



## 31. Bautechnisches Seminar Nordrhein-Westfalen

24. Oktober 2023, Ratingen



Landesvereinigung  
der Prüfingenieure  
für Baustatik NW



VERBAND BERATENDER  
INGENIEURE



Ingenieurkammer-Bau  
Nordrhein-Westfalen

## 31. Bautechnisches Seminar NRW in Ratingen am 24.10.2023

09.00 – 09.10 Uhr	<b>Eröffnung und Begrüßung</b> Dipl.-Ing. Alexander Pirlet Landesvereinigung der Prüfingenieure für Baustatik NRW	
09.10 – 09.20 Uhr	<b>Grußwort</b> Ina Scharrenbach, MdL Ministerin für Heimat, Kommunales, Bau und Digitalisierung des Landes Nordrhein-Westfalen	
09.20 – 10.10 Uhr	<b>Schallschutz im Hochbau</b> <b>Baulicher Schallschutz seit den 60er-Jahren bis heute</b> Dipl.-Ing. (FH) Björn Schulz Garner + Partner GmbH Bauphysik   Bauakustik   Raumakustik, Bergisch Gladbach	<b>Seite 2</b>
<b>10.15 – 10.40 Uhr</b>	<b>Kaffeepause</b>	
10.40 – 11.30 Uhr	<b>Nachhaltiges Bauen mit Beton</b> <b>Quick Wins für den Klimaschutz</b> Dr.-Ing. Denis Kiltz Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V., Bochum	<b>Seite 69</b>
11.30 – 12.20 Uhr	<b>Holzbau</b> <b>Erfahrungen mit hybriden Bauweisen, Detailausbildung</b> Prof. Dr.-Ing. habil. Jörg Schänzlin Hochschule für angewandte Wissenschaften Biberach	<b>Seite 91</b>
<b>12.20 – 13.20 Uhr</b>	<b>Mittagspause</b>	
13.20 – 14.10 Uhr	<b>Holz im Hochhausbau</b> <b>„The Cradle“ in Düsseldorf</b> Dr.-Ing. Wolfgang Roeser H+P Ingenieure GmbH, Beratende Ingenieure im Bauwesen, Aachen Dipl.-Ing. Markus Steppeler Firma W. u. J. Derix GmbH & Co. Holzbau, Niederkrüchten	<b>Seite 162</b>
14.10 – 15.00 Uhr	<b>Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetondecken mit integrierten Hohlräumen unter Längszug</b> Dr.-Ing. Stephan Eilers Pirlet & Partner Baukonstruktionen Ingenieurgesellschaft mbH, Köln	<b>Seite 194</b>
<b>15.00 – 15.30 Uhr</b>	<b>Kaffeepause</b>	
15.30 – 16.20 Uhr	<b>Plug and Play: Schwimmender Schiffsanleger (Jetty)</b> <b>100 Meter langer Ponton aus Beton und Stahl im Hafen Godorf</b> Dr.-Ing. Tuchlinski Tuchlinski – Trippel – Neff Ingenieurgesellschaft mbH, Köln Dr.-Ing. Günter Tranell Eriksen und Partner GmbH, Planen und Beraten im Bauwesen, Oldenburg	<b>Seite 257</b>
16.20 – 17.00 Uhr	<b>Hinweise der Obersten Bauaufsichtsbehörde</b> Dipl.-Ing. Andreas Plietz Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Digitales des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf	<b>Seite 309</b>
17.00 Uhr	<b>Schlusswort</b> Dr.-Ing. Heinrich Bökamp Ingenieurkammer-Bau NRW	

# **Schallschutz im Hochbau**

**Baulicher Schallschutz  
seit den 60er-Jahren bis heute**

**Dipl.-Ing. (FH) Björn Schulz**

Garner + Partner GmbH Bauphysik | Bauakustik | Raumakustik,  
Bergisch Gladbach

# GRANNER+PARTNER INGENIEURE



Bautechnisches Seminar  
Baulicher Schallschutz: 60er-Jahre bis heute  
Dumeklemmer-Halle Ratingen  
24.10.2023 / Dipl. Ing. (FH) Björn Schulz

## **Entwicklung des baulichen Schallschutzes Gliederung**

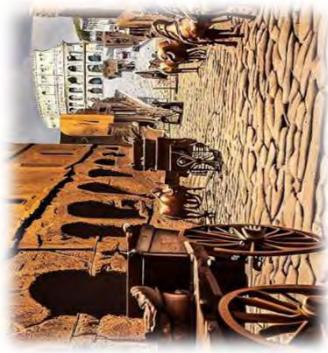
# **GRANNER+PARTNER | INGENIEURE**

1. **Einleitung:**
  - a. Lärm...das ewige Thema
  - b. Warum baulicher Schallschutz?
  - c. Wesentlichste Bereiche des baulichen Schallschutzes
  - d. Beispiele zur Schalldämmung von Bauteilen
  - e. Baulicher Schallschutz: Schutzziele
  - f. Schallschutz-Normung: Anfänge und Entwicklung
2. **Schallschutz (über die Jahrzehnte):**
  - a. 1960-er Jahre
  - b. 1990-er Jahre
  - c. 2000-er bis heute
  - d. Entwicklungsverlauf der Anforderungen
3. **Aktuelle Themen und Entwicklungsfelder des heutigen Schallschutzes**
  - a. Holzbau
  - b. Serielles Bauen mit Holzbau / Modulbau
  - c. Bestandsnutzungen („Büros werden zu Wohnungen“)
  - d. Vorschläge schalltechnischer Vereinfachungen
  - e. Ausblick...

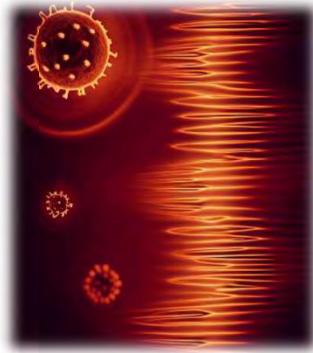
## Entwicklung des baulichen Schallschutzes

### 1a: Schutz vor Lärm...das ewige Thema

## GRANNER+PARTNER | INGENIEURE



Juvenal, römischer Satiriker, 60-140 n. Chr:  
*„Es ist absolut unmöglich, irgendwo in der Stadt zu schlafen. Der unaufhörliche Lärm von Wagen in den Nachbarstraßen genügt, um Tote aufzuwecken.“*



Robert Koch, 1843-1910:  
*„Eines Tages wird der Mensch den Lärm ebenso unerbittlich bekämpfen müssen wie die Cholera und die Pest.“*



Franz Kafka, Erzählung „Großer Lärm“, 1911:  
*„Ich sitze in meinem Zimmer im Hauptquartier des Lärms der ganzen Wohnung.  
Alle Türen höre ich schlagen, durch ihren Lärm bleiben mir nur die Schritte der zwischen ihnen Laufenden erspart, noch das Zuklappen der Herdtüre in der Küche höre ich,[...] aus dem Ofen im Nebenzimmer wird die Asche gekratzt. [...]“*

Quelle (alle): Bing-KI

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes

### 1b: Warum baulicher Schallschutz?

# GRANNER+PARTNER INGENIEURE



Quelle (alle): Bing KI

#### Allgemeine Definition von Schall:

Schwingungen eines elastischen Mediums (Luft), insbesondere im Bereich des menschlichen Hörens

