

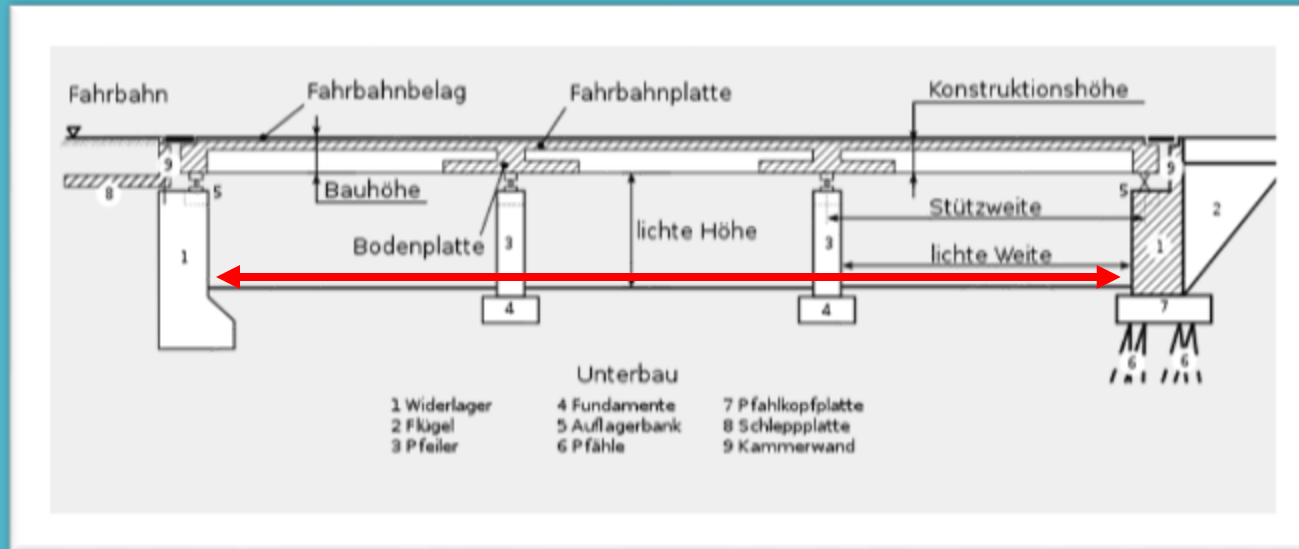
Bauwerksprüfung

Ein allgemeiner Überblick im
Allgemeinen und Speziellen
(Carola Brücke Dresden)

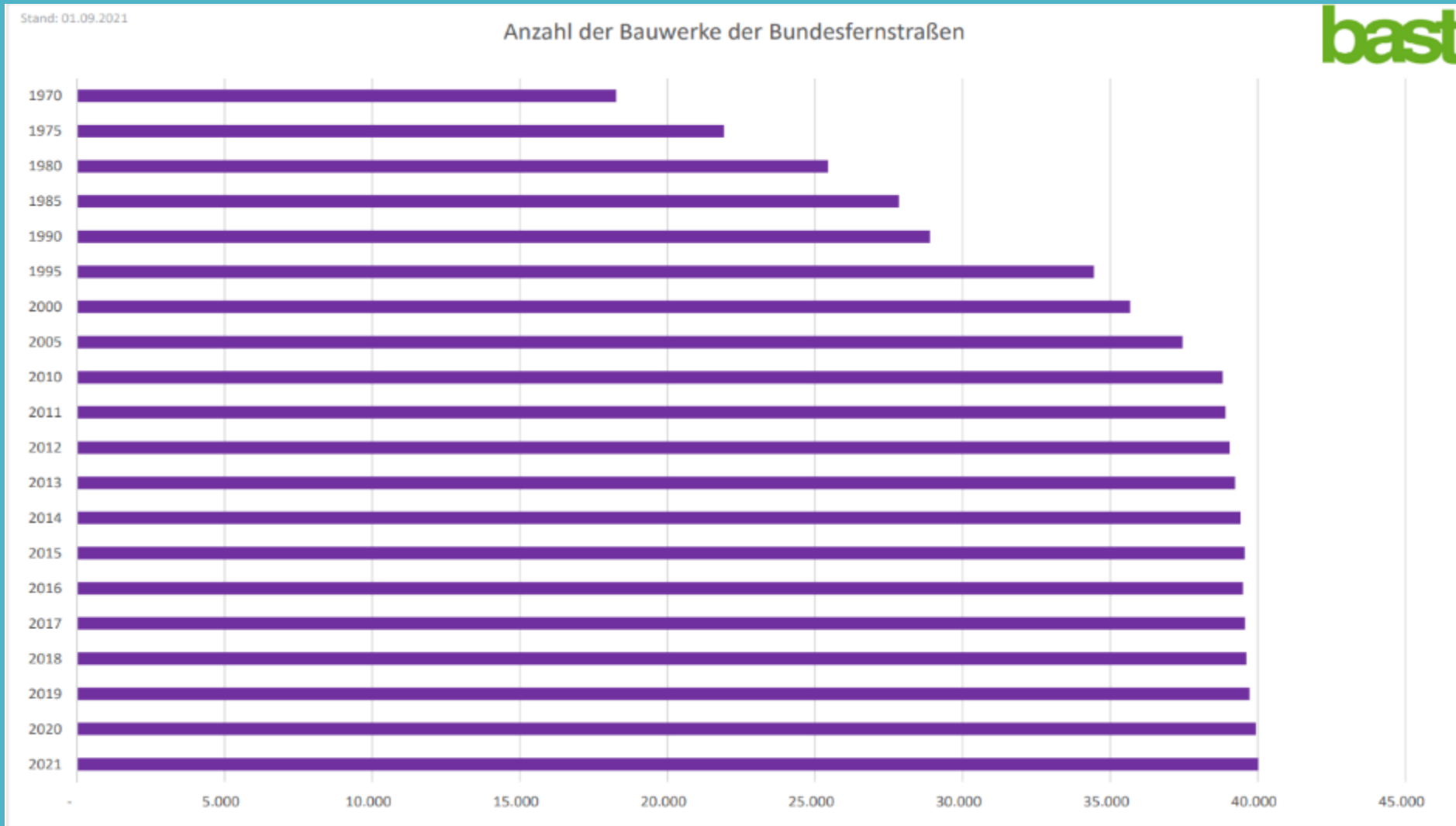
Michael Dämgen/Moritz Döltsch

Definition einer Brücke

- Ingenieurbauwerk
- Führt einen Verkehrsweg über
 - Einen anderen Verkehrsweg
 - Gewässer
 - Tieferliegendes Gelände
- Lichte Weite zwischen den Widerlagen mindestens 2 Meter

