



LGGHuT „Bauwerke instand setzen – heute und morgen“

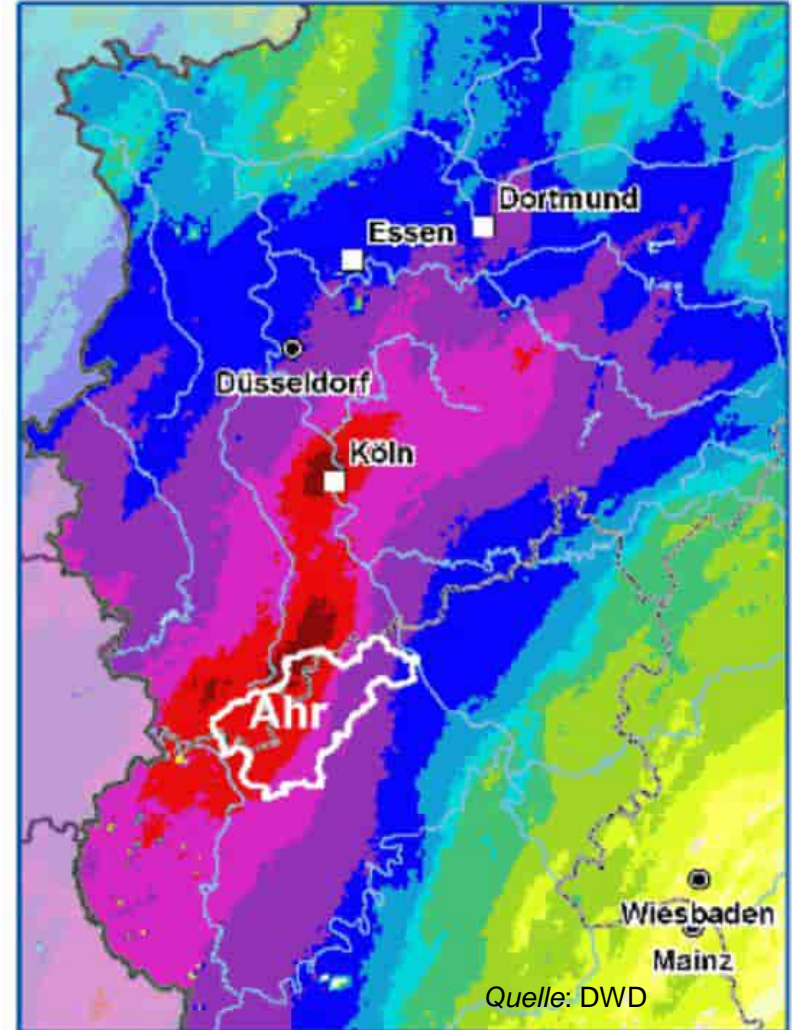
Wiederaufbau der Ahrbrücken

Was war passiert?

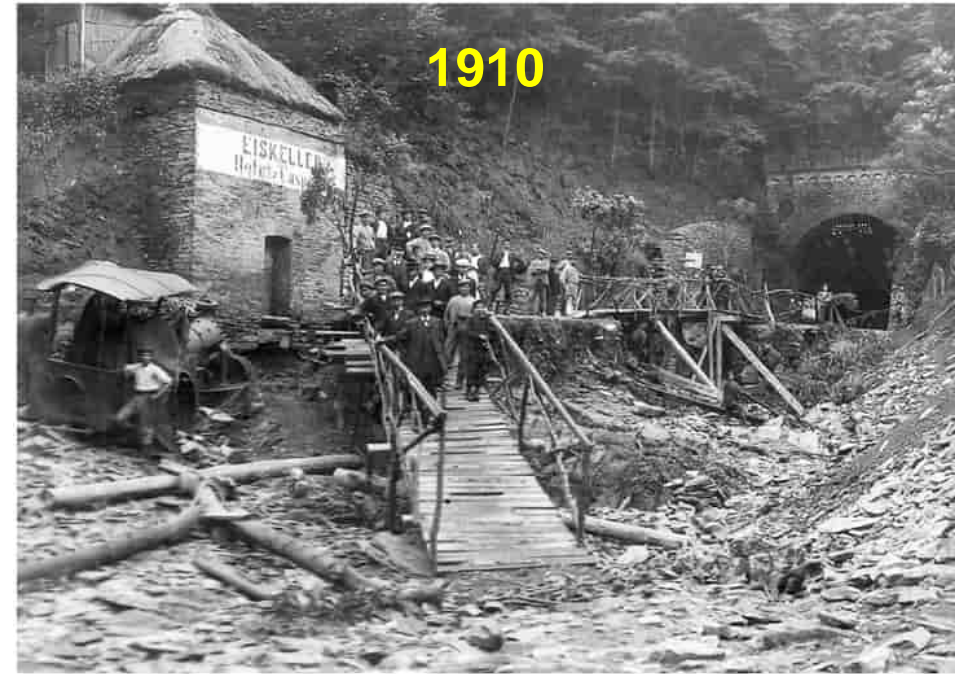
14. Juli 2021 5:50 h bis 15. Juli 2021 5:50 h

- Stabiles Tiefdruckgebiet „Bernd“
- geringe Aufnahmekapazität des Bodens durch Vorberegnung
- Intensität und Fläche bestimmen Extremität eines Ereignisses.

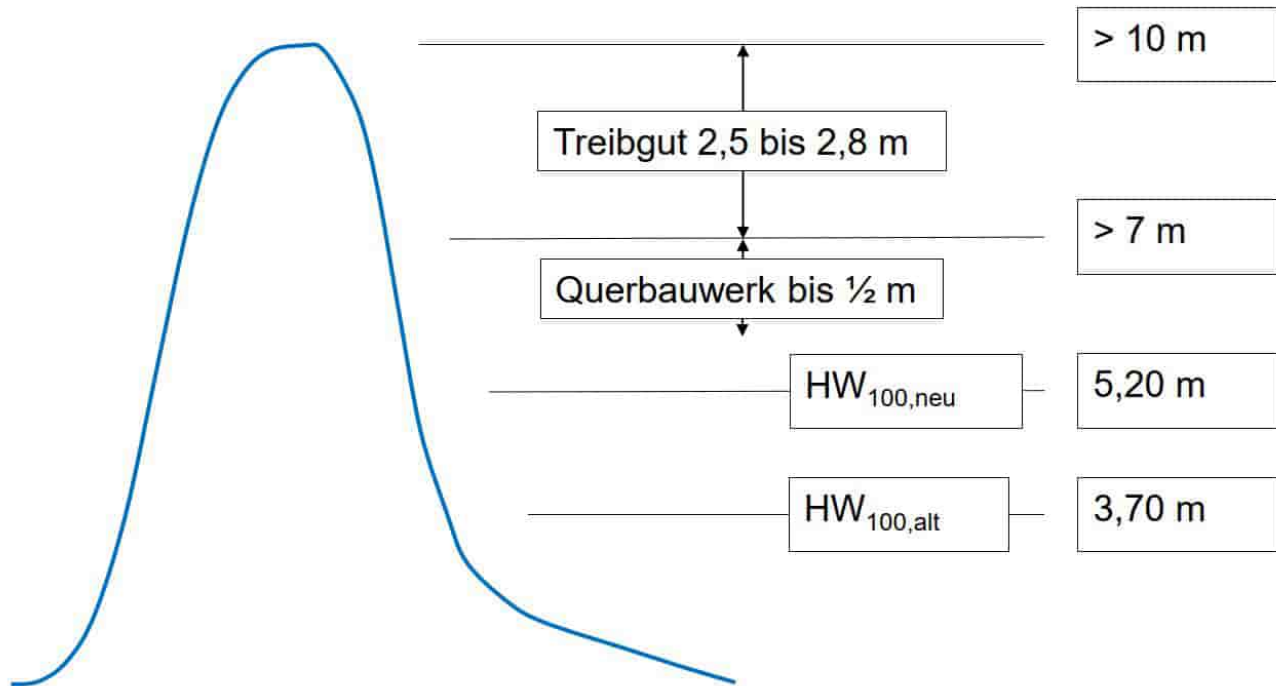
Niederschlagssumme [mm]



Unvorstellbares Ereignis?



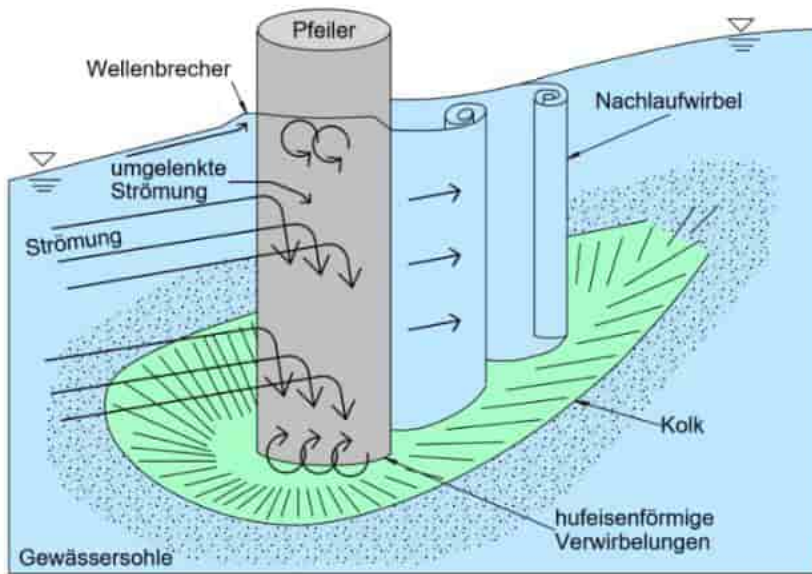
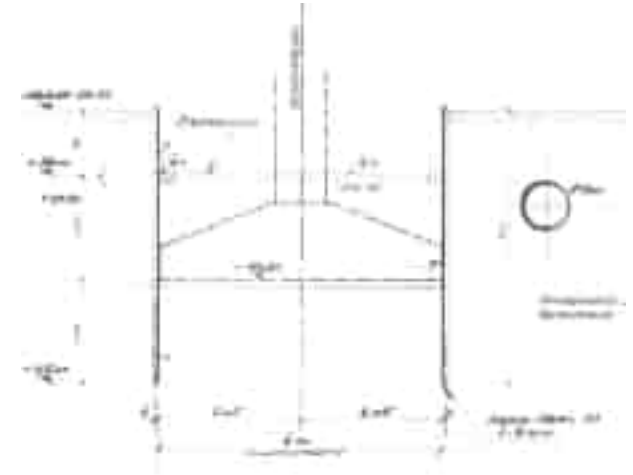
URSACHEN



Quelle: Herr Joachim GERKE; SGD-Nord; 6. Mai 2022

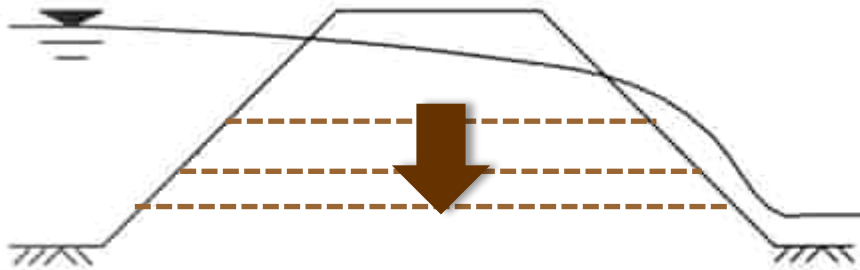
Versagensmechanismen

■ Pfeilerkolk



Quelle: DWA-Merkblatt 529

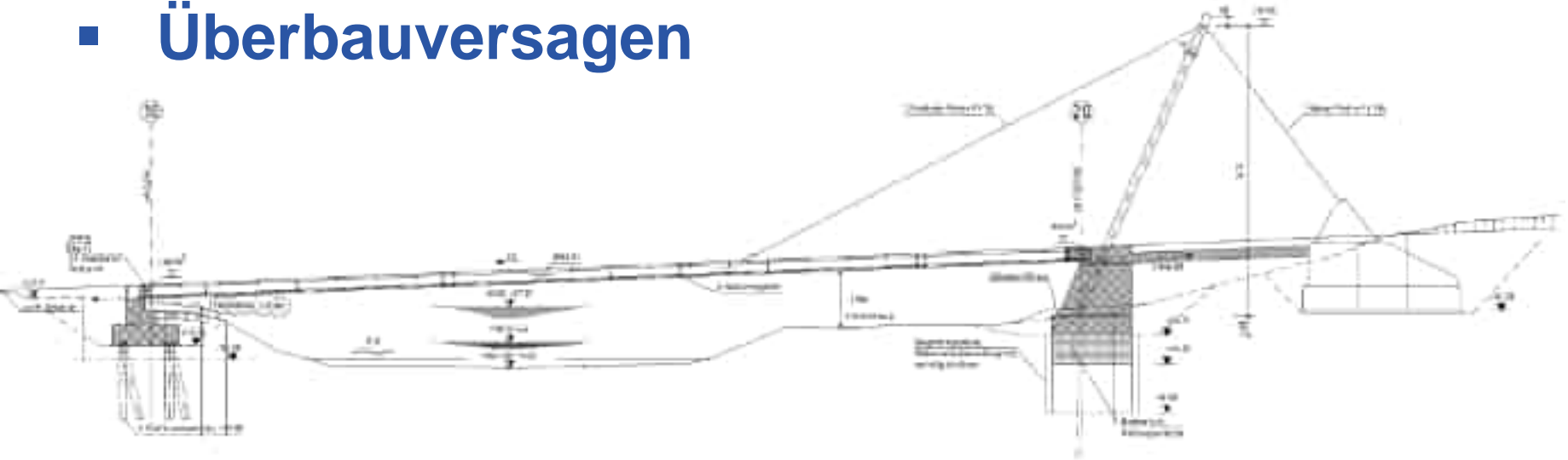
Widerlagerkolk, Breschenbildung im Damm



Breschenentwicklung



Überbauversagen



Behelfe

Notmaßnahmen

umgehend realisierbare Maßnahmen mit kurzer Nutzungsdauer, i.d.R. ohne Vorplanung

