

# Ökologisch und ökonomisch effizienter Einsatz von Beton aus Sicht des Anlagenbetreibers

iBT-Treff Uni Innsbruck  
18.11.2025

HEUTE. FÜR MORGEN. FÜR UNS.



**DI Rainer Hausenberger**  
ÖBB Infrastruktur AG / SAE / FB Bautechnik / Brückenbau  
[rainer.hausenberger@oebb.at](mailto:rainer.hausenberger@oebb.at)

## Brücken

6.788 Brücken im Streckennetz

## Tunnel

261 Tunnel im Streckennetz

## Streckennetz

5.018 km Streckennetz (Baulänge)

## Bahnhöfe

1.058 Bahnhöfe und Haltestellen

## Gebäude

3.569 Gebäude

Daten ZDF-ÖBB Infrastruktur: 31.12.2024

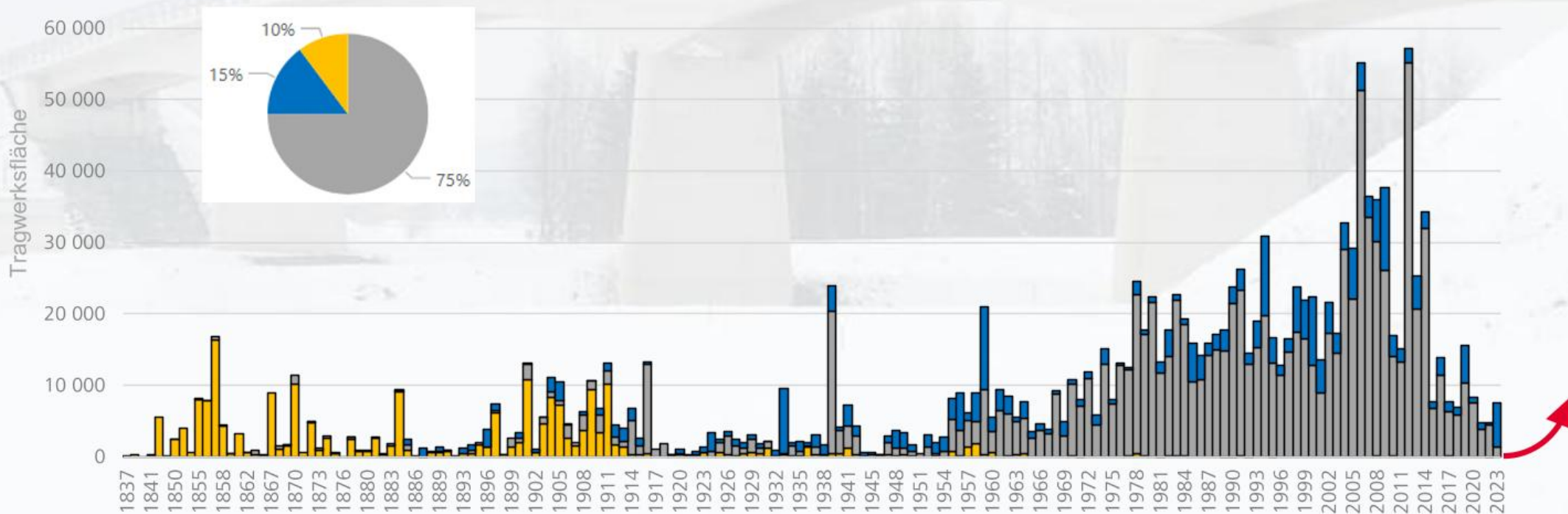


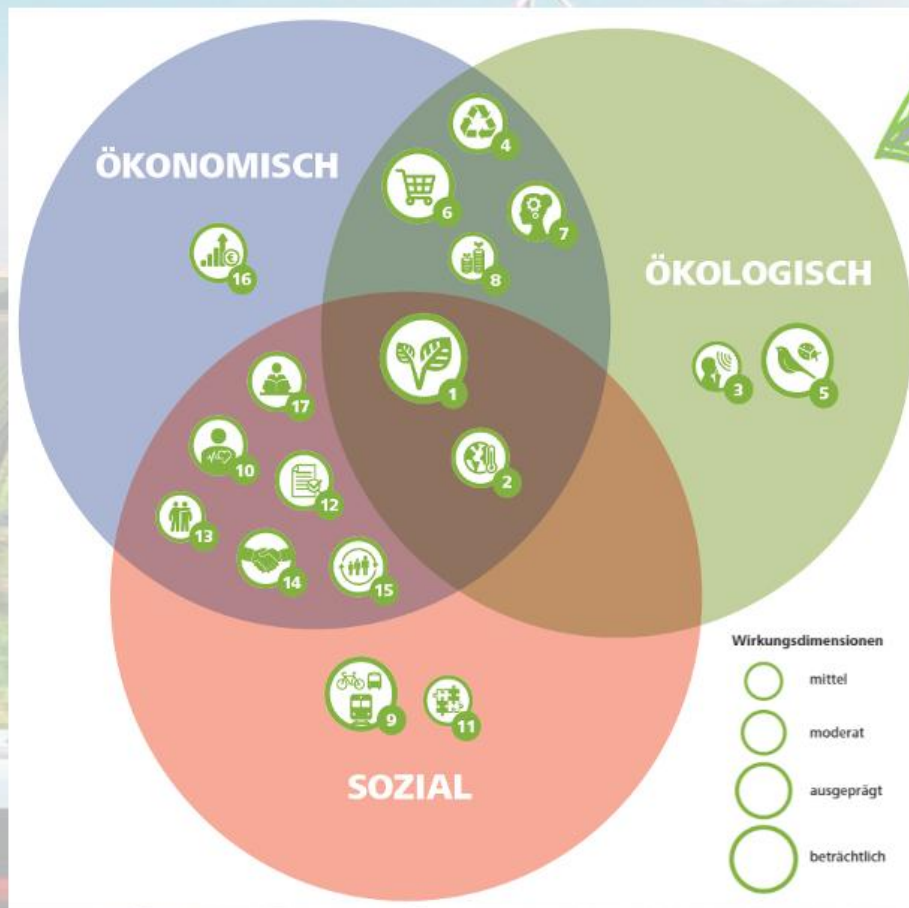
# Tragwerke von Eisenbahnbrücken und konstruktiven Durchlässen

