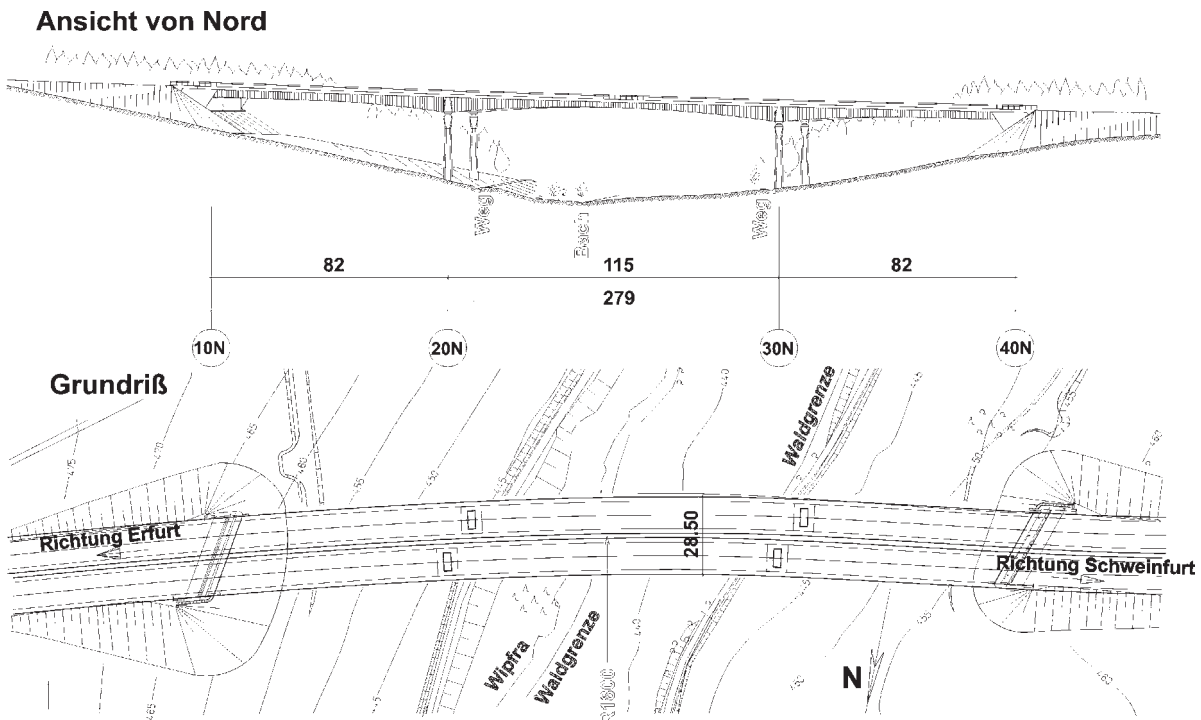


### 3 Die Talbrücke Altwipfergrund

Dipl.-Ing. Gundolf Denzer  
DEGES, Berlin

#### 3.1 Einleitung

Nördlich von Ilmenau quert die Thüringer-Wald-Autobahn A 71 das Tal der Wipfra. In dem ökologisch wertvollen Naturraum des Altwipfergrundes ist im Trassenbereich ein ca. 100 m breites Naturschutzgebiet ausgewiesen, das in unberührtem Zustand erhalten bleiben muss. Die Talquerung erfordert den Bau einer Großbrücke (Bild 3.1). Der Überbau der 279 m langen Talbrücke Altwipfergrund wird als Spannbeton-Hohlkasten ausgeführt, dessen Stege aus Trapezblechen bestehen. Er wird sowohl mit im Verbund liegenden als auch mit externen Spanngliedern vorgespannt. Erfahrungen mit dieser Bauart liegen in Frankreich und Japan vor (Bild 3.2). In Deutschland handelt es sich um eine Erstanwendung einer neuen Bauart.



**Bild 3.1:** Ansicht Nord mit Grundriß Talbrücke Altwipfergrund



**Bild 3.2:** Voutenträger mit Trapezstegen in Frankreich

## 3.2 Das Bauwerk

### 3.2.1 Bauwerksentwurf

Die BAB verläuft im Bauwerksbereich im Grundriss auf einem Kreisbogen mit einem Radius von  $R = 1.800$  m. Ihre Gradienten befindet sich in einer Wannenausrundung von  $H = 20.750$  m, so dass auf dem Bauwerk eine veränderliche Längsneigung mit einem Größtwert von ca. 3 % besteht. Beide Richtungsfahrbahnen weisen eine gleichsinnige Querneigung von 3,0 % auf. Aus dem für die BAB vorgesehenen Regelquerschnitt RQ 26 ergibt sich eine Nutzbreite zwischen den Geländern von 28,50 m. Die BAB kreuzt den Talraum in einer Höhe von ca. 35 m über Talgrund. Aus dem frei zu überbrückenden Talraum mit einer Stützweite von 115 m ergibt sich ein im Grundriss schiefes, gevoutetes Dreifeldbauwerk mit Randfeldern von ca. 81,5 m bzw. 84,0 m Stützweite (Bild 3.3 und 3.4). Die Konstruktionshöhe des Brückenbalkens beträgt in der Mitte des Hauptfeldes 2,80 m. Sie vergrößert sich im Bereich der Mittelstützen auf 6,00 m und reduziert sich im Bereich der Endfelder auf 3,50 m. Damit ergeben sich im Hauptfeld Schlankheiten  $L/H$  von 19,3 (Stütze) und 41,1 (Feldmitte). Für jede Richtungsfahrbahn ist ein separater Überbau mit Kastenquerschnitt und geneigten Stegen vorgesehen. Infolge der Voutung hat der Kastenboden eine wechselnde Breite. Seine Unterseite ist parallel zur Querneigung angeordnet. Dadurch ergeben sich unterschiedliche Stegneigungen.

