

SOLEXPERTS

patscheiderpartner
ENGINEERS



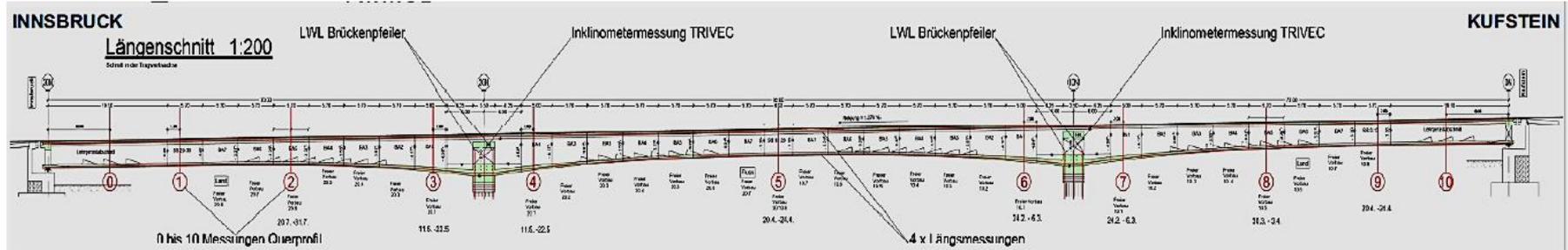
CAEmate
Engineering, Made Easy

TIQU

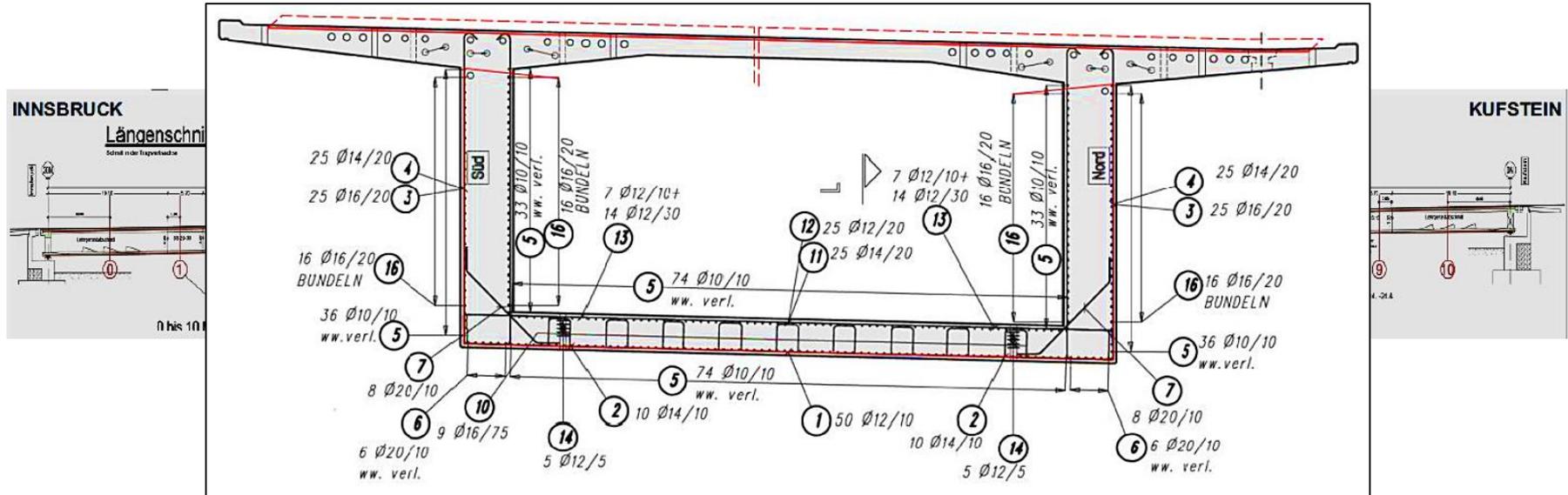
DIGITALISIERUNG, MONITORING & BIM

Praxisbeispiel Terfener Innbrücke

Konzept der Instrumentierung

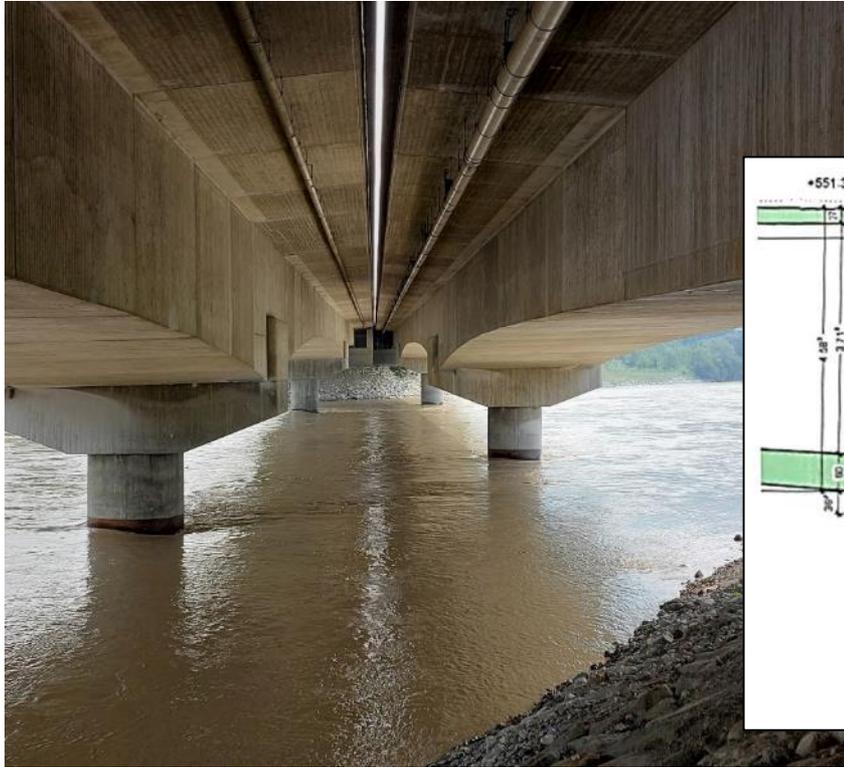


Konzept der Instrumentierung



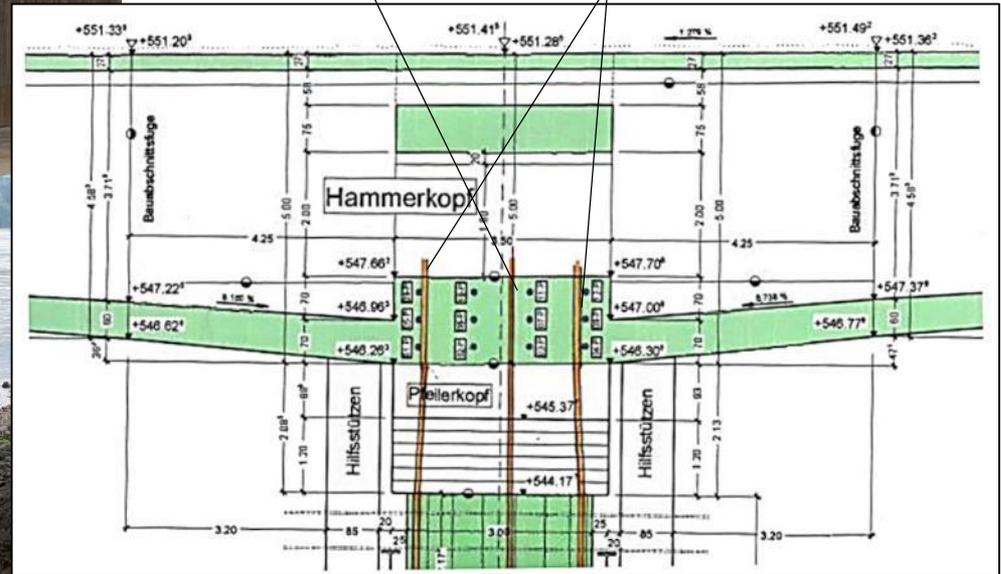
- FO- Kabel längs der Brücke (ca. 235m)
- FO- Kabel in 11 Querschnitten (Fahrbahnplatte + Hohlkasten)