Provisorien

schnell realisierbare Maßnahmen mit mittelfristiger Nutzungsdauer, i.d.R. mit gewisser Vorplanung

Wieder-
aufbau

Wiederaufbau „neu wie alt“

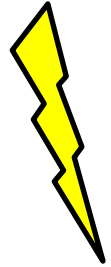
Fall 1: Abflussquerschnitt der zerstörten Brücke ist hydraulisch ausreichend leistungsfähig

Wiederaufbau „optimiert“

Fall 2: Abflussquerschnitt der zerstörten Brücke ist hydraulisch nicht ausreichend leistungsfähig

Optimierung Bestand

Fall 3: Abflussquerschnitt der Bestandsbrücke ist hydraulisch nicht ausreichend leistungsfähig



Schadens-
erfassung

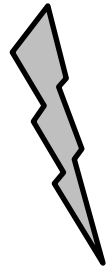
Notmaßnahmen

Provisorien

Wiederaufbau „neu wie alt“

Wiederaufbau
„optimiert“

Optimierung
Bestand



Schadens-
erfassung

Notmaßnahmen

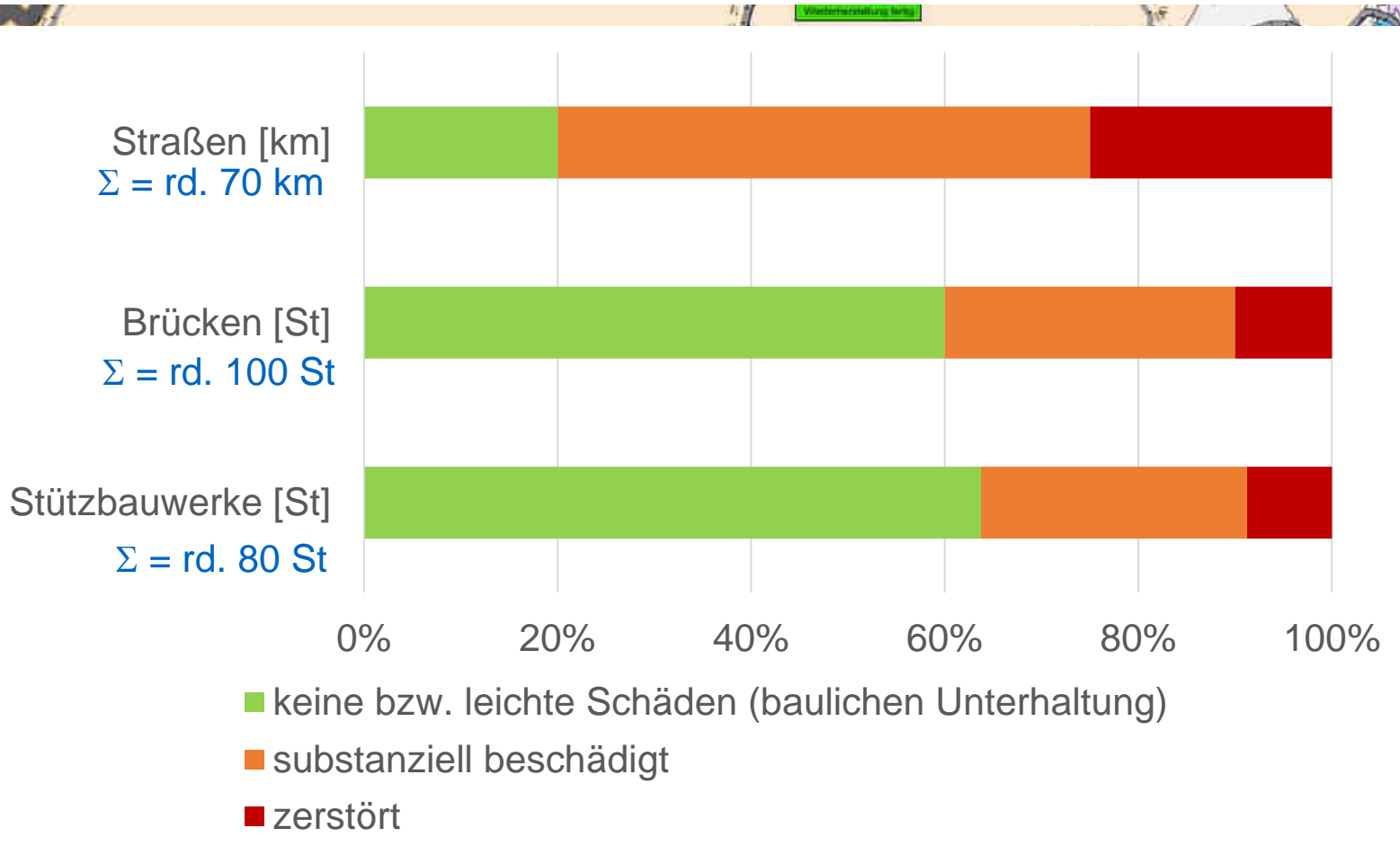
Provisorien

Wiederaufbau „neu wie alt“

Wiederaufbau
„optimiert“

Optimierung
Bestand

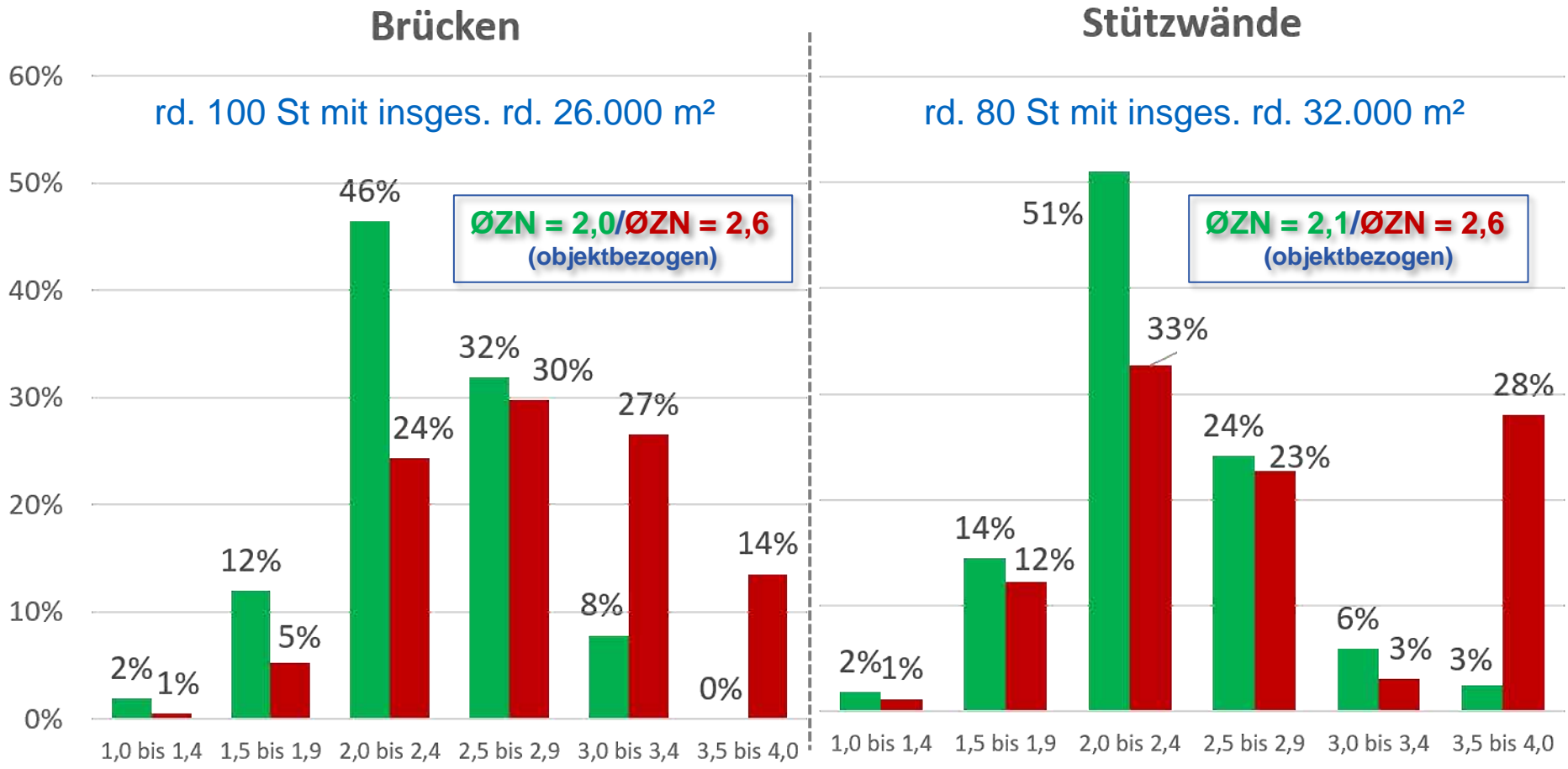
Zerstörungsgrad der klassifizierten Straßeninfrastruktur im Kreis Ahrweiler



er | Straßennummer
ichte Schäden
sschaden
nd Dammschaden
irt

Ing.-Bauwerke: Zustandsnotenvergleich **vorher/nachher**







- Ing.-Bauwerke mit Sonderprüfung; bauwerksflächenbezogen -

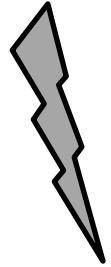


Zustandsbewertung in der „Chaos-Phase“

Der Zustandsnoten-Algorithmus nach Ri-EBW-Prüf ist für die Beurteilung von Bauwerkszuständen in Katastrophengebieten nur bedingt geeignet.