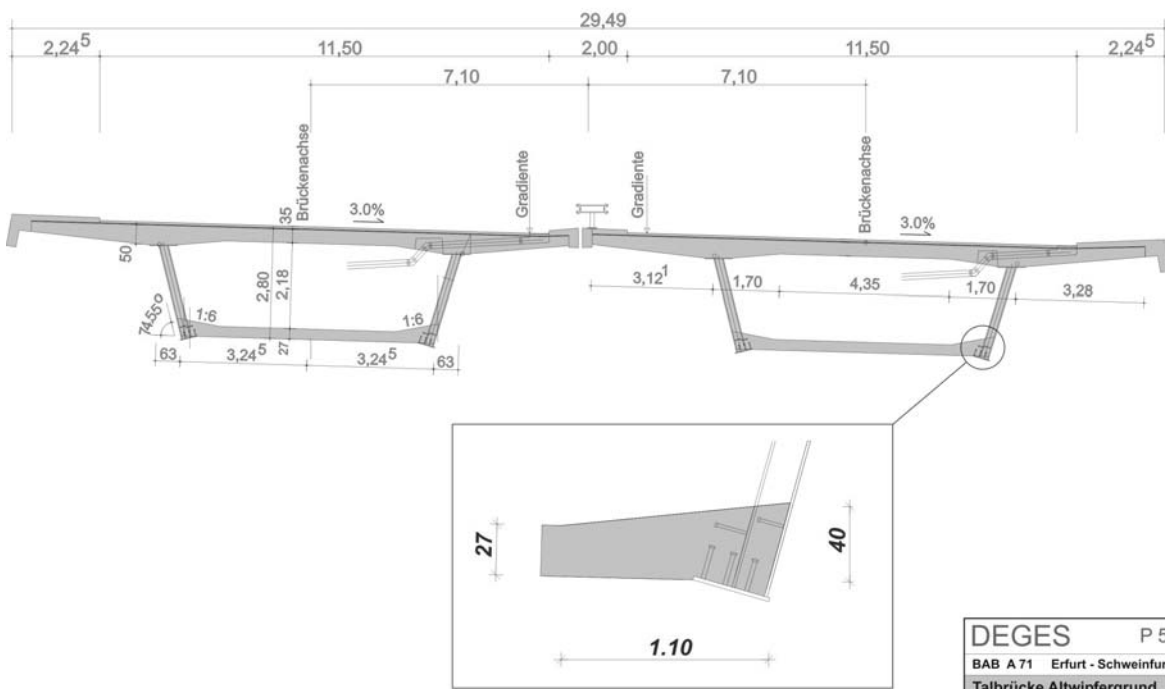
### 3.2.2 Kastenstege

Die Kastenstege bestehen aus in Trapezform gefalteten Blechen mit aufgeschweißten, ebenen Ober- und Untergurtblechen (Bild 3.5).

Trapezstege weisen bei gleichen Abmessungen im Vergleich zu ebenen Blechen ein günstigeres Schub- und Beulverhalten auf. Ein gefalteter Trägersteg besitzt in Brückenlängsrichtung nur eine sehr geringe Normalkraftsteifigkeit, er entzieht sich der Wirkung von Längskräften. Diese fließen in die Trägergurte

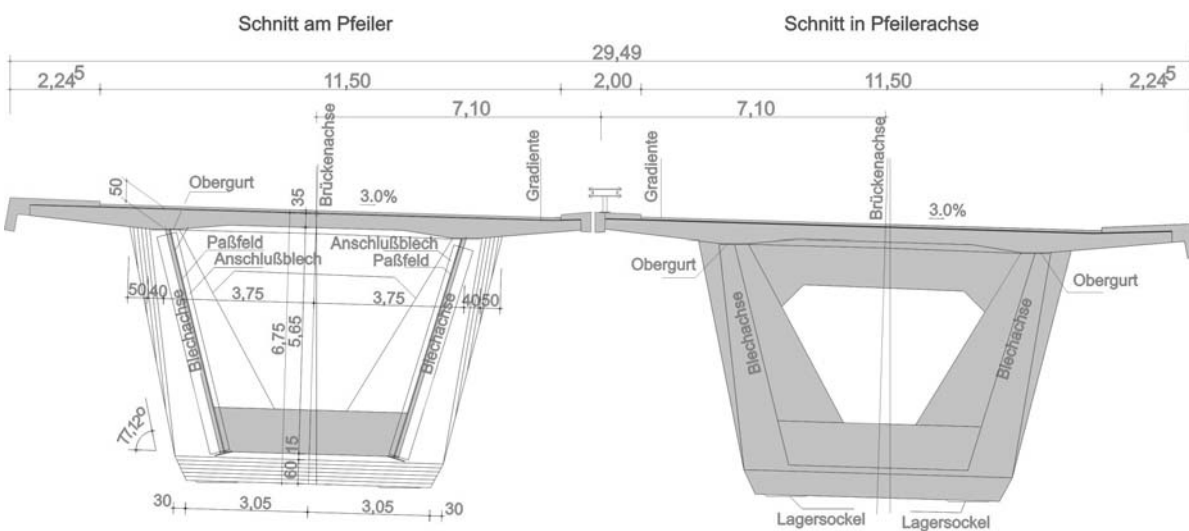
**Talbrücke Altwipfergrund**

**Regelquerschnitt (Feldmitte)**



**Bild 3.3:** Regelquerschnitt in Feldmitte des Hauptfeldes

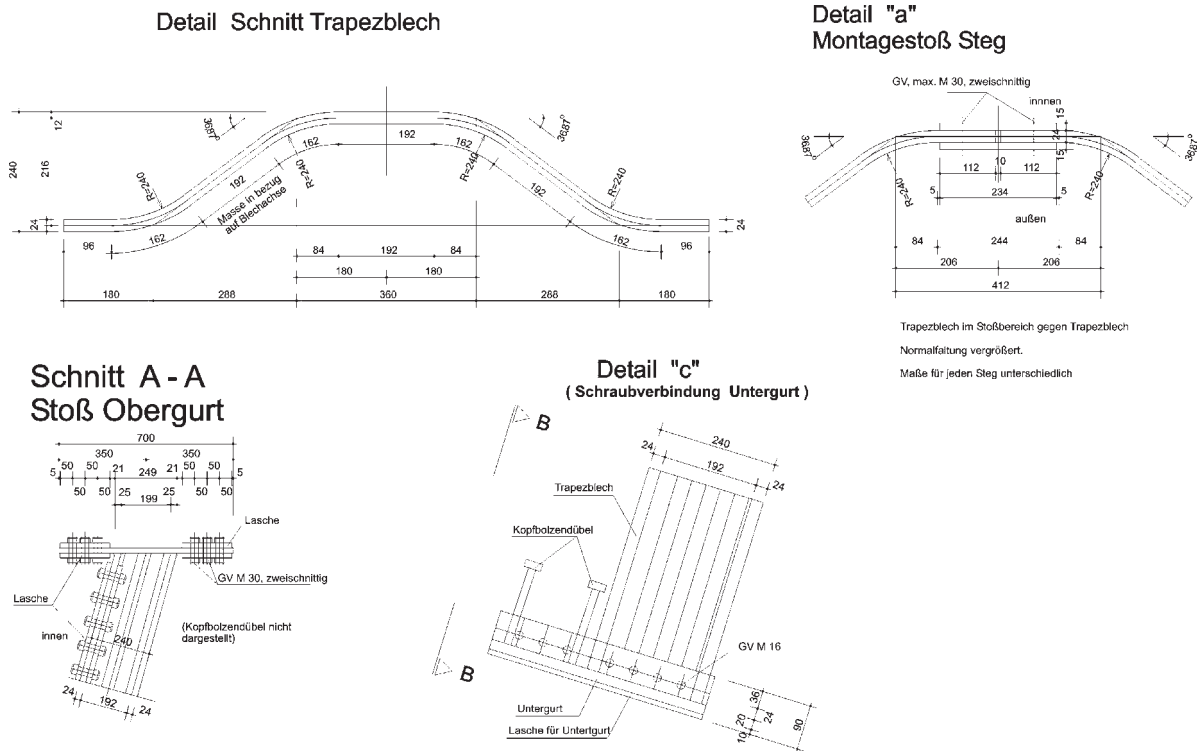
**Regelquerschnitt (Bereich Pfeiler)**



**Bild 3.4:** Regelquerschnitt Mittelstützen 20 und 30

(Akkordeon-Effekt). Ein ähnliches Verhalten ist unter der Einwirkung von Biegemomenten feststellbar. Weil sich der Steg einer Normalkraftbeanspruchung entzieht, werden nur die Beton-Trägergurte des Kastens beansprucht (Zweipunktquerschnitt). Dabei wird der innere Hebelarm optimal genutzt.

Bei geeigneter Formgebung können von gefalteten Trägerstegen senkrecht zur Trägerebene erhebliche Biegemomente abgetragen werden. In den Stegen von Kastenträgern, die exzentrisch belastet sind, wirken vorwiegend Schubspannungen aus Längsbiegung und Lasttorsion sowie Querbiegespannungen aus Rahmenwirkung und Profilverformung (Bild 3.6).