Konzept der Instrumentierung

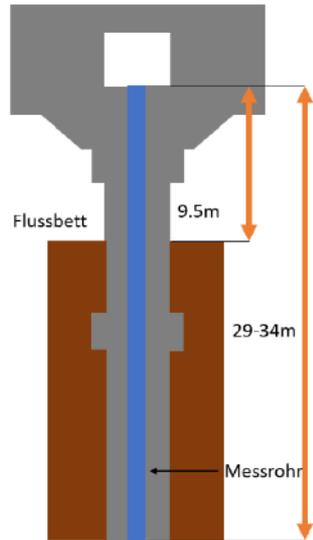


TRIVEC - Messrohr

FO-Kabel



TRIVEC



TRIVEC MESSUNGEN

PROJEKT: tf2759
MESSLINIE: Pfahl 10

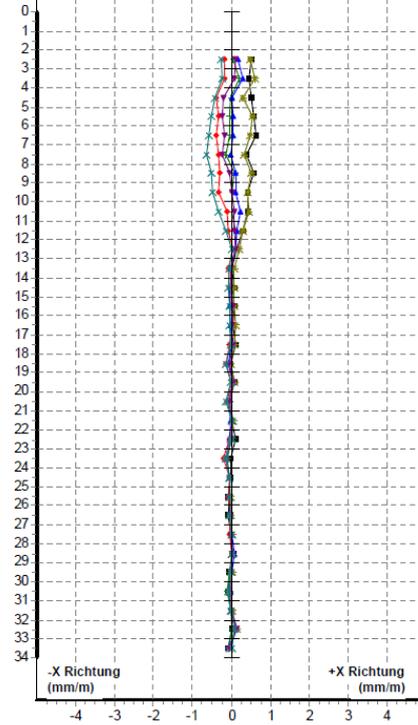
BEZUGSMESSUNG:
2 : 10 Dez 2020

Messung	Datum
3	06 Jul 2021
4	22 Okt 2021
5	09 Feb 2022
6	13 Apr 2022
7	21 Jul 2022
8	02 Nov 2022
9	25 Jan 2023

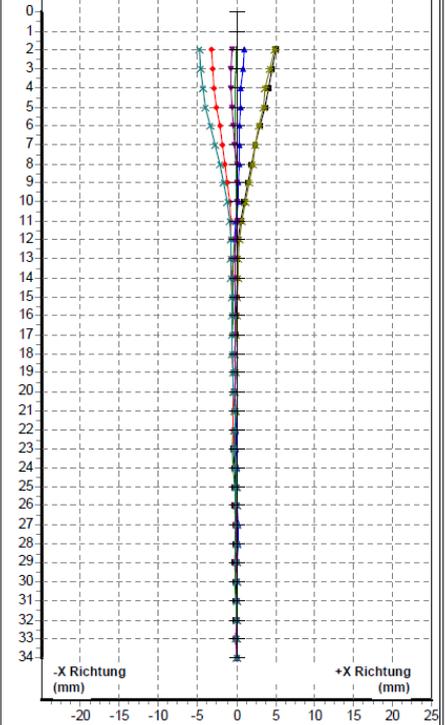
BEMERKUNGEN:

TRICAL 4
Solexperts AG
Mettlenbachstrasse 25
Postfach 122
CH-8617 Mönchaltorf

DIFFERENTIELLER PLOT D-X

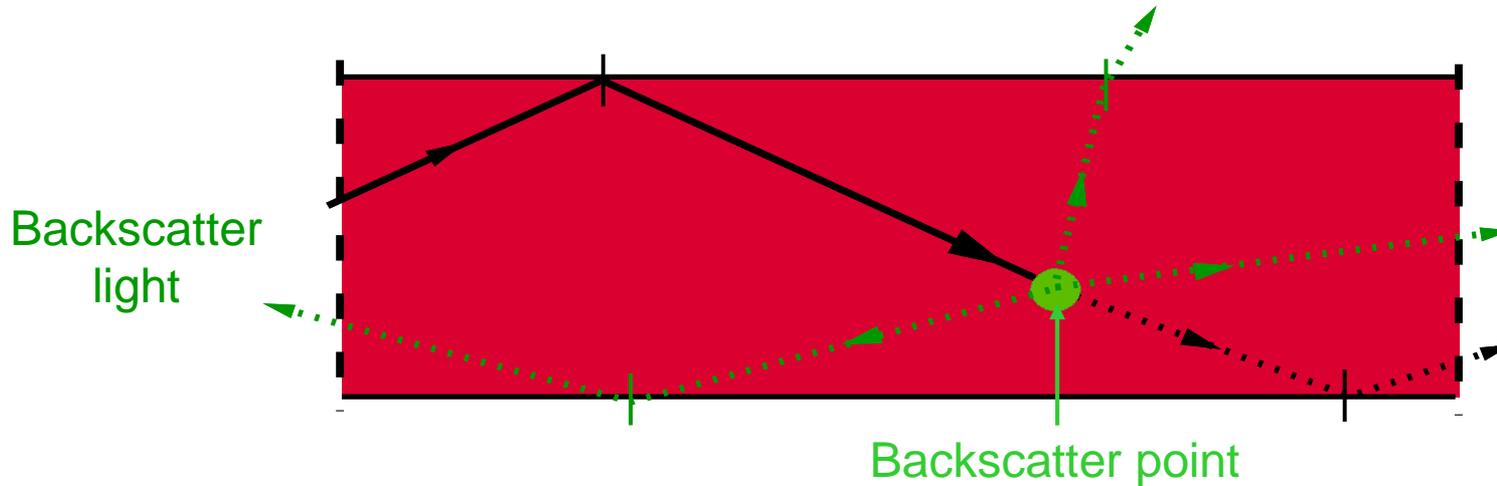


INTEGRIERTER PLOT V-X



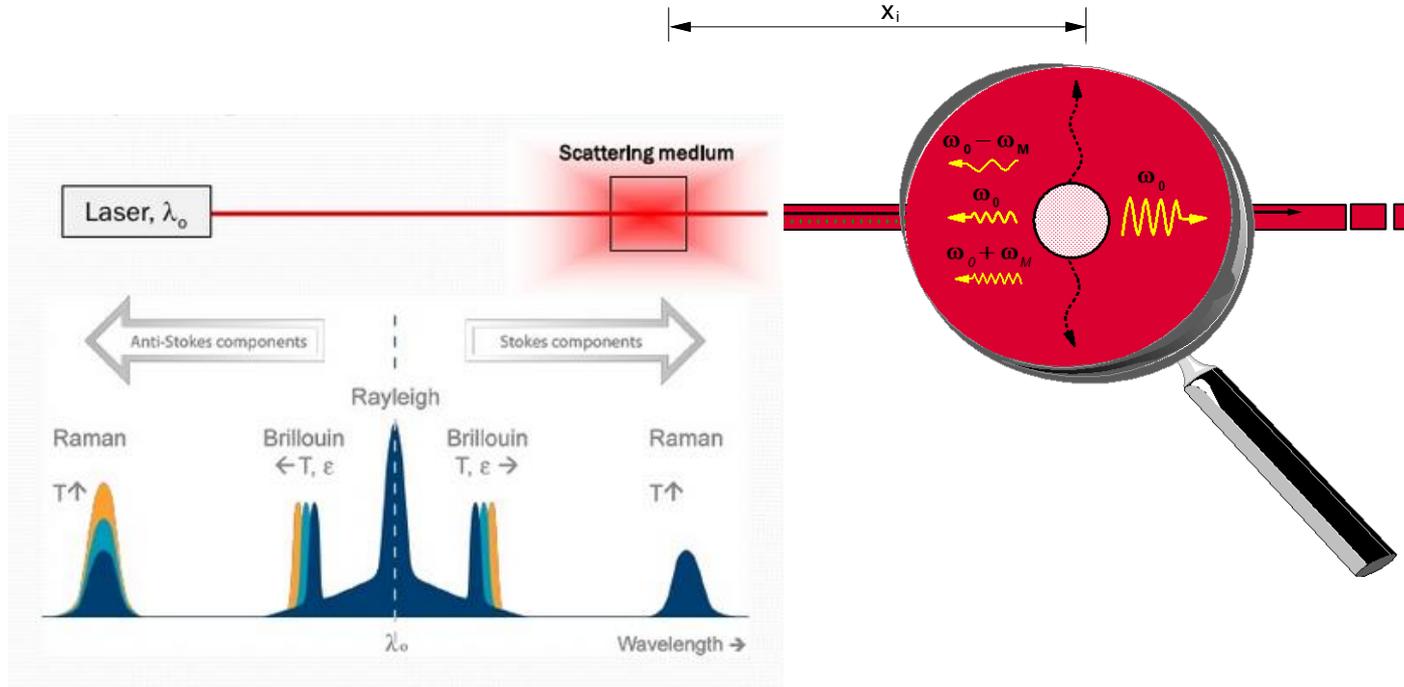
TRICAL 4 SOLEXP

Faseroptisches Messsystem



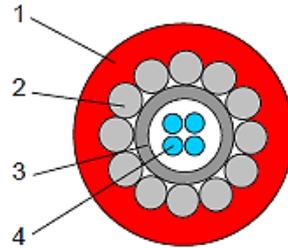
Mit einem Laser wird ein Lichtimpuls in den Lichtwellenleiter gesendet und das zurückgestreute Licht wird einer Frequenzanalyse unterzogen.

Faseroptisches Messsystem

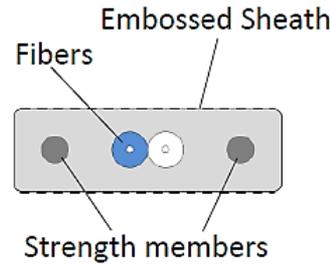


Das Ergebnis der Analyse ist eine Temperatur und Dehnungsprofil entlang der Faser.