Schallwellen treffen auf das menschliche Gehör und haben eine Wirkung sowohl auf den **Organismus selbst** als auch auf das **Bewusstsein des Menschen**

6

#### Wirkung von Schall auf den Organismus:

Gesundheitlich unbedenklich: z.B. geringe Schallpegel, angenehme Geräusche, Musik

#### Gesundheitsschädigend:

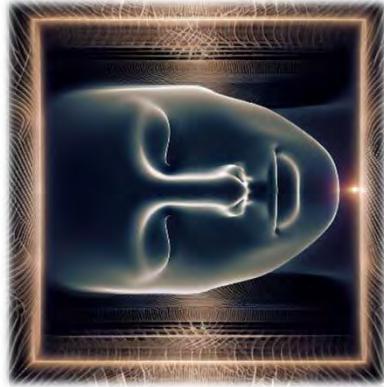
Negative Wirkung steigt i.d.R. mit zunehmendem Lärmpegel:

- Schlafstörungen
- Bluthochdruck
- Herz-Kreislauf-Erkrankungen

## **Entwicklung des baulichen Schallschutzes**

### **1b: Warum baulicher Schallschutz?**

## **GRÄNER+PARTNER | INGENIEURE**



Quelle (alle): Bing KI

#### Wirkung und Funktion von Schall auf bzw. für das menschliche Bewusstsein:

- Lärmempfindung subjektiv
- Störung des konzentrierten Denkens
- Komfort-Reduktion
- Informationsträger: Privatsphäre

#### Ausreichender Baulicher Schallschutz:

- Ist der körperlichen Gesundheit dienlich
- Reduziert akustische Störfaktoren
- Sorgt in ausreichendem Maß für Erholung
- Schützt die Privatsphäre

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes

### 1c: Wesentliche Bereiche

## GRANNER+PARTNER INGENIEURE

Wesentlichste Bereiche des baulichen Schallschutzes:

→ **Luftschalldämmung im Gebäude  
(Wände, Türen, Decken...)**

Parameter: Bewertetes Schalldämmmaß  $R'w$

→ **Trittschalldämmung (Decken, Treppen...)**

Parameter: Norm-Trittschallpegel  $L_{n,w}$

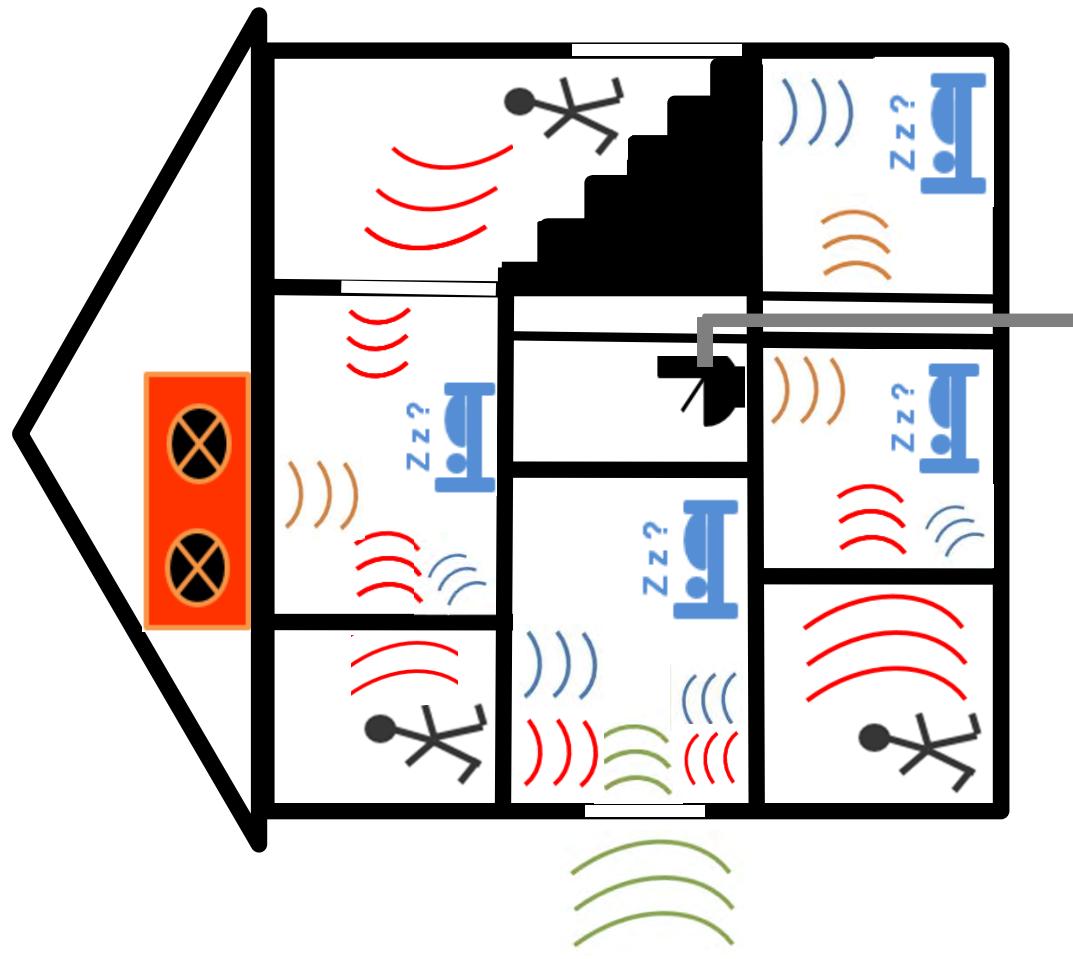
→ **Schutz gegen Außenlärm (Fassade, Fenster...)**

Bewertetes Schalldämmmaß  $R'w / R'w,res$

→ **Schutz gegen Geräusche aus haustechnischen Anlagen**

(Leitungen, Sanitär, Heizung, Lüftung, Aufzüge usw.)

Parameter: Schalldruckpegel  $L_{dB(A)}$



## Entwicklung des baulichen Schallschutzes

### 1d: Beispiele zur Schalldämmung von Bauteilen

## GRANNER+PARTNER INGENIEURE

#### Beispiele: Luftschalldämmung / Wahrnehmung

Luftschall-dämmung <b>Rw</b>	Konstruktionsbeispiel	Wahrnehmbarkeit von Sprache (übliche Sprechlautstärke), niedriger Grundgeräuschpegel
37 dB	Einfache Bürotrennwand (100 mm Gipskartonwand)	Gut hörbar / verstehbar
45 dB	Bürotrennwand mit Anspruch an Konzentration (125 mm Gipskartonwand, alt. 11,5 cm Mauerwerk)	Hörbar / i.d.R. nicht verstehbar
47 dB	Klassenraumtrennwand (150 mm Gipskartonwand, alt. 17,5 cm Mauerwerk)	Hörbar / i.d.R. nicht verstehbar
52 dB	Bürotrennwand, erhöhter Anspruch an Vertraulichkeit (155 mm Gipskartonwand, getren. Ständerwerk, alt 20 cm Mauerwerk)	Gerade hörbar / nicht verstehbar
56 dB	Moderne Wohnungstrennwand (d=24 cm Mauerwerk RD 2,0)	i.d.R. unhörbar / nicht verstehbar

→ Ab ca. 3 dB Unterschied: Subjektiv wahrnehmbar !