## Altersstruktur nach Baujahr

(Stand 01.01.2024)

■ Gewölbe ■ Massiv ■ Stahl





1. Klimaschutz
2. Anpassung an den Klimawandel
3. Emissionen inkl. Lärm (exkl. CO<sub>2</sub>)
4. Ressourcenmanagement, Abfall, Fläche/Boden
5. Artenvielfalt & Biodiversität
6. Nachhaltige Beschaffung
7. Innovation & Technologie
8. Sustainable Finance
9. Leistbares und zugängliches Mobilitätsangebot (PV)
10. Gesundheit / Safety / Security
11. Vielfalt & Chancengleichheit
12. Compliance / transparente Berichte und Datenschutz
13. Soziale Verantwortung & Kooperationen
14. Verlässlicher & attraktiver Arbeitgeber
15. Generationenwandel
16. Wirtschaftsmotor, wertschöpfende Investitionen & zukunftsfähige Finanzierung
17. Aus- und Weiterbildung



Klimawandelanpassung



Dekarbonisierung



Biodiversität



Kreislaufwirtschaft

## Funktionalität

**Eisenbahnbetrieb muss jetzt und in Zukunft – auch unter geänderten Randbedingungen – möglich sein.**

## Qualität

**Hohe Anfangsqualität durch hohe Materialqualität und hohe Ausführungsqualität.**

## Dauerhaftigkeit

**Gesicherter Anlagenzustand** durch hohe Zuverlässigkeit und Anlagensicherheitsmanagement

**Einfachheit in Planung und Ausführung**

**-> Erzielung der geplanten Ausführungsqualität**

**Wahl eines geeigneten statischen Systems**

**-> hohe Robustheit, Redundanz und Resilienz im System**

**Hohe Qualitätsanforderungen**

**-> Baustoff- und Materialauswahl mit hoher Dauerhaftigkeit**

**Steigerung der Zuverlässigkeit**

**-> Sicherstellung hohe/ständige Verfügbarkeit**

**Funktionalität**

**Qualität**

**Dauerhaftigkeit**

*„Bauwerke müssen so errichtet werden, dass sie standfest, zweckmäßig und schön sind. Die Standfestigkeit wird erreicht, wenn Fundamente bis in den festen Untergrund reichen und die **Baustoffe sorgfältig und ohne Knauserei ausgesucht** werden.“*

Vitruv 1. Jhdt. v.Chr.



„Pont du Gard“, Mitte 1. Jhdt. n. Chr. / Foto © Wolfgang Pehlemann



Antike Bauwerke existieren seit  
mehr als 2.000 Jahren!

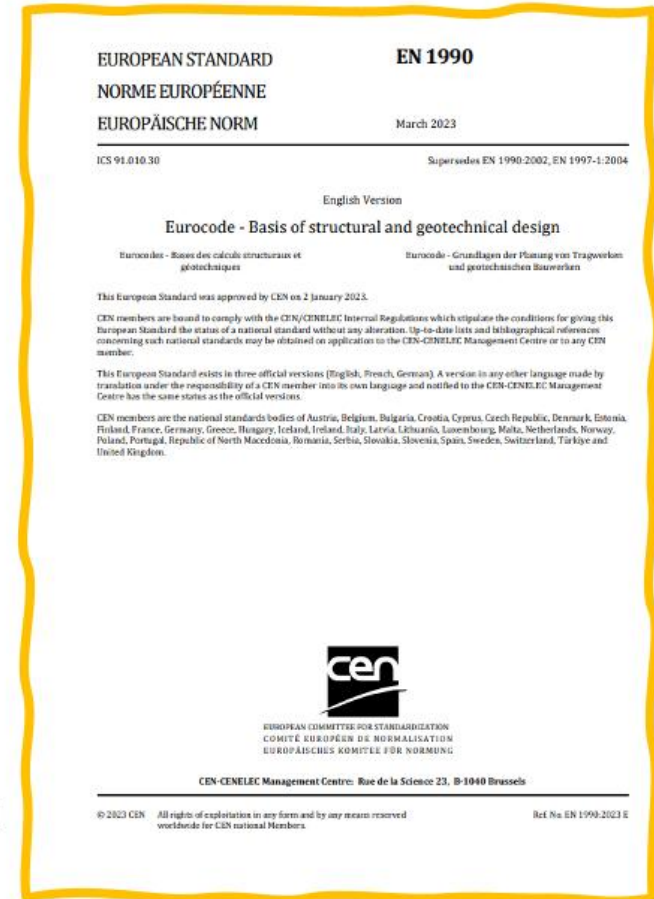


„Pantheon Rom“, Anfang 2. Jhdt. n. Chr. / Foto © Alfred Hüngsberg

*„A structure shall be designed and executed in such a way that it will, **during its design service life**, with **appropriate degrees of reliability** and in an **economical way**:*

- *sustain all reasonably foreseeable actions and influences that can occur during its execution and use, as specified for the structure;*
- *meet the specified **serviceability requirements** for the structure or a structural member;*
- *meet the specified **durability requirements** for the structure or a structural member.“*

EN 1990:2023, Kap. 4.1



Tragfähigkeit, Zuverlässigkeit und Dauerhaftigkeit über die gesamte Lebensdauer!

## INNOVATIONEN

### Forschungsbereich Brückenbau und konstruktiver Ingenieurbau



Prinz Nikolaus (INFRA) SAE  
Bautechnik

## Themengebiete

Dauerhafte  
Betone mit  
besonderem  
Fokus auf die  
Nachbehandlung

Querkraft-  
verstärkung  
bestehender  
Brücken-  
tragwerke

Additive  
Fertigung von  
biegebe-  
anspruchten  
Betonbauteilen

Dauerhaftigkeit  
durch  
zielgerechte  
Verbesserung  
der  
Betonrandzone

Zielsichere  
Herstellung von  
temperatur-  
und CO<sub>2</sub>  
optimierten  
Betonen

Nachhaltigkeits  
Benchmarks für  
österreichische  
Betone

LZ Infra

Forcierte  
Karbonatisierung  
im  
Betonrecycling

Green  
Infrastructures

Großbrücken in  
UHPC-  
Leichtbauweise

... doch was bedeutet  
das alles für den  
Baustoff **BETON**?