Faseroptisches Messsystem



Temperaturkabel



Dehnungskabel

Bild von
Temperatur- und
Dehnungskabel an
der Bewehrung

Einbau Faseroptisches Messsystem

- Abhängig vom Kabeltyp ist eine Vorspannung zur Messung von Stauchungen erforderlich
 - Das eingesetzte Kabel benötigt keine Vorspannung
- Beachtung des minimalen Biegeradius
 - Temperaturmesskabel ca. 6cm
- Schutz der Kabel und Kabelenden während der Betonage
 - Verlegung auf Unterseite der Bewehrung
 - Verbindungsdosen in ausreichender Größe schon in der Planung beachten
- Kabel auf geeignete Längen vorfertigen
 - Vereinfachtes Handling
 - Überlängen zum Spleißen so gering wie möglich
- Wenn möglich Kabel direkt in den Beton einbinden
 - Nachträglicher Einbau in Schutzrohren ist möglich

Einbau Faseroptisches Messsystem



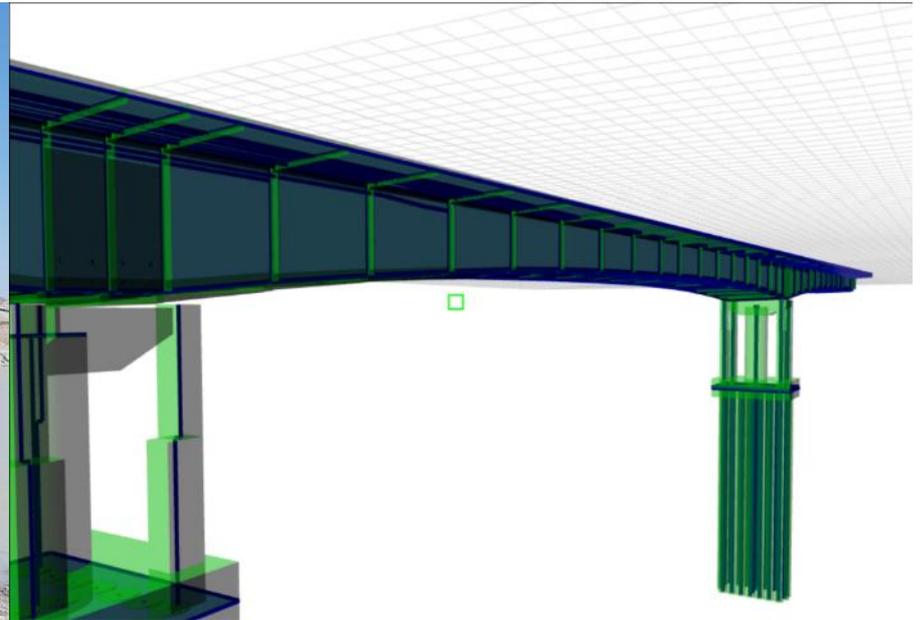
Einbau Trivec Messsystem

- Einbau in Schutzrohr
 - Vormontage der Schutzrohr
 - Belastungen durch Bohrpfahlbetonage zu hoch
 - Mehrere Betonierabschnitte mit Freilegen des Fundamentes
- Absenken in 1 m Segmenten
- Verfüllen mit Injektionsgut

Einbau Trivec Messsystem



Der digitale Zwilling und die Erwartungen der Fachexperten



Agenda

- Veranlassung
- Beschreibung Plattform
- Funktion des digitalen Zwillings
- Bisherige Anpassungen
- Ziele und Vorteile
- Verbesserungsvorschläge

Bisher: „direkte“ Messung

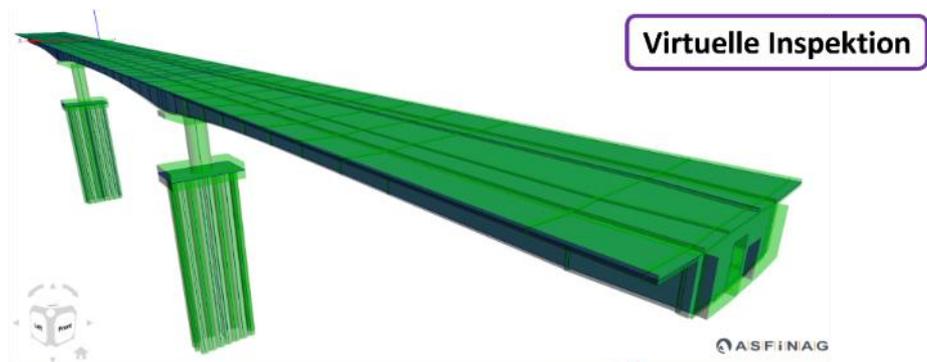
- Direkte Messungen punktuell, linienförmig usw.
- Festlegung der Messpunkte
 - Erwartungen
 - Erfahrung/Modell/Berechnung
 - Vorschädigung
- Zeitfaktor
- Auswertung kontinuierlich?
- Und was ist wenn der Schaden neben dem Messpunkt liegt?

