

Erfahrungssammlungen: Schäden an Stahl- brücken - wetterfeste Stähle - Seile

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Brücken- und Ingenieurbau Heft B 45



bast

Erfahrungssammlungen: Schäden an Stahl- brücken - wetterfeste Stähle - Seile

**Teil 1: Dokumentation über
Schäden an Stahlbrücken**

**Teil 2: Dokumentation und
Erfahrungssammlung mit Brücken
aus wetterfesten Stählen**

**Teil 3: Erfahrungssammlung
über die Dauerhaftigkeit von
Brückenseilen und -kabeln**

von

Arnold Hemmert-Halswick

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Brücken- und Ingenieurbau Heft B 45

bast

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

A - Allgemeines
B - Brücken- und Ingenieurbau
F - Fahrzeugtechnik
M - Mensch und Sicherheit
S - Straßenbau
V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt beim Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bgm.-Smidt-Str. 74-76, D-27568 Bremerhaven, Telefon (04 71) 9 45 44 - 0, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in Kurzform im Informationsdienst **BASt-Info** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos abgegeben; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

Impressum

Bericht zu den Forschungsprojekten

- 90204:** Dokumentation über Schäden an Stahlbrücken
92204: Dokumentation und Erfahrungssammlung mit Brücken aus wetterfesten Stählen
84209: Erfahrungssammlung über die Dauerhaftigkeit von Brückenseilen und -kabeln

Herausgeber

Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach
Telefon: (0 22 04) 43 - 0
Telefax: (0 22 04) 43 - 674

Redaktion

Referat Öffentlichkeitsarbeit

Druck und Verlag

Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10, D-27511 Bremerhaven
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0
Telefax: (04 71) 9 45 44 77
Email: vertrieb@nw-verlag.de
Internet: www.nw-verlag.de

ISSN 0943-9293

ISBN 3-86509-061-3

Bergisch Gladbach, Januar 2004

Kurzfassung – Abstract

Stahlbrücken – Schäden – wetterfeste Stähle – Seile

In diesem Bericht werden die Schlussberichte von drei Arbeitsprogrammprojekten der BASt zusammen veröffentlicht. Die Titel der Arbeitsprogrammprojekte sind:

- Dokumentation über Schäden an Stahlbrücken (Projekt 90 204/B2),
- Dokumentation und Erfahrungssammlung mit Brücken aus wetterfesten Stählen (Projekt 92 204/B2),
- Erfahrungssammlung über die Dauerhaftigkeit von Brückenseilen und -kabeln (Projekt 84 209/B2).

Teil 1: Dokumentation über Schäden an Stahlbrücken

Die Sammlung und Auswertung der häufig bei den betroffenen Baubehörden vorhandenen, aber meist nicht veröffentlichten ausführlichen Schadens- und Instandsetzungsberichte liefern vertiefte Informationen und Erkenntnisse, die anderen Verwaltungen für ihre Arbeit zur Verfügung gestellt werden können.

Die Dokumentation der Schäden wurde tabellarisch für das Brückensystem, die größte Spannweite, die Länge über alles, den Schaden, die Schadensursache und die Art der Instandsetzung vorgenommen. Es werden die Instandsetzungskonzepte bei Ermüdungsrissen, bei örtlicher Überbeanspruchung und bei Rissen infolge von Fehlern bei der Modellbildung geschildert. Bei geschwächten Querschnitten kann die Instandsetzung unter Anwendung von Injektionsschrauben erfolgen.

Die Konstruktionsart Stahlbrücke mit Trapezhohlprofilen kann insgesamt als ausgereift betrachtet werden. Es zeigt sich bisher, dass die fortentwickelte Konstruktionsweise mit Trapezprofilen als Längsrippen nicht die Nachteile der älteren Beispiele aufweisen, so dass bei neueren Brücken derartige Schäden nicht zu befürchten sind.

Teil 2: Dokumentation und Erfahrungssammlung mit Brücken aus wetterfesten Stählen

Wetterfeste Stähle, kurz auch als WT-Stähle bezeichnet, werden seit fast hundert Jahren herge-

stellt und weisen bei richtiger Anwendung hervorragende positive Korrosionsschutzeigenschaften auf. Sie haben einen erhöhten Widerstand gegen atmosphärische Korrosion durch Bildung einer Deckschicht auf der Stahloberfläche infolge Bewitterung.

Der Werkstoff WT-Stahl kann unter Beachtung der Verwendungsregeln für Brücken als geeignet angesehen werden. Der Einsatz von WT-Stahl an Brücken ist bereits unter Berücksichtigung nur einer einzigen Korrosionsschutzmaßnahme wirtschaftlich und macht schwierig durchzuführende Unterhaltungsmaßnahmen im Lichtraum von Eisenbahn und Schifffahrt überflüssig. Allerdings gibt es Vorbehalte wegen seines rostigen Aussehens und bei Publikumsverkehr unterhalb einer Brücke in WT-Stahl wegen herabtropfendem rosthaltigen Wasser.

Teil 3: Erfahrungssammlung über die Dauerhaftigkeit von Brückenseilen und -kabeln

Bei Brücken mit Seilen und Kabeln kommen in Deutschland bisher nahezu ausschließlich vollverschlossene Spiralseile (VVS) zur Anwendung. Im Ausland kommen bei Schrägseilen überwiegend Paralleldraht- und Litzenbündel zum Einsatz. Die Dauerhaftigkeit steht und fällt mit dem Korrosionsschutz.

Da in den Grundnormen keine Ausführungen zum Korrosionsschutz der Seile enthalten sind, wurden in einer Arbeitsgruppe die „Richtlinien für den Korrosionsschutz von Seilen und Kabeln im Brückenbau“ (RKS-Seile) erarbeitet, diese Arbeit wird mit der Erarbeitung eines Kapitels „Korrosionsschutz von Seilen und Kabeln“ für die „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten“ (ZTV-ING) fortgesetzt.

In das Regelwerk wurde durch die Beteiligten aus Verwaltung, Industrie und Wissenschaft der aktuelle Kenntnisstand eingebracht. Damit ist sichergestellt, dass bei der Anwendung die Akzeptanz durch alle Beteiligten gegeben ist. Durch die individuelle Gestaltung eines jeden Brückenbauwerks ergibt sich aufgrund der Größe der jeweils erforderlichen Maßnahme, dass zunächst detailliert geprüft und anschließend festgelegt wird, wie die notwendigen Instandsetzungsmaßnahmen ausgeführt werden.

Bei einer Erhaltungsmaßnahme an Seilen und Kabeln von Brücken stellen sich viele Fragen, die möglichst vor der Ausschreibung beantwortet sein

sollten. Diese Fragen traten bei der Bearbeitung dieses AP-Projektes auf und wurden am Beispiel der begangenen Brücken bearbeitet, so dass daraus Regelungen für den vorliegenden Entwurf für die ZTV-ING entwickelt werden konnten.

Damage to steel bridges – weathering steels – cables

This report is made up of the final reports of three BAST projects. The titles of these projects are:

- documentation of damage to steel bridges (project 90 204/B2);
- documentation and gaining of experience with bridges made of weathering steels (project 92 204/B2);
- gaining of experience with the durability of bridge cables (project 84 209/B2).

Part 1: documentation of damage to steel bridges

Building authorities have many detailed reports on damage and repair measures which have not been published; collecting and assessing these reports provide extensive information and knowledge which can be made available to other administrative bodies for their work.

The damage was documented in tabular form; the documentation covered the bridge system, the largest span, the overall length, the damage, the reason for the damage and the kind of repair work which was carried out. Descriptions are given of the concepts used for repairing fatigue cracks, local overstressing and cracks resulting from faults connected with the modelling. In the case of weakened cross-sections, repair work may be carried out using injection bolts.

Steel bridges with hollow trapezoidal stiffeners can be regarded as a fully developed construction type. To-date, the use of trapezoidal stiffeners, a further development in this type of construction, has not shown the disadvantages of the older examples, so that this kind of damage does not have to be feared in the case of newer bridges.

Part 2: documentation and gaining experience with bridges made of weathering steels

Weathering steels, also known by the abbreviation WT steels, have been manufactured for almost 100 years and have excellent corrosion protection

properties when used correctly. They have a greater resistance to atmospheric corrosion as they develop a covering on the steel surface when exposed to weathering.

WT steels can be regarded as suitable for use in bridges if rules for their use are observed. The use of WT steel for bridges is economically meaningful even if only one corrosion protection measure is considered, and makes difficult maintenance measures in the vicinity of railway and ships unnecessary. However there are some reservations because of its rusty appearance and because of the fact that, if there are pedestrians passing beneath such a bridge, water containing rust may fall on them.

Part 3: gaining experience with the durability of bridge ropes and cables

Practically all bridges with cables or ropes in Germany use fully locked coil ropes (vollverschlossene Spiralseile – VVS). The main type of cables used abroad for stay cables are bundles of parallel strands or wires or parallel wire strands. The durability of such cables is dependent entirely on the corrosion protection.

As the basic standards contain no regulations for the corrosion protection of cables, a working group drew up the „Codes of practice for the corrosion protection of ropes and cables in bridge construction“ (Richtlinien für den Korrosionsschutz von Seilen und Kabeln im Brückenbau); this work is being continued: a chapter on the corrosion protection of cables is being drawn up for the „Additional technical contract conditions and codes of practice for engineering structures“ (ZTV-ING).

The people involved in this process, who came from administration, industry and science, based the rules and regulations on state-of-the-art knowledge. This ensures that these rules are accepted by all parties involved. The individual design of each bridge and the scale of the required measure mean that detailed tests must be carried out before the necessary repair measures are decided upon and carried out.

Each maintenance measure concerning bridge ropes and cables poses a large number of questions which should, if possible, be answered before the call for tender is made. These questions occurred during the work on this project and were answered using the example of the inspected bridges, which then meant that it was possible to develop regulations for the draft of ZTV-ING.

Inhalt

Teil 1: Dokumentation über Schäden an Stahlbrücken	7	2.3.3	Brücken vor 1993 in den neuen Bundesländern	21	
1.1	Vorbemerkungen	7	2.3.4	Brücken nach 1993	23
1.2	Allgemeines	7	2.4	Untersuchung der Vergleichbarkeit von WT- und KT-Stählen	25
1.2.1	Problem und Zielsetzung	7	2.4.1	DAST-Ri von 1979	25
1.2.2	Vorgehen	7	2.4.2	WT-Stähle entsprechend DAST-Ri von 1993	26
1.3	Dokumentation der Schäden	8	2.4.3	WT-Stähle entsprechend DIN EN 10 155	26
1.3.1	Brücke 1	8	2.4.4	KT-Stähle	26
1.3.2	Brücke 2	8	2.4.5	Zusammenschau	27
1.3.3	Brücke 3	10	2.5	Ergebnisse	27
1.3.4	Brücke 4	10	2.6	Zusammenfassung	27
1.3.5	Brücke 5	12	2.7	Ausblick	28
1.3.6	Brücke 6	14	2.8	Ergänzende Tabelle/ergänzendes Bild	28
1.3.7	Brücke 7	14			
1.4	Instandsetzungen	15			
1.4.1	Beseitigung von Ermüdungsrissen	15			
1.4.2	Beseitigung von Rissen infolge Überbeanspruchung	15			
1.4.3	Instandsetzung der Risse infolge von Fehlern bei der Modellbildung	16			
1.4.4	Verstärkung von geschwächten Querschnitten unter Anwendung von Injektionsschrauben	16			
1.5	Ergebnisse	17			
1.6	Zusammenfassung	17			
1.7	Ausblick	17			
Teil 2: Dokumentation und Erfahrungssammlung mit Brücken aus wetterfesten Stählen	18	Teil 3: Erfahrungssammlung über die Dauerhaftigkeit von Brückenseilen und -kabeln	33		
2.1	Vorbemerkungen	18	3.1	Vorbemerkungen	33
2.2	Allgemeines	18	3.2	Allgemeines	33
2.2.1	Problem und Zielsetzung	18	3.2.1	Problem und Zielsetzung	33
2.2.2	Vorgehen	18	3.2.2	Vorgehen	33
2.2.3	Veröffentlichungen	18	3.2.3	Straßenbrücken in Deutschland mit Seilen oder Kabeln	33
2.2.4	Bisherige Arbeiten	19	3.2.4	Veröffentlichungen	35
2.3	Dokumentation ausgeführter Brücken	20	3.2.5	Korrosionsschutz	36
2.3.1	Allgemeines	20	3.2.6	Brückenseilbesichtigungsgerät (BSG)	36
2.3.2	Brücken vor 1993 in den alten Bundesländern	20	3.2.7	Elektromagnetische Prüfung	36
			3.3	Erfasste Schäden an Seilen und Kabeln	37
			3.3.1	Bauarten	37
			3.3.2	Schäden und Instandsetzungen an Seilen	37
			3.3.3	Schäden und Instandsetzungen an Kabeln	40
			3.3.4	Schäden und Instandsetzungen an Paralleldrahtbündeln	44
			3.4	Ergebnisse	44

3.5	Zusammenfassung	45
3.6	Ausblick	45
Literatur	46
Literatur zu Teil 1:		
	„Dokumentation über Schäden an Stahlbrücken“	46
Literatur zu Teil 2:		
	„Dokumentation und Erfahrungssammlung mit Brücken aus wetterfesten Stählen“	46
Literatur zu Teil 3:		
	„Erfahrungssammlung über die Dauerhaftigkeit von Brücken- seilen und -kabeln“	47

Teil 1: Dokumentation über Schäden an Stahlbrücken

1.1 Vorbemerkungen

Im Rahmen dieses BAST-Projektes sollten gezielt Schäden an Stahlbrücken erfasst und die Ergebnisse dieser Auswertung für die bauenden Verwaltungen verfügbar gemacht werden. Die im Auftrag des BMV erstellten Ausarbeitungen „Schäden an Brücken und anderen Ingenieurbauwerken“ [1.1, 1.2] und „Erhaltungsarbeiten an Brücken und anderen Ingenieurbauwerken von Straßen“ [1.3] sind dagegen umfassend angelegt und behandeln alle Bereiche des Brückenbaus. Ebenso zielt die in drei Ordnern enthaltene Loseblattsammlung „Sofortinstandsetzungsmaßnahmen an Brücken und anderen Ingenieurbauwerken der Bundesfernstraßen“ [1.4] in eine andere Richtung. Es soll und kann hier auch nicht Bericht erstattet werden im Sinne des BMV-Berichtes „Zweiter Bericht über Schäden an Bauwerken der Bundesverkehrswege“, Ausgabe 1995 [1.5]. Es sollen vielmehr auf der Grundlage der Auswertung der aufgenommenen Schäden ergänzende Hinweise zu Instandsetzungen von Schäden an Stahlkonstruktionen gegeben werden. Diese Hinweise können in ähnlich gelagerten Fällen nutzbringend verwendet werden. Darüber hinaus sollen die Ergebnisse auch der Verbesserung der konstruktiven Durchbildung an Neubauten dienen.

1.2 Allgemeines

1.2.1 Problem und Zielsetzung

Durch umfangreiche Kontakte mit den Straßenbauverwaltungen der Länder ist bekannt, dass nach längerer Nutzungsdauer gewisse systematische Schäden an Stahlbrücken auftreten. Im Rahmen der Brückenprüfungen werden regelmäßig Berichte über die Ergebnisse in Wort und Bild, inzwischen auch mit Laptop programmunterstützt angefertigt, die jedoch nur über die am Bauwerk vorgefundene Situation Auskunft geben und noch nicht den Ursachen gutachtenmäßig nachgehen können. Dies bleibt weitergehenden Untersuchungen vorbehalten, die intensiv in objektbezogenen Schadens- und Instandsetzungsberichten dokumentiert werden.

Die Sammlung und Auswertung der häufig bei den betroffenen Baubehörden vorhandenen, aber meist

nicht veröffentlichten ausführlichen Schadens- und Instandsetzungsberichte liefern vertiefte Informationen und Erkenntnissen, die anderen Verwaltungen für ihre Arbeit zur Verfügung gestellt werden können. In Ergänzung zu den bisher erschienenen drei Berichten des BMV [1.1, 1.2, 1.3] soll hier speziell für Stahlbrücken und den Stahlteil von Verbundbrücken herausgearbeitet werden, um welche Schäden es sich handelt, was im Detail die Ursachen der Schäden sind, wie sie konstruktiv zu vermeiden gewesen wären und wie andere Verwaltungen in ähnlich gelagerten Schadensfällen bei Instandsetzungen vorgehen könnten.

1.2.2 Vorgehen

Entsprechend der Projektbeschreibung waren folgende Schritte vorgesehen:

- Erfassung von Schadensdaten an Stahlbrücken bei den einzelnen Bauverwaltungen,
- Einteilung in Schäden an der Konstruktion (Konstruktions-, Werkstoff-, Verarbeitungs- und Instandsetzungsfehler),
- Erfassung von Einzelmerkmalen der Schäden zur Erkennung von systematischen Fehlern,
- Darstellung der durchgeführten Instandsetzungsmaßnahmen und Weitergabe an Verwaltungen, die gleich gelagerte Probleme haben, in Form eines Berichts.

Es sollte auch ermöglicht werden, Abmessungen der Konstruktionen und Konstruktionssteile zu vergleichen, die Dauer bis zum Schaden seit der letzten Instandsetzung zu bestimmen und andere Fragestellungen zu beantworten.

Die jeweils durchgeführten Instandsetzungsmaßnahmen sollten dokumentiert und bei Bedarf den betroffenen Verwaltungen zur Verfügung gestellt werden. Es hat sich gezeigt, dass es bei bestimmten Schäden schwierig und zeitaufwändig ist, technisch und wirtschaftlich befriedigende Instandsetzungsverfahren zu erarbeiten, so dass häufig bei ausgeführten Instandsetzungsmaßnahmen Nachbesserungen erforderlich wurden.

Es wurden folgende Schadensberichte gesammelt:

- Rheinbrücke A 40 (vormals A 2) Duisburg-Neuenkamp; Risse an der orthotropen Fahrbahnplatte [1.6],
- Elbebrücke Dömitz; Risse an Hängern [1.7],

- Rheinbrücke A 1 Leverkusen; Unterlagen zur Instandsetzung der Risse an den geschweißten „Sektkelchprofilen“ der orthotropen Fahrbahnplatte [1.8],
- Gutachten zu den Ursachen und den Instandsetzungsmöglichkeiten der Schweißnahtrisse in den Querverbandsanschlüssen der Donaubrücke Sinzing im Zuge der BAB A 3 Nürnberg-Regensburg [1.9],
- diverse Unterlagen zur Instandsetzung der Schweißnahtrisse an der Haseltalbrücke im Zuge der A 3 Frankfurt – Nürnberg [1.10, 1.11].
- Gutachten zu den Ursachen und den Instandsetzungsmöglichkeiten der Schweißnahtrisse an der Sinnthalbrücke im Zuge der A 7 Fulda – Würzburg [1.12].
- Ruhrtalbrücke Mintard; Risse an den Stegquerstreifen [1.13].

Es wird nicht auf die durch Versuche gestützten Berechnungen eingegangen, die der Ermittlung einer Restnutzungsdauer dienen [1.16], [1.17].

1.3 Dokumentation der Schäden

1.3.1 Brücke 1

Bild 1.3 zeigt einen Teilquerschnitt der Brücke 1. In Bild 1.2 sind die festgestellten Schadensarten in einer Übersicht zusammengestellt.