## Langlebigkeit

### Dauerhafte & robuste Konstruktion

Hochwertige & beständige Baustoffe



## Optimierung am Bauteil

Optimierte Tragwerksplanung

Strukturoptimiertes Planen und Bauen



## Optimierung am Baustoff

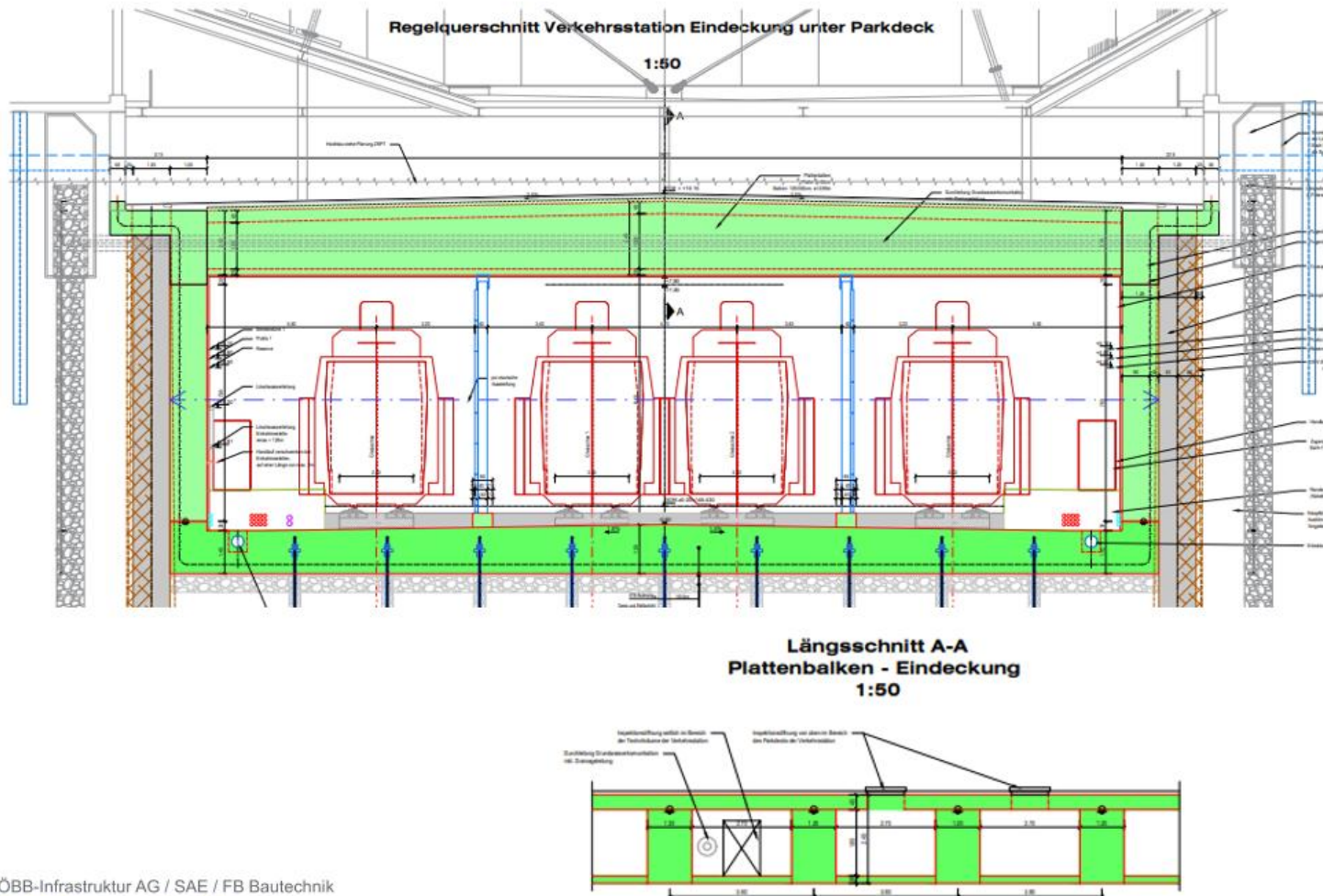
Klinkerreduzierte Bindemittel

Richtlinienkonzepte



## Kreislaufwirtschaft

Verwendung von recycelten und/oder  
rezyklierbaren Ausgangsstoffen

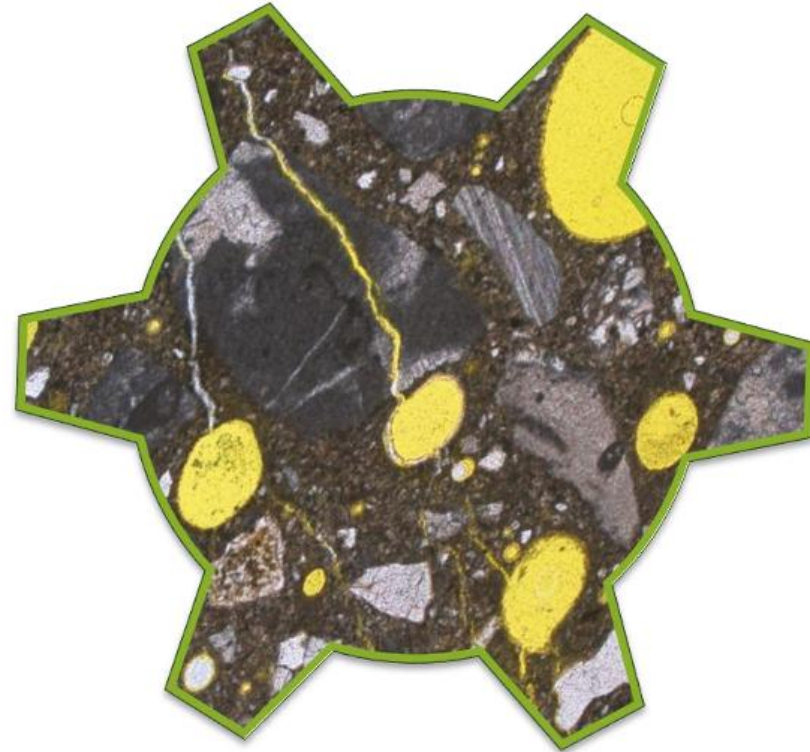


- ✓ 55% weniger Beton / 15% weniger Bewehrung ggü. Vollquerschnitt
- ✓ ~ 50% geringeres GWP (A<sub>1</sub>-A<sub>4</sub> gem. ÖNORM EN 15804)
- ✓ ABER 50% größere Schalungsfläche + erhöhter Schalungsaufwand
- ✓ Instandhaltungskonzept!



