

# **Bahnbrücke Eglisau**

## **Monitoring an einer über 100 Jahre alten Stahlbrücke in der Schweiz**

### **3. IHRUS Tagung**



# Bahnbrücke Eglisau

- **Unsere Kompetenzen**
- Das Projekt und seine Herausforderungen
- Messkonzept
- Eingesetzte Sensoren
- Ergebnisse
- Erfahrungen und Ausblick

# Unsere Kompetenzen



## Automatisches 4D-Monitoring

- Deformationen
- Grundwasser
- Erschütterungen
- SHM-Monitoring

## Geotechnische Bohrlochmessungen

- Deformationen
- Verlauf
- Zustand



## Zerstörungsfreie Untersuchungen

- Bauwerksgeometrie
- Bewehrung & Vorspannkabel
- Pfahlprüfungen

# Unsere Dienstleistungen

- Entwurf und Planung
- Consulting
- Ausführung von Messungen
- Durchführung von Installationen
- Vermietung von Messsystemen
- Messtechnische Systemlösungen



# Bahnbrücke Eglisau

- Unsere Kompetenzen
- **Das Projekt und seine Herausforderungen**
- Messkonzept
- Eingesetzte Sensoren
- Ergebnisse
- Erfahrungen und Ausblick

# Das Bauwerk

- Erbaut 1895 bis 1897
- Eingleisige Brücke über den Rhein
- Strecke der SBB von Zürich nach Schaffhausen
- ICE Linie 87 von Zürich nach Stuttgart



# Ausgangslage

- Überprüfung 2001 bis 2003:
  - ➔ Statische Ausnutzung der Stahlkonstruktion ist sehr hoch
  - ➔ Die Trag- und Ermüdungssicherheit konnte für einige Bauteile rechnerisch knapp nicht nachgewiesen werden



# Projektziele

Ermittlung des Tragverhaltens anhand von Messergebnissen

Nachweis der Trag- und Ermüdungssicherheit

Abschätzung der Restlebensdauer

Optimiertes Instandsetzungsprojekt (sofern notwendig)

Monitoring-Erfahrungen für die Überprüfung von ähnlichen Brücken

# Projektteam

Fachexperte konstruktiver  
Ingenieurbau

Max Bosshard  
Flückiger & Bosshard AG

- Prüfung und Optimierung des Messkonzeptes
- Definition des Berechnungsmodells
- Bewertung der Messdaten / Statische Berechnungen
- Aussagen zur Tragsicherheit und Ermüdungssicherheit
- Dokumentation

Fachexperte Monitoring

Christian Meyer  
terra monitoring ag

- Lieferung, Montage und Demontage der Messtechnik
- Planung und Durchführung der Lastversuche
- Durchführung und Auswertung der Messungen
- Dokumentation

Berater / Experten

- Fachspezialist Bauwerkserhaltung / Bauwerksermüdung  
Prof. Dr. Eugen Brühwiler
- Fachspezialist Bauwerksermüdung und Brückenbau  
Dr. Marcel Tschumi

# Technische Eckdaten

- Messungen über mindestens 1 Jahr
- Messungen bei laufendem Betrieb
- Hohe Verfügbarkeit des Systems (7/24)
- Verformungen von 5  $\mu\text{m}/\text{m}$  bis 500  $\mu\text{m}/\text{m}$
- Messfrequenzen bis 200 Hz
- Parallele Messung mit über 150 Sensoren