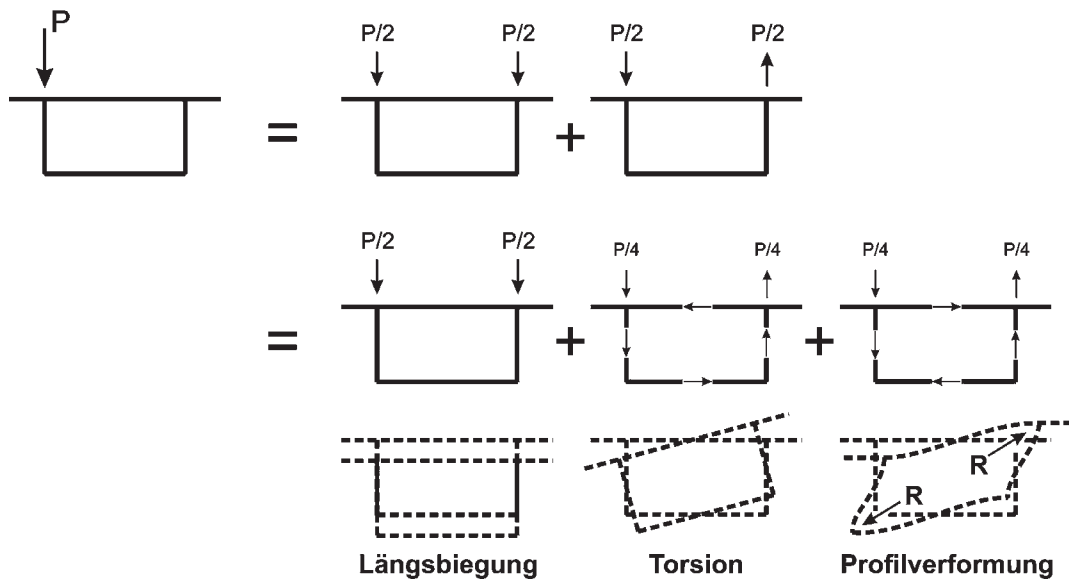


**Bild 3.5:** Formgebung der Trapezstege bei der Talbrücke Altwipfergrund

Bei Kastenträgern, die in Massivbauweise ausgeführt werden, beteiligen sich die Stege nur in sehr geringem Maße an der Abtragung von Längsbiegemomenten. Im Hinblick auf die Effizienz von Vorspannmaßnahmen ist eine Beteiligung der Kastenstege sogar unerwünscht, weil die Stegfläche den Wirkungsgrad der Vorspannung reduziert. Hinzu kommt, dass gerade bei Spannbeton-Hohlkästen die statisch erforderlichen Stegdicken aus konstruktiven Gründen (Bewehrung, Verdichtungsverhältnisse) meist nicht ausgeführt werden können. Im Vergleich zu den bei größeren Spannweiten üblichen Bauarten von Kastenträgern in Massivbauweise ergeben sich daher folgende Vorteile, wenn die Kastenstege aus Trapezblechen bestehen:

- Die Stege haben ein geringes Eigengewicht.
- Die Effizienz von externen und internen Vorspannmaßnahmen wird gesteigert, weil die Stegflächen nicht vorgespannt werden müssen.
- Fahrbahnplatte und Bodenplatte bilden einen Zweipunktequerschnitt, der Biegemomente abträgt. Dabei wird der innere Hebelarm der Kräfte optimal ausgenutzt.

## Beanspruchung Kasten



**Bild 3.6:** Beanspruchungen eines Kastenträgers bei exzentrischer Beanspruchung

- In Querrichtung sind die Trapezbleche so biegesteif, dass die Formtreue des Hohlkastens gewährleistet werden kann.
- Die gefalteten Stege sind in besonderer Weise für die Abtragung von Schubkräften geeignet. Besondere Beulstreifen sind nicht erforderlich.
- Beim Freivorbau können die Kastenstege als Fahrweg für den Vorbauwagen genutzt werden. Der Vorbauwagen kann daher leichter und einfacher gestaltet werden.
- Kastenboden und Stege müssen nicht mehr im Zusammenhang betoniert werden. Die im Hinblick auf die Beherrschung von Temperaturgradienten innerhalb der Bauteile und der Auswirkungen von Temperatur- und Verformungsunterschieden bestehenden Probleme bei der Ausführung werden reduziert bzw. treten nicht auf.

### 3.2.3 Fahrbahn-/ Bodenplatte

Die herkömmlich ausgebildete Fahrbahnplatte wird in Längsrichtung mit im Verbund liegenden Litzenspanngliedern beschränkt vorgespannt und in B 45 ausgeführt. Die in ihrer Formgebung üblichen Massivbauquerschnitten entsprechende Bodenplatte wird schlaff bewehrt und nur im Hauptfeld beschränkt vorgespannt. Sie ist in Querrichtung gevoutet und hat in Längsrichtung veränderliche Dicken (0,25 m bis 1,10 m).

### 3.2.4 Vorspannung

Bei der großen Spannweite und der vorgesehenen Herstellung des Überbaus im Freivorbau ist eine rein externe Vorspannung nicht angebracht. Die sogenannte „Mischbauweise“ kommt zur Anwendung. Vorgesehen sind folgende Vorspannmaßnahmen:

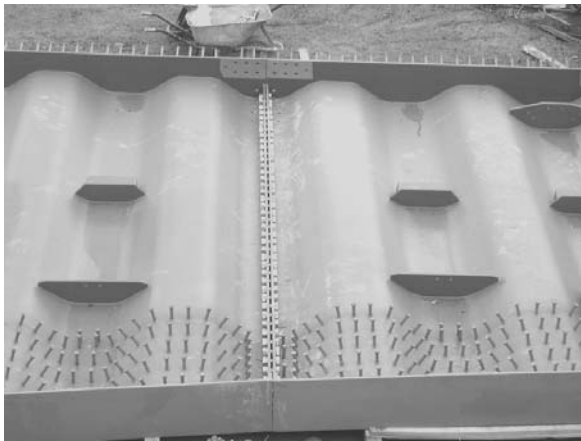
- Für den Freivorbau in der Fahrbahnplatte je Steg 12 im Verbund liegende Spannglieder mit jeweils 2,6 MN Spannkraft. Diese Vorspannung wird für den Freivorbau benötigt und ist dann auch Bestandteil des Endsystems. Die Spannglieder werden je Takt gespannt und verpresst.
- Nach Schließen der Schlusslücke werden in der Bodenplatte 4 Kontinuitätsspannglieder angespannt, um möglichst schnell eine Druckspannung in die untere Bodenplatte einzutragen (Litzenspannglieder mit Einzelspannkraft 2,19 MN).
- Für alle weiteren Belastungen sind externe Spannglieder vorgesehen.

Die externen Spannglieder werden im Hohlkasten geführt und über Stahlquerträgern umgelenkt bzw. verankert. Ein Teil dieser Vorspannung muss aufgebracht werden, bevor Momentenkorrekturen im Bereich des Hauptfeldes ausgeführt werden können.

### 3.2.5 Konstruktion Überbau

#### 3.2.5.1 Trapezstege

Die in S 355 J2G3-C vorgesehenen Kastenstege werden aus ebenen, 10 bis 22 mm dicken Blechen durch Kaltverformen hergestellt und durch angeschweißte Gurtbleche 800/20 mm (Obergurt) und 400/20 mm (Untergurt) aus S 355 J2G3-Z15 (nur Obergurt in Z-Güte) ergänzt (Bild 3.7 und 3.8).



