

Die Svinesundbrücke – Zum Stahltragwerk

J. Hübner, F. Möller, U. Heiland

Zusammenfassung Der Bau der Svinesundbrücke erforderte für die Herstellung und Montage der Stahlkonstruktion Lösungen, die in ihrem Zusammenwirken neue Anforderungen an die Projektorganisation und die eingesetzten Verfahren und Technologien stellten. Nach ca. 18monatiger Bearbeitungszeit am Auftrag Svinesund wurde durch den Auftragnehmer für den Leistungsteil Stahltragwerk, Brückenbau Plauen GmbH, ein Generalunternehmer für die Fertigstellung seiner Leistungen beauftragt. Dieser Generalunternehmer, ThyssenKruppStahlbau GmbH, trat in die vertraglichen Pflichten für das Stahltragwerk ein, als ob er für den Vertragsteil Stahltragwerk von Beginn an hätte leisten müssen. Die Stahlbaumontage war durch eine Variation von unterschiedlichen Verfahren geprägt.

The Svinesundbridge – design of steal structure

Abstract From the cooperation of planning, production and erection of the Svinesund-Bridge, new requirements were asked from the Project management as well as from the applied Methods and Technologies. After a 18month period of planning and working on the steel structure by Brückenbau Plauen GmbH, a general subcontractor, the ThyssenKrupp Stahlbau GmbH, was entrusted with the accomplishment of the work. ThyssenKrupp Stahlbau GmbH took over all contractual responsibilities for the steel structure, formerly owed by Brückenbau Plauen, as if it was her entrustment from the beginning. The building of the Svinesundbridge was strongly influenced by several different methods of erection works.

Dipl.Ing. J. Hübner

Projektleiter, ThyssenKruppStahlbau GmbH

Dipl.Ing. F. Möller

Projektleiter Montage, ThyssenKruppStahlbau GmbH

Dipl.Ing. U. Heiland

Leiter Hochbau; ThyssenKruppStahlbau GmbH

1 Die Komponenten des Stahltragwerkes

Das Zusammenwirken der Tragwerkskomponenten Bogen – Stahlüberbau – Unterbauten bis hin zur Gründung ist in [1] und [2] erstmalig ausführlich dargestellt worden. Eine separate Betrachtung einzelner Bauteile dieses quasi integrierten Bauwerkes ist nur im Hinblick auf ihre Spezifika bei Bemessung, Ausführung, Fertigung und Montage sinnvoll. Unter diesem Aspekt werden nachfolgend die Komponenten des Stahltragwerkes vorgestellt.

2 Fahrbahnhohlkästen

2.1 Fertigung – Beteiligte

Die Fertigung erfolgte in Fertigungsbetrieben in Deutschland bei den Herstellern Stahlbau Plauen GmbH (Nachfolgefirma PST GmbH) und SAM GmbH, Cainsdorf.

Die Werkstattzeichnungen als Bestandteil der technischen Planung wurden als Eigenleistung der Brückenbau Plauen GmbH erbracht. Die Schnittstellen zur Fertigung wurden neutral über Stücklistenprogramme und weiter verarbeitbare Datenformate eingerichtet. Damit war die Arbeitsvorbereitung in den jeweiligen Fertigungsbetrieben zu erbringen. Die Schüsse 1–12 des Radien- bzw. Klotoidenbereiches, waren gemäß Montageablaufplanung zuerst zu fertigen. Die Fertigung wurde im Mai 2003 im Fertigungsbetrieb SAM Cainsdorf aufgenommen und im November 2003 beendet. Die Fertigung der Schüsse 13–28 erfolgte im Zeitraum September 2003 bis April 2004 bei PST (Lage und Geometrie der Schüsse siehe Bild 1).

2.2 Bauteilgliederung

Die Interaktion von:

- notwendiger Montagegeschwindigkeit (Planungsgröße 12 Monate),

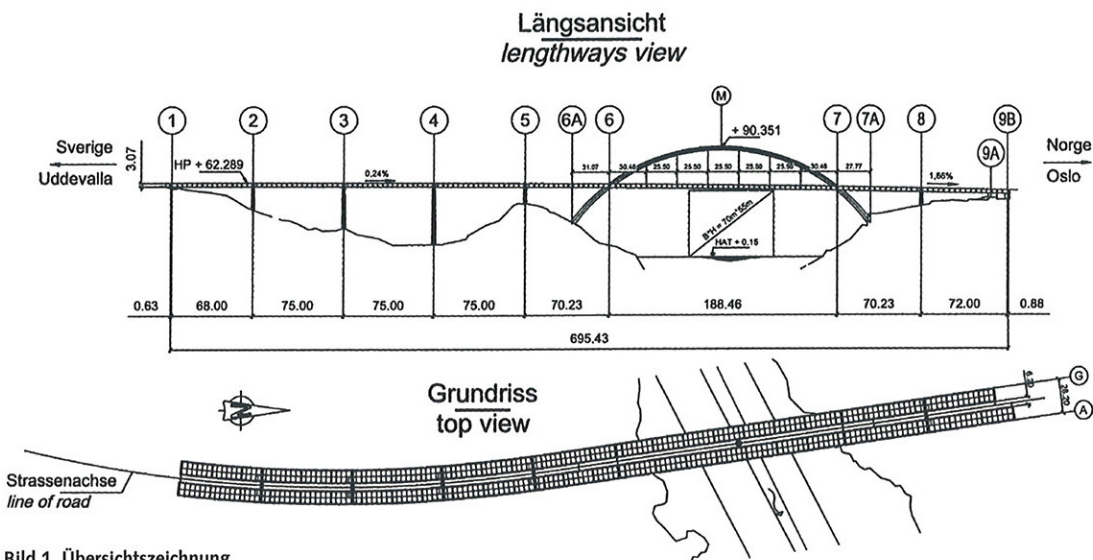


Bild 1. Übersichtszeichnung
Fig. 1. Overview drawing

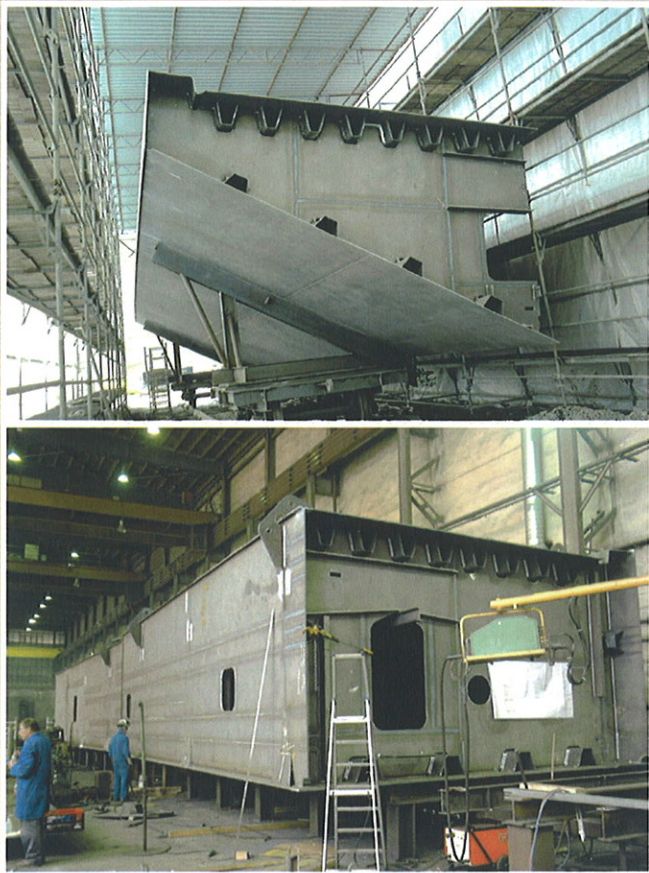


Bild 2. Seiten- und Hauptkasten in der Werkstattfertigung
 Fig. 2. Side-boxgirder and main-boxgirder in workshop

- transportlogistisch möglicher Bauteilgrößen,
- montagetechnischer Möglichkeiten und
- die realen Kran- und Fertigungskapazität der beteiligten Werkstätten

fürten zur nachfolgend beschriebenen Bauteilgliederung. Der ca. 700 m langen Brückenzug wurde in Längsrichtung in 28 Schüsse von durchschnittlich 25 m Schusslänge geteilt. Jeder Schuss teilte sich zudem in Querrichtung in insgesamt vier Bauteile auf, je zwei sogenannte Hauptkästen (rechteckiger Querschnitt) und zwei sogenannte Seitenkästen (trapezförmiger Querschnitt).

Hinzu kamen Auflagerquerträger in den Achsen 2, 3, 4, 5 und 8 sowie sechs Hängerquerträger unterhalb des Stahlbetonbogens. Insgesamt setzte sich der 700 m lange Stahlüberbau also lediglich aus $28 \times 4 = 112$ Schussbauteilen und 11 Querträgern zusammen (siehe ebenfalls Bild 1). Damit ergaben sich zunächst Maximalabmessungen mit $L/B/H = 28,0\text{m}/5,5\text{m}/3,2\text{m}$ bei ca. 120 t größtem Bauteilgewicht, das anschließend durch einen weiteren Stoß in Querrichtung reduziert wurde.

2.3 Fertigungsablauf und Fertigungsgeschwindigkeit

2.3.1 Fertigung der Stahlkonstruktion

Der Fertigungsdurchlauf begann mit Vorfertigung der orthotropen Fahrbahnplatte. Hierzu bediente man sich einer vor-einstellbaren Zulage, bei der die durch die Schweißungen zu erwartende Verwölbung des Bleches bei freier Verformung ausgeschlossen waren. Das führte zu einer von Nachrichtenarbeiten nahezu freien Zusammenbauabfolge.

Die Fahrbahnplattenoberseite wurde umgekehrt auf einer entsprechende Zulage nach den Vorgaben der spannungs-

losen Werkstattform eingerichtet. Im Abstand von ca. 4,5 m erfolgte der Anbau der Querträger, analog Seitenwände und das Bodenblech. Dieser Prozess erfolgte für Haupt- und Seitenkästen gleichzeitig.

2.3.2 Korrosionsschutz

Die schwedischen Vorschriften sahen außenseitig ein, nach schwedischer Normung, fünfschichtiges Korrosionsschutzsystem für maritimes Milieu vor. Es bestand aus $65\mu\text{m}$ Epoxidharz – Zinkstaub, $2 \times 80\mu\text{m}$ Epoxid – Eisenglimmer und $2 \times 60\mu\text{m}$ Polyurethan. Vier der Schichten, Epoxidharz – Zinkstaub, $2 \times$ Epoxid – Eisenglimmer und $1 \times$ Polyurethan, applizierte man gemäß Normung in den Werken. Die bei der Fertigung entstandene Verschmutzungen der Stahloberfläche aber auch die im schwedischen Seeklima denkbaren Salzablagerungen aus der Umgebungsluft auf Blechen waren gemäß schwedischer Normung unmittelbar vor der Strahlentrostung durch Waschen aller Stahlbauteile mit Hochdruckreiniger zu entfernen. Es wurde von dieser Forderung abgewichen, was zu Lasten einer Verlängerung der Gewährleistung für den werksseitigen Korrosionsschutz erreicht wurde. Alle mit Anstrich gegen Korrosion zu versehenen Kanten waren mit einem Mindestradius von 3 mm abzurunden. Das Pflichtenheft für den Stahlüberbau sah keinen Innenkorrosionsschutz für die Stahlhohlkästen vor. Der innenseitige Korrosionsschutz wird in diesem Bauwerk durch eine Luftentfeuchtungsanlage gewährleistet. Lediglich aus nutzertechnologischen Gründen erhalten die Innenseiten einen hellen Anstrich.

2.3.3 Fertigungsgeschwindigkeit

Die Fertigung erstreckte sich über einen Zeitraum vom Mai 2003 bis zum April 2004. Es wurde für die Bauteile der Schüsse 1 – 12 eine Fertigungsgeschwindigkeit von ca. 460 to/Monat (Gesamt ca. 3.200 to) und für die Bauteile der Schüsse 13 – 28 eine Geschwindigkeit von 560 to/Monat (Gesamt ca. 4.375 to) erreicht.