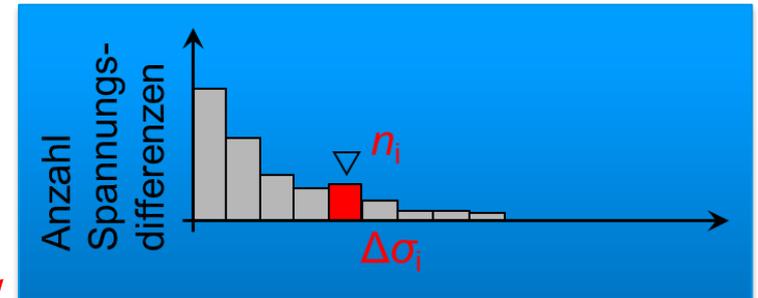
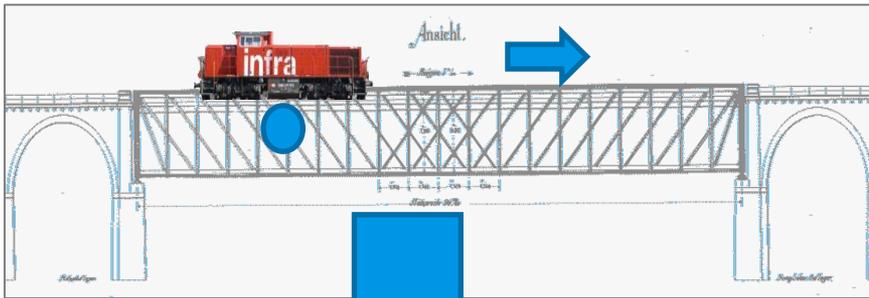
# Bahnbrücke Eglisau

- Unsere Kompetenzen
- Das Projekt und seine Herausforderungen
- **Messkonzept**
- Eingesetzte Sensoren
- Ergebnisse
- Erfahrungen und Ausblick

