

Messung und messwertgestützte Beurteilung von Eisenbahnbrücken der DB Netz AG

DB Netz AG

Volkmar Quos

I.NPI 31(F), Brückenmessung und -bewertung

Wien, 18. Mai 2011

Ausgangssituation

- ca. 26.800 Eisenbahnbrücken im Bestand der DB Netz AG:
 - 5.540 Stahlbrücken
 - 6.300 Betonbrücken
 - 7.810 Verbundbrücken (Stahl-Beton; WiB)
 - 7.150 Gewölbebrücken

- geschätztes Durchschnittsalter ca. 80 Jahre

- große Anzahl alter Brückenbauwerke, die den heutigen Anforderungen oft nicht mehr entsprechen

- neuartige innovative Bauwerke ohne praktische Erfahrung

Ausgangssituation



Göltzschtalviadukt im Vogtland

- Strecke 6362: Reichenbach-Hof, km 94,597
- Baujahr 1846-1851
- 574,19 m lang
- 78,31 m hoch
- 81 Bögen mit max. 30,97 m Spannweite
- ca. 26 Mio. Ziegel

Ausgangssituation



Rheinbrücke Waldshut-Koblenz (CH)

- Strecke 4402, km 1,367
- Baujahr 1858-1859
- Gitterfachwerk
- Gesamtlänge $l=129$ m (37m-55m-37m)

Ausgangssituation



Münstener Talbrücke (ehemalige Kaiser-Wilhelm-Brücke)

- Strecke 2675: Solingen-Remscheid, km 10,782
- Baujahr 1894-1897
- 465 m lang
- 106 m hoch
- Fachwerkbogen mit Gerüstbrücken

Ausgangssituation



Quelle: www.karl-gotsch.de/Album/D_EB_andere.htm

Illerbrücke III in Kempten

- Strecke 5362: Buchloe-Lindau, km 61,973
- Baujahr 1906
- 63,88 m Hauptöffnung
- 21,60 m Nebenöffnung
- vierfeldriges Gewölbeviadukt aus Stampfbeton

Ausgangssituation



EÜ Lindwurmstraße in München

- Strecke 5510: München-Rosenheim, km 5,012
- Baujahr 1902
- Gesamtlänge 23 m (8,50-6,00-8,50)
- dreifeldriger Walzträger in Beton

Ausgangssituation



EÜ Oder-Havel-Kanal Hennigsdorf

- Strecke 6087: Karow Ost-Priort, km 19,543
- Baujahr 2011
- Stützweite 98,70 m
- zweigleisiger Netzwerkbogen

Ausgangssituation



Quelle: www.sachsen-anhalt.de/index.php?id=28620

Unstruttalbrücke

- Neubaustrecke Nürnberg-Erfurt-Leipzig-Berlin
- Inbetriebnahme 2015
- Bauwerkslänge 2668 m
- Bogenstützweiten 108 m
- maximale Höhe 49 m
- integrale Spannbetonhohlkästen

Ausgangssituation

- turnusmäßige Regelprüfungen gemäß Modul 804.8001 bis 03 durch die Fachbeauftragten für Brücken und konstruktiven Ingenieurbau in den Regionalbereichen
- zusätzliche Sonderprüfungen für „Problembrücken“
- in der Regel visuelle Prüfungen zum Erkennen der Mängel zur Stand-, Betriebs- und Verkehrssicherheit
- ergänzende messtechnische Untersuchungen möglich, jedoch selten gefordert
- Bewertung des Bauwerkes durch den Brückenkontrolleur (neuwertig oder gut erhalten, erhaltungswürdig, erneuerungsbedürftig)

Ausgangssituation

Nachrechnungen von Eisenbahnbrücken nach Richtlinie 805 „Tragsicherheit bestehender Eisenbahnbrücken“ durch den zuständigen Fachverantwortlichen Belastbarkeit (Fv Bel) oder durch kompetente Ingenieurbüros.

Unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Aspekte sind grundsätzlich 4 Bewertungsstufen möglich:

- Stufe 1: Abschätzung der Tragsicherheit
- Stufe 2: überschlägige Ermittlung der Tragsicherheit
- Stufe 3: genauere Ermittlung der Tragsicherheit
- Stufe 4: messwertgestützte Ermittlung der Tragsicherheit.

Sinngemäß gelten diese Bewertungsstufen auch für die Beurteilung der Ermüdungssicherheiten und der Gebrauchstauglichkeiten.