3 Qualitätssicherungsorganisation

Zur Qualitätssicherung wurde neben der Forderung, dass alle Lieferanten und Nachunternehmer nach ISO 9000ff den Nachweis einer Zertifizierung erbringen müssen, ein objektbezogenes Qualitätssicherungssystem für den Bau der Svinesundbrücke initiiert. Neben der Gewähr für die Organisation der Detailabläufe in jedem separaten Verantwort-

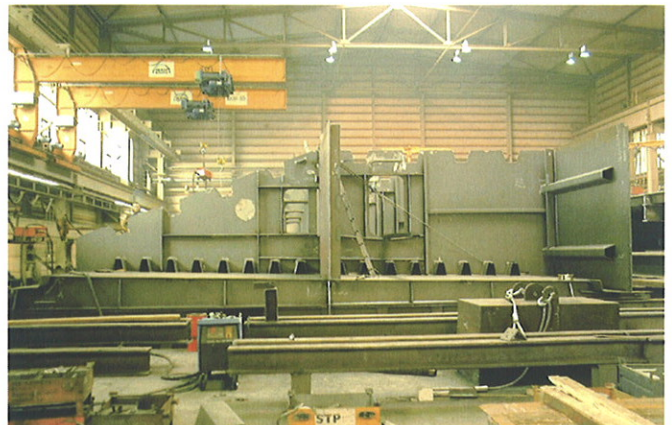


Bild 3. Zusammenbau des Seiten- und Hauptkastens
 Fig. 3. Assembling of side- and main-boxgirder

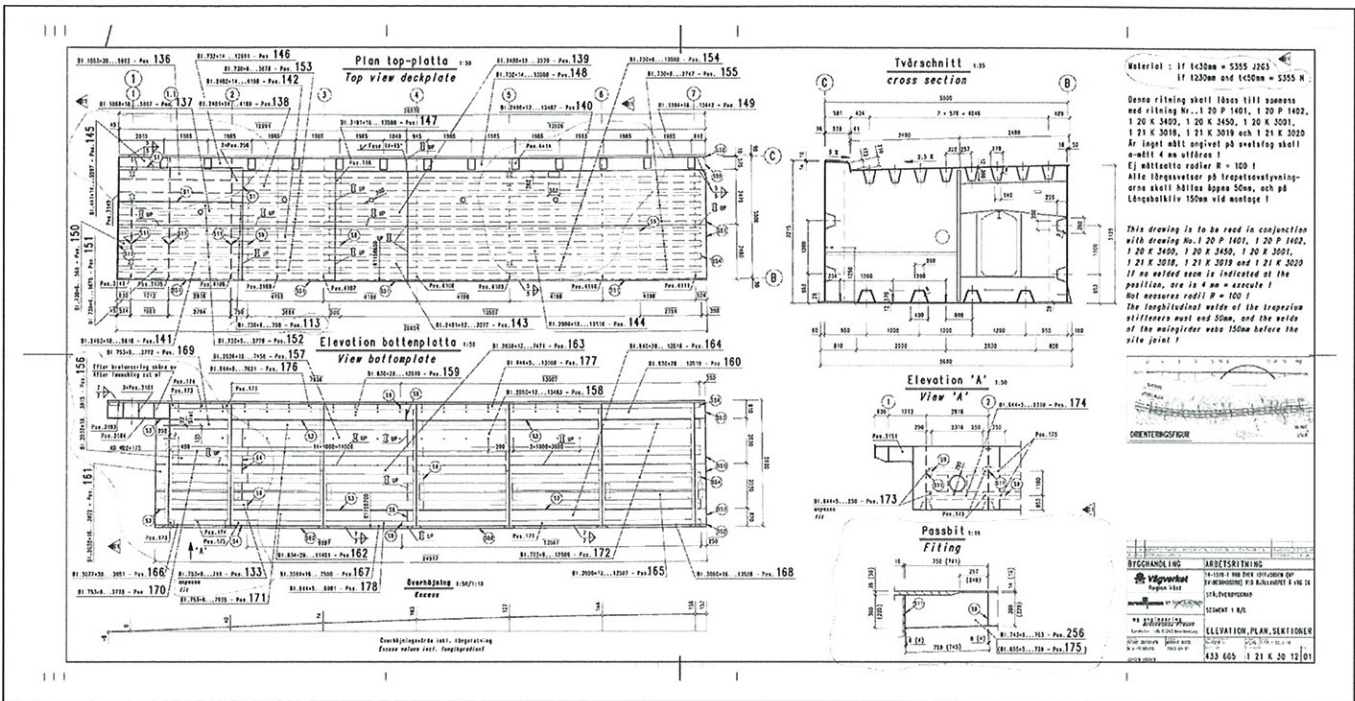


Bild 4. Beispiel: Zusammenbauzeichnung für Hauptkasten Schuss 1, Ost
Fig. 4. Example: Workshop drawing for main-boxgirder section 1, east

tungsbereich (Zertifizierung der Beteiligten) war durch ein übergeordnetes System von externen Kontrollmechanismen eine ineinander greifende, vernetzte Dokumentation von Abläufen und Überwachungen erreicht. Dies soll anhand der nachfolgenden Beispiele exemplarisch verdeutlicht werden.

3.1 Materialbeschaffung

Im weitesten Sinne vergleichbar mit der in Deutschland verwendeten Bauregelliste existiert in Schweden eine sog. „SBS“-Liste, in der zugelassene Hersteller von Halbzeugen und Endprodukten für die Bauindustrie aufgeführt sind. Mitglieder dieses Lieferanten-Pools haben für ihre Produkte (u.a.) fortlaufende Qualitätskontrollen durch akkreditierte Materialprüfstellen zu beauftragen. Die Auswahl an Lieferanten innerhalb dieser Liste ist gering.

Lieferanten außerhalb dieser Liste sind von der Zustimmung des Bauherrn abhängig, ungeachtet ihrer Eignung und ihres Leistungs- und Qualitätsstandards der ggf. innerhalb oder außerhalb Skandinaviens belegt ist. Für die Lieferung von Walzstahl - gleich welcher Güte - sind in jener „SBS“-Liste lediglich zwei Lieferanten zugelassen.

Von diesen Lieferanten ist Material ungeachtet der Güte mit 3.1b-Zeugnis zu liefern. Von allen anderen Lieferanten - die Zustimmung zum Einbeziehen dieses Lieferanten in das Projekt durch den öffentlichen Bauherrn Vägverket vorausgesetzt - ist das Material mit dem Nachweis des 3.1c-Zeugnisses zu liefern.

Zusätzlich ist im Rahmen einer Werkseingangskontrolle beim Verarbeiter des Walz-

stahls eine Schmelzanalyse des gelieferten Materials durchzuführen.

Analog verhält es sich mit Schweißzusatzstoffen, deren Zulassung sich in Schweden auf eine Liste der sog. „Svetskommissioner“ beschränkt.

Da jedoch in dieser Liste Schweißdrähte oder Elektroden des Umfangs, wie sie für die Schweißtechnologie des beschriebenen Bauwerks geplant (und erforderlich) waren, nicht enthalten sind, konnte beim Bauherrn auch die Zulassung der umfangreicheren dänischen Liste für Schweißzusatzstoffe erreicht werden.

