



# Nachrechnung von Stahl- und Stahlverbundbrücken

**27.09.2017**

BASt - Fachgespräch Stahlbrückenbau

*Copyright Ingenieurgruppe*

Dipl.-Ing. Winfried Neumann  
Ruhrberg Ingenieurgesellschaft  
Hagen

## **(1) Bestandssituation**

- (2) Bewertung von Tragfähigkeit / Tragverhalten bei Stahl- und Stahlverbundbrücken
- (3) Werkstoffe, Teilsicherheitsbeiwerte
- (4) Praxiserfahrungen mit der Nachrechnung von Bauwerken

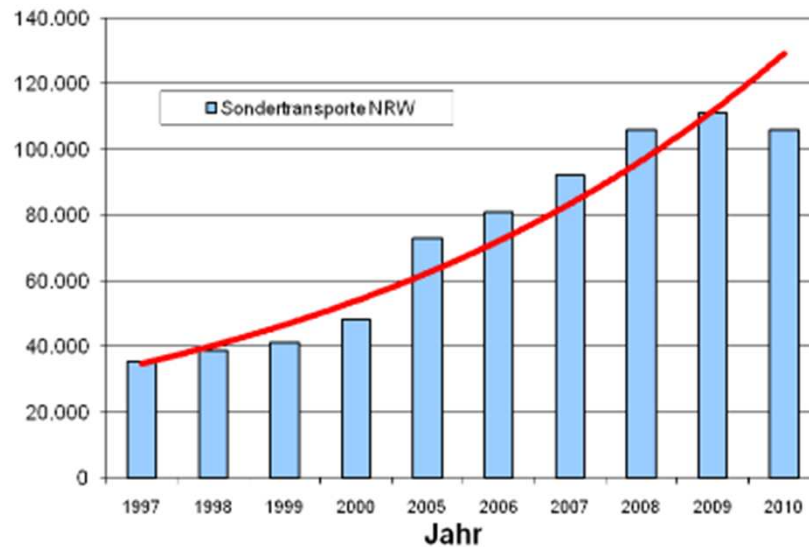
# Bestandssituation

**Die Bestandssituation für Stahl- und Stahlverbundbrücken ist geprägt durch**

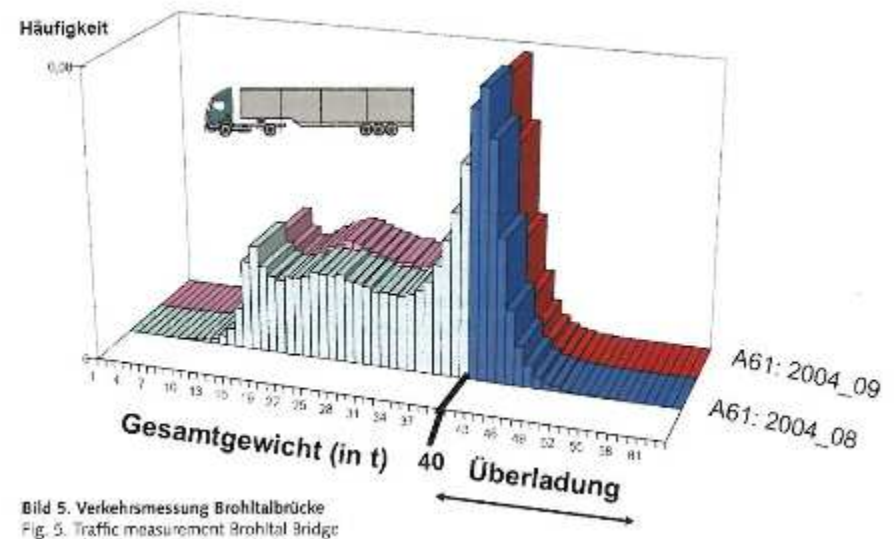
- **extrem angestiegene Verkehrsbelastung**
  - Häufigkeit
  - Lastintensität
- **fehlende ermüdungsgerechte Detailgestaltung**
  - Vernachlässigung verformungsbedingter Sekundärbeanspruchungen
  - Abrupte Querschnittswchsel
  - Anschlussexzentrizitäten
- **unzureichende Fertigungsqualität**
  - Unangemessene Schweißnahtausbildung
  - Stahlqualität
- **neue wissenschaftliche Erkenntnisse**
  - Stabilitätsverhalten ausgesteifter Steg- und Bodenbleche
  - Zwangsbeanspruchungen aus Temperatur

# Bestandssituation

## Anzahl beantragter Sondertransporte in NRW



## Überladungen von LKW

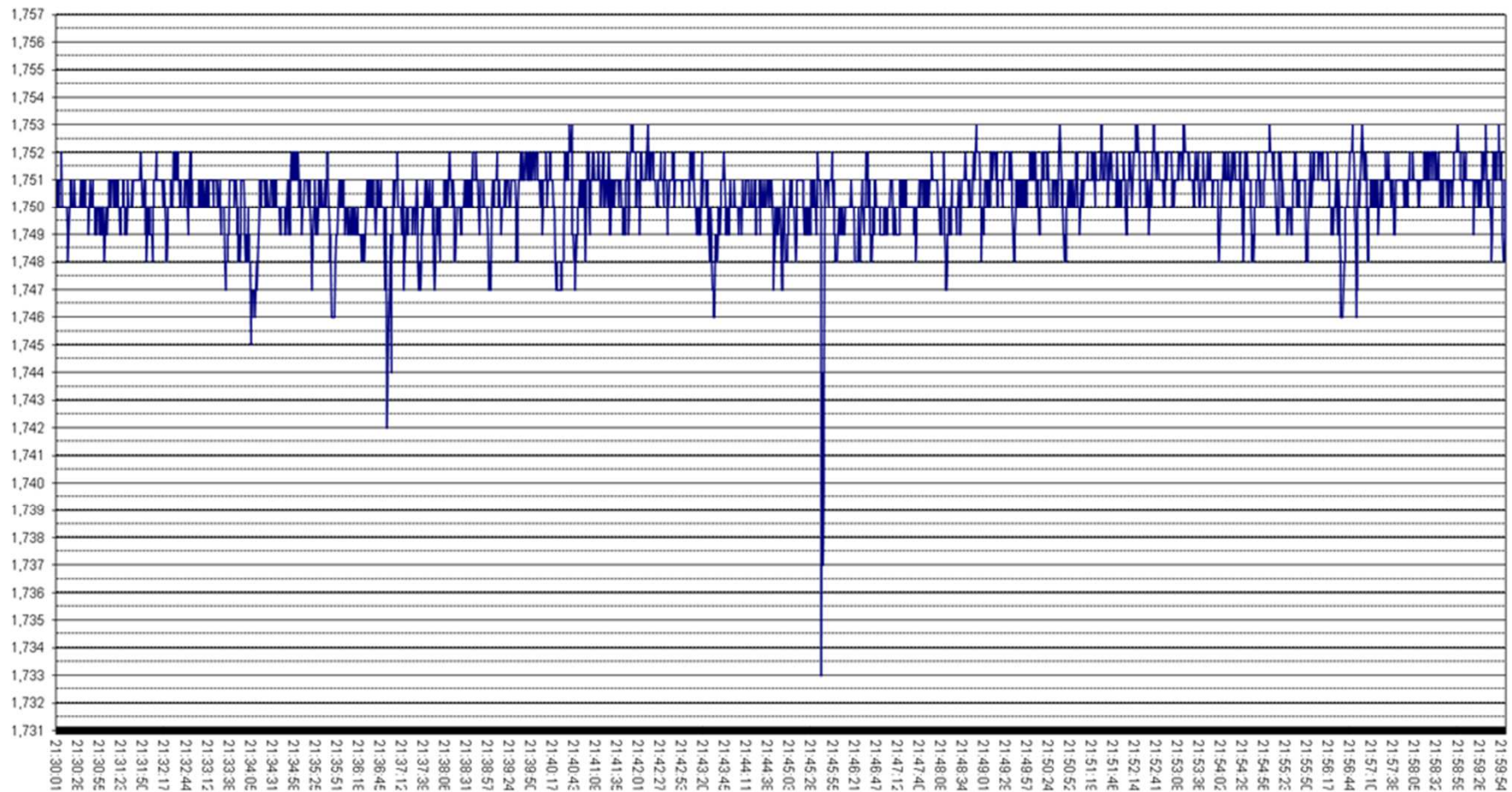


(Quelle: BMVI)

# Bestandssituation

## Einzelfahrten mit hohen Fahrzeuggewichten

A 40, Rheinbrücke Neuenkamp, Messung Pendellager 2, 18.05.2016, 21:30Uhr bis 22:00Uhr



(Quelle: PSP)

# Bestandssituation

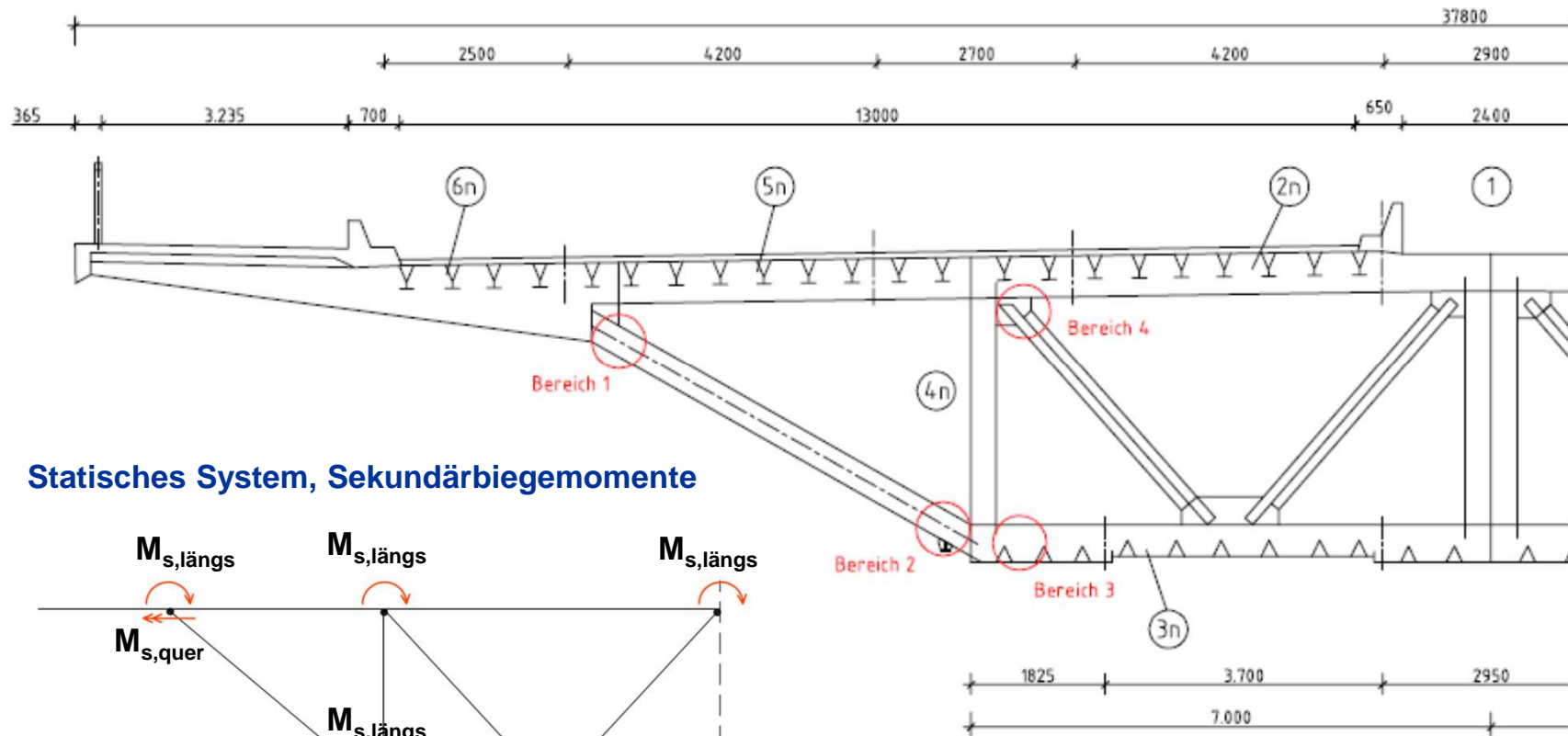
**Die Bestandssituation für Stahl- und Stahlverbundbrücken ist geprägt durch**

- **extrem angestiegene Verkehrsbelastung**
  - Häufigkeit
  - Lastintensität
- **fehlende ermüdungsgerechte Detailgestaltung**
  - Vernachlässigung verformungsbedingter Sekundärbeanspruchungen
  - Abrupte Querschnittswchsel
  - Anschlusssexzentrizitäten
- **unzureichende Fertigungsqualität**
  - Unangemessene Schweißnahtausbildung
  - Stahlqualität
- **neue wissenschaftliche Erkenntnisse**
  - Stabilitätsverhalten ausgesteifter Steg- und Bodenbleche
  - Zwangsbeanspruchungen aus Temperatur



# Bestandssituation

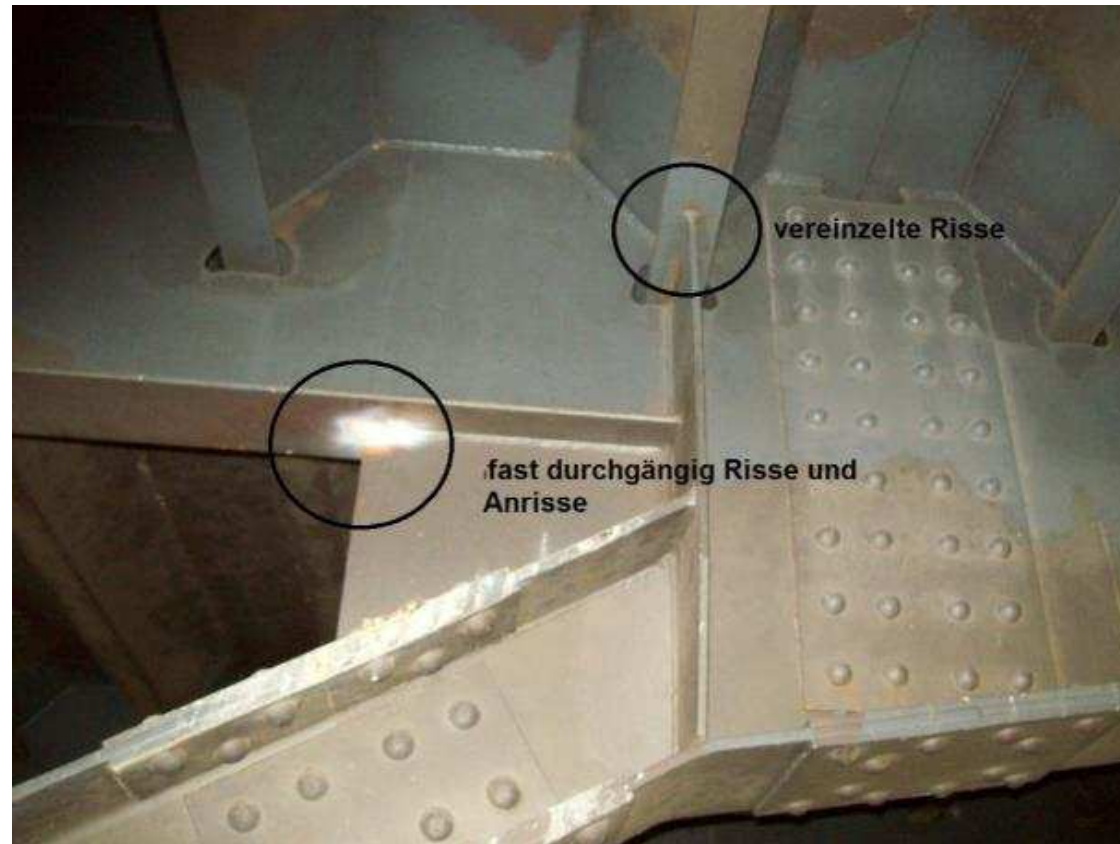
## Sekundärbiegemomente bei Querverbänden



Statisches System, Sekundärbiegemomente

(Quelle: PSP)

## Sekundärbiegemomente bei Querverbänden

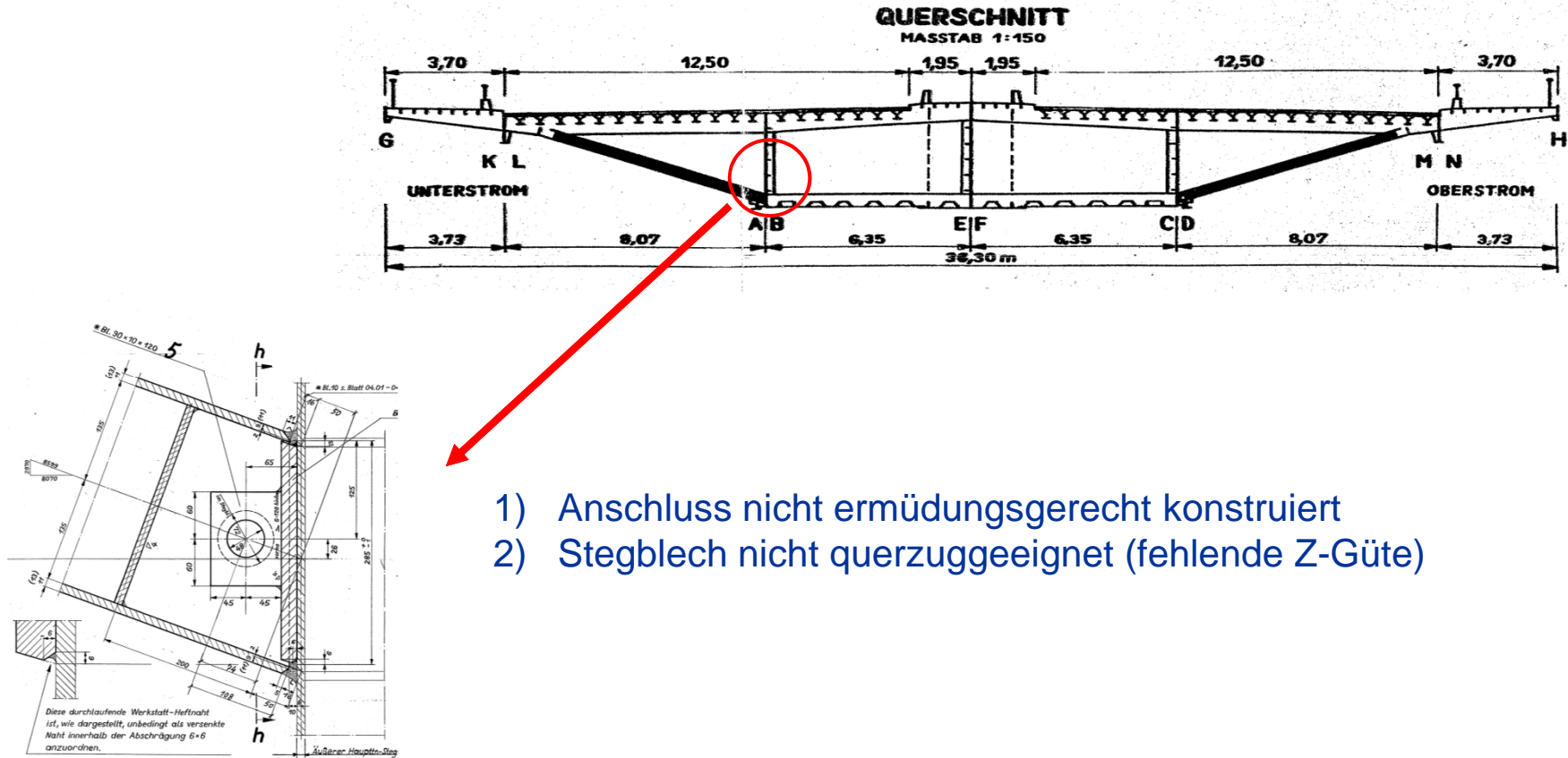


(Quelle: PSP)