Ausgangssituation



Ohetalbrücke

- Strecke 6534: Landshut-Bayerisch Eisenstein, km 107,860
- Baujahr 1877
- Bauwerkslänge 4x76 m
- eingleisige Fachwerküberbauten

	Räumliche Berechnung (Stufe 3)	Ebene Berechnung (Stufe 2)	Messwertgestützte Berechnung (Stufe 4)
Längsträger	$\beta_{UIC} = 0,11$	$\beta_{UIC} = 1,01$	$\beta_{UIC} = 1,19$
Querträger	$\beta_{UIC} = 0,55$	$\beta_{UIC} = 0,88$	$\beta_{UIC} = 0,93$
Anschlüsse der Träger im Berechnungsmodell	biegesteif	gelenkig	„harte“ Feder

Modul 805.0104: Messtechnische Bauwerksuntersuchungen

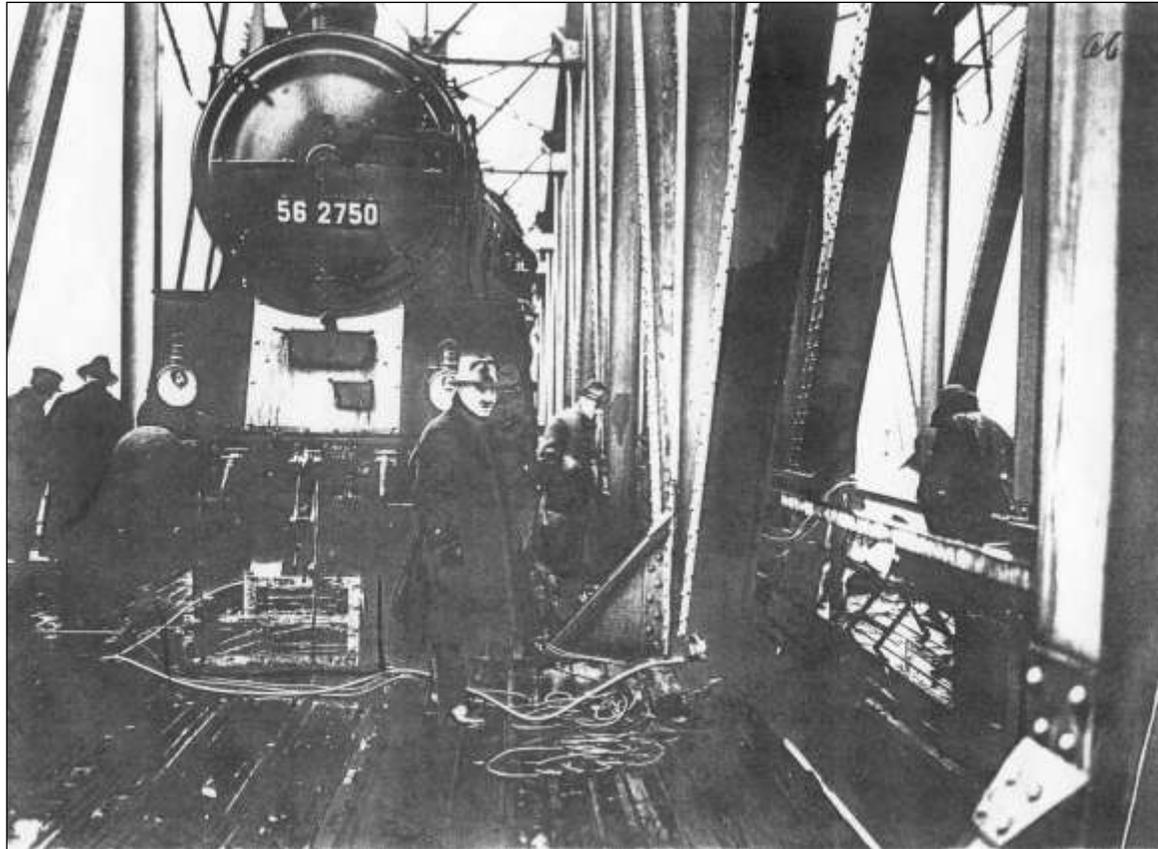
- Kurzzeitmessungen (statische/dynamische Messungen)
 - Systemmessungen unter definierten Betriebslasten (Regelfall für stählerne Brücken)
 - Experimentelle Tragssicherheitsbewertungen (sinnvoll für massive Bauwerke mit ausgeprägten nichtlinearen Tragwerksverhalten)
 - besondere Messungen (u.a. zur Abklärung der speziellen Auswirkungen von Zusatzlasten; Messungen an beweglichen Brücken)

- Langzeitmessungen
 - als sicherheitsrelevante Überwachung (Bauwerksmonitoring)
 - zur Ermittlung statistisch relevanter Daten
 - zur Überwachung von Bauwerksveränderungen (Risse, Setzungen)