3.2 Produktionsüberwachung

Das schwedische Normen- und Regelwerk sieht für Lieferanten von Stahlbauten eine Produktionsüberwachung durch einen „Stahlbaufachmann“ mit schwedischer Zusatzausbildung vor. Dieser wird in der Regel vom Bauherrn vorgeschlagen und ist dann vom jeweiligen Unternehmer zu beauftragen.

Aufgabe des schwedischen Stahlbaufachmannes ist es, die Produktion und Montage hinsichtlich der Einhaltung der schwedischen Normen zu überwachen.

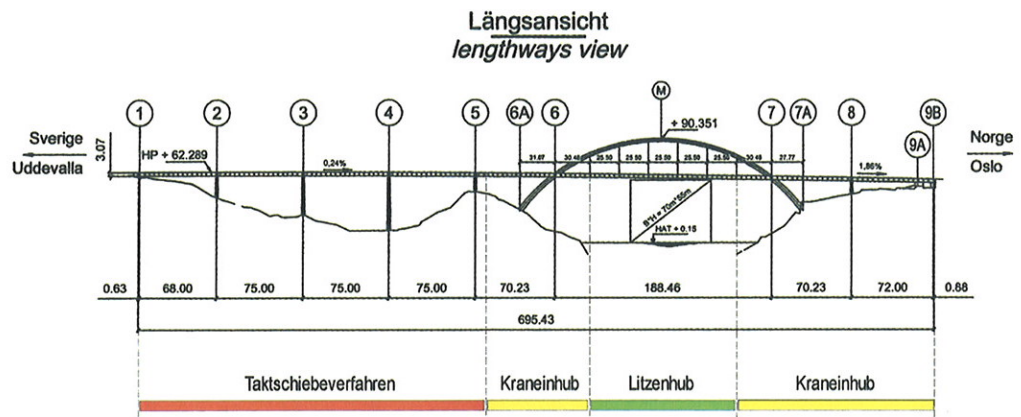


Bild 5. Übersichtsplan mit Darstellung der Montagephasen
Fig. 5. Overview, displaying different sequences of erection

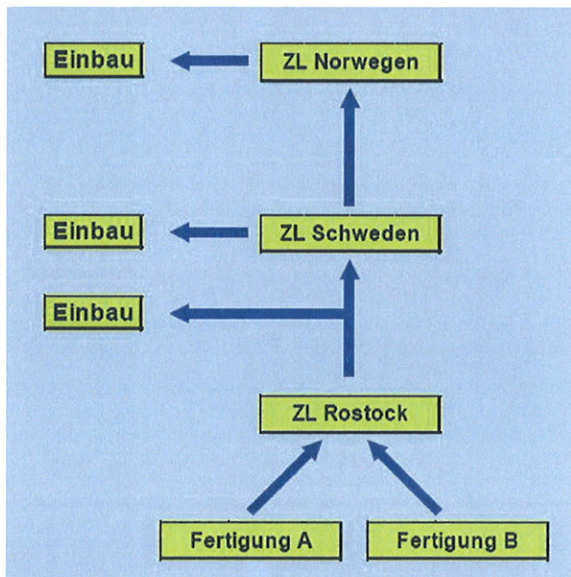


Bild 6. Transportlogistik
Fig. 6. Flowchart of logistic

Ein solcher Fachmann ist für die Stahlbautätigkeit sowie für den Korrosionsschutz zu engagieren. Alternativ kann durch eine entsprechende Ausbildung des eigenen Personals auf einen solchen Fachmann verzichtet werden. Lehrgänge hierzu finden regelmäßig in Schweden in Landessprache statt.

3.3 Eigenkontrolle (Basic Inspection)

Eine sog. Basic Inspection ist vom Lieferanten durchzuführen und zu dokumentieren. Sie entspricht weitestgehend dem, was auch im Rahmen der ISO 9001 von jedem zertifizierten Betrieb erwartet wird.

3.4 Zusatzkontrolle (Additional Inspection)

Im Gegensatz zur Basic Inspection ist die Zusatzkontrolle ausschließlich von unabhängigen Dritten, nämlich DAR-akkreditierten Materialprüfanstalten, durchzuführen. Diese sind, gleich den „Stahlbauspezialisten“, vom Lieferanten als Nachunternehmer zu beauftragen. Diesen Fremdüberwachern obliegt die fertigungsbegleitende Prüfung des Produktes hinsichtlich Schweißen, Korrosionsschutz und Maßhaltigkeit. Eine Redundanz zwischen Eigen- und Zusatzkontrolle ist hierbei natürlich und vom Regelwerk gewollt. Eine weitere Besonderheit der Zusatzkontrolle ist der Umfang der Prüfung von Schweißnähten. Die schwedische Normung fordert eine visuelle Prüfung (VT) aller Schweißnähte zu 100%, eine Ultraschall-Prüfung (UT) oder Röntgen-Prüfung (RT) von Stumpfnähten zu 100% und eine Farbeindring-Prüfung (PT) oder Magnetpulver-Prüfung (MT) von Kehlnähten zu 25% (der durch dynamische Belastung zu über 50% und durch statische Belastung zu über 70% ausgelasteten Bereiche).

Dieses gilt für Schweißungen im Werk oder auf der Baustelle gleichermaßen. Im speziellen Fall der Svinesundbrücke ist es durch den exemplarischen Nachweis der Qualität der Schweißnähte zu einem Prüfumfang der Stumpfnähte im Werk zu 50% gekommen. Alle Maßnahmen zur Qualitätsüberwachung sind in einem auf schwedische Normung abgestimmten Formularwerk festzuhalten. Dieses bildet zusammen mit den Materialzeugnissen und den übrigen bekannten Unterlagen die Hersteller-Dokumentation.

Takt	Schüsse	Verschublänge	Verschubgewicht
0	11, 12	11,36 m	666 t
1	10	25,00 m	957 t
2.1	9	25,00 m	1.245 t
2.2	8	25,00 m	1.496 t
3	7	75,00 m	1.747 t
4	4, 5, 6	75,00 m	2.536 t
5	1, 2, 3	76,83 m	3.337 t

Bild 7. Übersicht über die Taktschiebeabschnitte
Fig. 7. Overview launching sequences

3.5 Inspektionen durch den Bauherrn

Zusätzlich zur vorgenannten Überwachung erfolgten in regelmäßigen Abständen Inspektionen durch einen direkten Vertreter des Bauherrn Vägverket. Diesen Inspektionen folgte jeweils ein Rapport in dem das Ergebnis der Inspektion festgehalten wurde. Die Rapporte werden ebenfalls Bestandteil der Hersteller-Dokumentation.