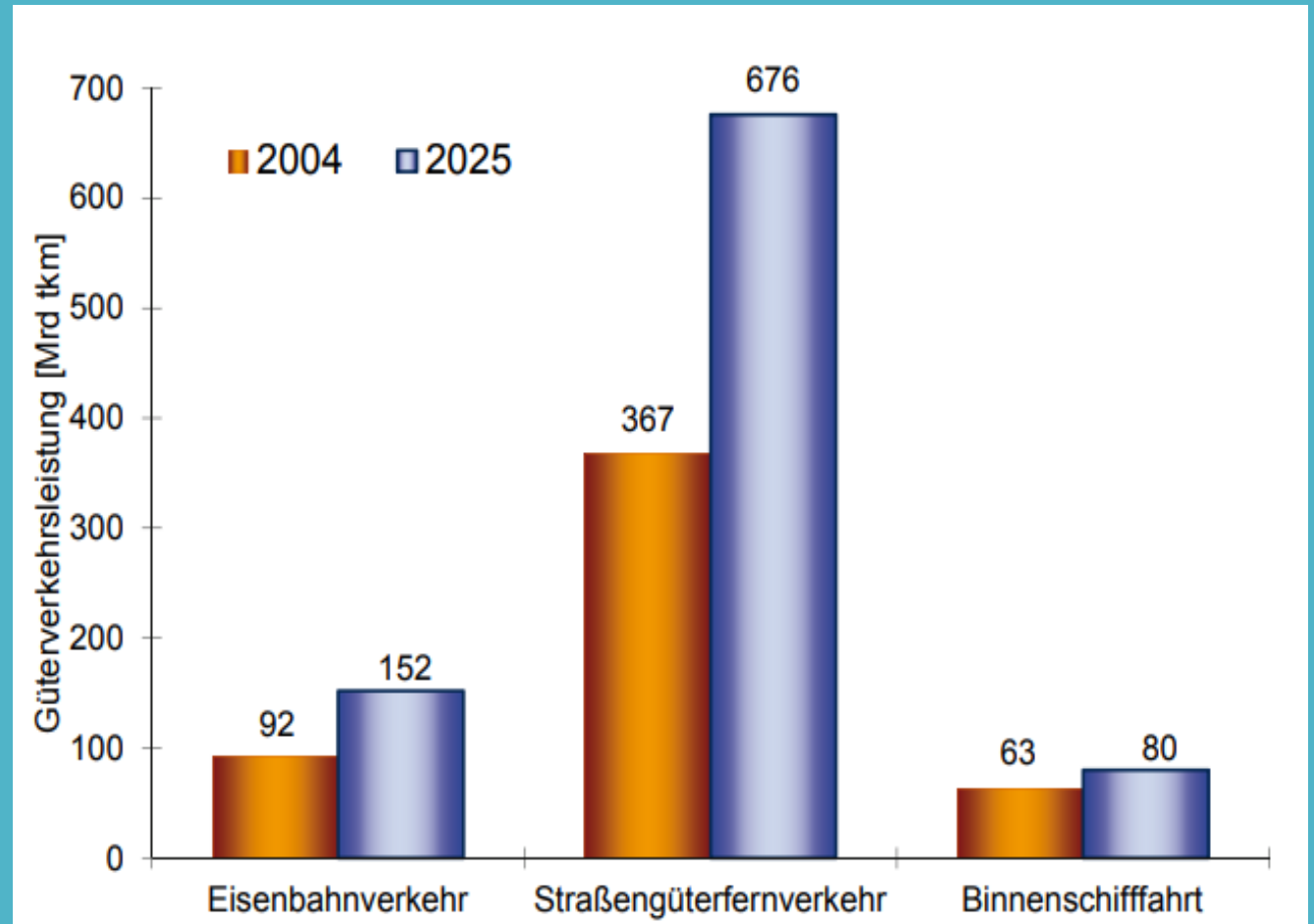


Brückenbauwerke der Bundesfernstraßen in Deutschland



Straßengüterverkehr in Deutschland

- Mehrbelastung der Brückenbauwerke
- Ältere Brücken noch nach anderen Anforderungen und Vorschriften gebaut
- 1956 zulässige Gesamtgewicht 24 t
- Heute bei 44 t
- Anstieg von Schwertransporten
- Schnellere Ermüdungserscheinungen
- Alle 25 Jahre ÜKO und Abdichtung neu?



Bauwerksprüfung

- Nach DIN 1076 „Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen Überwachung und Prüfung
- Ingenieurbauwerke sind in regelmäßigen Abständen zu prüfen
- Durch sachkundige Ingenieure durchzuführen



Zyklen der Bauwerksprüfung und Bauwerksüberwachung nach DIN 1076

Prüfungsart ¹	Prüfung vor Abnahme der Leistung	Anzahl der Prüfungen bis zur Verjährung der Mängelansprüche					Anzahl der Prüfungen bis zum Ende der Nutzungsdauer						
						Prüfung vor Ablauf der Verjährungsfrist für Mängelansprüche							
	Baujahr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	weiterhin
LB ²		2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x
B		1x	1x		1x		1x	1x		1x	1x		1x ³
E				●					●				Alle 6 Jahre
H ⁴	●					●						●	Alle 6 Jahre
S		Auf Anordnung oder nach größeren Unwettern, Hochwasser, Verkehrsunfällen oder sonstigen den Bestand der Bauwerke beeinflussenden Ereignissen											

¹ LB = Laufende Beobachtung, B = Besichtigung, E = Einfache Prüfung, H = Hauptprüfung, S = Sonderprüfung

² Beobachtung laufend im Rahmen der Streckenkontrolle und zusätzlich 2x/Jahr Beobachtung aller Bauteile von der Verkehrsebene/Geländeebene aus

³ außer in den Jahren, in denen eine Haupt- oder einfache Prüfung durchgeführt wird

⁴ für Holzbrücken gelten abweichende Regelungen gemäß RI-EBW-PRÜF [3]



Formblatt zur Bauwerksüberwachung

NLStBV Geschäftsbereich Goslar

SM Herzberg

Jahr:

ASB-Nr.: 10 St. 7,758

Int. BW-Nr.: 90495 BW-Nr.: 4328031

BW-Name: Prallwand L 521 km 7,758

Besichtigung nach DIN 1076 (Abschnitt 6.2)

- Anlass:
- | | |
|--|--|
| ☐ jährlich | ☐ nach Hochwasser |
| ☐ nach Unfall | ☐ nach Unwetter |
| ☒ halbjährliche durch Streckenwartungsteam | |

- Die Besichtigung wurde durchgeführt am durch
- ☐ keine Veränderung gegenüber der letzten Besichtigung / Beobachtung.
- ☐ es wurden folgende neue Mängel / Schäden festgestellt:

- ☐ Sonderprüfung nach DIN 1076 wurde veranlasst.

.....
Unterschrift Leiter/in SM

Laufende Beobachtung nach DIN 1076 (Abschnitt 6.3)

1. Beobachtung	2. Beobachtung
durchgeführt am	durchgeführt am
☐ keine Veränderung gegenüber der letzten Besichtigung/Beobachtung	☐ keine Veränderung gegenüber der letzten Besichtigung/Beobachtung
☐ es wurden neue Mängel/Schäden festgestellt (siehe Beiblatt)	☐ es wurden neue Mängel/Schäden festgestellt (siehe Beiblatt)
☐ Sonderprüfung nach DIN 1076 wurde veranlasst	☐ Sonderprüfung nach DIN 1076 wurde veranlasst
Unterschrift:	Unterschrift:
Gesehen: Leiter/in SM	Gesehen: Leiter/in SM

And then there was „Carola!“



Die Carolabrücke von oben: Hätte der Kollaps von Brückenzug C verhindert werden können? © picture alliance/dpa

Max. zul. Rissweite 0,1mm

Bahnverkehr? Bauwerksunterseite!

Lineare Temperaturverschiebungen
(Basallinie) bei nichtlinearen
Bewegungsmustern?