**Bild 3.7:** Innenansicht Vorbauschuss mit Z-Stoß, Montagehilfen, Kopfbolzen Untergurtanschluss



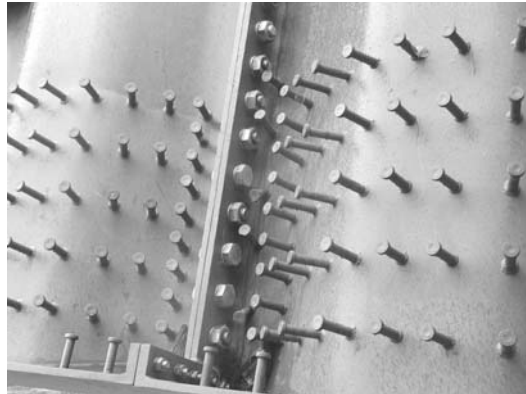
**Bild 3.8:** Detailansicht Untergurtanschluss an Kastenboden

Um bei allen auszuführenden Blechdicken gleiche Ansichtsflächen zu erreichen, wird beim Falten der Stege ein einheitlicher Biegeradius verwendet. Dieser ist mit 240 mm so gewählt, dass einerseits die nach DIN 18809 einzuhaltenden Bedingungen für das Schweißen in kaltverformten Bereichen eingehalten sind und andererseits, die an den Stoßstellen benötigte ebene Blechlänge verfügbar ist (Bild 3.5). Bei der Herstellung eines ca. 3,30 m langen Stegabschnittes sind 10 Kantvorgänge

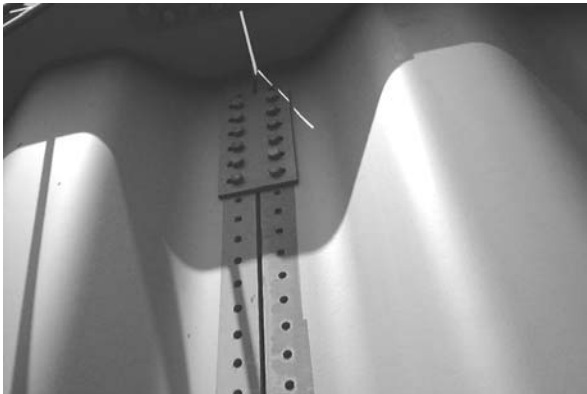
auszuführen. Die aus Transportgründen (Italien) 3,30 m langen Stegabschnitte werden über im Werk vormontierte, geschraubte Z-Stöße zu Vorbau-Schusslängen von ca. 6,57 m auf der Baustelle zusammengefügt (Bild 3.9 und 3.10). Die Steg- und Gurtstöße der Vorbausehüsse werden als geschraubte HV-Laschenverbindungen ausgeführt (Bild 3.11 und 3.12).



**Bild 3.9:** Außenansicht Z-Stoß



**Bild 3.10:** Innenansicht Z-Stoß



**Bild 3.11:** Laschenverbindungen der Vorbausehüsse



**Bild 3.12:** Laschenstoß Obergurt

Die Abmessungen der beim Pilotprojekt erforderlichen Trapezstege gehen über die der DASt-Richtlinie 015 („Träger mit schlanken Stegen“) hinaus. Daher liegen einige Bauteile außerhalb der genormten Regelwerke, wodurch eine Zustimmung im Einzelfall erforderlich wurde. Diese betraf folgende Punkte:

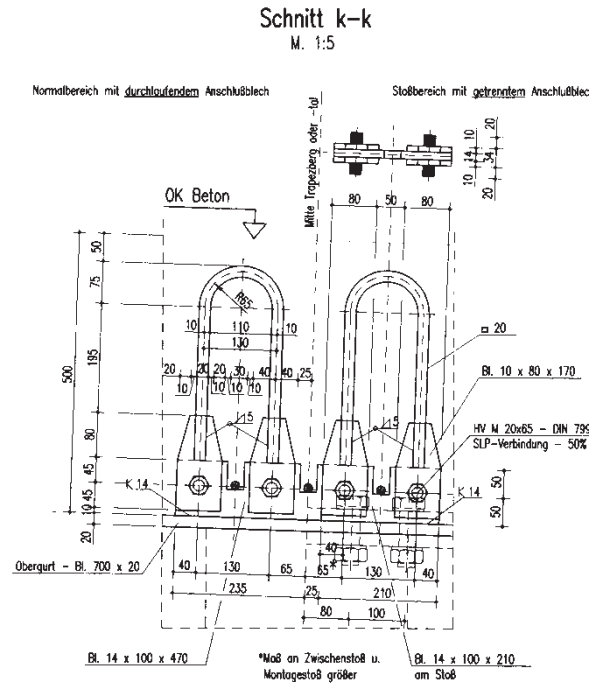
1. Begrenzung der Normalkräfte (Element 108 der DASt-Ri 015)
2. Begrenzung der Bauhöhe (Element 121 der DASt-Ri 015)
3. Biegebeanspruchung der Trapezblechstege
4. Beanspruchung der Gurte (DASt -Ri 015, Abschnitt 4.2)
5. Nachweis der Tragsicherheit (DASt-Ri 015, Abschnitt 1.6)

### 3.2.5.2 Knoten Steg/Fahrbahnplatte

Die Einleitung von Querbiegemomenten aus der Fahrbahnplatte in die Trapezstege erfolgt über Stahlschlaufen. Diese sind über Schraubverbindungen an Blechen befestigt, die über jeder Innen- und Außensicke angeordnet und mit dem Obergurt verschweißt sind. Die Schlaufen enden in der oberen Bewehrungslage der Fahrbahnplatte (Bild 3.13, Bild 3.14 und Bild 3.15).



**Bild 3.13:** Obergurt mit Laschenstoß und Anschlussblechen für Schlaufenverbindung



**Bild 3.14:** Schlaufenkonstruktion

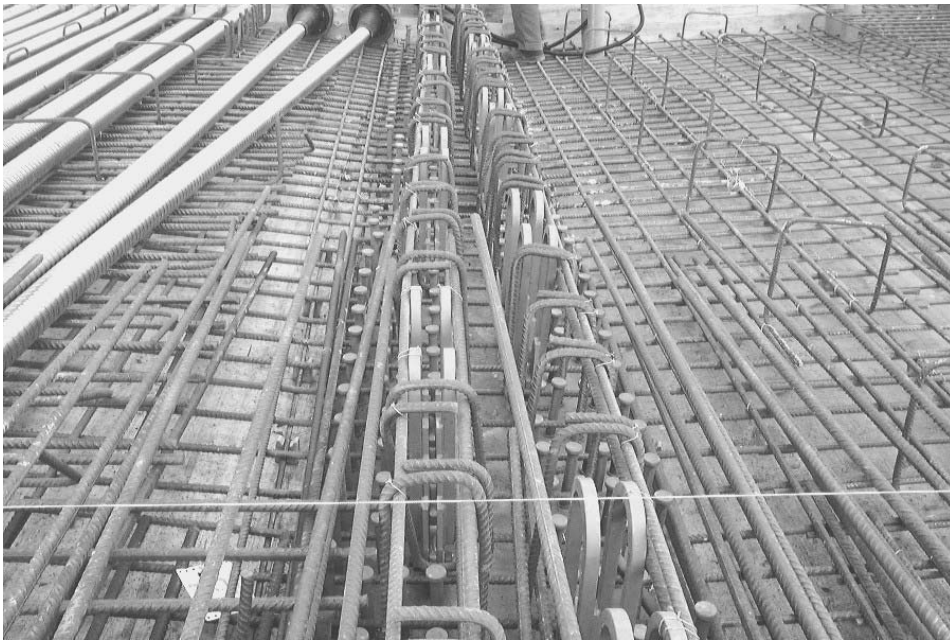
Zusätzlich sind herkömmliche Kopfbolzendübel vorhanden, die für 100 % der wirkenden Schubkräfte bemessen sind. Wegen der geometrischen Abmessungen der Schlaufenkonstruktion und der dazu gehörenden Verschraubung, wird diese Konstruktion in Wirklichkeit auch einen erheblichen Anteil der Schubkräfte aufnehmen. Die Schlaufenkonstruktion wurde dafür bemessen, die Anzahl der Kopfbolzendübel – auf der sicheren Seite liegend – jedoch nicht reduziert.