**Ausgangsstoffe optimieren**

**Betonzusammensetzung  
anpassen**





## Ausgangsstoffe optimieren



### Gesteinskörnung anpassen

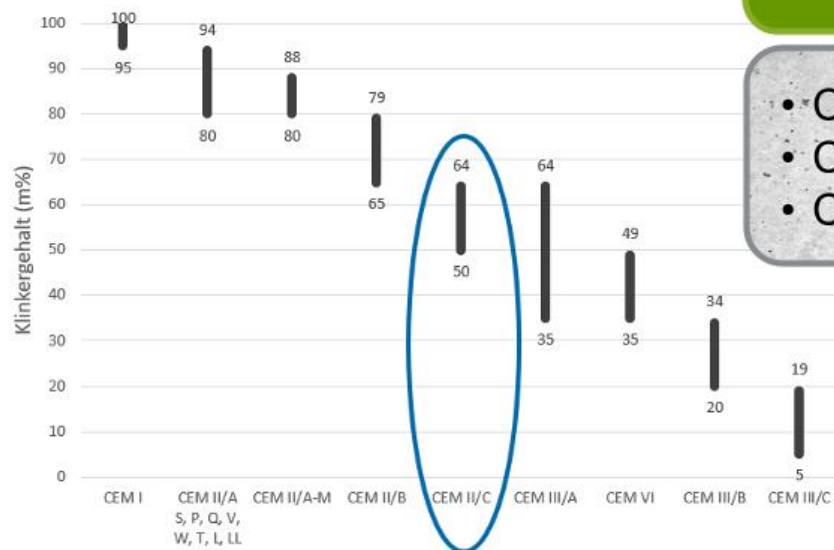
- Sieblinienoptimierung
- Aushubmaterial
- Rezyklierte Gesteinskörnung



Betonzusammensetzung anpassen

### Zement-Klinkergehalt reduzieren

- CEM II/C
- CEM III/A
- CEM VI



### Einsatz neuartiger Bindemittelkomponenten

- Calcinierte Tone
- Geopolymere



## Betonzusammen- setzung anpassen

### ECPC

- Equivalent Concrete Performance Concept

### Regelwerksbetone

- Weiße Wannen
- Innenschalenbeton
- Betone mit reduzierter Frührissneigung



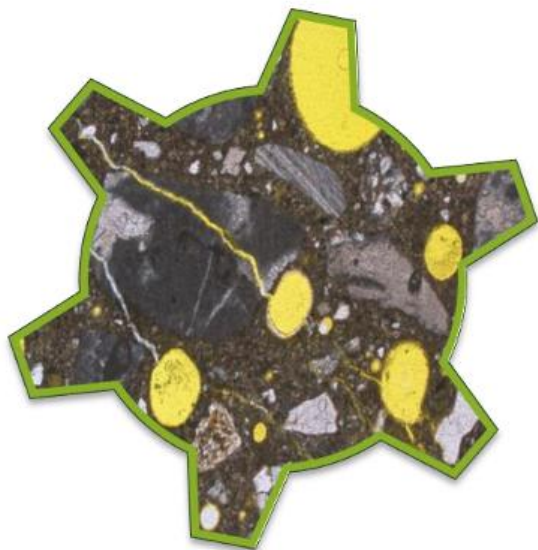
### Deskriptives Konzept

- Stand der Technik

### EPCC

- Equivalent Performance of Combination Concept

Anwendung von  
„Performance-  
Konzepten“ mit  
vorhandenen  
Richtlinien!