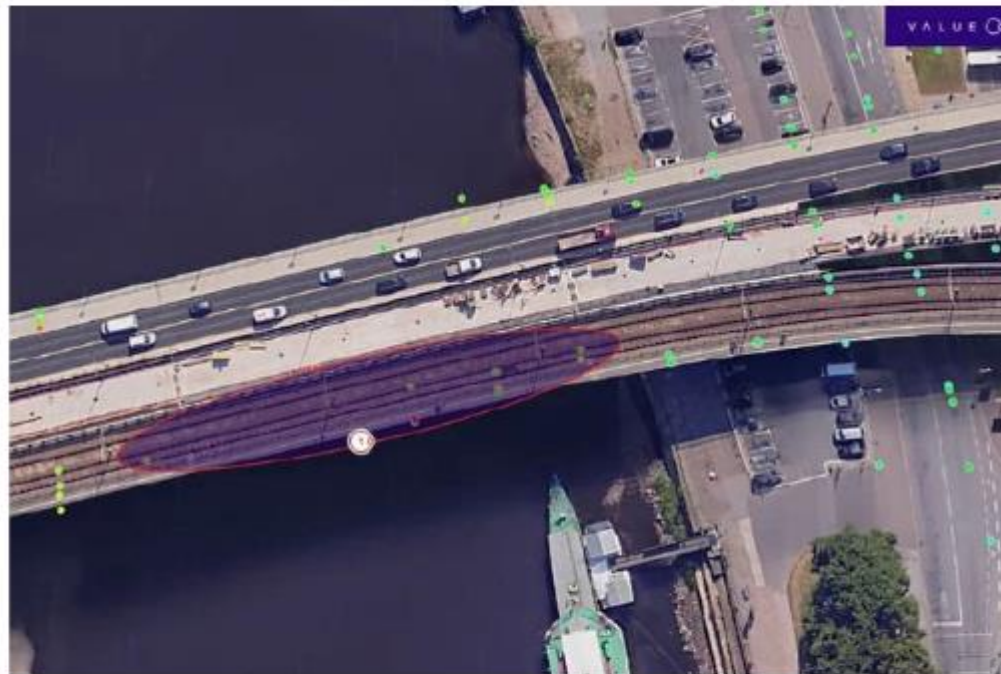
And then there was „Carola!“

Dresden - **Die Aufarbeitung des Brücken-Unglücks läuft. Dabei muss auch geklärt werden, ob die vom Rathaus bisher angewandten Prüfverfahren überhaupt geeignet waren, den schlimmen Zustand der Carolabrücke zu erkennen. Neue Daten zeigen jetzt: Brückenzug C hatte sich vor dem Zusammensturz bereits seit knapp zwei Jahren bewegt - in unterschiedliche Richtungen.**

Gab es im Vorfeld Zeichen für die nahende Katastrophe? Zumindest hätte es - mit dem richtigen Werkzeug - signifikante Hinweise auf ernste Probleme geben können.

Zu diesem Schluss kommt das in **Großbritannien** ansässige und 2022 gegründete Unternehmen "value.space", welches Risikobewertungen für Versicherungen und Co. erstellt.

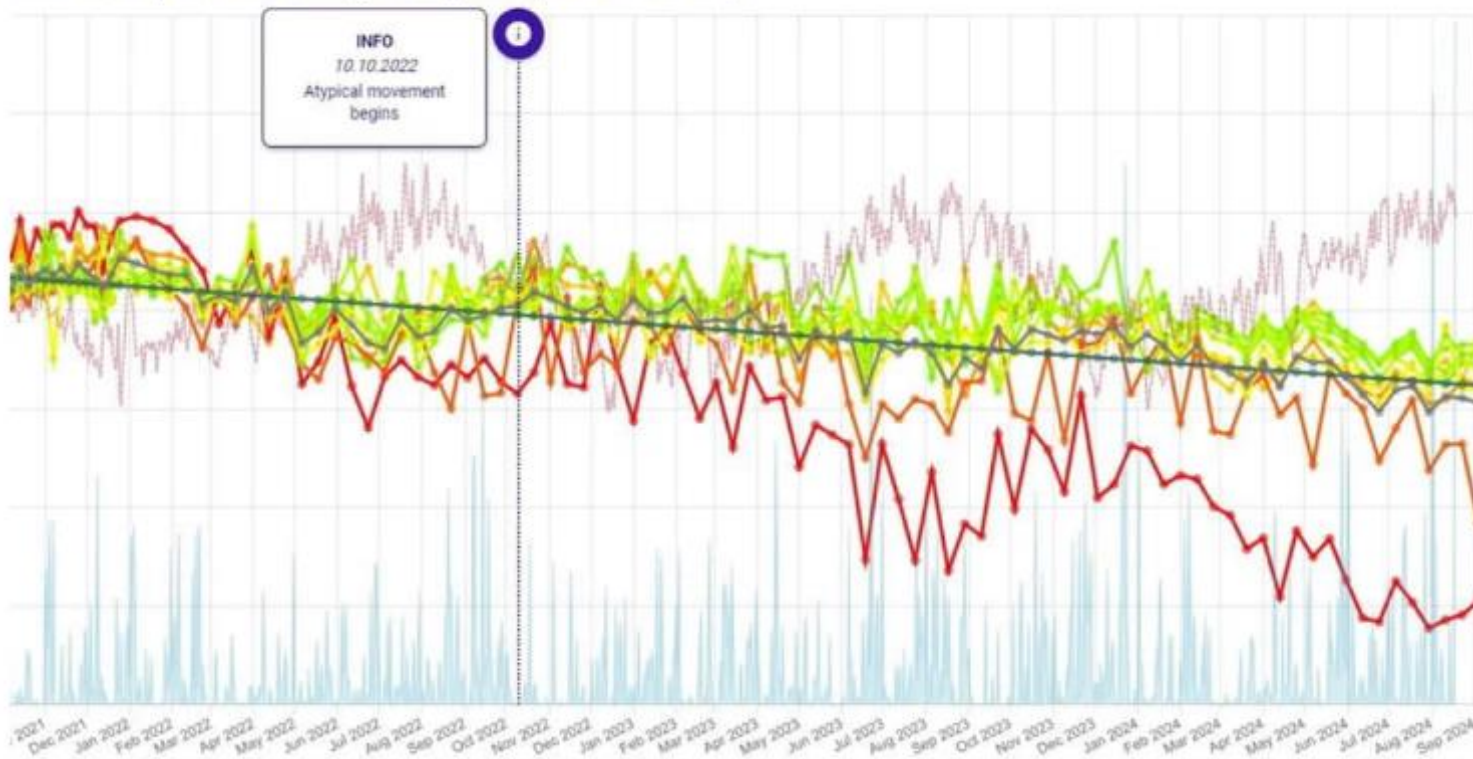
Die Firma greift dabei auf die Auswertung von verschiedenen Satelliten-Aufnahmen (etwa NASA, ESA) zurück, erfasst auch Niederschlag und Temperaturen. Für die Carolabrücke wurde der Zeitraum ab September 2021 rückwirkend analysiert, Dutzende Messpunkte wurden alle zwölf Tage kontinuierlich ausgewertet.



Eine Satelliten-Aufnahme des eingestürzten Brücken-Abschnitts: Mehrere Messpunkte auf der eingezeichneten Fläche lagen zum Zeitpunkt des Einsturzes um bis zu vier Zentimeter tiefer als noch vor zwei Jahren. © value.space