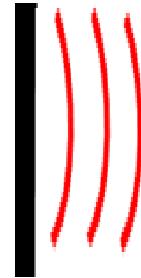
## Entwicklung des baulichen Schallschutzes

### 1d: Beispiele zur Schalldämmung von Bauteilen

**GRANNER+PARTNER INGENIEURE**

Beispiel: Trittschalldämmung von Bauteilen (JE NIEDRIGER, DESTO BESSER!)

Trittschalldämmung L'�,w	Konstruktionsbeispiel
58 dB	Mäßig entkoppelter Treppenlauf
53 dB	Mindestschallschutz von Trenndecken in Schulen (schwimmender Estrich / Hohlboden auf 16 cm Stahlbetondecke)
50 dB	Mindestschallschutz von Wohnungstrenndecken in Neubauten (schwimmender Estrich auf 18 cm Stahlbetondecke)
45 dB	Erhöhter Schallschutz von Wohnungstrenndecken (schwimmender Estrich auf 22 cm Stahlbetondecke)
33 dB	Mindestschallschutz von Gasträumen (auch nach 22.00 Uhr Betrieb) in Wohnhäusern (von unten nach oben)



## Entwicklung des baulichen Schallschutzes

### 1e: Schutzziele

Baulicher Schallschutz hat nachfolgende Schutzziele:

- A) Schutz vor gesundheitsschädigender Lärmeinwirkung / vor „unzumutbaren Belästigungen“
- B) Schutz der eigenen Privatsphäre
- C) Steigerung des Wohnkomforts

1 Schutzziele A und B:

→ **Mindestschallschutz, Gebot der gegenseitigen Rücksichtnahme**

Mindestanforderung in **bauordnungsrechtlich** geforderten Schallschutznachweisen  
i.d.R. nur für einfachsten Mietwohnungsbau oder sozialen Wohnungsbau

Schutzziel C:

→ **Erhöhter Schallschutz** erforderlich

→ Heutiger Standard im **verkehrsüblichen** (Eigentums-)Wohnungsbau  
→ **Vertragliche** Festlegung notwendig (BGH-Urteil)



Quelle: Bing KI

## **Entwicklung des baulichen Schallschutzes**

### **1e: Schutzziele**

**GRANNER+PARTNER | INGENIEURE**

Maßgeblichste Norm für den baulichen Schallschutz in Deutschland:

## **DIN 4109**

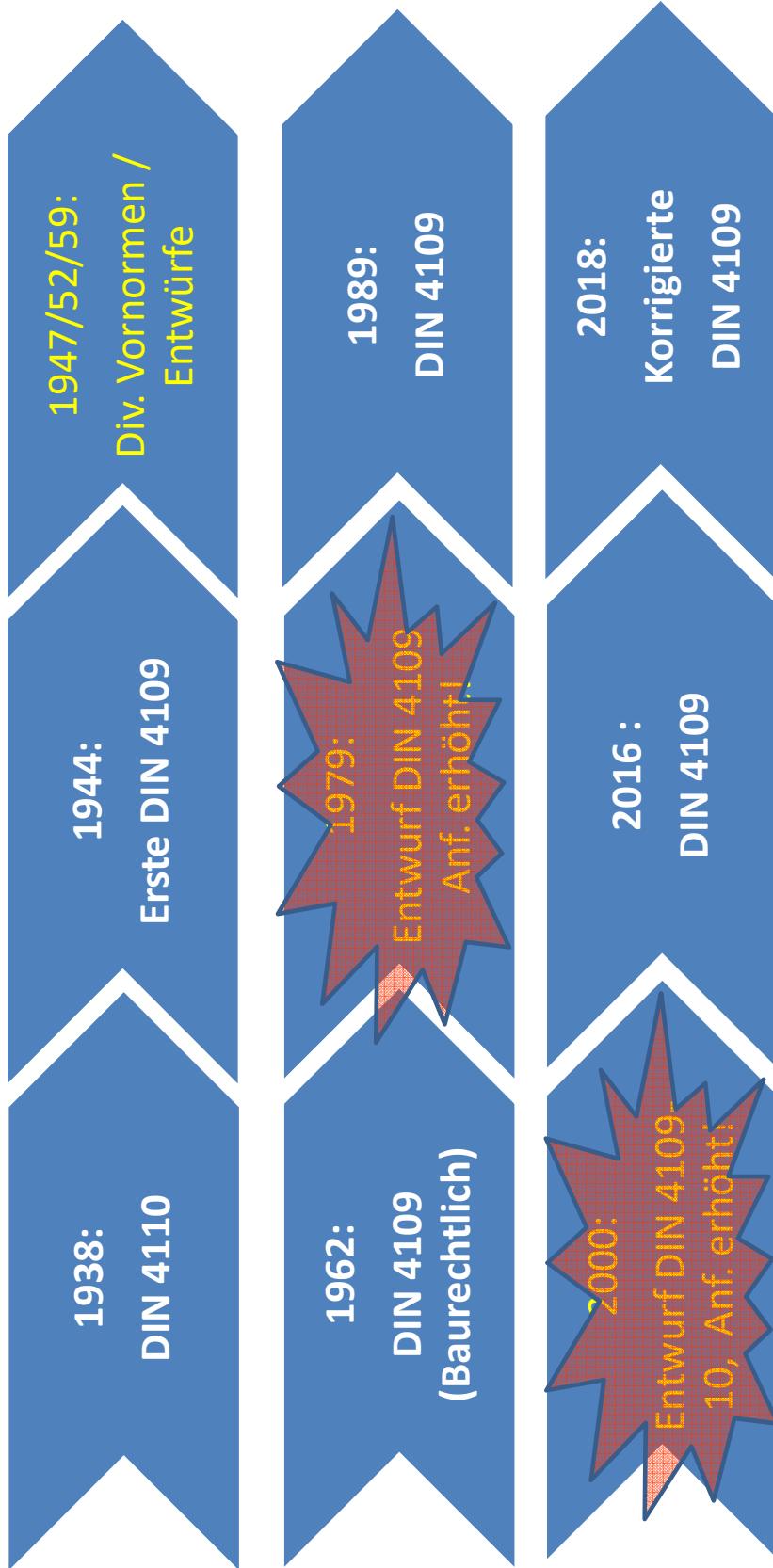
- 12 → Regelt den Schallschutz zwischen fremden Wohn- und Arbeitsbereichen, auch aus haustechnischen Anlagen
- Regelt den Schallschutz gegen Außenlärm
- Gilt für schutzbedürftige Räume wie **Wohnzimmer, Schlafzimmer, Wohndielen, Büros und vglb. Arbeitsräume, Unterrichtsräume, Bettenräume in Kliniken usw.**
- Gilt nicht für z.B. **Abstellräume, Kleine WCs u.ä., Kochküchen, dauerhaft lautere Räume**