Brückensystem	Schräggabelbrücke einteilig mit einer Kabelebene
größte Spannweite	350 m
Länge über alles	777 m (Stahlüberbau)
Schaden	Risse an den Rippen (Sektkelchprofile) der orthotropen Platte
Schadensursache	Ermüdung (Überbelastung durch schwere LKW im rechten Fahrstreifen) mit Rissen sowohl in der Schweißnaht zwischen Deckblech und Rippe als auch in der Rippe; mangelhafte Schweißnahtvorbereitung, siehe Bild 1.1
Art der Instandsetzung	zunächst Anbohren der Rissspitzen, dann Schweißen der gerissenen Nähte bzw. Ersatz der gerissenen Abschnitte durch neue Profilabschnitte

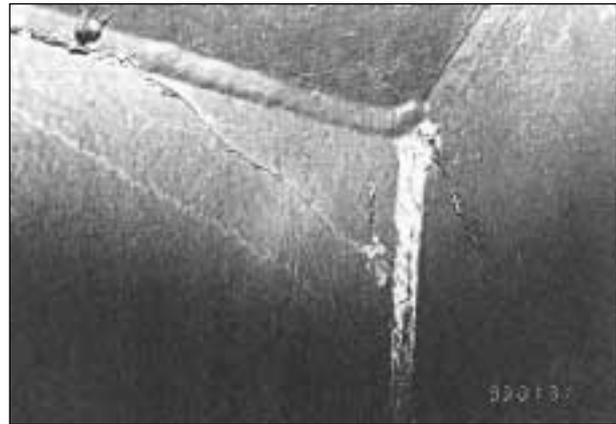


Bild 1.1: Riss

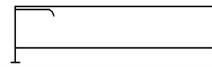
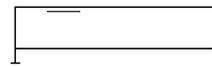
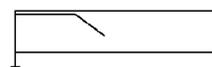
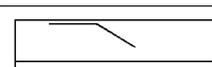
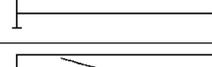
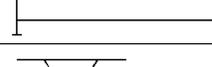
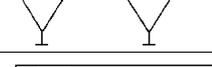
I		Schweißnaht am Quertträger beginnend
II		Schweißnaht in Längsnaht beginnend
III		Schweißnaht- und Blechriss am Quertträger beginnend in Richtung Feld abgeknickt
IV		Schweißnaht- und Blechriss in Längsnaht beginnend in Richtung Feld abgeknickt
V		Schweißnaht- und Blechriss in Richtung Quertträger abgeknickt
VI		Schweißnaht- und Blechriss in Richtung Quertträger abgeknickt, aber vor dem Quertträger endend
VII		Schweißnaht- und Blechriss nach beiden Seiten ins Blech abgeknickt
VIII		nur Blechriss
IX		Schweißnaht am Steganschluss Längsrippe an Quertträger
X		Riss im Deckblech
XI		Beule im Längsrippensteg

Bild 1.2: Schadensübersicht

1.3.2 Brücke 2

Brückensystem	Bogenbrücke mit untenliegender Stahlbetonverbundfahrbahnplatte (Bild 1.4)
größte Spannweite	178 m
Schaden	Risse im Bereich der Anschlüsse an mehreren Hängern, die als runde Vollstäbe ausgebildet sind (Bild 1.5)
Art der Instandsetzung	Schweißen der Risse, Einsetzen von dreieckigen Blechen, um den vorher steilen Übergang zwischen Rundstab und Aussteifungsblech abzuflachen, Dämpfung der Hänger (Bild 1.6)

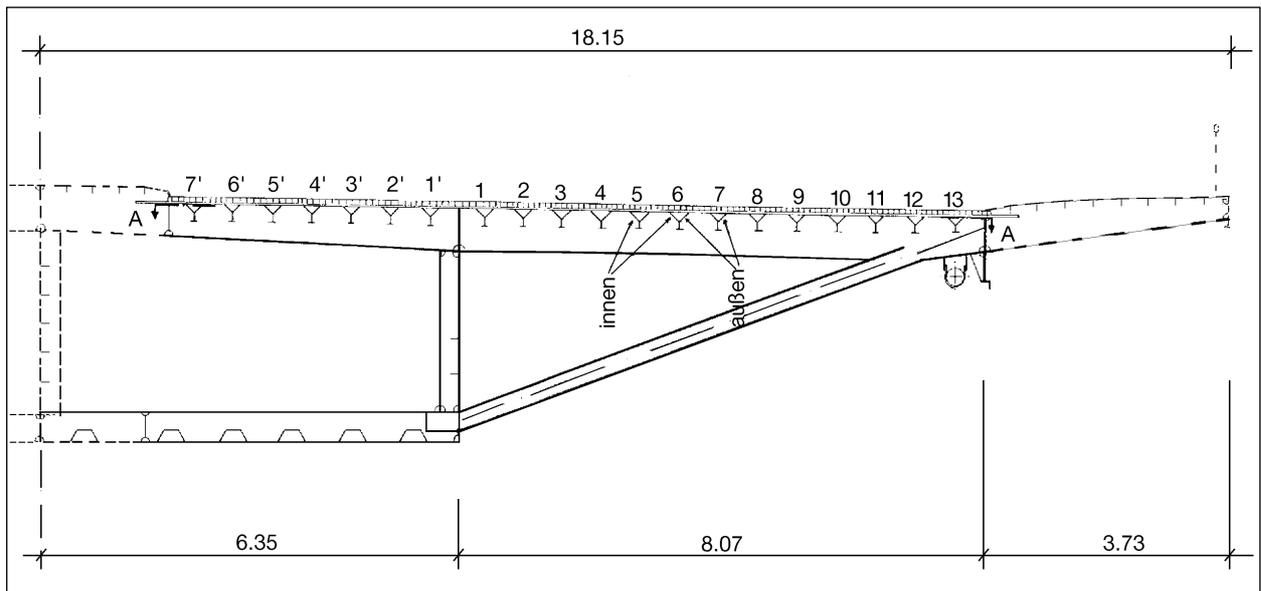


Bild 1.3: Übersicht Querschnitt



Bild 1.4: Brücke 2

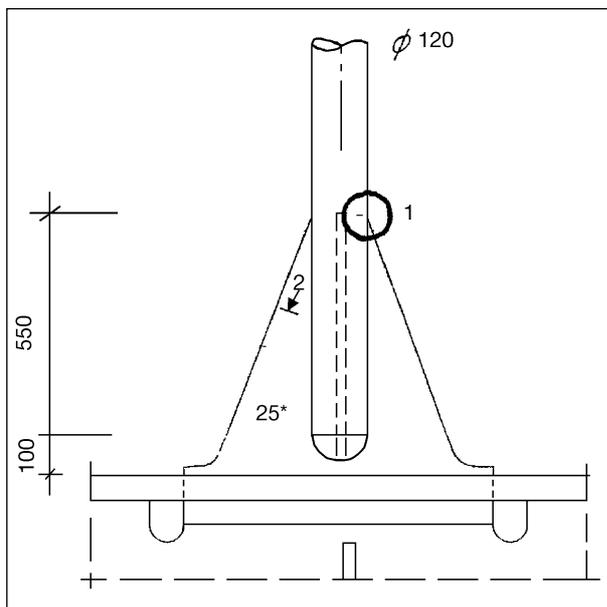


Bild 1.5: Hängerausstellung vor der Instandsetzung

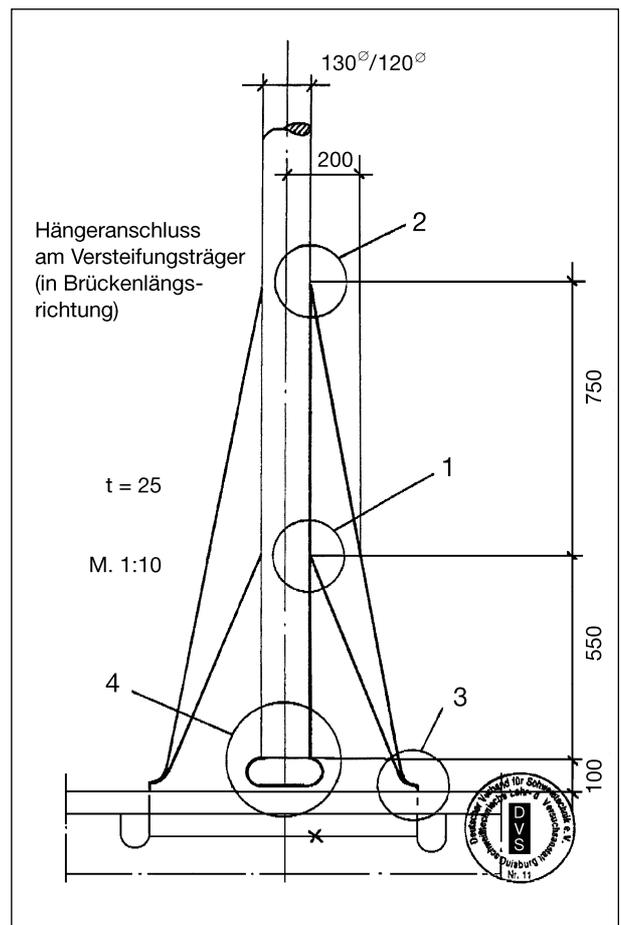


Bild 1.6: Hängerausstellung nach der Instandsetzung

1.3.3 Brücke 3

Brückensystem	Schrägkabelbrücke einteilig mit einer Kabelebene (Bild 1.7)
größte Spannweite	280 m
Schaden	Risse an den Längsrippen (Sektkelchprofile) der orthotropen Platte sowohl an den vertikalen Kehlnähten zwischen Rippe und Querträger als auch in den Halsnähten zwischen Deckblech und Rippe (Bild 1.8)
Schadensursache	Ungünstige Gestaltung des Knotenpunktbereichs, auf Querkzug beanspruchter Kreuzstoß mit Kehlnähten, Schrumpfspannungen führten wahrscheinlich bereits beim Zusammenbau zu geringen Anrissen
Art der Instandsetzung	Vergrößerung des Freischnitts beiderseits des Kelchfußprofils, dadurch einwandfreies Umschweißen des Kehlnahtbereichs möglich (Bild 1.9)



Bild 1.7: Brücke 3

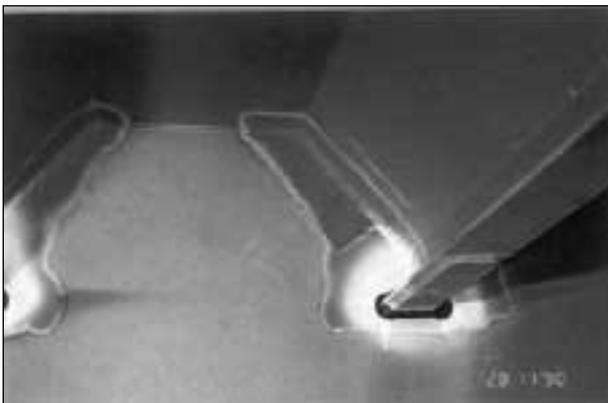


Bild 1.8: Rissuntersuchung der Schweißnähte mit dem Farbeindringverfahren



Bild 1.9: Vergrößerung des Freischnitts beiderseits des Kelchfußprofils

1.3.4 Brücke 4

Brückensystem	Durchlaufträger mit zwei getrennten Überbauten über 9 Felder (Bild 1.10 und 1.11)
größte Spannweite	130 m
Länge über alles	930 m
Schaden	Risse an den Schweißnähten der Querverbandsanschlüsse am Hauptträger (Bild 1.12)
Schadensursache	Überschreitung der zulässigen Spannungen, Knotenpunkte in der Statik als gelenkig angenommen, dadurch Beanspruchung in den Ecken durch Biegemomente nicht berücksichtigt
Art der Instandsetzung	Verstärkung der betroffenen Querschnitte (Bilder 1.13 – 1.15)



Bild 1.10: Seitliche Ansicht Hauptträger

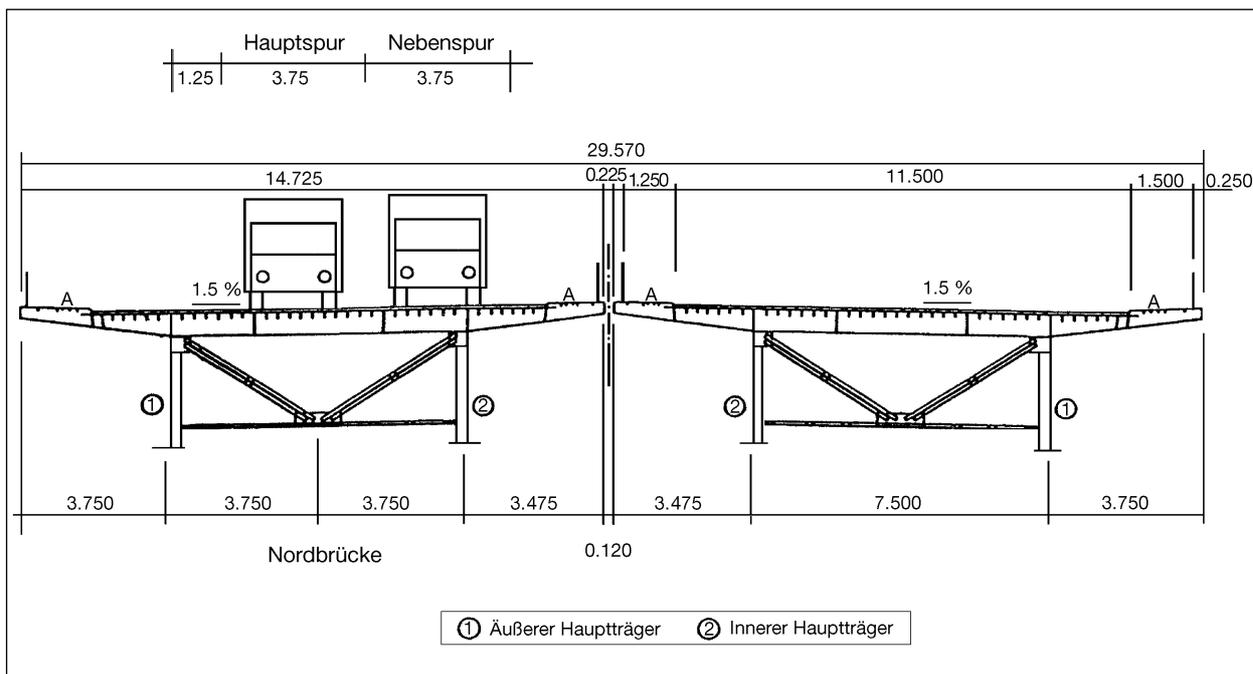


Bild 1.11: Querschnitt

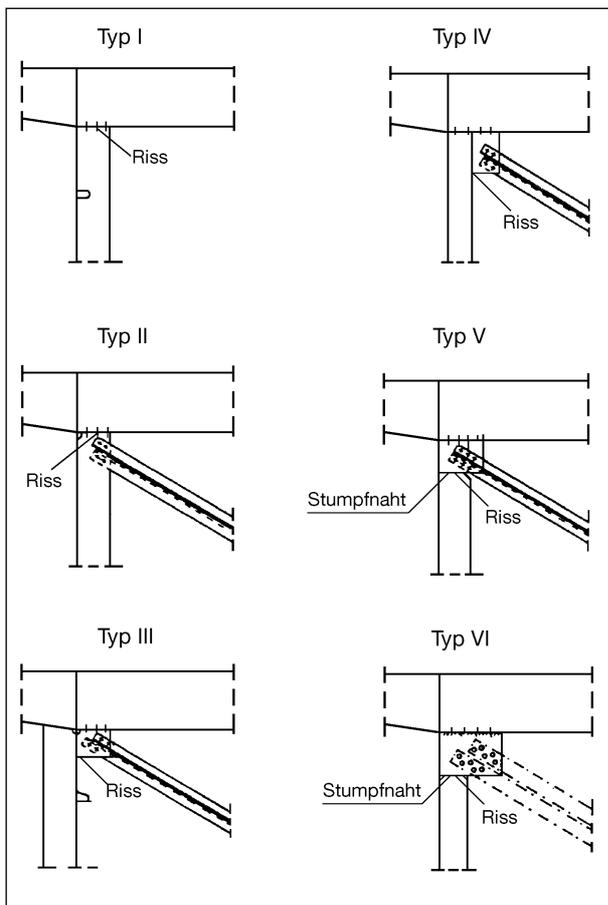


Bild 1.12: Rissorte Brücke 4



Bild 1.13: Verstärkung außen



Bild 1.14: Verstärkung innen an Querschnitt ohne Diagonale



Bild 1.15: Verstärkung innen an Querschnitt mit Diagonale

1.3.5 Brücke 5

Brückensystem	Durchlaufträger mit einem Überbau über 7 Felder, Querschnitt siehe Bild 1.16
größte Spannweite	101,60 m
Länge über alles	660,40 m
Schaden	Schweißnahtrisse oder -anrisse (s. Bild 1.19) an folgenden Stellen: Kehlnaht zwischen Querträgerflansch und Steg der Außensteife des Hauptträgers Kehlnaht zwischen Querträgerflansch und Flansch der Außensteife des Hauptträgers Kehlnaht zwischen Querträgerflansch und Innensteife des Hauptträgers Halsnaht zwischen Querträgersteg und -flansch, außen Stumpfnah der Längsrippe
Schadensursache	Modellfehler in der statischen Berechnung bzw. eine hierdurch beeinflusste ungenügende konstruktive Ausbildung der Verbindung der Hauptträgersteifen mit den Querträgern

Schadensursache Fortsetzung:	Nichtberücksichtigung von Biegemomenten in der Schweißnaht zwischen Hauptträgersteifen und Querträgerflansch infolge der Abtriebskräfte aus der waagerechten Krümmung der Hauptträgeruntergurte Temperaturunterschiede zwischen Außen- und Innenrand des Untergurtes des Hauptträgers mangelhafte Schweißnahtausführung in den Stumpfstoßen der Längsrippen Bemessung nur für 95 % der Gebrauchslasten, obwohl die Bedingungen der zugrunde gelegten Bestimmungen für diese Abminderung in der statischen Bemessung nicht erfüllt waren
Art der Instandsetzung	Verstärkung durch Einbau eines räumlichen Tragwerkes zwischen den Hauptträgern, bestehend aus einem Horizontalverband, Längsträgern und Querverbänden, welches nur durch Schraubverbindungen mit dem bestehenden Tragwerk verbunden wird, siehe Bild 1.17