Digitaler Zwilling

- Abbildung der Realität
- Vorhersage
 - Entwicklungen
 - „schwächste“ Stelle
 - Mögliche Schäden
 - Versagensmodelle
- Simulation der Zukunft
- Planung Eingriffe und Wartung

Wie funktioniert die Plattform

- 1 Virtuelle 3D-Inspektion aus dem Webbrowser
- 2 Kontinuierliche Simulation und Auswertung des gesamten Objektzustandes
- 3 Prädiktive Analyse: Bewertung des zukünftigen Verhaltens



Simulation & Auswertung



Prädiktive Analyse



Wie funktioniert die Plattform

Das System basiert auf der Kombination mehrerer innovativer digitaler Technologien mit dem Ziel einer effizienten und zuverlässigen Ferndiagnose des Zustandes der Struktur:

- Entwicklung eines 3D digitalen Zwillings des Objekts
- Cloud-basierte Visualisierung, die virtuelle Inspektionen ermöglicht
- Automatische Ausführung von numerischen FE-Simulationen
- Kontinuierliche Kalibrierung mittels inverser Analyse
- Prädiktive Analyse durch künstliche Intelligenz
- BIM (Building Information Modelling)

Einrichtung und Betrieb des Monitoringsystem



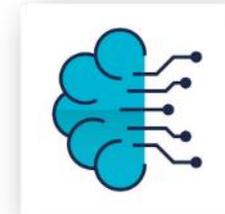
Objekt (Brücke, Tunnel, Gebäude, Damm, Hang)



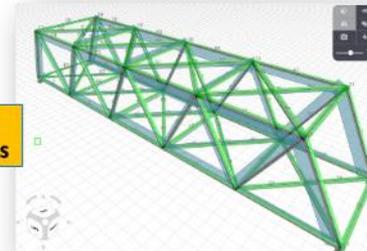
Sensoren Installation



Cloud Datenübertragung



Artificial Intelligence (AI)