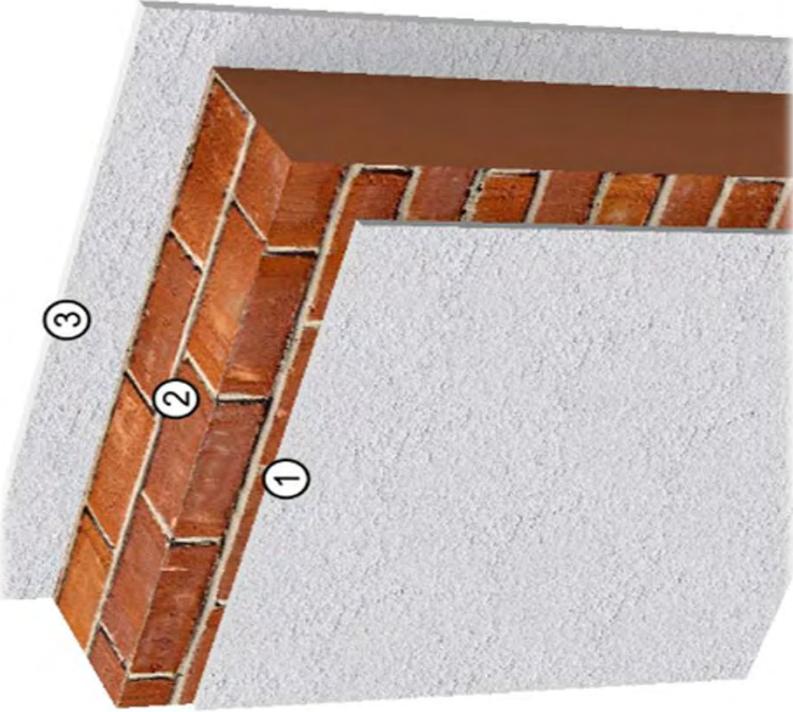
Quelle: Bing KI

## **Entwicklung des baulichen Schallschutzes 1f: Schallschutz-Normen: Anfänge und Entwicklung**

Schallschutz-Normung in Deutschland .... Überblick



## Entwicklung des baulichen Schallschutzes 1f: Schallschutz-Normen: Anfänge/ Entwicklung



**Jahr 1938:** Erstmals Schallschutz in Norm DIN 4110 enthalten:

Behandlung Schallschutz auf **2 Seiten** (!)

Wohnungstrennwände („Scheidewände“):  
mind. 450 kg/m<sup>2</sup> (ca. 25 cm Voll-Ziegel)

**X** Keine Regelung zum Außenlärm

**X** Keine Hinweise zu haustechnischen Anlagen

**X** Kein rechnerisches Nachweisverfahren

→ Begünstigend: Hohe Massen für Trennbauteile und Flanken

Schalldämmung R'w= 54 – 56 dB

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes 1f: Schallschutz-Normen: Anfänge/ Entwicklung

### GRANNER+PARTNER INGENIEURE

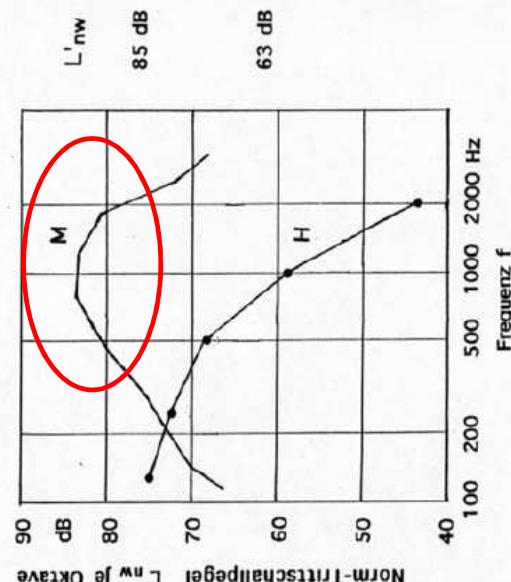
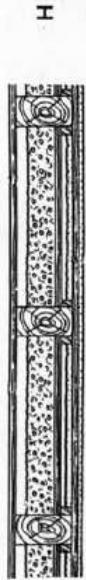
Jahr 1944: Erste Fassung DIN 4109, Schallschutz auf 6 Seiten:

Reduzierung Schallschutz um 4 dB auf umgerechnet  $R'w \approx 50$  dB Decken, erste Hinweise zur günstigen Auswirkung von trittweichen Belägen (Teppich) / „Wanne“ aus weichem Dämmstoff

„Luft- und Trittschalldämmung Decken i.d.R. sehr mangelhaft, „85 Phon“ als Anforderungswert

Außenlärm:

„Besondere Maßnahmen an Außenwänden zum Schutz gegen Luftschall des Straßenlärm sind im allgemeinen wegen der großen Schalldurchlässigkeit der Fenster zwecklos.“  
(Fenster meist noch Einscheiben-Verglasung, selten: Kastenfenster)



○ Erste Hinweise zum Schallschutz haustechnischer Anlagen:  
Wasserleitungen, Lüftergeräusche, Entkopplung Maschinen

✗ Noch kein rechnerisches Nachweisverfahren

Quelle: Gösele

Hochfrequente Schallübertragung:  
Kehren mit Haarbesen unterhalb hörbar!

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes 1f: Schallschutz-Normen: Anfänge/ Entwicklung

Wesentliche Erkenntnis bereits in der Fassung von 1944:

Lärmeinwirkungen können die Gesundheit der Menschen schädigen und ihre Leistungsfähigkeit herabsetzen. Deshalb muß der Mensch in seiner Wohnung vor Lärmeinwirkungen möglichst geschützt werden. Besonders wichtig ist dies in Großstädten, wo die Menschen eng beieinander wohnen und dem Lärm des Straßenverkehrs und benachbarter Betriebe ausgesetzt sind.

Für den Schallschutz müssen im Hochbau vielfach zusätzliche Kosten aufgewendet werden, die nicht unmittelbar durch Ersparnisse — wie etwa beim Wärmeschutz durch Einsparung an Heizkosten — aufgewogen werden können. Der Schutz der Gesundheit und der Arbeitskraft des Menschen rechtfertigt jedoch die Aufwendung zusätzlicher Kosten. Der ausreichende Schutz der Aufenthalts- und Arbeitsräume gegen Lärm der verschiedensten Art ist daher eine wichtige Aufgabe.

Jedoch: Anforderungen der DIN 4109 aus 1944 waren hierfür nicht ausreichend !