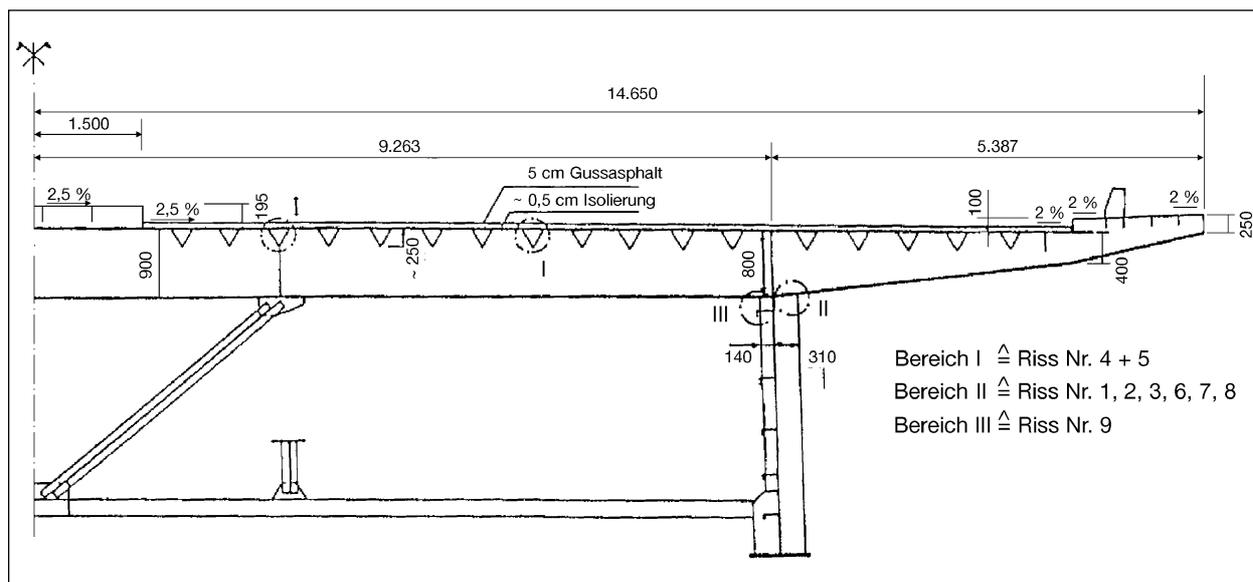


Bild 1.16: Halber Querschnitt Brücke 5

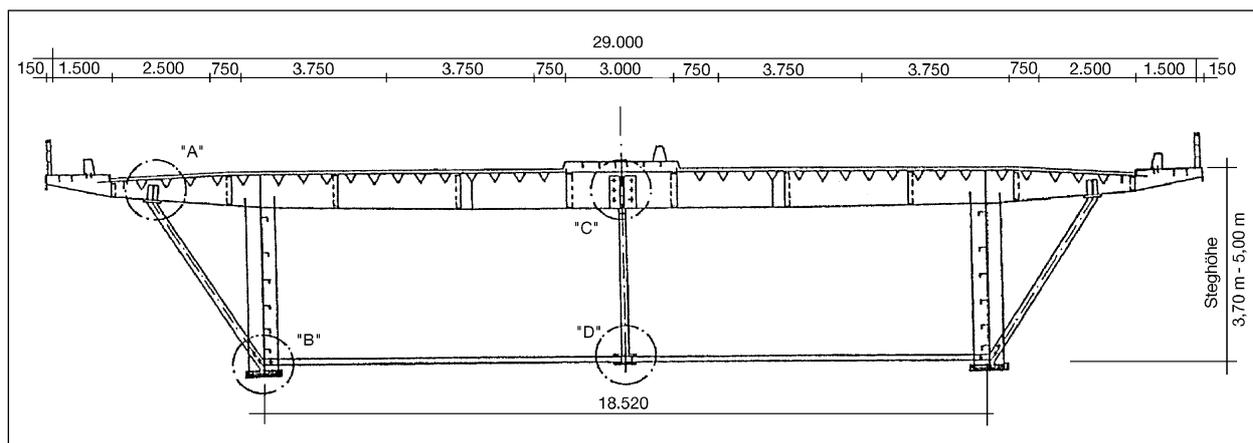


Bild 1.17: Verstärkung durch Einbau von Stäben zwischen „A“, „B“, „D“ und „C“

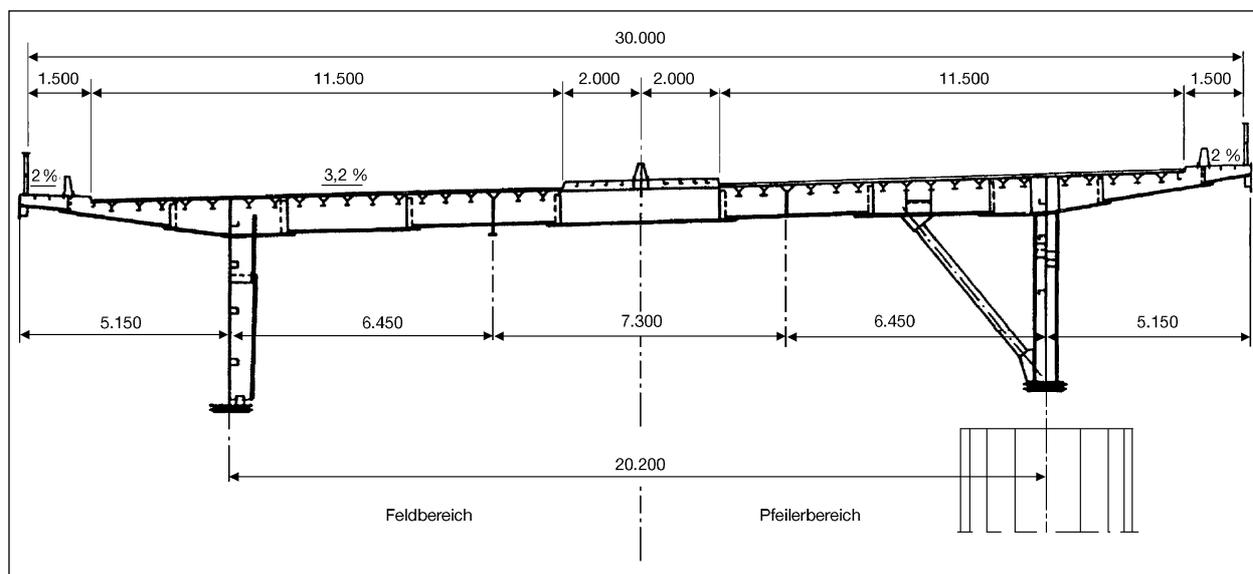


Bild 1.18: Querschnitt Brücke 6

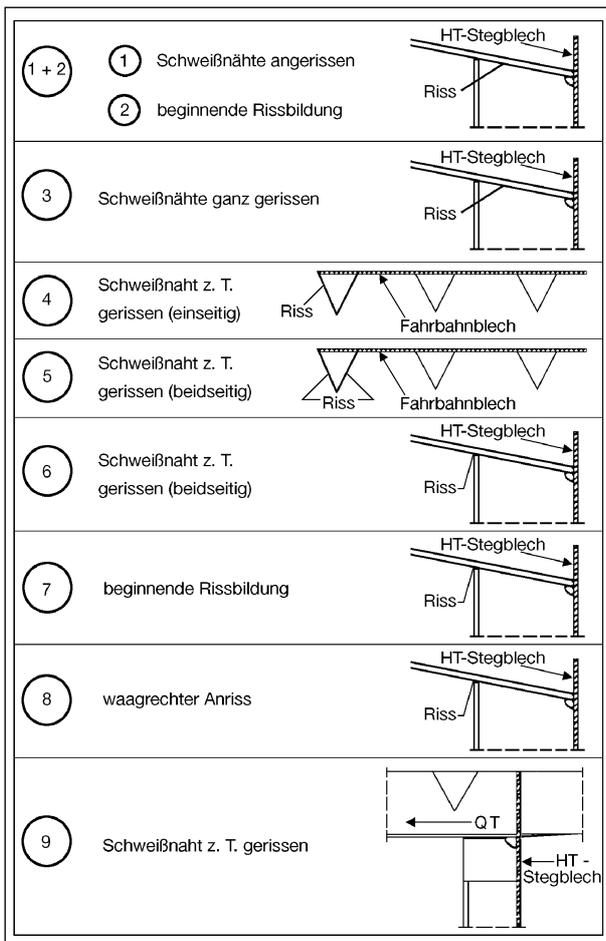


Bild 1.19: Rissorte

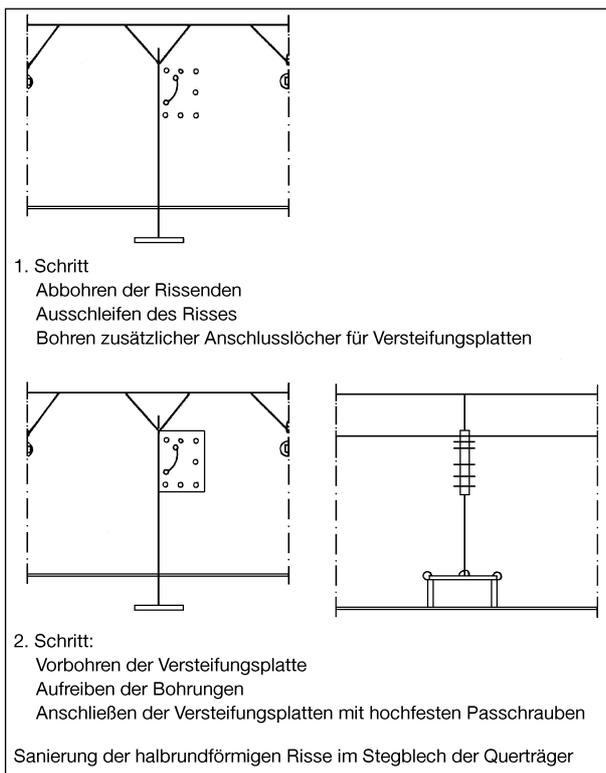


Bild 1.20: Rissorte und Instandsetzungskonzept Brücke 6

1.3.6 Brücke 6

Brückensystem	Durchlaufträger über acht Felder, orthotrope Fahrbahnplatte mit Längsrippen in Sektkelchform, Wulstflachstählen unter dem Mittelstreifen, Flachstähle unter den Fußwegen (Querschnitt siehe Bild 1.18)
größte Spannweite	110 m
Länge über alles	770 m
Schaden	Schweißnahtrisse am Anschluss der Längsrippen an die Querträgerstegbleche Stegblechrisse in den Querträgern in der Nähe der lastverteilenden Längsträger Schweißnahtriß zwischen Querträgersteg und Hauptträgerstegblech im Feld 1 Abreißen der Horizontalsteifen von den Vertikalsteifen der Hauptträger
Schadensursache	Anfangsschwierigkeiten bei der Werkstattfertigung und der Montage Überbeanspruchung der Fahrbahn durch überholende Schwerfahrzeuge
Art der Instandsetzung	Erneuern der Schweißnähte oder Verstärken oder Ersetzen der gerissenen Schweißanschlüsse der Horizontalsteifen durch eine SLP-Schraubverbindung je nach Schadensgruppe (siehe Bild 1.20)

1.3.7 Brücke 7

Brückensystem	Durchlaufträger über 19 Felder, orthotrope Fahrbahnplatte mit Längsrippen in Sektkelchform, Wulstflachstählen unter dem Mittelstreifen (Ansicht siehe Bild 1.21)
größte Spannweite	126 m
Länge über alles	1.800 m
Schaden	Schweißnahtrisse an folgenden Stellen: Anschluss Fahrbahn-Querträger zur Vertikalsteife des Hauptträgerstegs (Bilder 1.22 bis 1.24) Untere Rahmenecke an der Krafteinleitung der Schrägstrebe am Hauptträgeruntergurt Montagestoß („Fensterstoß“) der Fahbahnrippen
Schadensursache	Räumliches Tragverhalten in der Originalstatik nicht wirklichkeitsnah erfasst, keine Berücksichtigung eingeschränkter Betriebsfestigkeit am Anschluss Fahrbahn-Querträger zur Steg-Vertikalsteife, da dort auch Überlappungsstoß des Fahbahn-Querträgeruntergurtes
Art der Instandsetzung	Realisierung der in der Statik angenommenen Randbedingungen und der sich daraus ergebenden Verstärkungen



Bild 1.21: Gesamtansicht Brücke 7



Bild 1.22: Inneres des Kastenquerschnitts mit Rissort oben links an Rahmen ohne Diagonalaussteifungen

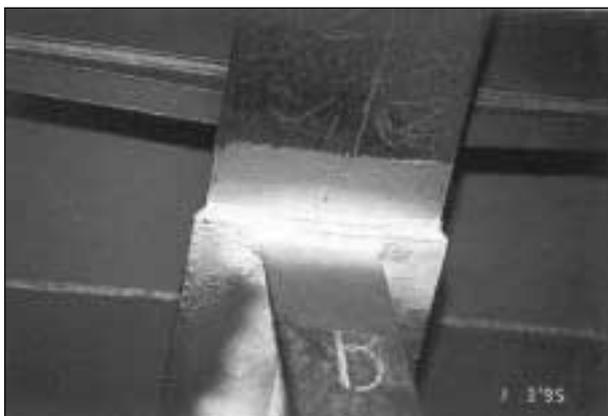


Bild 1.23: Riss in der Schweißnaht

1.4 Instandsetzungen

1.4.1 Beseitigung von Ermüdungsrissen

Bei fortschreitendem Risswachstum kommt es zunächst darauf an, den Rissfortschritt zu beenden, was durch ein Anbohren der Rissspitzen erreicht wird. Im Weiteren ist es wichtig, dass die Rissursachen beseitigt werden, was durch Schweißen der geschädigten Bereiche und Ver-



Bild 1.24: Steife mit Riss (oben)

stärkung der zu schwachen Querschnitte bzw. Neukonstruktion dieser Bereiche zu erreichen ist, so dass dort nicht mehr so große Beanspruchungen wie vorher auftreten.

1.4.2 Beseitigung von Rissen infolge Überbeanspruchung

Bei ungünstiger Gestaltung von Knotenpunktbereichen muss die örtliche Überbeanspruchung abgebaut werden. Dies wird z. B. dadurch erreicht, dass Verformungsmöglichkeiten geschaffen werden, wo vorher Durchdringungen relativ starr gestaltet waren, wie am Kreuzungspunkt von Sektkelchprofilen und Querträgerstegen. Dies geschieht relativ einfach durch Freischneiden mit größeren Öffnungen für die Durchdringungen. Wenn die Instandsetzung der Sektkelchprofile nicht zum gewünschten Ergebnis führt, kann ein abschnittsweiser Ersatz der orthotropen Platte mit Trapezhohlsteifen ratsam sein, wie sie bei Neubauten ausschließlich verwendet werden (siehe auch DIN 18809 [1.14]). Dort ist das folgende Konzept vorgesehen: Wenn die angegebenen Randbedingungen für die kon-

strukture Gestaltung mit Mindestabmessungen eingehalten werden, erübrigt sich ein rechnerischer Ermüdungsnachweis. Ein grundlegender Unterschied bei der konstruktiven Gestaltung zwischen der orthotropen Fahrbahn mit Sektkelchprofilen und Trapezhohlsteifen ist, dass die Trapezhohlsteifen an den Kreuzungspunkten mit Querträgern ohne Schwächung durchlaufen, während bei den Sektkelchprofilen lediglich der durchlaufende „Fuß“ bzw. nur eine durchgesteckte Lasche die Kraft- bzw. Momentenübertragung sicherstellt. Damit kann die Bauart mit Trapezhohlsteifen als ausgereifte Bauart angesehen werden, bei der die Nachteile der Sektkelchprofile nicht auftreten.

1.4.3 Instandsetzung der Risse infolge von Fehlern bei der Modellbildung

Hier müssen zunächst die Risse durch Schweißen beseitigt werden und anschließend Verstärkungen angebracht werden, um die Kraftaufnahmefähigkeit den Erfordernissen anzupassen.

1.4.4 Verstärkung von geschwächten Querschnitten unter Anwendung von Injektionsschrauben

Bei Materialverlust durch Korrosion und mangelnder Schweißbarkeit von Blechen ist die Anwendung von Injektionsschrauben empfehlenswert.

Injektionsschrauben sind Schrauben, welche eine Bohrung im Kopf aufweisen und deren mutterseitige Unterlegscheiben mit einer Kerbe, die in eingebautem Zustand einen Kanal bildet, versehen ist, so dass am Kopfloch injiziertes Epoxidharz bei einem Lochspiel von 2 bis 3 mm bei vollständiger Verfüllung an der Mutterseite austreten kann. Injektionsschrauben können bei relativ großem Lochspiel bei Beanspruchung auf Ermüdung eingesetzt



Bild 1.25: Injektionsschraube in Plexiglas

werden und erreichen dabei die Werte von Passschrauben. Wenn z. B. die Dicke von Stegen durch Korrosion abgemindert ist und die Brücke noch nicht erneuert werden soll, der Stahl aber nicht schweißbar ist, bietet sich eine Verstärkung mit Lamellen an, die mit Injektionsschrauben befestigt

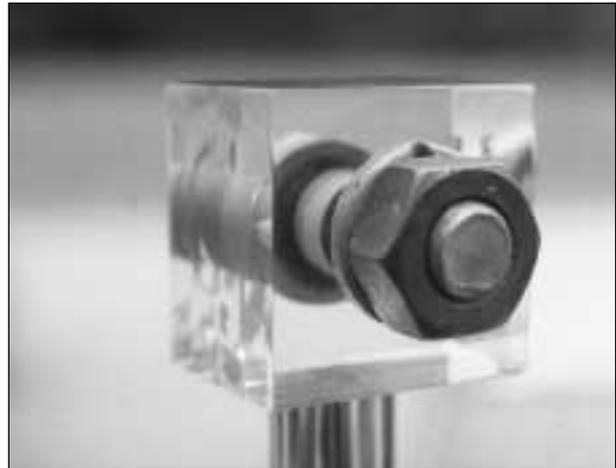


Bild 1.26: Mutter der Injektionsschraube, oberhalb der Mutter Unterlegscheibe mit Austrittsöffnung für Injektionsharz



Bild 1.27: Verstärkungsblech (links unten)



Bild 1.28: Einfüllung des Injektionsharzes

werden können. Bisher wurden Injektionsschrauben in Deutschland nur bei der Schlossbrücke in Oranienburg bei Berlin eingebaut, weitere Objekte bieten sich an.

1.5 Ergebnisse

Für Schäden an Stahlbrücken mit orthotropen Fahrbahnplatten wurden mit Erfolg Instandsetzungsmethoden entwickelt und ausgeführt. Das Konzept ist: Für Risse infolge Ermüdung und örtlicher Überbeanspruchung werden zunächst die Risse aufgehalten und anschließend die Ursachen für das Entstehen der Risse beseitigt. Dies gilt für die orthotropen Fahrbahnplatten mit so genannten Sektkelchprofilen.

Die Konstruktionsart Stahlbrücke mit Trapezhohlprofilen kann insgesamt als ausgereift betrachtet werden, siehe Kapitel 1.4.2. Speziell für die orthotrope Platte wurden in der Vergangenheit schon diverse Schadenszusammenstellungen vorgenommen, die jedoch nicht veröffentlicht wurden. Es zeigt sich bisher, dass die fortentwickelte Konstruktionsweise entsprechend DIN 18 809 [1.14] mit Trapezprofilen als Längsrippen nicht die Nachteile der o. a. älteren Beispiele aufweisen, so dass bei neueren Brücken derartige Schäden nicht zu befürchten sind. Bei Schäden an orthotropen Platten mit Sektkelchprofilen wurden Lösungsmöglichkeiten aufgeführt, wie aufgetretene Schäden beseitigt wurden. Wichtig ist dabei, dass die Ursachen der Schäden herausgefunden werden, da sonst auch nach erfolgter Instandsetzung die gleichen Schäden wieder auftreten. In den meisten Fällen läuft dies darauf hinaus, dass zu schwache Querschnitte verstärkt und in den Berechnungen angenommene Gelenke bzw. Verschiebungsmöglichkeiten so realisiert werden, dass Verformungsbehinderungen, die örtlich zu hohen Spannungskonzentrationen führen können, verhindert werden.

1.6 Zusammenfassung

Im Rahmen dieses Projektes war eine systematische Erfassung der Schäden durchzuführen. Es wurden Berichte gesammelt und gesichtet, die von mehreren Instandsetzungen an Brücken vorliegen. Als wesentliche Schadensgruppen stellen sich Schäden an der orthotropen Platte heraus und Schäden an anderen Bauteilen des Tragwerks (z. B. Anschluss Fahrbahn-Querträger zur Vertikalsteife des Hauptträgerstegs), die darauf zurückzu-

führen sind, dass das statische Modell zu weit von der Wirklichkeit entfernt war. Es werden Möglichkeiten zur Instandsetzung der Schäden aufgeführt, die mit Erfolg durchgeführt wurden.

1.7 Ausblick

Mit den erfassten Möglichkeiten im Umgang mit den aufgetretenen Schäden existieren Instandsetzungsmethoden, die eine Bestandssicherung der Bauart orthotrope Stahlfahrbahn mit Sektkelchprofilen eröffnen. Durch Verstärkungen von Plattenbalkenquerschnitten können die Ende der 60er Jahre Material sparend gebauten Stahlbrücken weiter für den Verkehr genutzt werden, wobei eine gründliche Erfassung der Schadensursachen Voraussetzung für ein erfolgreiches Konzept ist, damit neue Schäden nach der Instandsetzung vermieden werden.

Als sinnvoll in Zusammenhang mit Brückeninstandsetzungen wird die Klärung der Frage angesehen, inwieweit Schweißen unter Verkehr die Qualität der Schweißnähte beeinflusst. Bei jedem Bauwerk, bei dem diese Frage anstand, wurden jeweils immer wieder neue Probeschweißungen ausgeführt, um die Randbedingungen für eine hinreichende Qualität der Schweißnähte zu sichern.

Teil 2: Dokumentation und Erfahrungssammlung mit Brücken aus wetterfesten Stählen

2.1 Vorbemerkungen

Wetterfeste Stähle, kurz auch als WT-Stähle bezeichnet, werden seit fast hundert Jahren hergestellt und weisen bei richtiger Anwendung hervorragende positive Korrosionsschutzeigenschaften auf. Sie haben einen erhöhten Widerstand gegen atmosphärische Korrosion durch Bildung einer Deckschicht auf der Stahloberfläche infolge Bewitterung. Diese Eigenschaften erhalten die Stähle durch nennenswerte Zulegerungen von Chrom und Kupfer. Es wäre wünschenswert, wenn diese Vorteile der dadurch nicht erforderlichen Korrosionsschutzbeschichtung vermehrt auf breiter Basis für den Stahlbrückenbau nutzbar gemacht werden könnten.

Nach FISCHER [2.5] wurden bereits in den 1920er Jahren Stähle mit den WT-Stahl-Charakteristika hergestellt: Der Chrom- bzw. Kupfer-Gehalt war gegenüber den normalen Baustählen wie heute erhöht. Allerdings setzten sie sich nicht allgemein durch.

2.2 Allgemeines

2.2.1 Problem und Zielsetzung

Im Rahmen dieses BAST-Projektes sollten Erfahrungen an Brücken mit wetterfesten Stählen beim Bau und durch Beobachtung während der Nutzungszeit gewonnen werden.

Nach Einführung der Zustimmung im Einzelfall für die Anwendung des wetterfesten Stahles (WT-Stahl) für Straßenbrücken im Zuständigkeitsbereich des BMV im Jahre 1980 [2.3] war mit der Neuherausgabe der Richtlinie 007 „Lieferung, Verarbeitung und Anwendung wetterfester Baustähle“ des Deutschen Ausschusses für Stahlbau (DASt) im Jahre 1993 [2.1] die Bereitschaft zu erkennen, aus Wartungs- und Umweltschutzgründen vermehrt wieder WT-Stahl einzusetzen. Allerdings war und ist es notwendig, bei der Anwendung von WT-Stahl an Brücken die werkstofftypischen Grenzen in Bezug auf die Belastbarkeit und Dauerhaftigkeit zu erkennen und zu beachten.

Mit der Neuherausgabe der ZTV-K im Jahre 1996 [2.2] wurde das ARS von 1980 [2.3], welches die Zustimmung im Einzelfall für die Anwendung von WT-Stahl forderte, zurückgezogen, womit wieder WT-Stahl ohne eine Zustimmung im Einzelfall verwendet werden konnte.

Die bei den langfristigen Beobachtungen gemachten Erfahrungen sollten der Absicherung der Anwendung des Werkstoffes dienen und in die Fortentwicklung des Regelwerks einfließen. Dazu sollten als Pilot-Projekte erstellte Bauwerke in Kooperation mit den Straßenbaubehörden über längere Zeit von der Herstellung an beobachtet werden.

In den neuen Bundesländern gibt es mehrere Brücken aus korrosionsträgen Stählen (KT-Stählen), siehe Kapitel 2.8; es sollte geklärt werden, inwieweit diese Stähle den WT-Stählen vergleichbar sind und wie sie sich in der Anwendung bewährt haben.

2.2.2 Vorgehen

Entsprechend der Projektbeschreibung waren die folgenden Arbeitsschritte vorgesehen:

- Dokumentation von Brückenbauwerken aus wetterfesten/korrosionsträgen Stählen,
- Auswertung der Bauwerksdaten,
- Langzeitbeobachtungen der Bewährung von WT-/KT-Stahl an ausgewählten Bauwerken,
- Untersuchung der Vergleichbarkeit von WT- und KT-Stählen,
- Bericht,
- Berücksichtigung der Ergebnisse bei der Fortschreibung der DASt-Richtlinie 007,
- nach jeweils einer Laufzeit von vier Jahren sollte das Projekt dahingehend überprüft werden, ob die Durchführung als Dauerprojekt der BAST in der beschriebenen Form weiterhin sinnvoll ist.

Die ZTV-K Ausgabe 1996 eröffnen seit ihrer Einführung die freie Verwendung des WT-Stahls an Straßenbrücken, so dass sich jetzt erstmals nach gut vier Jahren freier Anwendbarkeit des WT-Stahls die Frage nach Fortführung des Projektes stellt.

2.2.3 Veröffentlichungen

Über die wetterfesten bzw. korrosionsträgen Stähle, kurz WT- oder KT-Stähle, ist bereits viel ge-

forscht und veröffentlicht worden, siehe Zusammenstellung von FISCHER/ALBRECHT [2.4] mit über 400 Titeln.

Eine Darstellung mit besonderem Gewicht bei Straßenbrücken geben FISCHER und SCZYSLO in [2.22].

Ein aktuelle Einschätzung zu den Chancen des WT-Stahles geben HUBO und SCHRÖTER in [2.23].

2.2.4 Bisherige Arbeiten

2.2.4.1 Untersuchung SCZYSLO/HEIN

Im Rahmen der Untersuchung „Korrosionsverhalten von WT-Stählen unter Tausalzbeanspruchung (FE 15.054 B 77 H)“ [2.6] wurden Bleche in den Mittelstreifen von Autobahnen und in einiger Entfernung davon zu Referenzzwecken über mehrere Jahre ausgelagert und jährlich ausgewertet. Es zeigte sich, dass trotz der salzhaltigen Feuchtigkeitsbeaufschlagung die Abrostungsraten der DAST-Ri 007 [2.9] nicht überschritten wurden. Damit stand einer Verwendung des WT-Stahls in unmittelbarer Nähe zum Straßenverkehr nichts mehr im Wege.

2.2.4.2 Weitergehende statistische Aussagen

Im Rahmen der Untersuchung „Weitergehende statistische Auswertung der Untersuchung zum Korrosionsverhalten von WT-Stählen unter Tausalzbeanspruchung (FE 15.054 B 77 H)“ [2.7] wurde versucht, statistische Zusammenhänge zwischen den registrierten Einflussgrößen zu finden. Es stellte sich heraus, dass zwischen den untersuchten Stählen Resista und COR-TEN keine wesentlichen Unterschiede in Bezug auf die Tausalzbeanspruchung auftraten. Dagegen waren bei den Umgebungsbedingungen Sonnenscheindauer (negative Korrelation mit den Differenzen der Abrostungsraten), relative Feuchte (positive Korrelation), Salzstreumenge (positive Korrelation), Temperatur (kein eindeutiger Zusammenhang) Abhängigkeiten feststellbar.

2.2.4.3 Untersuchungen über wetterfeste Baustähle im Brückenbau

Im Auftrage der BAST wurden „Untersuchungen an sechs Verbundbrücken mit einer Stahlkonstruktion aus wetterfestem Baustahl“ [2.19] durchgeführt. Es ergab sich, dass sich diese bis zum Jahr 1980 entstandenen Verbundbrücken für die Ausführung in

WT-Stahl eignen, dass aber in einigen konstruktiven Details Schwächen anzutreffen waren.

Im Auftrage der Studiengesellschaft Stahlanwendung wurde von FISCHER/ROXLAU eine Untersuchung zur Bewährung der WT-Stähle durchgeführt [2.18]. Es wird berichtet, dass festgestellt werden kann, „dass bei Brücken aus wetterfestem Baustahl konstruktive und ästhetische Mängel, die in der Vergangenheit auftraten, durch korrosionsschutzgerechtes Konstruieren vermieden werden können. Wirtschaftlichkeitsvergleiche zeigen, dass die Anwendung wetterfester Baustähle volkswirtschaftlichen Nutzen bringt. Abschließend ist festzustellen, dass eine vermehrte, sachgerechte Anwendung wetterfester Baustähle im Brückenbau aus ökologischer, wirtschaftlicher und ästhetischer Sicht vorteilhaft ist“.