Die Wirkung wechselnder Quermomente infolge Verkehr, erfordert eine Schweißnaht zwischen Obergurt und Trapezsteg mit hoher Ermüdungsfestigkeit. Ausgeführt wird daher eine durchgeschweißte V-Naht.

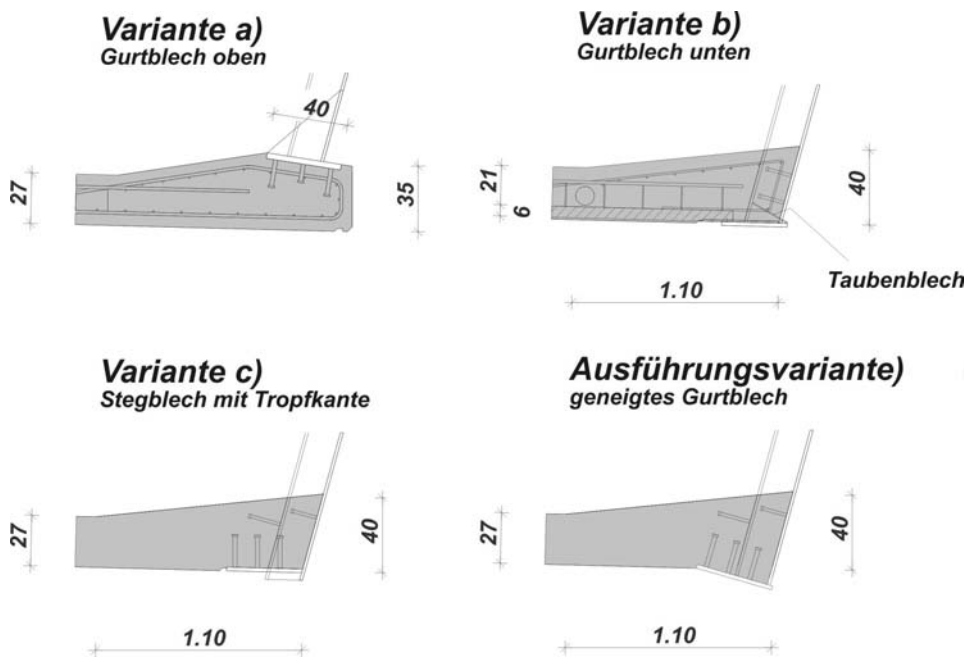
### 3.2.5.3 Knoten Steg/Bodenplatte

Der Knoten muss Schubkräfte aus dem Längssystem und Biegemomente aus der Quertragwirkung übertragen können. Der Anschluss ist konstruktiv schwierig und für die Dauerhaftigkeit des Bauwerkes von großer Bedeutung. Daher wurden mehrere Ausführungsalternativen betrachtet und bewertet (Bild 3.16):





**Bild 3.15:** Knoten Steg/Fahrbahnplatte vor dem Betonieren



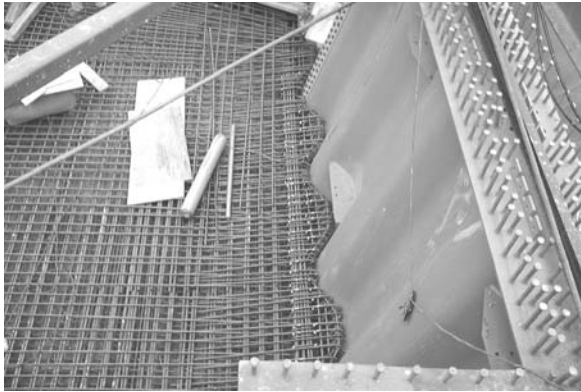
**Bild 3.16:** Varianten Detailausbildung Knoten Bodenplatte/Trapezsteg

**Variante A** Diese Variante zeigt die bisher meist ausgeführte Form. Das Gurtblech wird an der Oberseite des Betonkörpers des Untergurtes vorgesehen. Nachteilig bei dieser Lösung ist, dass unter dem Gurtblech betoniert werden muss; wobei eine außenliegende Fuge zwischen Beton und Stahl entsteht. Ästhetisch ist sicherlich von Vorteil, dass ein deutlich sichtbares Betonband des Untergurtes entsteht, welches den Kraftfluss verdeutlicht.

**Variante B** Die naheliegendste konstruktive Lösung ist sicherlich, den Betongurt direkt auf den Untergurt des Stegträgers aufzulegen. Die in die Täler des gefalteten Steges eingeschweißten geneigten Bleche (Taubenbleche) verhindern das Ansammeln von Kondenswasser und Schmutzablagerungen.

**Variante C** Der Trapezsteg endet mit einer Abtropfkante. Das Gurtblech wird von innen in die Trapezfläche eingeschweißet. Zusätzliche horizontale Kopfbolzendübel verbessern die Momenttragfähigkeit der Querrichtung.

**Variante D** Bei dieser Lösung wird der Untergurt aus Gründen seiner einfacheren Herstellung senkrecht zur Achse der Stegbleche angeordnet. Die dabei entstehende Neigung des Untergurtes verhindert das Ansammeln von Wasser sowie Schmutzablagerungen. Die Fuge zwischen Bodenplatte und Steg liegt geschützt im Kasteninnern (Bild 3.17 und 3.18).



**Bild 3.17:** Bodenplatte mit verlegter Bewehrung vor dem Betonieren



**Bild 3.18:** Bewehrung der Bodenplatte im Bereich der Sicken

Es wurde die Variante D ausgeführt. Für den Anschluss der Betongurte an die Trapezstege wurde ein Tragmodell untersucht, das die Biegemomente aus Querbiegung (Profilverformung) über Kopfbolzendübel überträgt und diese auf Schub beansprucht.