## **Entwicklung des baulichen Schallschutzes**

### **2a: Schallschutz: Die 1960-er Jahre**

**GRANNER+PARTNER | INGENIEURE**

### **1962: Bauordnungsrechtliche Einführung der DIN 4109 Schallschutz im Hochbau**

DK 699.844 : 534.83 : 001.4		DEUTSCHE NORMEN	Anlage 2 September 1962 *)
Schallschutz im Hochbau	Begriffe	DIN 4109	Blatt 1

Mit Blatt 2 bis 5 Ersatz für DIN 4109

**Inhalt**

**Einleitung**

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes

### 2a: Schallschutz: Die 1960-er Jahre

**GRANER+PARTNER INGENIEURE**

Bestehend aus 5 Blättern, insgesamt 40 Seiten:

Blatt 2:

Enthielt Mindestanforderungen und erhöhte Anforderungen

Schallschutz nach	Luftschalldämmung R'w		Trittschalldämmung L'n,w	
Bauteil	Normaler Schallsch.	Erhöhter Schallsch.	Normaler Schallsch.	Erhöhter Schallsch.
Wohnungstrenndecken	52 dB	55 dB	63 dB	53 dB
Wohnungstrennwände	52 dB	55 dB	--	--

**Nachweis durch  
Messung!**

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes

### 2a: Schallschutz: Die 1960-er Jahre

## GRANNER+PARTNER INGENIEURE

Blatt 2:  
Ergänzende Anforderungen auch für besonders laute Räume, z.B.:

Lichtspieltheater, Gaststätten, Gewerbebetriebe, jeweils an Wohnungen

Schallschutz nach	Luftschalldämmung R'w		Trittschalldämmung L'n,w		Mit heutigen Anforderungen an laute Räume vergleichbar!
Bauteil	Normaler Schallsch.	Erhöhter Schallsch.	Normaler Schallsch.	Erhöhter Schallsch.	
Trenndecken	62 dB	> 62 dB	43 dB	< 43 dB	
Trennwände	62 dB	> 62 dB	--	--	

... sowie Anforderungen für Trennbauenteile in :

- Hotels
- Krankenhäusern
- Schulen

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes

### 2a: Schallschutz: Die 1960-er Jahre

## GRANNER+PARTNER INGENIEURE

Blatt 2:  
Erste Anforderungen an max. Schalldruckpegel in haustechnischen Anlagen

Hausechnische Anlagen	Max. Schallpegel
Wohn-/Schlafräume, Arbeitsräume	„max. 30 DIN-Phon“ ≈30 dB(A)
Für Anlagen 7.00-22.00 Uhr Ausnahme	„max. 40 DIN-Phon“ ≈40 dB(A)

Dies galt für z.B.:

- alle haustechnischen Anlagen wie Heizungsanlagen, Müllabwurfanlagen usw.
- haustechnische Leitungen wie Wasser- / Abwasserleitungen

→ damals „mutige“ Anforderung, Schallschutz der Haustechnik noch am Beginn  
→ Anforderung diente auch als Antrieb, die Technik rasch zu optimieren

G spült  
ohne Lärm!



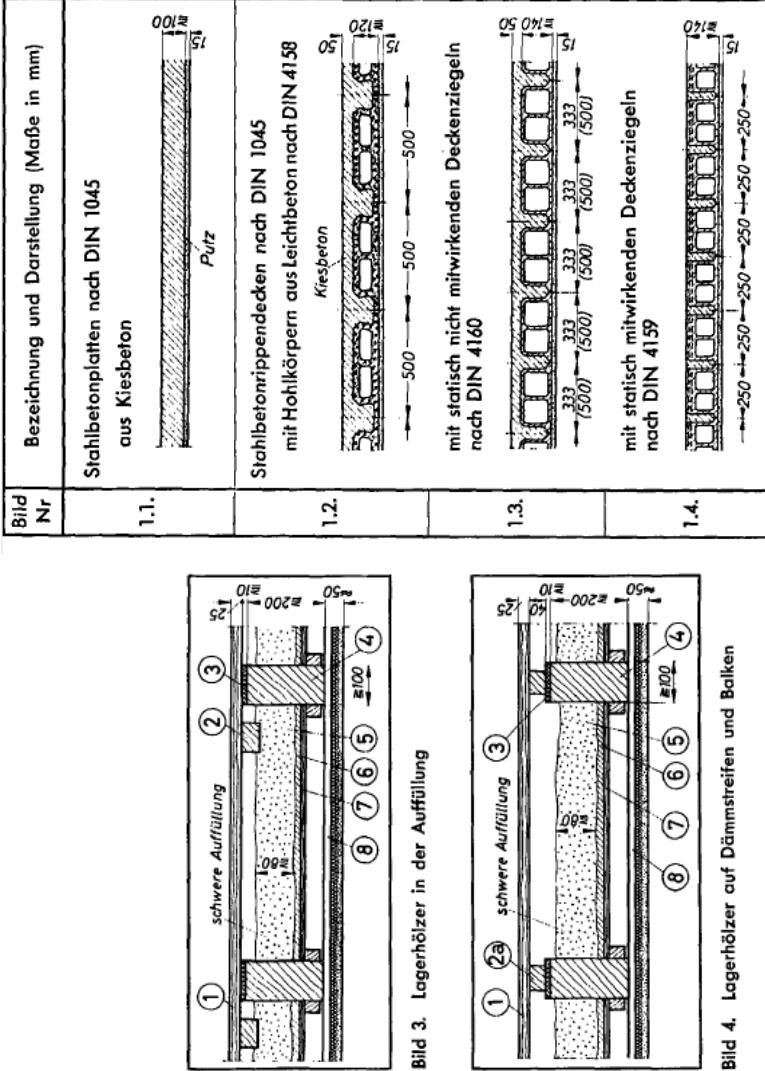
## Entwicklung des baulichen Schallschutzes

### 2a: Schallschutz: Die 1960-er Jahre

#### Blatt 3: Ausführungsbeispiele

Tabelle 3. Mindestdicken einschaliger Wände<sup>1)</sup> mit Luftschallschutzmaßen  $\geq 0 \text{ dB}$

Zeile	Spalte	a	b	c	d	e	f	g
	Normblatt-Nr	Bezeichnung	Rohdichte $\text{kg/dm}^3$	Mindest-dicken ohne Putz mm	Wand-gewicht mit Putz <sup>2)</sup> $\text{kg/m}^2$	Mindest-dicken ohne Putz mm	Wand-gewicht mit Putz <sup>2)</sup> $\text{kg/m}^2$	
Mauerwerk aus Voll-, Loch- und Hohlblocksteinen, beiderseits 15 mm dick geputzt								
1	DIN 105	Lochziegel, Vollziegel	1,0 <sup>3)</sup>	365	450	300	380	
2			1,2 <sup>3)</sup>	300	445	240	360	
3			1,4 <sup>3)</sup>	240	405	—	—	
4		Vollziegel	1,8	240	485	—	—	
5		Hochbaulklinker	1,9	240	505	—	—	
6		Kalksand-Hohlblocksteine	1,0 <sup>3)</sup>	—	—	300	380	
7			1,2 <sup>3)</sup>	300	440	240	360	
8			1,4 <sup>3)</sup>	300	445	240	360	
9		Kalksand-Lochsteine	1,4 <sup>3)</sup>	240	405	—	—	
10			1,6 <sup>3)</sup>	240	440	—	—	
11	DIN 105 Blatt 1	Kalksand-Vollsteine	1,6	240	440	—	—	
12			1,8	240	485	—	—	
13			2,0	240	530	—	—	



#### Beispiele Wohnungstrennwände

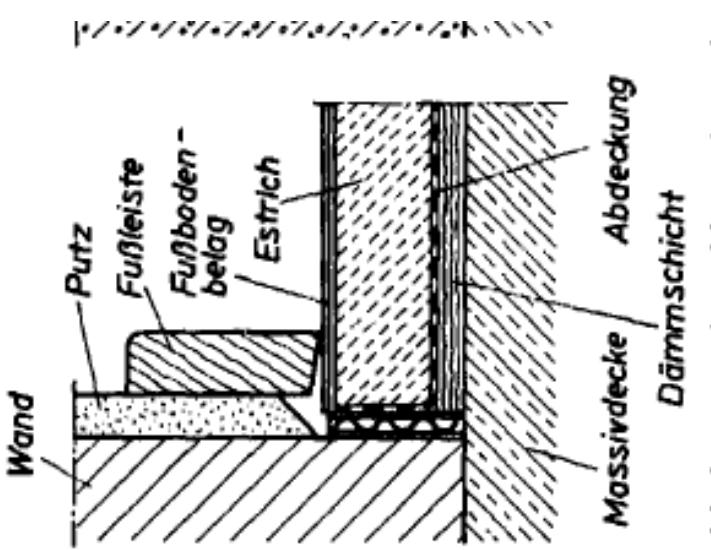
#### Beispiele Trenndecken

X Noch kein rechnerisches Nachweisverfahren → Bauen gem. Ausführungsbeispiel !