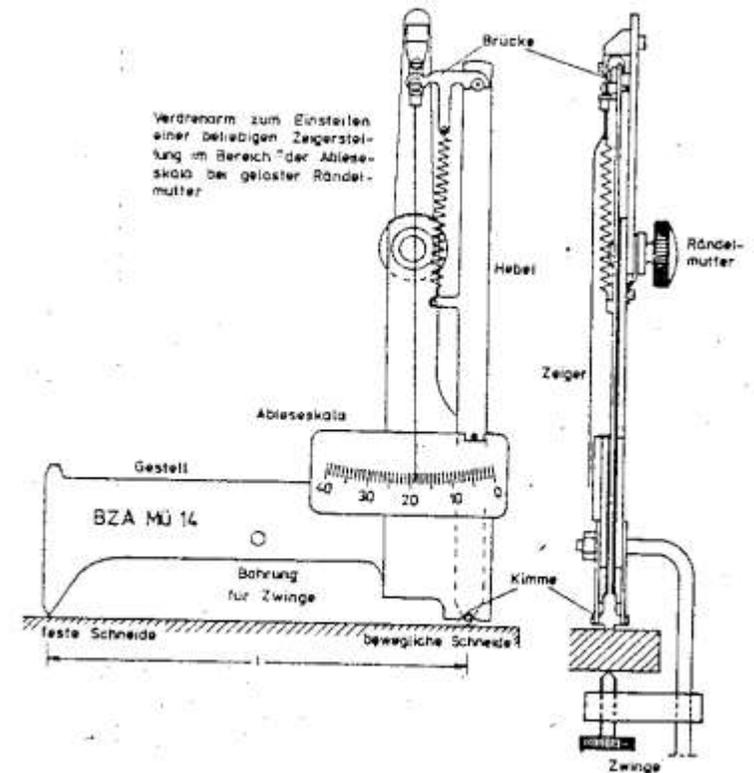
Systemmessungen

- Systemmessungen werden i.d.R. unter definierten Betriebslasten zur Verbesserung der Annahmen zum statischen System bzw. zur Lastabtragung des Bauwerks durchgeführt. Durch Systemmessungen bei Fahrten einer definierten Betriebslast in verschiedenen Geschwindigkeiten können die dynamischen Eigenschaften des Systems realistischer erfasst werden.
- Systemmessungen zur Erfassung der Struktureigenschaften werden i.d.R. als Dehnungs-, Verschiebungs-, Krümmungs-, Neigungs-, Beschleunigungs- oder Kraftmessungen an ausgewählten (kritischen) Stellen durchgeführt.
Die Lage der Messschnitte ist aufgrund vorheriger Berechnungen unter Beachtung des baulichen Zustandes der Brücke zu wählen (Messprogramm).

Systemmessungen



Messung Weserbrücke Vlotho (1931)



Dehnungsaufnehmer (Tensometer) nach Okhulzen-Huggenberger mit Aufspannung und Messlänge $l = 100$ mm, Masse 115 g

Systemmessungen



Messungen EÜ Biesenbachviadukt der Wutachtalbahn (2005)

- Baujahr 1878
- 5 Überbauten 35,35 m
- 2 Überbauten 28,90 m
- schweißeiserne Fischbauchträger

Systemmessungen



Messungen EÜ Biesenbachviadukt der Wutachtalbahn (2005)