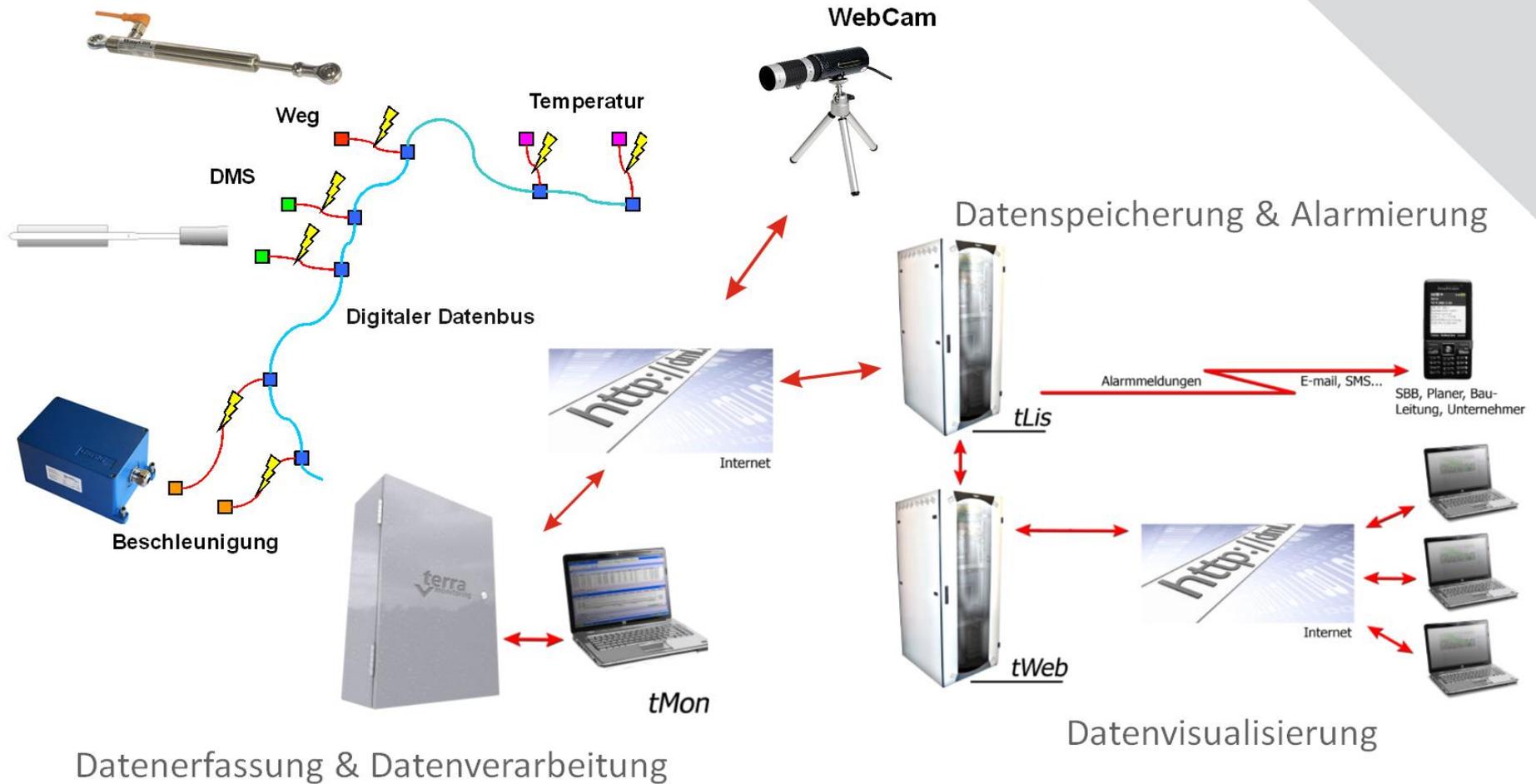
# Ziel der Messungen

Erfassung von Spannungsdifferenzen bei Zugfahrten

- Anzahl der Spannungsdifferenzen kumuliert über die Zeit
- Betrag der Spannungsdifferenzen