# Bestandssituation

## Sekundärbiegemomente bei Querverbänden



## Sekundärbiegemomente bei Querverbänden



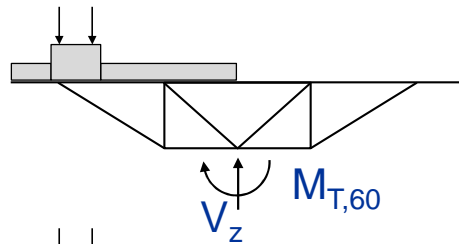
Vergleichbares Ausführungsdetail bei der Rheinbrücke Schierstein

Bemessung nach dem Nennspannungskonzept (EC 3)

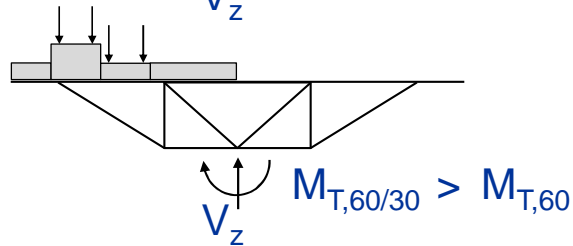
## Querverbände von Kastenträgerbrücken

- ▶ Erhöhte Beanspruchungen für die Quertragelemente und das Haupttragwerk

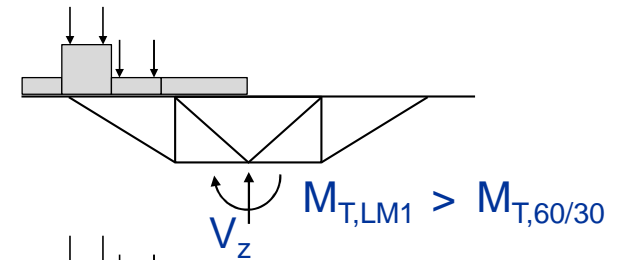
BK 60



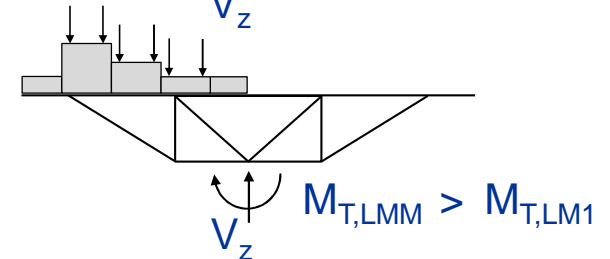
BK 60/30



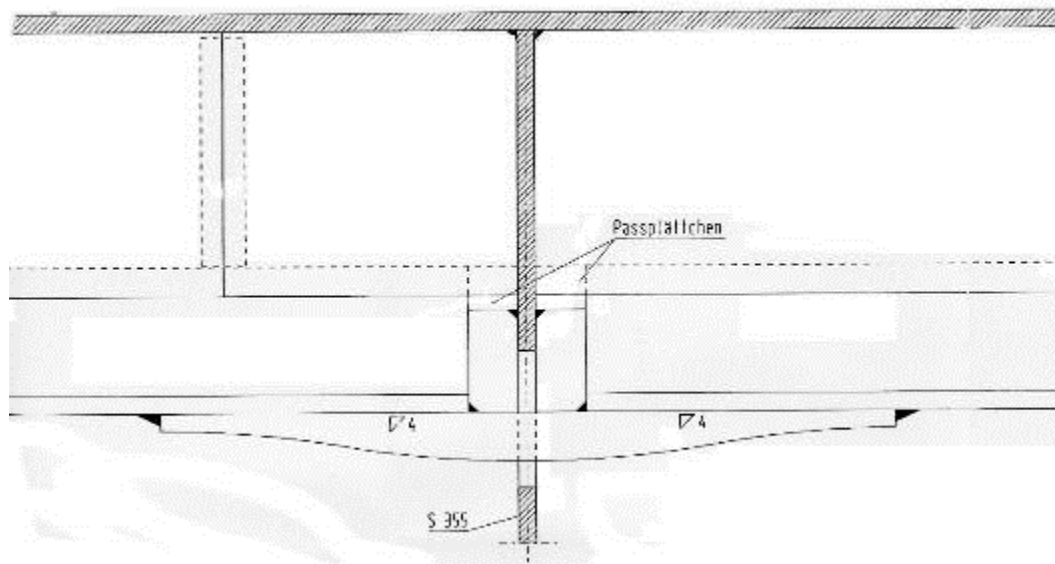
LM 1



LMM

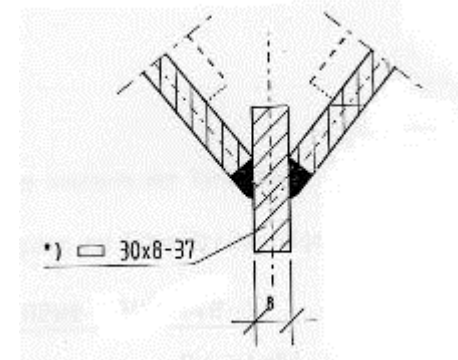
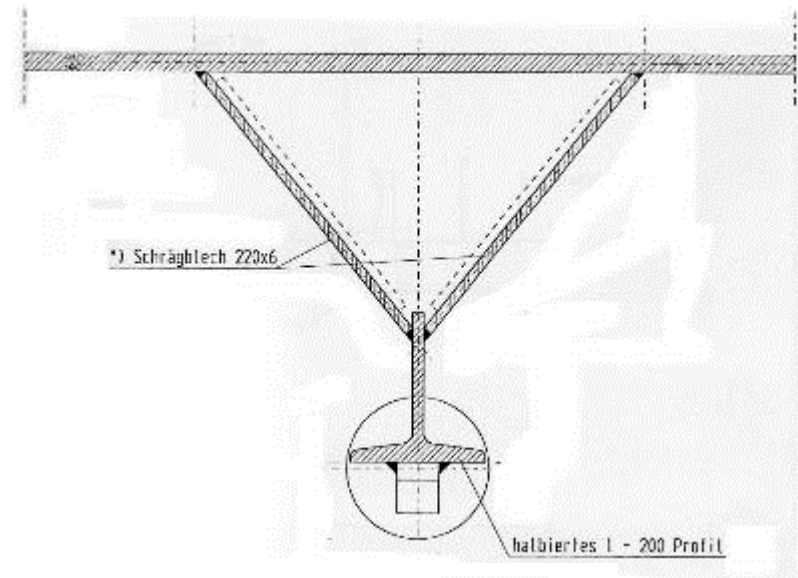


## Brückenbauwerk A 42 / Rhein-Herne-Kanal



Orthotrope Fahrbahnplatte

► „Sektkelchquerschnitt“



## Brückenbauwerk A 42 / Rhein-Herne-Kanal



Mangelhafte Berücksichtigung der Materialermüdung in der Detailausbildung:  
Abrupter Querschnittswechsel mit Anschlussexzentrizität



## Brückenbauwerk A 42 / Rhein-Herne-Kanal

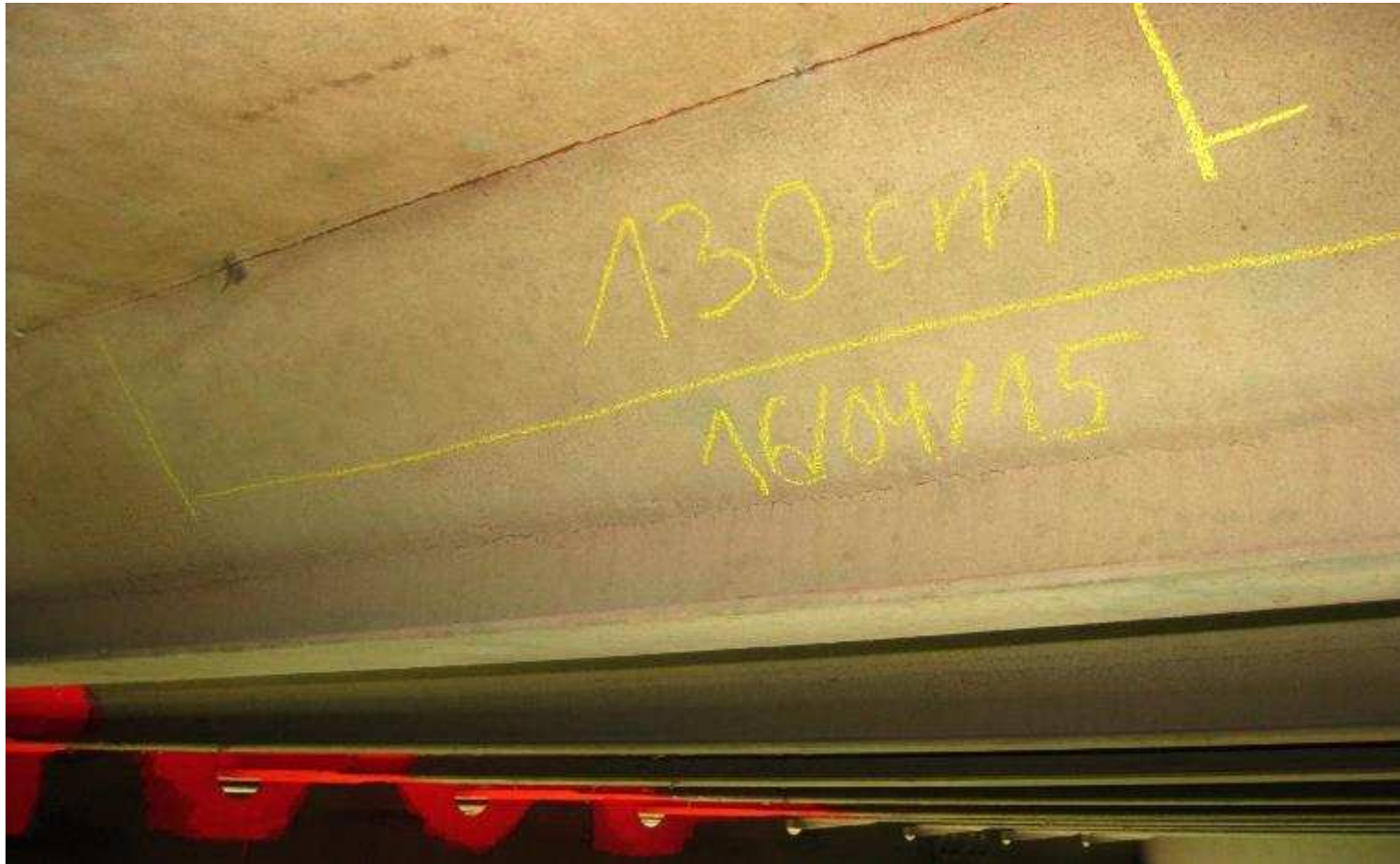


Mangelhafte Berücksichtigung der Materialermüdung in der Detailausbildung:  
Abrupter Querschnittswechsel mit Anschlussexzentrizität