Zusätzlich erfolgte daher eine Einstufung der Brücken nach folgendem Schema:

Standsicherheit	Verkehrssicherheit	Bsp.
zerstört	nicht verkehrssicher	
teilzerstört		
nicht standsicher		
standsicher	bedingt verkehrssicher	
		
	verkehrssicher	



Schadens-
erfassung

Notmaßnahmen

Provisorien

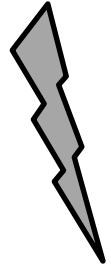
Wiederaufbau „neu wie alt“

Wiederaufbau
„optimiert“

Optimierung
Bestand

- Bsp. K28-Liers: Festbrückengerät MGB der Bundeswehr





Schadens-
erfassung

Notmaßnahmen

Provisorien

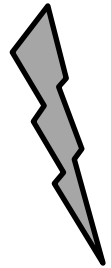
Wiederaufbau „neu wie alt“

Wiederaufbau
„optimiert“

Optimierung
Bestand

- **Bsp. K28-Liers: Mabey Compact 200 modular bridging system**





Schadens-
erfassung

Notmaßnahmen

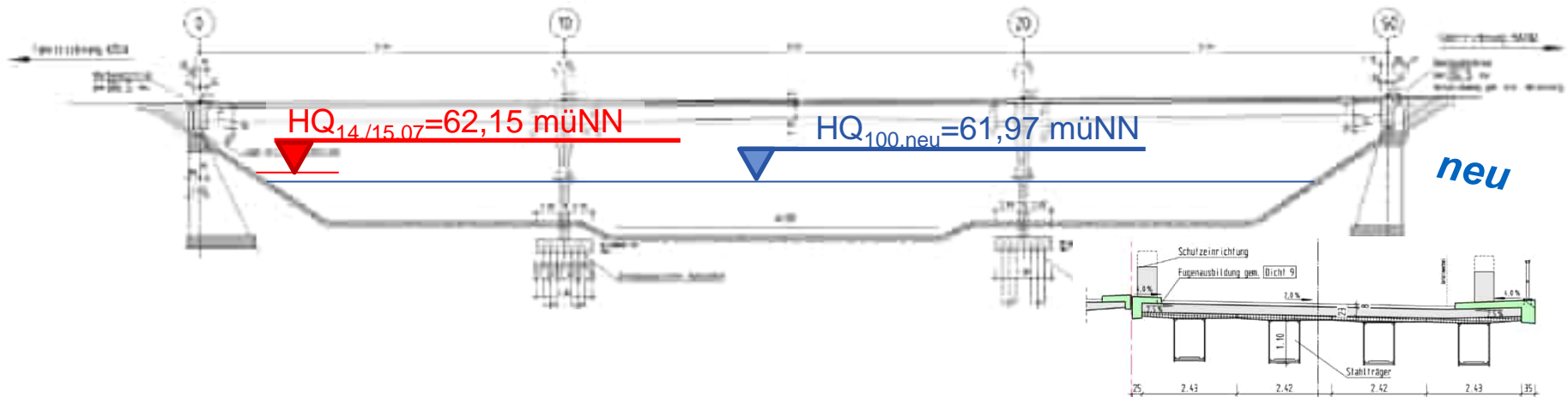
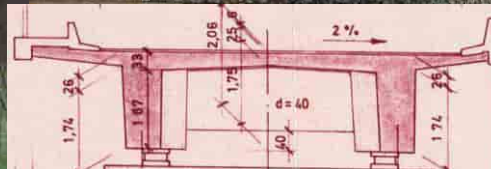
Provisorien

Wiederaufbau „neu wie alt“

Wiederaufbau
„optimiert“

Optimierung
Bestand

- Ersatzneubau



- B 9 - Ahrbrücke Sinzig**



- **B 9 - Ahrbrücke Sinzig**

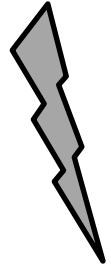


B 9-Brücke offiziell freigegeben

■ **Sinzig.** Seit ein paar Tagen rollt der Verkehr wieder über die B 9-Brücke bei Sinzig. Am Freitag ist die Ahrbrücke offiziell freigegeben worden. Die Flutkatastrophe hatte ein Pfeilerfundament der Brücke in Fahrtrichtung Koblenz unterspült, wodurch die Brücke einstürzte. Die Bauzeit für den Ersatzneubau in Richtung Koblenz betrug 14 Monate. Die Kosten betragen rund 10,1 Millionen Euro (7,3 Millionen Euro reine Baukosten für die Brücke) und werden durch den Bund getragen. Darin enthalten sind Sofortmaßnahmen von 1,8 und Abrisskosten in Höhe von 1,0 Millionen Euro. *red* Foto: Vollrath



17. September 2022



Schadens-
erfassung

Notmaßnahmen

Provisorien

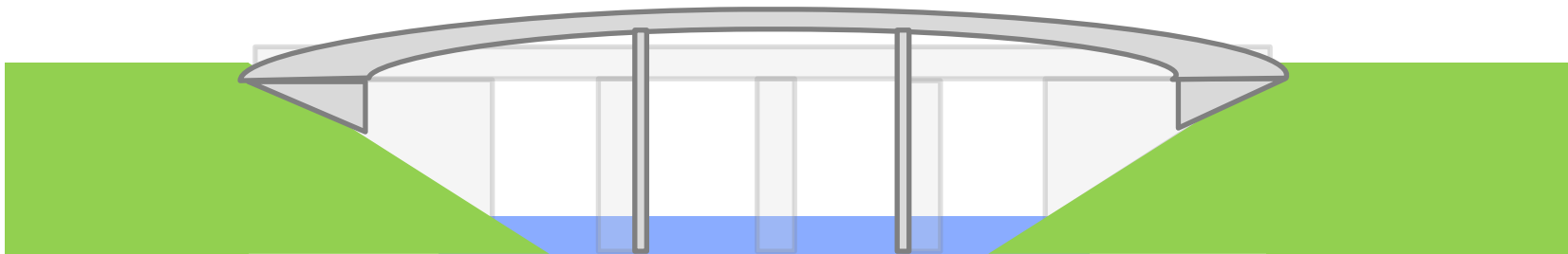
Wiederaufbau „neu wie alt“

Wiederaufbau
„optimiert“

Optimierung
Bestand

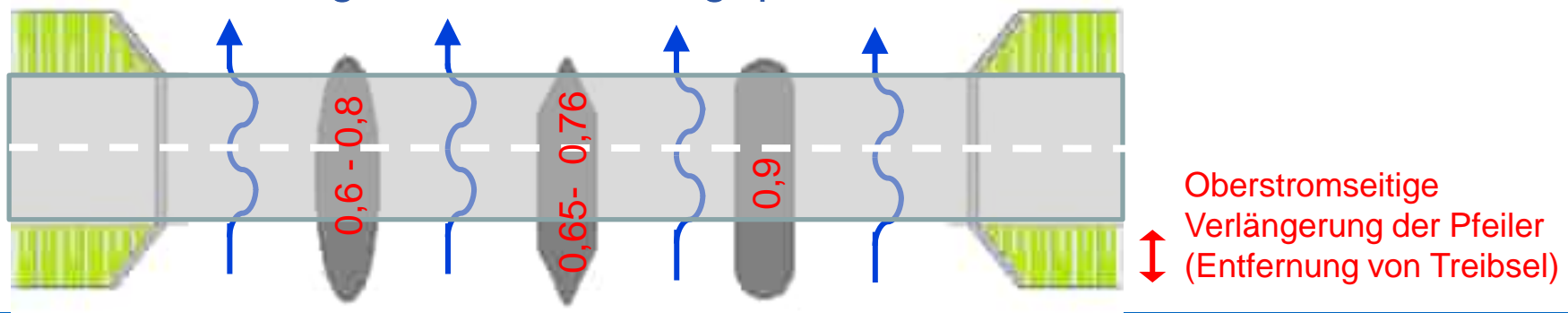
1. Hochwasserresiliente Konstruktion

- Ansicht:** Vergrößerung des Abflussquerschnitts (Verbesserung des *Verbauungsverhältnisses*: hochgesetzte Widerlager, Pfeiler vermeiden; Anheben der Gradiente)

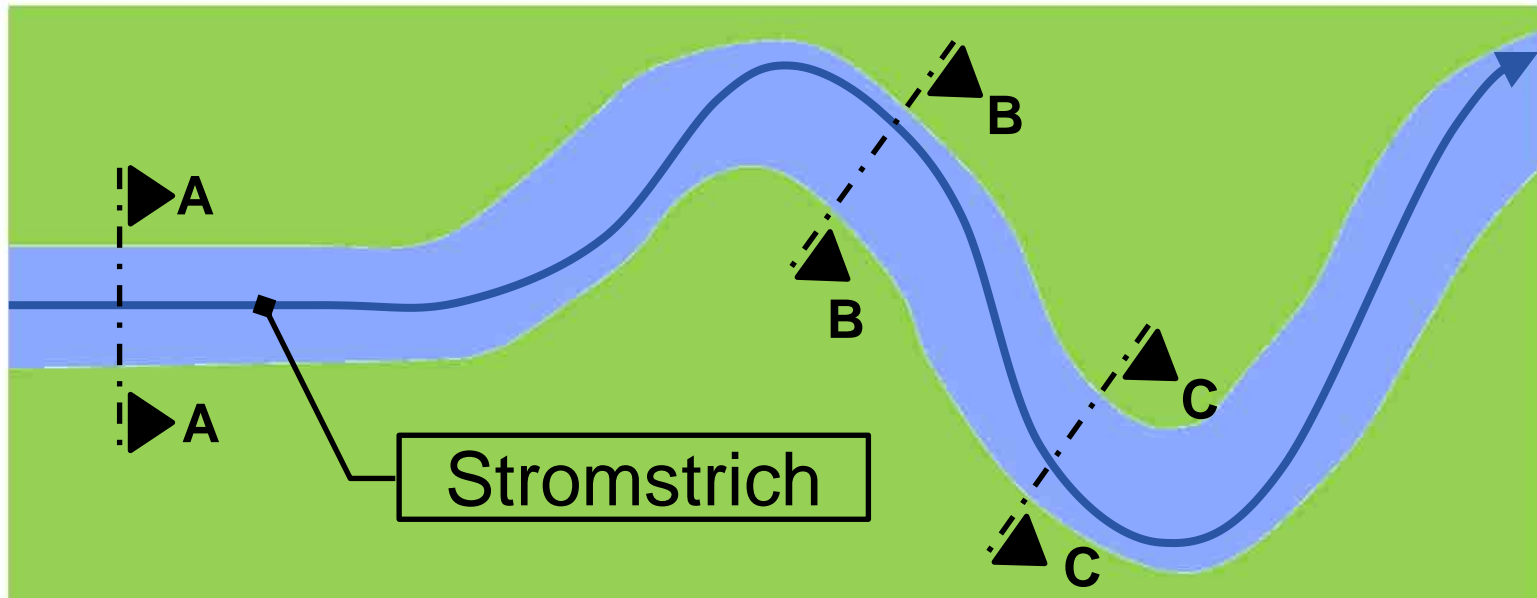


- Grundriss:** schräge, strömungsgünstige Flügelwände
 schmale, strömungsgünstige Pfeilerformen
 möglichst rechtwinklig queren

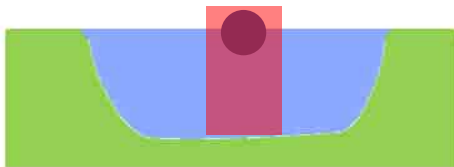
Quelle: DIN 19661-1



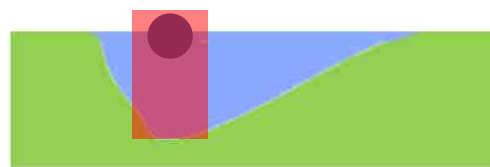
Keine Pfeiler im Bereich des Stromstrichs



Schnitt A-A



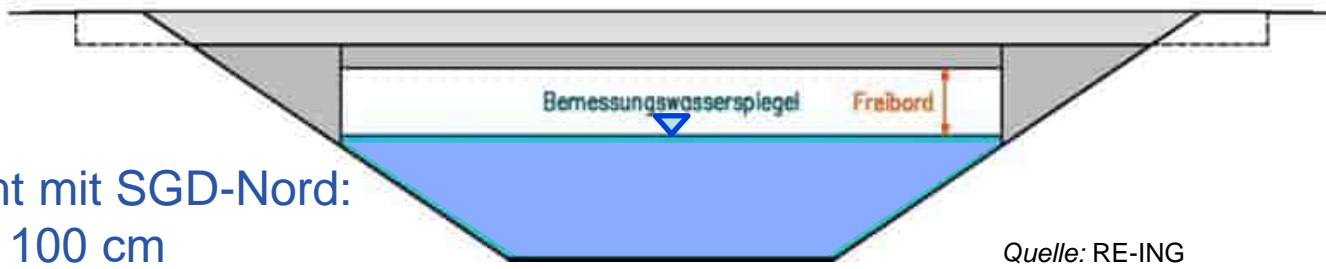
Schnitt B-B



Schnitt C-C



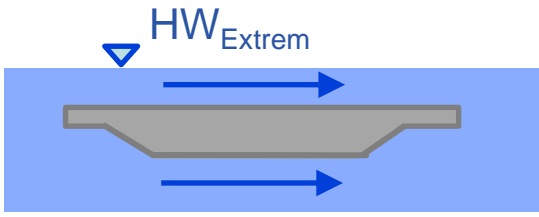
- **S/N-Bemessungssituation:**
Freibord für neues Bemessungshochwasser HW_{100neu}



abgestimmt mit SGD-Nord:
Freibord ≥ 100 cm

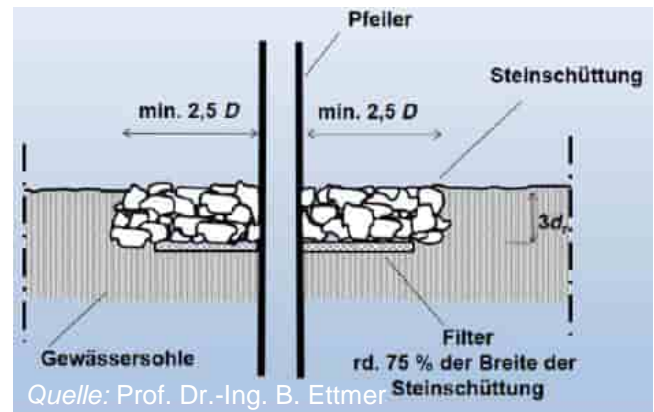
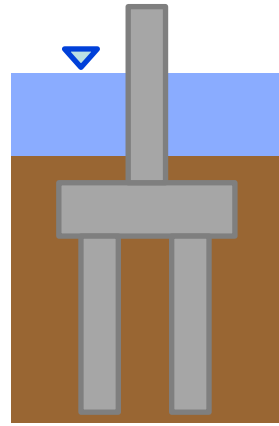
Quelle: RE-ING