Digital Twin Aktualisierung & Simulation



Berechnung des Ausnutzungsfaktors



Real time Monitoring

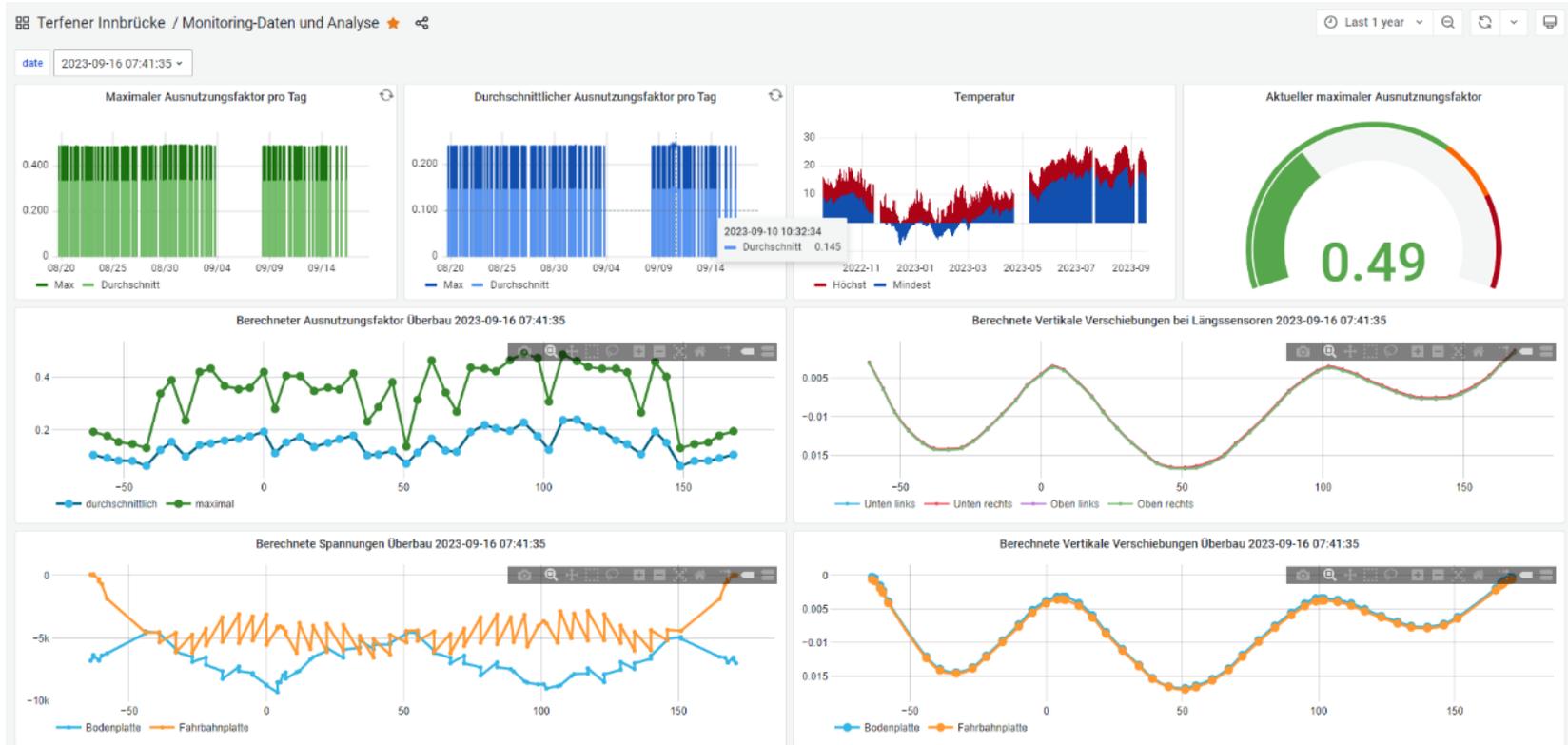
3D-Visualisierung im Webbrowser

The image displays a 3D visualization of a bridge structure in a web browser. The main view shows a green bridge model with two piers. To the left, a control panel includes a 