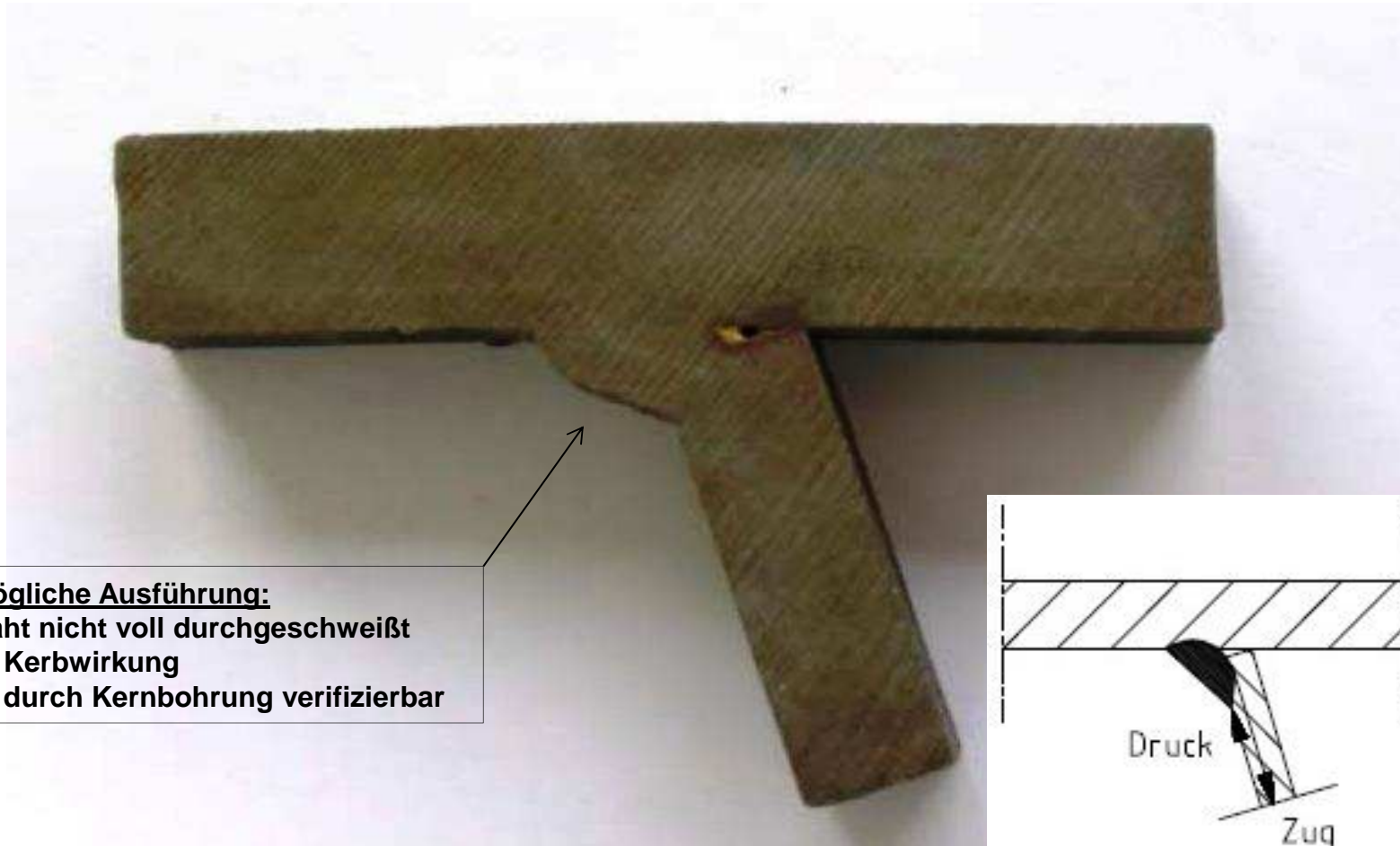
# Bestandssituation

## Überbau Rhein-Herne-Kanal



Längsnaht Längsträgerseitenblech (Sektkelch) / Deckblech

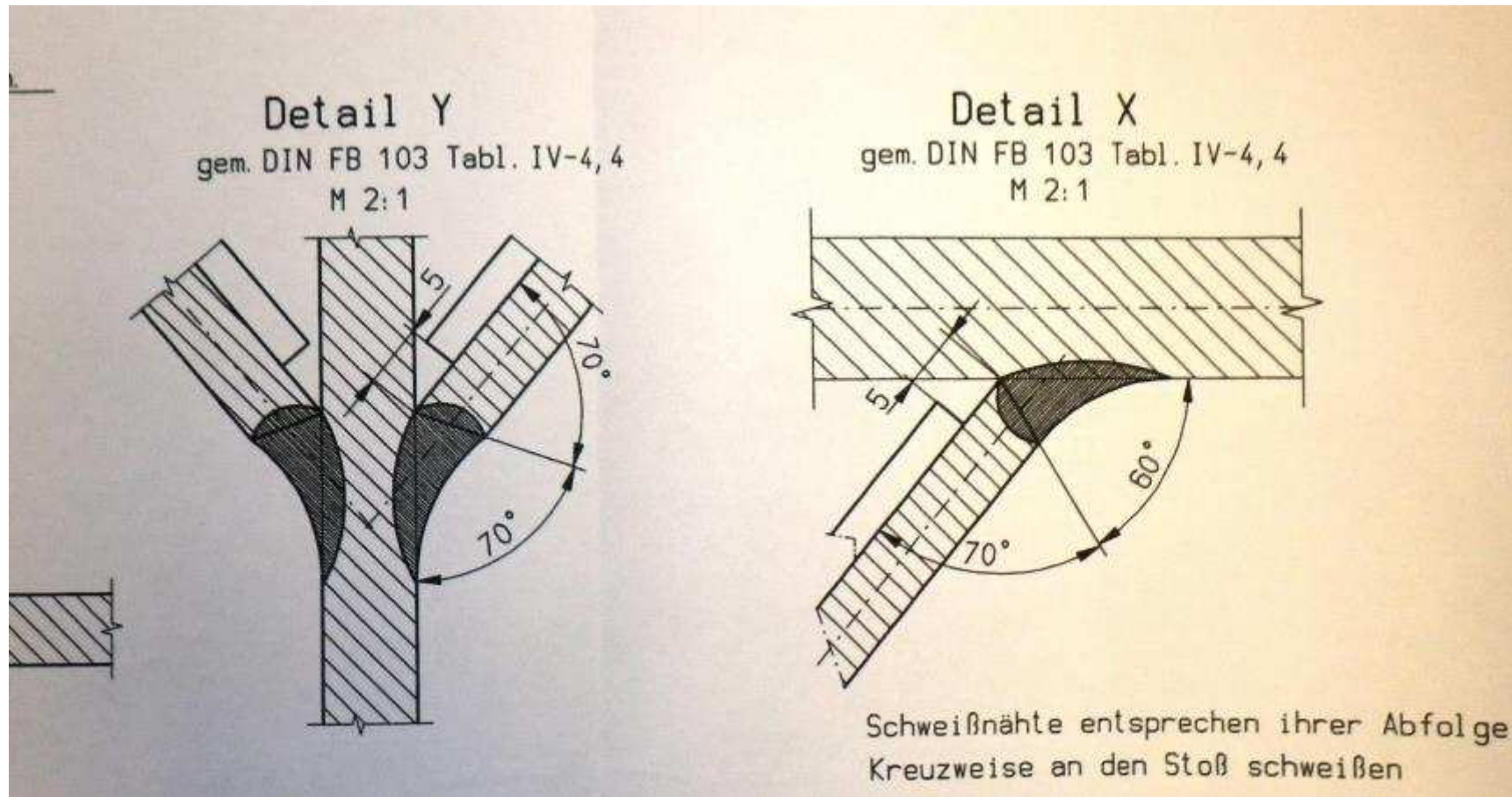
## Überbau Rhein-Herne-Kanal



**Mögliche Ausführung:**  
Naht nicht voll durchgeschweißt  
→ Kerbwirkung  
→ durch Kernbohrung verifizierbar

# Bestandssituation

## Überbau Rhein-Herne-Kanal





# Bestandssituation

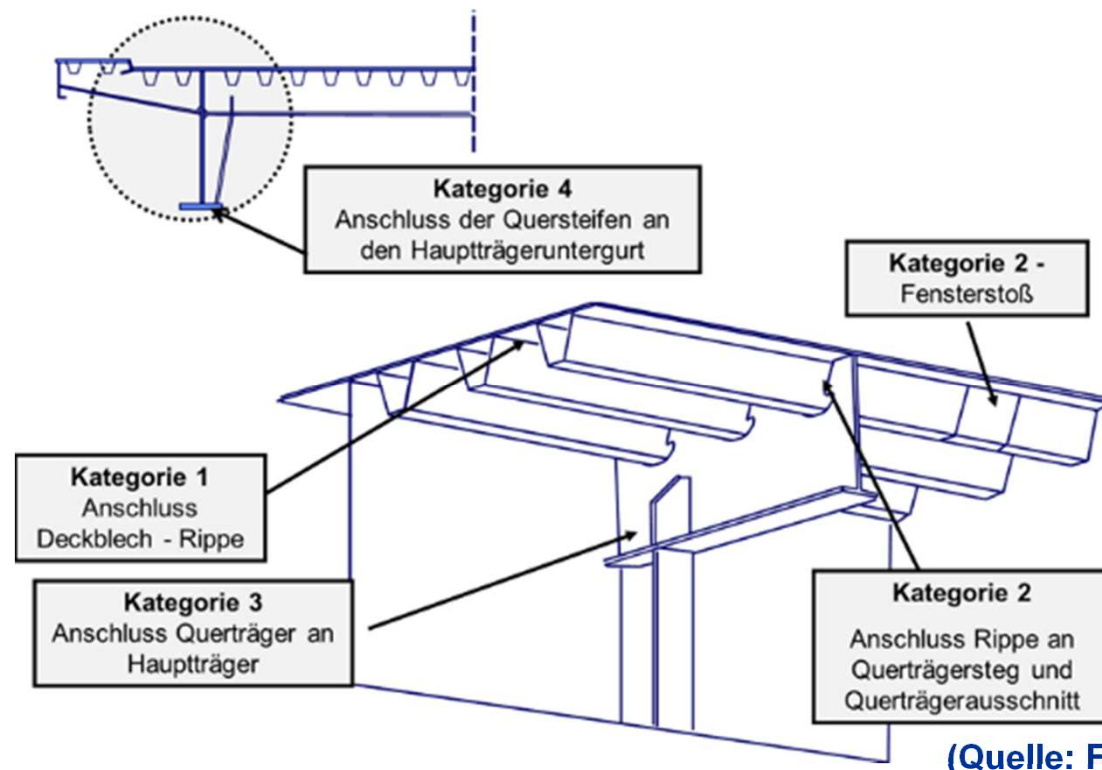
## Überbau Rhein-Herne-Kanal

neue Schadstellen



## Einzelaspekte zu Stahl- und Stahlverbundbrücken Nachweis gegen Ermüdung

Kritische Stellen bei orthotropen Fahrbahnplatten im Hinblick auf die Materialermüdung



## Einzelaspekte zu Stahl- und Stahlverbundbrücken Nachweis gegen Ermüdung bei orthotropen Fahrbahnplatten

- Laststellungen zur Ermittlung lokaler Einwirkungen nach DIN EN 1991-2, 4.6.1(5)
- Nachweis darf entfallen, wenn die **Nutzungsdauer eingeschränkt** wird und folgende Bedingungen erfüllt sind:
  - Keine Ermüdungsschäden feststellbar
  - Ausreichende Tragsicherheit gewährleistet
  - Keine signifikante Erhöhung der Verkehrslasten

Stahlbrücken mit orthotropen Fahrbahnplatten ► Stahlmengen bezogen auf Brückenfläche	
1960 bis 1980	heute
ca. 350 kg/m <sup>2</sup>	ca. 550 kg/m <sup>2</sup>

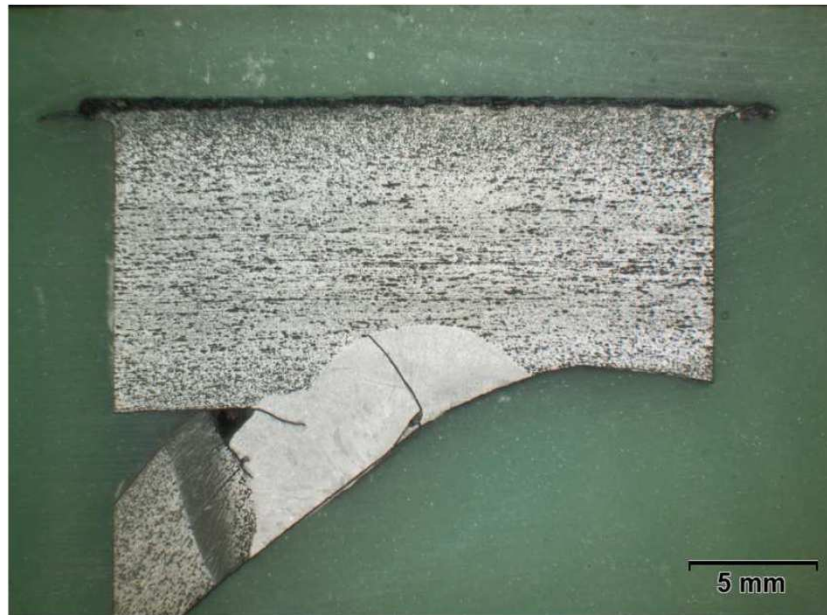
**Aktuell:**  
**Rheinbrücke Schierstein 660 kg/m<sup>2</sup>**

(Quelle: BMVBS)

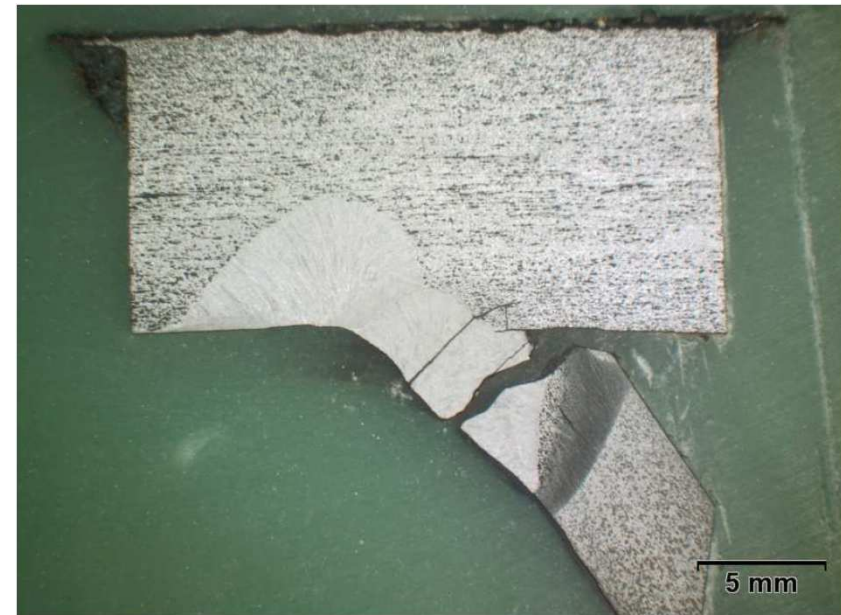


## Bestandssituation

### Bandbreite der Instandsetzungsqualität; orthotrope Fahrbahnplatte



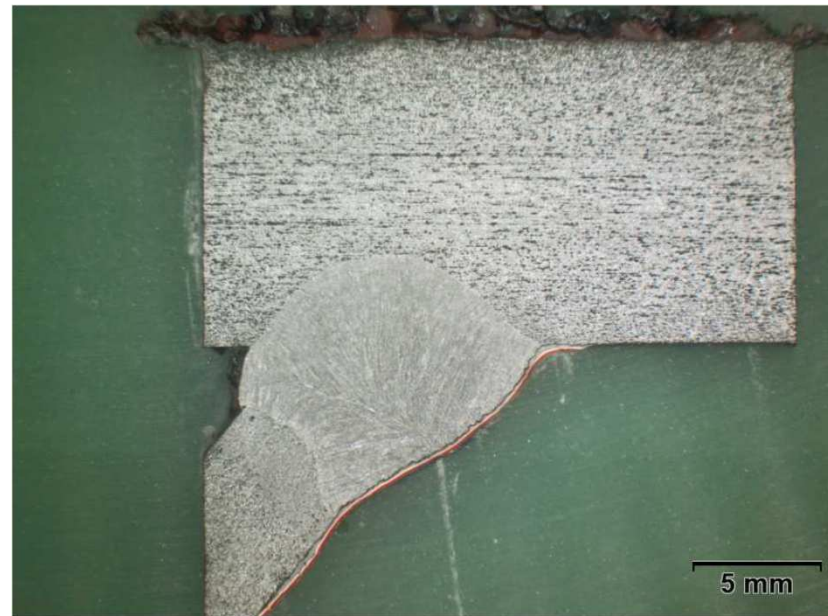
- nicht durchgeschweißte Nähte ( $a < t$ ):
- extreme Kerbwirkung
- fehlender Einbrand



→ **Folge:**

Schadenswiederholung nach  
kurzer Zeit

### Bandbreite der Instandsetzungsqualität; orthotrope Fahrbahnplatte



- voll durchgeschweißte Naht

# Bestandssituation

**Die Bestandssituation für Stahl- und Stahlverbundbrücken ist geprägt durch**

- **extrem angestiegene Verkehrsbelastung**
  - Häufigkeit
  - Lastintensität
- **fehlende ermüdungsgerechte Detailgestaltung**
  - Vernachlässigung verformungsbedingter Sekundärbeanspruchungen
  - Abrupte Querschnittswchsel
  - Anschlusssexzentrizitäten
- **unzureichende Fertigungsqualität**
  - Unangemessene Schweißnahtausbildung
  - Stahlqualität
- **neue wissenschaftliche Erkenntnisse**
  - Stabilitätsverhalten ausgesteifter Steg- und Bodenbleche
  - Zwangsbeanspruchungen aus Temperatur

### Beispiele für unzureichende Fertigungsqualität



**Orthotrope Fahrbahnplatte**



## Ausführungsqualität von Schweißnähten



Lokale Krafteinleitung, Schweißporen

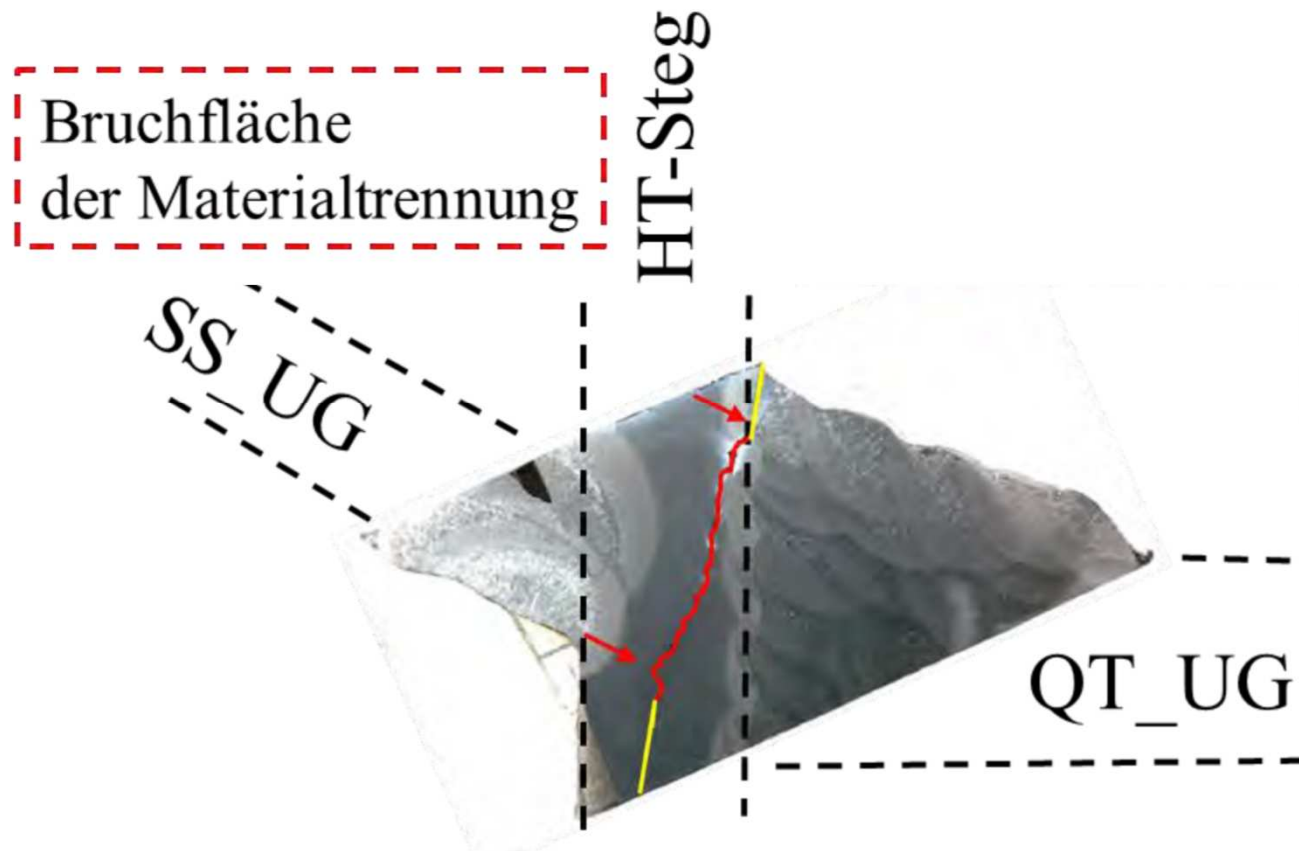
## Ausführungsqualität von Schweißnähten



Nahtdetail nach Entfernen der Beschichtung, Bindefehler



## Stahlqualität



## Terrassenbruch

Quelle: i-w-t Aachen

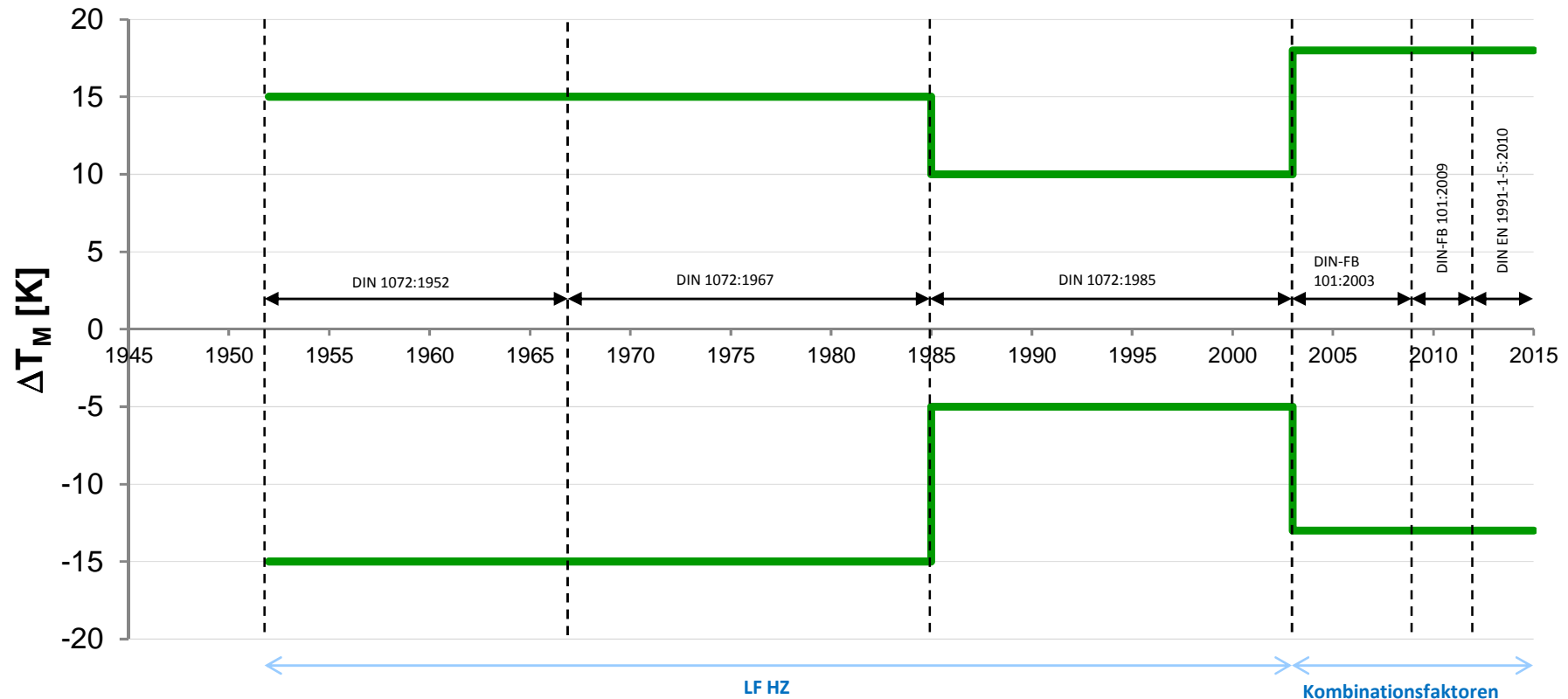
# Bestandssituation

**Die Bestandssituation für Stahl- und Stahlverbundbrücken ist geprägt durch**

- **extrem angestiegene Verkehrsbelastung**
  - Häufigkeit
  - Lastintensität
- **fehlende ermüdungsgerechte Detailgestaltung**
  - Vernachlässigung verformungsbedingter Sekundärbeanspruchungen
  - Abrupte Querschnittswchsel
  - Anschlusssexzentrizitäten
- **unzureichende Fertigungsqualität**
  - Unangemessene Schweißnahtausbildung
  - Stahlqualität
- **neue wissenschaftliche Erkenntnisse**
  - Stabilitätsverhalten ausgesteifter Steg- und Bodenbleche
  - Zwangsbeanspruchungen aus Temperatur