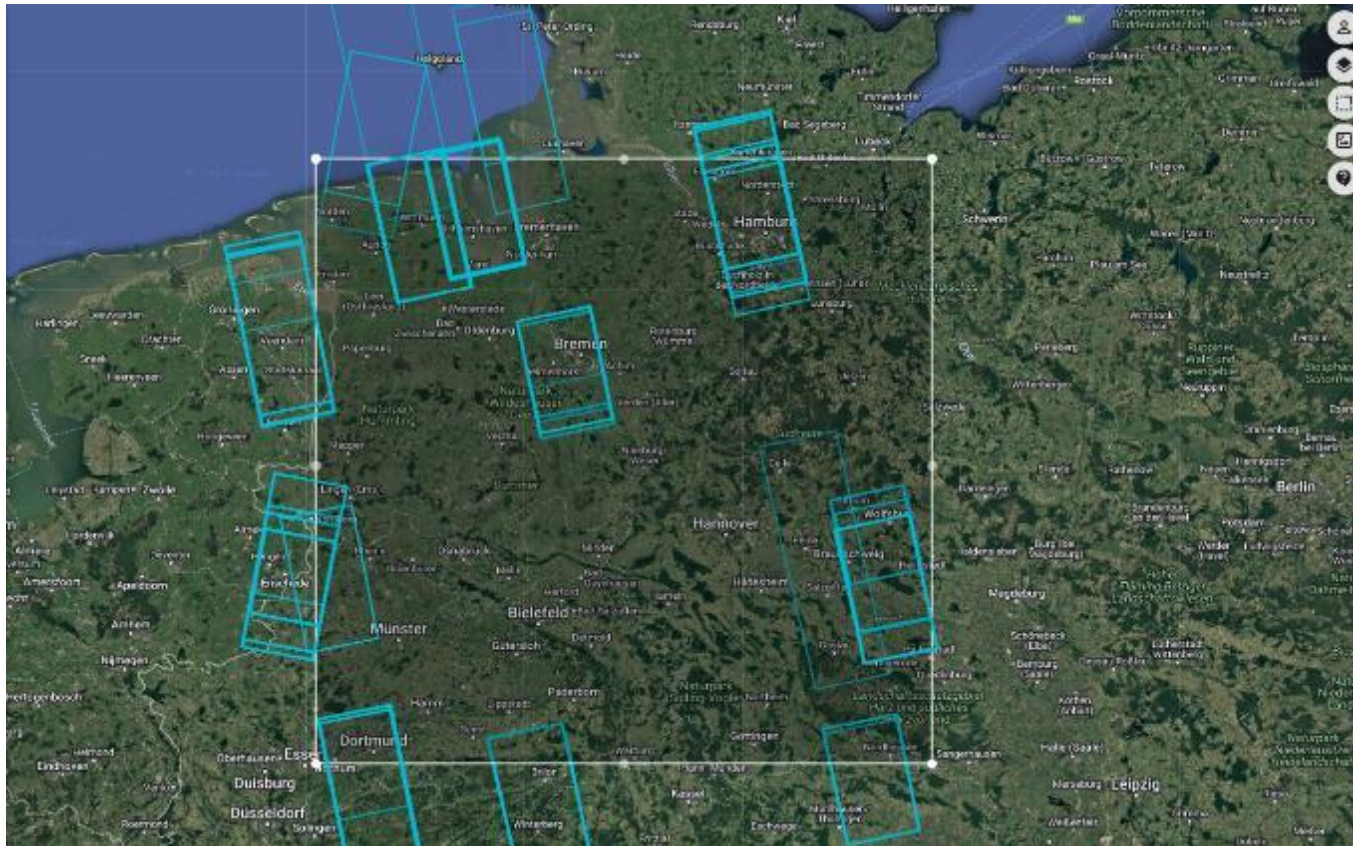
Messergebnisse?

directional path on the bridge/overpass up to 23.50 mm/y

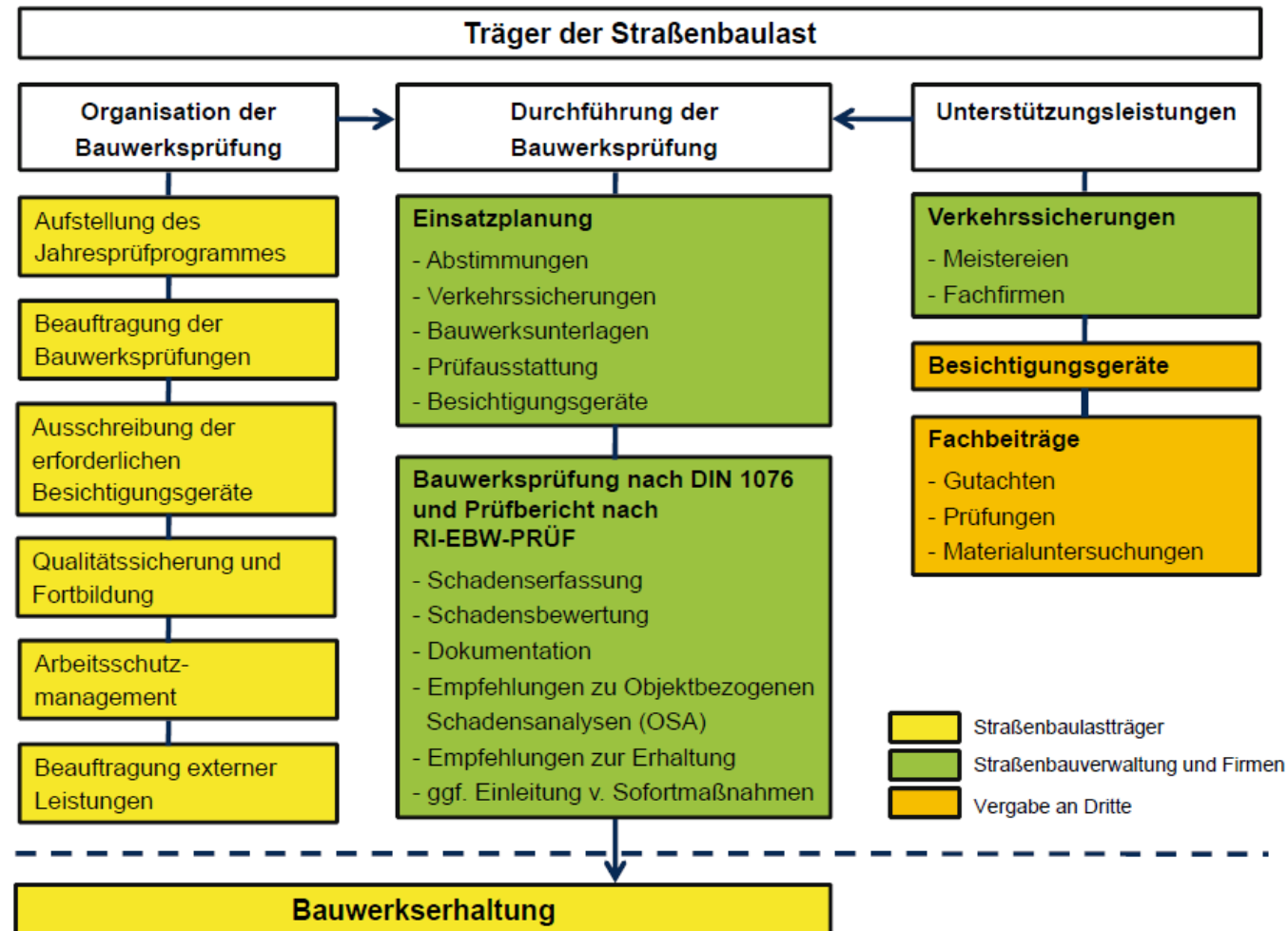


Das Diagramm zeigt, wie die betroffenen Messpunkte (rot und orange markiert) ab Oktober 2022 sukzessive vom Bewegungsmuster der übrigen Brückenteile (grün bis hellgelb) abwichen. © value.space

Niedersachsen Satellitenbilder



Bauwerksprüfung nach DIN 1076 Bsp. Hessen: Orga





23.10.2018 11:26



2016/09/17 22:21



2016/09/17 22:21



2016/09/17 22:26







Abreissmessungen-so geht's richtig



Zielgrößen: DIN EN 18533, T.3 = 0,5 N/mm² contra ZTV-BEL = 0,4 N/mm² (23°C)

Schadenskombination



Schadenskombination



ZTV-BEL (muss ich auch nachlesen...)

A 4.2 Prüfung durch Abziehen von Hand

- Temperaturbereich: +5°C bis +25°C
- Beurteilung des Bruchbildes nach ZTV-ING 6-1 Anhang A4.2
- Bei abweichendem Bruchbild – Prüfung mit einem Prüfgerät

erfüllte Randbedingungen für die Prüfung!

A 4.3 Prüfung mit einem Prüfgerät

- Temperaturbereich: +8°C bis +30°C
Messung zwischen Versiegelung und Bahn (Einsteckthermometer)
- Anforderung temperaturabhängig:
 - + 8°C - $\geq 0,7 \text{ N/mm}^2$
 - +23°C - $\geq 0,4 \text{ N/mm}^2$
 - +30°C - $\geq 0,3 \text{ N/mm}^2$
- Eine Beurteilung des Bruchbildes entfällt

Ihr seid meine Augen und Ohren!!!