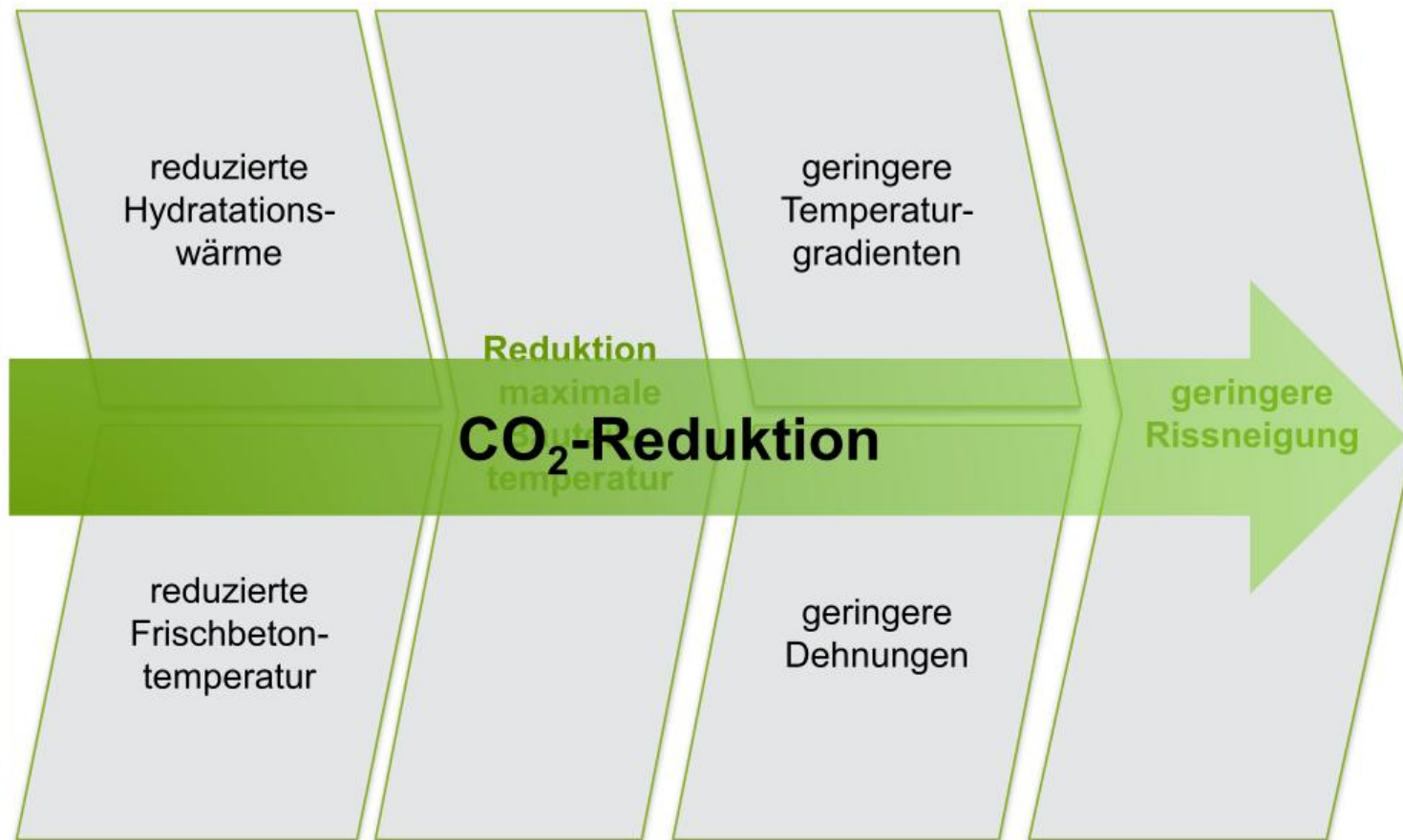




**Betone mit reduzierter  
Frührissneigung**

**RICHTLINIE**

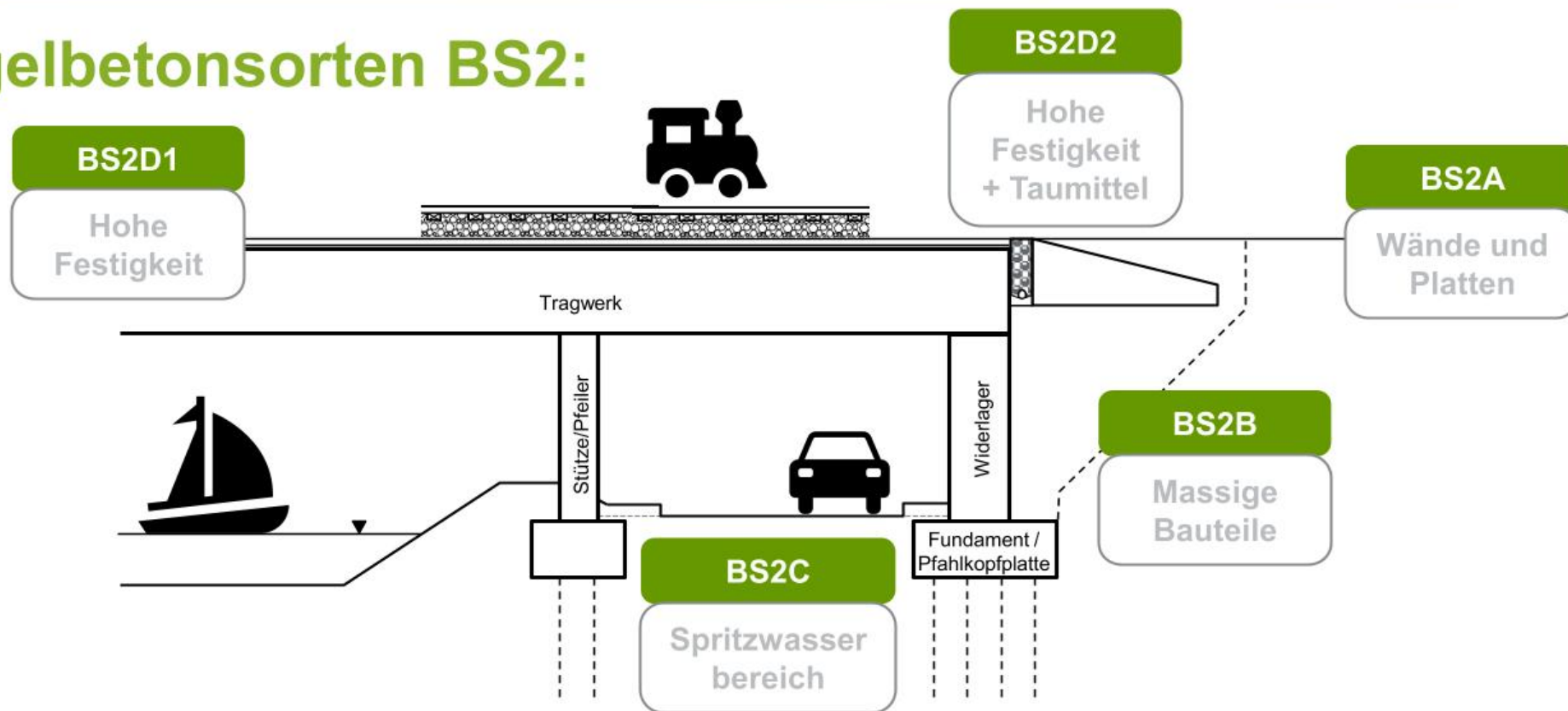
JÄNNER 2023



**KEIN neues Konzept / Betrachtung einer Bauweise!**



## Regelbetonsorten BS2:



KEINE Vorgaben hinsichtlich rissebeschränkender Bewehrung

ABER Vorgaben zu Ausschulfristen / Nachbehandlung



## Betonstandard BS2 - Verankerung in Richtlinien und Regelwerken

### Leistungsbeschreibung Verkehr Infrastrukturbau (LB-VI): Version 07

310110 Gründungskörper aus Stahlbeton einschließlich Schalung und deren Abstützung herstellen. Der Beton ist ohne Unterschied der Tiefe in trockener Baugrube einzubringen.

Die Leistung beinhaltet auch:

Temperaturmessungen bei Bauteilen der Betonstandards BS1 und BS2 ist:

- Aufzeichnung der Betontemperatur mit einem Intervall von min. zweier Messungen jede Stunde in der Bauteilmitte, den beiden äußeren Bewehrungslagen und der Lufttemperatur beim Bauteil für eine Dauer von 7 Tagen. Der Temperaturverlauf ist auszuwerten und graphisch darzustellen.

Gesondert vergütet wird:

- eine allfällig erforderliche Wasserhaltung.

310110L **Gründung Stb m.S. C25/30(56)/BS2A/XF3**

Betonsorte: BS2A gemäß öbv-Richtlinie „Betone mit reduzierter Frührissneigung“, mit zusätzlicher Anforderung Expositionsklasse XF3.