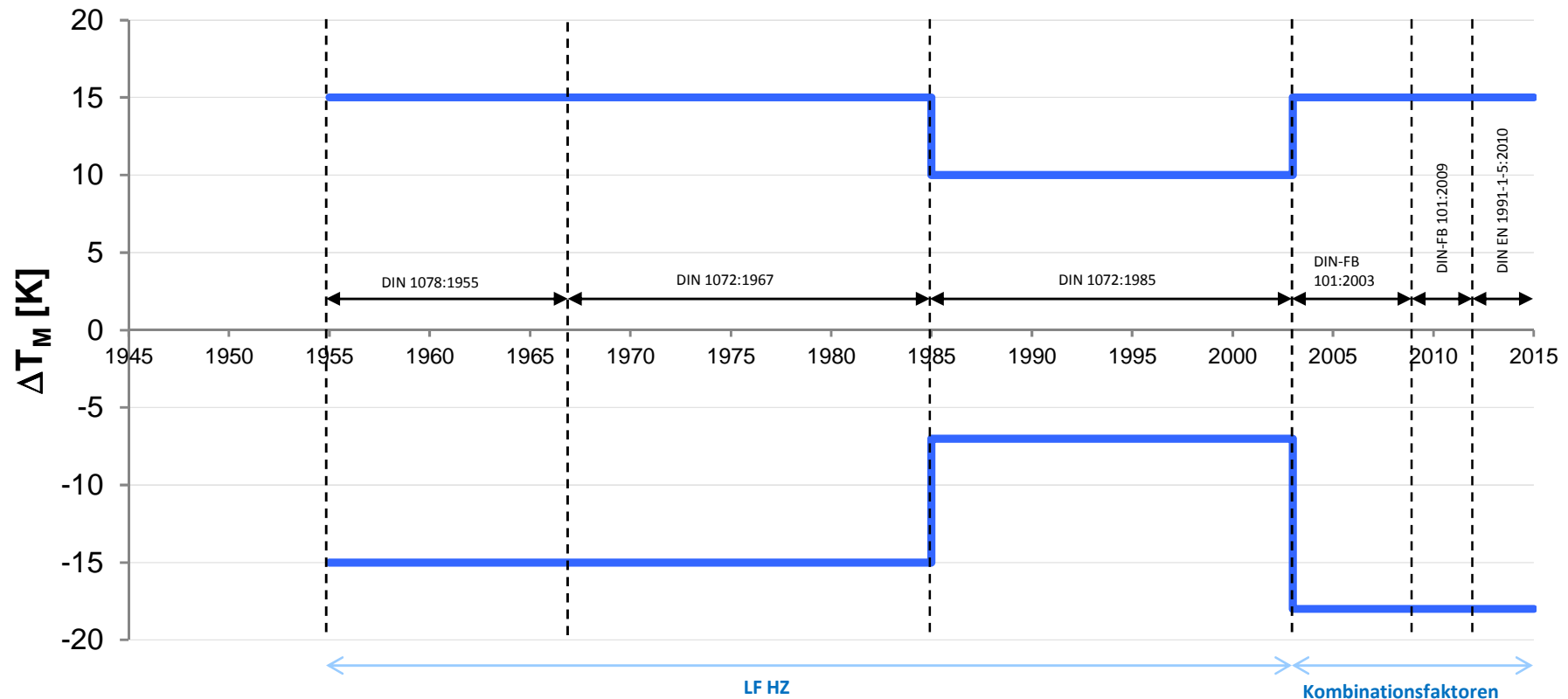
## Temperatureinwirkungen – Rückblick Normung

charakt. Werte der linearen Temperaturunterschiede für Straßenbrücken  
- Stahlbrücken -



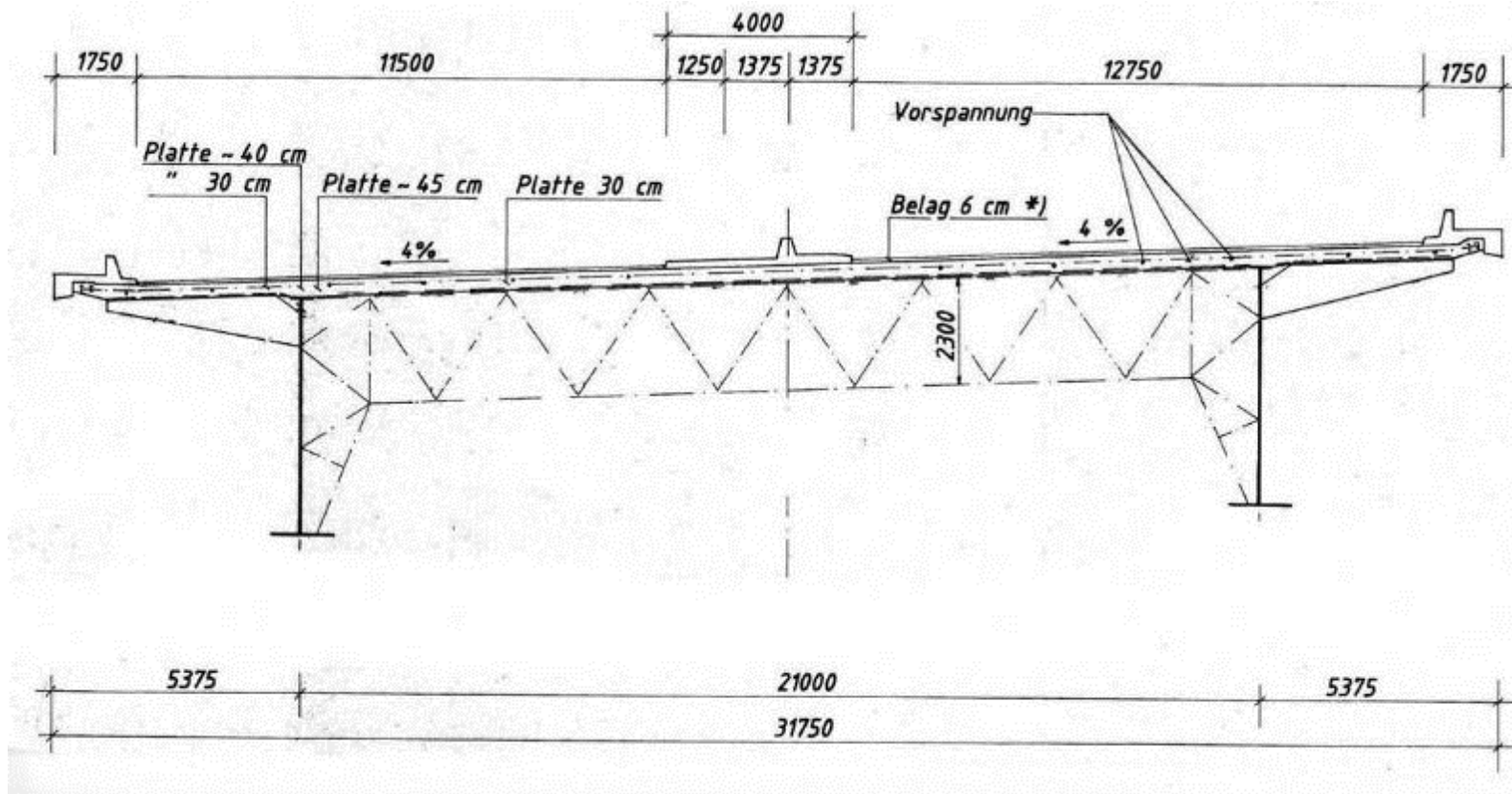
## Temperatureinwirkungen – Rückblick Normung

charakt. Werte der linearen Temperaturunterschiede für Straßenbrücken  
- Verbundbrücken -



# Bestandssituation

## Talbrücke im Zuge der A 45 (Bj. 1967)



# Bestandssituation

## Talbrücke im Zuge der A 45 (Bj. 1967)



Querträger  
 $a = \text{ca. } 2,5 \text{ m}$

Fachwerk-  
Mittellängsträger



# Bestandssituation

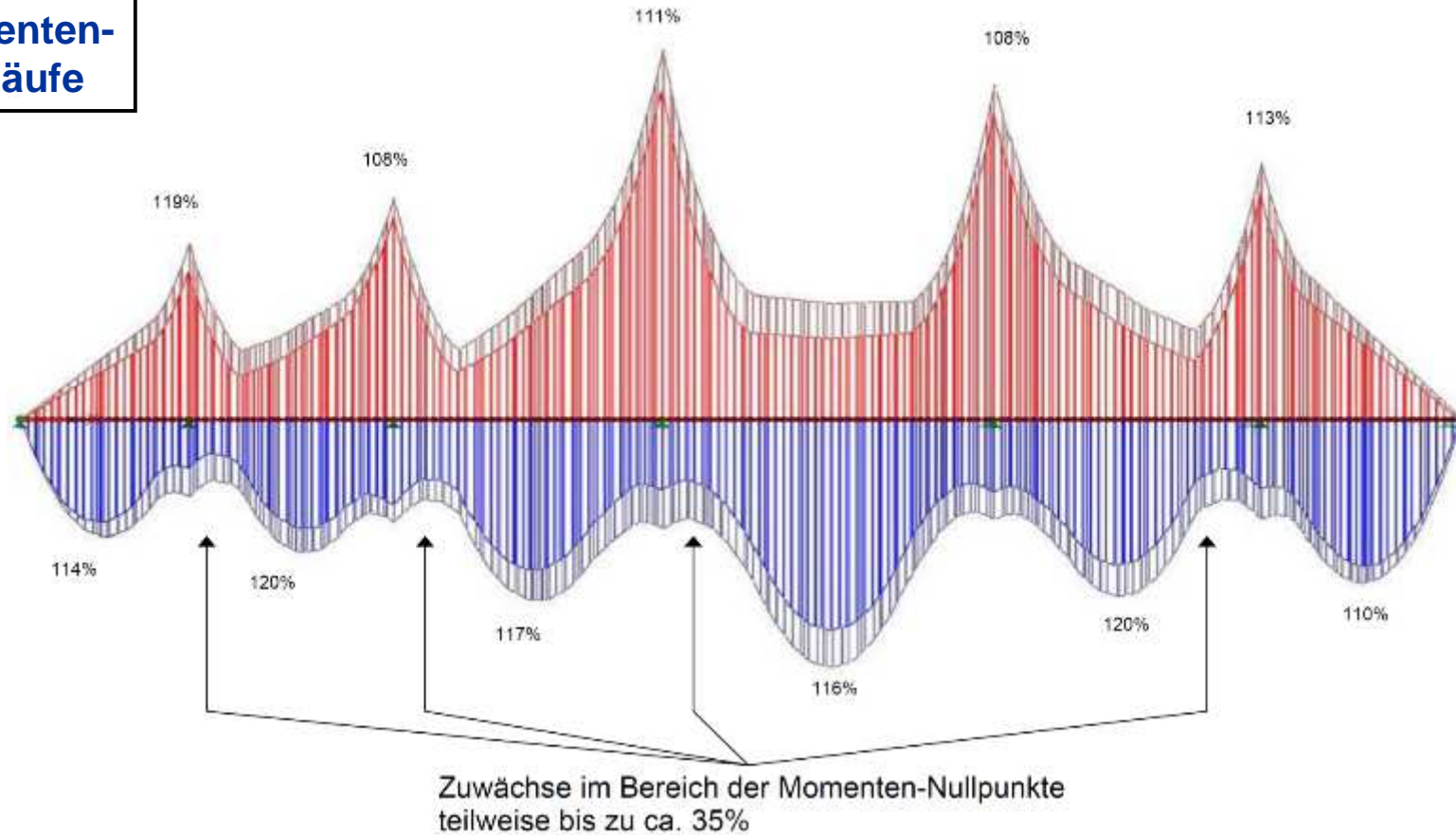
## Talbrücke im Zuge der A 45 (Bj. 1967)



## Talbrücke im Zuge der A 45 (Bj. 1967)

$1,0 \cdot \text{BKL60} + 0,5 \cdot \Delta T_M (\pm 15\text{K-DIN1072-Nachr. Altstatik})$  – bezogen auf  $1,0 \cdot \text{BKL60}$

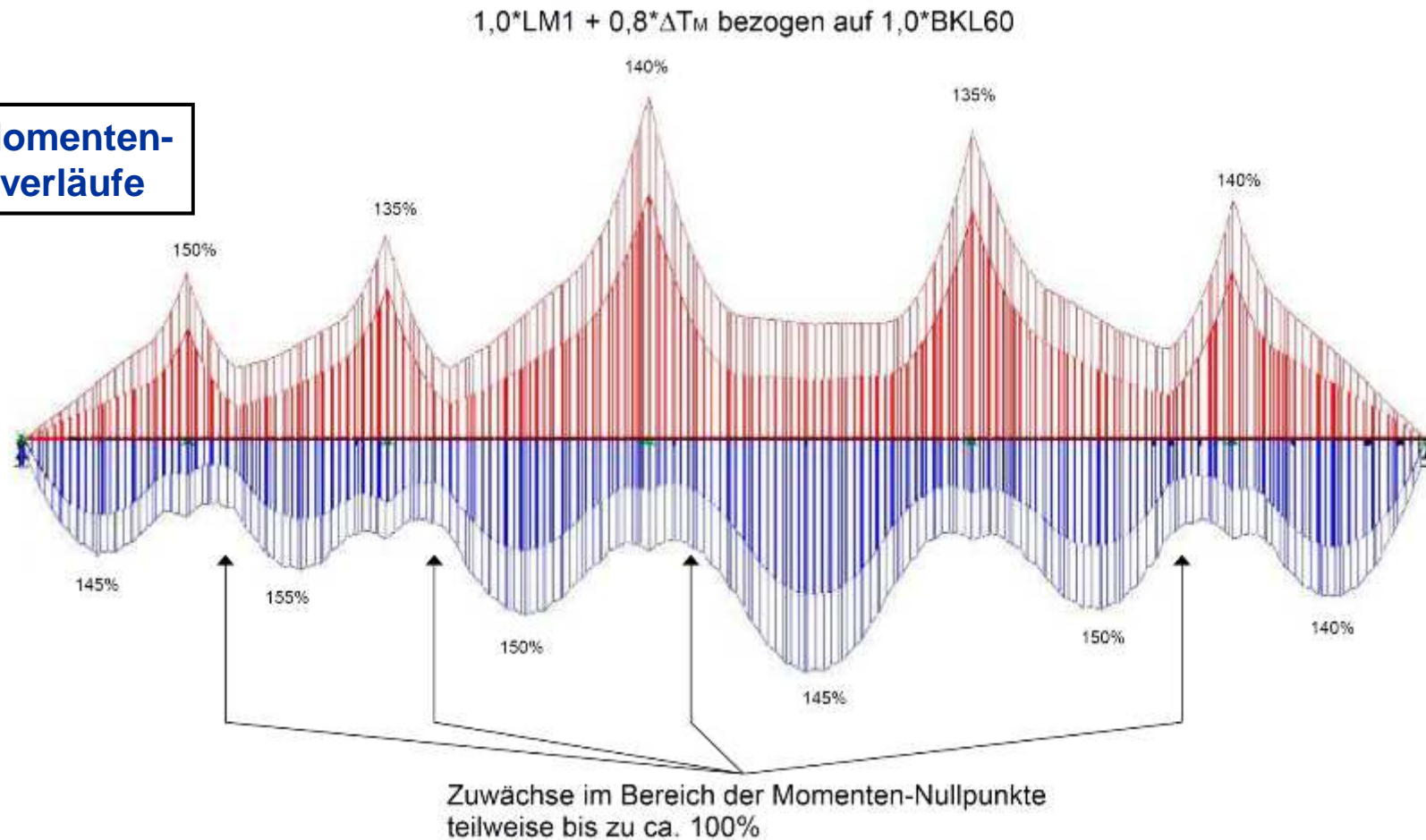
**Momenten-  
verläufe**



# Bestandssituation

## Talbrücke im Zuge der A 45 (Bj. 1967)

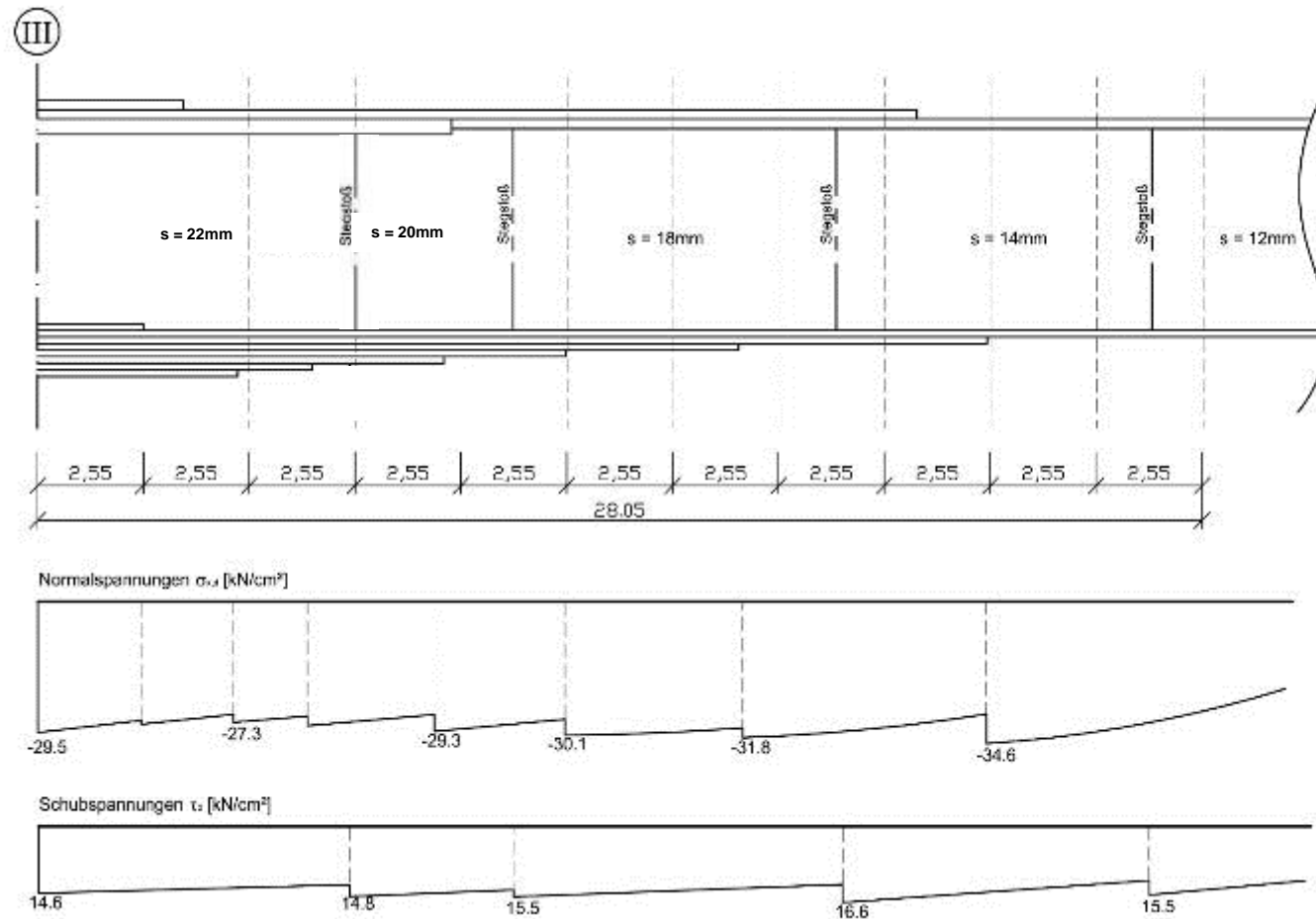
### Momenten- verläufe



# Bestandssituation

## Talbrücke im Zuge der A 45 (Bj. 1967)

### ► Querschnittsabstufung



# Bestandssituation

## Bedeutende Schritte in der Entwicklungsgeschichte der Regelwerke für den Stahl- und Stahlverbundbrückenbau (Auszug)

Stahlbrücken			
Erscheinungsjahr	Regelwerk / Richtlinie	Titel	Wesentliche Entwicklungsschritte
1969	DIN 1073	Stählerne Straßenbrücken, Berechnungsgrundlagen	Erstmalige Festlegung zur Begrenzung der Vergleichsspannung in Biegeträgern $\sigma_v = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \cdot \tau^2}$
1974	DIN 1073	Stählerne Straßenbrücken, Berechnungsgrundlagen	Angaben zum Spannungsverlauf in Gurten mit Spannungsermittlung unter Berücksichtigung mitwirkender Breiten
1978	DAST-Richtlinien	Beulsicherheitsnachweise für Platten	Erfassung des knickstabähnlichen Verhaltens bei ausgesteiften Beulfeldern
1987	DIN 18809	Stählerne Straßen- und Wegebrücken	Konstruktive Vorgaben zur Ausbildung von orthotropen Fahrbahnplatten unter dem Gesichtspunkt der Ermüdung

