Querschnitt (Niedermittlau) eines luftdicht verschweißten Hohlkastens	100
Bild 2.11.15	Beispiel integrale Brücke, Schlankheiten: Rahmenecke = 20,7, Feld = 31,4	101
Bild 2.11.16	Beispiel integrale Brücke, Teileinspannung ins Widerlager für die Ortbetonage	101
Bild 2.12.1	„Vermeiden von Spaltkorrosion“ Teil 1	106
Bild 2.12.2	„Vermeiden von Spaltkorrosion“ Teil 2	107
Bild 2.12.3	„Kantenausbildung“	108
Bild 2.12.4	Vermeidung von Staunässe	108
Bild 2.12.5	„Korrosionsschutzgerechte Profilwahl“, „Korrosionsschutzgerechte Ausführung“	110
Bild 2.12.6	Mindestabstände zwischen zwei Bauteilen	111
Bild 2.12.7	WMindestabstände zwischen Bauteil und angrenzenden Flächen	111
Bild 2.12.8	Bild zu geringer Abstand zwischen Bauteilen und angrenzenden Flächen	112
Bild 2.12.9	Bild zu geringer Abstand zwischen Bauteilen und angrenzenden Flächen	112
Bild 2.12.10	Typische Nahtfehler, Bezeichnung nach DIN EN ISO 5817:2014-06	113
Bild 2.12.11	„Oberflächenfehler beim Schweißen“, „Ausrundungen von Versteifungen“, „Schweißen auf Plättchen“	114
Bild 2.12.12	„Schweißnahtausbildung, Prüfbarkeit“	114
Bild 2.12.13	„Ausbildung der Schnittstelle zum Beton“	115
Bild 2.12.14	Bild Ausbildung der Schnittstelle Beton	115
Bild 2.12.15	Baustellenstoß Marktheidenfeld Schnittufer	116
Bild 2.12.16	Kanalbrücke Lippe Schnittufer	117
Bild 2.12.17	Hilfsmittel zum Richten eines Montagestoßes	117
Bild 2.12.18	Korrosionsschutzplan Verbundüberbau Teil 1/4	119
Bild 2.12.19	Korrosionsschutzplan Verbundüberbau Teil 2/4	120

Abbildungsverzeichnis

Bild 2.12.20	Korrosionsschutzplan Verbundüberbau Teil 3/4	120
Bild 2.12.21	Korrosionsschutzplan Verbundüberbau Teil 4/4	121
Bild 2.13.1	Verkehrslastmodell für Straßenbrücken nach DIN EN 1991-2	125
Bild 2.13.2	Regelquerschnitt Feldbereich (Hauptfeld)	127
Bild 2.13.3	Regelquerschnitt Feldbereich (Vorlandbrücken)	127
Bild 3.1.1	Bauteilaufteilung Verbundüberbau als 2-zelliger Hohlkasten	143
Bild 3.1.2	Bauteilaufteilung Verbundüberbau als 1-zelliger Hohlkasten	144
Bild 3.1.3	Muster eines Höhenmessplanes	162
Bild 3.1.4	Messprotokoll Werkstatt	163
Bild 3.4.1	Bauzeitenplan Langwaden	167
Bild 3.4.2	Bauzeitenplan Lahnbrücke Marburg	168
Bild 4.1.1	Arbeitshilfe zur Festlegung der transportierbaren Bauteilabmessungen und Transportgewichte. Quelle: bauforumstahl	171
Bild 4.2.1	Hubmontage Diepmannsachtalbrücke	172
Bild 4.2.2	Hubmontage Diepmannsachtalbrücke	172
Bild 4.2.3	Taktschiebeverfahren Talbrücke Schwarzach	173
Bild 4.2.4	Längseinschub mit KAMAGS und Ponton Mainbrücke Marktheidenfeld	174
Bild 4.2.5	Herstellung der Stahlbauteile einer 5-feldrigen Verbundbrücke mittels Hubmontage	175
Bild 4.2.6	Biegemoment infolge Stahl-Eigengewicht bei Einhubmontage	176
Bild 4.2.7	Vergleich der Biegemomente infolge Stahl- Eigengewicht bei Einhub und Einschub	177
Bild 4.2.8	Exemplarischer Einschubzustand - Biegebeanspruchung	178
Bild 4.3.1	Abziehen der Fahrbahnplatte der Urselbachtalbrücke	180
Bild 4.3.2	Abschnittsweise Herstellung der Fahrbahnplatte	181
Bild 4.3.3	Auswirkungen der abschnittweisen Fahrbahnplattenherstellung	183
Bild 4.3.4	Eigengewichtsbeanspruchung wirkt nahezu vollständig auf Stahlquerschnitt	184
Bild 4.3.5	Längsschnitt Stahlverbundbrücke mit Montage- stützen in der Entwurfsplanung	185
Bild 4.3.6	Querschnitt und Detail Montagestütze	185
Bild 4.3.7	Längsschnitt Stahlverbundbrücke ohne Montage- stützen wie ausgeführt	186