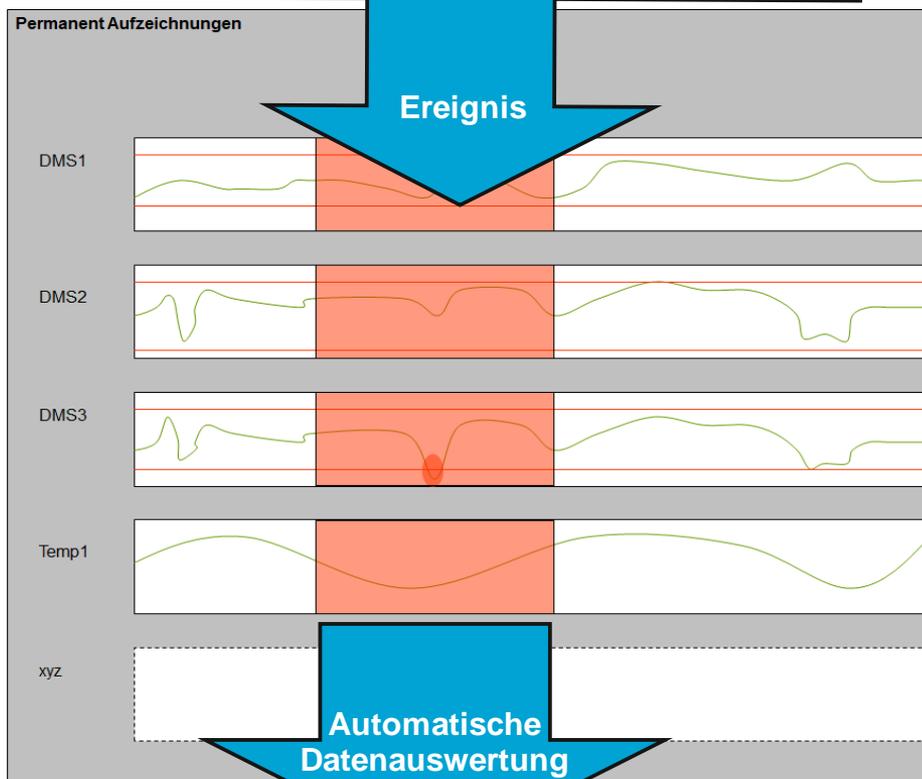


# Messkonzept - *swissMon*



Datenerfassung & Datenverarbeitung

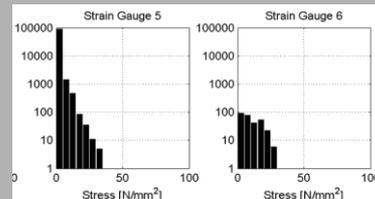
Datenvisualisierung



# Datenerfassung

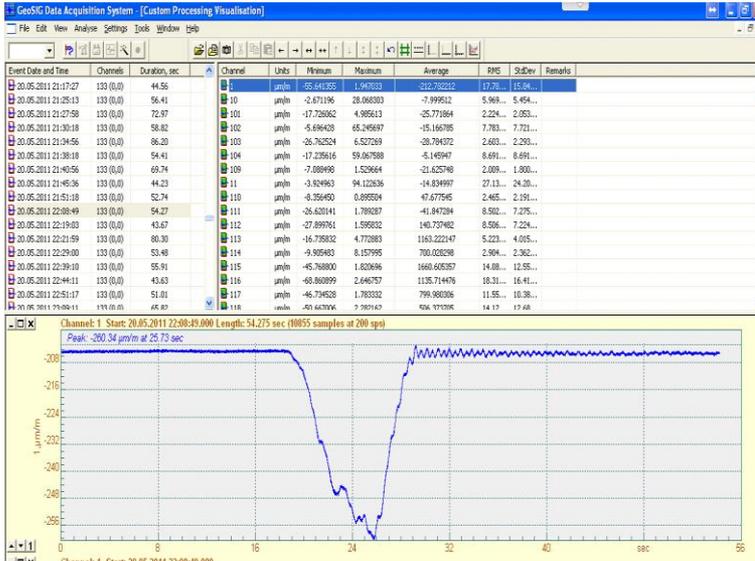