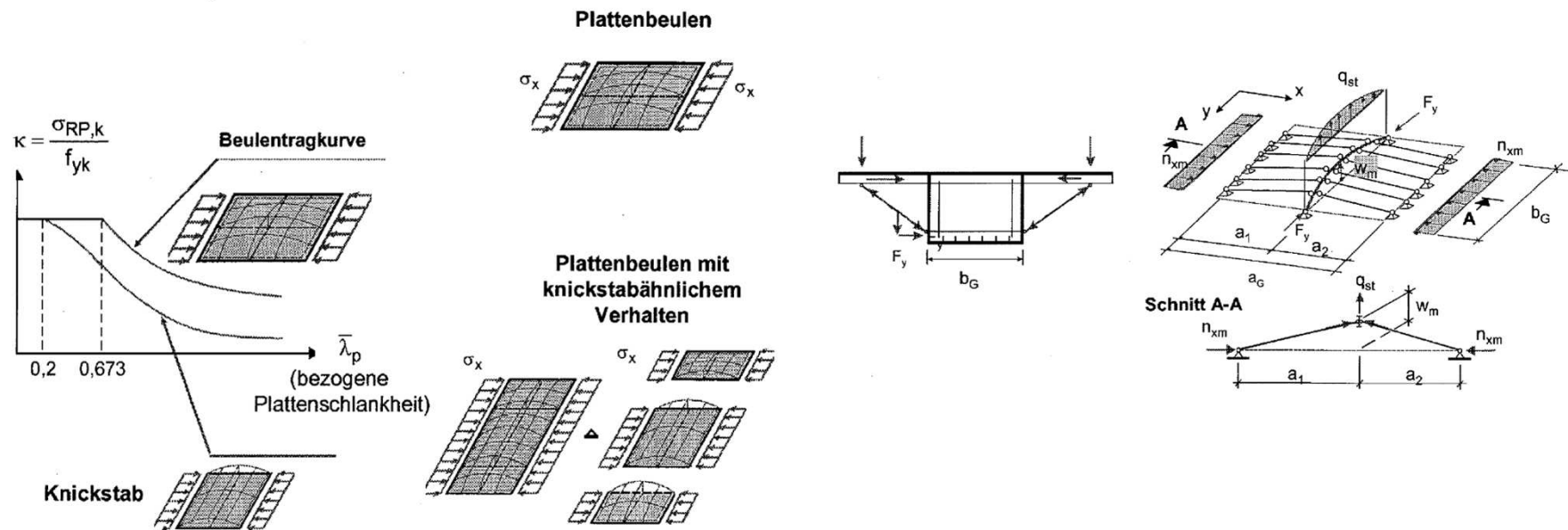
Stahlverbundbrücken			
Erscheinungsjahr	Regelwerk / Richtlinie	Titel	Wesentliche Entwicklungsschritte
1984	Richtlinie	Ergänzende Bestimmungen zu den Richtlinien für die Bemessung und Ausführung	Veränderte Vorgaben zur Bestimmung der Dübeltragfähigkeit
1991-1999	Richtlinie	Ergänzende Bestimmungen zu den Richtlinien	Mehrfache Änderungen zur Beschränkung der Rissbreite und der Mindestbewehrung



## Einzelaspekte zu Stahl- und Stahlverbundbrücken

### Rechnerische Nachweise zur Tragsicherheit

#### Gedrückte Untergurte von Kastenträgern



DAST-Richtlinie 012: Veröffentlichung 1978

(Quelle: Bauingenieur, Band 87)

# Bestandssituation

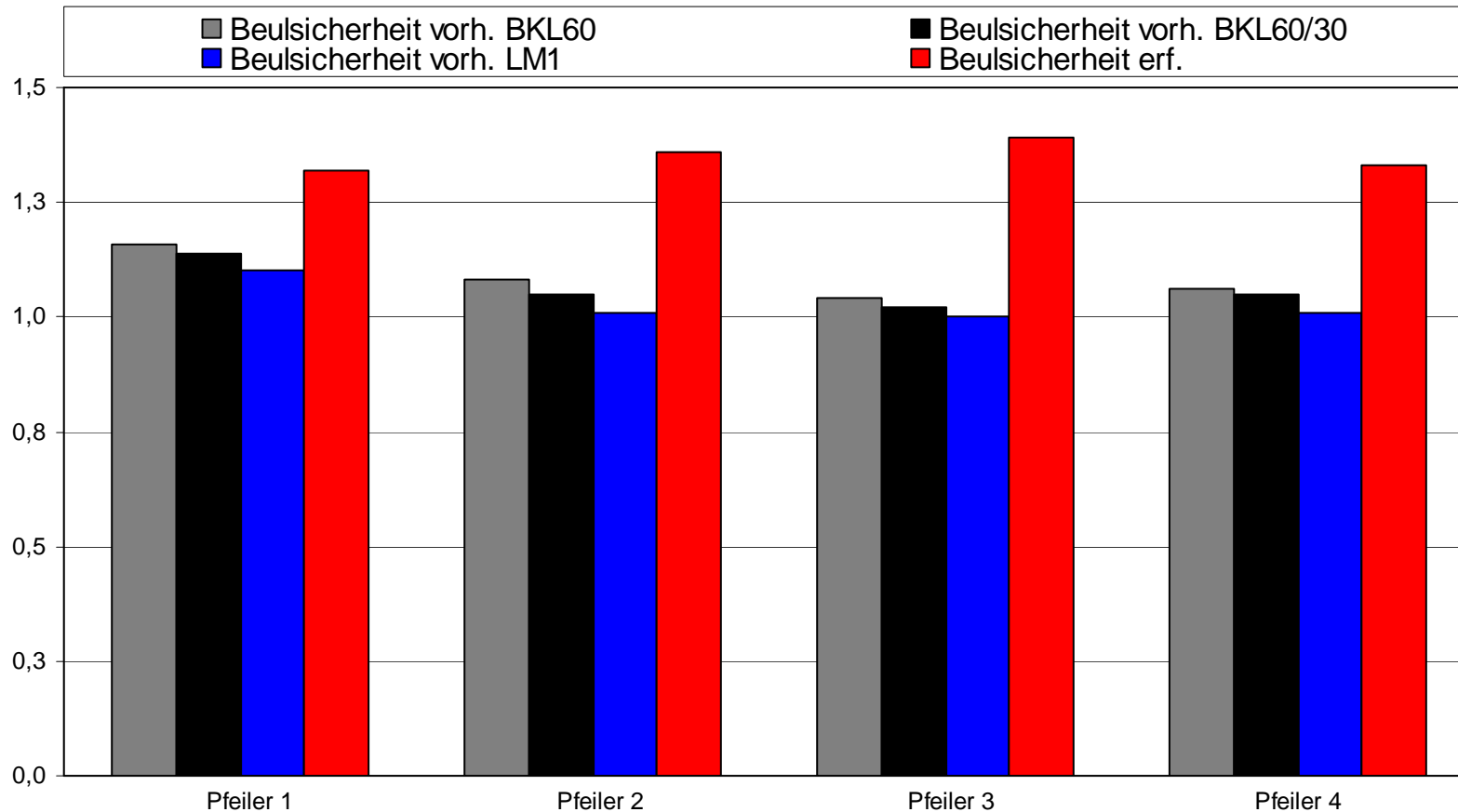
## Talbrücke im Zuge der A 45 (Bj. 1967)

### ► Beulnachweise

Ziellastniveau Nachrechnungsrichtlinie: **LM1** nach DIN-Fachbericht 101:2009

Beulnachweise n. DAST Ri.Li. 012 - System Bestand

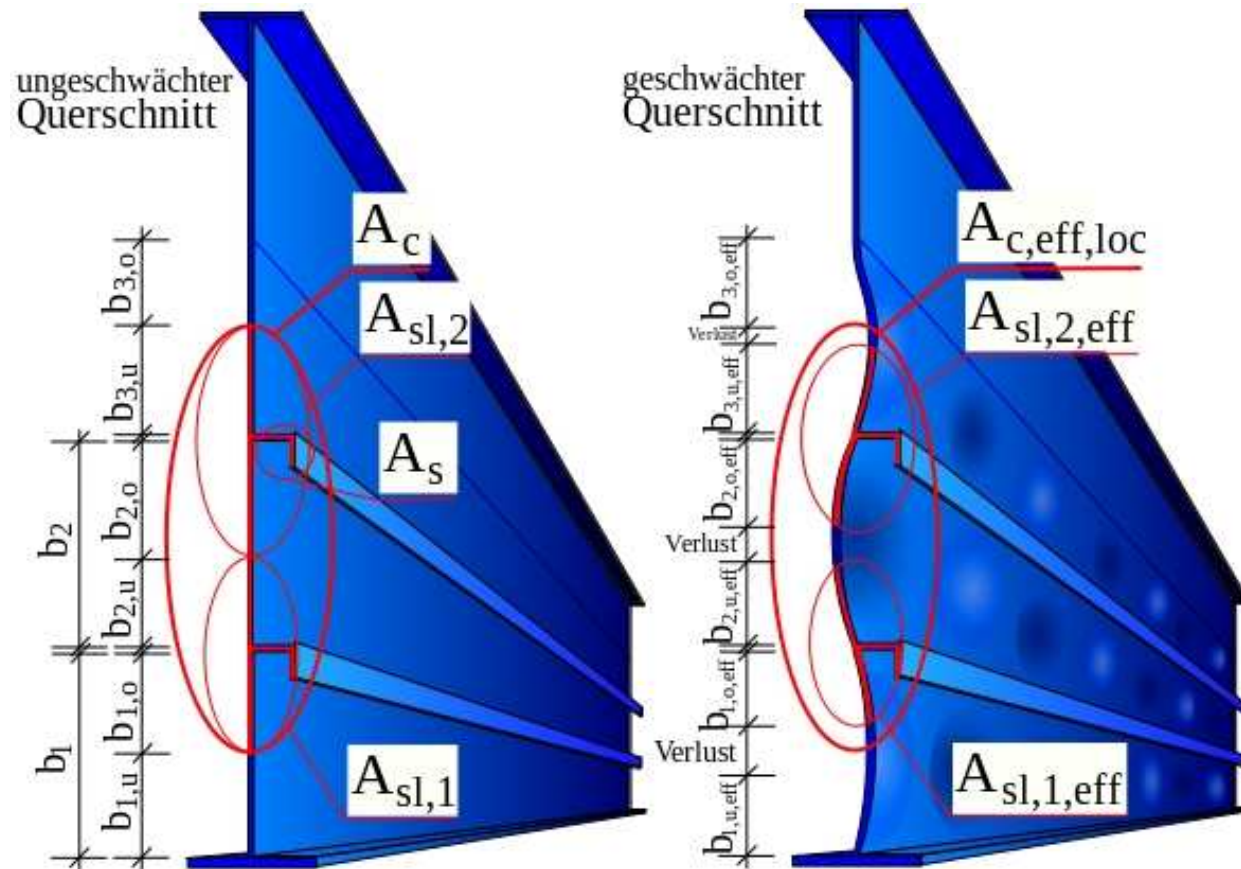
Beulsicherheit ohne Verstärkung nicht gegeben



# Bestandssituation

## Talbrücke im Zuge der A 45 (Bj. 1967)

### ► Beulnachweise mit partiellem Stegausfall



Quelle: Wikibooks Simon Pie

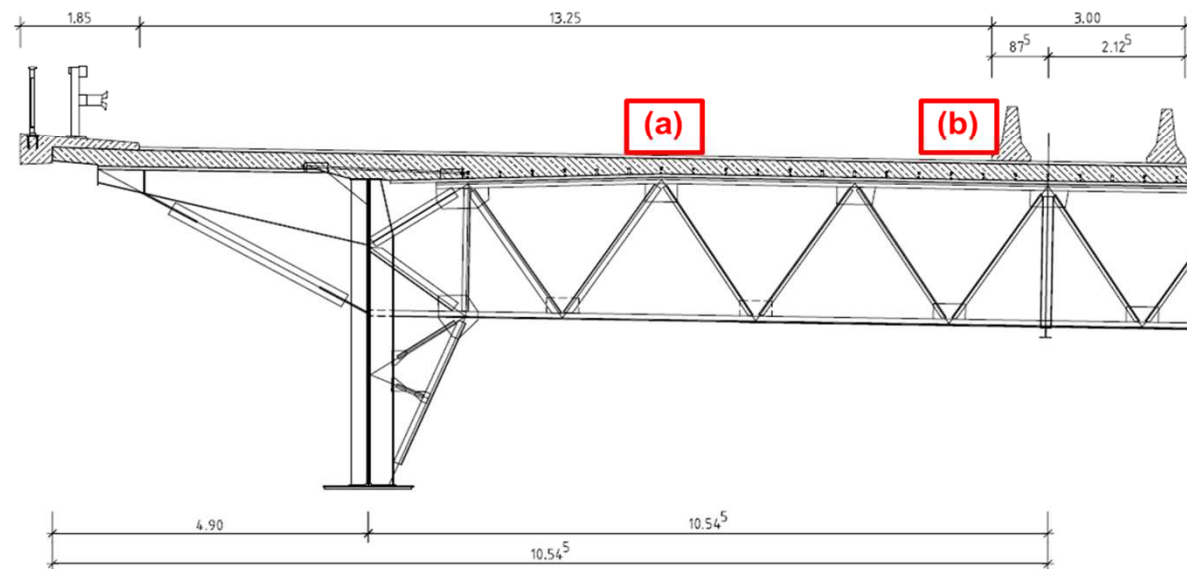
# Bestandssituation

## Talbrücke im Zuge der A 45 (Bj. 1967)

### Defizite der Fahrbahnplatte

#### Defizite der Bestandsstatik

- (a) Konzentration der Beanspruchung über den QT-Knoten
- (b) fehlende Radstellung am Mittelstreifen (5t-Fahrzeug wurde angesetzt)
- (c) unvollständige Ermittlung der Trägerrostbeanspruchungen
- (d) Bemessung unter Ansatz der im Gebrauchszustand ermittelten Betonspannungen



- (1) Bestandssituation
- (2) Bewertung von Tragfähigkeit / Tragverhalten bei Stahl- und Stahlverbundbrücken**
- (3) Werkstoffe, Teilsicherheitsbeiwerte
- (4) Praxiserfahrungen mit der Nachrechnung von Bauwerken

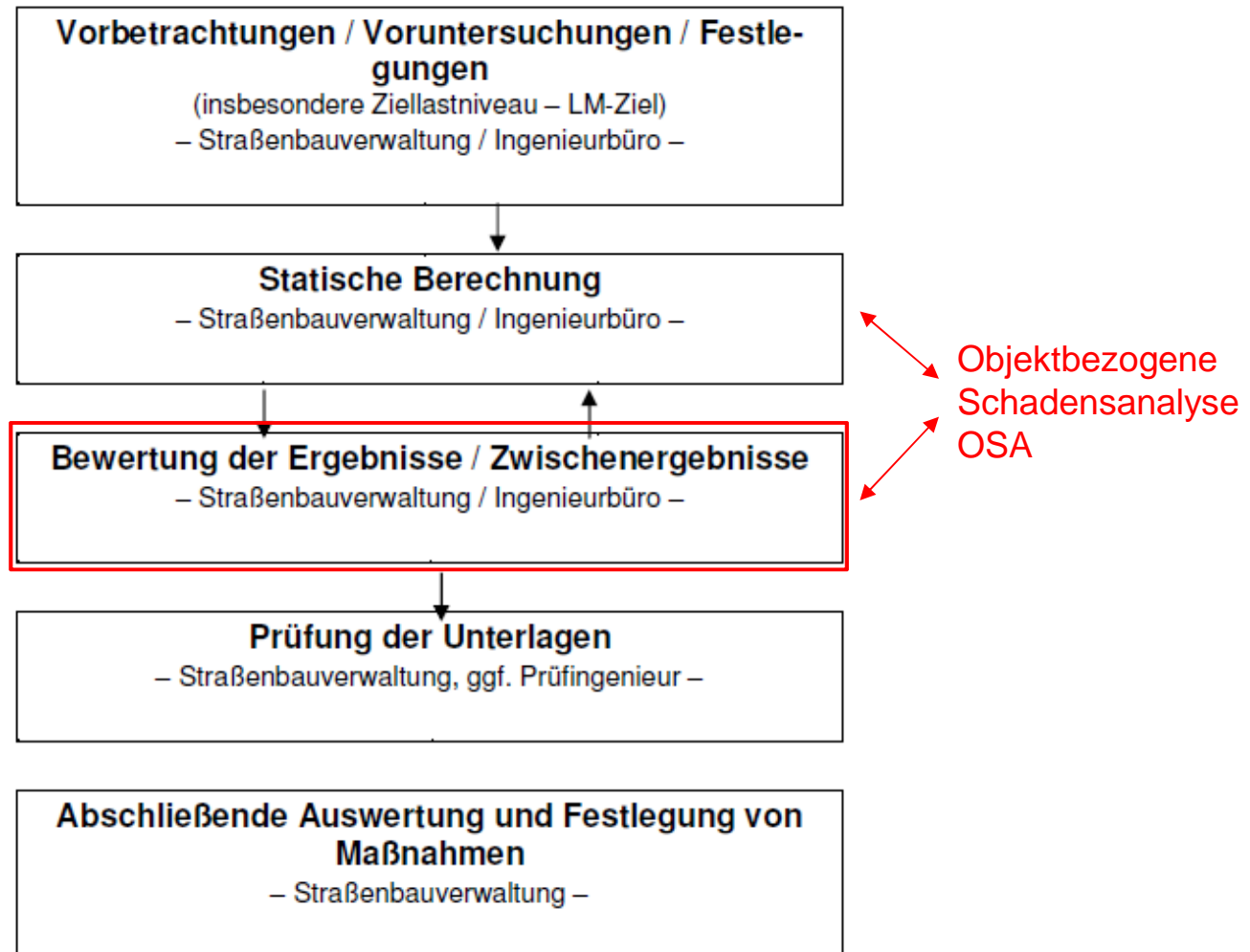


## Vorgehensweise

- Berücksichtigung des aktuellen Bauwerkszustandes
- Anwendung genauerer Berechnungsverfahren mit verbesserter Tragwerkserfassung
- Rechnerische Nutzung vorhandener Tragreserven
- Rückgriff auf Erfahrungswerte
- Ansatz modifizierter Teilsicherheitsbeiwerte