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes

### 2a: Schallschutz: Die 1960-er Jahre

#### Blatt 4: Schwimmende Estriche auf Massivdecken



#### **Bild 1. Beispiele von Massivdecken der Gruppe I.**

Einschalige Decken mit einem Gesamtgewicht ohne Deckenauflage von mindestens **225 kg/m<sup>2</sup>**

**Ohne Deckenauflage Luft- und Trittschalldämmung unzureichend.**

**Maßgebliche Erkenntnis !**

Die Massivdecke nach Bild 1.1 hat bei einem Gesamtgewicht ohne Deckenauflage von mindestens  $350 \text{ kg/m}^2$  eine ausreichende Luftschalldämmung; sie gehört dann zur Deckengruppe II (Bild 2.1).

In Treppenräumen werden besonders durch das Begehen der Treppenstufen und -podeste Geräusche in die Wohnungen übertragen. Da es schwierig ist, die Stufen schwingend auf dem massiven Treppenlauf zu verlegen, empfiehlt es sich, die Treppen mit Abstand von den Treppenraumwänden ausszuführen. Bei Podesten sollte man auf einen schwimmenden Estrich oder andere Trittschalldämmende

**Treppen:**  
**Schalltechnisch problematisch...noch keine entkoppelten Läufe**

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes

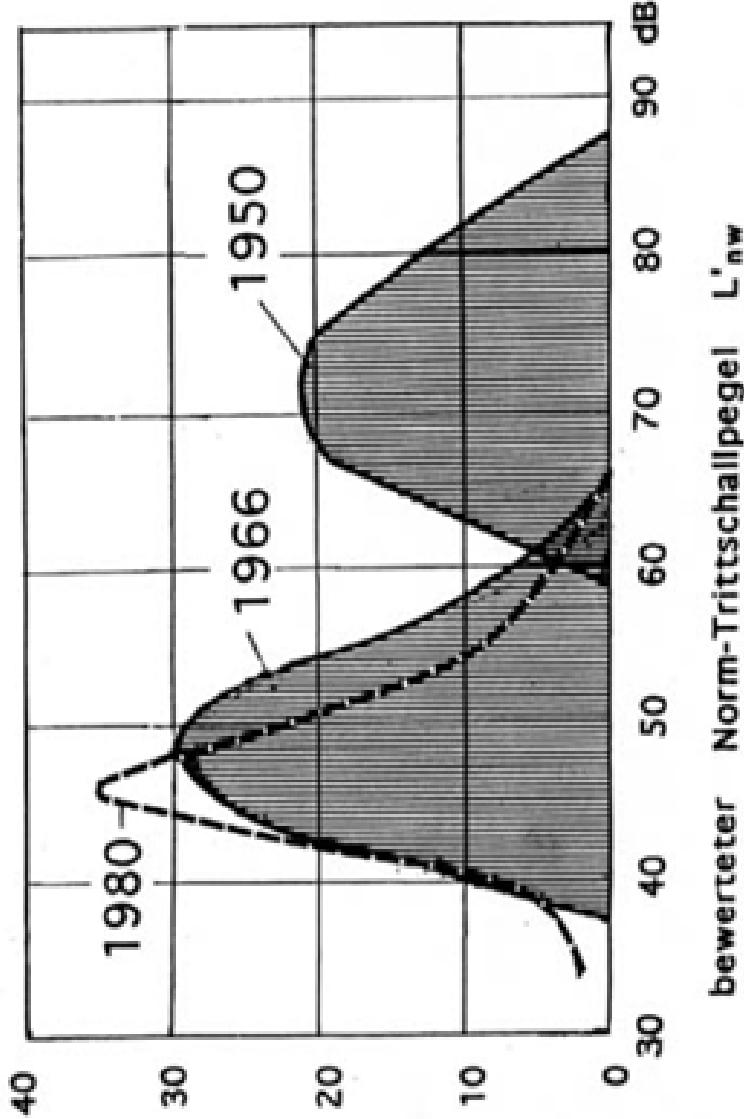
### 2a: Schallschutz: Die 1960-er Jahre

Blatt 4 zeigte Wirkung:

Bauindustrie:  
„Schwimmende Estriche anfällig“

Fakt war/ist jedoch:  
Mindest- wie erhöhter Schallschutz benötigen  
trittschalldämmende Deckenauflagen !

Vergleich zu Decken aus den 50-ern:  
Deutliche Verbesserung des Schallschutzes durch  
schwimmenden Estrich und schwerere Decken



Quelle: Gösele

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes

### 2a: Schallschutz: Die 1960-er Jahre

#### Blatt 5: Enthielt schalltechnisch wichtige Erläuterungen, z.B. zum Einfluss der Flanken:

##### **2.3.1. Flankenübertragung beim Luftschall**

Bild 5 zeigt die unmittelbare Übertragung des Luftschalls durch Trenndecke oder Trennwand und die möglichen Wege der Flankenübertragung zwischen zwei Räumen.

**2.3.1.1. Angrenzende einschalige Bauteile**  
Als ausreichend schwer gelten angrenzende, einschalige Bauteile, wenn sie  $250 \text{ kg/m}^2$  oder mehr wiegen (siehe auch Blatt 3 Abschnitt 1.3.1.2).

Wenn alle angrenzenden, einschaligen Bauteile ein Gewicht  $\geq 350 \text{ kg/m}^2$  haben, ist die Flankenübertragung noch gering.