2.2.4.4 Empfehlungen für die Anwendung von WT-Stahl

Zusammen mit dem Bundesbahnenamt bzw. nachfolgend mit der DB AG und mit der Bundesanstalt für Wasserbau wurden Empfehlungen erarbeitet, um über die DAST-Ri 007 [2.1] hinaus speziellen Anforderungen an Brücken gerecht zu werden.

Im Einzelnen waren dies:

- zu Abschnitt 2: Für tragende Bauteile von Brücken aus wetterfestem Stahl sind nur Stahlsorten entsprechend Abschnitt 2 der DAST-Ri 007 zugelassen. Die chemische Zusammensetzung ist durch eine Schmelzenanalyse gemäß Tabelle 3 der DIN EN 10 155 [2.12] nachzuweisen;
- zu Abschnitt 4: Bei der Bestellung muss vereinbart werden, dass das Herstellverfahren dem Besteller bekannt gegeben wird;
- zu Abschnitt 5.2: Der Aufschweißbiegeversuch nach SEP 1390 [2.13] ist gemäß BN 918 002 [2.14] durchzuführen und nachzuweisen;
- zu Abschnitt 8.2: Es ist ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1C entsprechend DIN EN 10204 vorzulegen. Die Prüfungen sind entsprechend BN 918 002 [2.14] durchzuführen;
- zu Abschnitt 10: Es gelten die ZTV-K, Abschnitt 8 „Stahlbau“;
- zu Abschnitt 10.1: Die Abrostungszuschläge nach Tabelle 2 für Brücken sind stets vorzuse-

hen, dabei ist immer „schwere“ Korrosionsbelastung anzunehmen;

- zu Abschnitt 10.2.1.1: Die am Bauwerk sichtbaren Oberflächen müssen durch Strahlen mit mineralischen Strahlmitteln entzundert werden;
- zu Abschnitt 10.2.1.2: Soweit Korrosionsschutzmaßnahmen durch Beschichtungen vorgesehen sind, sind die Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Korrosionsschutz von Stahlbauten (ZTV-KOR) [2.12] zu beachten;
- zu Abschnitt 10.2.5: Für den Korrosionsschutz geschraubter Verbindungen und die Beschichtung bei gleitfesten Verbindungen gelten zusätzlich die ZTV-KOR [2.12] und die einschlägigen Bestimmungen;
- zu Abschnitt 11: Die Nullmessung ist bei Fertigstellung des Bauwerks durchzuführen;
- zum Anhang 4: Die im Anhang 4 gegebenen Empfehlungen zum korrosionsschutzgerechten Gestalten von Bauten aus wetterfestem Stahl und die Anwendungsgrenzen sind konsequent zu beachten. Während der Montagezeit sind bei vorübergehenden Bauzuständen durch geeignete Maßnahmen Schäden und Verschmutzungen zu verhindern.

2.3 Dokumentation ausgeführter Brücken

2.3.1 Allgemeines

Das Jahr 1993 stellt insofern für den WT-Stahl in Deutschland einen Einschnitt dar, als in diesem Jahr die aktuelle Neuauflage der DAST-Ri 007 [2.1] erschien, die umfangreiche zweckdienliche Hinweise zur Anwendung des WT-Stahls im Stahlhochbau gab. In den 1970er Jahren waren zahlreiche Objekte insbesondere im Stahlhochbau (nicht im Brückenbau) realisiert worden, bei deren konstruktiver Ausbildung nicht ausreichend auf die Materialeigenschaften des Stahls Rücksicht genommen worden war. Bei Fassadenverkleidungen von Bürogebäuden mit WT-Stahlblechen bildeten sich Durchrostungen und unterhalb der Bleche rosthaltige Ablagerungen nach Abtropfen direkt benetzter Flächen. Dies brachte den Stahl in Misskredit. Zusätzlich wurden Zweifel an seiner Dauerhaftigkeit laut, die sich aber nicht bewahrheiteten, siehe [2.15].

2.3.2 Brücken vor 1993 in den alten Bundesländern

Im Jahre 1977 war eine Anzahl Brücken über den Mittellandkanal begangen und fotografisch dokumentiert worden. Im Jahre 1997 wurden einige der Brücken erneut begangen, siehe [2.20] und Bilder 2.1 – 2.5. Es zeigte sich, dass der Einsatz der WT-Stähle insgesamt positiv zu bewerten ist



Bild 2.1: Untersicht einer Straßenbrücke über den Mittellandkanal



Bild 2.2: Untersicht einer Straßenbrücke mit Wulstflachstählen (Hollandprofile)

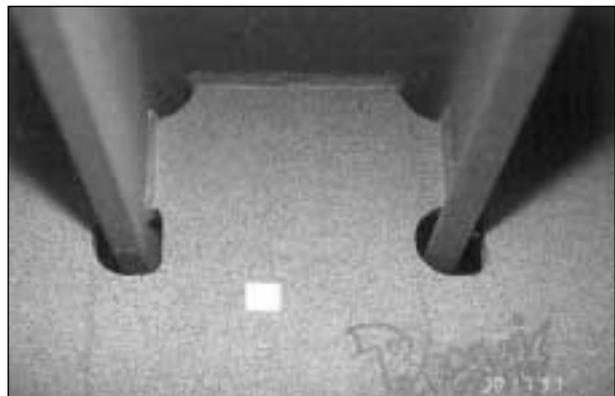


Bild 2.3: Durchdringung der Wulstflachstähle durch einen Quertträger

und eine weitere Verwendung befürwortet werden kann. Zumal, da er damals teilweise auch in einer Weise eingesetzt worden war, wie er heute entsprechend der neuen DAST-Ri 007 nicht mehr eingesetzt würde. Z. B. gab es eine Anzahl direkt benetzter Flächen wie z. B. Bögen von Stabbogenbrücken, die nach einigen Jahren beschichtet worden waren. Insgesamt wurden in der Bundesrepublik Deutschland bis 1980 ca. 110 Brücken



Bild 2.4: Straßenbrücke über den Mittellandkanal mit glatter Stegaußenfläche



Bild 2.5: Schmutzansammlung im Auflagerbereich

in WT-Stahl gebaut. Nach Herausgabe des ARS von 1980 wurden in der Bundesrepublik Deutschland in den 1980er Jahren keine WT-Stahlbrücken gebaut.

2.3.3 Brücken vor 1993 in den neuen Bundesländern

In der DDR wurden mehrere KT-Stahlbrücken insbesondere über Eisenbahnen und über Wasserstraßen gebaut, siehe Kapitel 2.8 [2.8]. Vier Brücken aus den 1980er Jahren wurden 1996 begangen. Dabei zeigte sich, dass die Brückenuntersichten einen hervorragenden Eindruck machten, siehe Bilder 2.6, 2.8, 2.11 und 2.12. Lediglich einige Übergangs- und Randbereiche machten einen weniger überzeugenden Eindruck und entsprachen in ihrer Gestaltung auch nicht der (später entstandenen) DAST-Ri 007 [2.1], siehe Bilder 2.7, 2.9, 2.10 und 2.13. Darüber hinaus wurden offenbar die Brücken nicht hinreichend erhalten. FIEDLER gibt einen Einblick in den Bau von Stahlbrücken, dabei auch Brücken in KT-Stahl in der DDR [2.17], siehe Tab. 2.8.1 [2.8].



Bild 2.6: Untersicht einer Straßenbrücke

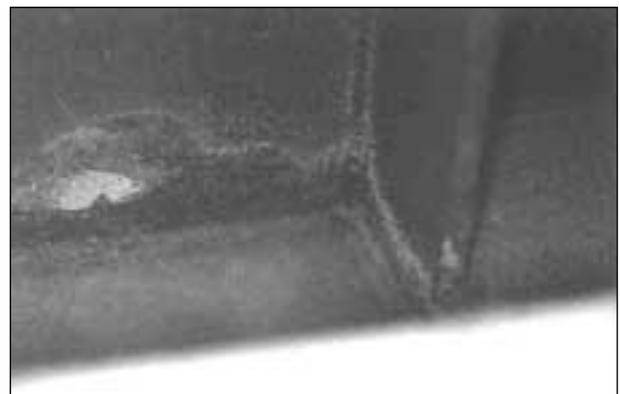


Bild 2.7: Widerlagerbereich mit übermäßigem Rost und Verdunstungsspuren



Bild 2.8: KT-Stahl-Eisenbahnbrücke



Bild 2.10: Ungünstige Lagerbereichsgestaltung mit Schmutzab-lagerungen



Bild 2.9: Widerlageransicht mit Laufspuren von rosthaltigem Wasser

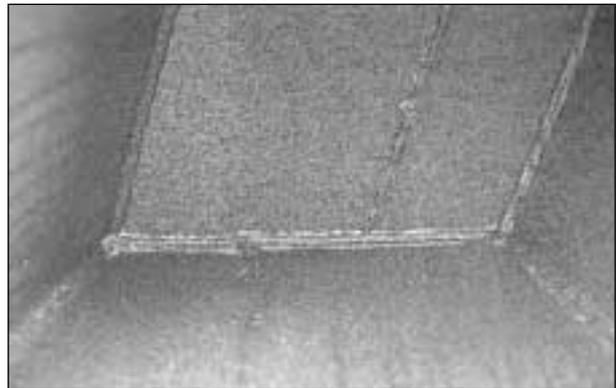


Bild 2.11: Detail einer orthotropen Platte mit Deckblech (oben), Rippen (rechts und links) und Querträger (unten – hinten), hervorragendes Erscheinungsbild



Bild 2.12: Untersicht einer KT-Stahlbrücke



Bild 2.13: Ungünstige Gestaltung des Überbauendes

2.3.4 Brücken nach 1993

2.3.4.1 Allgemeines

Auch vor der Neuherausgabe der ZTV-K im Jahre 1996, also noch zu Geltungszeiten des ARS von 1980, welches die Zustimmung im Einzelfall für die Verwendung von WT-Stahl an Brücken der Bundesfernstraßen forderte [2.3], war der Einsatz von WT-Stahl möglich; allerdings bedeutete dies einen Mehraufwand bei der Bearbeitung der Bauprojekte. Das ARS wurde leider fälschlicherweise manchmal auch so verstanden, dass Brücken aus WT-Stahl eigentlich nicht gewollt seien. Dass es grundsätzlich bei einer Zustimmung im Einzelfall oft nur darum geht, dass „genauer hingeschaut“ werden soll, wird häufig vergessen.

2.3.4.2 Hamburg

1994 baute die Stadt Hamburg eine Brücke in WT-Stahl als städtische Brücke; d. h., dass eine Zustimmung im Einzelfall durch den BMV nicht notwendig wurde. Bei der Teilbaumaßnahme handelte



Bild 2.14: Ansicht Straßenbrücke über die Bille



Bild 2.15: Ansicht Straßenbrücke über die Bille mit WT-Stahlträger



Bild 2.16: Ansicht WT-Stahlträger in Brückenlängsrichtung

es sich um die Straßenbrücke über die Bille im Rahmen der Baumaßnahme Aufhebung der Bahnübergänge Mörkenweg und Chrysanderstraße der DB-Strecke Berlin-Hamburg in Hamburg-Bergedorf und Herstellung von Ersatzmaßnahmen. Bei dieser Brücke war die BAST bei der Entwurfsbearbeitung beteiligt, wobei die Regelungen der Neuausgabe der DAST-Ri 007 beachtet wurden (siehe Bilder 2.14 bis 2.19). Aufgrund der Schiefwinkligkeit an einem Auflager ergab sich eine

Spannweite von ca. 27 m nördlich und 24 m südlich. Die zwischen Steg und Untergurt angeschweißten Bleche, siehe Bild 2.18, verhindern nicht, dass sich Tauben niederlassen können, so dass bei der Weiterbearbeitung der DAST-Ri 007 [2.1] darüber nachgedacht werden sollte, wie ein wirkungsvoller Schutz gegen Tauben vorgesehen werden könnte.



Bild 2.17: Widerlager

2.3.4.3 Stadt Löhne – NRW

In Löhne wurde eine städtische Brücke 1999 dem Verkehr übergeben, die sich nach zwei Jahren unter Verkehr in einem guten Zustand präsentiert, siehe Bild 2.20. An den waagerechten Flächen der kastenförmigen Hauptträger sind Laufspuren von verdunstetem Wasser zu erkennen, siehe Bilder 2.22 bis 2.24, die allerdings den Gesamteindruck von der



Bild 2.20: Ansicht Brücke Löhne



Bild 2.18: Stahlträger mit zwischen Steg und Untergurt angeschweißten Blechen



Bild 2.21: Ansicht Brücke Löhne in Längsrichtung



Bild 2.19: Trägerrost



Bild 2.22: Untersicht Brücke Löhne in Längsrichtung

Seite her gesehen nicht beeinträchtigen. Um die Regelungen der DAST-Ri 007 unter dem Gesichtspunkt einer Bewährung der Gestaltungsaspekte einer Kontrolle zu unterwerfen, nach der diese Brücke gebaut wurde, sollte diese Brücke spätestens im Jahre 2011 wieder begangen werden.

2.3.4.4 Hürth, Linnich – NRW

Im Zuständigkeitsbereich des Landesbetriebs Straßenbau Nordrhein-Westfalen, Betriebsitz



Bild 2.23: Wasserlaufspuren am Bodenblech der Kästen



Bild 2.24: Untersicht Brücke Löhne in Längsrichtung

Köln, vormals Landschaftsverband Rheinland (LVR) wurde eine Brücke über die L 92 bei Hürth über die DB gebaut. Eine weitere Brücke im Zuge der B 51 über die Ruhr befindet sich in Linnich. Diese Brücken sollten nach einigen Jahre analog der o. a. Brücke in Hamburg auf die Wirkung der Hinweise der DAST-Ri 007 [2.1] angeschaut werden.

2.3.4.5 Saalfeld-Obernitz – Thüringen

In Thüringen wurde 1994 in Saalfeld-Obernitz im Zuge der B 85 über eine Bahnstrecke der DB AG eine Verbundbrücke unter Verwendung von WT-Stahl für die Stahlträger gebaut. Die Brücke ist stark schiefwinklig (Winkel zwischen Schiene und Straße: 20°) und fügt sich unauffällig in den Straßenzug ein. Für Passanten sind Anstrengungen nötig, um die „rostigen“ Stahlträger überhaupt sehen zu können.

2.3.4.6 Wertung

Insgesamt wurden also äußerst wenig Brücken in WT-Stahl gebaut seit der Freigabe durch Zurückziehung des ARS von 1980, welches die Zustimmung im Einzelfall forderte. Wie eine Anfrage bei allen zuständigen Straßenbauverwaltungen der Länder ergab, wird es häufig aus Schadensersatzgründen bei Publikumsverkehr durch herabstumpfendes rosthaltiges Wasser nicht als machbar angesehen, dort wo Personen darunter verkehren, eine Brücke in WT-Stahl zu bauen. Auch wenn es möglich ist, dass Kraftfahrzeuge unter Brücken parken, wird dies aus gleichem Grund als Hinderungsgrund angesehen. So gelangte der WT-Stahl erst gar nicht bei geeigneten Objekten (Verbundbrücken mit Stahl ohne direkte Benetzung durch weit überstehende Kragarme) in die Ausschreibung. Zudem ist der Stahl wegen seines rostigen Erscheinungsbildes von einer größeren Gruppe der Entscheidenden nicht gewollt. Nur wenige sehen den erdfarbenen Braunton, insbesondere bei Sonnenbestrahlung als positiv an.

2.4 Untersuchung der Vergleichbarkeit von WT- und KT-Stählen

2.4.1 DAST-Ri von 1979

Die DAST-Ri von 1979 [2.9] enthielt Angaben zur chemischen Zusammensetzung der WT-Stähle im Gegensatz zur aktuellen DAST-Ri 007 von 1993 [2.1].

Die DASt-Ri 007 von 1979 machte zur chemischen Zusammensetzung (nach der Schmelzenanalyse) folgende Angaben, siehe Tabelle 2.1 (die Fußnoten sind in den Tabellen nicht abgedruckt).

2.4.2 WT-Stähle entsprechend DASt-Ri von 1993

Im Rahmen der aktuellen DASt-Ri 007 von 1993 [2.1] sollen die folgenden Stähle Verwendung finden bzw. die Regelungen der Richtlinie beziehen sich darauf:

- S235 J2W (frühere Bezeichnung: WTSt 37-3),
- S355J2G1W (frühere Bezeichnung: WTSt 52-3),
- S355J2G2W,
- S355K2G1W,
- S355K2G2W.

Die drei letztgenannten Stähle waren in Deutschland früher nicht üblich.

Die chemische Zusammensetzung wird nicht in der DASt-Ri 007 [2.1] selbst angegeben, sondern in der Bezugsnorm DIN EN 10 155 [2.10], siehe Tabelle 2.2.

2.4.3 WT-Stähle entsprechend DIN EN 10 155

Die DIN EN 10 155 [2.10] macht zur chemische Zusammensetzung der Schmelzenanalyse die Angaben entsprechend Tabelle 2.3.

2.4.4 KT-Stähle

Der Fachbereichsstandard TGL 28 192 [2.11] legte für die Schmelzenanalyse für die Stahlmarken (Stähle) KT 315 und KT 355 die in Tabelle 2.4 genannten Werte fest.

Kurzname	Werkstoff-Nr.	% C	% Si	% Mn	% P	% S	% N	% Cr	% Cu	% V
WT St-37-2	1.8960	0,13	0,10-0,40	0,20-0,50	0,050	0,035	0,007	0,50-0,80	0,30-0,50	-
WT St-37-3	1.8961	0,13	0,10-0,40	0,20-0,50	0,045	0,035	0,009	0,50-0,80	0,30-0,50	-
WT St-52-3	1.8963	0,15	0,10-0,50	0,90-1,30	0,045	0,035	0,009	0,50-0,80	0,30-0,50	0,02-0,10

Tab. 2.1: Chemische Zusammensetzung nach DASt-Ri 007 von 1979

C	Si	Mn	S	N	Cr	Cu	V	
± 0,02	± 0,03	± 0,04	+ 0,005	+ 0,005	+ 0,001	± 0,05	± 0,05	+ 0,02

Tab. 2.2: Zulässige Abweichungen

		Massenanteile in %								
	frühere Bezeichnung	Werkstoff-Nr.	C	Si	Mn	P	S	N	Cr	Cu
			max.	max.			max.	max.		
S235 J2W	WTSt 37-3	1.8961	0,13	0,40	0,2-0,60	max 0,040	0,035	-	0,40-0,80	0,25-0,55
S355J2G1W	WTSt 52-3	1.8963	0,16	0,50	0,5-1,50	max 0,035	0,035		0,40-0,80	0,25-0,55

Tab. 2.3: Chemische Zusammensetzung nach DIN EN 10 155

Stahlmarke	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Al	V	N
	höchstens oder Bereich							mind.	höchstens	
KT 315	0,12	0,50	0,90	0,050-0,090	0,035	0,30-0,50	0,50-0,80	0,020	-	-
KT 355	0,12	0,50	1,20	0,050-0,090	0,035	0,30-0,50	0,50-0,80	0,020	0,10	0,016

Tab. 2.4: Chemische Zusammensetzung nach TGL 28 192

C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	V	
+ 0,02	+ 0,03	+ 0,05	+ 0,010 -0,005	+ 0,005	± 0,02	± 0,05	+ 0,02	+ 0,002

Tab. 2.5: Zulässige Abweichungen

Kurzname	Werkstoff-Nr.	% C	% Si	% Mn	% P	% S	% N	% Cr	% Cu
WT St-52-3	1.8963	max 0,15	0,10-0,50	0,90-1,30	0,045	0,035	0,009	0,50-0,80	0,30-0,50
S355J2G1W	1.8963	max 0,16	max 0,50	0,5-1,50	max 0,035	0,035	-	0,40-0,80	0,25-0,55
KT 355		max 0,12	max 0,50	max 1,20	0,050-0,090	0,035	0,016	0,50-0,80	0,30-0,50

Tab. 2.6: Chemische Zusammensetzung nach DASt-Ri 007 – TGL 28 192

Für die Toleranzen werden die in Tabelle 2.5 genannten Werte angegeben.

Für die Anwendung war analog der DAST-Ri 007 die Vorschrift 105/81 [2.21] zu verwenden. Dort wurden detaillierte Angaben zum Geltungsbereich, zu den Einsatzgrenzen bei atmosphärischer Korrosion, zum Festigkeitsnachweis, zur konstruktiven Gestaltung, zu Eisenbahn- und Straßenbrücken, zur Verarbeitung (Oberflächenvorbehandlung, Kontaktkorrosion, Schweißen, Schraubverbindungen), zur Lagerhaltung und Schrotterfassung, zu den Lieferhinweisen und zur Brückenprüfung (Allgemeines, Anordnung der Messstellen, Durchführung der Messungen, Messturnus, Dokumentation, bestehende Bauwerke) gemacht.

2.4.5 Zusammenschau

Vergleichbar ist lediglich der Stahl S355J2G1W bzw. WTSt 52-3 mit KT 355. Für diese Stähle werden die Werte entsprechend Tabelle 2.6 angegeben.

Abgesehen von kleinen Abweichungen sind die chemischen Zusammensetzungen und auch die mechanischen Eigenschaften als zum gleichen Stahl gehörig anzusehen.

2.5 Ergebnisse

Insgesamt kann der Werkstoff WT-Stahl für Brücken, hier insbesondere Straßenbrücken, unter Beachtung der Verwendungsregeln entsprechend der DAST-Ri 007 [2.1] als geeignet angesehen werden. Wenn kein Stadtverkehr bzw. Publikumsverkehr (parkende Fahrzeuge, Fußgänger) unter der Brücke verkehrt, wenn nur zeitlich geringe Sperrungen für Erhaltungsmaßnahmen zur Verfügung gestellt werden können und wenn die Entscheidenden keine Vorurteile gegen einen rostig aussehenden Stahl haben, hat der Einsatz von WT-Stahl große Vorteile.

Wie von FISCHER in [2.18] nachgewiesen, ist der Einsatz von WT-Stahl an Brücken bereits unter Berücksichtigung nur einer einzigen Korrosionsschutzmaßnahme wirtschaftlich. Er empfiehlt sich insbesondere dann, wenn eine Brückenerhaltungsmaßnahme mit einer Verkehrssperrung unter der Brücke verbunden ist, was für den Verkehrsweg eine einschneidende Maßnahme bedeutet und von den für den Verkehr Verantwortlichen nur ungern zugestanden wird. Zudem ist eine Verkehrssperrung betriebstechnisch schwierig, insbesondere

bei der Eisenbahn und bei der Schifffahrt. Wenn durch den Einsatz von WT-Stahl die Nutzungszeiten zwischen den Sperrungen verlängert werden können, bedeutet dies eine beträchtliche Erhöhung der Wirtschaftlichkeit des darunter liegenden Verkehrsweges. Allerdings steht der WT-Stahl wegen eingeschränkter Nutzungskriterien sowohl in der Öffentlichkeit als auch bei den für den Betrieb verantwortlichen Behörden in der Kritik: Es wurden Fälle bekannt, dass rosthaltiges Wasser von WT-Stahlbrücken auf darunter geparkte Kraftfahrzeuge tropfte und diese dauerhaft beschädigte. Die Kleidung von Passanten wurde auf die gleiche Weise verschmutzt.