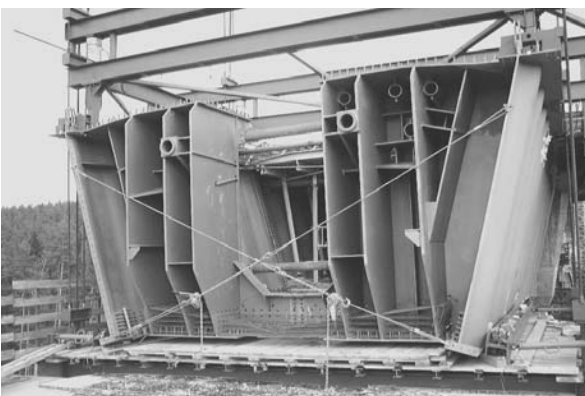
#### 3.2.5.4 Anker- und Umlenkstellen

Eine Besonderheit stellen die 12 Anker- und Umlenkstellen der externen Vorspannung dar, die in den Feldern zwischen den in Stahlbeton ausgeführten Querträgern (in den Lagerachsen) erforderlich sind. Neben ihrer primären Funktion, große Spanngliedkräfte umzulenken und zu verankern, dienen sie natürlich auch dem Erhalt der Querschnittsform. Alle Anker- und Umlenkelemente der externen Vorspannung werden komplett als Stahlbauteile in der Werkstatt einschließlich ihrer Anschlüsse an die Kastenstege gefertigt und zur Baustelle verbracht (Bild 3.19, 3.20 und 3.21). Die Verbindung der Stahlbauteile mit den Stegen erfolgt über geschraubte HV-Stöße. Zur Verankerung der großen Einleitungskräfte der

externen Vorspannung in die Bodenplatte des Kastens wurden Perfobond-Verankerungen gewählt, weil die Bodenplatte im überdrückten Bereich liegt und diese Verankerungsart dann eine sinnvolle Einleitungsmöglichkeit ergibt. (Die ca. 40 mm dicken Stahlplatten, die ohnehin bei den Verankerungselementen für den Abtrag von Biegung, Schub sowie für die Beulsicherheit benötigt werden, sind praktisch als Ausgangsmaterial für die Perfobondleisten schon vorhanden.) Ihre Anschlüsse an die Betonbauteile der Fahrbahnplatte wurden herkömmlich in Form von Kopfbolzenverbindungen ausgeführt.



**Bild 3.19:** Antransport der Umlenkelemente



**Bild 3.20:** Halbseitige Montage der Querrahmen, Laschenverbindung in Brückenmitte



**Bild 3.21:** Ankerstelle der externen Vorspannung

### 3.2.6 Herstellverfahren Überbau

Da der Talraum im Bereich des Hauptfeldes aufgrund seiner ökologischen Sensibilität nicht in Anspruch genommen werden darf, erfolgt die Herstellung des gevouteten Dreifeldträgers im Freivorbauverfahren.

Aus Termingründen kommen dabei 4 Vorbauwagen zum Einsatz, so dass jeweils gleichzeitig von den Mittelstützen her vorgebaut wird. Standfelder der 4 Vorbauabschnitte sind 9,88 m lange Überbaufelder im Bereich der Mittelstützen. Stützungen dieser Felder sind die Mittelstützen des endgültigen Brückensystems und jeweils zusätzliche Hilfspfeiler, die einschließlich ihrer Gründungen im Bereich der Endfelder des Dreifeldträgers zu errichtet sind. Der Bau der Standfelder erfolgt mit konventionellen Rüstungen von einer Arbeitsplattform aus in 4 Phasen (Bild 3.22).

**Phase 1** Zunächst wird der ca. 6,00 m hohe und ca. 3,30 m breite Ortbetonquerträger geschalt und betoniert. Als bauzeitliche Stabilisierungen werden dabei die angrenzenden Trapezstege der Endfelder genutzt. Die Stegbleche werden außerdem für das einwandfreie Ausrichten der am Ortbetonquerträger erforderlichen Anschlusskonstruktion der angrenzenden Passfelder der Hauptöffnung benötigt.

**Phase 2** In einem zweiten Arbeitsschritt wurden die Schalungen der Querträger entfernt sowie die Untergurte des Kastenträgers geschalt und betoniert.

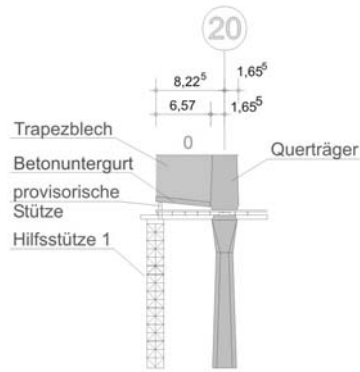
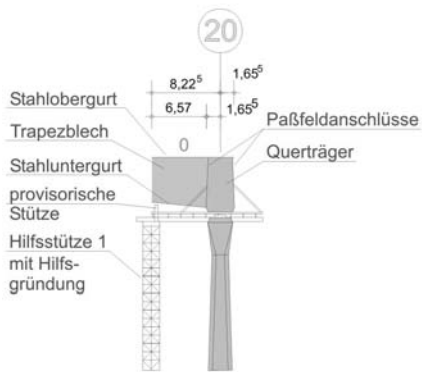
**Phase 3** Innerhalb des 3. Arbeitstaktes wurden die Obergurte der Standfelder (Anfangsfelder) hergestellt.

**Phase 4** Die Phase 4 beinhaltet die Vorbereitungen, die für den späteren Einsatz der Vorbauwagen erforderlich sind. Nach Entfernen der für die Herstellung der Ober- und Untergurte der Anfangsfelder benötigten Schalungen und Arbeitsebenen, erfolgte die Montage der Trapezblechstege und der für ihre bauzeitliche Stabilisierung erforderlichen Verbände im Bereich der angrenzenden Vorbaufelder.

**Phase 5** Beim Bau von Spannbetonbrücken müssen Vorbauwagen so konzipiert sein, dass alle für die vollständige Herstellung des jeweiligen Vorbauabschnittes erforderlichen Bauteile innerhalb des Vorbauabschnittes ausführbar sind, weil beim Vorfahren des Wagens zum nächsten Betonierabschnitt die Tragfunktion des vorherigen Abschnittes vollständig benötigt wird. Die dafür erforderlichen Vorbausysteme sind bereits bei Abschnittslängen von 3,0 bis 5,0 m relativ schwer und aufwendig.

Bei einer Hybridkonstruktion können die im Endsystem benötigten Stege als Fahrwege der Vorbauwagen genutzt werden. Gleichzeitig entfällt die im Spannbetonbau bestehende Notwendigkeit der zeitgleichen Herstellung aller Bauteile des jeweiligen Vorbauabschnittes. Entsprechend der für den Stahlbau und das eingesetzte Gerät zweckmäßigen Schlusslänge der Stegbleche beträgt die Abschnittslänge der Vorbauabschnitte bei der Talbrücke Altwipfergrund 6,57 m. Die Vorbauwagen für den Bau der Talbrücke Altwipfergrund sind so konzipiert, dass drei nicht notwendigerweise zeitgleich auszuführende Arbeitstakte möglich sind. Im einzelnen sind dies:

- Montage der vorauseilenden Trapezträgerstege
- Herstellung der Bodenplatte
- Herstellung der Fahrbahnplatte einschließlich der Kragplatten mit Nachläuferschaltungen.

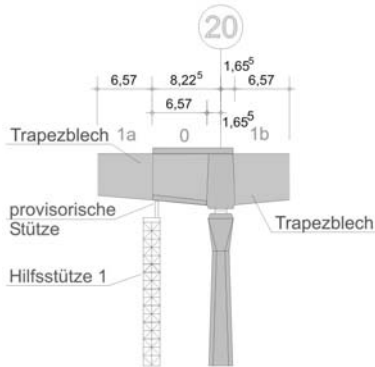
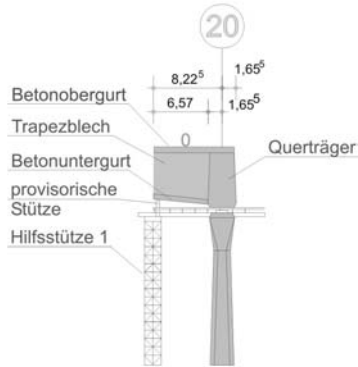


### Phase 1:

- Hilfsstütze 1 an Pfeiler 20 u. 30 montieren;
- Arbeitsplattform Bauabschnitt 0 (BA0) einbauen;
- Schalung für Querträger einbauen;
- Trapezblech BA 0 mit Anschlußfeldern montieren und mit Aussteifungen stabilisieren;
- Querträger betonieren.