4 Montage der Stahlkonstruktion

Die Montage des ca. 700 m langen Stahlüberbaus mit einem Gesamtgewicht von ca. 7.500 t erfolgte in drei Abschnitten (vergl. auch [5]) nach jeweils grundverschiedenen Verfahren: Taktschieben, Kranmontage und Litzenhub eines komplett vormontierten Brückenteils.

Die Planung und Ausführung der Montage wurde von zwei wesentlichen Randbedingungen beeinflusst:

- Zum einen bestand die Forderung des Bauherrn nach möglichst geringen Eingriffen in die Natur.
- Zum anderen stellte die außerordentlich schlanke Konstruktion (das betrifft die Anteile Massivbau und Stahlbau gleichermaßen) besondere Anforderungen an das Montagekonzept.

Die Anlieferung aller Bauteile wurde per Seetransport direkt zur Baustelle realisiert. Wie bereits die Verladung im Ostseehafen Rostock erfolgte auch die Entladung im Roll on – Roll off – Verfahren. Die dafür erforderliche Anlegestelle musste am schwedischen Ufer des Idefjords im unmittelbaren Baustellenbereich geschaffen werden. Mit Kamag-Transportern wurden die Bauteile auf dem Ponton übernommen, über Baustraßen zum Montage- oder Vormontageplatz gefahren und dort auf vorbereitete Unterkonstruktionen abgesetzt. Da in der Regel die Bauteile von drei kompletten Schüssen angeliefert wurden, waren im Baustellenbereich Zwischenlager einzurichten. Damit entstand folgende Abfolge von Transport- und Zwischenlagerschritten (Bild 6):

4.1 Taktschiebeverfahren

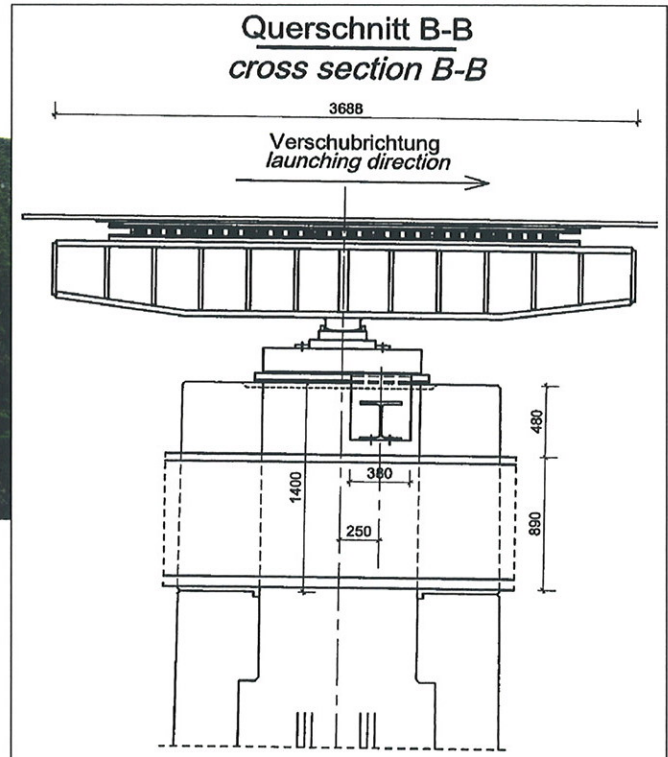
Im schwedischen Vorlandbereich wurde der Überbau bis zur Achse 5 im Taktschiebeverfahren montiert. Das Taktschieben hatte aufgrund der Brückengeometrie von Schuss 1–10 in einem Radius und von 11–12 in einer Klotoide zu erfolgen. Dieses bedingte eine Querverführung der Bauteile und ein Querversetzen der Verschublager an jedem Pfeiler. Die Einstellung der Klotoide wurde durch stetiges Querverschieben an den Pfeilern gewährleistet. Da die Breite der Pfeilerköpfe nur im Bereich der entsprechenden Pfeiler-Querträger eine Auflagerung des zweigeteilten Stahlüberbaus ermöglichte, waren die Pfeiler mit entsprechend dimensionierten Traggerüsten zu verbreitern. Die Schweiß- und Korrosionsschutzarbeiten erfolgten weitgehend witterungsunabhängig in einem stationären Wetterschutzel.



Bild 8. Verschublager und zugehöriges Foto
Fig. 8. Slide bearing, related picture

Die Schüsse 1 bis 12 wurden in sechs Takten zusammengebaut, abgeschweißt und bis zum Pfeiler 5 eingeschoben: Mit entsprechendem Vorlauf zu den Vershubphasen wurden die aus Fachwerkriegeln bestehenden und schwingend gelagerten Pfeilerkopfrüstungen montiert. Die jeweils am Fuß der Pfeiler 2, 3, 4 und 5 zusammengebauten Hilfskonstruktionen sind mit Litzenhebern nach oben gezogen und später analog wieder abgelassen worden.

Die Querjustierung des Überbaus erfolgte, indem der statisch nutzbare Querverschubweg des Verschublagers von ca. 260 mm im Zuge der Längsbewegung des Überbaus „abgefahren“ wurde. Anschließend wurde der Überbau mit 8 x 200 t Pressen angehoben und die Verschublager in ihre Ausgangsstellung in Bezug auf die Lasteinleitungsachse des Überbaus gebracht. Die Ausbildung der eingesetzten Verschublager und die relativ geringe Gesamtquerbewegung des Überbaus gestattete es, auf eine für solche Aufgaben entwickelte Lösung von querverschieblichen Längsverschublager zu verzichten. Diese Art Lager kamen unter anderem beim Vershub der Bahnbrücke Mühlacker oder dem zeit-



gleich durchgeführten Taktschiebebaustelle in Suhl (Deutschland, „Haseltalbrücke“) zum Einsatz (Bild 9)

4.2 Hubmontage

Die Montage des norwegischen Vorlandbereiches und die Weiterführung des Überbaus auf schwedischer Seite wurden bzgl. der Montageplanung, des Hilfskonstruktions- und Geräteeinsatzes zusammengefasst. Eingebettet in den gesamten Montageablauf (Realisierung der Terminvorgaben mit vertretbarem Aufwand) erwies sich die klassische Hubmontage als Vorzugsvariante. Die Suche nach einem geeigneten Hebezeug führte zwangsläufig zu einem Raupenkran. Letztlich wurde der LR 1750 gewählt. Angepasst an das Pfeilerraster und die Geländekontur sowie in Verbindung mit