Der Anblick einer zugegebenermaßen rostigen Fläche wird von einigen Beteiligten nicht als schön empfunden, von anderen dagegen wiederum wurden die insbesondere bei Sonnenbestrahlung aufleuchtenden erdfarbenen Brauntöne als sehr schön empfunden. Es wird schwierig sein, hier zu einer einheitlichen Bewertung zu kommen. So wird es auch trotz objektiver Vorteile wohl nur mit erheblichem Aufwand zu einem vermehrtem Einsatz des WT-Stahles kommen können.

2.6 Zusammenfassung

Wetterfeste Stähle, kurz auch als WT-Stähle bezeichnet, werden seit fast hundert Jahren hergestellt und weisen bei richtiger Anwendung hervorragende positive Eigenschaften auf. Nach Einführung der Zustimmung im Einzelfall für die Anwendung des WT-Stahles für Straßenbrücken im Zuständigkeitsbereich des BMV im Jahre 1980 war mit der Neuherausgabe der Richtlinie 007 „Lieferung, Verarbeitung und Anwendung wetterfester Baustähle“ des Deutschen Ausschusses für Stahlbau (DAST) im Jahre 1993 die Bereitschaft zu erkennen, aus Wartungs- und Umweltschutzgründen vermehrt wieder WT-Stahl einzusetzen. Allerdings war und ist es notwendig, bei der Anwendung von WT-Stahl an Brücken die werkstofftypischen Grenzen in Bezug auf die Belastbarkeit und Dauerhaftigkeit zu erkennen und zu beachten. Mit der Neuherausgabe der ZTV-K im Jahre 1996 wurde das ARS von 1980, welches die Zustimmung im Einzelfall für die Anwendung von WT-Stahl forderte, zurückgezogen, womit wieder WT-Stahl ohne eine Zustimmung im Einzelfall verwendet werden konnte.

Nach 1993 wurden bzw. werden in Deutschland fünf Straßenbrücken in WT-Stahl gebaut. Aus Scha-

densersatzgründen werden solche Brücken bei Publikums- und Kraftfahrzeugverkehr unter der Brücke wegen des herabtropfenden rosthaltigen Wassers nicht gebaut. Zudem ist der Stahl wegen seines rostigen Erscheinungsbildes von einer größeren Gruppe der Entscheidenden nicht gewollt. Nur wenige sehen den erdfarbenen Branton, insbesondere bei Sonnenbestrahlung, als positiv an.

WT-Stahl und der in der DDR verwendete KT-Stahl können als gleichwertig angesehen werden.

Insgesamt kann der Werkstoff WT-Stahl für Brücken unter Beachtung der Verwendungsregeln entsprechend der DAST-Ri 007 als geeignet angesehen werden. Der Einsatz von WT-Stahl an Brücken ist bereits unter Berücksichtigung nur einer einzigen Korrosionsschutzmaßnahme wirtschaftlich, weil für die gesamte Nutzungszeit keine weitere Korrosionsschutzmaßnahme notwendig wird. Er empfiehlt sich insbesondere dann, wenn eine Brückenerhaltungsmaßnahme mit Verkehrssperrungen unter der Brücke verbunden ist. Wenn durch den Einsatz von WT-Stahl die Nutzungszeiten zwischen den Sperrungen verlängert werden können, bedeutet dies eine beträchtliche Erhöhung der Wirtschaftlichkeit.

2.7 Ausblick

Der Stahl bietet Vorteile bei Einsatz an Verbundbrücken mit ausschließlich indirekter Benetzung durch Feuchtigkeit und erfordert geringere Erhaltungsmaßnahmen als andere Werk- bzw. Baustoffe mit der Auswirkung eines besseren Verkehrsflusses.

Trotzdem wurde und wird der WT-Stahl in der Bundesrepublik Deutschland seit der Freigabe mit Einführung der ZTV-K Ausgabe 1996 durch Zurückziehung des ARS von 1980, welches die Zustimmung im Einzelfall forderte, äußerst gering eingesetzt.

Es ist nicht zu erwarten, dass der Stahl nun häufiger als bisher eingesetzt wird. Wenn dies aus Gründen des Verkehrsflusses gewünscht wird, bedarf es umfassender Maßnahmen zur Förderung des Baustoffes.

Herrn BERGERHAUSEN sei für seine Mitwirkung an dem Projekt „Dokumentation und Erfahrungssammlung mit Brücken aus wetterfesten Stählen“ herzlich gedankt.

2.8 Ergänzende Tabelle/ergänzendes Bild

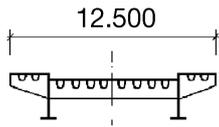
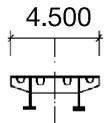
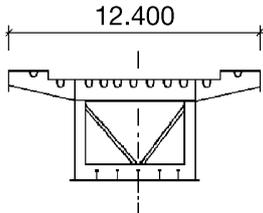
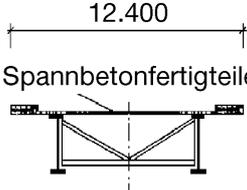
Lfd.-Nr.	Bauwerksbezeichnung	Querschnitt ohne Maßstab	Stützweite Gesamtlänge (m)	Baujahr
1	Brücke über den Teltow-Kanal in Kleinmachnow bei Potsdam Ländliche Atmosphäre Straßenbrücke		36,5 38,0	1975
2	Brücke über den Teltow-Kanal in Kleinmachnow bei Potsdam Ländliche Atmosphäre Fußgängerbrücke		36,5 38,0	1975
3	Brücke über die Elbe im Zuge B 187 bei Wittenberge Strombrücke Zellulosefabrik 6 km entfernt Straßenbrücke		125 + 160 + 125 410,0	1976
4	Brücke im Zuge der B 187 über das Elbe-Flutgelände bei Wittenberge Zellulosefabrik 6 km entfernt Straßenbrücke		14 x 49,5 702,0	1976

Tabelle 2.7: Auflistung von Brücken in der DDR aus KT-Stahl [2.8]

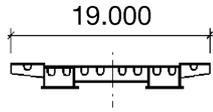
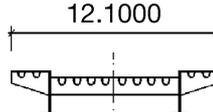
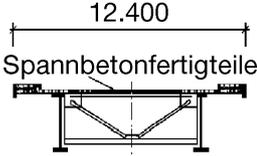
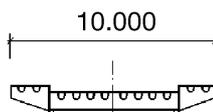
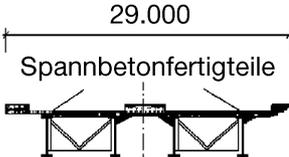
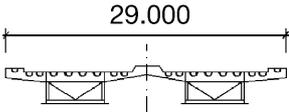
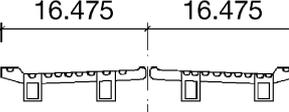
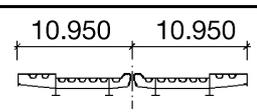
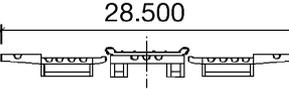
Lfd.-Nr.	Bauwerksbezeichnung	Querschnitt ohne Maßstab	Stützweite Gesamtlänge (m)	Baujahr
5	Brücke über die Reichsbahn im Zuge der Fritz-Austel-Straße in Leipzig Stadtatmosphäre		45,0 46,5	1976
6	Brücke über die DR im Zuge einer kommunalen Straße bei Mahlow Ländliche Atmosphäre Straßenbrücke		24,0 26,5	1980
7	Brücke über die DR im Zuge der B 96 bei Mahlow Ländliche Atmosphäre Straßenbrücke	Querschnitt wie lfd. Nr. 6	30,50 41,00	1982
8	Neue Fahlenbergbrücke über den Gosener Kanal bei Berlin Ländliche Atmosphäre Straßenbrücke		40,0 41,6	1982
9	Brücke im Zuge einer kommunalen Straße über den Mittelland-Kanal bei Jersleben Ländliche Atmosphäre Straßenbrücke		56,0 58,0	1982
10	Brücke im Zuge der BAB 10 über Eisenbahnstrecke Berlin-Hamburg bei Nauen Ländliche Atmosphäre Straßenbrücke		40,0 42,0	1982
11	Brücke im Zuge der BAB 10 über den Sakrow-Paretzer-Kanal bei Potsdam Ländliche Atmosphäre Straßenbrücke		72,0 73,5	1982
12	Brücke im Zuge der BAB 10 über den Havel-Kanal bei Nauen (Potsdam) Ländliche Atmosphäre Straßenbrücke	Querschnitt wie lfd. Nr. 10	81,0 83,0	1982
13	Brücke im Zuge des BAB-Zubringers über die DR in Berlin-Pankow Stadtatmosphäre Straßenbrücke Außenseiten im Farbanstrich		60 - 62 - 73 - 69 - 60 MI = 324 m	1983
14	Brücke über die Reichsbahn im Zuge der Pettenkoferstraße in Magdeburg Stadtatmosphäre		39,0 + 42,5 83,0	1984
15	Westringbrücke Magdeburg über die DR Stadtatmosphäre Straßen- und Straßenbahnbrücke		i. M. 58,0; 53,75 113,75	1990/ 92

Tabelle 2.7: Fortsetzung

DK 669.14.018.292
620.193.4

Fachbereichsstandard

Oktober 1987



KORROSIONSTRÄGE BAUSTÄHLE
Allgemeine technische Forderungen
für Stab- und Profilstahl, Band und Blech
warmgewalzt



28 192

Gruppe 12 100

Стали конструкционные коррозионно-инертные. Общие технические требования к горячекатаной сортовой и фасонной, полосовой и листовой стали

Corrosion-inert structural steels. General technical requirements for hot-rolled bar and sectional steel, strips and sheets

Deskriptoren: Korrosionsträger Baustahl

Umfang 3 Seiten

Verantwortlich/bestätigt: 28.10.1987, VEB Qualitäts- und Edelstahl-Kombinat, Brandenburg

Verbindlich ab 1.1.1989

Für beginnende Neuentwicklung verbindlich ab 1.1.1988

Verlag: Verlag für Standardisierung - Bezug: Standardversand; 7010 Leipzig, Postfach 1068

1. TERMINI UND DEFINITIONEN

1.1. Korrosionsträge Baustähle

sind niedriglegierte, schweißbare Baustähle mit erhöhtem Widerstand gegen atmosphärische Korrosion.

1.2. Nennmaß

Als Nennmaß im Sinne dieses Standards gilt bei Rundstahl der Durchmesser, bei Vierkantstahl die Seitenlänge, bei Sechskantstahl die Schlüsselweite, bei Flachstahl, Band und Blech die Dicke, bei Profilstahl die Dicke des Profilteils, aus dem die Proben zu entnehmen sind.

2. HERSTELLUNGSVERFAHREN

nach Wahl des Herstellers

Es ist auf Anforderung dem Besteller bekanntzugeben.

3. Lieferzustand

unbehandelt U
normalgeglüht N

Das Normalglühen darf durch eine entsprechende Temperaturführung beim und nach dem Walzen ersetzt werden. In diesem Fall ist bei vorgesehener Verwendung der Erzeugnisse für Anlagen der Dampf- und Drucktechnik sowie für überwachungspflichtige Anlagen vom Hersteller der Nachweis zu führen, daß die Festigkeits- und technologischen Eigenschaften nach diesem Standard erreicht werden.

4. STAHLMARKE UND CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG

4.1. Schmelzenanalyse

Tabelle 1

Stahlmarke	C ¹	Si	Mn	P ¹	S ² %	Cu	Cr	Al	V	N	Kennfarbe	Kennzahl	bisher vergleichbare Stahlmarke
KT 315	0,12	0,50	0,90	0,050 bis 0,090	0,035	0,30 bis 0,50	0,50 bis 0,80	0,020 ³⁾	-	-	grau-grün-schwarz	8250	KT 45-2 KT 45-3
KT 355	0,12	0,50	1,20	0,050 bis 0,090	0,035	0,30 bis 0,50	0,50 bis 0,80	0,020 ⁴⁾	0,10	0,016	grau-grün-blau	8240	KT 52-3

1 Für folgendes Sortiment gilt ein C-Gehalt von höchstens 0,15 % und ein P-Gehalt von 0,025 bis 0,050 %:

- Grobblech und Flachstahl über 12 mm Nennmaß
- Rund-, Vierkant- und Sechskantstahl über 16 mm Nennmaß, ausgenommen Vormaterial für Schrauben, Muttern und Nieten, warm gefertigt
- Winkelstahl, gleichschenkelig, 120 x 11 bis 160 x 22 mm
- Profilstahl ab 300 mm Steghöhe

Das Vormaterial für diese Sortimente ist mit der Zusatzkennzeichnung WP zu bestellen.

2 bis 4 siehe Seite 2

(III-11-4) Lizenz-Nr. 785 - 313/88 ST 1103

4.2. Stückanalyse

Für die Stückanalyse gelten die um die Werte der Tabelle 2 vergrößerten Bereiche der Tabelle 1.

Tabelle 2

C	Si	Mn	P	S %	Cu	Cr	V	N
+ 0,02	+ 0,03	+ 0,05	+ 0,010 - 0,005	+ 0,005	± 0,02	± 0,05	+ 0,02	+ 0,002

5. FESTIGKEITS- UND TECHNOLOGISCHE EIGENSCHAFTEN

5.1. Festigkeitseigenschaften

Tabelle 3

Stahlmarke	Streckgrenze R_e MPa mindestens für Nennmaße in mm über bis 35 bis 35		Zugfestigkeit ⁵ R_m MPa	Bruchdehnung ⁶ A_5 % mindestens l q		Faltversuch Biegewinkel 180° Dorndurchmesser $\frac{D}{a}$ D = Dicke der Probe
	35	40		l	q	
KT 315	315	305	440 bis 590	23	20	2a
KT 355	355	345	510 bis 610	22	20	2a

l = längs q = quer

Die Festigkeitseigenschaften gelten für die Lieferzustände, die in den Standards für die technischen Bedingungen der Erzeugnisse festgelegt sind.

Die Werte für die Streckgrenze, Zugfestigkeit und Bruchdehnung nach Tabelle 3 gelten bei Blech und Band für Längs- und Querproben, bei allen anderen Erzeugnissen für Längsproben.

5.2. Technologische Eigenschaften

5.2.1. Umformbarkeit

Die Stähle dürfen weder kalt- noch rotbrüchig sein. Sie müssen sich beim Faltversuch an Längsproben um die in Tabelle 3 angegebenen Dorndurchmesser ohne Anrisse auf der Zugseite biegen lassen. Bei Grobblech kann nach Wahl des Herstellers der Faltversuch auch an Querproben durchgeführt werden. Bei Blech zum Kaltumformen (Abkanten) ist der Faltversuch an Querproben durchzuführen.

2 für Stab- und Profilstahl höchstens 0,040 %

3 Der Stahl ist mit Al zu desoxydieren und der Al-Gehalt in der Schmelzenanalyse nachzuweisen. Für normalgeglühte Erzeugnisse ist eine Unterschreitung des Al-Gehaltes zulässig, wenn die Beziehung $\frac{Al}{3} \geq N_{ges}$ eingehalten wird.

4 Eine Unterschreitung des Al-Gehaltes bis auf 0,010 % ist zulässig, wenn der V-Gehalt mindestens 0,05 % beträgt.

5.2.2. Spröbruchempfindlichkeit

Tabelle 4

Stahlmarke	Probenform	Probenlage	Mindestwerte der Schlagarbeit Mittelwert aus 3 Proben Nennmaß über 10 bis 40 mm J		
			+20 °C	-20 °C	-40 °C
KT 315	U 3	l	55	41	34
		q	34	27	24
	V	l	47	31	-
		q	27	16	-
KT 355	U 3	l	55	41	27
		q	34	27	21
	V	l	47	31	-
		q	27	16	-

Sperrstrich bedeutet: keine Forderung
l = längs q = quer

5 Die untere Grenze der Zugfestigkeit darf bei einem Nennmaß bis 16 mm um 20 MPa und bei einem Nennmaß über 16 mm sowie für Feinblech um 30 MPa unterschritten werden. Mit Einverständnis des Bestellers darf die obere Grenze der Zugfestigkeit bei Stab- und Profilstahl, Band und Blech überschritten werden.

6 Beim Nennmaß unter 8 mm ist eine Unterschreitung der Bruchdehnung um 1 % absolut je 1 mm Nennmaßabnahme zulässig.

7 Für Nennmaße unter 10 mm mit Probenbreiten 7,5 und 5 mm verringern sich die Werte proportional dem Probenquerschnitt.

Die Werte der Schlagarbeit nach Tabelle 4 gelten für Stab- und Profilstahl und Grobblech in den Lieferzuständen, die in den Standards für die technischen Bedingungen der Erzeugnisse festgelegt sind. Die Werte der Schlagarbeit nach Tabelle 4 gelten bei Grobblech und Band an Längs- und Querproben, bei Stab- und Profilstahl an Längsproben.

Die in Tabelle 4 angegebenen Werte sind auf Forderung nachzuweisen, wobei die Probenform und Prüftemperatur anzugeben sind, z. B. KT 315 V - 20.

Bei der Schlagarbeit darf jeweils nur einer von drei Einzelwerten den Mindestwert nach Tabelle 4 um höchstens 30 % unterschreiten; bei der Schlagarbeit KU 3 darf außerdem kein Wert unter 21 J liegen.

5.2.3. Schweißbeignung

Die Eignung zum Schmelz- und Preßschweißen ist gewährleistet.

5.2.4. Korrosionsverhalten

Die korrosionsträgen Baustähle bilden unter bestimmten atmosphärisch-klimatischen Bedingungen auf ihrer Oberfläche festhaftende Deckschichten, die als Schutzschichten gegen Korrosion wirken. Die Bedingungen zur Bildung einer Schutzschicht sind im Makroklima des Territoriums der DDR vorhanden, wenn keine ständige Befeuchtung der Stahloberfläche stattfindet und die Atmosphärentypen 1 und 2a nach TGL 18 704 vorliegen.

Für die Atmosphärentypen 2b bis 7b nach TGL 18 704 und andere Korrosionsbeanspruchungen ist vom Anwender in jedem Falle zu prüfen, ob die Bildung einer Schutzschicht unter den vorliegenden Bedingungen gegeben ist.

6. SONDERFORDERUNGEN

Bei Lieferung von Erzeugnissen aus Stählen nach diesem Standard für Anlagen der Dampf- und Drucktechnik sowie für Überwachungs- und aufsichtspflichtige Anlagen sind die Vorschriften der Abnahme- und staatlichen Kontrollorgane sowie der Klassifikationsgesellschaften einzuhalten.

7. RICHTWERTE UND RICHTLINIEN

7.1. Warmformgebungs- und Wärmebehandlungstemperaturen für die Weiterverarbeitung

Tabelle 5

Stahlmarke	Warmformen °C	Normalglühen °C	Weichglühen °C	Spannungsarmglühen °C
KT 315	1150 bis 850	920 bis 950	690 bis 720	530 bis 580
KT 355				

7.2. Dehngrenze bei erhöhten Temperaturen für den Lieferzustand N nach Tabelle 6

Tabelle 6

Stahlmarke	Dehngrenze $R_{p0,2}$ für Nennmaße bis 40 mm bei °C					
	100	200	250	300	350	400
	MPa mindestens					
KT 315	280	240	230	210	190	170
KT 355	315	285	265	245	215	190

7.3. Schweißen

Für das Schweißen der Stähle gelten die Richtlinien des Zentralinstituts für Schweißtechnik der DDR, sofern nicht andere Vorschriften von Abnahme- und staatlichen Überwachungsorganen bindend sind.

Hinweise

Ersatz für TGL 28 192 Ausg. 12.73 und 1. Änderung

Änderungen: Bezeichnung der Stähle geändert; Stahlmarke KT 50-2 gestrichen; Gewährleistungsumfang für die Spröbruchempfindlichkeit erweitert; vollständig überarbeitet

Im vorliegenden Standard ist auf folgenden Standard Bezug genommen: TGL 18 704

Korrosionsschutz im Stahlbau; Korrosionsträge Baustähle, Einsatzbedingungen MLK-S 3201/01, Werkstandard des VEB Metalleichtbaukombinat

Probenahme von Stahl für mechanische und technologische Prüfungen siehe TGL 4395

Feinbleche aus Baustählen, warm gewalzt; Technische Lieferbedingungen siehe TGL 9560

Grobblech aus Baustählen; Technische Bedingungen siehe TGL 9895

Stab- und Profilstahl aus Baustählen, warm gewalzt; Technische Bedingungen siehe TGL 9896

Bandstahl warm gewalzt aus weichen unlegierten Stählen und Baustählen; Technische Bedingungen siehe TGL 21 212

Nahtlose Rohre aus schweißbaren Feinkornbaustählen und korrosionsträgen Baustählen, warm geformt siehe TGL 43 947

Für die im Standard enthaltenen Stahlmarken liegen folgende von der Stahlberatungsstelle Freiberg herausgegebenen Werkstoffblätter vor:

Stahlmarke	Werkstoffblatt-Nr.
KT 315	1.1230
KT 355	1.1240

Werkstoff- und Bauvorschriften für Anlagen der Dampf- und Drucktechnik (WBV). Herausgegeben vom Staatlichen Amt für Technische Überwachung, Verlag für Standardisierung, Berlin

Für alle im Jahre 1983 auszuliefernden Bestellungen sind die Festlegungen dieses Standards zu berücksichtigen.

Teil 3: Erfahrungssammlung über die Dauerhaftigkeit von Brückenseilen und -kabeln

3.1 Vorbemerkungen

Bei Brücken mit Seilen und Kabeln kommen in Deutschland bisher nahezu ausschließlich vollverschlossene Spiralseile (VVS) zur Anwendung.

Im Ausland kommen bei Schrägseilen überwiegend Paralleldraht- und Litzenbündel zum Einsatz.

3.2 Allgemeines

3.2.1 Problem und Zielsetzung

Ein VVS besteht aus einem Kerndraht mit weiteren spiralförmig angeordneten Rund-, ggf. Keil- und z-förmigen Profildrähten, siehe Bild 3.1; ein Kabel besteht aus mehreren Seilen. Die Dauerhaftigkeit des Bauteiles Seil bzw. Kabel steht und fällt mit dem Korrosionsschutz.