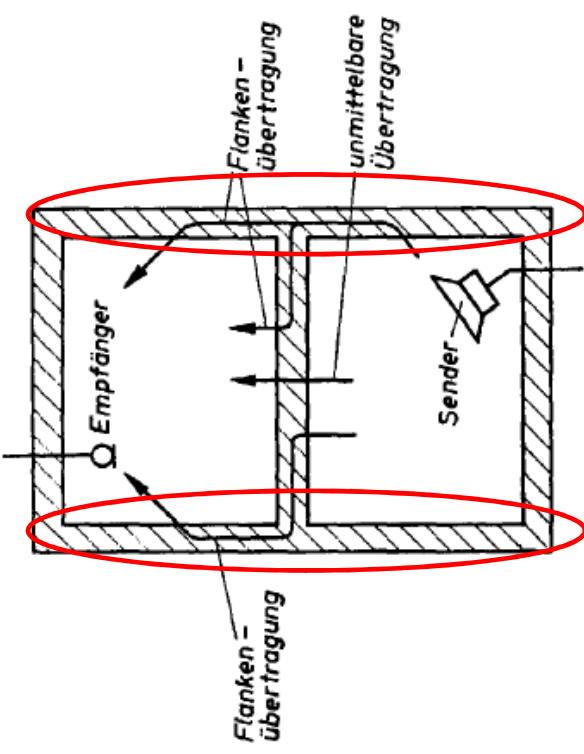


Bild 5. Wege der Luftschallübertragung zwischen 2 Räumen

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes

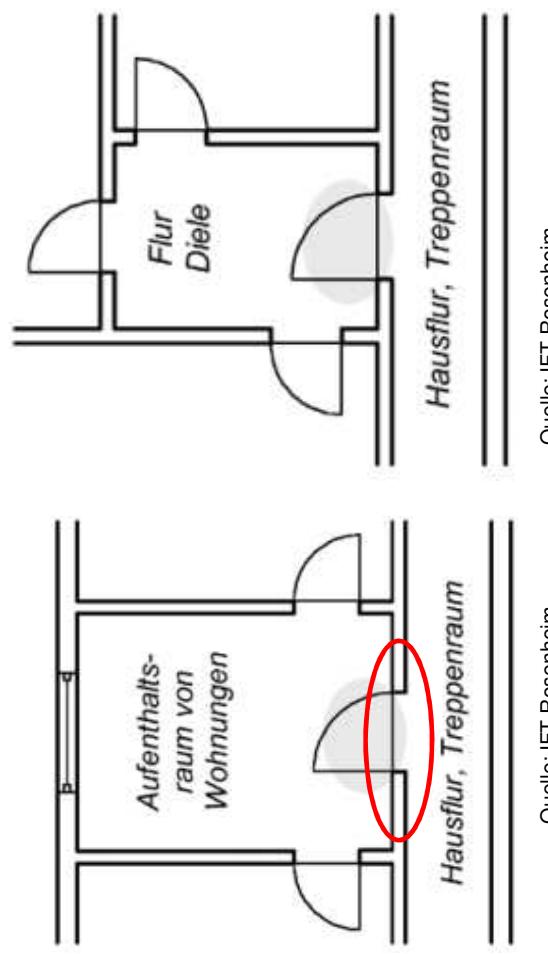
### 2a: Schallschutz: Die 1960-er Jahre

Blatt 5: Enthieilt schalltechnisch wichtige Erläuterungen, z.B. zur Schalldämmung von Fenstern und Wohnungstüren:

Tabelle 3. Schalldämm-Maße R von Fenstern

Fensterart	Mittleres Schalldämm-Maß R ohne zusätzliche Dichtung	mit zusätzlicher Dichtung
Einfachfenster	~ 20 dB	bis 25 dB
Verbundfenster	~ 25 dB	bis 30 dB
Kastendoppelfenster	~ 30 dB	bis 40 dB

Das Schalldämm-Maß üblicher Einfachtüren von etwa 20 bis 25 dB erhöht sich bei Doppeltüren auf etwa 40 dB. Wohnungsabschlußtüren, die unmittelbar vom Treppenraum in einen Wohnraum führen, sollten als **Doppeltüren** ausgebildet werden.



Quelle: IFT Rosenheim

Quelle: IFT Rosenheim

Quelle: IFT Rosenheim

○ Hinweis Außenlärm: Räume mit Fenstern zu erhöhtem Außenlärm sollten erhöhte Schalldämmung erhalten

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes 2b: Schallschutz ab den 1990-er Jahren

1989: DIN 4109 Schallschutz im Hochbau

DEUTSCHE NORM		November 1989
<b>DK 699.844</b>	<b>Schallschutz im Hochbau</b> Anforderungen und Nachweise	<b>DIN</b> <b>4109</b>
		Sound insulation in buildings; requirements and verifications Isolation acoustique dans les bâtiments; exigences et vérifications Ersatz für DIN 4109 T 1/09.62 und mit Beiblatt 2 zu DIN 4109/11.89 Ersatz für DIN 4109 T 2/09.62

Quelle: DIN 4109

## **Entwicklung des baulichen Schallschutzes 2b: Schallschutz ab den 1990-er Jahren**

1989: DIN 4109 Schallschutz im Hochbau

Bestehend aus dem Hauptteil und 2 Beiblättern, **106 Seiten**

Hauptteil:

Bauordnungsrechtliche (Mindest-)**Anforderungen**  
Schutz vor „unzumutbaren Belästigungen“, Erfordernis gegenseitiger Rücksichtnahme  
Anforderungen für Wohnungen, Arbeitsräume, Doppel- u. Reihenhäuser, Beherbergungsstätten, Schulen,  
Kliniken

Beiblatt 1:

**Erstmals Rechenverfahren enthalten**, Ausführungsbeispiele  
Massivbau, Skelettbau, Holzbau in Ansätzen, Schallschutz gegen Außenlärm

Beiblatt 2:

Vorschläge für einen **erhöhten Schallschutz** (Wohnungen, Reihenhäuser) und Empfehlungen für den  
(normalen und erhöhten) Schallschutz im eigenen Arbeitsbereich

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes

### 2b: Schallschutz ab den 1990-er Jahren

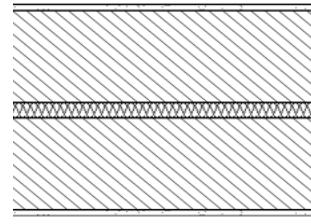
Anforderungen: Nur teilweise Fortschritte ggü. 1962 (**Änderungen ggü. 1962 rot**)

Schallschutz MFHs	Anforderung	
Bauteil	Luftschalldämmung R'w	Trittschalldämmung L'n,w
Wohnungstrenndecken	54 dB (+2 dB)	53 dB ( <b>-10 dB</b> )
Wohntrennwände	53 dB (+1 dB)	--

Luftschalldämmung: unerheblich (Subjektive Wahrnehmung ab 3 dB!)  
 Trittschalldämmung: Starke Änderung, aber unproblematisch, da Bauweise das ohnehin erreichte

Reihenhäuser	Schallschutz-Anforderung	
Bauteil	Luftschalldämmung R'w	Trittschalldämmung L'n,w
Haustrennwände	57 dB (+ 2 dB)	--

→ Wäre auch mit 1-schaliger Wand möglich, ABER:  
**2-schalige Bauweise** = Regel der Technik, ermöglicht deutlich höhere Schalldämmung!