- **Außergewöhnliche Bemessungssituation:**
„Flut“



möglichst strömungsgünstiger Überbauquerschnitt

- **Gründung:** Tiefgründung,
Erosionssicherung:
Steinsatz/-wurf



Quelle: Prof. Dr.-Ing. B. Ettmer

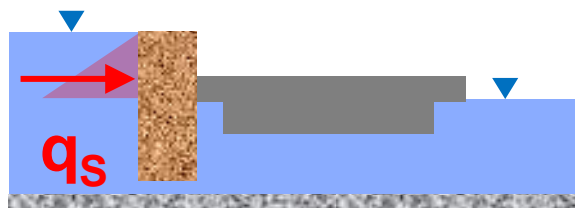
2. Bemessung: Außergewöhnlicher Lastfall „Flut“

- Statisches System und Belastung

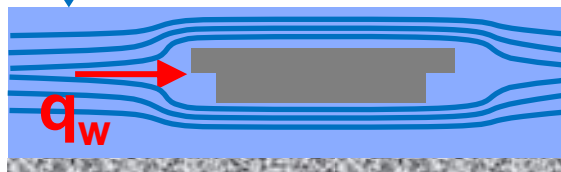
- „kolkgeschwächtes“ System



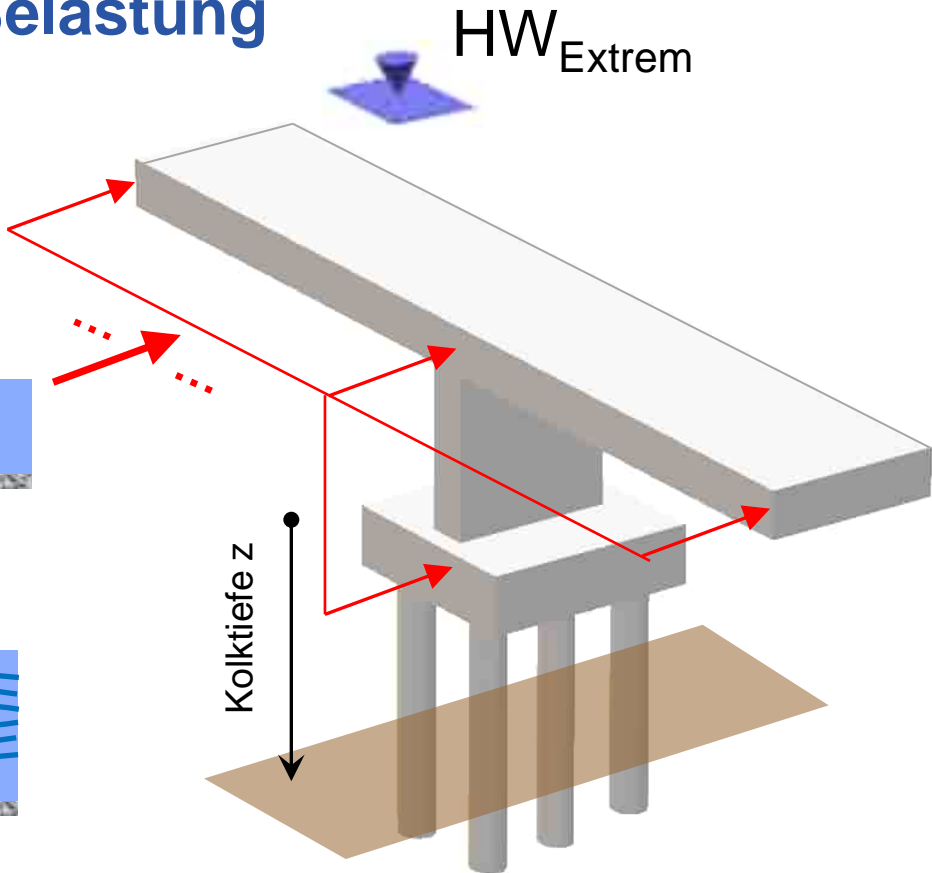
Aufstau



Strömungswiderstand



- Anpralllasten



- ## Statisches System

mit Kolktiefe nach DWA M 529

$$z_{\max} = D \cdot k_{F0} \cdot k_G \cdot k_V \cdot k_A \cdot k_{Fl} \cdot k_W \cdot k_U$$

k_{F0} = Pfeilerform

k_g = Pfeilergruppe

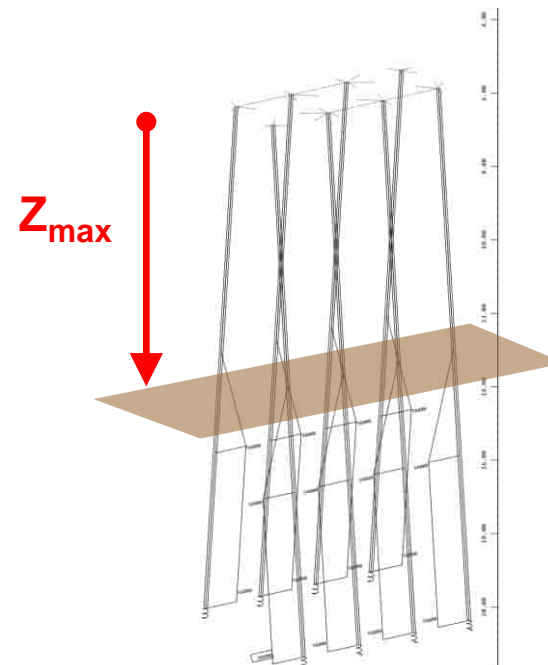
k_V = Vertikalgeometrie

k_a = Anströmung

k_{Fl} = Fließgeschwindigkeit

k_W = Wassertiefe

k_u = Ungleichförmigkeit des
Sohlenmaterials

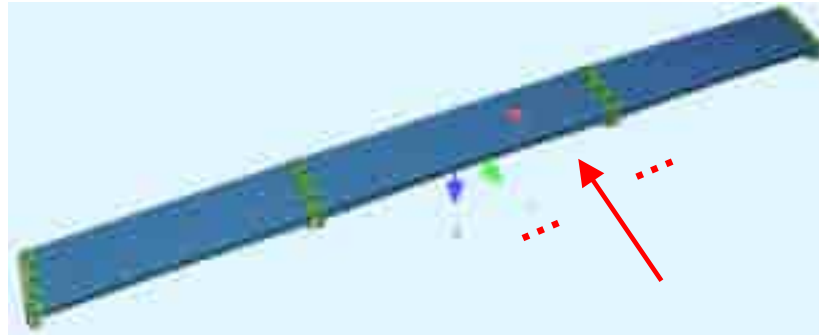


- Ersatzlast für Treibgut anprall

Ersatzlast für Anprall „Wohnmobil“

$$F = \frac{1}{2} \cdot \frac{m \cdot v^2}{w}; \text{ mit } m = 3.500 \text{ kg}; v = 3 \text{ m/s}; w = 100 \text{ mm}$$

$$F \geq 100 \text{ kN}$$



→ mit Freibord: auf Pfeiler ansetzen

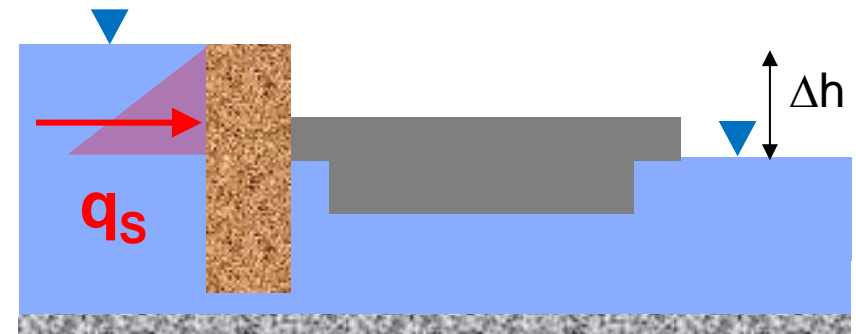
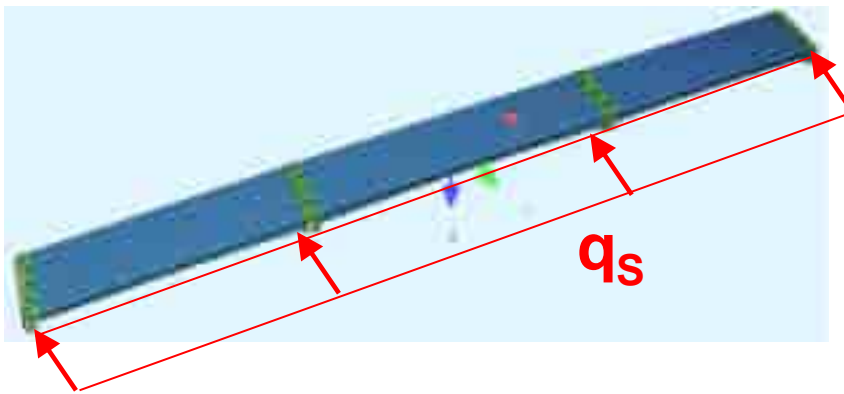
→ ggf. zusätzlich bei angeströmten/ überströmten Überbau:
als Wanderlast auf Überbau

- **Druckunterschied durch Aufstau**

→ **zusätzlich bei angeströmten/ überströmten Überbau:**

$$q_s = \frac{1}{2} \cdot \Delta h^2 \cdot \gamma_w \text{ mit } \gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3; \Delta h = \sim 1,5 \text{ m (geschätzt)}$$

$$q_s = \sim 11,5 \text{ kN/m}$$



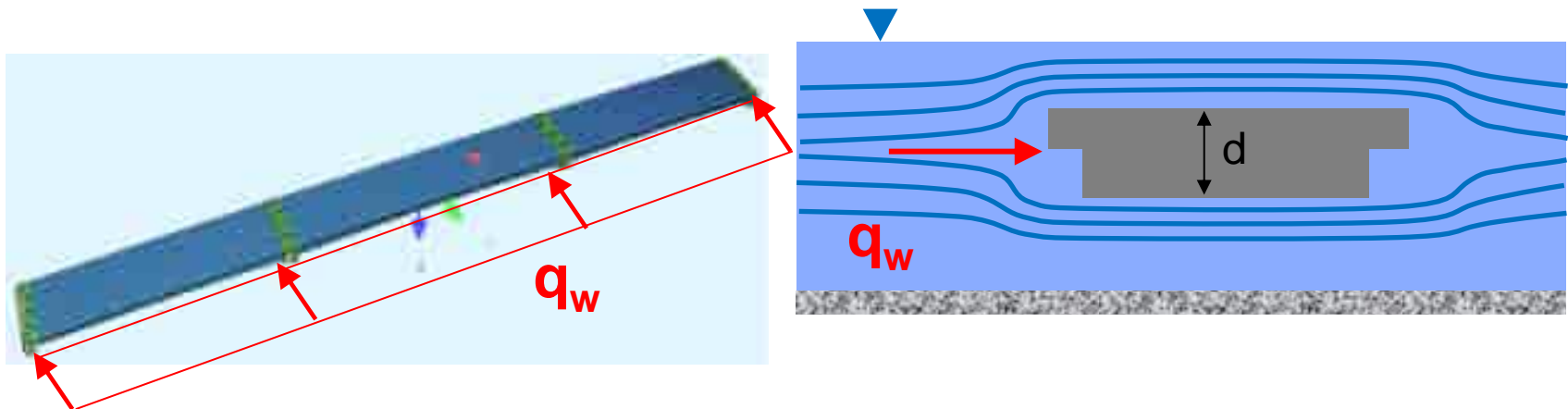
■ Strömungswiderstand

➔ zusätzlich bei angeströmten/ überströmten Überbau:

$$q_w = \rho \cdot c_w \cdot d \cdot \frac{v^2}{2} \quad \text{mit} \quad \rho = 1.000 \text{ kg/m}^3; c_w = \sim 2,0 \text{ (Rechteck)};$$