Hauptprüfung

- Vor der Abnahme der Bauleistung
- Vor Ablauf der Gewährleistungsfrist
- Anschließend alle 6 Jahre
- Geprüft wird alles
- Prüfobjekt muss sauber sein
- Abdeckungen und Schutzhauben entfernen
- Prüfstellen müssen erreichbar sein
- Schäden werden in einem Prüfbericht erfasst mit Skizze



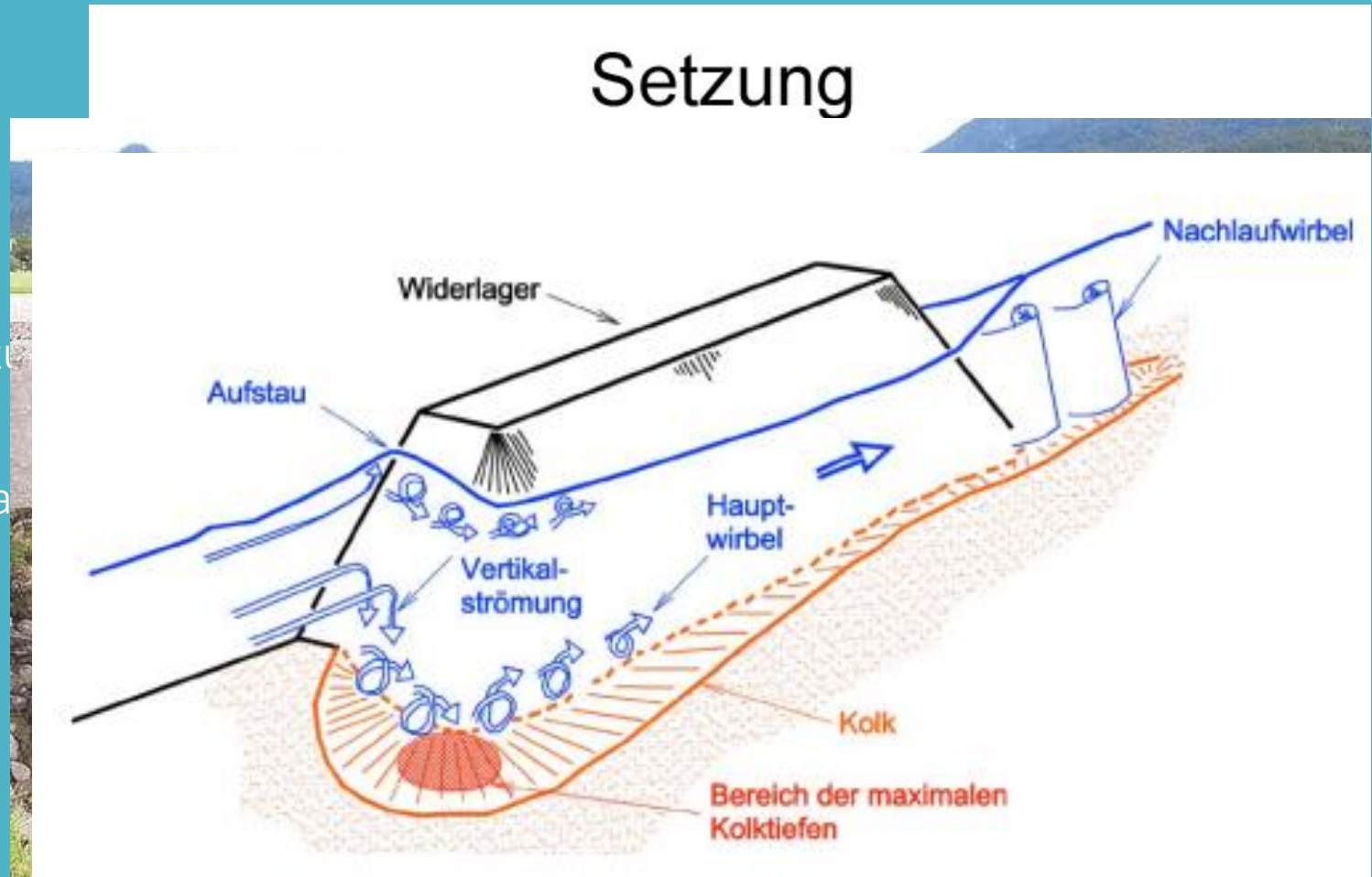
Tragfähigkeit und Beschilderung

- Ist-Zustand mit Soll-Zustand verglichen
- Bei unzulässigen Abweichungen sind Maßnahmen zu ergreifen
- z.B. Verkehrslast anpassen
- Beschilderung muss lesbar sein
- Auf aktuellen Stand



Gründungen

- Bauwerk zu untersuchen auf
 - Setzungen
 - Kippungen
 - Unterspülung
 - Auskolkung
- Bauteile mit Wasserkontakt zu
 - Notfalls mit Tauchern
- Wasser auf chemische Substanzen



Massive Bauteile

- Mauerwerk
- Beton
- Stahlbeton- Spannbetonbauteile
- Zu untersuchen auf
 - Risse
 - Durchfeuchtung
 - Schadhafte Fugen
 - Ausblühungen
 - Rostverfärbung
 - Hohlstellen
 - Abplatzungen

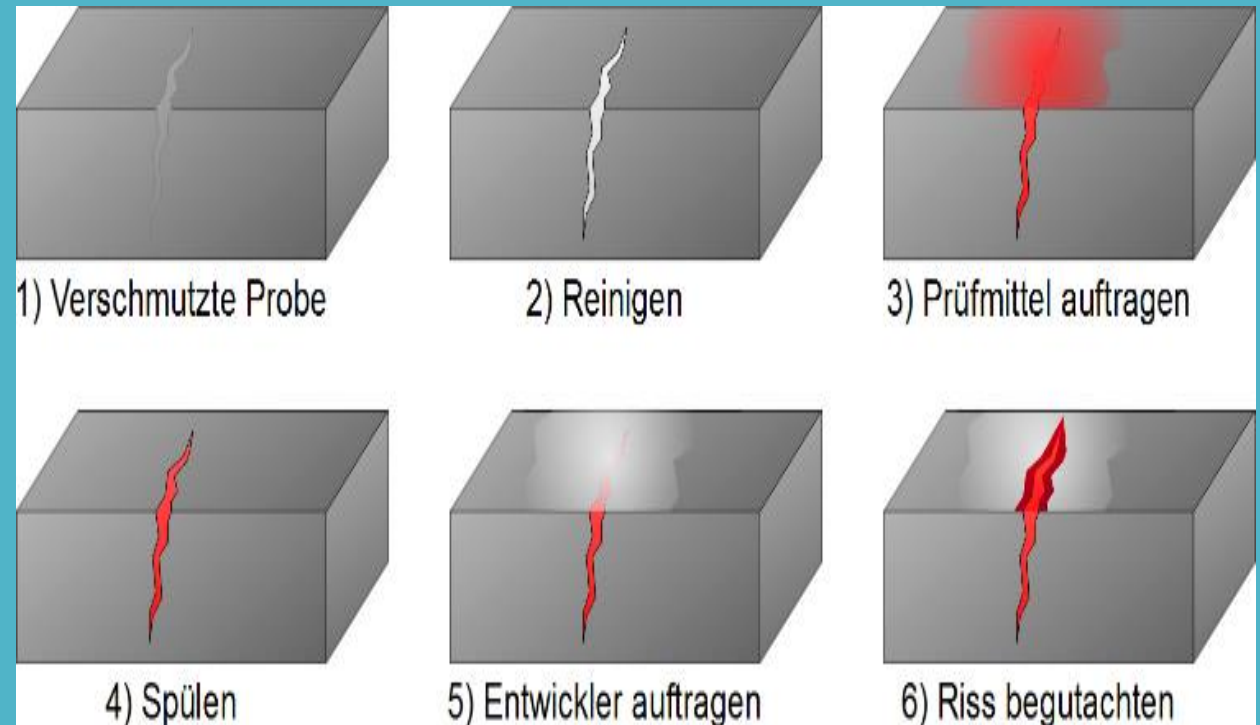
Stahl und andere Metallkonstruktionen

- Zu prüfen auf
 - Verformung
 - Risse
 - Verwitterung
 - Abplatzungen
 - Korrosionsbefall
- Augenmerk liegt auf den einzelnen Verbindungen
 - Geschweißt
 - Genietet
 - Geschraubt