Abbildungsverzeichnis

Bild 4.3.8	Detail Montageunterstützung direkt auf der Widerlagerwand wie ausgeführt	186
Bild 4.3.9	Vergleich der Biegebeanspruchung und der Spannungen in den Stahlgurten. Oben System wie ausgeschrieben, unten System wie ausgeführt	187
Bild 5.3.1	Schweißen einer Längsnaht mit Verfahren 111 PU (unter Pulver)	203
Bild 5.3.2	Schweißen einer Längsnaht mit Verfahren 111 PU (unter Pulver)	204
Bild 5.3.3	Schweißen einer Quernaht mit Schweißver- fahren 135 MAG (Metall- Aktivgas)	204
Bild 5.3.4	Ofen zum Rücktrocknen basischer Schweiß- zusatzstoffe (Pulver Elektroden)	205
Bild 5.3.5	Prüfung von Kopfbolzen	205
Bild 5.3.6	Dokumentation zum Bolzenschweißen mit Hubzündung	206

Impressum

Herausgeber

Hessen Mobil
Straßen- und Verkehrsmanagement
Wilhelmstraße 10
65185 Wiesbaden

Text und Redaktion

Eberhard Pelke, Torsten Herrmann, Dieter Berger

Bearbeiter 1. Auflage

Eberhard Pelke, Torsten Herrmann
(Hessen Mobil - Straßen- und Verkehrsmanagement)
Hartmut Meyer, Ralf Schubart, Dr.-Ing. Jörg Frickel
(Ingenieurbüro Meyer + Schubart, Hauptstraße 45 , 31515 Wunstorf)
Alwin Dieter, Martin Kühn
(Grontmij GmbH, Hanauer Landstr. 135 -137, 60314 Frankfurt/M)

Korrektur

Prof. Dr.-Ing. Schmackpfeffer, Berlin

Überarbeitet 3. Auflage

Alwin Dieter, Matthias Eberle
(Sweco GmbH, Hanauer Landstr. 135 -137, 60314 Frankfurt/M)
Dieter Berger
(Hessen Mobil - Straßen- und Verkehrsmanagement)

Gestaltung und Satz

www.schiebezimmer.de

3. Auflage ©2018

Hessen Mobil

Alle Rechte vorbehalten.

Das Pflichtenheft kann heruntergeladen werden unter

<https://mobil.hessen.de/%C3%BCber-uns/downloads-formulare/ingenieurbau>

Siehe Anhang C Hessische Pflichtenhefte

HESSEN



Hessen Mobil
Straßen- und Verkehrsmanagement

Wilhelmstraße 10
65185 Wiesbaden
Tel.: 0611 366 - 0
E-Mail: info@mobil.hessen.de
mobil.hessen.de