$$v = 3,0 \text{ m/s}; d = 1,5 \text{ m (Annahme)}$$

$$q_w = \sim 13,5 \text{ kN/m}$$

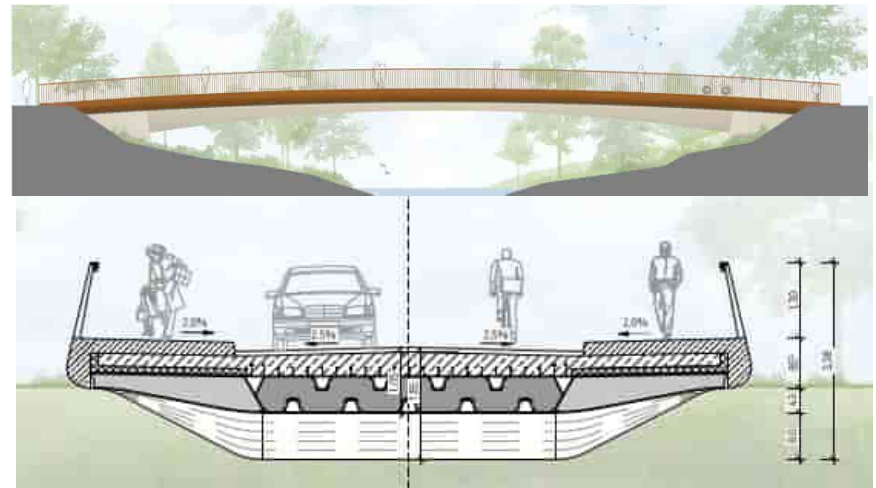
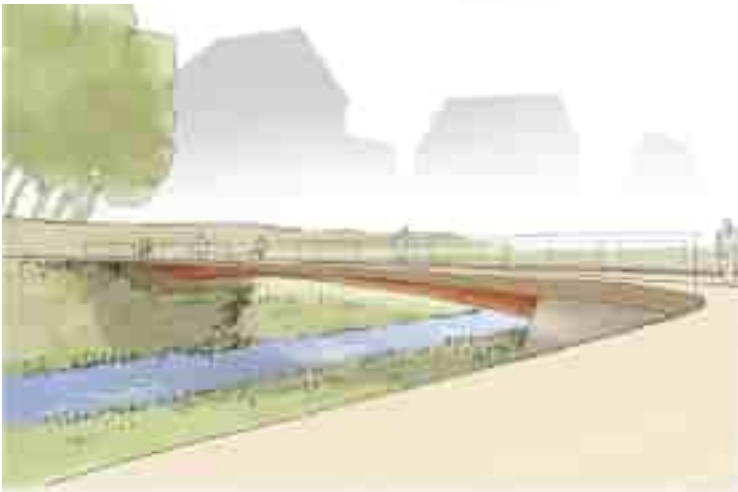


Lagesicherheit: Auftriebskräfte berücksichtigen!

3. Gestaltung

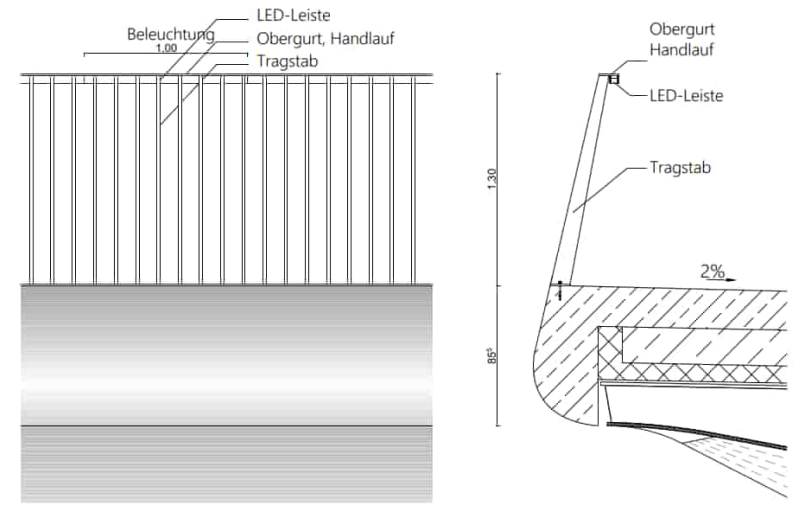


Gesucht wird ein neuer „genius loci“.



Quelle: Schüssler-Plan + WIENSTROER ARCHITEKTEN STADTPLANER

Geländer

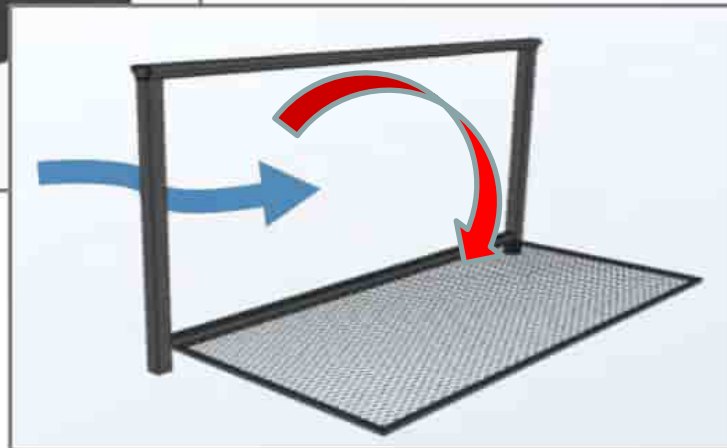
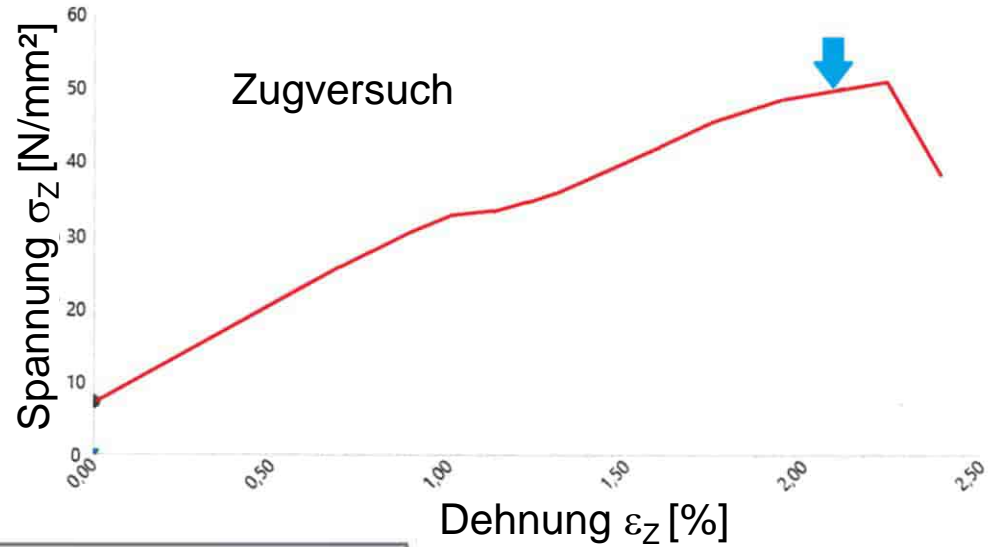


Quelle: Schüssler-Plan + WIENSTROER ARCHITEKTEN STADTPLANER



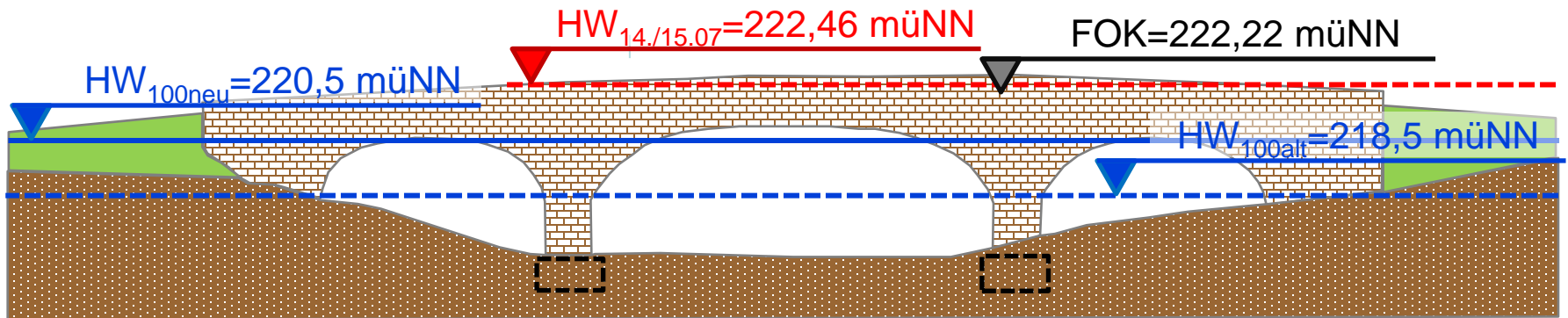
Geländer

Serie	Versuch	Probennummer	Datum	Querschnitt mm ²	F _m N	R _m N/mm ²	
1	2	Nett -M12	11.08.2023	84,95	4330	51	