## Report

- min. Wert
- max. Wert
- RMS
- Rainflow

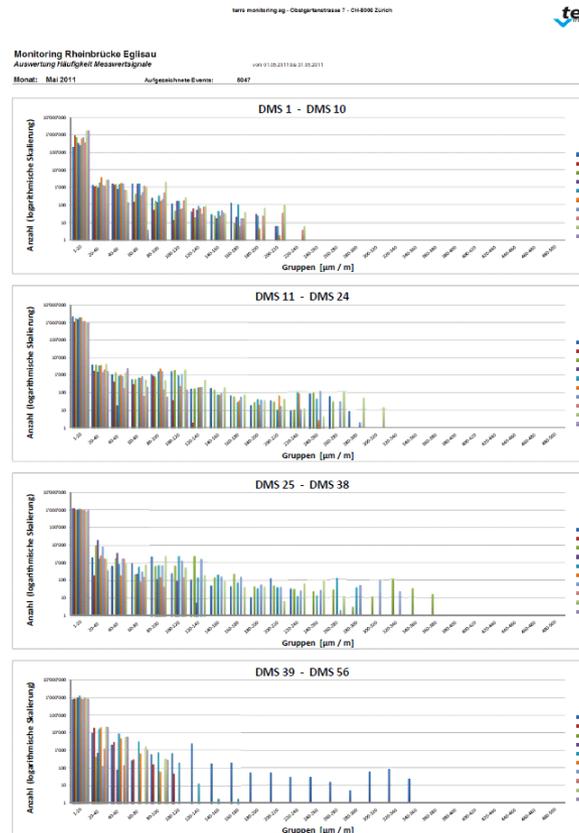


# Datenauswertung

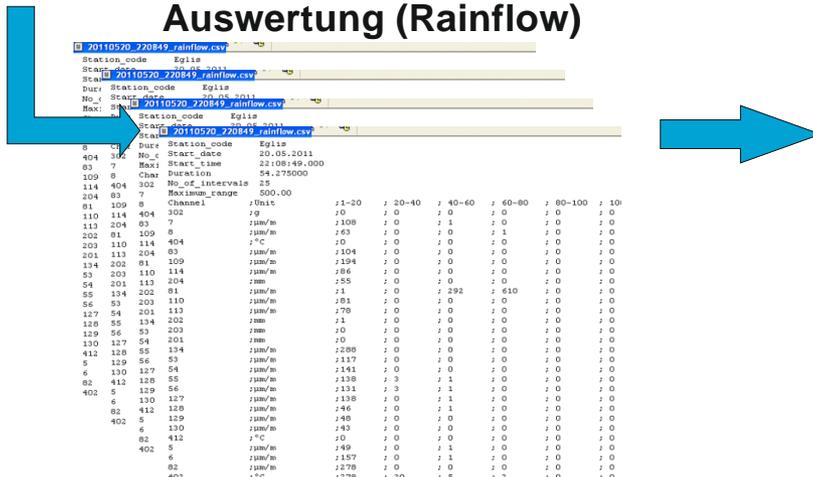
## Messung (Ereignis)