Bauteil:                     

m<sup>3</sup>

**LB-VI 07**

Technische Vertragsbedingungen

Seite 5

BETON UND STAHLBETON

RVS 08.06.01

Schuttbeton, Unterlagsbeton für Bordsteine u.dgl.	C25/30/B3/GK16	Ohne Taumiteleinwirkung
	C25/30/B7/GK16	Mit direkter Taumiteleinwirkung
Fundament unbewehrt oder schwach bewehrt	C20/25/XC1(A)	Wenn außer dem Rostschutz der Bewehrung keine Beständigkeit gegen Einwirkung gemäß Expositionsklassen erforderlich ist
	C25/30/B2	Bei Frost ohne Taumiteleinwirkung und mäßiger Wassersättigung (z.B. Niederschlag) bei senkrechten oder über 5 % geneigten Flächen
Gründungskörper und Aufgehendes	C25/30(56)/BS2A/XF3	Bei Frost ohne Taumiteleinwirkung und hoher Wassersättigung
Massige Bauteile	C25/30(56)/BS2B	Bei Frost ohne Taumiteleinwirkung und hoher Wassersättigung
Gründungskörper und Aufgehendes	C25/30(56)/BS2C	Bei Frost und direkter Taumiteleinwirkung
		Weitere mögliche Betonsorten: s. ÖBV-Richtlinie „Betone mit reduzierter Frührissneigung“
Gründungskörper, Aufgehendes, Bauteile aus Stahlbeton, Fertigteile	C25/30/B2	Bei Frost ohne Taumiteleinwirkung und mäßiger Wassersättigung (z.B. Niederschlag) bei senkrechten oder über 5 % geneigten Flächen
	C25/30/B4	Bei Frost ohne Taumiteleinwirkung und hoher Wassersättigung oder unter 5 % geneigten Flächen
Bei Sichtbetonflächen aus Stahlbeton	C25/30/B5	Bei Frost und mittelhaltigem Spritzbeton
	C25/30/B7	Bei Frost und direkter Taumiteleinwirkung
Betone für wasserundurchlässige Betonbauwerke – weiße Wannen	C25/30(56)/BS1A-22	Bei Frost ohne Taumiteleinwirkung, Einbautemperatur 22 °C
	C20/25(56)/BS1B-22	Bei Frost ohne Taumiteleinwirkung für massige Bauteile, Einbautemperatur 22 °C
	C25/30(56)/BS1C-22	Bei Frost mit direkter Taumiteleinwirkung, Einbautemperatur 22 °C
	C25/30(56)/BS1APLUS-25 klassisch	Bei Frost ohne Taumiteleinwirkung, Einbautemperatur 25 °C
	C20/25(56)/BS1BPLUS-25 klassisch	Bei Frost ohne Taumiteleinwirkung für massige Bauteile, Einbautemperatur 25 °C
	C25/30(56)/BS1CPLUS-25 klassisch	Bei Frost mit direkter Taumiteleinwirkung, Einbautemperatur 25 °C
		Weitere mögliche Betonsorten: s. ÖBV-Richtlinie „Wasserundurchlässige Betonbauwerke – Weiße Wannen“

**RVS**  
**08.06.01**



## Flughafentunnel Graz:



Koralmbahn, Flughafentunnel Graz (Bauzustand) / Foto © Hanns Wagner, Rainer Hausenberger



## Betrachtung der Lebenszykluskosten (LCA)

Planungsqualität  
Ausführungsqualität



Ökobilanzierung über die  
gesamte Lebensdauer

„cradle to cradle“



Optimierung Bau- und  
Fertigungsprozess

Modulare Bauweisen  
Bedeutung der Nachbehandlung



Mehrfachnutzung der  
Baustoffeigenschaften

Heizen und/oder Kühlen mit Beton



## Vergleich der Treibhausgasemissionen nach Nutzungsdauer:

ANSICHT RECHTS DER BAHN M=1:100

	Lebensdauer 75a	Lebensdauer 100a	Lebensdauer 125a
GWP gesamt	1.792.213	1.829.609	1.862.385
GWP pro Jahr	23.869	18.296	14.923
[kg CO <sub>2</sub> -äquiv.]	<b>+ 30,6%</b>		<b>-18,4%</b>

Quelle: Jasmina Ahmed: Grüner Stahl im Infrastrukturbau, Masterarbeit (2025), FH St. Pölten



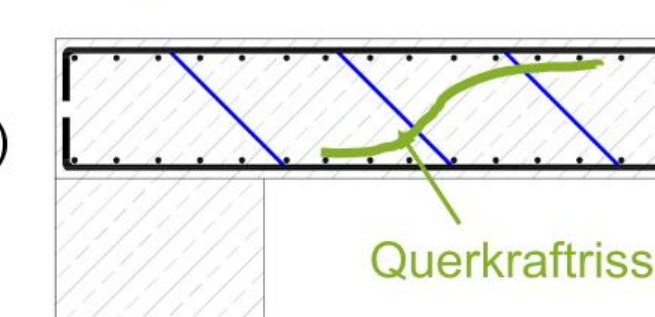
# Einsatz von Betonschrauben zur nachträglichen Verstärkung:



Betonschrauben verhindern den Querkrafttriss!

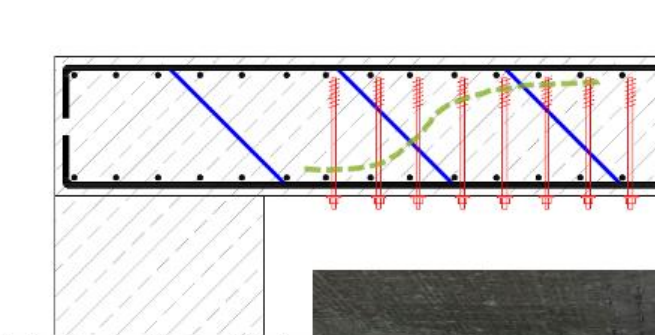
## Querkraftbewehrung bei Bestandsobjekten (Baujahr 1950-1990)

Unzureichende Querkraftbewehrung aufgrund der damaligen Normen



## Betonschrauben zur nachträglichen Verstärkung der Querkrafttragfähigkeit

- Schäden aufgrund der unzureichenden Querkraftbewehrung – alte Normen
- Höhere Anforderungen, z.B. Streckenklassenerhöhung, VzG-Erhöhung





## Ausführung - Zuverlässigkeit <-> Qualitätssicherung

Die Sicherstellung des **Zuverlässigkeitsniveaus** erfolgt durch **Qualitätssicherungsmaßnahmen** in der Planungs- bzw. Ausführungsphase, welche mindestens entsprechend der **Versagensfolgeklasse** anzuwenden sind → **EN 1990:2023**

Table 4.1 (NDP) — Qualification of consequence classes

Consequence class	Indicative qualification of consequences	
	Loss of human life or personal injury <sup>a</sup>	Economic, social or environmental consequences <sup>a</sup>
CC4 – Highest	Extreme	Huge
CC3 – High	High	Very great
CC2 – Normal	Medium	Considerable
CC1 – Low	Low	Small
CC0 – Lowest	Very low	Insignificant

<sup>a</sup> The consequence class is chosen based on the more severe of these two columns.