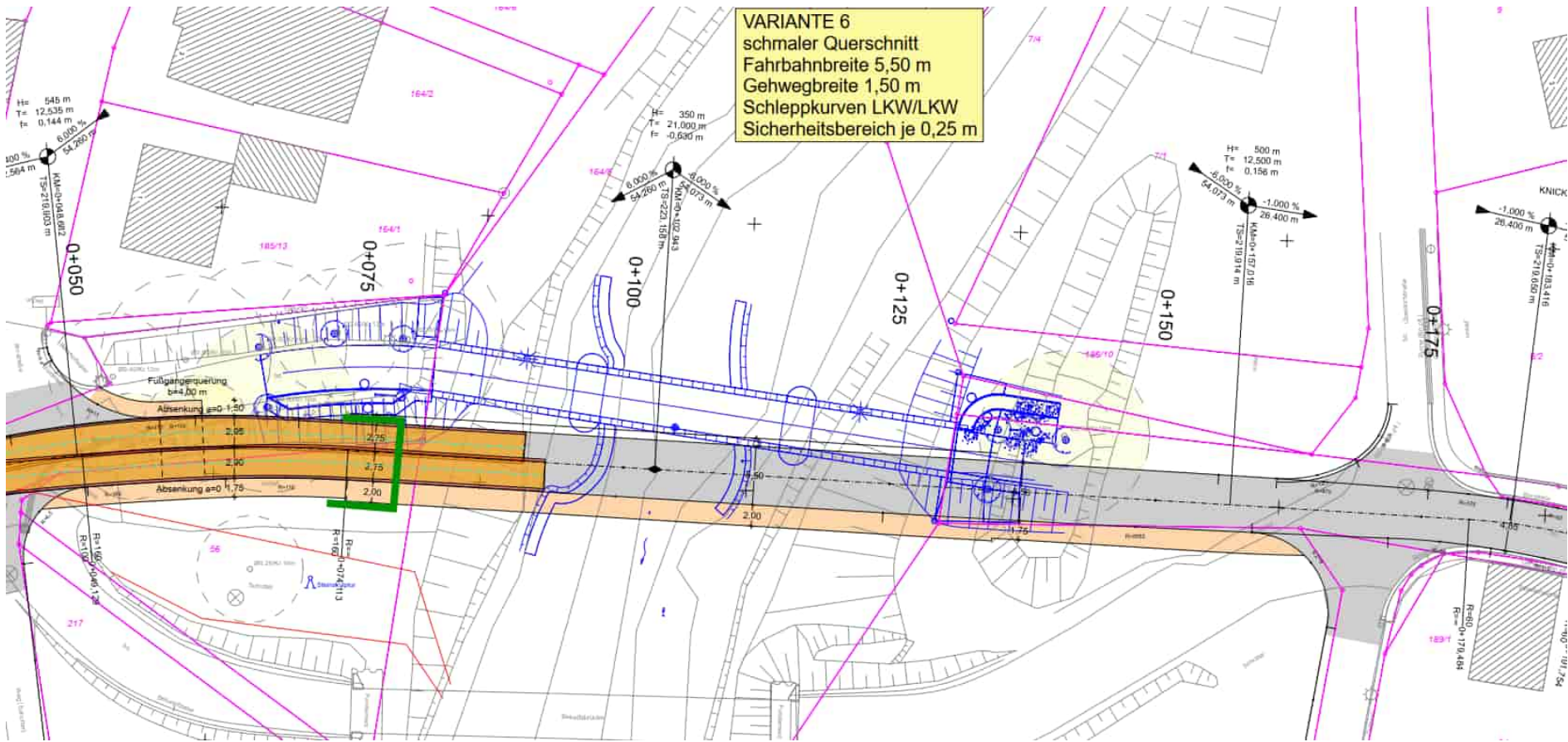
Quelle: HEINRICH HONERT Jr. OHG, Balve

4. Beispiel: Straßen- brücke

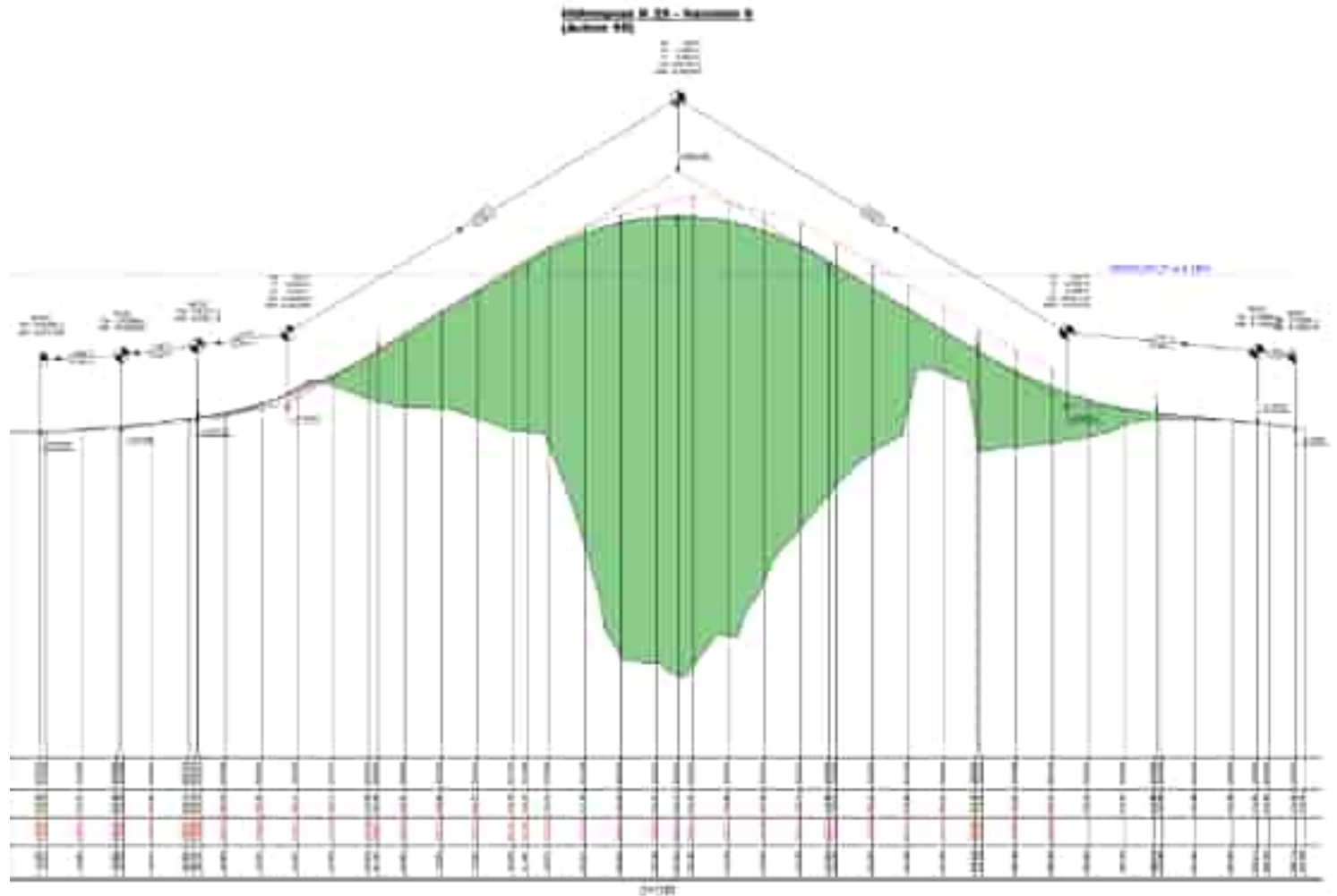


Straßenplanung: Lageplan

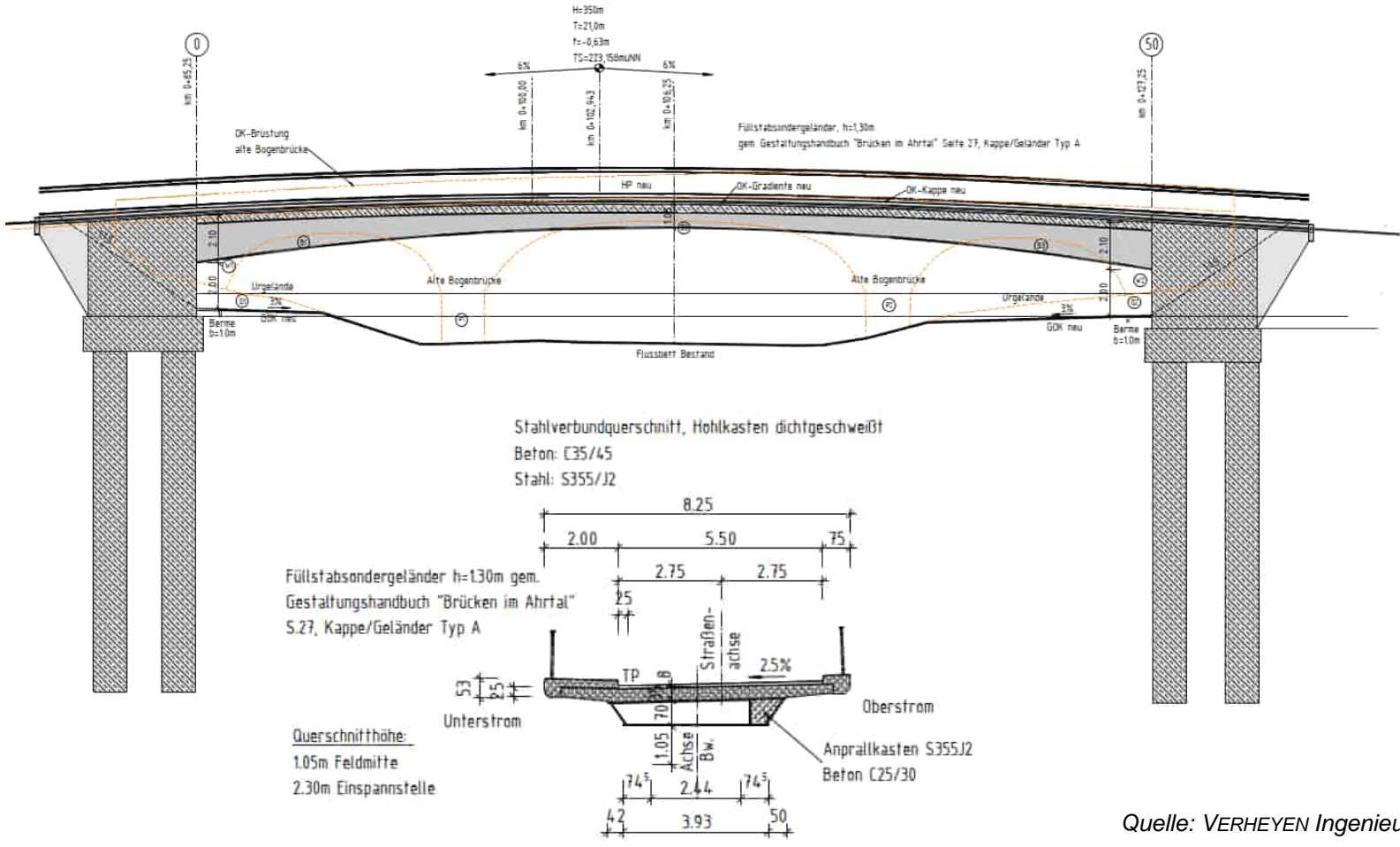
VARIANTE 6
 schmaler Querschnitt
 Fahrbahnbreite 5,50 m
 Gehwegbreite 1,50 m
 Schleppkurven LKW/LKW
 Sicherheitsbereich je 0,25 m