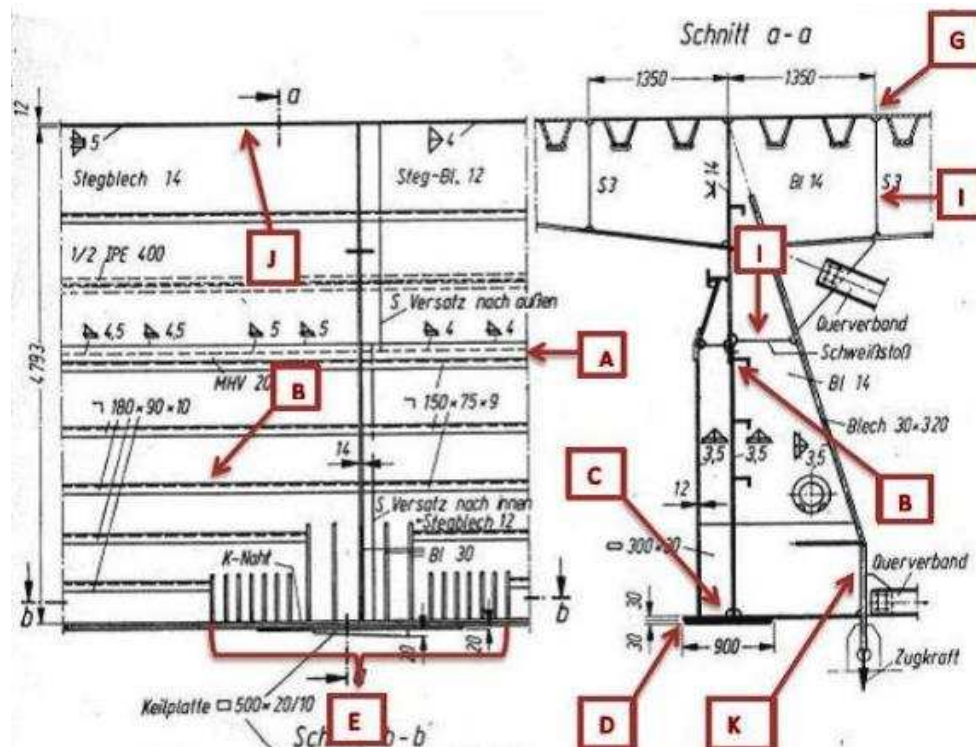


# Bewertung der Tragfähigkeit / Tragverhalten bei Stahl- und Stahlverbundbrücken



# Objektbezogene Schadensanalyse OSA insbesondere

## Zuordnung der Kerbfalleinstufung



	Bauteil	Kerbfalleinstufung
A	Überlappter Stegblechstoß im Hauptträger	Kerbgruppe 56
B	Beullängssteifen am Hauptträgersteg (innenseitig)	Kerbgruppe 56 für Längsnähte Kerbgruppe 36 für Quernähte
C	Anschlüsse Hauptträgersteg an -untergurt	Kerbgruppe 100
D	Anschluss der Untergurtlamellen am Hauptträger	Kerbgruppe 56 für endende La- melle, Kerbgruppe < 80 für Längsnähte
E	Anschluss der Lagersteifen an Hauptträgersteg und -untergurt	Kerbgruppe < 80
F	Anschluss der Stegquersteifen an den Hauptträger	Kerbgruppe 56
G	Deckblechquer- und -längsstöße	Kerbgruppe 56
H	Trapezhohlsteifen (lokale Tragwirkung, ortho- trophe Fahrbahnplatte)	Kerbgruppe < 50

# Bewertung der Tragfähigkeit / Tragverhalten bei Stahl- und Stahlverbundbrücken

## Objektbezogene Schadensanalyse OSA



Längs- und Quernähte von Beulsteifen

## Objektbezogene Schadensanalyse OSA



Querstoß Deckblech / Stegblech mit Freischnitt



- (1) Bestandssituation
- (2) Bewertung von Tragfähigkeit / Tragverhalten bei Stahl- und Stahlverbundbrücken
- (3) Werkstoffe, Teilsicherheitsbeiwerte**
- (4) Praxiserfahrungen mit der Nachrechnung von Bauwerken

## Werkstoffkennwerte gemäß Nachrechnungsrichtlinie für Baustahl

1	2	3	4	5	6
Stahlgüte	Materialdicke max. $t$	Streckgrenze $f_{yk}$	Zugfestigkeit $f_{uk}$	Elastizitätsmodul $E$	Schubmodul $G$
	mm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>
Schweißeisen und Flusseisen vor 1900		220	320	200.000	77.000
Flusseisen nach 1900 und Flusstahl		235	335	210.000	81.000
Baustahl St 37 Flusstahl St 37	$t \leq 30$	235	340	210.000	81.000
	$30 < t \leq 60$	215			
Baustahl St 48	$t \leq 30$	312	480		
Baustahl St 52	$t \leq 30$	355	490		
	$30 < t \leq 60$	335			
Baustahl St 37 ab DIN 17100 (1980)	$t \leq 40$	240	360		
	$40 < t \leq 80$	215			
Baustahl St 52 ab DIN 17100 (1980)	$t \leq 40$	355	510		
	$40 < t \leq 80$	335	470		

## Historische Brücke Bj. 1895

### ► Korrosionsschäden



# Werkstoffe, Teilsicherheitsbeiwerte

## Historische Brücken

### ► Werkstoffeigenschaften

Übersicht Zugversuche an Altstahl

	Probe	a [mm]	b [mm]	S <sub>0</sub> [mm <sup>2</sup> ]	F <sub>eH</sub> [kN]	R <sub>eH</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	F <sub>m</sub> [kN]	R <sub>m</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	L <sub>0</sub> [mm]	L <sub>u</sub> [mm]	A [%]	Baujahr d. Brücke
Pestalozzi	EQT Süd	7.52	24.96	187.70	36.3	193.4	57.4	305.8	100.0	107.5	7.5	1876
Pestalozzi	EQT Nord	8.05	25.16	202.54	51.0	251.8	69.7	344.1	100.0	109.8	9.8	1876
Pfälzer Steg	Untergurt Oberstromseite Stegblech	7.10	22.00	156.20	40.6	260.1	56.0	358.4	-	-	33.6	1895
Pfälzer Steg	Untergurt Unterstromseite Stegblech	7.30	22.00	160.60	46.9	292.2	65.3	406.4	-	-	31.1	1895
Gemarker Ufer	Untergurt West-Nord (1)	8.26	25.00	206.50	62.7	303.6	77.3	374.3	79.8	109.0	36.6	1898
Gemarker Ufer	Vertikale West-Mitte (2)	7.67	25.00	191.75	67.3	351.0	76.5	399.0	79.7	-	-	1898
Gemarker Ufer	Obergurt Ost-Süd (3)	11.32	25.99	294.21	85.3	289.9	105.2	357.6	99.4	123.1	23.8	1898
Gemarker Ufer	Verband unten (4.1)	9.96	25.03	249.30	79.4	318.5	91.0	365.0	89.7	122.4	36.5	1898
Gemarker Ufer	Verband unten (4.2)	9.94	25.01	248.60	75.4	303.3	91.3	367.3	89.3	121.4	35.9	1898
Gemarker Ufer	Querträger Nord (5)	8.24	24.99	205.92	60.8	295.3	79.5	386.1	79.6	106.8	34.2	1898
Gemarker Ufer	Untergurt West-Nord Schweißprobe (1)	9.95	37.50	373.13	99.0	265.3	143.4	384.3	-	-	-	1898
Gemarker Ufer	Vertikale West-Mitte Schweißprobe (2)	9.90	35.00	346.50	99.0	285.7	133.8	386.1	-	-	-	1898
Dörner Brücke	1			262.80		282.1	97.7	371.6			32.48	1900
Dörner Brücke	2			262.90		296.0	104.6	398.0			31.2	1900
Dörner Brücke	2			269.20		324.1	103.8	385.6			31.78	1900
Dörner Brücke	3			164.78		273.5	63.2	383.7			31.57	1900
Dörner Brücke	4			254.99		254.8	90.9	356.3			28.76	1900
Haspel	1 Steg QT 1	11.65	25.93	302.08	86.3	285.7	116.3	385.0	100.0	140.0	40.0	1903
Haspel	2 Flansch LT 4	12.03	26.00	312.78	87.2	278.8	109.1	348.8	100.0	131.5	31.5	1903
Schwebbahnträger	1					244.0		353.0			25.0	ca. 1900
Schwebbahnträger	2					326.0		434.0			31.8	ca. 1900
Schwebbahnträger	3					307.0		364.0			38.9	ca. 1900
Schwebbahnträger	4					320.0		360.0			34.2	ca. 1900
Schwebbahnträger	5					285.0		394.0			27.5	ca. 1900
Bernberg	1 QT 16	10.02	25.06	251.10	94.3	375.5	132.8	528.9	100.0	127.6	27.6	1951-53

## Statistische Auswertung

### Statistische Auswertung

- Gemäß Nachrechnungsrichtlinie 05/2011 Abschnitt 17 bzw. EN 1990:2002 Anhang D
- Stichprobenumfang mindestens  $n = 5$
- Ermittlung der 5%-Quantilwerte  $X_k$

$$X_k = \bar{x} \cdot (1 - k_n \cdot V)$$

$$V = \frac{s}{\bar{x}} \quad \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

**Tabelle 17.1** Werte für die  $k_n$ -Faktoren nach DIN EN 1990:2002-10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Stichproben- umfang $n$	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	$\infty$
$V$ bekannt	2,31	2,01	1,89	1,83	1,80	1,77	1,74	1,72	1,68	1,67	1,64
$V$ unbekannt			3,37	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

$X_k$	charakteristischer Wert der Baustofffestigkeit;
$\bar{x}$	arithmetisches Mittel der Stichprobe;
$V$	Variationskoeffizient;
$k_n$	Faktor zur Beschreibung der Streuung der Stichprobe.

**Tabelle 17.2** Variationskoeffizienten  $V$  zur Ermittlung des charakteristischen Wertes

1	2
Stahlgüte	Variationskoeffizient $V$
Flussstahl und Schweißstahl vor 1900	0,10
Flussstahl nach 1900	0,07
Baustähle St 37, St 48 und St 52	0,05



## Teilsicherheitsbeiwerte auf der Widerstandsseite

1	2	3	4	5	6
Stahlgüte	Ständige und vorübergehende Bemessungssituationen			Außergewöhnliche Bemessungssituationen	
	$\gamma_{M,0}$	$\gamma_{M,1}$	$\gamma_{M,2}$	$\gamma_{M,0}; \gamma_{M,1}$	$\gamma_{M,2}$
Schweißbeisen und Flusseisen vor 1900	1,1	1,2	1,40	1,0	1,30
Flusseisen nach 1900 und Flussstahl	1,1	1,15	1,35	1,0	1,25
Baustahl St 37	1,0	1,1	1,25	1,0	1,15
Baustahl St 48	1,0	1,1	1,25	1,0	1,15
Baustahl St 52	1,0	1,1	1,25	1,0	1,15

- (1) Bestandssituation
- (2) Bewertung von Tragfähigkeit / Tragverhalten bei Stahl- und Stahlverbundbrücken
- (3) Werkstoffe, Teilsicherheitsbeiwerte
- (4) Praxiserfahrungen mit der Nachrechnung von Bauwerken**

## Schwierigkeiten bei der Durchführung von Nachrechnungen

- Fehlende / mangelhafte / widersprüchliche Bestandspläne und Berechnungsunterlagen
- Abweichungen zwischen Planung und Ausführung
- Fehlende Angaben zum Bauablauf hinsichtlich Montagevorgang, Spanngliedvorspannung, Betonierfolge
- Vereinfachte / fehlerhafte Systemannahmen
- Vereinfachte / fehlerhafte Steifigkeitsansätze, insbesondere bei Verbundbrücken
- Zutreffende Kerbfalleinstufung der Bestandsdetails

## Schwierigkeiten bei Nachrechnungen

- Nicht ausreichende Dimensionierung von Quertraggliedern unter dem Gesichtspunkt der Querverteilung
- Fehlende Normung zu mittlerweile technisch überholten Konstruktionsformen / Bauverfahren

## (4.1) Verbundbrücke im Zuge der A 1 (Bj. 1961)



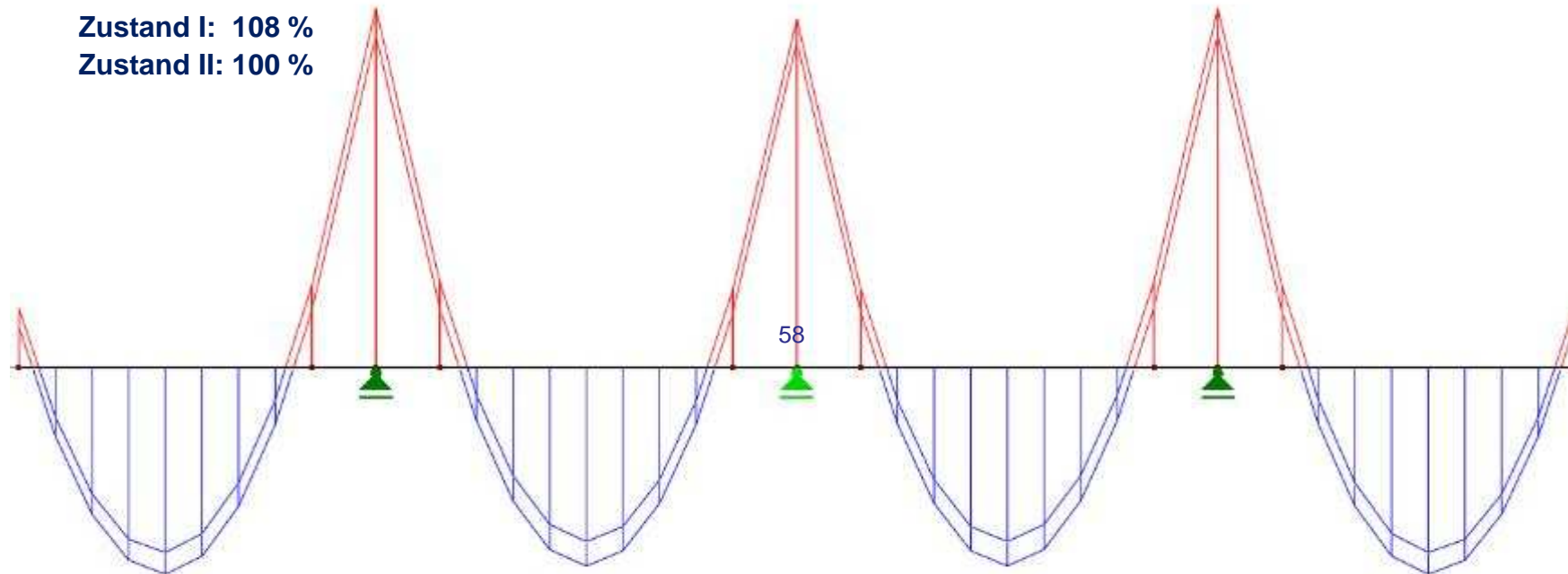


## (4.1) Verbundbrücke im Zuge der A 1 (Bj. 1961)

### ► Stabilitätsproblematik

Zustand I: 108 %

Zustand II: 100 %



Zustand I: 90 %

Zustand II: 100 %

#### Prüfung der Beton-Zugspannungen unter charakteristischen Lasten

Berücksichtigung Zustand II nach DIN-FB 104 (Empfehlung)

$2,0 \cdot f_{ctm}$

Hier vorhanden (über den Stützen)

ca.  $1,0 \cdot f_{ctm}$

## (4.2) orthotrope Fahrbahnplatten



© Nicolas Janberg

# Praxiserfahrungen

## (4.2) Rheinbrücke Emmerich (Bj. 1965)



Rückseite Querträger 117' / Längsträger 15

Anschluss Querträgersteife  
(Aussteifung für B.-steg) an  
Längsrippen-Untergurt