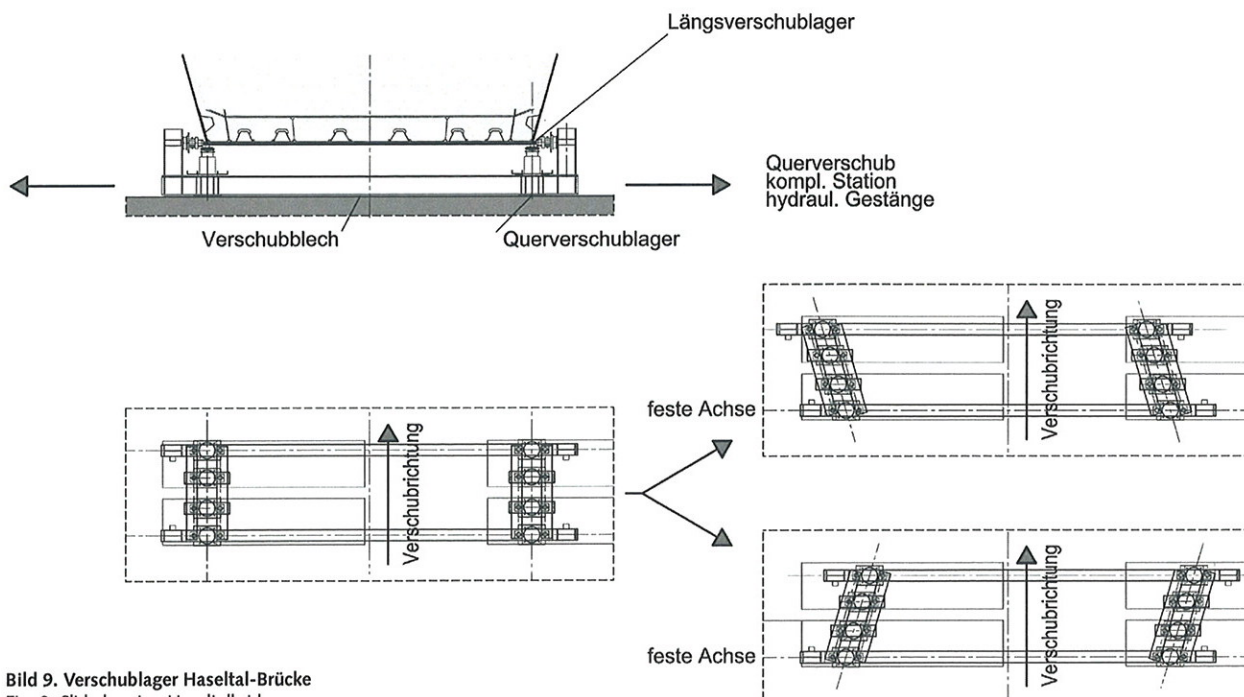


Bild 9. Verschublager Haseltal-Brücke
Fig. 9. Slide bearing Haseltalbridge



Bild 10. Pfeilerkopf- Gerüste und Hilfsstützen
Fig. 10. Auxiliary structure on pier head and stanchion



Bild 11. Am Bogen abgehängte Auflager- Fachwerkscheibe
Fig. 11. Supporting framework, hanging from the concrete arch

der Schuss- Einteilung des Überbaus wurden die Auflagerpunkte der Einzelbauteile geplant.

In drei Hilfsachsen (7'', 8' und 8'') wurden temporäre Stahlstützen montiert. Weiterhin dienten die beiden zur Abspannung des Stahlbetonbogens errichteten Hilfspylone nach deren Teil- Rückbau als Hilfspfeiler. Komplettiert wurde die Auflagerkonstruktion mit den Pfeilerkopfkrüstungen des ersten Montageabschnittes. Diese wurden nach Abschluss des Längsverschubes an den Pfeilern 2, 3 4 und 5 demontiert und umgesetzt. Zur Auflagerung des Überbaus am Bogen wurden im Bereich der Anschlusspunkte (Achsen 6 und 7) Fachwerkscheiben abgehängt. Sie waren an der Oberseite des Bogens mit entsprechenden Verankerungen aufzulagern.

Um den Anschluss an das per Litzenhub in Endlage zu positionierende Mittelteil zu ermöglichen, war auf norwegischer und schwedischer Seite jeweils ein Schuss über die vorgenannten Auflagerpunkte am Bogen hinauszuführen. Die Länge der betreffenden Schüsse 16 und 22 ergab sich somit zwingend aus der maximal möglichen Länge des Mittelteils von ca. 130 m. Als zweite Auflager für diese Schüsse dienten die vorab montierten Hänger 1 und 6 mit den zugehörigen Querträgern.

Nach Montage der oben beschriebenen Hilfskonstruktion (mit Ausnahme der Fachwerkscheibe am Bogenanschluss) begann Ende April 2004 der Aufbau des Raupenkranes LR 1750. Er wurde für die Montage des maßgebenden Schusses 22 (max. 75 t Bauteilgewicht und max. 91 m Ausladung) mit 49 m Hauptmast, 70 m Wippausleger und 420 t Superliftballast ausgerüstet.

Aufgrund der hervorragenden Passgenauigkeit der Bauteile und der exakten Vorbereitung diese Montageabschnittes konnte die Montage der Schüsse 22 bis 28 (Norwegen) und 13 bis 16 (Schweden) weitgehend reibungslos erfolgen. Die Hubmontage war stark witterungsabhängig. Windgeschwindigkeiten von mehr als 5 m/s, die insbesondere

bei den größeren Ausladungen nicht überschritten werden durften, erzwangen Unterbrechungen. Diese wurden durch flexible und auf die Witterung abgestimmte Arbeitszeiten ausgeglichen. Die schwersten Bauteile des Schusses 23 mussten für die Straßentransporte und aufgrund der Tragfähigkeitsgrenze des Kranes längs geteilt werden. Somit waren auf der norwegischen Seite insgesamt 31 Bauteile und (aufgrund der großen Ausladung) die o.g. Fachwerkscheibe mit dem Großkran zu montieren. Dafür wurde eine Bauzeit von vier Wochen benötigt.