'Values to show' section with 'Utilization factor' selected, showing a minimum of 6.45e-6 and a maximum of 0.35. Below this is an 'Export results' button and a table with the following data:

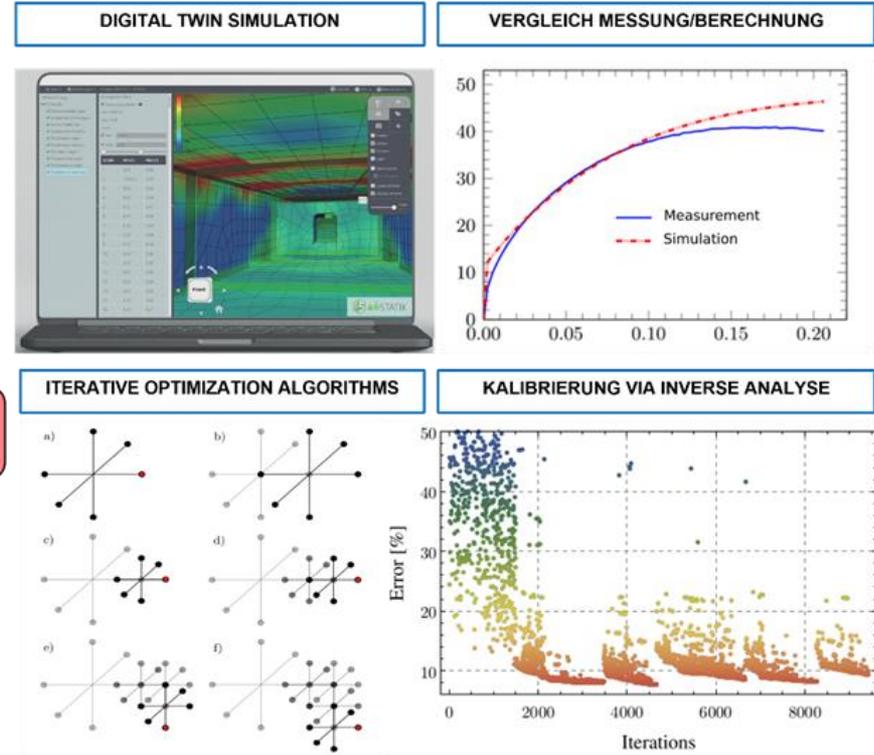
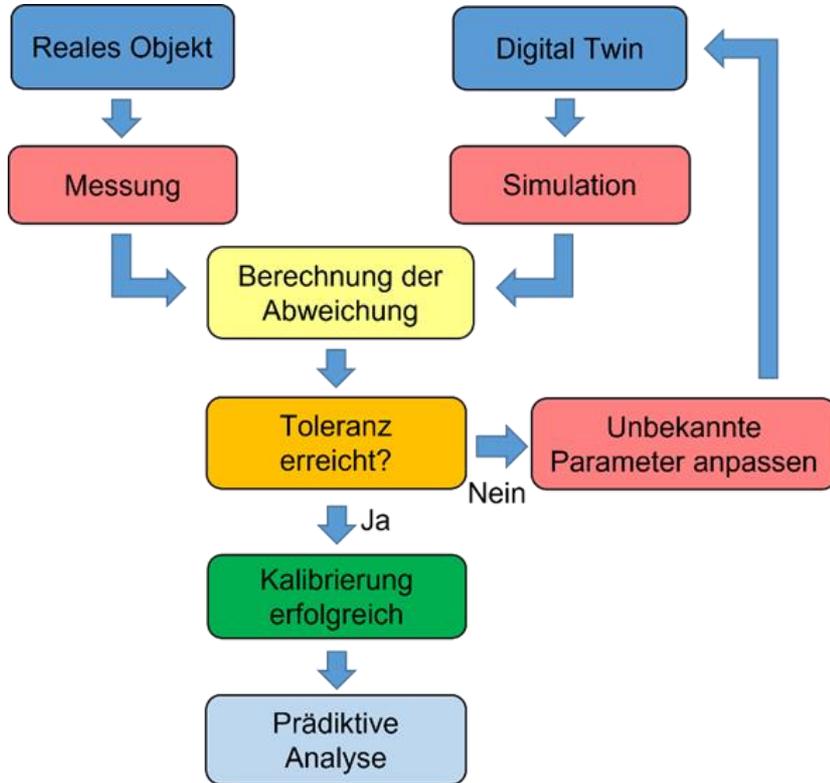
Member	Min [-]	Max [-]
1	1.84e-5	0.32
2	1.05e-5	0.18
3	1.57e-5	0.32
4	9.93e-6	0.21