Längsnaht Längsrippen-Stegblech (Sektkelch) /  
Deckblech

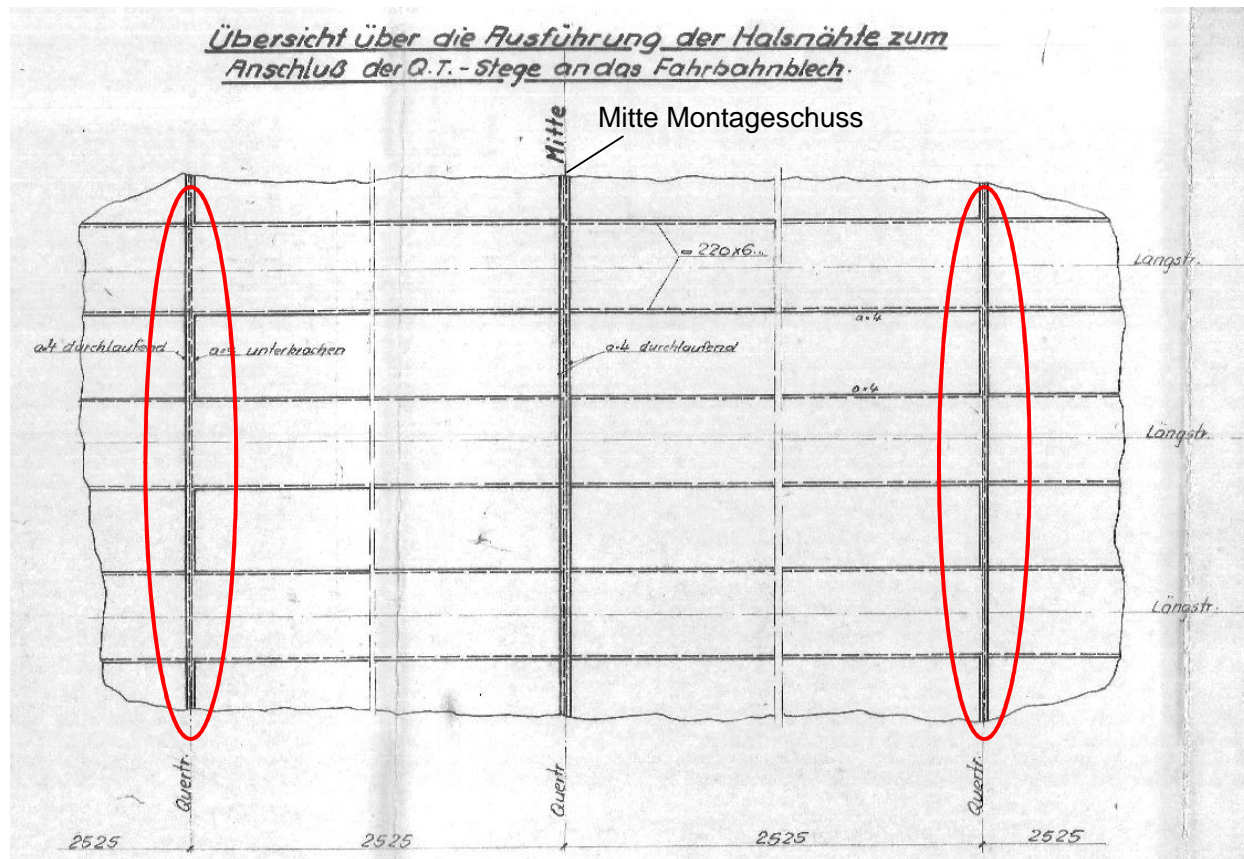
(Quelle: SLV Duisburg)



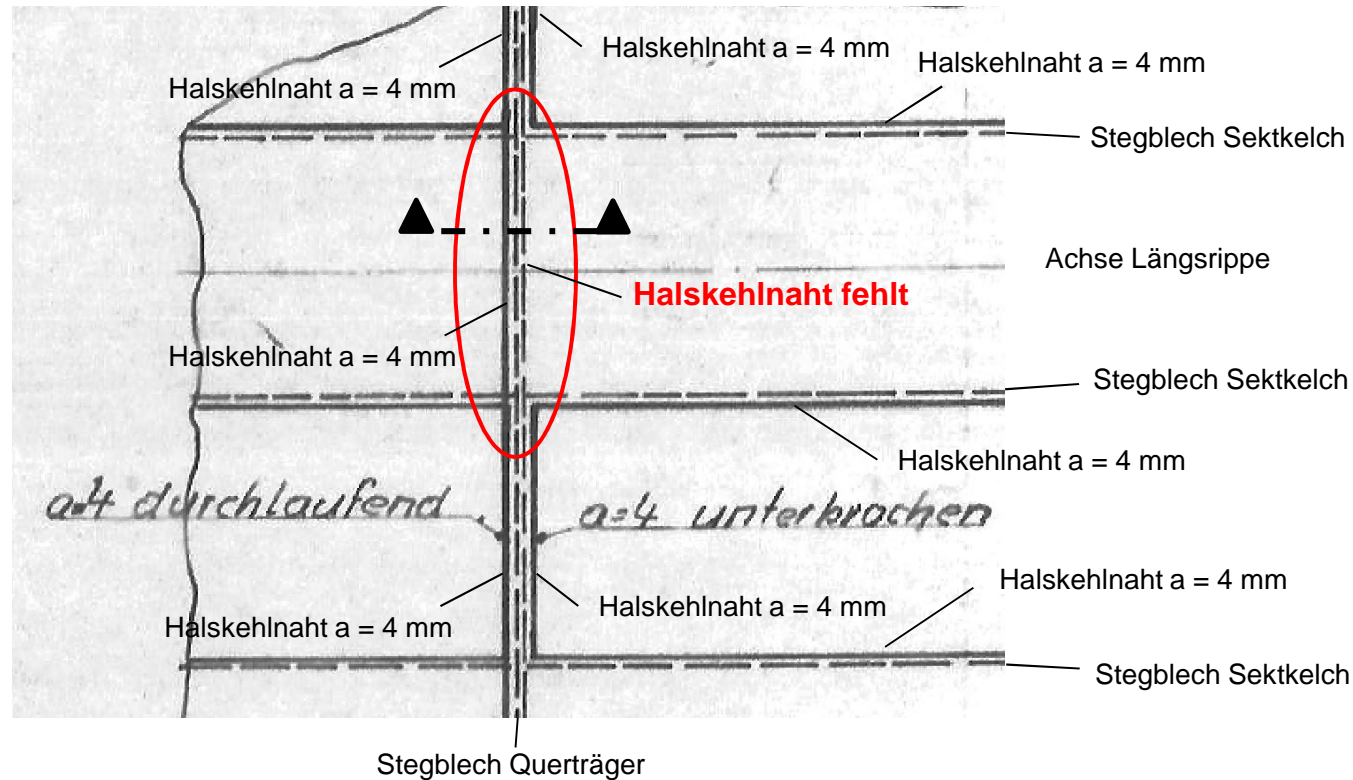
## (4.2) Rheinbrücke Emmerich

### Kerbdetail: Halsnaht Querträgersteg - Deckblech

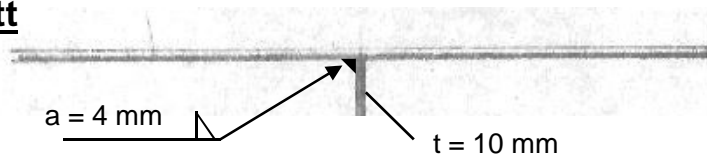
- nicht durchlaufende Halskehlnähte im Bereich der Sektkelchprofile



## (4.2) Rheinbrücke Emmerich Kerbdetail: Halsnaht Querträgersteg - Deckblech



### Schnitt



einseitige Kehlnaht

Kerbfall 36\*

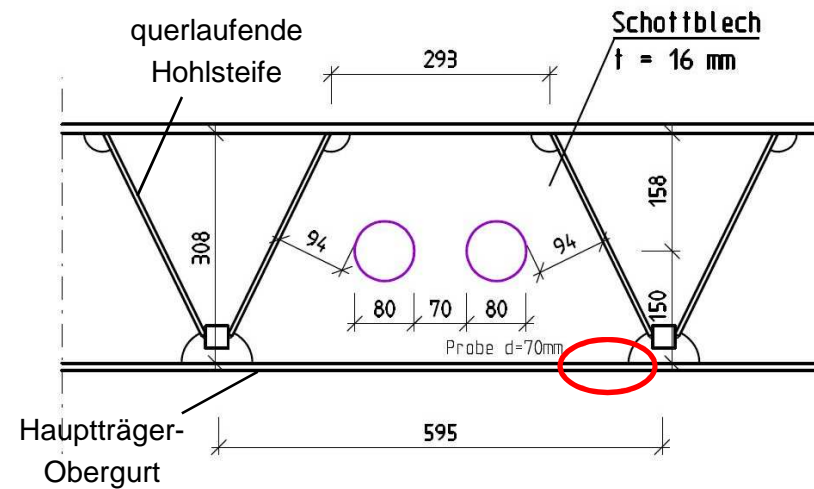


# Praxiserfahrungen

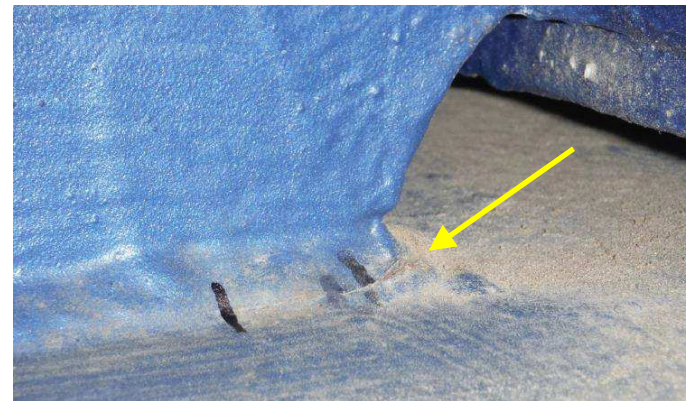
## (4.2) Talbrücke Thalaubach (Bj. 1968) Kerbdetail: Schottblech an Hauptträgerobergurt



(Quelle: Feldmann + Weynand)



Detail Risstyp 5



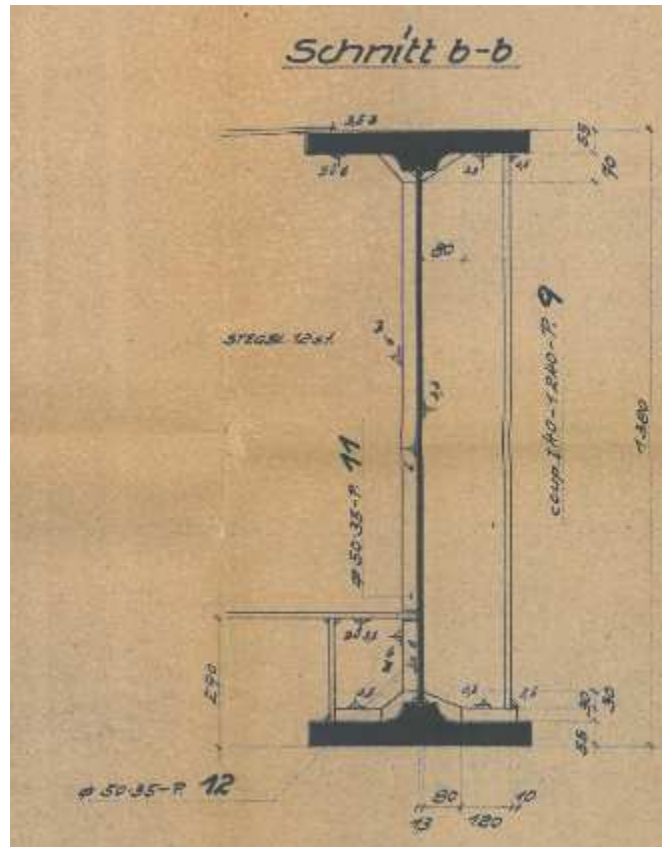
## (4.3) Stahl-Überbau mit Tonnenblechen

Baujahr 1950 / BK 60

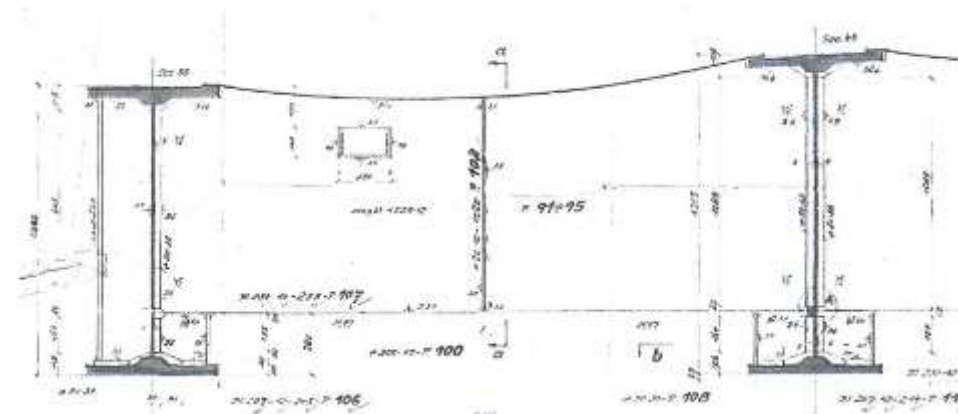
Stahlüberbau



## (4.3) Stahl-Überbau mit Tonnenblechen

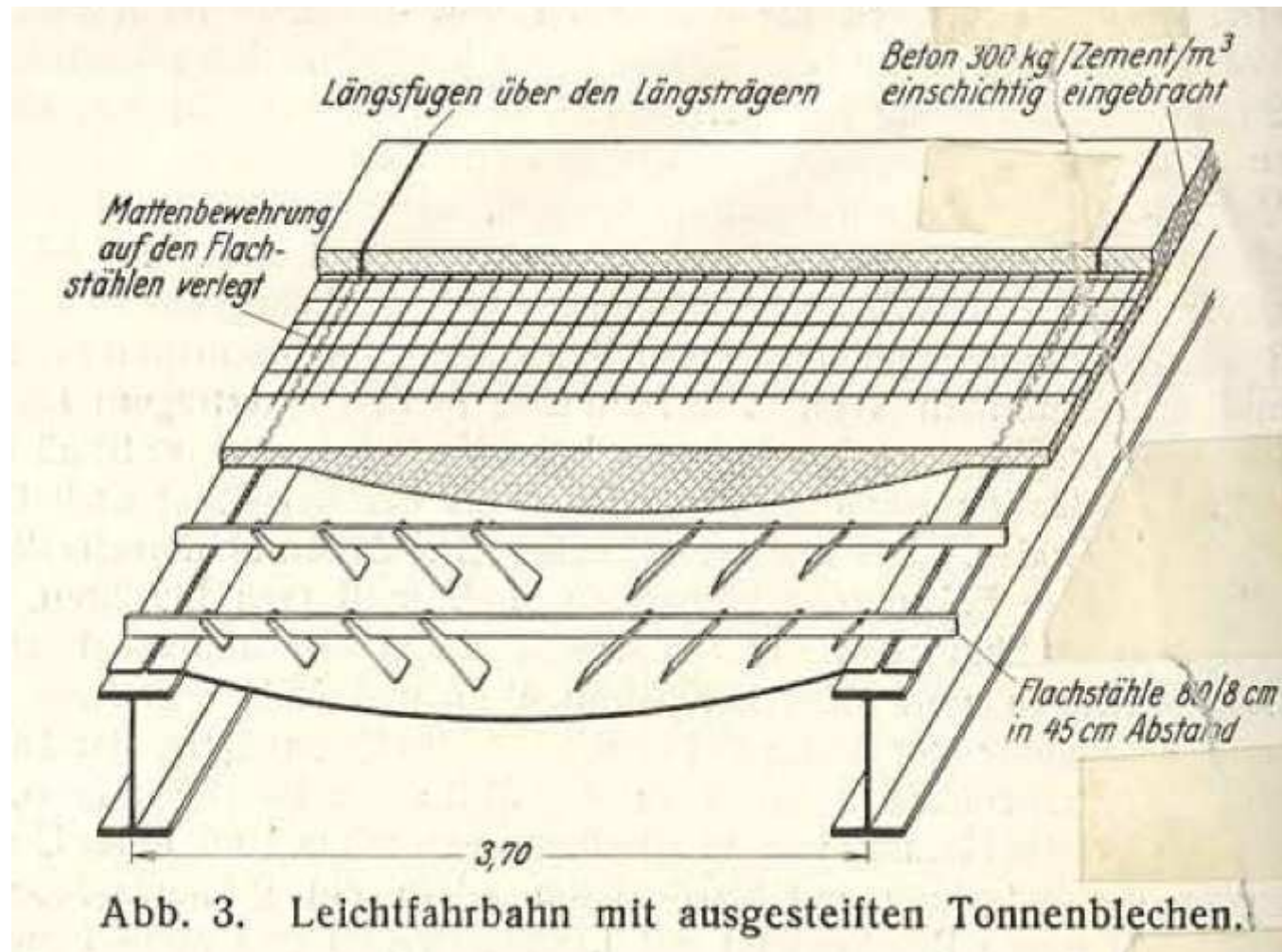


Querträger 1





## (4.3) Dimensionierung der Fahrbahnplatte



## (4.3) Dimensionierung Fahrbahnplatte

### Versuche von Schaechterle / Leonhardt

#### Versuch 1 (Laststellung mittig)

- Last 13,8 t – erste Biegerisse
- Last 16,2 t – erster Schubriss
- Last 60,2 t – Biegeriss 0,4 mm

#### Versuch 2 (Laststellung im Viertelpunkt)

- Last 13,8 t – Haarrisse
- Last 16,2 t – erster Schubriss
- Last 32,2 t – Trennriss zwischen Bodenblech und Beton



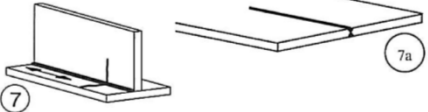

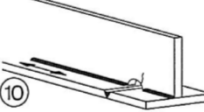
## Nennspannungskonzept / Strukturspannungskonzept

Nachweiskonzepte zur  
Ermüdung



## Nennspannungskonzept Kerbgruppeneinstufung

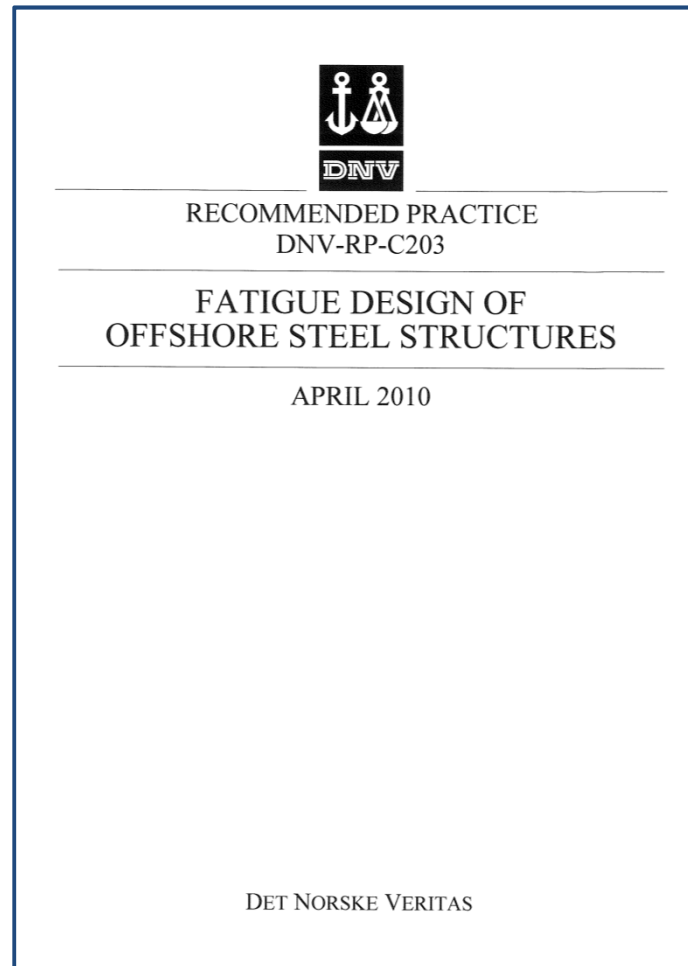
Tabelle II-L.2: Geschweißte zusammengesetzte Querschnitte - Blatt 2 von 2

Kerbgruppe	Konstruktionsdetail	Beschreibung	Anforderung	Bemerkung
100		7) s.o.  7a) Durch längslaufende Stumpfnähte verbundene Bauteile	7) s.o.  7a) Die Wurzel ist auszuarbeiten und gegenzuschweißen oder auf abnehmbarer Keramikunterlage zu schweißen.	
80		8) Über eine durchgeschweißte Quernaht geführte durchgehende Längsnäht		
71		10) Enden bzw. Unterbrechungen von durchgehenden Schweißnähten an Freischnitten	10) Die Freischnitte dürfen nicht mit Schweißgut gefüllt werden. Die Längsnähte sind um die Kanten des Freischnittes heranzuziehen.	