## Visualisierung



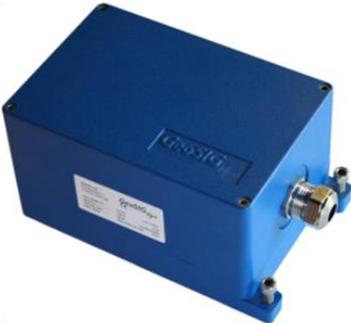
## Auswertung (Rainflow)



# Bahnbrücke Eglisau

- Unsere Kompetenzen
- Das Projekt und seine Herausforderungen
- Messkonzept
- **Eingesetzte Sensoren**
- Ergebnisse
- Erfahrungen und Ausblick

# Sensoren

Dehnmessstreifen	Temperatur	Weg	Beschleunigung
129 Stück	21 Stück	6 Stück	2 Stück
Verteilt auf der Brücke	Verteilt auf der Brücke	Montage im Auflager Seite Hüntwangen	Montage in der Mitte der Brücke
<ul style="list-style-type: none"> <li>• +/- 5000 ustrain</li> <li>• -30 bis +80°C</li> <li>• Vollbrücke</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pt1000 Sensor</li> <li>• -30 bis +80°C</li> <li>• Fehlerdetektierung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• +/- 250 mm</li> <li>• -40 bis 120°C</li> <li>• Berührungslos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MEMS Sensor</li> <li>• 2 g Full Scale</li> <li>• DC – 200 Hz</li> </ul>
			

# Auswahlkriterien DMS

## Wirtschaftlichkeit

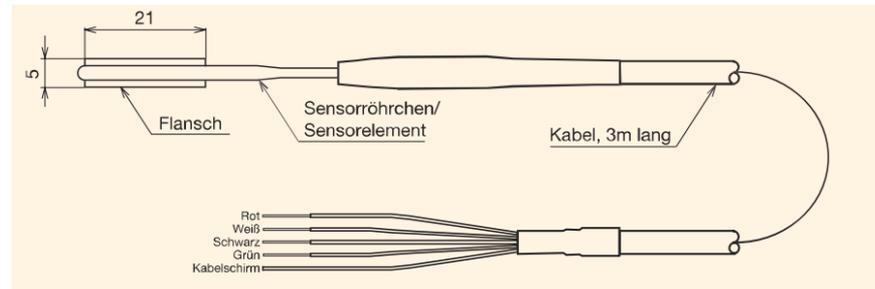
- Einsatz einer baustellentauglichen schnellen Befestigungsmethode

## Qualität

- Verlagerung der sensiblen Arbeitsschritte in die Fabrikationsbereiche des Sensorherstellers (Laborbedingungen)
- Endmontage des Sensors auf der Baustelle



# Eigenschaften DMS



## Wasserdicht gekapselt

- Es erübrigen sich die erforderlichen Arbeitsgänge zur Versiegelung

## Kabelapplikation nicht erforderlich

- Sensor ist werksseitig mit einem geschirmten Kabel ausgestattet .