- applizierter Dehnungsmesspunkt
17.3x an einem Untergurtstab

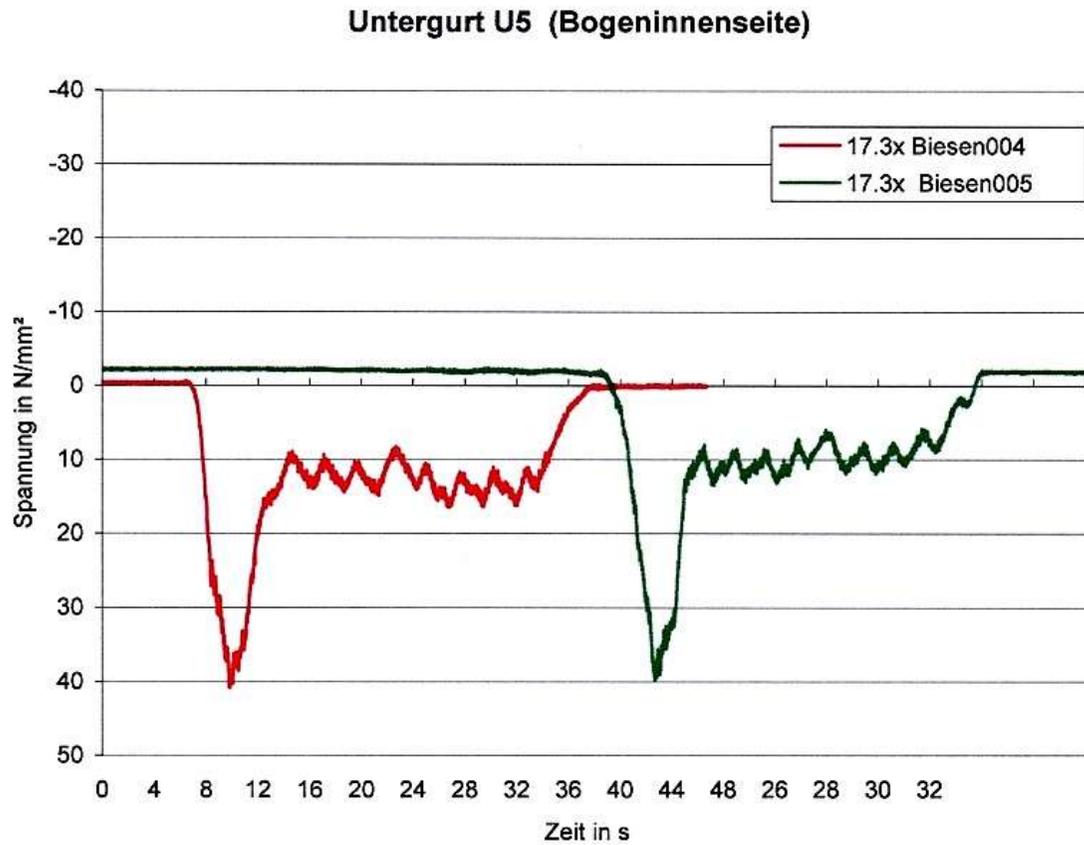
Systemmessungen



Messungen EÜ Biesenbachviadukt der Wutachtalbahn (2005)

- Fahrt eines Museumszuges gezogen von Dampflok Baureihe 50

Systemmessungen

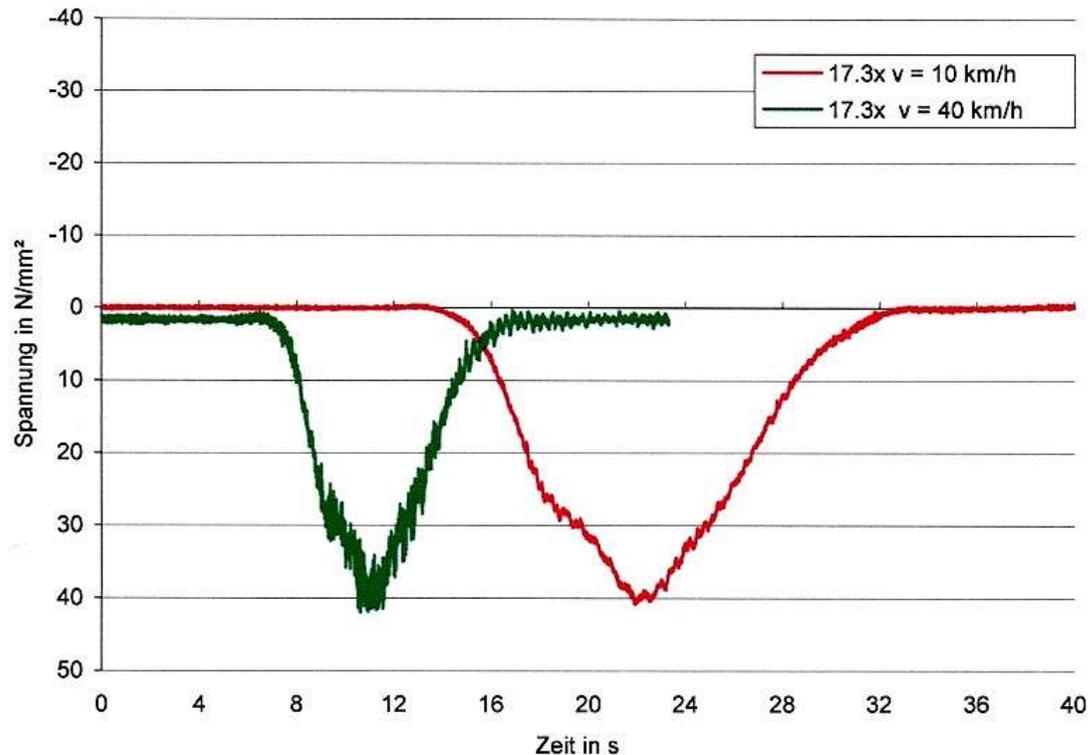


Messungen EÜ Biesenbachviadukt der Wutachtalbahn (2005)