Neben der Qualität des Zugglieds bzw. des Seils selbst (Drahtmaterial, Seilverfüllmittel) bestimmen der äußere Korrosionsschutz und die konstruktiven Details der Verankerungen, Sättel u. Ä. die Dauerhaftigkeit des Bauteiles Seil. Da in den Grundnormen keine Ausführungen zum Korrosionsschutz der Seile enthalten sind, wurden in einer Arbeitsgruppe die „Richtlinien für den Korrosionsschutz von Seilen und Kabeln im Brückenbau“ (RKS-Seile) [3.1] erarbeitet und mit ARS 1/1984 durch den BMV eingeführt.

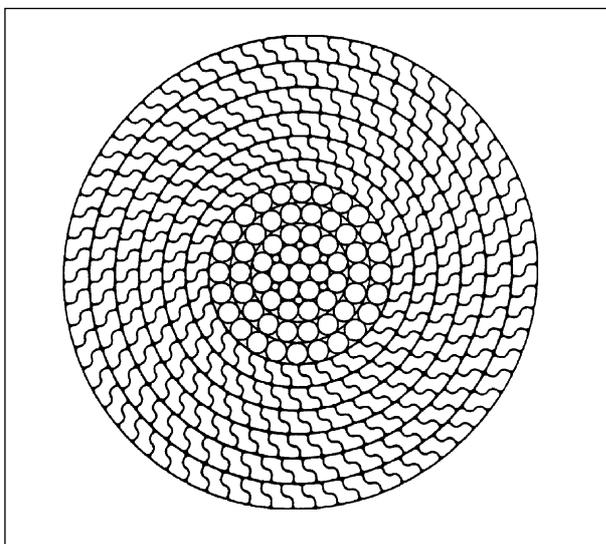


Bild 3.1: Querschnitt eines vollverschlossenen Seils (aus [3.2])

Mit den Korrosionsschutzmaßnahmen entsprechend der RKS-Seile sollten Erfahrungen gesammelt und zur Verbesserung der Stoffe, der Verfahren und des Regelwerks aufbereitet werden.

Die „Technischen Lieferbedingungen für vollverschlossene Brückenseile“ (TL Seile) [3.2] enthalten in erster Linie Bestimmungen zur Gestaltung des Bauteiles Seil und seiner Endverbindungen, während in der RKS-Seile [3.1] bzw. in den zukünftig gültigen „Zusätzlich Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten“ (ZTV-ING) Teil 4 Abschnitt 4 [3.3] mit dem Titel „Korrosionsschutz von Seilen und Kabeln“ oder als vorläufiger Arbeitstitel ZTV-KOR-Seile den Korrosionsschutz mit der dazugehörigen Gütesicherung geregelt ist.

3.2.2 Vorgehen

Zur Erreichung dieser Ziele (Sammlung und Aufbereitung von Erfahrungen zur Verbesserung der Stoffe, der Verfahren und des Regelwerks, siehe oben) wurde das folgende Vorgehen vorgeschlagen:

- Kooperation der BAST mit den Straßenbauverwaltungen der Länder bei Korrosionsschutzmaßnahmen an Seilen und Kabeln und Dokumentation der Informationen bei der BAST,
- Begehungen der Bauwerke hinsichtlich des Korrosionsschutzes sowie hinsichtlich der bautechnischen Punkte (konstruktive Gestaltung der Seilverankerungen und -umlenkpunkte und der Dämpfungselemente) und bezüglich Dauerhaftigkeit zur Sammlung von Erfahrungen,
- Durchführung von Messungen und Auswertung der Ergebnisse, z. B. zum Schwingungsverhalten der Seile und Kabel bei Wind,
- Zusammenarbeit mit den Stoffherstellern und Prüfinstituten mit dem Ziel einer Weiterentwicklung der Korrosionsschutzstoffe,
- Darstellung der Ergebnisse zur Weitergabe an die Bauverwaltungen und zur Übernahme in die Regelwerke.

Nach jeweils einer Laufzeit von vier Jahren sollte eine Überprüfung hinsichtlich der Weiterführung als Dauerprojekt erfolgen.

3.2.3 Straßenbrücken in Deutschland mit Seilen oder Kabeln

Aus [3.4] wurde Tabelle 3.1 entnommen.

Hinzuzufügen ist die z. Z. im Bau befindliche Rheinbrücke Illerich A 44. Sie wird eine Gesamtlänge von 1.287 m und eine Stromöffnung von 288 m haben. Die Verbreiterung der Rheinbrücke Köln-Rodenkirchen A 4 wurde 1994 abgeschlossen.

Lfd.-Nr.	Bauweise – Name/Ort	Im Zuge Straße/Ort	Baujahr	Gesamtlänge (Stahlüberbau in m)	Überquert	Baulastträger Bund = B Land = L Gemeinde = G
1	Hängebrücken Mettlach	B 51	1952	125	Saar	B
2	Köln-Rodenkirchen	BAB A 4	1954	567	Rhein	B
3	Kleve-Emmerich	B 220	1965	803	Rhein	B
4	Wehlen	K 73	1949	206	Mosel	L
5	Langenargen	Stadt	1898	72	Argen	G
6	Köln-Mülheim	Stadt	1951	485	Rhein	G
7	Luitpoldbrücke Passau	Stadt (B 12)	1949	126	Donau	G
8	Hessenwegbrücke*		1949	46	Dortm.-Ems-Kanal	WSV
9	Haus-Kannener-Brücke*		1949	46	Dortm.-Ems-Kanal	WSV
10	Schulze-Farwick-Brücke*		1949	46	Dortm.-Ems-Kanal	WSV
11	Loismann-Brücke*		1949	46	Dortm.-Ems-Kanal	WSV
12	Schrägsellbrücken Büchenauer Brücke Bruchsal	B 35	1955	85	Bahn	B
13	Nordelbe Hamburg (K 6)	BAB A 1	1963	411	Elbe	B
14	Leverkusen	BAB A 1	1965	493	Rhein	B
15	Maxau	BAB A 652	1966	292	Rhein	B
16	Rees-Kalkar	B 67	1967	463	Rhein	B
17	Bonn-Nord	BAB A 565	1967	520	Rhein	B
18	Duisburg-Neuenkamp	BAB A 2	1970	777	Rhein	B
19	Speyer-Nord	BAB A 61	1974	469	Rhein	B
20	Deggenau	BAB A 3	1975	435	Donau	B
21	Neuwied-Weißenthurm	B 256	1978	486	Rhein	B
22	Düsseldorf-Flehe	BAB A 46	1979	607	Rhein	B
23	Emscherschnellweg	BAB A 42	1990	1030	Rhein	B
24	Köhlbrand Hamburg	Stadt	1974	520	Hafen	L
25	Th.-Heuss-Brücke Düsseldorf	Stadt (B 7)	1957	476	Rhein	G
26	Severinsbrücke Köln	Stadt	1959	553	Rhein	G
27	Jülicher Straße Düsseldorf	Stadt	1963	162	Bahn	G
28	Stahlhochstraße Ludwigshafen	Stadt	1968	280	Bahn	G
29	Rheinkniebrücke Düsseldorf	Stadt	1969	744	Rhein	G
30	Kurt-Schumacher-Br. Mannheim	Stadt	1971	433	Rhein	G
31	Mainbrücke Hoechst	Stadt	1972	268	Main	G
32	Franklinbrücke Düsseldorf	Stadt	1974	209	Bahn	G
33	Neckarbrücke Mannheim	Stadt	1975	253	Neckar	G
34	Oberkassel Düsseldorf	Stadt	1976	591	Rhein	G
35	Heinrich-Erhard-Brücke D'dorf	Stadt	1980	177	Bahn	G
36	Zügelgurbrücken Friedrich-Ebert-Brücke Duisburg-Homberg	Stadt (B 60)	1954	542	Rhein	G
37	Sonderbauweisen Fehmarnsund-Brücke	B 207/DB	1963	248	Fehmarnsund	B/DB
38	Neckartalbrücke Weitingen	BAB A 81	1978	900	Neckartal	B
39	Talbrücke Obere Argen	BAB A 96	1990	730	Argen-Tal	B
	im Bau befindliche Brücken		voraus- sichtlich			
40	Hängebrücke Verbreiterung Köln-Rodenkirchen	BAB A 4	1992	567	Rhein	B

* Die 4 Hängebrücken über den Dortmund-Ems-Kanal wurden nach dem Einsturz der Hessenwegbrücke (Dez. 1980) in den Jahren 1981/82 durch Deckbrücken ersetzt. Baulastträger ist die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung

Tab. 3.1: Straßenbrücken in Deutschland mit Seilen oder Kabeln

3.2.4 Veröffentlichungen

Ein Großteil der Untersuchungsergebnisse dieses Projektes wurde von SCZYSLO bereits 1992 in [3.4] veröffentlicht und bei der laufenden Beratung der Straßenbaubehörden des Bundes und der Länder verwendet. Die wesentlichen Ergebnisse und die daraus zu ziehenden Schlussfolgerungen werden nachfolgend zusammengestellt.

- Dem Seilverfüllmittel im Innern eines Seiles kommt eine große Bedeutung hinsichtlich des inneren Korrosionsschutzes und der Schmierung zwischen den einzelnen Drähten zu.
- Der äußere Korrosionsschutz wird durch die verschleißende Wirkung der äußeren Drähte unterstützt. Die verschleißende Wirkung ergibt sich aus der Form der äußeren Drähte.
- Nach anfänglicher Verwendung blanker Drähte (ohne Verzinkung) für Seile werden nach einigen Zwischenstufen heute ausschließlich vollverzinkte Seile bei Brücken verwendet.
- Die Nennfestigkeit der Drähte wird auf maximal 1.570 N/mm² beschränkt.
- Während früher Seile zu Kabeln zusammengefasst wurden, werden heute Einzelseile bevorzugt.
- Wenn sich das Seil auf dem unteren Lastniveau einer Schwellbeanspruchung nicht öffnet, muss im Innern nicht mit Korrosion gerechnet werden.
- Es sollten möglichst große Oberflächenanteile zugänglich sein. Später unzugängliche Flächen sollten beim Bau aufwändig korrosionsschutz geschützt werden.
- Wenn vorher unzugängliche Bereiche zugänglich gemacht werden können, sollte dies geschehen. Dies kann bei Kabeln z. B. durch eine Aufkeilung erfolgen.
- Bei einer Vollerneuerung des Korrosionsschutzes sollen auch schwer zugängliche Flächen geprüft werden. Dazu sind z. B. bei Hängebrücken die Kabelschellen zu öffnen.
- Die Verankerungspunkte sind mit besonderer Sorgfalt zu konstruieren bzw. zu unterhalten.
- Der Einbau einer Teil- oder Vollinjizierung und die Aufbringung des Korrosionsschutzes sollen innerhalb einer Einhausung um das Kabel bzw. das Seil erfolgen, um die notwendigen Verarbeitungsbedingungen einhalten zu können.

Es gibt eine Vielzahl weiterer Veröffentlichungen über Seil- und Kabelbrücken, die sich aber zum großen Teil nur mit Neubauten beschäftigen und insofern keinen Beitrag zu den Fragestellungen dieses Projektes liefern.

Die Beseitigung von Schwingungserscheinungen, verursacht durch regen-wind-induzierte Schwingungen, wurde in einem Forschungsvorhaben im Auftrag des BMVBW [3.12] intensiv bearbeitet; sie sind in Kurzform auch in [3.14] enthalten. Allerdings beziehen sich sämtliche Ausführungen auf Hänger aus Vollmaterial mit i. d. R. kreisförmigem Querschnitt. Ausführungen zu Rechteck- und Doppel-T-Querschnitten, die bei Brücken auch vorkommen, werden nicht gemacht. In [3.14] werden Empfehlungen zur Ausbildung von Hängern und von Hängeranschlüssen von Stabbogenbrücken gegeben. Diese beziehen sich auf:

- Ausbildung von dünnen Hängern,
- Ausbildung von stark gedämpften Hängern,
- hohe Eigenfrequenzen,
- optimal ausgebildete Hängeranschlüsse (Ermüdung).

Die beiden letzten Empfehlungen beziehen sich auf Vollstäbe, sie finden damit bei Hängern aus Seilen (einzige Bogenbrücke in Deutschland mit Seilen: Fehmarnsundbrücke) keine Anwendung.

Litzen-Bündel mit übergestülpten Polyethylen-Rohren (PU-Rohre) mit Zementinjizierungen wie im Ausland üblich kommen im Bundesfernstraßenbereich nicht vor. Bei der Normandie-Brücke in Frankreich kam z. B. die u. a. Bauart zur Ausführung. Dabei besteht ein Schrägseil aus 31 bis 53 Litzen entsprechend den statischen Anforderungen, und eine Litze besteht aus sieben Drähten. Nach der Montage der Litzen werden diese mit zwei Halbschalen aus PU umgeben, siehe Bild 3.2 [3.17]. Bild 3.3 zeigt Alternativen von Bündelausführungsarten [3.18]:

- Bündel mit Freyssinet-Monolitzen in einem Rohr aus Edelstahl,
- Bündel mit Freyssinet-Monolitzen in einem Rohr aus Polyethylen mit einer hohen Dichte,
- Bündel mit Freyssinet-Monolitzen in einem zweiteiligen Kunststoff-Windschutz.

Über die bei der Seilprüfstelle Bochum im Auftrage des BMV durchgeführten Untersuchungen veröf-

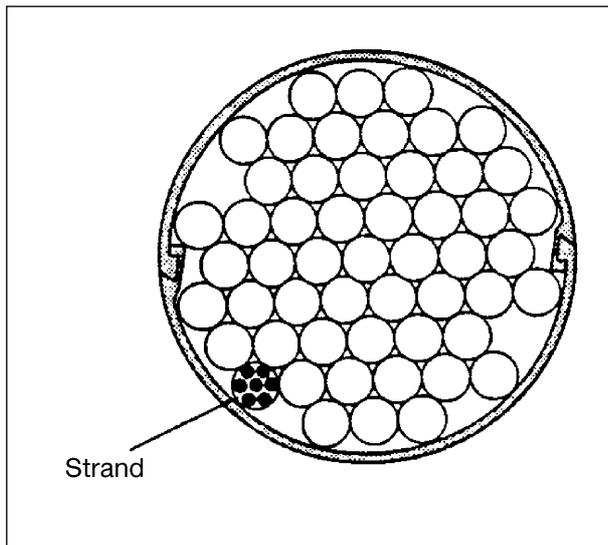


Bild 3.2: Querschnitt eines Litzenbündels mit PU-Schalen

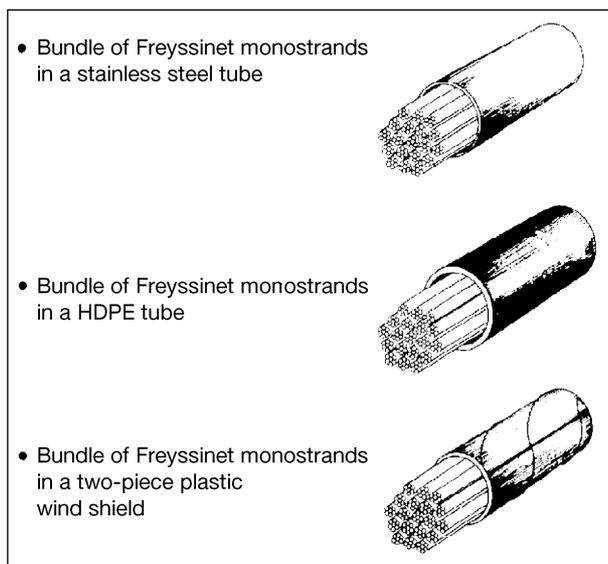


Bild 3.3: Alternativen von Bündelausführungsarten [3.18]

fentlichte HÖHLE [3.6]. Es zeigte sich, dass das Seilverfüllmittel Polyöl-Zinkstaub bei Wasserzutritt und einer Temperaturerhöhung auf 40 °C einen wesentlich größeren Volumenzuwachs aufweist als das bisherige Seilverfüllmittel Leinöl-Bleimennige.

3.2.5 Korrosionsschutz

Die Verfügbarkeit (Nutzungszeit) der Brückenseile und -kabel steht und fällt mit dem Korrosionsschutz. Bei der Entfernung von Altbeschichtung, der Oberflächenvorbereitung und dem Aufbringen des neuen Korrosionsschutzes sind u. a. die aktuellen Regelwerke für die fachliche Ausführung und für den Arbeits- und Umweltschutz zu beachten. In jedem Einzelfall muss geprüft werden,

- welche Einrüstung/Einhausung notwendig ist bzw. aus statischen Gründen verwendet werden kann,
- ob die Einhausung beheizt bzw. die Luft getrocknet werden muss,
- welches Korrosionsschutzsystem vorhanden ist,
- wie es entfernt werden kann,
- welche Bestimmungen dabei im Besonderen zu beachten sind,
- wie und wo die Rückstände beseitigt werden können,
- ob das gewählte neue Korrosionsschutzsystem, welches sich vielleicht noch in den Drahtzwickeln befindet, mit dem alten Seilverfüllmittel verträglich ist.

Für die Klärung der korrosionsschutztechnischen Fragestellungen kann es sinnvoll sein, Probestflächen anzulegen. Zur Beurteilung des Zustandes kann das Gutachten einer fachkundigen Stelle, z. B. der Seilprüfstelle Bochum o. Ä. notwendig werden.

3.2.6 Brückenseilbesichtigungsgerät (BSG)

Für die handnahe Prüfung von Seilen und Kabeln wurde das Brückenseilbesichtigungsgerät (BSG) im Auftrage des BMVBW entwickelt, welches jetzt turnusmäßig an allen Brücken mit Seilen und Kabeln im Zuständigkeitsbereich des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen eingesetzt wird. Dazu wurden alle betroffenen Brücken mit Anschlagvorrichtungen ausgerüstet, um eine leichte Montage am Bauwerk zu ermöglichen. Das BSG ist praktisch eine Standseilbahn für Brückenseile. Bei stärkerem Wind sind die Arbeiten einzustellen, siehe [3.10] sowie Bilder 3.4 bis 3.6.

3.2.7 Elektromagnetische Prüfung

Für die Prüfung der Seile auf Drahtbrüche wurde von der Seilprüfstelle Bochum die elektromagnetische Prüfung entwickelt. Dabei wird ein Fahrgerät mit Elektromagneten, siehe Bild 3.7, über das Seil gezogen und die Feldstärken registriert. Über Vergleiche mit Messschrieben der vorhergehenden Prüfung und auch mit der Nullmessung können Veränderungen festgestellt werden.



Bild 3.4: Rheinbrücke Bonn-Nord



Bild 3.7: EMP-Gerät auf dem Seil



Bild 3.5: Einsatz des BSG an der Rheinbrücke Bonn-Nord



Bild 3.6: Maschineneinrichtungen für das Standseil des BSG

3.3 Erfasste Schäden an Seilen und Kabeln

3.3.1 Bauarten

Sämtliche Seile an Brücken im Zuständigkeitsbereich der Bundesstraßenverwaltung weisen die Bauart VVS (= vollverschlossene Seile) nach DIN 3051 [3.13] auf. Die städtische Kurt-Schumacher-Brücke zwischen Mannheim und Ludwigshafen hat Paralleldrahtbündel (englisch Parallel-Wire-Strand = PWS), wie sie im Ausland häufig realisiert werden.

Wenn Brücken in diesem Bericht nicht genannt werden, kann dies die folgenden Gründe haben: Entweder wurden sie vor 1992 instandgesetzt (Folgerungen bereits in [3.4] enthalten), oder es liegen keine Informationen vor. Dies bedeutet i. d. R., dass seit geraumer Zeit keine Erhaltungsmaßnahme durchgeführt wurde, d. h., es kann vermutet werden, dass der vorhandene Korrosionsschutz seine Schutzfunktion noch erfüllt.

3.3.2 Schäden und Instandsetzungen an Seilen

3.3.2.1 Brücke 8

Nach Verkehrsübergabe im Jahre 1967 erhielten die Seile einen zweiten Korrosionsschutz [3.7] 1984, der für Seilbeschichtungen in dieser Zeit häufig verwendet wurde. Dabei wurde folgendermaßen vorgegangen:

Aufbringen von

- 1. Grundbeschichtung (1. GB) aus Polyurethan-Zinkchromat, Folic-PCR, 100 mm,



Bild 3.8: Einrüstung

- bis 15 m oberhalb Fahrbahnoberkante eine 2. GB wie 1. GB,
- 1. Deckbeschichtung (DB) aus Polyurethan-Eisenglimmer, Folic-ENA, 150 μm ,
- 2. DB aus lichtbeständigem Polyurethan-Eisenglimmer (aliphatisch gehärtet), Bicompon-EG, 150 μm , jedoch in zwei Schichten aufgetragen.

Dieses Korrosionsschutzsystem ist bis heute vorhanden, hat sich gut bewährt und zeigt keine Schäden. Allerdings wäre die bei diesem Korrosionsschutzsystem verwendete Grundbeschichtung wegen des Zinkchromats heute nicht mehr anwendbar.

3.3.2.2 Brücke 9

In den Jahren 1994 und 1995 wurden die Seile der Brücke 9 neu beschichtet. Die Seile wurden nicht insgesamt eingerüstet, sondern die Seilbeschichtung erfolgte von einer auf den Seilen fahrbaren Hängerüstung, so dass die Seile abschnittsweise bearbeitet wurden, siehe Bild 3.8. Erprobungsweise kam eine automatische vom Boden zu bedienende Oberflächenvorbereitungsanlage zur Entschichtung bzw. Entfernung des alten Korrosionsschutzes zur Anwendung, siehe Bilder 3.9 und 3.10, was sich aber aufgrund von technischen Unzulänglichkeiten wie Undichtigkeiten, lückenhafte Bearbeitung und schlechte Handhabbarkeit nicht bewährt hat. Die Beschichtung wurde dann konventionell aufgestrichen. Bild 3.9 zeigt die beiden Hälften der Strahlkammer am Boden stehend in geschlossenem Zustand (siehe auch die Öffnung oben in der Mitte zur Durchführung des Seiles). Bild 3.10 zeigt das Innere der Strahlkammer. Die kleineren Punkte sind Befestigungsschrauben, die beiden größeren kreisförmigen Punkte sind die Öff-



Bild 3.9: Mobile Strahlkammer



Bild 3.10: Inneres der mobilen Strahlkammer

nungen, aus denen das Strahlmittel austritt und auf die Seiloberfläche gestrahlt wird.