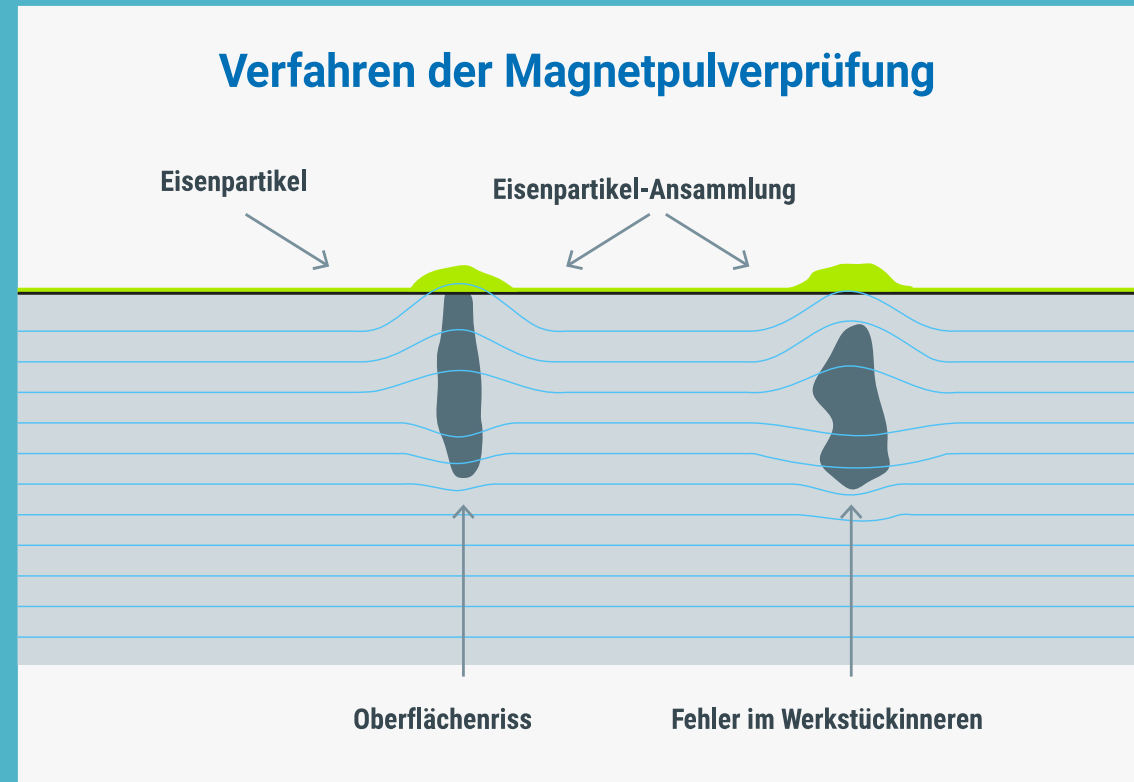
Farbeindringverfahren

- Verschmutzte Probe reinigen
 - Penetrierfarbe auftragen
 - Oberfläche reinigen
 - Entwickler auftragen
 - Penetrierfarbe wird wieder sichtbar
 - Riss ist zu sehen
-
- Riss muss an der Oberfläche liegen



Magnetpulververfahren

- Prüfobjekt mit Magnetpulver bestreut
- Elektromagnetisch durchflutet
- Magnetische Feldlinien laufe aus der Oberfläche heraus
- Ansammlung des Magnetpulvers
- Besonders gut in UV-Licht zu sehen



Holzkonstruktionen jährliche BW Prüfung

- Im Verhältnis eher kleineren Verkehrslasten ausgesetzt
- Oftmals als Fußgängerbrücke genutzt
- Ähnliche Prüfung wie die Stahl- und Metallkonstruktionen
- Weiter Prüfungen auf:
 - Fäulniserscheinungen
 - Befall von Schädlingen
 - Abnutzung



Lager, Übergangskonstruktionen und Gelenke

- Überprüfung von:
 - Beweglichkeit
 - Dichtigkeit
 - Sauberkeit
 - Korrosion
 - Fehlstellungen
 - Verformungen
 - Geräuschentwicklung
- Spaltmaße und Fugenbreiten gemessen
- Eintragung der aktuellen Tagestemperatur



Abdichtungen, Fahrbahnen und Entwässerung

- Kontrolle des Fahrbahnbelages
 - Risse
 - Schlaglöcher
- Ebenso beim Gehweg oder Radweg
- Kontrolle der Schutzvorrichtungen
 - Leitplanken
 - Geländer
 - Lärmschutzwände
 - Blitzschutzanlagen
- Abdichtungen und Wasserabläufe
- Rohrleitungen der Wasserabführung



Korrosionsschutz und Versorgungsleitungen

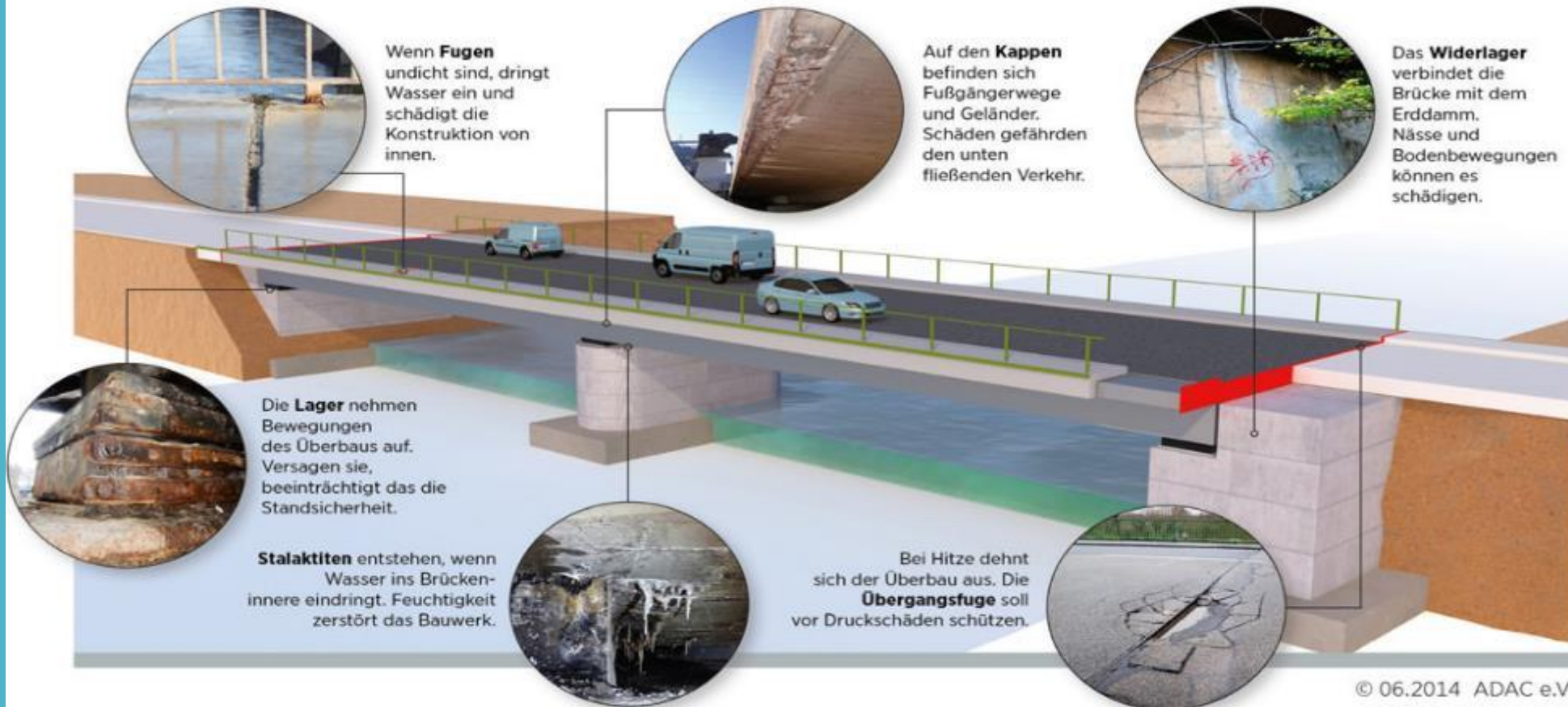
- Einzelbetrachtung für Zubehör- und Ausrüstung
 - Verankerung von Seilen
 - Kabeln
 - Hänger und deren Anschlüsse
- Versorgungsleitungen von Fremdunternehmen
- Sind von diesen auch zu Kontrollieren und
- Offensichtliche Schäden oder Mängel sind