## Vollbrücken-DMS

- Direkter Anschluss an ein Messinstrument (Messungen jederzeit möglich).
- Lokale Temperatureffekte werden weitestgehend ausgeschlossen

# Befestigung DMS

**Punktheftverfahren:**

Weniger Arbeitsschritte als bei geklebten DMS

Reduzierung Zeitaufwand für Installation pro Sensor



# Systemvalidierung

Positionierung von  
Lasten an  
definierten Stellen

Messung der  
auftretenden  
Beanspruchungen

Vergleich der  
Messergebnisse  
mit dem statischen  
Modell

Anpassung des  
Modells  
Anpassung des  
Messkonzeptes



# Bahnbrücke Eglisau

- Unsere Kompetenzen
- Das Projekt und seine Herausforderungen
- Messkonzept
- Eingesetzte DMS
- **Ergebnisse**
- Erfahrungen und Ausblick

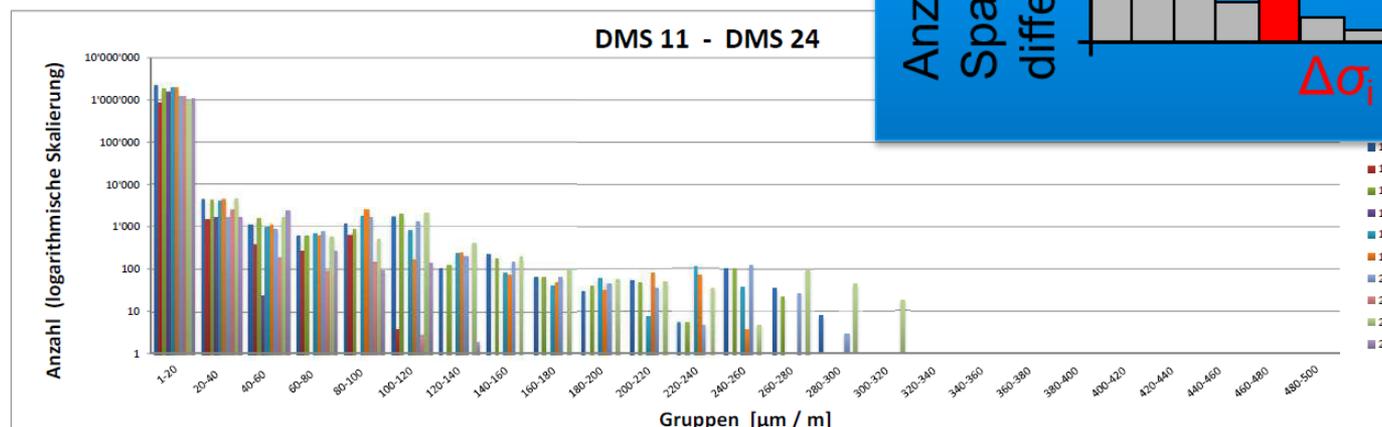
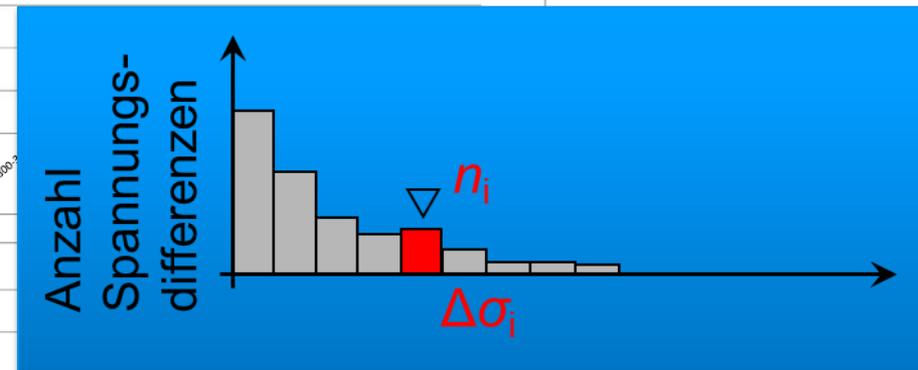
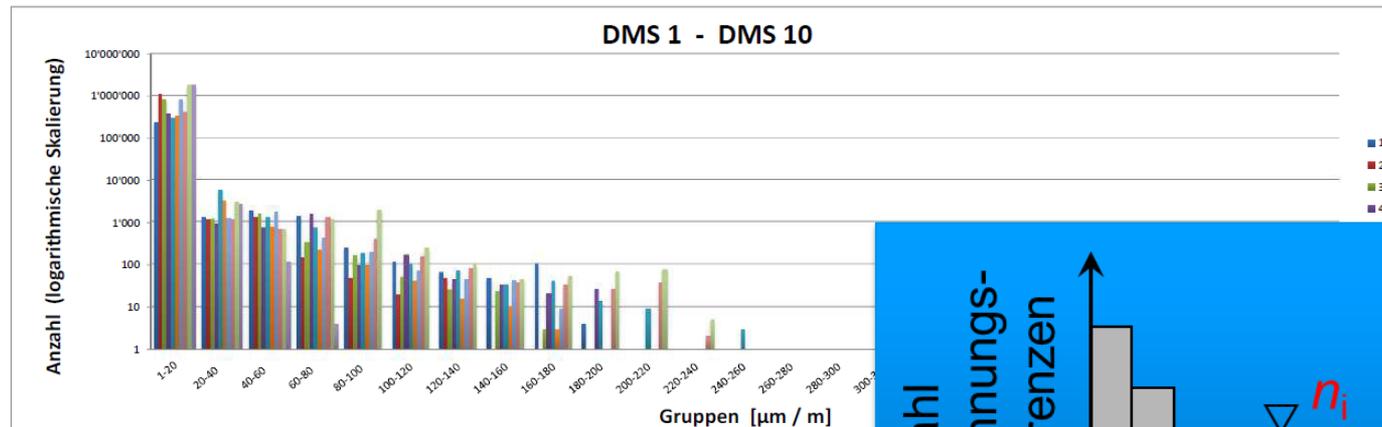
# Histogramm der Spannungsdifferenzen