3.3.2.3 Brücke 10

Im Jahre 1985 wurde die Brücke 10 umgebaut. Der Umbau war u. a. notwendig, da aufgrund der extrem spitzwinkligen Anlenkung der Seile an den Überbau eine kontinuierliche Senkung des Überbaues stattgefunden hatte. Beim Umbau wurden



Bild 3.11: Brücke 10 nach dem Umbau



Bild 3.12: Ausgetretenes Seilverfüllmittel auf den Seilen der Brücke 10

die alten Seile ausgebaut und die neuen wesentlich steiler geführt, siehe Bild 3.11. Für die neuen Seile wurde als Seilverfüllmittel Polyöl-Zinkstaub verwendet, welches vom Einbau an bis heute aus den Seilen austritt. Normalerweise wurde bisher in Deutschland Leinöl-Bleimennige verwendet, was jedoch zukünftig aufgrund von Arbeitsschutzbestimmungen nicht mehr möglich sein wird. Bei der unmittelbar nach dem Umbau aufgetragenen Beschichtung ergaben sich Haftungsprobleme mit Ablösungserscheinungen durch Austritt von Seilverfüllmittel. Es wurde dadurch notwendig, vor der erneuten Beschichtung die Oberfläche sehr sorgfältig vorzubereiten, wobei darauf zu achten war, dass in der unvermeidbaren Zwischenzeit nicht wieder erneut Seilverfüllmittel an die Oberfläche des Seiles trat. Aber auch nach diesen Maßnahmen tritt das Seilverfüllmittel weiter aus, siehe Bild 3.12.

Einige der ausgebauten Seile mit einer Standzeit von über 25 Jahren wurden dynamischen Belastungsversuchen unterzogen [3.15]. Es zeigte sich, dass auch nach 25jährigem Betrieb keine signifikante Tragfähigkeitseinbuße festzustellen war.

3.3.2.4 Brücke 11

Bei der Brücke 11, siehe Bild 3.13, wurden von den 80 Seilen vier Seile im Innern mit einem alternativen Seilverfüllmittel verseilt. Während sonst bisher standardmäßig Leinöl-Bleimennige in Anlehnung an Blatt 71 der TL 918 300 Teil 2 [3.9] verwendet wurde, kam dort an den vier Seilen ein künstliches Wachs (Handelsname: Cordalen) zum Einsatz. Dieses Seilverfüllmittel hat sich nicht bewährt: Bis heute, also 14 Jahre nach dem Einbau der Seile, tritt dort über die gesamten Seillängen verteilt Seil-



Bild 3.13: Brücke 11



Bild 3.14: Angehobene Beschichtung (Blase) auf den Seilen

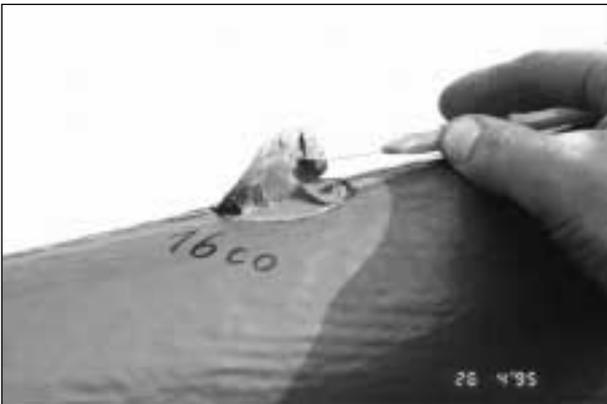


Bild 3.15: Geöffnete Blase

verfüllmittel aus, die in [3.5] dokumentiert wurden, siehe auch Bilder 3.14 und 3.15. Bei den anderen Seilen tritt nahezu kein Seilverfüllmittel aus. Lediglich an einer Charge von sechs Seilen scheint durch einen Fabrikationsfehler eine erhöhte Neigung zu Seilverfüllmittelaustritten zu bestehen.

3.3.2.5 Brücke 12

In dem Zeitraum nach Fertigstellung der Brücke wurde der Korrosionsschutz der Seile zweimal durch Überarbeiten der Fehlstellen in Stand gesetzt. Inzwischen wurde jedoch beschlossen, den Korrosionsschutz voll zu erneuern, d. h., dass keine Teilerneuerung vorgenommen werden soll. Dabei soll als Entschichtungsverfahren das so genannte Trockeneisstrahlen zum Einsatz kommen, wobei die Zinkoberfläche sehr schonend behandelt wird.

In [3.16] wird die folgende Beschreibung des Trockeneisstrahlens gegeben: „In den angewandten physikalischen Grundprinzipien ist die Technik der Reinigung mit Trockeneis vergleichbar mit anderen Reinigungsverfahren wie Sandstrahlen, Plastikgra-

nulatstrahlen oder Hochdruckwasserstrahlen. In allen Fällen trifft ein Medium, welches mittels eines Druck-Luft-Strahles (oder eines anderen unter Druck gesetzten Gases) entsprechend beschleunigt wird, auf die Oberfläche des zu reinigenden oder zu verändernden Gegenstandes. Beim ... optimierten Trockeneisreinigungsverfahren handelt es sich bei dem beschleunigten Medium um mittels eines speziellen Verfahrens hergestellte Pellets aus festem Kohlendioxid. Einer der wesentlichen Unterschiede im Vergleich zu den oben genannten Verfahren besteht darin, dass das Medium beim Auftreffen auf eine Oberfläche sofort sublimiert und rückstandsfrei verdampft.

Die Umwandlung der kinetischen Energie des Mediums beim Auftreffen sowie der extrem schnelle Temperaturtransfer zwischen dem CO₂-Pellet und der Oberfläche verursacht den sofortigen Übergang des Kohlendioxids in die gasförmige Phase. Innerhalb weniger Millisekunden dehnt sich das Volumen des Gases um das fast Sechshundertfache gegenüber seinem Volumen im festen Zustand aus. Am Auftreffpunkt findet somit praktisch eine „Mikro-Explosion“ statt. Bedingt durch das sofortige Verdampfen des Kohlendioxids im Reinigungsprozess entsteht beim Ice-Field-Trockeneisreinigungsverfahren keinerlei Sekundärabfall. Als einziger Rückstand verbleiben die Verunreinigungen, die von der Oberfläche entfernt wurden.“

3.3.2.6 Brücke 13

Die Seile der Brücke 13 wurden mit einem amorphen Polypropylen verseilt, wobei die letzte Drahtlage ohne Seilverfüllmittel blieb, um den Austritt von Seilverfüllmittel zu vermeiden. Es wurde erwartet, dass die anfänglich fehlende Schmierung der letzten Drahtlage durch Wanderung von Seilverfüllmittel in die äußeren Zonen erfolgen würde. Nach einigen Jahren Standzeit konnten lediglich an einem einzigen Seil starke Austritterscheinungen von Seilverfüllmittel beobachtet werden, was auf einen vorher nicht feststellbaren Fertigungsmangel des Seiles selbst zurückzuführen ist.

3.3.3 Schäden und Instandsetzungen an Kabeln

3.3.3.1 Brücke 14

Nach Fertigstellung des Bauwerks im Jahre 1965 wurden die Haupttragkabel 1984 injiziert; d. h., nachdem eine Schalung um das Kabel gelegt worden war, wurde das Innere mit einer flüssigen In-



Bild 3.16: Gesamtansicht Brücke 14



Bild 3.17: Kabel mit Schalung für den noch einzubringenden Injektionskörper

jektionsmasse verpresst, siehe Bild 3.17. Nach Verfestigung des Injektionskörpers wurde die Schalung entfernt. Bei einer Begehung im Jahre 1994 mit Öffnung des Injektionskörpers wurde festgestellt, dass sich auf der Oberfläche der Seile im oberen Bereich nahe der Pylonspitzen keine Korrosion befand. An den Seiloberflächen im unteren Bereich auf der Höhe der Fahrbahn wurde jedoch Korrosion festgestellt, die aber zum Stillstand gekommen zu sein scheint, siehe Bild 3.18.

3.3.3.2 Brücke 15

Bei der Erweiterung und dem Umbau der Brücke 15 wurden die beiden alten Kabel belassen. Für den nördlich unterstrom hinzugefügten Überbau für die Richtungsfahrbahn Aachen wurde ein neues Kabel aufgelegt. Das neue Kabel erhielt eine Teilinjizierung, d. h., dass die Zwischenräume zwischen den Seilen mit einem Injiziermittel verpresst wurden, wobei die Außenflächen der Seile lediglich



Bild 3.18: Oberfläche des Seiles nach der Öffnung

mit einem Korrosionsschutzsystem versehen wurden, so dass die Prüfbarkeit dieser Flächen unmittelbar gegeben ist. Wegen starker Schädigung wurden die Hängerseile südlich oberstrom ausgetauscht.

Die Seile des neuen Kabels erhielten im Werk zwei Grundbeschichtungen, da die inneren Flächen der Einzelseile nach dem Einbau und der Zusammenfassung zu einem Kabel nicht mehr zugänglich waren, trotzdem aber einen Korrosionsschutz erhalten sollten. Erfahrungen zur Bewährung des Korrosionsschutzes des neuen Kabels liegen wegen der kurzen Zeit nach dem Umbau und der Erweiterung noch nicht vor.

3.3.3.3 Brücke 16

In den Jahren 1998 und 1999 wurde der Korrosionsschutz der Kabel der Brücke 16 grundhaft in Stand gesetzt. Es war notwendig, das Tragwerk aus statischen Gründen teilweise einzurüsten. Eine vollständige Einrüstung hätte die Tragfähigkeit überschritten. Dazu wurden die Kabel aufgekeilt, um

Strahlmittlerückstände im Innern des Kabels entfernen zu können. Für die Injektion wurde das Kabel mit einer Schalung versehen, wobei die äußeren Zwickel vorher mit einer Fugenfüllung verschlossen worden waren, siehe [3.8]. Insgesamt konnten die Arbeiten durch eine zweckmäßige Wahl der Mittel zu einem erfolgreichen Abschluss gebracht werden, so dass die Hoffnung besteht, dass der neue Korrosionsschutz der Kabel eine große Dauerhaftigkeit von etwa 30 Jahren aufweist.

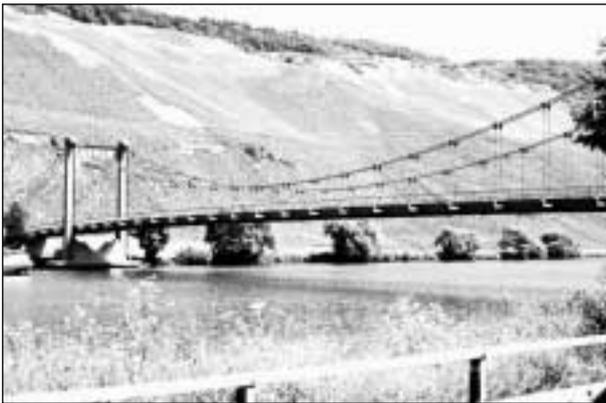


Bild 3.19: Brücke 17



Bild 3.20: Hänger mit zwei Seilen an der Brücke 17



Bild 3.21: Schellen an Brücke 17

3.3.3.4 Brücke 17

1994 wurde die vorhandene Hängebrücke bis auf die Pylone vollständig ersetzt, u. a. auch deshalb, weil die Kabelverankerungen nicht prüfbar waren: Die Kabel verschwanden undefiniert in einem Betonblock, von dem zwar Pläne existierten, die aber keinen Aufschluss über die Art der Verankerung der Kabel boten. Wenn die Prüfung solch wichtiger Bauteile wie die Verankerungen einer Hängebrücke aufgrund von Unzugänglichkeiten unmöglich ist, bedeutet dies, dass bei notwendigen grundhaften Instandsetzungsmaßnahmen die Verankerung prüfbar gestaltet werden sollte. Die neue Brücke wurde unter Beachtung der Prüfbarkeit und Austauschbarkeit aller Bauteile konzipiert und gebaut. Sie weist jetzt keine Kabel mehr auf, sondern nur noch Seile, siehe Bilder 3.19 bis 3.21. Sie kann jetzt jederzeit ohne bedeutenden Aufwand geprüft werden, und es können alle Bauteile unter Verkehr mit geringen Verkehrsbeschränkungen ausgetauscht werden.

3.3.3.5 Brücke 18

Für die Prüfung des Einlaufbereichs der Einzelseile der Kabel der Brücke 18, siehe Bild 3.22, in die Seilköpfe wurden 1991 sämtliche Köpfe mit einer hydraulischen Presse angehoben, siehe Bild 3.23, und die Futterbleche entfernt, so dass es dann möglich wurde, die Einlaufbereiche anzuschauen. Bei der Prüfung stellte sich heraus, dass die Seile in den fraglichen Bereichen in einem guten Zustand waren, so dass einer weiteren Nutzung nichts im Wege steht.

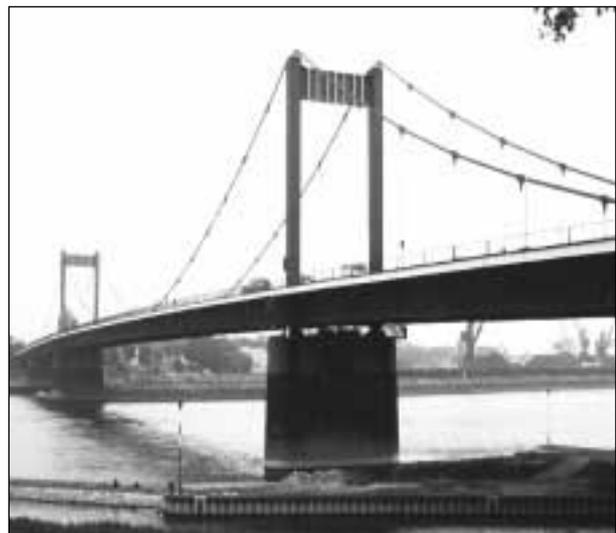


Bild 3.22: Brücke 18

3.3.3.6 Theodor-Heuss-Brücke Düsseldorf

Im Jahre 1990 wurden die Kabel zwecks Prüfung und Erneuerung des Korrosionsschutzes aufgekeilt. Die ursprünglich geplante bleibende Aufkeilung wurde wegen technischer Schwierigkeiten verworfen. Insofern ist bei späteren Prüfungen und eventuell notwendigen Erneuerungen des Korrosionsschutzes ein erneutes Aufkeilen notwendig.



Bild 3.23: Angehobener Seilkopf an der Zügelgurtbrücke Duisburg-Homberg

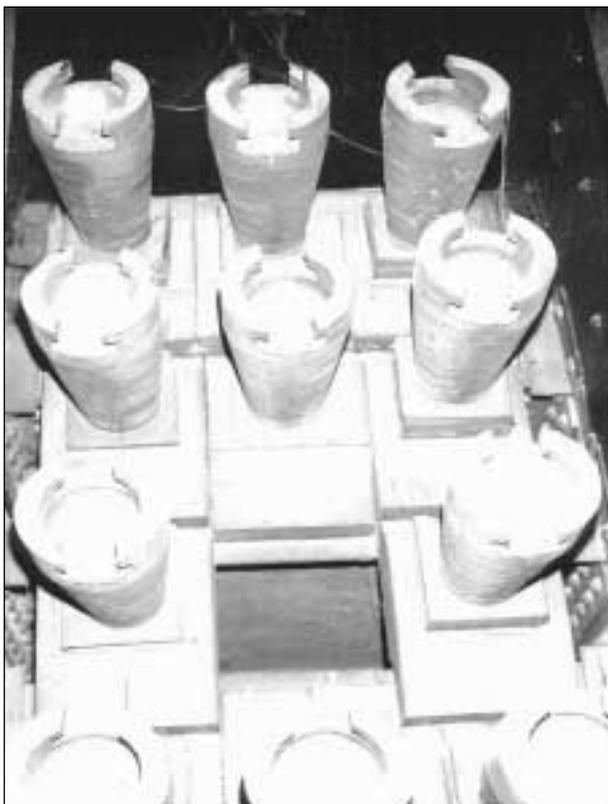


Bild 3.24: Rückseite Seilverankerung Zügelgurtbrücke Duisburg-Homberg

3.3.3.7 Donaubrücke Deggenau

Die Kabel der Donaubrücke Deggenau, Bild 3.25, wurden 1999 durch speziell dafür gefertigte Rahmen mit Gurten aufgezogen und bleibend geöffnet, siehe Bild 3.27, so dass die Oberflächen der Seile frei zugänglich und prüfbar sind. Bei der Bearbeitung des Projektes war eine Vielzahl von Fragen zu beantworten, siehe [3.9]:



Bild 3.25: Donaubrücke Deggenau



Bild 3.26: Spreizschellen Donaubrücke Deggenau



Bild 3.27: Spreizkörper

- Wie soll beim Spreizen der Seile vorgegangen werden?
- Wie sollen die neuen Seillagen gesichert werden?
- Welche Änderungen ergeben sich für die Kräfte und Beanspruchungen der Seile infolge der Spreizung (Vergrößerung der Windangriffsfläche)?
- Wie können die Oberflächenvorbereitung und die Beschichtung der Seile gehandhabt werden?
- Treten am Bauwerk die vorausbestimmten Kräfte und Verformungen auf (Messungen)?

Die Bereiche der Kabel mit Schellen und an den Sätteln wurden nicht bleibend geöffnet.

3.3.4 Schäden und Instandsetzungen an Paralleldrahtbündeln

Die Kurt-Schumacher-Brücke in Mannheim, Bild 3.28, hat als hochfeste Zugglieder Paralleldrahtbündel (PDB), es handelt sich also weder um Seile noch um Kabel. Trotzdem soll hier über die beachtenswerte Korrosionsschutzmaßnahme berichtet werden.

Nachdem die beim Bau aufwändig aufgebrauchte Polyurethan-Verfüllung schadhaft und wasserdurchlässig geworden war, wurde zum Schutz der PDB eine Edelstahlschale angebracht, siehe Bild 3.29, die unter leichtem Überdruck, gefüllt mit Stickstoff, gehalten wird. Wenn der Druck unter einen bestimmten Wert absinkt, wird ein Signal gegeben, so dass sofort Maßnahmen zur Behebung der Undichtigkeiten ergriffen werden können. Besondere Aufmerksamkeit musste der Dehnmöglich-



Bild 3.28: Arbeitsbühnen an der Rheinbrücke Ludwigshafen/Mannheim

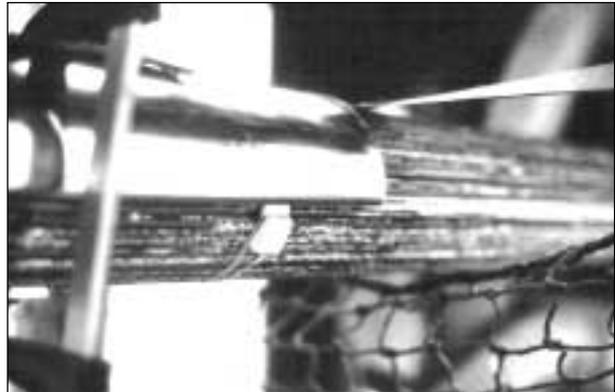


Bild 3.29: Edelstahlschale (oben) für die Paralleldrahtbündel

lichkeit der Schalen geschenkt werden, da sich die Edelstahlschalen in der Sonne stark ausdehnen. Die PDB erwärmen sich hingegen nicht, da sie nicht der Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind und der Stickstoffmantel sich wie ein Isolator verhält, so dass sich die PDB nur sehr langsam erwärmen.

3.4 Ergebnisse

Entsprechend dem im Kapitel 2 formulierten Ziel der „Erfahrungssammlung und -aufbereitung zur Verbesserung der Stoffe, der Verfahren und des Regelwerks“ wurde durch eine Arbeitsgruppe der BASt ein neues Regelwerk erarbeitet, welches weit über die RKS hinausgeht. Es wird zukünftig in den „Zusätzlichen Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten“ (ZTV-ING) Teil 4 Abschnitt 4 [3.3] mit dem Titel „Korrosionsschutz von Seilen und Kabeln“ enthalten sein. In das Regelwerk wurde durch die Beteiligten aus Verwaltung, Industrie und Wissenschaft der aktuelle Kenntnisstand eingebracht. Damit ist sichergestellt, dass bei der Anwendung die Akzeptanz durch alle Beteiligten gegeben ist. Durch die individuelle Ge-

staltung eines jeden Brückenbauwerks ergibt sich aufgrund der Größe der jeweils erforderlichen Maßnahme, dass zunächst detailliert geprüft und anschließend festgelegt wird, wie die notwendigen Instandsetzungsmaßnahmen ausgeführt werden.

Bei einer Erhaltungsmaßnahme an Seilen und Kabeln von Brücken stellen sich viele Fragen, die möglichst vor der Ausschreibung beantwortet sein sollten:

- Wie erfolgt die Entfernung der Altbeschichtung?
- Reicht eine Teilerneuerung aus?
- Wie erfolgt die Oberflächenvorbereitung?
- Wie wird der neue Korrosionsschutz aufgebracht?
- Werden die aktuellen Regelwerke für die fachliche Ausführung, für den Arbeits- und Umweltschutz beachtet?
- Ist eine Einrüstung/Einhausung notwendig?
- Kann eine vollständige Einrüstung/Einhausung aus statischen Gründen verwendet werden? Oder muss teilweise eingerüstet werden?
- Muss die Einhausung beheizt bzw. die Luft getrocknet werden?
- Welches Korrosionsschutzsystem ist vorhanden?
- Wie kann das Korrosionsschutzsystem entfernt werden?
- Welche Bestimmungen sind im Besonderen zu beachten?
- Wie und wo können die Rückstände beseitigt werden?
- Ist das neu gewählte Korrosionsschutzsystem mit dem alten Seilverfüllmittel verträglich, welches sich vielleicht noch in den Drahtwickeln befindet usw.?
- Müssen Probeflächen angelegt werden?
- Ist ein Gutachten einer fachkundigen Stelle, z. B. der Seilprüfstelle Bochum o. Ä. notwendig?
- Sind im Spritz- und Sprühbereich zusätzliche Maßnahmen notwendig?

Alle diese Fragen traten bei der Bearbeitung dieses AP-Projektes auf und wurden am Beispiel der vergangenen Brücken bearbeitet, so dass daraus Regelungen für den vorliegenden Entwurf für die ZTV-ING entwickelt werden konnten.