Table B.4 (NDP) — Minimum design quality level, design check level, execution class and inspection level for different consequence classes

Consequence class	Minimum design quality level (DQL)	Minimum design check level (DCL)	Minimum execution class (EXC)	Minimum inspection level (IL)
CC3	DQL3	DCL3	See relevant execution standards <sup>a</sup>	IL3
CC2	DQL2	DCL2		IL2
CC1	DQL1	DCL1		IL1

<sup>a</sup> Relevant execution standards might not be available for all materials, see B.6(2).



Quelle: EN 1990:2023 Kap. B.8 Technical Management Measures

Die **(Bau-)Ausführung(-sklasse)** hat **direkten** Einfluss auf die **Zuverlässigkeit** der Tragkonstruktion!



## Qualitätssicherung des Auftragnehmers Bau für tragende Bauteile aus Beton

08

Regelwerk

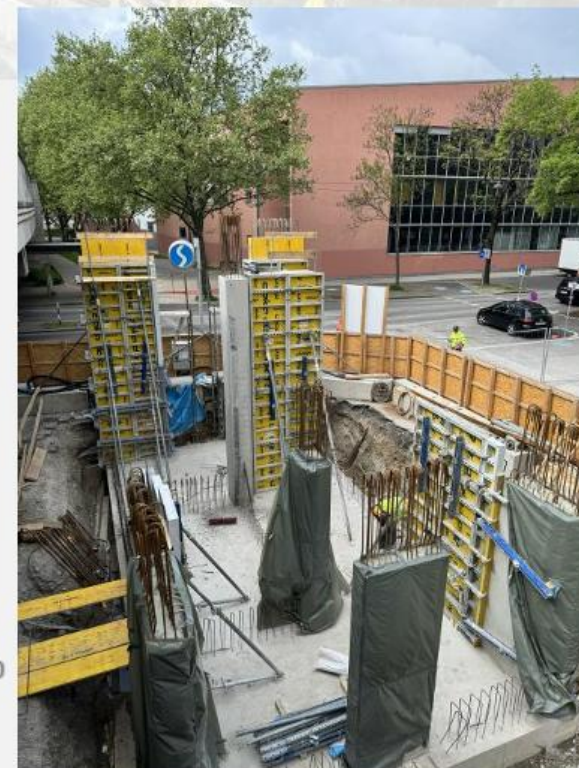
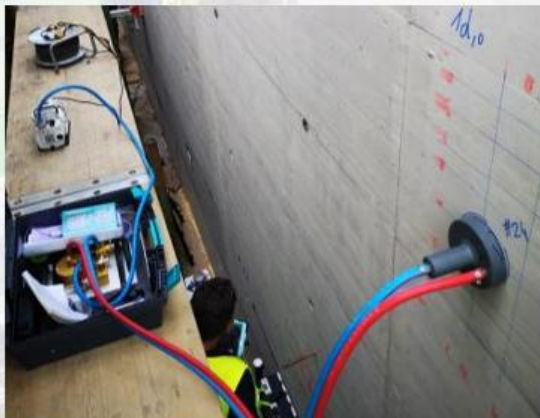
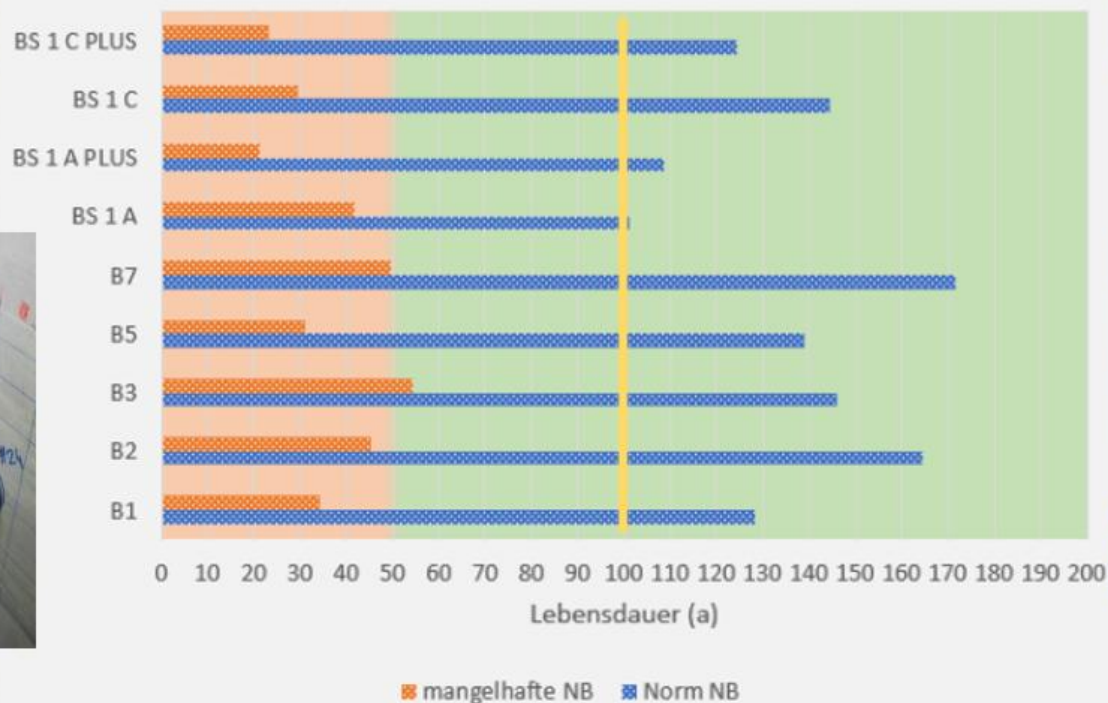
02.02