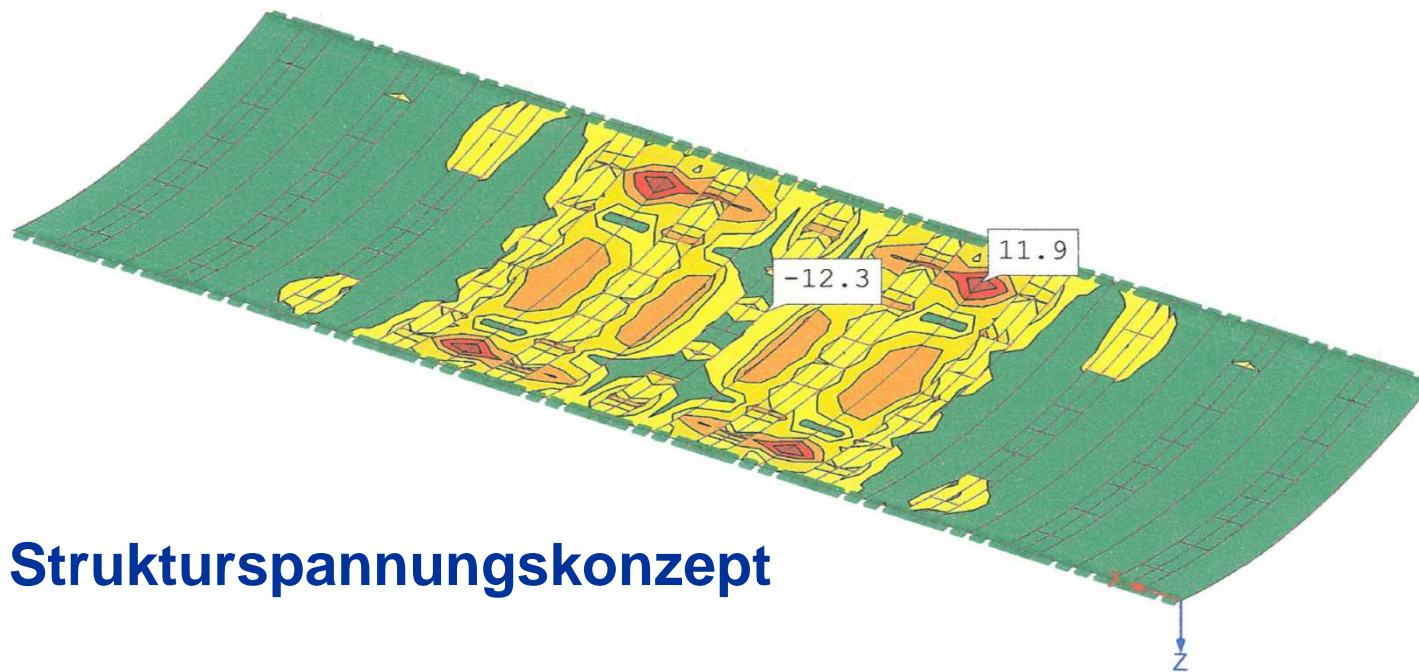
(Quelle: DIN Fachbericht 103)

## Nachweis gegen Ermüdung unter Anwendung von Spannungskonzentrationsfaktoren

**Strukturspannungs-  
konzept**



### Nachweis gegen Ermüdung unter Anwendung der Strukturspannungsanalyse mittels FEM



### Strukturspannungskonzept

## (4.4) Stahlverbund-Überbau



Baujahr 1981

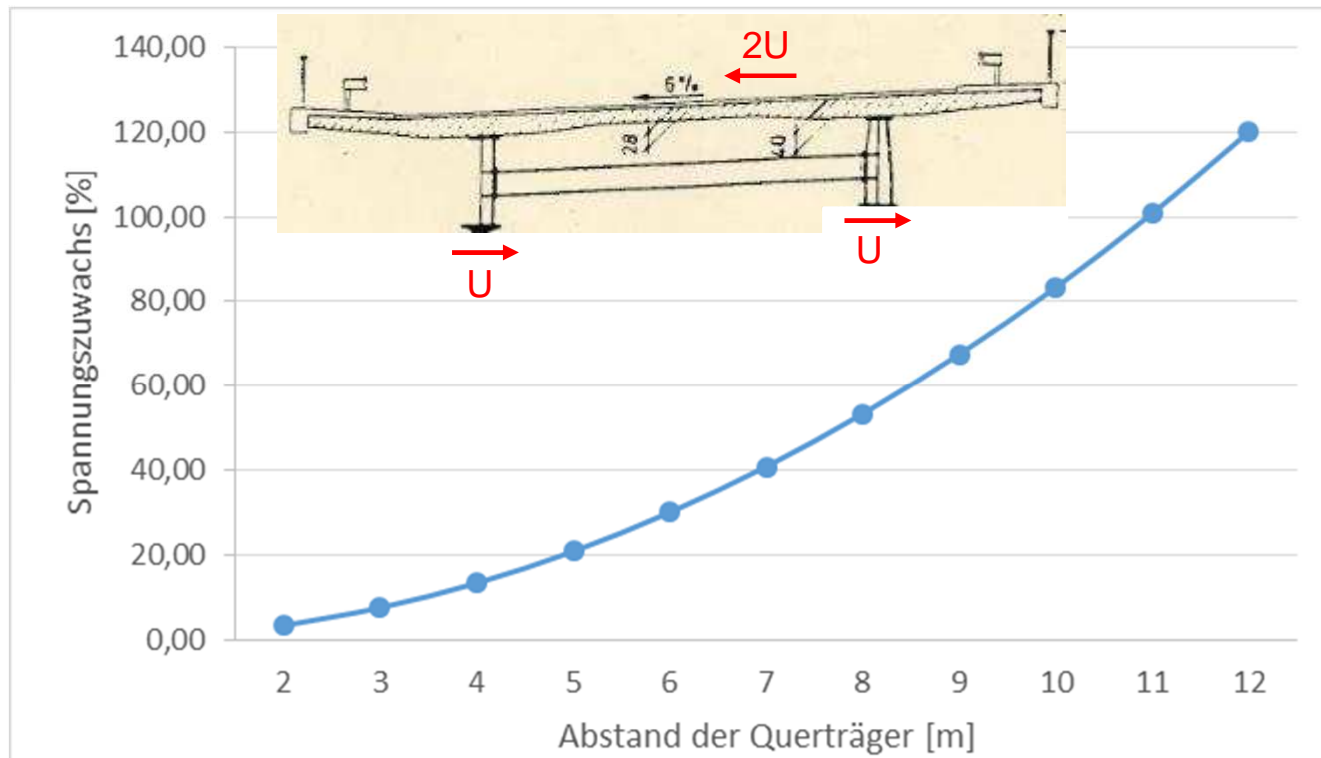
**Anschluss Fahrbahnplatte/  
Stahlobergurt im  
Aussteifungsbereich durch  
Querträger**

Einfluss von:

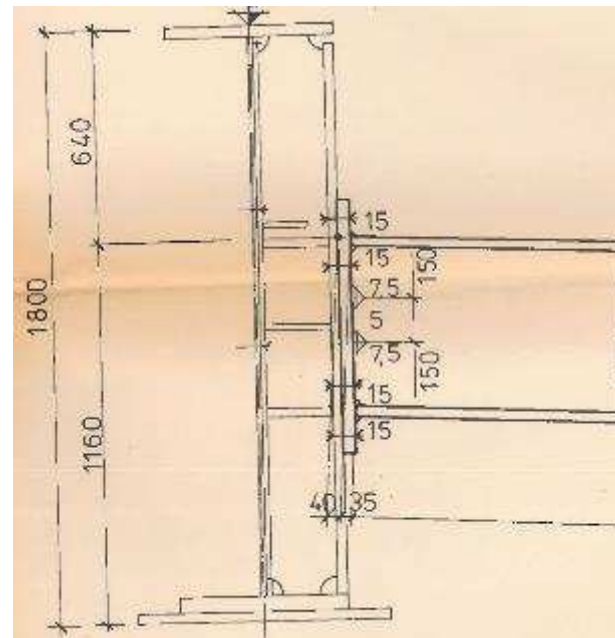
- Profilverformung
- Grundrisskrümmung



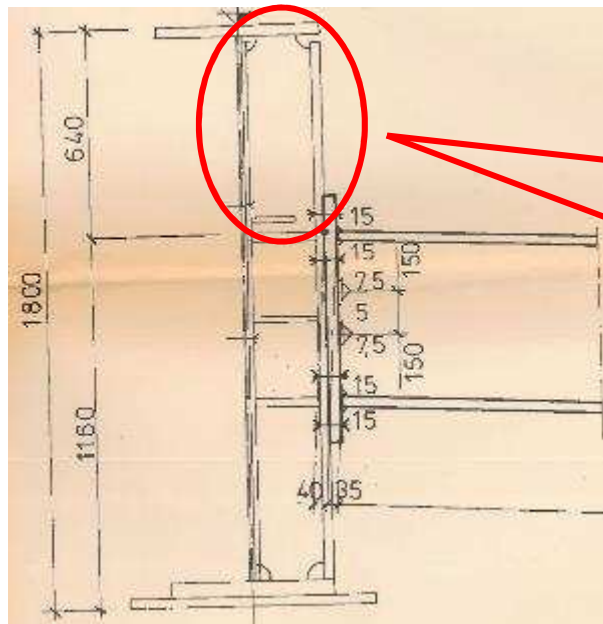
## Zusatzspannungen infolge Grundrisskrümmung der Gurte Beispiel $R = 120\text{m}$



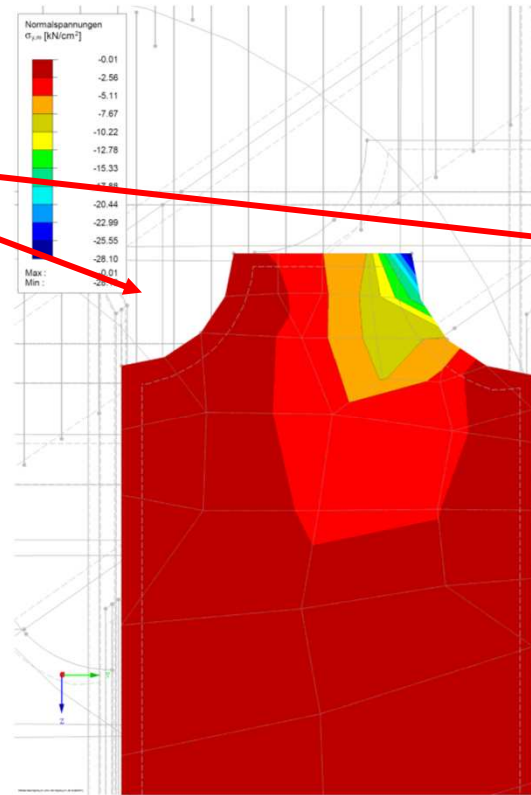
## (4.4) Anschluss Fahrbahnplatte/ Stahloberggurt im Aussteifungsbereich durch Querträger



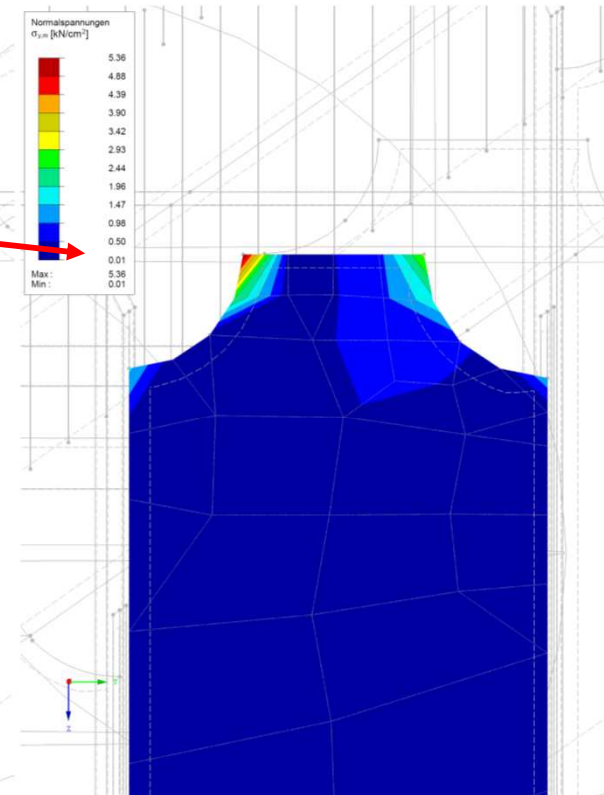
## (4.4) Anschluss Fahrbahnplatte/ Stahloberggurt im Aussteifungsbereich durch Querträger



**Ermüdungsnachweis**  
(Blechdicke  $t = 30$  mm)

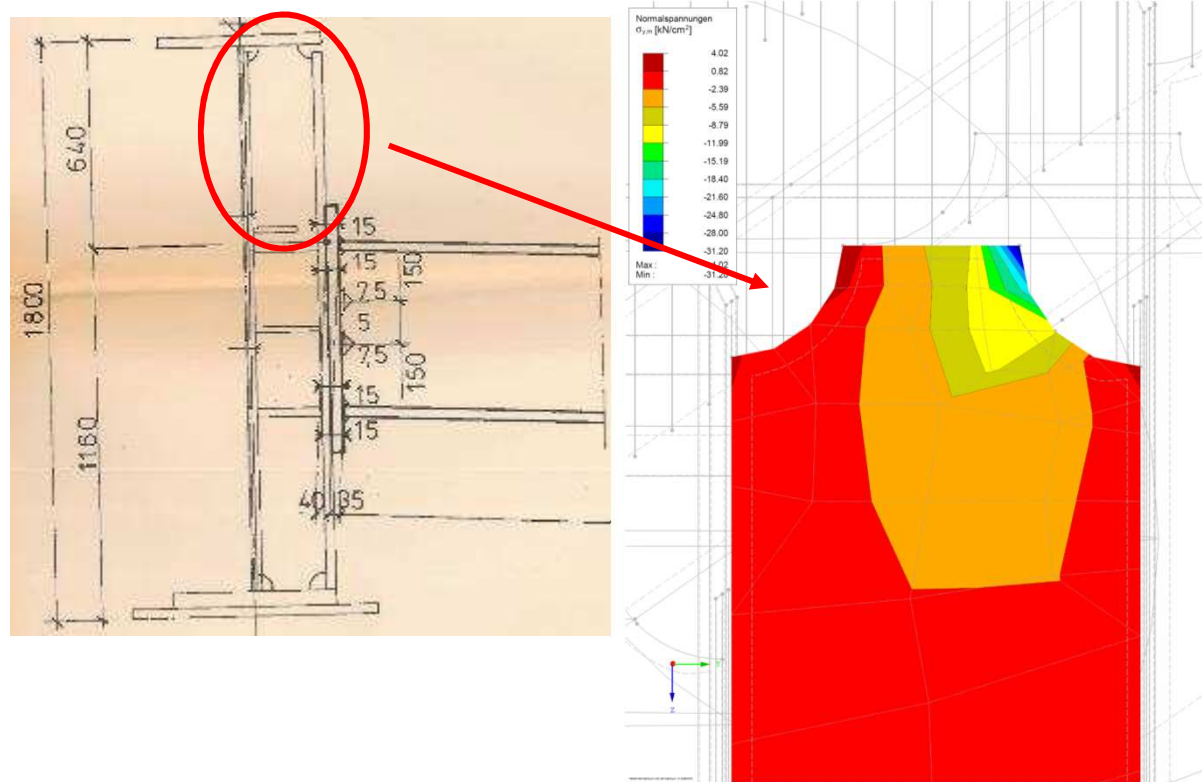


Lastfall LM3  
 $\sigma_{y,m} = -28,1$  kN/cm<sup>2</sup>



Lastfall LM3  
 $\sigma_{y,m} = 2,93$  kN/cm<sup>2</sup>

## (4.4) Anschluss Fahrbahnplatte/ Stahloberggurt im Aussteifungsbereich durch Querträger



Behinderung der Quervorspannung durch Querrahmen

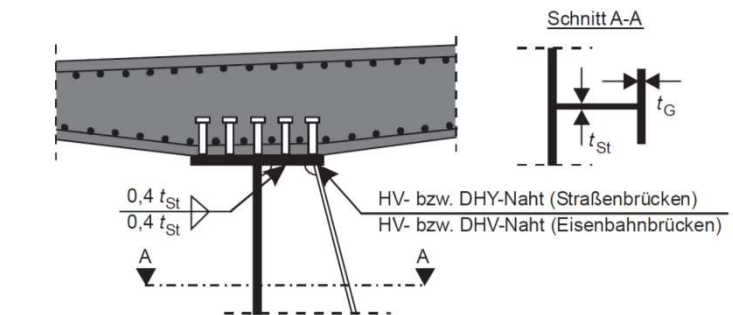
Lastfall Quervorspannung  
 $\sigma_{y,m} = -31,2 \text{ kN/cm}^2$

## (4.4) Anschluss Fahrbahnplatte/ Stahloberggurt im Aussteifungsbereich durch Querträger

Ausführung gemäß DIN-Fachbericht / Eurocode 4

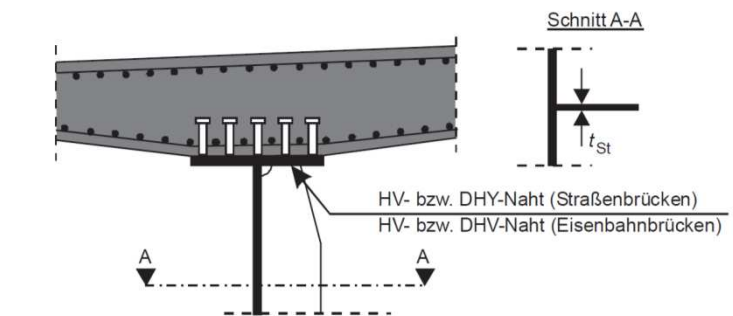


Bild 6.8



Konstruktive Mindestausbildung bei Querrahmen

Bild 6.9



Konstruktive Mindestausbildung bei Quersteifen



# Ende



Copyright: Maarten Takens Fotografie

© Maarten Takens Fotografie

## Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!