3.5 Zusammenfassung

An zahlreichen Brücken wurden Instandsetzungsmaßnahmen durchgeführt, die in ihren wesentlichen Punkten skizziert werden. Bei den Brücken mit Seilen und Kabeln handelt es sich sämtlich um Großbrücken. Bei Instandsetzungsmaßnahmen an ihnen ist es bei der Vorbereitung der Erhaltungsmaßnahmen notwendig, intensiv die Notwendigkeit der geplanten Maßnahmen zu begründen, da diese eine länger anhaltende Behinderung des Verkehrs zur Folge haben und durch sie ein großer Zeitraum ohne Erhaltungsmaßnahmen erreicht werden soll.

Für die erfolgreiche Durchführung einer Erhaltungsmaßnahme an Seilen und Kabeln von Brücken ist es notwendig, vorab die notwendigen Arbeiten erschöpfend zu beschreiben. Wie Beispiele zeigen, wurden bei Missachtung dieser Anforderung bei den ausgeführten Maßnahmen Nacharbeiten u. a. in Form von Nachträgen erforderlich, die für alle Beteiligten mühsam und kräftezehrend waren. Durch eine detaillierte Aufstellung von Anforderungen in den zukünftigen ZTV-ING werden Hinweise zur Vermeidung gegeben.

Bei den Begehungen der Brücken wurden zahlreiche konstruktive Details gefunden, die einer einfachen Bauwerksprüfung im Wege standen. Durch Aufnahme von Musterzeichnungen in die ZTV-ING kann dies künftig vermieden werden.

3.6 Ausblick

Für einen besseren Korrosionsschutz anstatt der Verwendung des bisherigen Zinks scheint die Verwendung von Zinkaluminat für die Feuerverzinkung angehten zu sein. In Untersuchungen [3.11] wurde nachgewiesen, dass die Abbaurate gegenüber der von Zink wesentlich geringer ist. Hierdurch kann die Häufigkeit der Erhaltungsmaßnahmen reduziert werden. Bisher wurden die Seile allerdings bei ausgeführten Objekten (Fußballstadien, Tagebaubagger) unbeschichtet gelassen, so dass sich die Frage stellt, ob, und wenn ja, wann beschichtet wird.

Das bisherige Seilverfüllmittel Leinöl-Bleimennige ist aus Arbeitsschutz- bzw. Gesundheitsschutzgründen nicht mehr verwendbar. Für Brückenseile bieten sich Seilverfüllmittel auf Zinkbasis (Handelsname: Metalcoat) oder modifizierte künstliche Wachse an. Hierbei ist zu untersuchen, wie es um die Dauerhaftigkeit und Verträglichkeit der neuen Seilverfüllmittel steht.

Die ZTV-ING werden über die RKS hinaus eine Vielzahl von Hinweisen zum reibungslosen Ablauf von Korrosionsschutzmaßnahmen an Seilen und Kabeln geben. Trotzdem wird es eine Daueraufgabe bleiben, den Stand der ZTV-ING hinsichtlich der technischen und stofflichen Anforderungen aktuell zu halten.

Literatur

Literatur zu Teil 1:

„Dokumentation über Schäden an Stahlbrücken“

- [1.1] Schäden an Brücken und anderen Ingenieurbauwerken, Dokumentation 1982, Verkehrsblatt Verlag Dortmund
- [1.2] Schäden an Brücken und anderen Ingenieurbauwerken, Dokumentation 1990, Verkehrsblatt Verlag Dortmund
- [1.3] Erhaltungsarbeiten an Brücken und anderen Ingenieurbauwerken von Straßen, Dokumentation 1990, Verkehrsblatt Verlag Dortmund
- [1.4] Sofortinstandsetzungsmaßnahmen an Brücken und anderen Ingenieurbauwerken der Bundesfernstraßen – Sammlung von Arbeitshilfen für die Planung und Vergabe, Loseblattsammlung in drei Ordnern, Bundesministerium für Verkehr
- [1.5] Zweiter Bericht über Schäden an Bauwerken der Bundesverkehrswege, Ausgabe 1995
- [1.6] Rheinbrücke A 40 (vormals A 2) Duisburg-Neuenkamp; diverse Unterlagen zu den Rissen an der orthotropen Fahrbahnplatte, 1994 und 1995 (unveröffentlicht)
- [1.7] Elbebrücke Dömitz; diverse Unterlagen zu den Rissen an mehreren Hängern, 1994 (unveröffentlicht)
- [1.8] Rheinbrücke A 1 Leverkusen; diverse Unterlagen zur Instandsetzung der Risse an den geschweißten Sektkelchprofilen 1989 (unveröffentlicht)
- [1.9] Gutachten zu den Ursachen und den Instandsetzungsmöglichkeiten der Schweißnahttrisse in den Querverbandsanschlüssen der Donaubrücke Sinzing im Zuge der BAB A 3 Nürnberg – Regensburg (unveröffentlicht)
- [1.10] NATHER, F.: Sanierungsmaßnahmen Haseltalbrücke. Gutachten, München, 28. September 1984 (unveröffentlicht)
- [1.11] NATHER, F.: Gutachten zu den Ursachen der Gefährlichkeit und den Sanierungsmöglichkeiten der Schweißnahttrisse der Haseltalbrücke. München 3. Juli 1984 (unveröffentlicht)
- [1.12] NATHER, F.: Gutachten zu den Ursachen und den Sanierungsmöglichkeiten der Schweißnahttrisse der Sinnbrücke im Zuge der A 7 Fulda – Würzburg, München, 2. April 1985 (unveröffentlicht)
- [1.13] HRA Bochum: Ruhrtalbrücke Mintard, Schweißnahttrisse – Ursache und Abhilfe, Juni 1993 (unveröffentlicht)
- [1.14] DIN 18 809: Stählerne Straßen- und Wegbrücken, Bemessung, Konstruktion, Herstellung. September 1987
- [1.15] Straßenbrücken in Stahl-Beton-Verbundbauweise. Bundesministerium für Verkehr, Dokumentation 1997
- [1.16] GEISSLER, K.: Restlebensdauerberechnung von Stahlbrücken unter Nutzung detaillierter Beanspruchungsverläufe. Stahlbau 64 (1995), Heft 3, S. 79 - 88
- [1.17] SEDLACEK, G., HENSEN, W., BILD, J., DAHL, W., LANGENBERG, P.: Verfahren zur Ermittlung der Sicherheit von alten Stahlbrücken unter Verwendung neuester Erkenntnisse der Werkstofftechnik. Bauingenieur 67 (1992), S. 129 - 136

Literatur zu Teil 2:

„Dokumentation und Erfahrungssammlung mit Brücken aus wetterfesten Stählen“

- [2.1] Richtlinie 007 „Lieferung, Verarbeitung und Anwendung wetterfester Baustähle“ des Deutschen Ausschusses für Stahlbau (DAST), Mai 1993
- [2.2] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für Kunstbauten (ZTV-K) Ausgabe 1996. Verkehrsblatt Verlag Dortmund

- [2.3] Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 11/1980 (ARS): Technische Baubestimmung; DAST-Richtlinie 007 – Lieferung, Verarbeitung und Anwendung wetterfester Baustähle (Ausgabe November 1979)
- [2.4] ALBRECHT, P., FISCHER, M.: Corrosion of weathering steel – Bibliography, Authored References in Files. Dortmund 1997
- [2.5] FISCHER: Mündliche Mitteilung 2001
- [2.6] SCZYSLO/HEIN: Korrosionsverhalten von WT-Stählen unter Tausalzbeanspruchung (FE 15.054 B 77 H). Bundesanstalt für Straßenwesen und Bundesanstalt für Wasserbau, März 1988
- [2.7] HEMMERT-HALSWICK, A.: Weitergehende statistische Auswertung der Untersuchung zum Korrosionsverhalten von WT-Stählen unter Tausalzbeanspruchung (FE 15.054 B 77 H). Schlussbericht BAST-Projekt 89 204 1992
- [2.8] FIEDLER: Auflistung von Brücken in der DDR aus KT-Stahl
- [2.9] Richtlinie 007 „Lieferung, Verarbeitung und Anwendung wetterfester Baustähle“ des Deutschen Ausschusses für Stahlbau (DAST), 1979
- [2.10] DIN EN 10155: Wetterfeste Baustähle, Technische Lieferbedingungen, Deutsche Fassung EN 10 155: August 1993
- [2.11] TGL 28 192: Korrosionsträge Baustähle, Allgemeine technische Forderungen für Stab- und Profilstahl, Band und Blech, warmgewalzt. Fachbereichsstandard, Oktober 1987
- [2.12] ZTV-KOR 92. Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Korrosionsschutz von Stahlbauten. BMV. Ausgabe 1992
- [2.13] SEP 1390
- [2.14] BN 918 002
- [2.15] SEEGER, T., DEGENKOLBE, J., OLIVIER, R., RITTER, W.: Einfluss einer Bewitterung auf die Schwingfestigkeit wetterfester Baustähle. Stahl und Eisen 107 (1987), H. 10, S. 479 - 487, und Stahlbau 56 (1987), H. 5, S. 137 - 144
- [2.16] FISCHER, M., WIEN, B.: Erfahrungen mit Brücken aus wetterfestem Baustahl. Stahlbau 57 (1988), H. 10, S. 299 - 308
- [2.17] FIEDLER, E.: Die Entwicklung des Stahlbrückenbaues in der DDR bis zum Zeitpunkt der Wende – ein Rückblick (Teil I). Stahlbau 70 (2001), Heft 4, S. 262 - 276
- [2.18] FISCHER, M., ROXLAU, U.: Anwendung wetterfester Baustähle im Brückenbau. Studiengesellschaft Stahlanwendung, Projekt 191, Düsseldorf Juli 1992
- [2.19] Untersuchungen an sechs Verbundbrücken mit einer Stahlkonstruktion aus wetterfestem Baustahl. FISCHER, M., Universität Dortmund 1990. Untersuchungen im Auftrag der BAST
- [2.20] Bericht über eine Begehung von Brücken aus WT-Stahl über den Mittellandkanal am 30. und 31.07.1997. BAST 1997
- [2.21] Vorschrift 105/81: Brücken im Verkehrsbau; Anwendung von KT-Stählen. Ministerrat der DDR, Ministerium für Verkehrswesen, Staatliche Bauaufsicht. Berlin 1981
- [2.22] FISCHER, M., SCZYSLO, S.: Wetterfeste Baustähle und ihr Einsatz bei Brücken – Neuer Kenntnisstand. In: Straße + Autobahn 10/92, S. 637 - 648
- [2.23] HUBO, R., SCHRÖTER, F.: Stähle für den Stahlbau und Anwendung in der Praxis. In: Stahlbau Kalender 2001, Ernst & Sohn Berlin

Literatur zu Teil 3:

„Erfahrungssammlung über die Dauerhaftigkeit von Brückenseilen und -kabeln“

- [3.1] Richtlinien für den Korrosionsschutz von Seilen und Kabeln im Brückenbau. RKS Seile (Ausgabe 1983). Der Bundesminister für Verkehr, Abteilung Straßenbau; Deutsche Bundesbahn. Allg. Rundschr. Straßenbau Nr. 1/1984
- [3.2] TL Seile. Technische Lieferbedingungen für vollverschlossene Brückenseile. Fassung vom November 1994. Verkehrsblatt-Dokument-Nr. B 5229 Dortmund 1994

- [3.3] Entwurf ZTV-KOR-Seile (unveröffentlicht), zukünftig „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten“, ZTV-ING, Teil 4 Abschnitt 4: Korrosionsschutz von Seilen und Kabeln
- [3.4] SCZYSLO, S.: Brückenseile aus der Sicht der Straßenbauverwaltung. Anforderungen, Erfahrungen, Korrosionsschutz. Bauingenieur 67 (1992), S. 347 - 358
- [3.5] EILERS, M., HEMMERT-HALSWICK, A.: Seilverfüllmittel – Mechanische Randbedingungen für Brückenseile. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Brücken- und Ingenieurbau, Heft B 16, August 1997
- [3.6] HÖHLE, H.-W.: Korrosionsschutz bei vollverschlossenen Seilen. farbe + lack, 101. Jahrgang, 5/1995, S. 452 - 455
- [3.7] Begehungsbericht BASt 1984
- [3.8] Regierungspräsidium Karlsruhe: Dokumentation Kabelanstrich Rheinbrücke Maxau B 10. Karlsruhe 1999
- [3.9] BOUÉ, P.: Erfahrungen und Versuchsergebnisse zur bleibenden Spreizung an der Donaubrücke Deggenau. Stahlbau 69 (2000), Heft 11, S. 909 - 916
- [3.10] BOUÉ, P, BRÜGGEMANN, H., DÜNNEBACKE, P., MODEMANN, H.-J., STANDFUß, F.: Brückenseilbesichtigungsgerät (BSG), Stahlbau 60 (1991), H. 10, S. 305 - 311
- [3.11] HAGEBÖLLING, V.: Korrosionsschutz von Verbindungselementen durch einen metallischen Zn/Al5Gew.-%-Überzug. Dissertation Bergische Universität/Gesamthochschule Wuppertal 1995
- [3.12] VERWIEBE, C., SEDLACEK G.: Frequenz- und Dämpfungsmessungen an den Hängern von Stabbogenbrücken. Schlussbericht FE 15.247 R 95G 1999
- [3.13] DIN 3051 Drahtseile aus Stahlseilen
- [3.14] GÜNTHER, G. H., HORTMANN, M., SCHWARZKOPF, D., SEDLACEK, G., BOHMANN, D.: Dauerhafte Ausführung von Hängeranschlüssen an stählernen Bogenbrücken. Stahlbau 69 (2000), Heft 11, S. 894 - 908
- [3.15] HARRE, W.: Erkenntnisse aus der Prüfung baupraktisch vorbelasteter vollverschlossener Brückenseile der Autobahnbrücke über die Norderelbe. Bauingenieur 67 (1992), S. 91 - 99
- [3.16] Dokumentation Straßen- und Verkehrsamt Koblenz Raiffeisenbrücke Koblenz i. Z. d. B 256: Test des IceFieldSystems. März 2001
- [3.17] MADSEN, B. S., SORENSEN, L. T.: Manufacture and Erection of the steel main span. In: Cabel-stayed and suspension bridges. Proceedings – Volume 1. Deauville, France 1994
- [3.18] FREYSSINET: Stay Cables. May 1994

Schriftenreihe	B 11: Fahrbahnbeläge auf Sohlen von Trogbauwerken R. Wruck 44 Seiten, 1996	€ 12,00
Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen	B 12: Temperaturmessungen bei der Verbreiterung der Rodenkirchener Brücke W. Goebel 96 Seiten, 1996	€ 15,30
Unterreihe „Brücken- und Ingenieurbau“	B 13: Strukturanalyse von Beton Entwicklung eines Verpreßverfahrens mit fluoreszierendem Harz H.-P. Gatz, P. Gusia 28 Seiten, 1996	€ 11,00
B 1: Realkalisierung karbonatisierter Betonrandzone H. Budnik, T. Laakkonen, A. Maaß, F. Großmann 28 Seiten, 1993	vergriffen	
B 2: Untersuchungen an Fertigteilbrücken BT 70/ BT 700 H. Haser 68 Seiten, 1993	kostenlos	
B 3: Temperaturunterschiede an Betonbrücken H. Knabenschuh 64 Seiten, 1993	vergriffen	
B 4: Merkblatt zur Entnahme repräsentativer Strahlschuttproben MES-93 16 Seiten, 1993	€ 9,00	
B 5: Spezielle Probleme bei Brückenbauwerken in den neuen Bundesländern H. Haser, R. Kaschner 44 Seiten, 1994	€ 11,50	
B 6: Zur Berechnung von Platten mit schwacher Querbewehrung R. Kaschner 44 Seiten, 1995	€ 11,50	
B 7: Erprobung von dichten lärmindernden Fahrbahnbelägen für Brücken S. Sczyslo 56 Seiten, 1995	€ 12,50	
B 8: Untersuchungen am Brückenbelag einer orthotropen Fahrbahnplatte J. Krieger, E. Rath 140 Seiten, 1995	€ 17,50	
B 9: Anwendung von zerstörungsfreien Prüfmethoden bei Betonbrücken J. Krieger 60 Seiten, 1995	€ 13,00	
B 10: Langzeituntersuchungen von Hydrophobierungsmitteln A. Maaß, B. Krieger 60 Seiten, 1995	€ 12,50	
	B 14: Verhalten von Fahrbahnübergängen aus Asphalt infolge Horizontallasten J. Krieger, E. Rath 112 Seiten, 1997	€ 16,00
	B 15: Temperaturbeanspruchung im Beton und Betonersatz beim Einbau von Abdichtungen F. Großmann, J. Budnik, A. Maaß 88 Seiten, 1997	€ 14,50
	B 16: Seilverfüllmittel - Mechanische Randbedingungen für Brückenseile M. Eilers, A. Hemmert-Halswick 288 Seiten, 1997	€ 27,50
	B 17: Bohrverfahren zur Bestimmung der Karbonatisierungstiefe und des Chloridgehaltes von Beton H.-P. Gatz, P. Gusia, M. Kuhl 48 Seiten, 1997	€ 14,00
	B 18: Erprobung und Bewertung zerstörungsfreier Prüfmethode für Betonbrücken J. Krieger, M. Krause, H. Wiggenhauser 143 Seiten, 1998	€ 16,50
	B 19: Untersuchung von unbelasteten und künstlich belasteten Beschichtungen Instandhaltung des Korrosionsschutzes durch Teilenerneuerung - Entwicklung eines Meßverfahrens M. Schröder 23 Seiten, 1998	€ 11,00
	B 20: Reaktionsharzgebundene Dünnbeläge auf Stahl M. Eilers, W. Ritter 46 Seiten, 1998	€ 12,50
	B 21: Windlasten für Brücken nach ENV 1991-3 J. Krieger 19 Seiten, 1998	€ 10,50

- B 22: Algorithmen zur Zustandsbewertung von Ingenieurbauwerken**
P. Haardt
42 Seiten, 1999 € 11,50
- B 23: Bewertung und Oberflächenvorbereitung schwieriger Untergründe**
Instandhaltung des Korrosionsschutzes durch Teilerneuerung
M. Schröder, S. Sczyslo
31 Seiten, 1999 € 11,00
- B 24: Erarbeitung einer ZTV für reaktionsharzgebundene Dünnbeläge auf Stahl**
Untersuchungen zur Empfindlichkeit der verschiedenen RHD-Belagsysteme unter ungünstigen Einbaubedingungen
M. Eilers, G. Stoll
25 Seiten, 1999 € 11,00
- B 25: Konzeption eines Managementsystems zur Erhaltung von Brücken- und Ingenieurbauwerken**
P. Haardt
52 Seiten, 1999 € 12,50
- B 26: Einsatzmöglichkeiten von Kletterrobotern bei der Bauwerksprüfung**
J. Krieger, E. Rath, G. Berthold
18 Seiten, 1999 € 10,50
- B 27: Dynamische Untersuchungen an reaktionsharzgebundenen Dünnbelägen**
M. Eilers, W. Ritter, G. Stoll
32 Seiten, 1999 € 11,00
- B 28: Erfassung und Bewertung von reaktionsharzgebundenen Dünnbelägen auf Stahl**
M. Eilers
28 Seiten, 2000 € 11,00
- B 29: Ergänzende Untersuchungen zur Bestimmung der Karbonatisierungstiefe und des Chloridgehaltes von Beton**
H.-P. Gatz, B. Quaas
36 Seiten, 2000 € 12,00
- B 30: Materialkonzepte, Herstellungs- und Prüfverfahren für elutionsarme Spritzbetone**
F. Heimbecher
33 Seiten, 2000 € 11,00
- B 31: Verträglichkeit von reaktionsharzgebundenen Dünnbelägen mit Abdichtungssystemen nach den ZTV-BEL-ST**
M. Eilers, G. Stoll
24 Seiten, 2000 € 10,50
- B 32: Das Programm ISOCORRAG: Ermittlung von Korrosivitätskategorien aus Massenverlust-raten**
M. Schröder
26 Seiten, 2000 € 11,50
- B 33: Bewährung von Belägen auf Stahlbrücken mit orthotropen Fahrbahnplatten**
M. Eilers, S. Sczyslo
115 Seiten, 2000 € 17,00
- B 34: Neue reaktionsharzgebundene Dünnbeläge als Fahrbahnbeläge auf einem D-Brücken-Gerät**
M. Eilers, W. Ritter
47 Seiten, 2000 € 13,00
- B 35: Bewährung von Brückenbelägen auf Betonbauwerken**
R. Wruck
28 Seiten, 2002 € 11,50
- B 36: Fahrbahnübergänge aus Asphalt**
R. Wruck
22 Seiten, 2002 € 11,00
- B 37: Messung der Hydrophobierungsqualität**
H. J. Hörner, N. von Witzenhausen, P. Gatz
24 Seiten, 2002 € 11,00
- B 38: Materialtechnische Untersuchung beim Abbruch der Talbrücke Haiger**
Durchführung von Ultraschall- und Impakt-Echo-Messungen
M. Krause, H. Wiggenhauser, J. Krieger
113 Seiten, 2002 € 17,00
- B 39: Bewegungen von Randfugen auf Brücken**
M. Eilers, R. Wruck, B. Quaas
48 Seiten, 2002 € 13,00
- B 40: Schutzmaßnahmen gegen Graffiti**
D. v. Weschpfennig
26 Seiten, 2003 € 11,50
- B 41: Temperaturen an der Unterseite orthotroper Fahrbahntafeln beim Einbau der Gussasphalt-Schutzschicht**
M. Eilers, E. Küchler, B. Quaas
42 Seiten, 2002 € 12,50
- B 42: Anwendung des Teilsicherheitskonzeptes im Tunnelbau**
A. Städing, T. Krockner
31 Seiten, 2003 € 12,00

B 43: Entwicklung eines Bauwerks-Management-Systems für das deutsche Fernstraßennetz – Stufen 1 und 2

P. Haardt

56 Seiten, 2003 € 13,50

B 44: Untersuchungen an Fahrbahnübergängen zur Lärminderung

A. Hemmert-Halswick, S. Ullrich

34 Seiten, 2003 € 12,50

B 45: Stahlbrücken – Schäden – wetterfeste Stähle – Seile

Teil 1: Dokumentation über Schäden an Stahlbrücken

Teil 2: Dokumentation und Erfahrungssammlung mit Brücken aus wetterfesten Stählen

Teil 3: Erfahrungssammlung über die Dauerhaftigkeit von Brückenseilen und -kabeln

A. Hemmert-Halswick

51 Seiten, 2003 € 13,00

Zu beziehen durch:

Wirtschaftsverlag NW

Verlag für neue Wissenschaft GmbH

Postfach 10 11 10

D-27511 Bremerhaven

Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0

Telefax: (04 71) 9 45 44 77

Email: vertrieb@nw-verlag.de

Internet: www.nw-verlag.de