Nach einer Umsetzzeit von nur sechs Tagen stand der Kran für die Restmontage auf der schwedischen Seite zur Verfügung. Dort war zunächst eine Hilfsbrücke als Montageauflager für die Schüsse 14 und 15 zwischen dem Bogenanschluss und dem Stahlbeton- Hilfspfeiler in Achse 5' zu montieren. Die übrige Hilfskonstruktion in Achse 5' und am Bogen entsprach der in Norwegen errichteten und wurde vorher mit Hilfe eines kleineren Kranes montiert. Die Montage der Schüsse 13 bis 16 mit einem Gesamtgewicht von ca. 1.000 t erfolgte (bis auf die Montagefolge) analog zur Hubmontage in Norwegen. Dort wurde am Widerlager mit

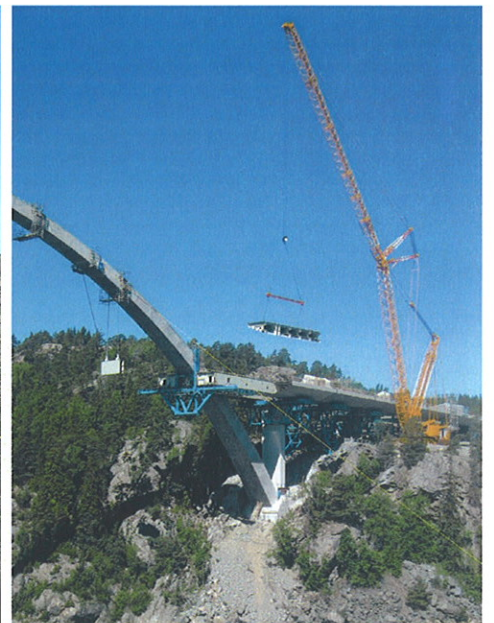


Bild 12. Großkranmontage Schweden/Norwegen
Fig. 12. Erection by lifting method with crane Sweden/Norway



Bild 13. Hilfsbrücke als temporäres Auflager bei der Hubmontage
Fig. 13. Small steel bridge, working as auxiliary support for lifted sections

Schuss 28 begonnen und die Bauteile kontinuierlich bis zum Schuss 22 aneinander gefügt. Dagegen startete die Hubmontage in Schweden mit Schuss 15 am Bogenanschluss.

Es wurden jeweils zuerst die inneren Hauptkästen (Achsen B/C und E/F) montiert und danach die äußeren Bauteile (Achsen A/B und F/G) angeschlossen.

Insbesondere bei der Montage der Bauteile, die ihre Lasten direkt oder indirekt über den Stahlbetonbogen abtragen, waren ständig die auftretenden Verformungen zu beobachten und mit den vorher berechneten zu vergleichen.

Die gesamte Hubmontage wurde einschließlich Umsetzen des Kranes, Montage der Hilfskonstruktion und Abschweißen der Konstruktion in ca. vier Monaten realisiert. Betrachtet man die Teilbereiche Norwegen und Schweden zusammen, wurde in dieser Bauzeit ein Brückenzug mit ca. 270 m Gesamtlänge, bestehend aus 49 Großbauteilen mit einem Gesamtgewicht von 2.800 to montiert.

4.3 Montage der Mittelteils

Um die Beeinträchtigung der Schifffahrt möglichst gering zu halten und eine symmetrische Belastung des Stahlbetonbogens zu gewährleisten, wurde die über dem Idefjord befindlichen Mittelsektion komplett vormontiert und im Litzenhubverfahren eingehoben. Der Zusammenbau erfolgte im nächstgelegenen Hafen, im norwegischen Halden. Dort wurde im Januar 2004 ein Vormontageplatz eingerichtet, welcher analog zur Baustellenmontage direkt auf dem See weg beliefert wurde. Auch dort war eine Entladung im RoRo-Verfahren und der Transport der Bauteile unmittelbar zum

Zusammenbauort mit Hilfe von Kamag-Fahrzeugen möglich. Im Februar und März 2004 erfolgte die Vormontage des aus den Schüssen 17 bis 21 bestehenden, 127,5 m langen Mittelteils.

Wie bereits im Taktkeller, wurde auch in Halden eine Wetterschutzhalle errichtet. Somit konnten die Schweiß- und Korrosionsschutzarbeiten störungsfrei ausgeführt werden. Nach dem anschließenden Korrosionsschutz erfolgte auch die Installation des für den Litzenhub erforderlichen Equipments auf dem Vormontageplatz.

Bis zum Beginn des Einhubvorgangs mussten die folgenden Voraussetzungen auf der Baustelle geschaffen werden:

- Die Schweißarbeiten an den Schüssen 16 und 22 einschließlich der darauf montierten Kragträger mit Litzenheber waren stahlbaumäßig komplett fertig zu stellen.
- Die Standsicherheit des Stahlbetonbogens war im Bauzustand mit vier Abspannungen gewährleistet. Zusätzlich mussten die bereits montierten Hänger 1 und 6 auf ca. 3.000 kN (je Hängerpaar) vorgespannt werden. Praktisch wurde dies durch Anheben der Hängeranschlüsse im Stahlbetonbogen realisiert. Der Hub am Hänger 1 betrug 90 mm, in Hängerachse 6 betrug er 47 mm.
- Die Anschlüsse des Überbaus an den Stahlbetonbogen waren fertig zu stellen. Dazu gehörten der Abschluss der Schweißarbeiten in diesem Bereich sowie die Betonage und der Einbau das Verspannen der Spannlitzen zum Bogen (Schnittpunkt Fahrbahntrog – Bogen)
- Die Längsverformung des Bogens, die sich infolge der Vertikalbelastung (des anzuhängenden Mittelteils) einstellen würde und die die angeschlossenen Fahrbahnbereiche in Richtung der Widerlager um ca. 50mm verschob, musste zwangungsfrei erfolgen. Zu diesem Zweck waren auf beiden Seiten des Bogens in der Fahrbahn Dilatationsfugen ausgebildet.

Da der Baustellenbereich nur fünf Tage für die Schifffahrt gesperrt werden sollte, war der gesamte Transport- und Einhubvorgang innerhalb dieser Frist auszuführen. Der Transport des auf zwei Pontons verladenen Mittelteils vom Hafen Halden zur Baustelle und das exakte Positionieren dieser Einheit unter dem Stahlbetonbogen nahm einen ganzen Tag in Anspruch. Dabei konnte im Bereich von drei Engstellen und Untiefen nur unter Beachtung der starken Strömung, nur mit Hilfe von Lotsen manövriert werden.