Brückenbau und konstruktiver Ingenieurbau  
Betonbau im Brückenbau  
Qualitätssicherung des Auftragnehmers Bau für  
tragende Bauteile aus Beton

- Beschreibung des Umfanges der Maßnahmen für die **Qualitätsüberwachung** des Herstellers
- Definition einer **Qualitätsverantwortlichen Person (QVP)** und Beschreibung der Aufgaben
- Festlegung der Zuordnung von **(Bau-) Ausführungsklassen (EXC)** je Bauteil abhängig von Versagensfolgeklasse



## Auswirkung der Nachbehandlung des jungen Betons auf die Lebensdauer:

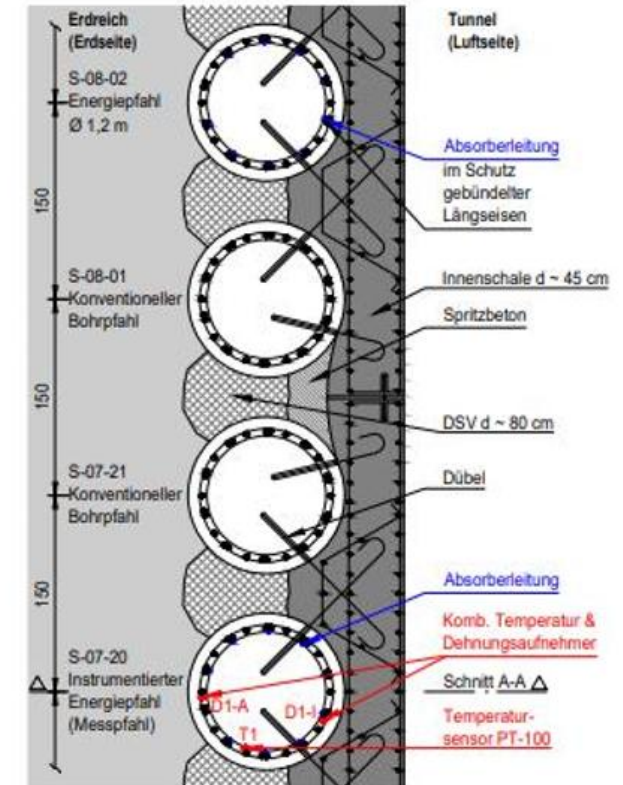
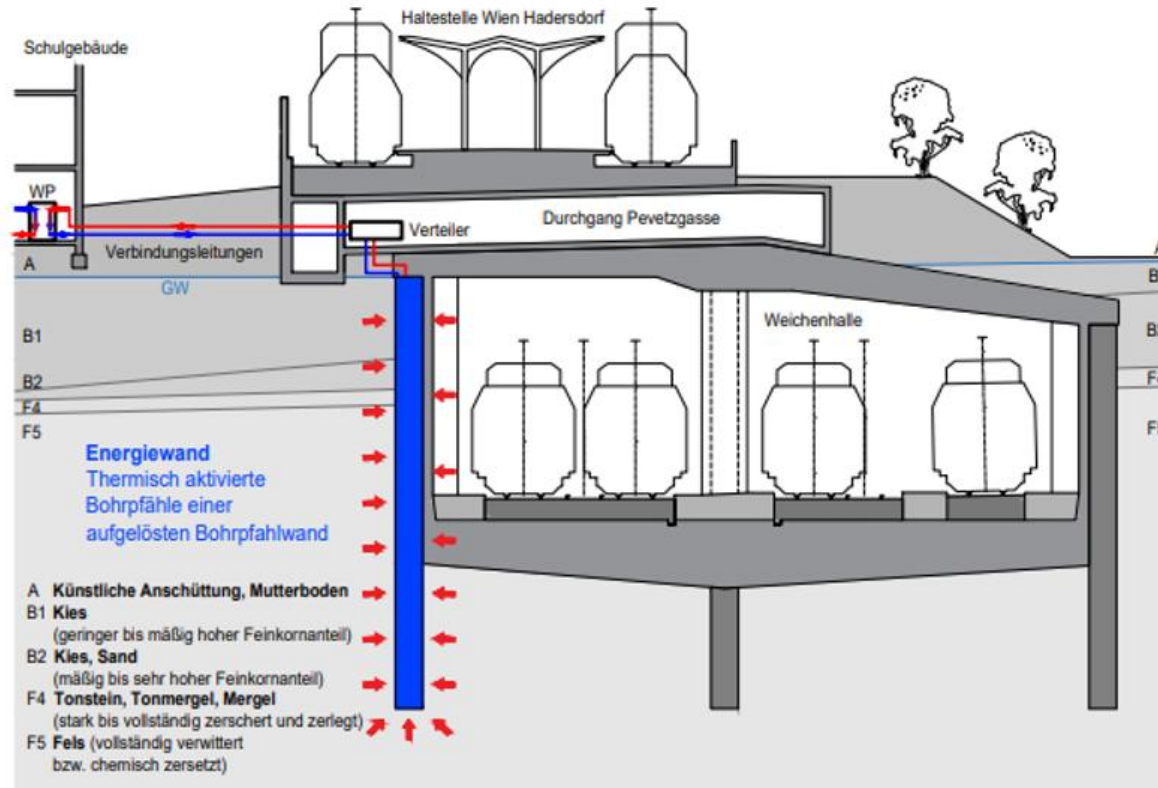


**Mangelhafte Nachbehandlung = Reduktion der Lebensdauer!**





## Geothermie - Lainzer Tunnel (LT24):



Quelle: A. T. Brunner, R. Markiewicz, D. Adam: Randbedingungen der Luftseite bei Energiewänden und Energietunneln (2024)

# Zusammenfassung und Ausblick

**Ökologisch und ökonomisch effizienter Einsatz  
von Beton im Infrastrukturbau ist möglich!**

**Es bedarf das Zusammenspiel aller am  
Planungs- & Bauprozess beteiligten Partner!**

**Innovationen, Forschung & Entwicklung haben  
großen Anteil und sind essenziell dafür!**

**Funktionalität**

**Qualität**

**Dauerhaftigkeit**