Monitoring Rheinbrücke Eglisau  
Auswertung Häufigkeit Messwertsignale

vom 01.07.2011 bis 31.07.2011

Monat: Juli 2011

Aufgezeichnete Events: 4991



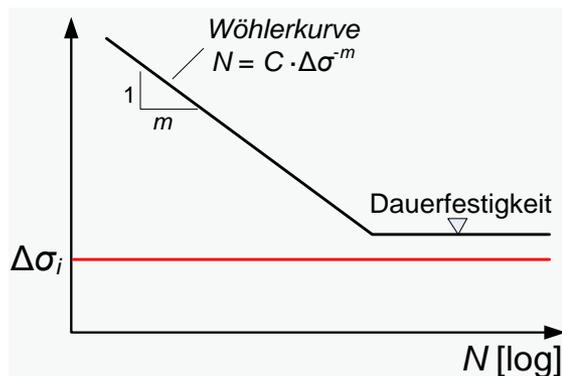
# Nachweis

ist erbracht wenn:

Alle Spannungs-  
differenzen liegen  
unter der  
Dauerfestigkeit

Gesamtschaden  
< 1.0

Abschätzung  
Restnutzungsdauer

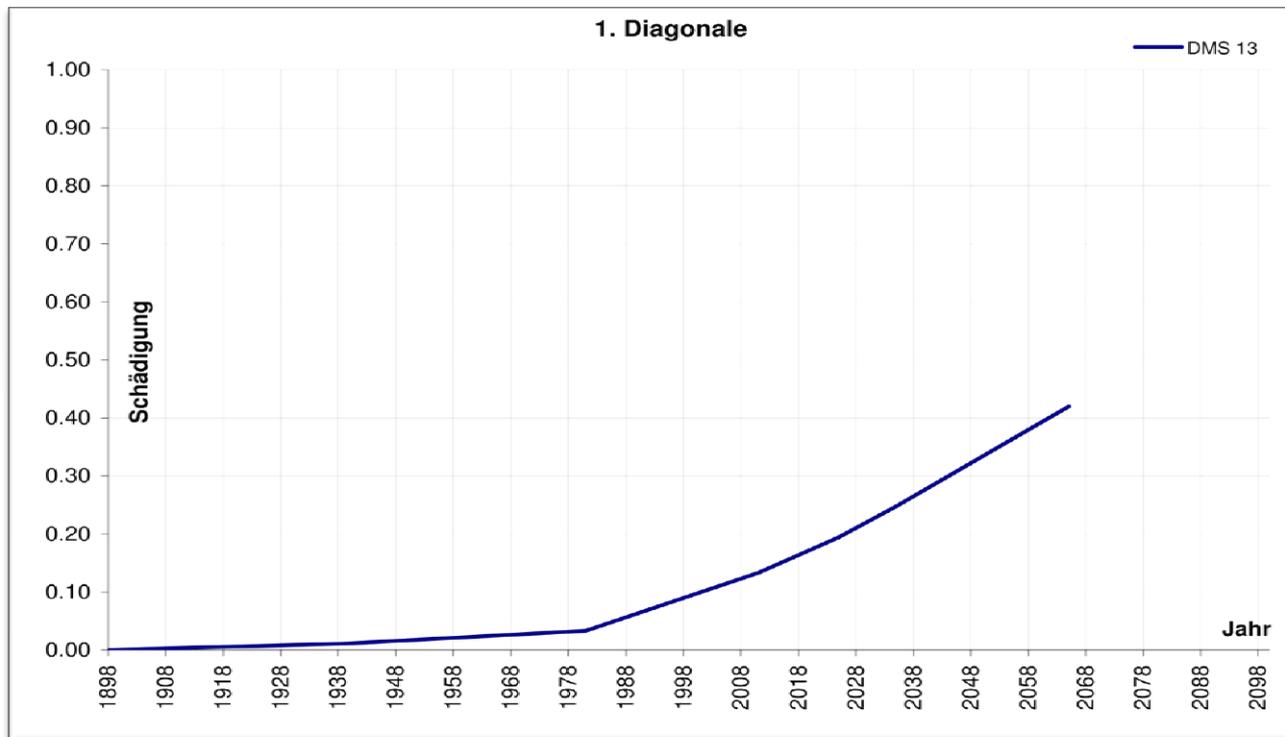


$$\sum_{k=1940}^{2011} D_{i,k} \leq 1.0$$



# Ergebnis

- Für ein Grossteil der Bauteile konnte der Nachweis der Dauerfestigkeit erbracht werden
- Für die übrigen Bauteile musste der Nachweis mittels Schadensakkumulation erbracht werden



# Schlussfolgerung

- Die Brücke kann über einen Zeitraum von mindestens 50 Jahren weiter genutzt werden
- Es sind lediglich kleinere konstruktive Massnahmen erforderlich

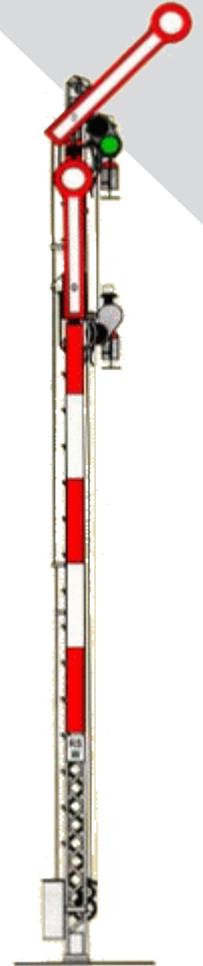


# Bahnbrücke Eglisau

- Unsere Kompetenzen
- Das Projekt und seine Herausforderungen
- Messkonzept
- Eingesetzte DMS
- Ergebnisse
- **Erfahrungen und Ausblick**

# Fazit

- Mit einer Kombination aus messtechnisch abgesicherten Parametern in Kombination mit klassischen Berechnungsverfahren konnte die Trag- und Ermüdungssicherheit der Brücke nachgewiesen werden
- Messkonzept hat sich bewährt
  - Geringe Zahl an Fehlmessungen
  - Hohe Verfügbarkeit des Systems
  - Kein Sensorausfall



# Ausblick

- Bei Anwendung des Verfahrens kann erwartet werden, dass zukünftig der Aufwand für Erhaltungsmaßnahmen reduziert werden kann



# Freie Fahrt



Obstgartenstrasse 7  
CH – 8006 Zürich  
Telefon: +41 43 500 10 70

Ahornweg 3  
CH – 5504 Othmarsingen