Das Einziehen der Litzen vom Mittelteil zu den vorbereiteten Anschlüssen des Mittelteils und am Stahlbetonbogen sowie die Fertigstellung der Litzenheber- Installation beanspruchten zwei Tage. Der eigentliche Hubvorgang war nach

Ansicht front view

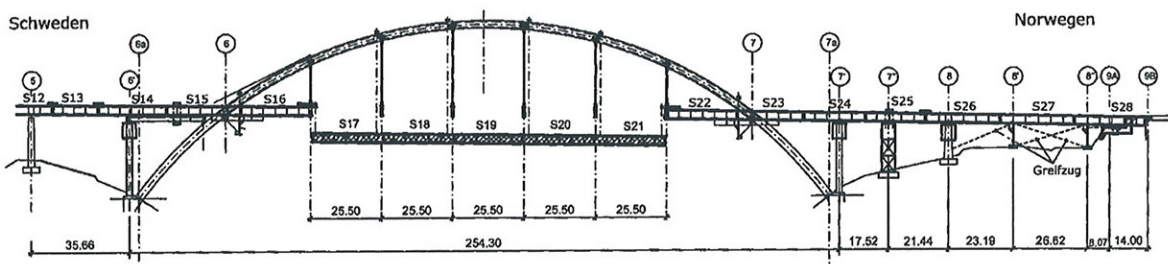


Bild 14. Mittelteilhub
Fig. 14. Lifting of middle section



Bild 15. Mittelteil auf Pontons beim Positionieren unter dem Bogen mittels Schubschiff und Seilwinden
 Fig. 15. Middle section on pontons. Alignment in the line of the arch by tugboat and winches

weiteren 1 ½ Tagen abgeschlossen. Mit Hilfe einer zentralen Steuerung aller zwölf Litzenheber konnte eine ständige Kontrolle der Litzenkräfte gewährleistet werden. Diese erfolgte, um eine symmetrische Belastung des Bogens zu garantieren. Acht Litzenheber waren am Brückenteil, dicht neben den Hänger-Achsen installiert. An den Stößen zu den bereits montierten Bauteilen (Schüsse 16 und 22) befanden sich vier Litzenheber auf oben auskragenden Trägern. Das Einstellen der Längsneigung erfolgte während des Hubvorgangs. Im Durchschnitt wurde eine Hubgeschwindigkeit von ca. 3,5 m pro Stunde erreicht. Das Hubgewicht einschließlich des mit dem Brückenteil zusammen gehobenen Equipments betrug 1.480 t.

Die Montage der Hänger-Seile und das Einrichten der Gradienten (mit Hilfe der bis dahin vorgehaltenen Litzenheber) erfolgte nach Aufhebung der Schifffahrtssperrung. Der Querstoß 21/22 wurde als Passstoß ausgeführt. In die Untergerüste und Stege waren ca. 300 mm Bleche einzupassen, die Passstücke der Fahrbahnbleche hatten eine Breite von ca. 3.000 mm. Am Querstoß 16/17 war nur das Fahrbahnblech in einer Breite von 400 mm einzupassen.

5 Seile

An der Svinesundbrücke werden vollverschlossene Seile mit einem Durchmesser von 94 mm und 270 Einzeldrähten eingesetzt. Die Seile wurden vier Dauerschwingversuchen in zwei unabhängigen Prüflaboren unterzogen. Die ursprünglich nach norwegischen Vorschriften durchzuführenden Untersuchungen wurden auf die Anforderungen der europäischen Normung transformiert.

6 Fertigstellung und Schlussfolgerungen

In der Zeit bis zum 30.4.2005, dem Vertragszeitpunkt für die Gesamtfertigstellung der Stahlkonstruktion, erfolgt die Installation der in den Fahrbahntrögen vorgesehenen Brückenausrüstung mit Luftentfeuchtungsanlage, Kabeltrassen, Entwässerungsleitungen mit Rohrbegleitheizung usw.. Die Korrosionsschutzarbeiten im Außenbereich werden abgeschlossen und die im Inneren der Tröge liegenden Flächen der Stahlkonstruktion erhalten eine helle Funktionsbeschichtung.



Bild 16. Einhub des Mittelteils
 Fig. 16. Lifting of the middle section

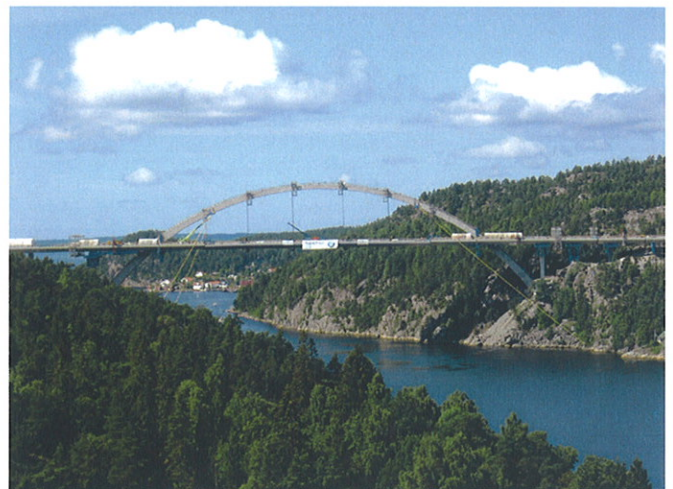


Bild 17. Brückenansicht
 Fig. 17. View to the bridge

Innerhalb von ca. zwölf Monaten Montagezeit (Juli 2003 – Juli 2004) wurde ein technisch anspruchsvolles und gestalterisch herausragendes Ingenieurbauwerk durch die ausführenden deutschen Stahlbauunternehmen (Brückenbau Plauen GmbH, Neu Isenburg und ThyssenKrupp Stahlbau GmbH, Hannover) stahlbaumäßig fertig gestellt. Die Gesamtbearbeitungszeit ist ein Beleg für die Leistungsfähigkeit der eingesetzten Verfahren.

Literatur

- [1] Oliver Fischer, Alfred Krill, Manfred Matthes: Die neue Svinesundbrücke im Zuge der Autobahn E6 von Göteborg nach Oslo; 3. Symposium Straßenbrückenbau, Februar Leipzig; 2003; Tagungsband
- [2] Peter Wagner: Die neue Svinesundbrücke im Zuge der Autobahn E6 von Göteborg nach Oslo; 3. Symposium Straßenbrückenbau, Februar Leipzig; 2003; Tagungsband
- [3] Jürgen Hübner, Frank Möller, Uwe Heiland: Die Svinesundbrücke im Zuge der E6 Die Montage des Stahltragwerkes; Stahlbaunachrichten 3/2004, Wiesbaden, September 2004