- Spannungsverläufe bei Überfahrt von Museumszügen

Systemmessungen

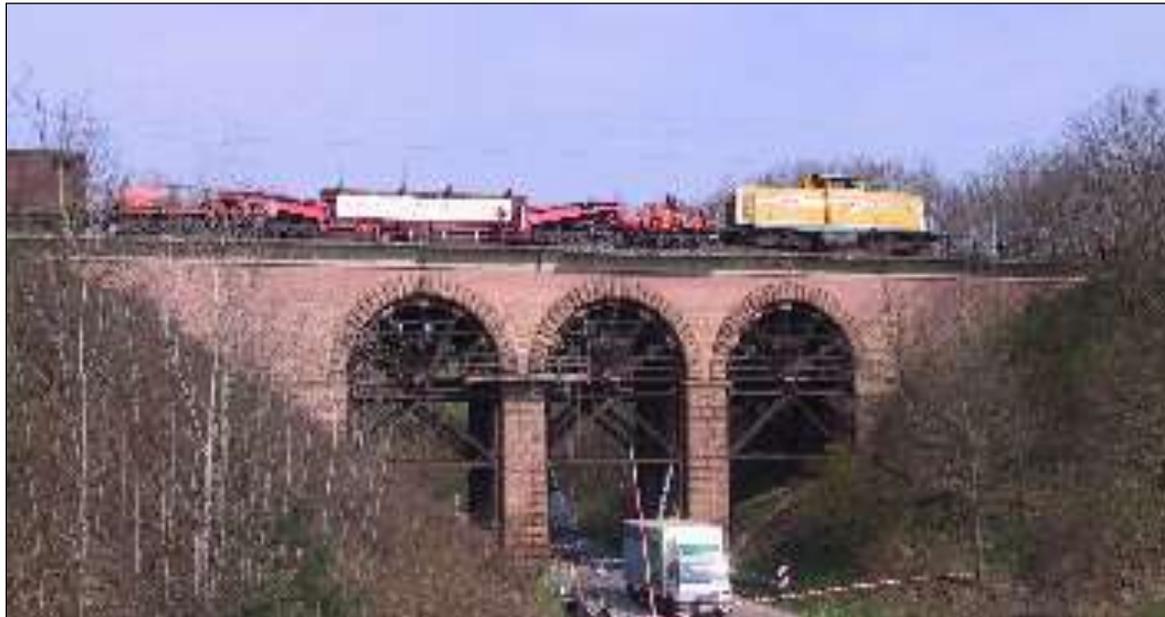
Untergurt U5 (Bogeninnenseite)



Messungen EÜ Biesenbachviadukt der Wutachtalbahn (2005)

- Spannungsverläufe bei Überfahrt von einer Dampflok Baureihe 50 in verschiedenen Geschwindigkeitsstufen

Experimentelle Tragsicherheitsbewertung



Einsatz BELFA (DB)

Belastungsversuche mit messtechnischer Begleitung in Höhe der Versuchsziellast (Lastbild UIC 71)

- Die Versuchsziellast ergibt sich aus der Lastanordnung und der Addition der Komponenten *zusätzliche ständige Last, maximale Verkehrslast, dynamische Erhöhungen* und *Teilsicherheitsbeiwerte der Einwirkung*