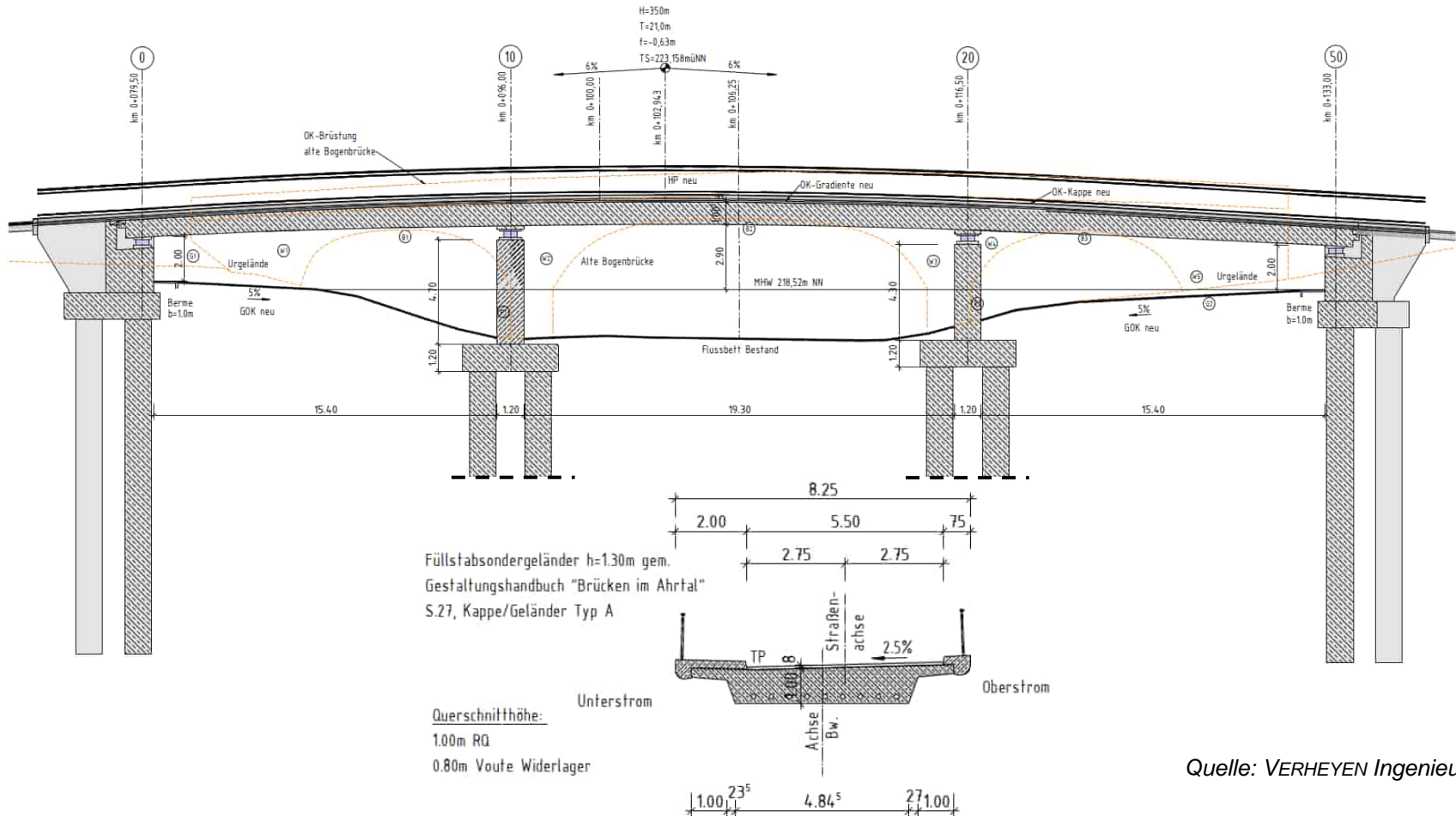
Straßenplanung: Höhenplan



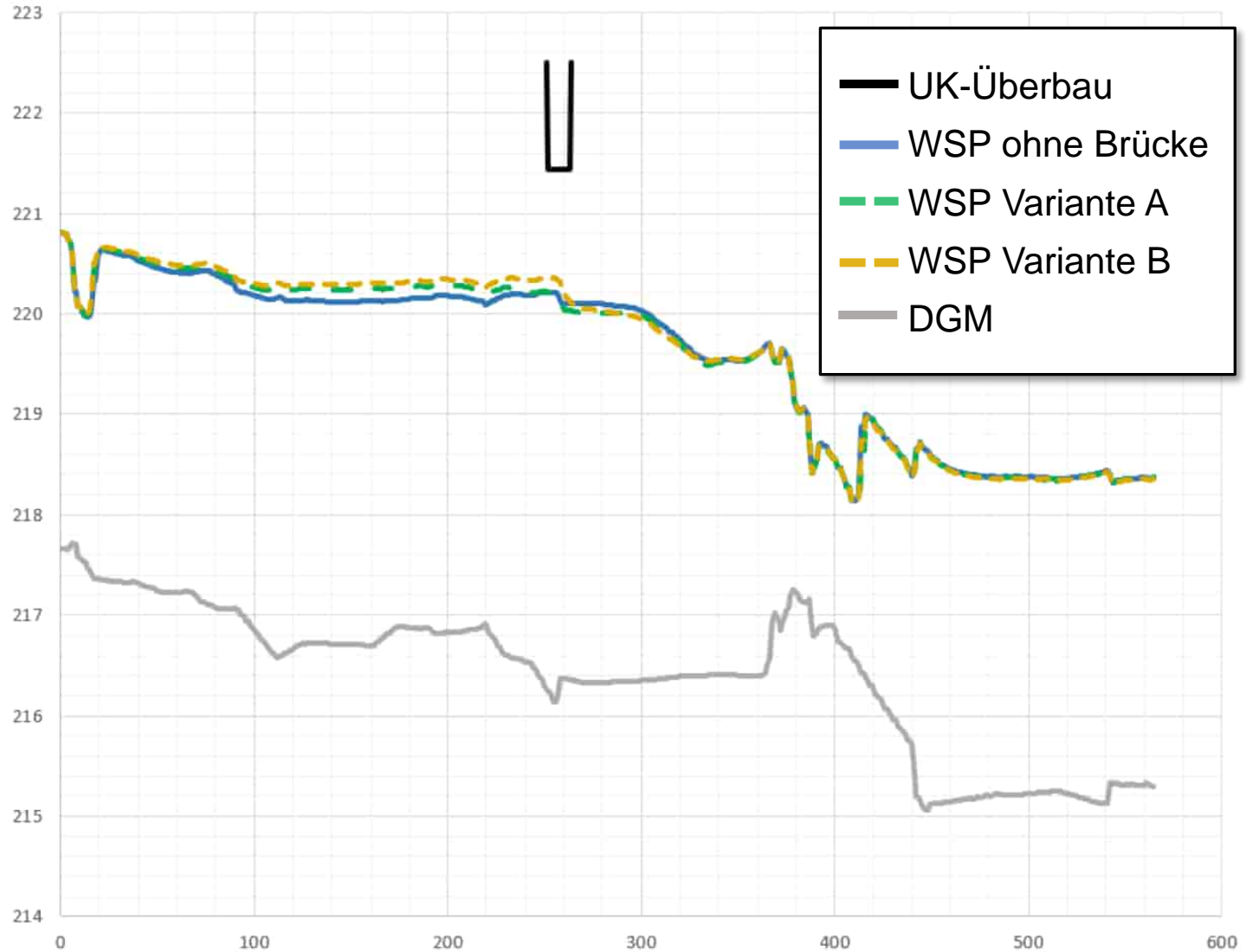
Variante A: Einfeldträger



Variante B: Dreifeldträger

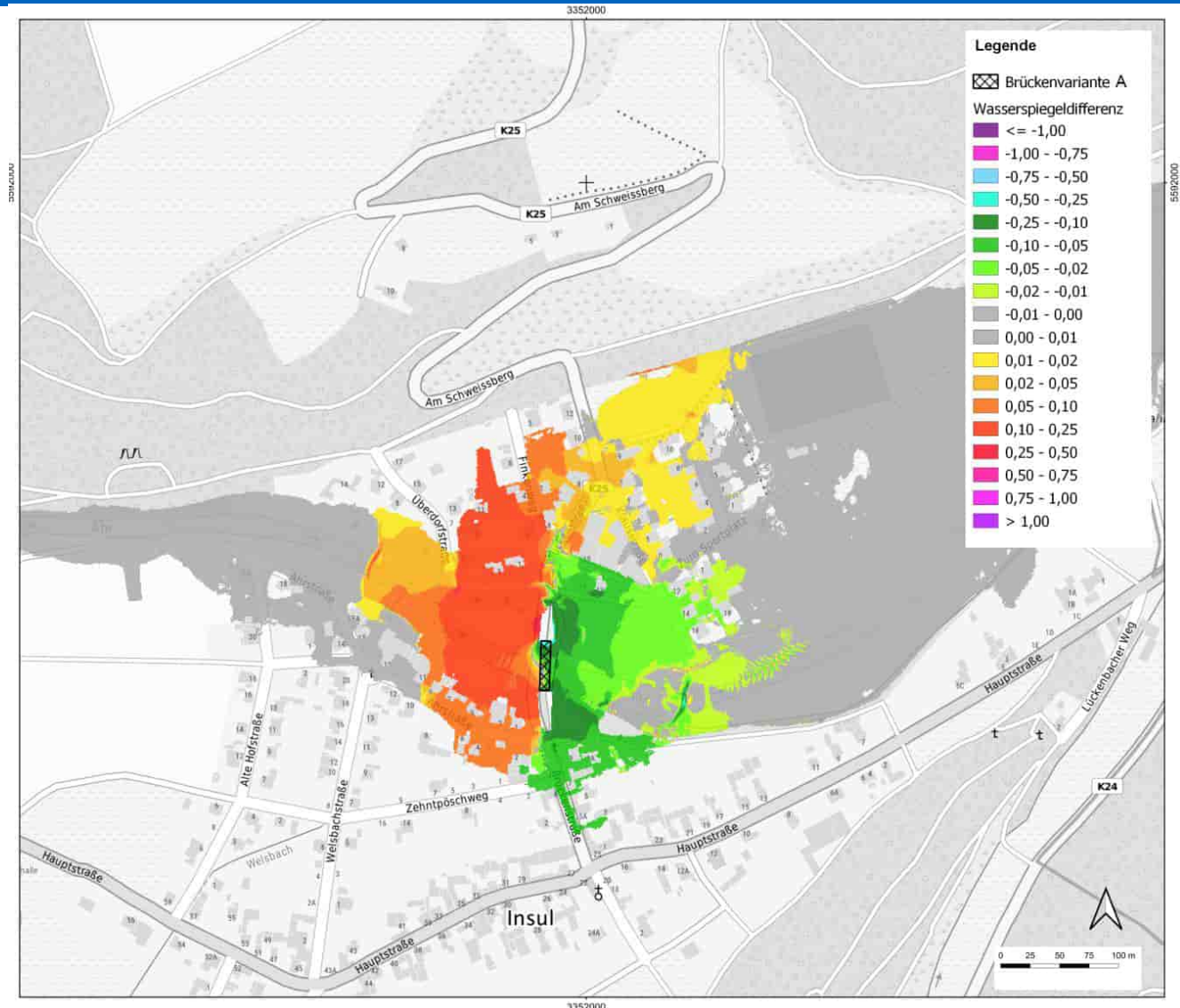


Hydraulik: Einfluss Brücke auf Wasserspiegel- lage



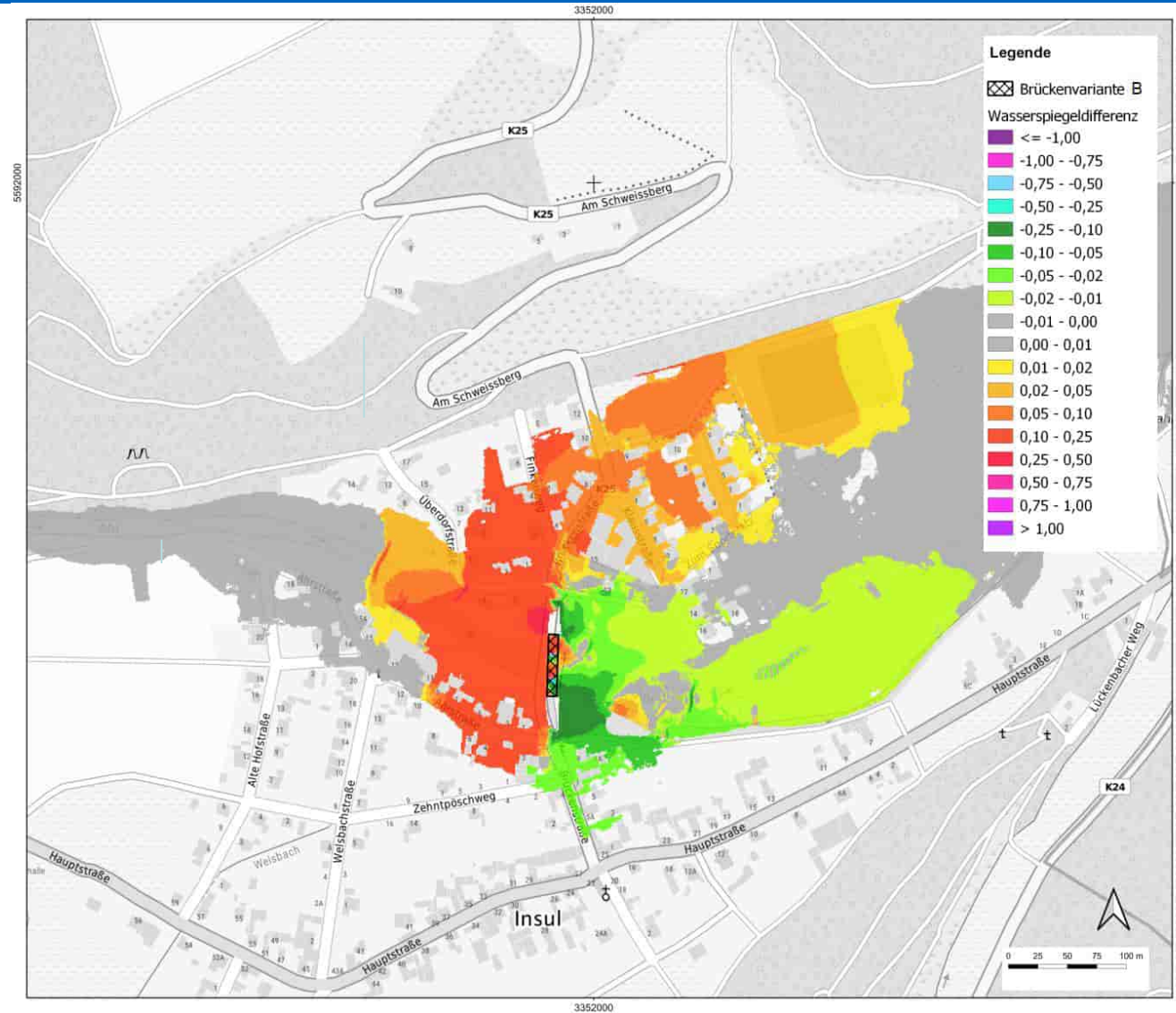
Quelle: HYDROTEC Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH

Hydraulik: Δ–Wasserspiegel (Variante A)



Quelle: HYDROTEC Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH

Hydraulik: Δ–Wasserspiegel (Variante B)

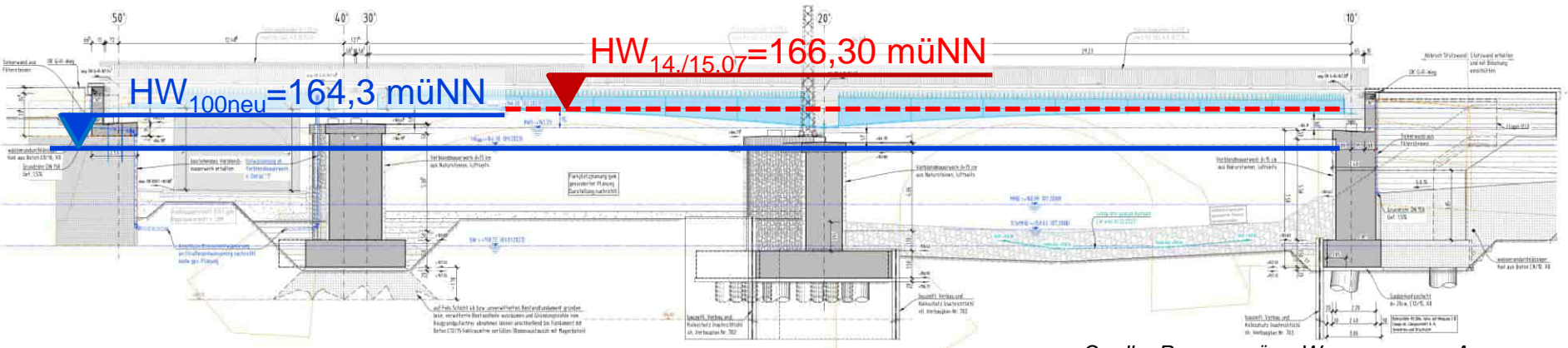
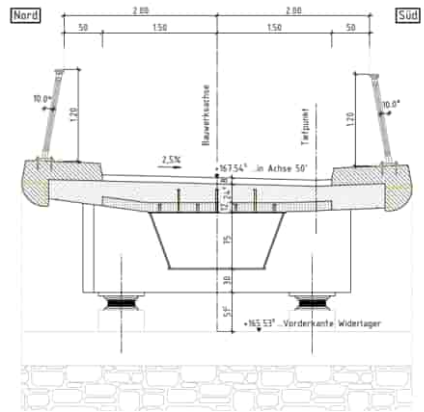