The control panel also features icons for camera, zoom, and a 'Scale' slider. Below the main view, two smaller screenshots show different views of the bridge model. The bottom-left screenshot shows a perspective view with a color scale legend and a list of members. The bottom-right screenshot shows a deformed view of the bridge model with a color scale legend and a list of members.

Prädiktive Analyse und zeitliche Entwicklung



Kalibrierung durch Inverse Analyse



Funktion des digitalen Zwillings

- Simulationen können den Zustand und das Risiko des Objekts global bewerten, basierend auf lokalen Messungen der installierten Sensoren
- FE-Simulationen werden kontinuierlich auf der Basis gemessener oder identifizierter Einwirkungen durchgeführt, was einen wesentlich höheren Grad an Genauigkeit ermöglicht
- visuelle Überwachung (auch automatisch) kann nur Schäden bewerten, die bereits stattgefunden haben. Der Einsturz des Objekts kann oft nur durch die Bewertung des Spannungszustands durch numerische Simulation vorhergesagt werden (in das Objekt schauen)
- Einsatz von künstlicher Intelligenz ermöglicht die Nutzung historischer Daten über die überwachten Strukturen (erweiterbares selbstlernendes System, das mit der Zeit immer besser wird)

Bisherige Anpassungen

- Kalibrierung / Probelastung
- Steifigkeit in einem Bereich bis zu 33% höher
- Verformungen aufgrund Kriechen und Schwinden weichen 14 bis 25% ab
- -> langfristige Auswirkungen??

Ziele und Vorteile

- Entwicklung einer zuverlässigen und objektiven Methode, die den Wissensstand über das Objekt maximiert und nicht auf der Bewertung durch einzelne Personen basiert.
- Die digitale Zusammenfassung der einzelnen Monitoring-Systeme zu einem globalen selbstlernenden System.
- Einsatz von neuronalen Netzen (KI) welche die prädiktive Analyse ermöglichen, um im Voraus Informationen über das zu erwartende Verhalten des Objekts zu erhalten, mögliche Risiken zu analysieren und somit auch Sicherheitsmaßnahmen zu optimieren.
- Erstellung einer Web-Plattform, auf der die Verantwortungsträger jederzeit auf den digitalen Zwilling zugreifen können und in Echtzeit Informationen über den IST- Zustand erhalten – eine einfache, klar verständliche Visualisierung von relevanter Information.

Verbesserungsvorschläge

- Einbau Messleitungen/Messkabel optimieren
- Ergänzende Messeinrichtungen
- Vertiefende Studien und Untersuchungen der Ergebnisse aus den ersten Jahren
- Vertiefende Untersuchungen bestimmter zeitlicher Verläufe (Parameteranpassungen)
- Prädiktive Modellierung verbessern/ausbauen

Vielen Dank

für Ihre Aufmerksamkeit.

SOLE EXPERTS

patscheiderpartner
ENGINEERS



CAEmate
Engineering, Made Easy

TIQU