Besondere Messungen



Eisenbahnhochbrücke über den Nord-Ostsee-Kanal in Rendsburg

- Baujahr 1908-1913
- Gesamtlänge ca. 2,5 km
- lichte Höhe 42 m

Besondere Messungen



Eisenbahnhochbrücke über den Nord-Ostsee-Kanal in Rendsburg

- Bemessung für preußischen Lastenzug A
- Bremslast $1/7$ der Vertikallast

Besondere Messungen

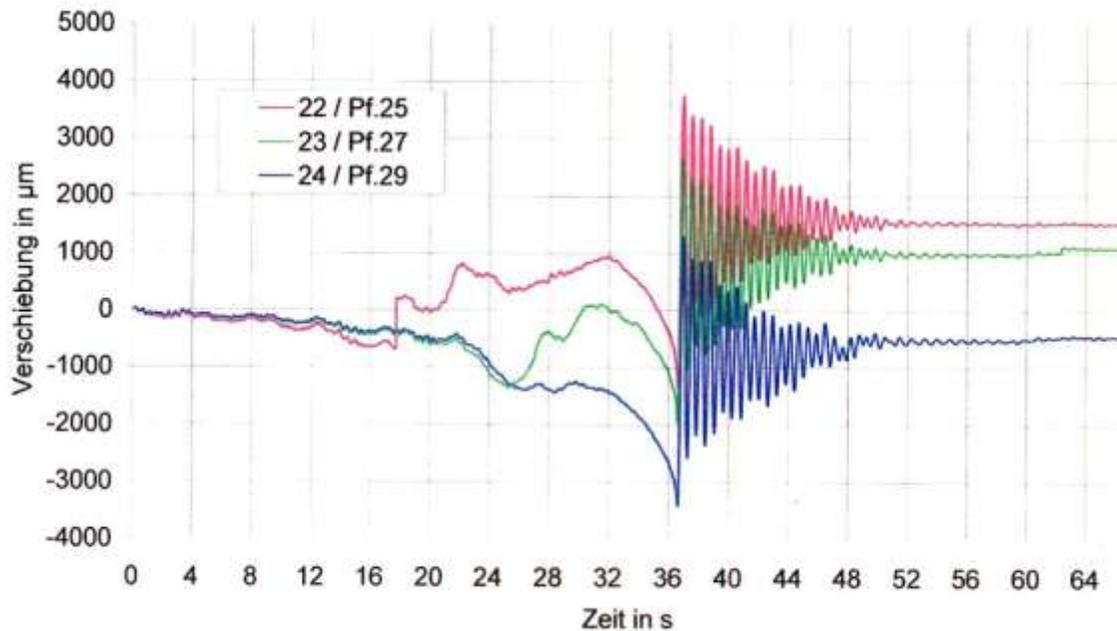


Eisenbahnhochbrücke über den Nord-Ostsee-Kanal in Rendsburg

- Messung der Pfeilerkopfverschiebungen mit Vibrometern

Besondere Messungen

Pfeilerkopfverschiebungen



Eisenbahnhochbrücke über den Nord-Ostsee-Kanal in Rendsburg

- Bremsen mit zehn schweren Dieselloks

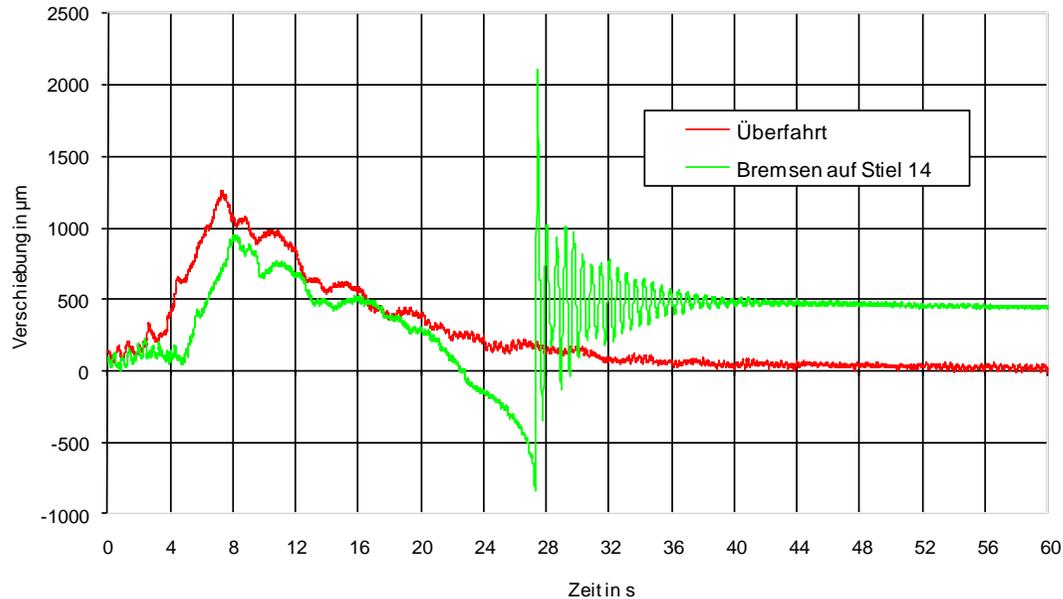
Besondere Messungen



Eisenbahnhochbrücke über den Nord-Ostsee-Kanal in Rendsburg

- Messung der Verschiebungen und Schienenspannungen am Überbauende

Besondere Messungen



Eisenbahnhochbrücke über den Nord-Ostsee-Kanal in Rendsburg

- Verschiebungen am Überbauende beim Bremsen mit zehn schweren Dieselloks

Bereich Brückenmessung und -bewertung

Jahr	Anzahl Messungen	Schwerpunkte
2002	24	Probebelastungen der Brücken des neuen Berliner Hauptbahnhofes
2003	33	Analyse der Resonanzgefährdungen von WIB-Überbauten
2004	25	
2005	16	Beurteilung schweißeisener Fachwerkbrücken in Süddeutschland
2006	13	
2007	13	Messungen an torsionsweichen, stählerner Hohlkastenüberbauten
2008	14	Bremsversuche Eisenbahnhochbrücke Hochdonn
2009	15	Kurzzeitmessung und Monitoring Ziegelgrabenbrücke Stralsund
2010	11	Messungen komplexer Stahlbrücken (Fehmarnsundbrücke, Müngstener Talbrücke)