Zusammenfassung der Problemzonen

ADAC

Problemzonen **von Brücken**



Vermessungstechnische Kontrollen - Monitoring

- Durchgeführt von Vermessungsingenieuren
- Kontrolle des Bauwerks auf senkrechte und waagerechte:
 - Verschiebung
 - Neigung
 - Durchbiegung
- Bauwerk ist Vermessungspunkten versehen
- Messung wird mit der Nullmessung verglichen
- Vermessungstechnisches Kontrollprogramm aufgestellt



Weitere Prüfungen

- Einfache Prüfung
 - Alle 3 Jahre nach einer Hauptprüfung
 - Bisschen weniger Umfangreich
 - Gekennzeichneten Mängel aus der Hauptprüfung nochmal angeschaut
- Bauwerksüberwachung
 - Setzt sich aus laufende Beobachtung und Besichtigung zusammen
- Laufende Beobachtung
 - Begutachtung im Zuge von Streckenkontrollen
 - Fokus liegt auf Verkehrssicherheit und den Verkehrswegen



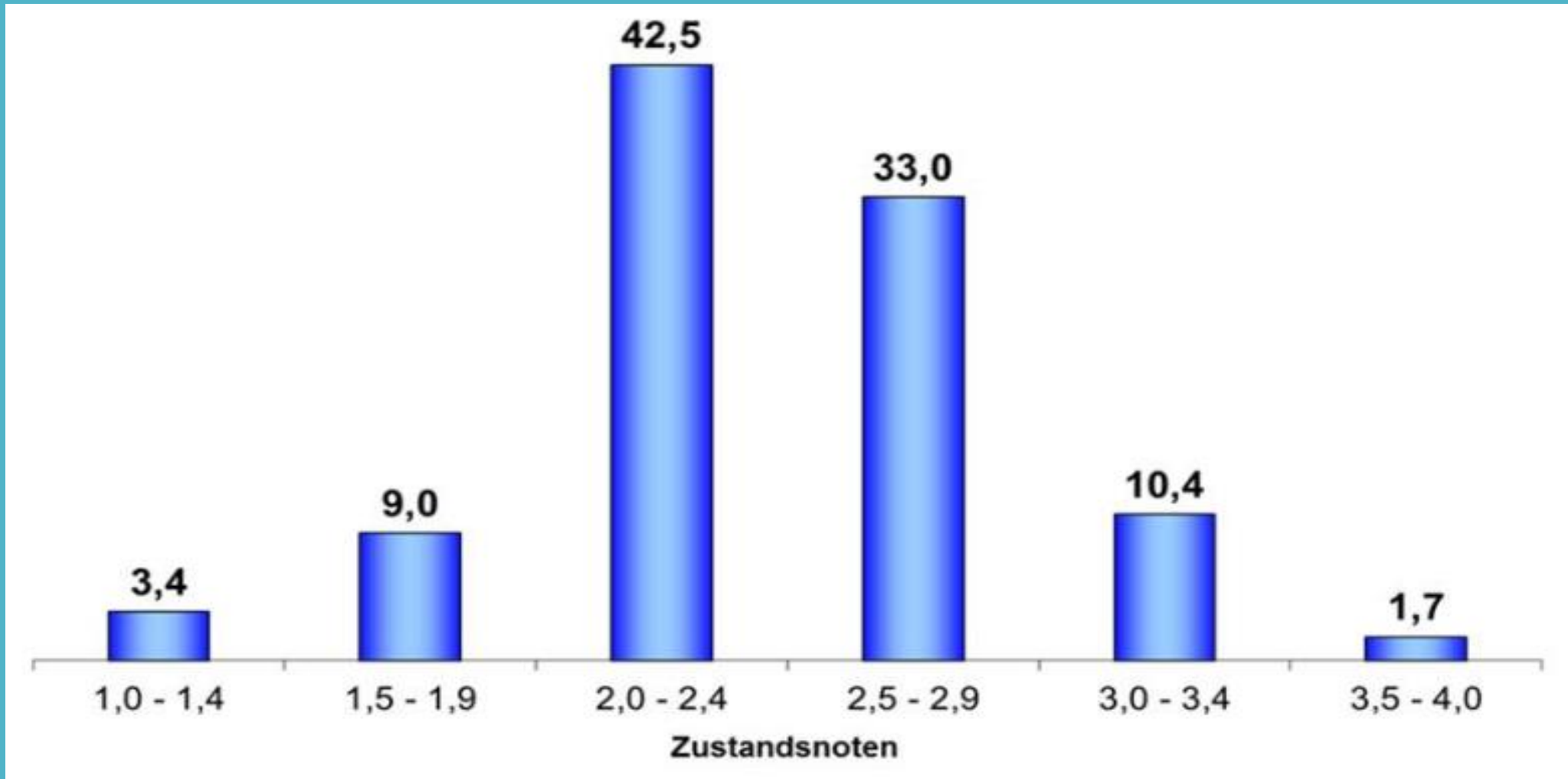
Beurteilung des Zustandes einer Brücke

- Dokumentierte Ergebnisse der Brückenprüfung in EDV Systeme erfassen
- Auswertung nach RI-EBW-PRÜF
 - Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfung
- Beurteilung und Bewertung in 3 Kategorien
 - Standsicherheit
 - Verkehrssicherheit
 - Dauerhaftigkeit
- Aufgefundene Mängel werden in einem Bewertungsschema von 0 bis 4 eingeteilt

Beurteilung des Zustandes einer Brücke

Schadensbewertung „Standsicherheit“ (S)	
Bewertung	Beschreibung
0	Der Mangel/Schaden hat keinen Einfluss auf die Standsicherheit des Bauteils/Bauwerks
1	Der Mangel/Schaden beeinträchtigt die Standsicherheit des Bauteils, hat jedoch keinen Einfluss auf die Standsicherheit des Bauwerks. Einzelne geringfügige Abweichungen in Bauteilzustand, Baustoffqualität oder Bauteilabmessungen und geringfügige Abweichungen hinsichtlich der planmäßigen Beanspruchung liegen noch deutlich im Rahmen der zulässigen Toleranzen. Schadensbeseitigung im Rahmen der Bauwerksunterhaltung.
2	Der Mangel/Schaden beeinträchtigt die Standsicherheit des Bauteils, hat jedoch nur geringen Einfluss auf die Standsicherheit des Bauwerks. Die Abweichungen in Bauteilzustand, Baustoffqualität oder Bauteilabmessungen oder hinsichtlich der planmäßigen Beanspruchung aus der Bauwerksnutzung haben die Toleranzgrenzen erreicht bzw. in Einzelfällen überschritten. Schadensbeseitigung mittelfristig erforderlich.
3	Der Mangel/Schaden beeinträchtigt die Standsicherheit des Bauteils und des Bauwerks. Die Abweichungen in Bauteilzustand, Baustoffqualität oder Bauteilabmessungen oder hinsichtlich der planmäßigen Beanspruchung aus der Bauwerksnutzung übersteigen die zulässigen Toleranzen. Erforderliche Nutzungseinschränkungen sind nicht vorhanden oder unwirksam. Eine Nutzungseinschränkung ist gegebenenfalls umgehend vorzunehmen. Schadensbeseitigung kurzfristig erforderlich.
4	Die Standsicherheit des Bauteils und des Bauwerks ist nicht mehr gegeben. Erforderliche Nutzungseinschränkungen sind nicht vorhanden oder unwirksam. Sofortige Maßnahmen sind während der Bauwerksprüfung erforderlich. Eine Nutzungseinschränkung ist umgehend vorzunehmen. Die Instandsetzung oder Erneuerung ist einzuleiten.