### Phase 2:

- Schalung für Querträger entfernen;
- Schalung für Untergurt einbauen;
- Untergurt betonieren.

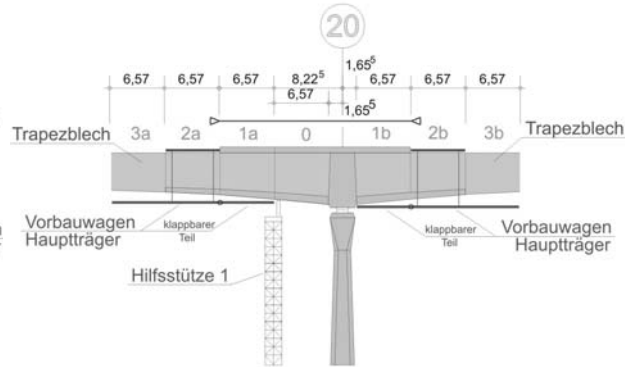
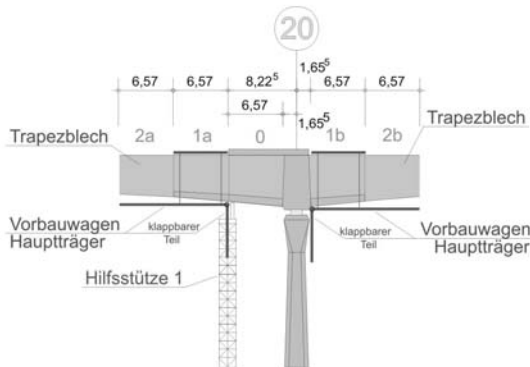


### Phase 3:

- Schalung für Obergurt einbauen;
- Obergurt betonieren.

### Phase 4:

- Schalung für Obergurt und Untergurt entfernen;
- Arbeitsplattform für BA 0 abbauen;
- Trapezbleche für BA 1a montieren, aussteifen.



### Phase 5:

- Vorbauwagen auf BA 1a und BA 1b;
- Herstellung Untergurt BA1a und BA1b;
- Trapezbleche BA2a und BA2b montieren und aussteifen.

### Phase 6:

- Vorbauwagen auf BA 2a und BA 2b;
- Herstellung Obergurt BA1a und BA1b;
- Vorspannung Obergurt BA1;
- Herstellung Untergurt BA2a und BA2b;
- Trapezbleche BA3a und BA3b montieren und aussteifen.

Bild 3.22: Bauphasen

Die zwischen den Stegen herzustellenden Teile des Kastenobergurtes werden auf manuell vorfahrbaren, separaten Schalungen hergestellt. Dies ist erforderlich, weil die im Kasteninnern vorhandenen Einbauten (Anker- und Umlenkstellen) ein Vorfahren eines Gesamtwagens zu aufwendig gestalten würden. Die im Bereich der Nachläuferschalung der Kragplatten vorhandenen Konstruktionsglieder des Schalwagens sind klappbar ausgebildet. Innerhalb des ersten Vorbaufeldes des jeweiligen Vorbauabschnittes erlaubt die beschriebene Konstruktion des Schalwagens folgende Arbeitsgänge:

- Vorbauwagen montieren und einrichten, Nachläuferbereich abgeklappt
- Untergurt des ersten Vorbauabschnittes herstellen
- Trapezbleche der folgenden Abschnitte montieren.

**Phase 6** In Phase 6 sind die in den jeweiligen Regel-Vorbauabschnitten ausführbaren Tätigkeiten angegeben:

- Nachläufer abklappen
- Vorbauwagen vorfahren
- Untergurt im Vorbaufeld herstellen
- Trapezbleche des folgenden Vorbaufeldes montieren
- Kasteninnenschalung in das vorhergehende Feld vorfahren
- Betonobergurt des vorherigen Feldes betonieren und vorspannen.

**Weiterer Ablauf** Die über den Freivorbau hinausgehenden Abschnitte der Endfelder werden mit Hilfe der Hilfsstützen 2 und 3 bzw. 4 und 5 frei vorgebaut (Bild 3.23). Nach Herstellung des Schlusstückes im Bereich des Hauptfeldes werden über gezielte Montagemaßnahmen die Schnittgrößen des Bauzustandes verändert.

Dafür werden die Hilfsstützen in den Seitenfeldern über Pressen hochgedrückt. Diese Maßnahme erzeugt im Hauptfeld ein positives Biegemoment. Die Anhebemaße sind so festgelegt, dass sich im Hauptfeld das Moment des Eingussystems des 3-feldrigen Durchlaufträgers einstellt. Dadurch wird eine Momentenumlagerung aus dem Kriechen des Betons weitgehend vermieden. Die Bandbreite der bei der Bemessung abzudeckenden Biegemomente wird reduziert und dadurch der Materialbedarf vermindert.

Die gesamte Herstellung des Überbaues wird durch ein umfangreiches Messprogramm begleitet. Dabei wird in jedem Bauzustand die sich aus der Tragwerksüberhöhung und der jeweiligen Eigengewichtsverformung ergebende Form des Überbaues kontrolliert und nach Auswertung der Messdaten bei Bedarf korrigiert.

### 3.2.7 Baukosten/Bauausführung

Es ist mit voraussichtlichen Herstellkosten von ca. 3.000 DM/m<sup>2</sup> zu rechnen. Bei Berücksichtigung der Stützweiten, der anspruchsvollen Formgebung und des Herstellverfahrens liegen die genannten Kosten demnach in einer Größenordnung, die auch bei einer Ausführung in herkömmlichen Bauweisen zu erwarten wären. Mit der Ausführung ist die Arbeitsgemeinschaft Talbrücke Altwipfergrund, bestehend aus den Firmen Walter Bau-AG, Niederlassung Brückenbau, Nürnberg und Costruzioni Cimolai Armando, Pordenone (Italien) beauftragt.