Durchschnitt: 18,2 Messungen pro Jahr

Bauwerksmonitoring



Ziegelgrabenbrücke Stralsund

- Öffnung der Eisenbahnbrücke

Bauwerksmonitoring



Ziegelgrabenbrücke Stralsund

- Klappung der Brücke im Jahre 2001 bei geknickter Zugstange

Bauwerksmonitoring



Ziegelgrabenbrücke Stralsund

- installierte Dehnungsmesspunkte an den Zugstangen

Bauwerksmonitoring



Ziegelgrabenbrücke Stralsund

- Montage des Waagebalkens mittels Schwimmkran

Bauwerksmonitoring



Ziegelgrabenbrücke Stralsund

- Anschließern der messtechnisch bestückten Zugstangen an die Federbalken

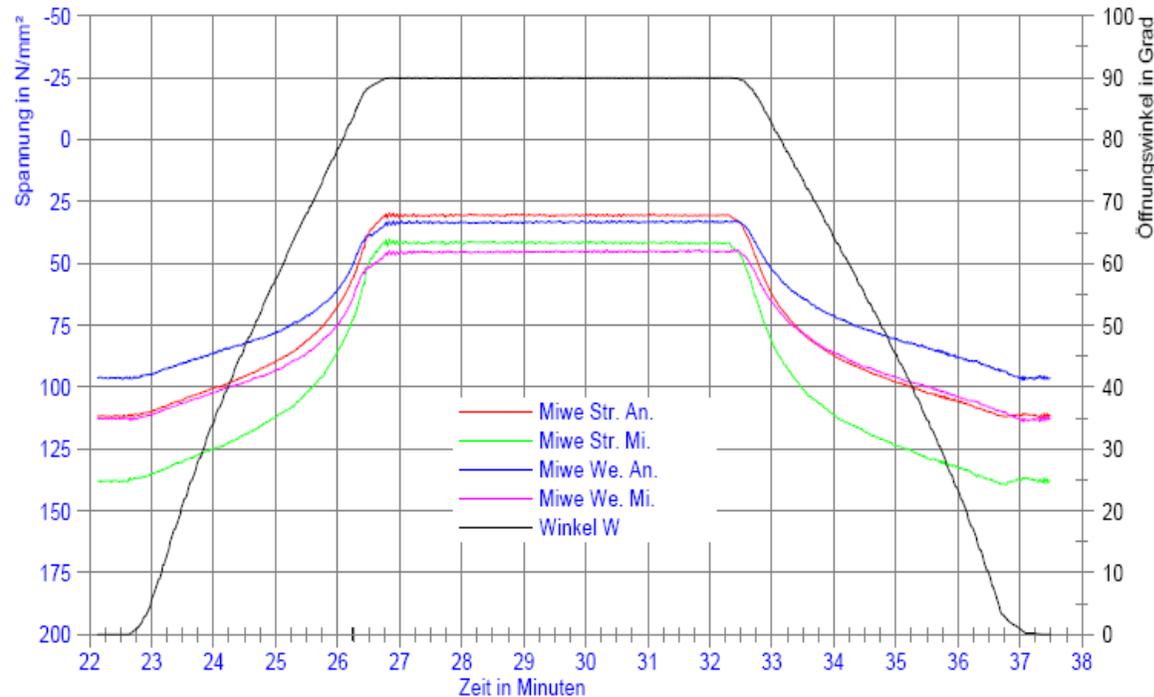
Bauwerksmonitoring



Ziegelgrabenbrücke Stralsund

- Schaltschrank mit Zentraleinheit, Trägerfrequenzmessverstärker und Modem

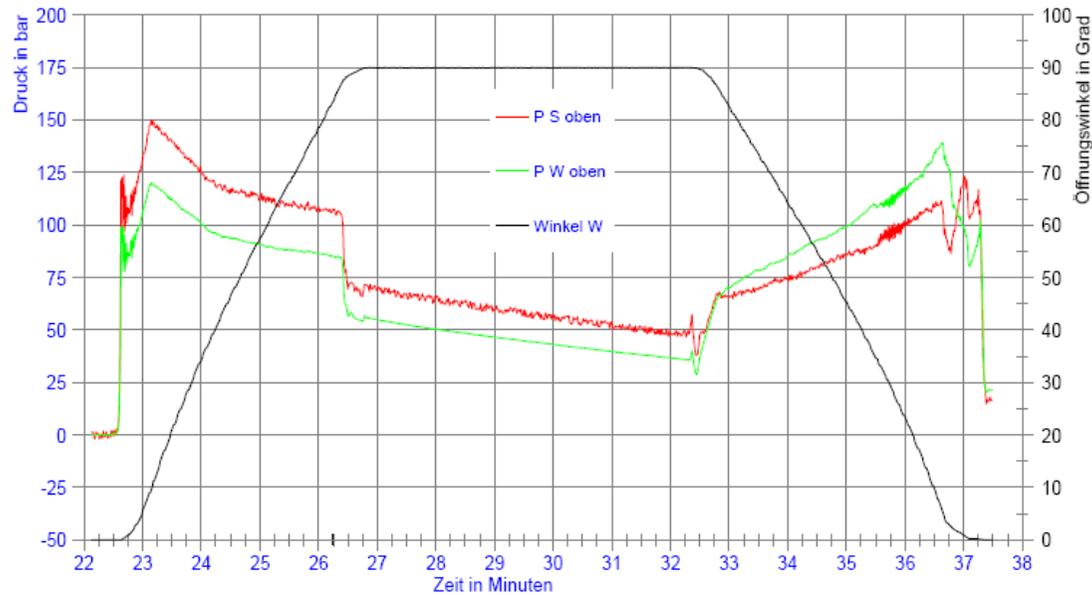
Bauwerksmonitoring



Ziegelgrabenbrücke Stralsund

- Spannungsverlauf in beiden Zugstangen bei der Hebung am 15.02.2011 um 15.22 Uhr