Zustandsnote (Bundesdurchschnitt)



Zustandsnoten

- Nach der Bewertung einzeln zu betrachten
- Nicht ausreichender Bauwerkszustand
 - Nicht zwangsläufig eine Nutzungseinschränkung
 - Zeigen auf, dass in naher Zukunft eine Instandsetzungsmaßnahme zu planen und umzusetzen ist
- Ungenügender Bauwerkszustand
 - Schlechte Verkehrssicherheit
 - Fehlende Gitterstäbe im Brückengeländer
 - Solide Dauerhaftigkeit
 - Solide Standsicherheit
- Wichtigste ist die Standsicherheit der Brücke



Landesbetrieb Straßenbau

Betriebssitz

Teil-BW 4312630 0 (km 313,305)

Straße

Bw-Amt ANL Hamm

AM/SM

Prüfbericht2016 H

nach DIN 1076

Bauwerksname XXXXXXXX

Teilbauwerksname XXXXXXXX

Kreis NRW

Ort XXXXXXXX

Bauwerksrichtung West-Ost

Bauwerksart Plattenbalkenbrücke, Trägerrostbrücke

Tragfähigkeit

Baujahr



Prüfrichtung West nach Ost

Prüfer Robert Saager

Prüfung vom 05.09.2016 bis 08.09.2016

Zustandsnote: 2,5

Beispiel Prüfbericht

- Schadensbeschreibung

Schutzeinrichtungen

[21] S=0, V=0, D=1 BSP-ID 234-04
Brücke, Füllstabgeländer, Stahl / Metall, V einzelt,
Angerostet, , Maßnahme { }

[20] S=0, V=1, D=2
Brücke, Füllstab des Gelä
Durchgerostet / Lochfraß,
Stelle(n), Maßnahme {10}



FÜLLSTAB DURCHGEROSTET

Bewertung

Standssicherheit (max S = 2)

Der Mangel/Schaden beeinträchtigt die Standssicherheit des Bauteils, hat jedoch nur geringen Einfluss auf die Standssicherheit des Bauwerks.
Schadensbeseitigung mittelfristig erforderlich.
Wegen Schäden an folgenden Bauteilen:

Maßnahmenempfehlung {10}

Art der Leistung	Einbau / Ersatz von Füllstäben des Geländer (ohne ME -G-)	
Menge	6	Geschätzte Kosten 200 EURO
Dauer der Maßnahme		Ausführungsjahr

Dringlichkeit Mittelfristig
Maßnahmenfixierung Keine Maßnahme festgelegt

Projektbezeichnung

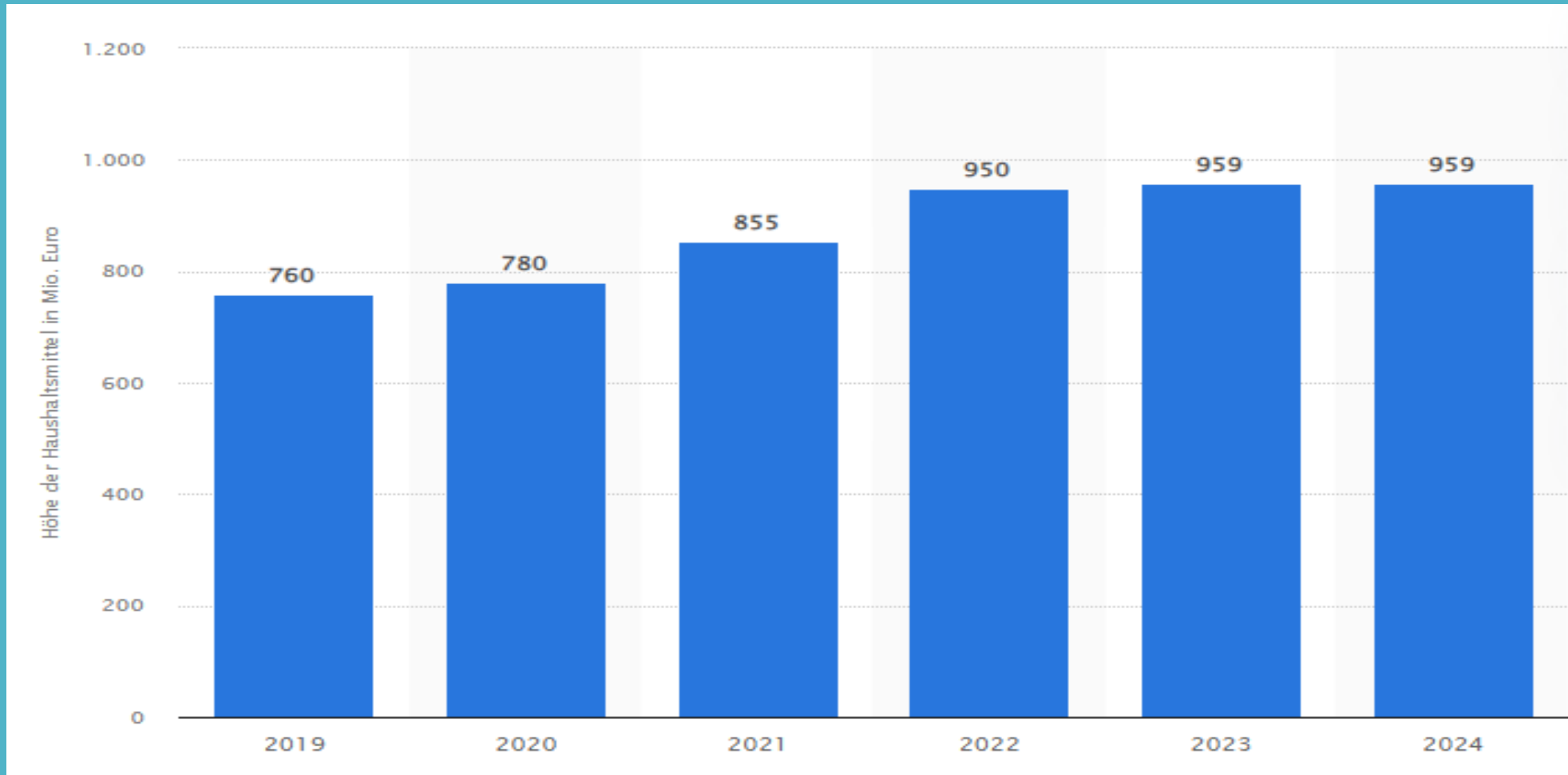
Bemerkung

Zugeordnete Schäden:

[20],[21]

- Maßnahmenempfehlung

Ausblick auf die Brückenmodernisierung



Quellen

- Die Quellen sind aus der textlichen Ausarbeitung zu entnehmen, zusätzliche Bildquellen sind:
- Folie 4, Aufbau Brücke:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/93/Aufbau_Stra%C3%9Fenbr%C3%BCcke_%28Schema%29.svg/750px-Aufbau_Stra%C3%9Fenbr%C3%BCcke_%28Schema%29.svg.png
- Folie 10, Setzung:
<http://fachgebaerdenlexikon.de/de/berufsfelder/bauzeichner/s/setzung/>
- Folie 10, Unterspülung: <https://www.merkur.de/lokales/garmisch-partenkirchen/nach-hochwasser-bruecke-wird-ersetzt-3032859.html>
- Folie 10: Auskolkung:
<https://izw.baw.de/publikationen/mitteilungsblaetter/0/alexy.pdf>
- Folie 20: Tachymeter: <https://www.shutterstock.com/image-photo/surveyor-engineer-measuring-bridge-under-260nw-2101576765.jpg>