Quelle: HYDROTEC Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH

5. Beispiel: G+R-Brücke



B 267 – Bogenbrücke bei Altenahr, 5407 830

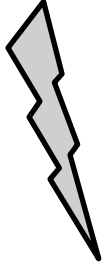


Quelle: PROJEKTBURO WIEDERAUFBAU AHRTAL

Wiederaufbau „optimiert“



Quelle: PROJEKTBURO WIEDERAUFBAU AHR TAL



Schadens-
erfassung

Notmaßnahmen

Provisorien

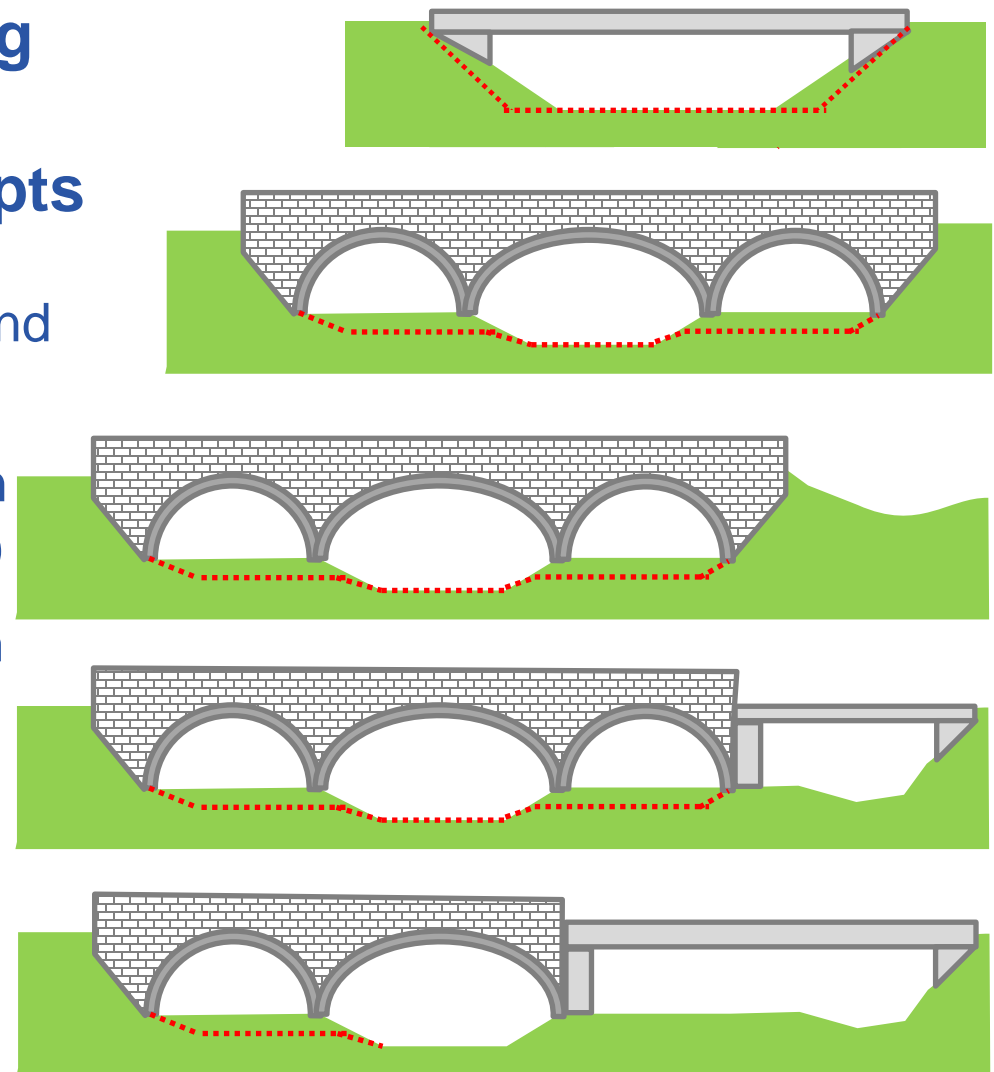
Wiederaufbau „neu wie alt“

Wiederaufbau
„optimiert“

Optimierung
Bestand

Hydraulische Optimierung des Bestandes auf Basis eines Gesamt-HW-Konzepts

- Abflussquerschnitte im Bestand optimieren
- Abflussquerschnitte ergänzen (Flutmulden, Vorlandbrücken)
- Abflussquerschnitte erweitern durch Teilrückbau oder Ersatzneubau
- Keine nutzungsdauerverlängernde Maßnahmen an hydraulisch nicht leistungsfähigen Brücken

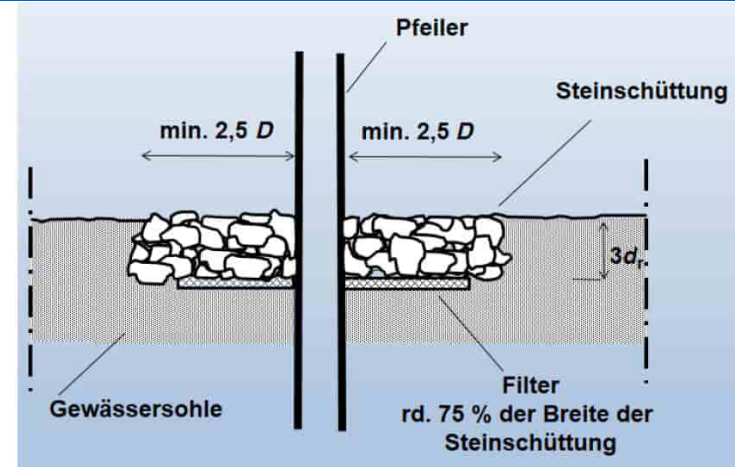


Verstärkung vorhandener Gründungsbauteile

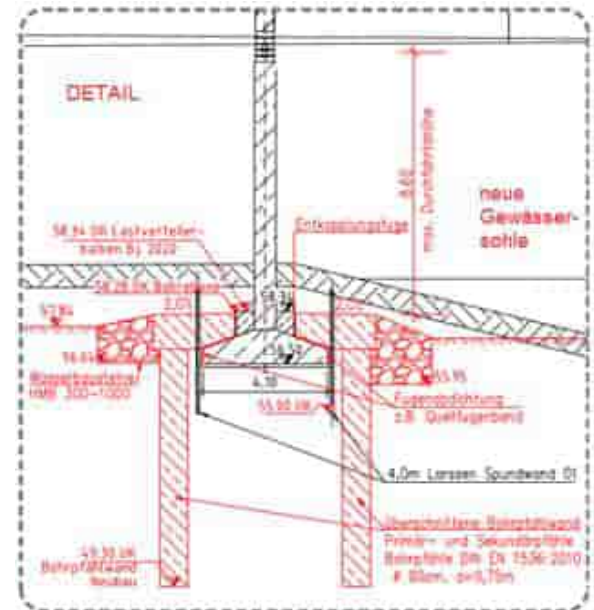
- Schutzziel 1:* keine Kolkbildung bei „kleineren“ Hochwasserereignissen (HQ_{20} bzw. HQ_{50})

→ z.B. ungebundene Steinschüttung
- Schutzziel 2:* keine Standsicherheitsgefährdung bei extremen Hochwasserereignissen (HQ_{extrem})

→ z.B. Kastendamm mit Ringbalken



Quelle: DWA-MERKBLATT 529



Quelle: PROJEKTBURO WIEDERAUFBAU AHR TAL

Für den Brückenbau gewonnene Erkenntnisse

- Im Hinblick auf die Flutschäden können Brücken „Opfer“ (Einsturz) und „Täter“ (Dammbrucheffect) zugleich sein.
- Mindestens genauso wichtig wie die hydraulische Leistungsfähigkeit ist die Robustheit (Vermeidung einer Schwallwelle, Verfügbarkeit für Einsatzkräfte).
- Für Gewässer 2. u. 3. O. mit besonderem Hochwasserrisiko können zusätzliche Maßnahmen sinnvoll sein:
 - Tiefgründung (Großbohrpfähle)
 - Freibord HW_{100} möglichst $\geq 1,0$ m
 - Bemessung mit außergewöhnlichem LF „Flut“
 - strömungstechnische Optimierung
- Bauwerksschäden infolge Extremereignissen können nie ausgeschlossen sondern nur minimiert werden.
- Voraussetzung für ein optimales Ergebnis ist ein Gesamtgewässerkonzept! (**Treibgutvermeidung**, Abflussverbesserung, Rückhaltefunktion, Gewässerunterhaltung ...)
- Keine Versorgungsleitungen an Brücken (Redundanz)



Quelle: SGD-Nord



Quelle: Minor, ETH-Zürich



Freibordbemessung bei „Risikogewässern“

- **Gewässerabschnitte mit „potentiellem signifikantem Hochwasserrisiko“ in RLP (= „Risikogewässer“)**

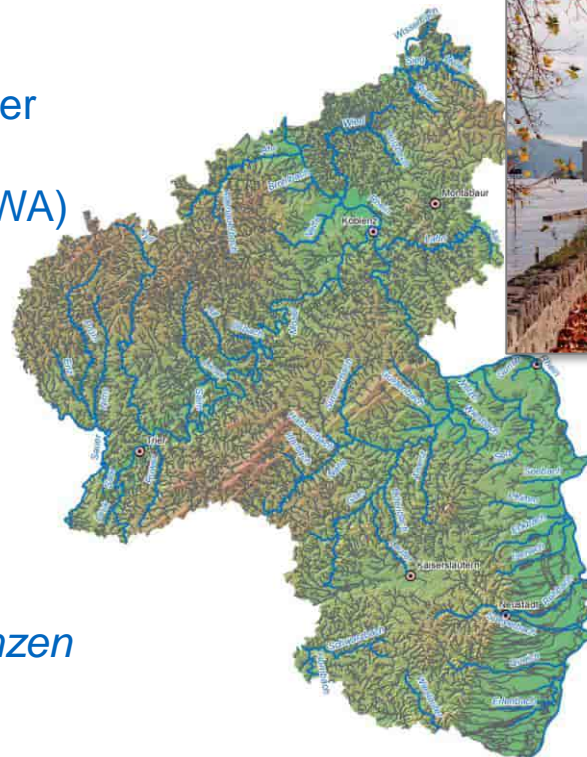
Hochwasserrisikogewässerabschnitte gemäß der Risikobewertung nach den Vorgaben der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft-Wasser (LAWA)

RS LBM RP (RS 23. Mai 2023)

„Ein Freibord von 1,0 m ist im Rahmen der **technisch-wirtschaftlichen Machbarkeit** anzustreben.“

technisch-wirtschaftliche Machbarkeit:

„Optimierung im Rahmen der **technischen Grenzen** einer wirtschaftlich angemessenen Bauart.“



kurz: „HWMR“

Ausblick:

Forschungsprojekt MABEIS III (Massenbewegungsinformationsystem)

Erosions- und Depositionerscheinungen infolge von Extremwetterereignissen sind von den morphologischen, geologischen und hydraulischen Verhältnissen abhängig.

Ziel: Identifikation von Gewässerabschnitten mit vergleichbarem Flutrisiko für Ing.-Bauwerke wie an der Ahr.

→ Erforderliche, angemessen und geeignete konstruktive Maßnahmen an Ing.-Bauwerken mit besonderem Hochwasserrisiko.

Projektpartner:



JOHANNES GUTENBERG
UNIVERSITÄT MAINZ



LANDESBETRIEB
MOBILITÄT
RHEINLAND-PFALZ

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Dipl.-Ing. Andreas Jackmuth,
Fachgruppenleiter Konstruktiver Ingenieurbau

Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz
Friedrich-Ebert-Ring 14-20, 56068 Koblenz
Tel.: 0261/3029-1505
E-Mail: Andreas.Jackmuth@lhm.rlp.de



Quelle: pixabay.com