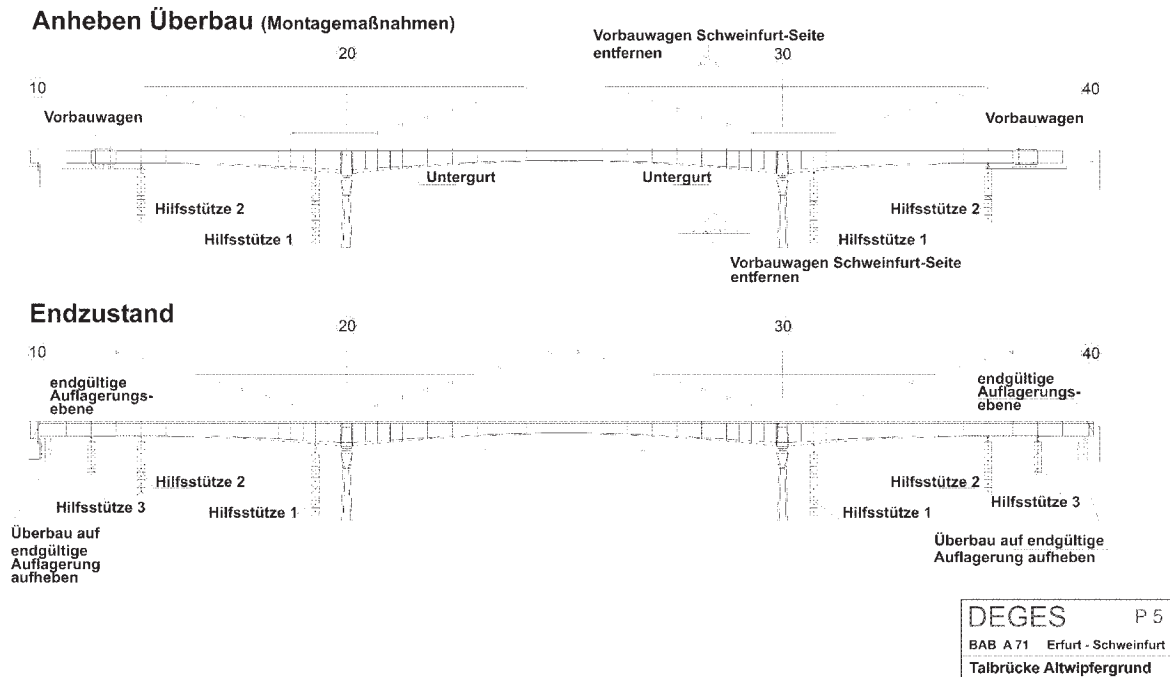


Bild 3.23: Momentenkorrektur mit Hilfsstützen

### 3.3 Erfahrungen mit der neuen Bauweise

Der Überbau Süd ist seit Oktober 2001 fertiggestellt. Er wird seither von Erdtransportern des Streckenbaues kontinuierlich befahren (Bild 3.24). Daher darf festgestellt werden, dass in der neuartigen Bauweise auch mit größeren Stützweiten anspruchsvoll gestaltete (Voutenträger), geometrisch (Grundrisskrümmung, Schiefe, unterschiedlich geneigte Kastenstege) und auch hinsichtlich des eingesetzten Bauverfahrens (Freivorbau) komplexe Bauwerke ohne ungewöhnliche Ausführungsschwierigkeiten bei sorgfältiger Vorbereitung und Planung zuverlässig und zielsicher herstellbar sind.

Bei der Talbrücke Altwipfergrund waren Vorbauzustände mit Kraglängen von bis zu 50 m und Montagehilfsmaßnahmen mit nennenswerten Veränderungen der Schnittgrößen des Hauptsystems zu bewältigen. Das Verformungsverhalten des hybriden Brückenträgers wird maßgeblich durch die gefalteten Stege beeinflusst und ist sehr komplex (Bild 3.25, 3.26). Die auch unter diesen schwierigen Bedingungen erreichte Gradientengenauigkeit bestätigt die hinsichtlich des Verformungsverhaltens des hybriden Querschnittes getroffenen Rechenannahmen. Natürlich sind Wirtschaftlichkeit und Dauerhaftigkeit einer Bauweise auch in hohem Maße von der Einfachheit ihrer Bauteile und Konstruktionsdetails abhängig. Die bei der Ausführung des Überbaues Süd diesbezüglich gesammelten Erfahrungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

#### Herstellung Trapezstege

Grundsätzlich erfordert das Herstellen von Trapezstegen keine anderen Arbeitsvorgänge, als bei der Herstellung von Hohlsteifen anfallen. Die Fertigung der bis zu 22 mm dicken Trapezstege der Talbrücke Altwipfergrund erfolgte mit vorhandenem Kantgerät durch die Stahlbaufirma Cimolai.



**Bild 3.24:** Fertiggestellter Überbau Süd



**Bild 3.25:** Beidseitiges Vorbauen von den Stützen aus





**Bild 3.26:** Herstellen des Schlusstückes

Bei einer Standardisierung der Biegeradien und der Formgebung sind zukünftig Trapezstege nach Herstellerangaben mit im Vergleich zu dem beim Pilotprojekt benutzten Verfahren mit deutlich reduziertem Aufwand herstellbar, weil bei diesen Voraussetzungen über Formmatrizen mit Mehrfachkantung in einem Arbeitsgang gefertigt werden kann.

#### **Stegdicke**

Die DASt-Richtlinie 015 ist momentan nicht für Erfordernisse des Großbrückenbaues konzipiert. Zum Beispiel ist die Bauhöhe der Träger derzeit auf 3,50 m begrenzt. Das nach Überarbeitung zu erwartende Einsparpotential wird mit 10 % bis 20 % eingeschätzt.

#### **Trägergurte**

Beim Pilotprojekt besteht zwischen Obergurtebene (Blech 800/20 mm) und Stegeebene kein rechter Winkel. Daher ergibt sich aufgrund der Formgebung der Stege eine geometrisch und schweißtechnisch aufwendige Nahtverbindung.

#### **Verbindungsmittel**

Bei Berücksichtigung des Verformungsverhaltens der Betonbauteile und der Stahlstege muss an den Verbindungsstellen der Bauteile eine Momentenbeanspruchung in Brückenquerrichtung beachtet werden. Herkömmliche Kopfbolzendübel sind bei dieser Beanspruchung wenig geeignet, weil bei gleichzeitiger Schubbeanspruchung eine mögliche Zugbeanspruchung der Dübel sehr begrenzt ist. Es befinden sich allerdings Verbindungsmittel in der Entwicklung, die neben Schubkräften auch nennenswerte Zugkräfte in den Beton übertragen können.

#### **Externe Vorspannung**

Der Anteil der externen Vorspannung kann ohne Nachteile für die Dauerhaftigkeit und Gebrauchseigenschaften ohne weiteres zu Gunsten einer erhöhten, im Verbund mit der Bodenplatte liegenden internen Vorspannung abgesenkt werden.

#### **Anker- und Umlenkstellen der externen Vorspannung**

Entsprechend dem bei Kastenträgern mit Trapezstegen vorhandenen Kräftespiel sind Umlenkkräfte auf

möglichst direktem Wege in die Stahlstege und Ankerkräfte in die Betonbauteile der Fahrbahn- und Bodenplatte einzutragen. Wegen der einfacheren Verbindungstechnik ist es vorteilhaft, Umlenkstellen in Stahlbauweise auszuführen. Sofern gleichzeitig nennenswerte Längskräfte einzutragen sind, kann eine Mischkonstruktion wirtschaftlich sein. Für den Eintrag von Ankerkräften der externen Vorspannung sind in den Stützenachsen vorhandene Querträger aus Stahlbeton geeignet. Aus den genannten Gründen werden beim Überbau Nord die Ankerstellen im Feld in Massivbauweise und die Umlenkstellen als Mischkonstruktionen ausgeführt.

### **Montagestöße**

Ein Freivorbau erfordert immer eine Vielzahl von Montagestößen, mit denen Richtungskorrekturen der anzubauenden Vorbauschüsse ausführbar sein müssen. Verbindungen in Form von Stumpfnähten kamen daher beim Pilotprojekt nicht in Betracht. Alternativ zu den ausgeführten Laschenstößen sind jedoch bei gleichen Bedingungen auch geschweißte Stoßausbildungen denkbar (z. B. überlappende Stege mit außen und innen liegender Kehlnaht).