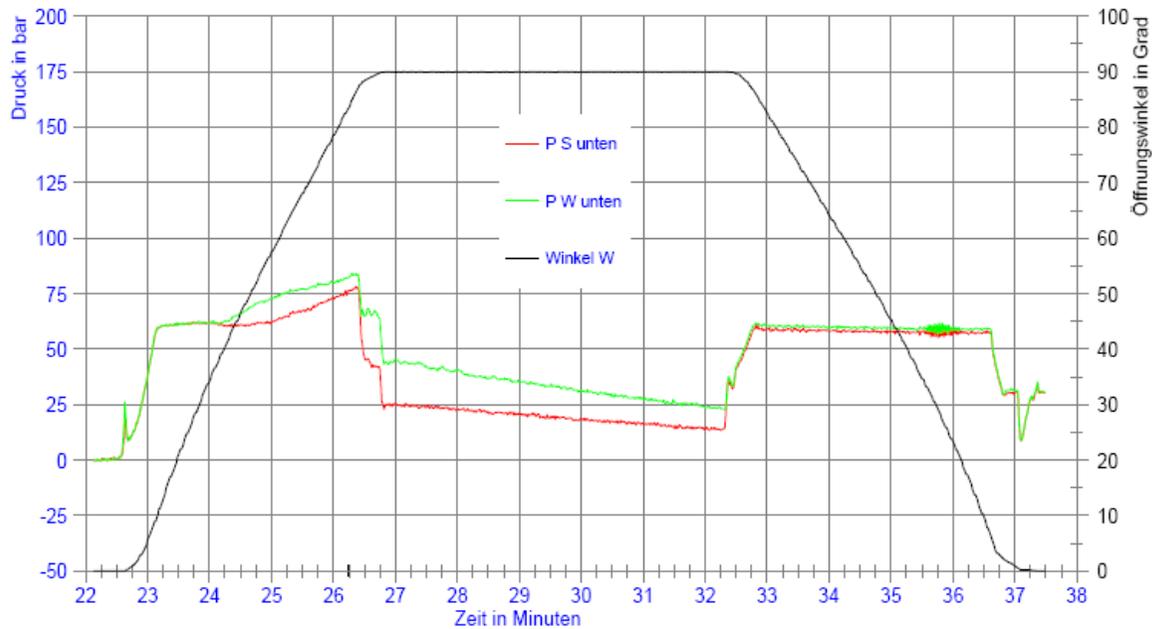
Bauwerksmonitoring



Ziegelgrabenbrücke Stralsund

- Hydraulikdruck oben bei der Hebung am 15.02.2011 um 15.22 Uhr

Bauwerksmonitoring



Ziegelgrabenbrücke Stralsund

- Hydraulikdruck unten bei der Hebung am 15.02.2011 um 15.22 Uhr

Abzuklärende Probleme für belastbare Monitoringlösungen

- Festlegung aussagefähiger Messpunkte
- langzeitstabile Mess- und Verstärkertechnik mit erforderlicher Genauigkeit
- stabile Stromversorgung
- sichere Datenübertragung; möglichst Datenreduzierung
- Schutz vor Umwelteinflüssen und vor Vandalismus
- Redundanz für einzelne Messpunkte zur Vermeidung von Fehlalarmen
- zulässige Grenzwerte; grün (sicherheitstechnisch unbedenklich), gelb (Warnstufe), rot (Alarmstufe)
- Verfahrensweisen beim Auftreten von Warn- und Alarmstufen (Bereitschaftssystem)
- Koordinierung der Messungen im Rahmen der sicherheitsrelevanten Langzeitüberwachung mit den planmäßigen Inspektionen des Fachbeauftragten für Brücken und konstruktiven Ingenieurbau (abgestimmte Bauwerksbeurteilungen)

Bauwerksmonitoring

Denkbare Anwendungsbereiche bei der DB Netz AG

- neuartige Bauweisen für die noch keine praktischen Erfahrungen vorliegen, z.B. im Sinne der Gewinnung zuverlässiger Struktur- und Einwirkungsdaten
- denkmalgeschützte, alte Bauwerke, die möglichst noch lange erhalten bleiben sollen
- Eisenbahnbrücken mit konstruktiven Schwächen, die ihre geplante Nutzungsdauer noch nicht erreicht haben
- geschädigte Bauwerke, die kurzfristig nicht erneuert werden können
- bewegliche Eisenbahnbrücken (Kombination von Brücke und Maschine)
- temporäre Hilfsbrücken, die als Dauerbehelfe eingesetzt werden
- komplizierte Bauzustände

Bei der Vielzahl von Brücken im Bestand der DB Netz AG und der hohen Kosten wird es Monitoringlösungen nur in ausgewählten Fällen geben, u.a. aufgrund von Forderungen des Eisenbahn-Bundesamtes.

Danke für die Aufmerksamkeit