## **Entwicklung des baulichen Schallschutzes 2b: Schallschutz ab den 1990-er Jahren**

**GRANNER+PARTNER | INGENIEURE**

Anforderungen: Nur teilweise Fortschritte ggü. 1962 (Änderungen ggü. 1962 rot)

<b>Haustechnische Anlagen</b>	<b>Max. Schallpegel LA,F,max</b>
Wohn-/Schlafräume	30 dB(A) (+0 dB)
Arbeitsräume	35 dB(A) (Lockierung um +5 dB)

Beispiele:

- Aufzüge an schutzbedürftigen Räumen (z.B. Schlaf- /Kinderzimmer)
- Heizzentralen (z.B. Technikraum an Wohnung)
- Leitungen (z.B. Geräusche aus Wasser-/ Abwasserleitungen)

**X Keine Anforderungen an Nutzengeräusche wie z.B. beim Öffnen-/Schließen von Armaturen!**

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes

### 2b: Schallschutz ab den 1990-er Jahren

**Außenbauteile:**  
**Neu: Anforderungen Schallschutz gegen Außenlärm (Beispiel Straßenlärm)**

Tabelle 8: Anforderungen an die Luftschalldämmung von Außenbauteilen

Spalte Zeile	1	2	3	4	5	Raumarten	
						"Maßgeblicher Außenlärmpegel"	Bettenräume in Krankenanstalten und Sanatorien
1	I	I	bis 55	35	30	30	-
2	II	II	56 bis 60	36	30	30	30
3	III	III	61 bis 65	40	35	35	30
4	IV	IV	66 bis 70	45	40	40	35
5	V	V	71 bis 75	50	45	45	40
6	VI	VI	76 bis 80	2)	50	50	45
7	VII	VII	> 80	2)	2)	2)	50

- 1) An Außenbauteile von Räumen, bei denen der eindringende Außenlärm aufgrund der in den Räumen ausgeübten Tätigkeiten nur einen untergeordneten Beitrag zum Innenraumpegel leistet, werden keine Anforderungen gestellt.  
 2) Die Anforderungen sind hier aufgrund der örtlichen Gegebenheiten festzulegen.

Quelle: DIN 4109



Quelle (alle): Bing KI

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes 2b: Schallschutz ab den 1990-er Jahren

### Neu: Anforderungen Schallschutz gegen Fluglärm



Quelle: Pixbay



### Außенbauteile:

Notwendige  
Schalldämmung  
Je nach Tag-  
/Nachtschutzzone  
gem. Flug-LSV



Quelle: Fa. Siegenia

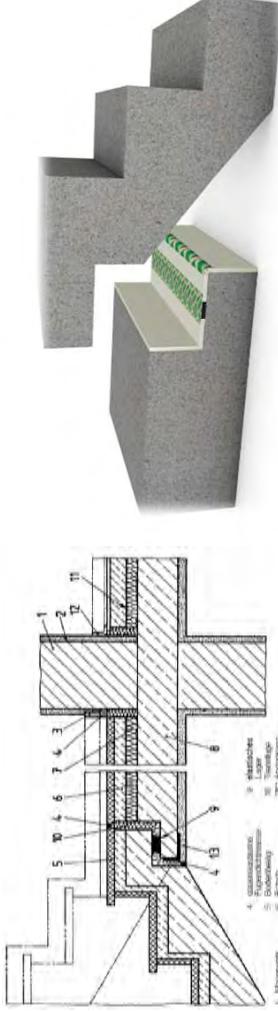
## Entwicklung des baulichen Schallschutzes 2b: Schallschutz ab den 1990-er Jahren

### GRANNER+PARTNER | INGENIEURE

#### Neu: Anforderungen an die Trittschalldämmung von Treppen

Bauteil	$L'_{n,w}$	alte siehe	1 Treppen und Treppenraumwand	2 $L_{n,w,R}^{eq}(TSM_{eq,R})$ dB	3 $L_{n,w,R}^{eq}(TSM_R)$ dB
Treppen in Geschosshäusern mit Wohnungen und Arbeitsräumen	58 dB		1 Treppenpodest 1), fest verbunden mit einschaliger, biegesteifer Treppenraumwand (flächenbezogene Masse $\geq 380 \text{ kg/m}^2$ ) 2 Treppenlauf 1), fest verbunden mit einschaliger, biegesteifer Treppenraumwand (flächenbezogene Masse $\geq 380 \text{ kg/m}^2$ ) 3 Treppenlauf 1), abgesetzt von einschaliger, biegesteifer Treppenraumwand	66 (- 3) 61 (+ 2) 58 (+ 5)	70 (- 7) 65 (- 2) 58 (+ 5)

- ✗ Keine Anforderungen an Treppenläufe, wenn Aufzüge vorhanden
- ✗ Keine Anforderungen genannt für: Schulen, Krankenhäuser, Beherbergungsstätten



Quelle: Speba

**Elastische Treppenlagerung notwendig für erhöhten Schallschutz!**

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes

### 2b: Schallschutz ab den 1990-er Jahren

## GRANNER+PARTNER | INGENIEURE

#### Neu: Anforderungen an die Luftschalldämmung von Türen

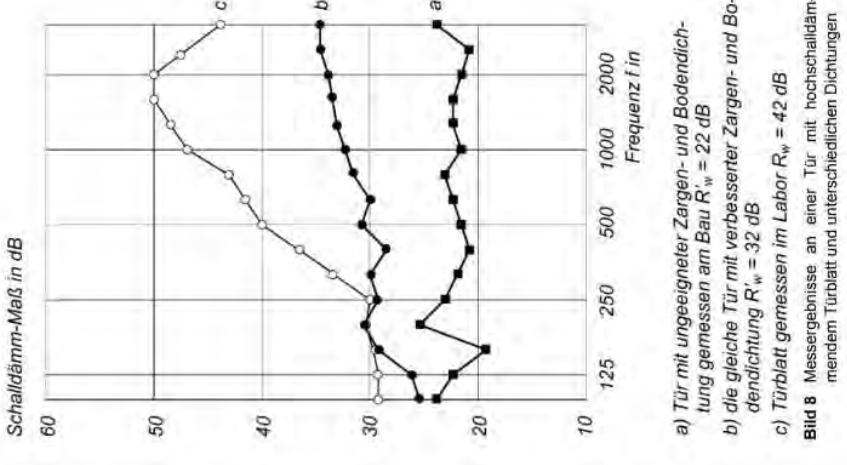
Bauteil	Rw
Türen von Treppenräumen in Dielen von Wohnungen	27 dB
Türen direkt zu Aufenthaltsräumen von Wohnungen, Türen von Sprech-/Untersuchungszimmern	37 dB



Quelle: Fa. domoferm



Quelle: Fa. Athmer



**Bild 8** Messergebnisse an einer Tür mit hochschalldämmendem Türblatt und unterschiedlichen Dichtungen  
a) Tür mit ungeeigneter Zargen- und Bodendichtung gemessen am Bau  $R_w = 22$  dB  
b) die gleiche Tür mit verbesselter Zargen- und Bodendichtung  $R'_w = 32$  dB  
c) Türblatt gemessen im Labor  $R_w = 42$  dB

Quelle: IFT-Rosenheim

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes 2b: Schallschutz ab den 1990-er Jahren

# GRANNER+PARTNER | INGENIEURE

### DIN 4109, Beiblatt 1: Rechenverfahren, Ausführungsbeispiele

Tabelle 12. **Bewertetes Schalldämm-Maß  $R'_{w,R}$  von Massivdecken (Rechen)**

Spalte	1	2	3	$R'_{w,R}$ dB (2)
Zeile	Flächenbezogene Masse $m'$ $kg/m^2$	Einschallige Massivdecke, Estrich und Gehbelag unmittelbar aufgebracht	mit schwimmendem Estrich 4)	n
1	500	55	59	1
2	450	54	58	2
3	400	53	57	3

Daten zur Luftschalldämmung von Trenndecken.....

Quelle: DIN 4109

Tabelle 1. **Bewertetes Schalldämm-Maß  $R'_{w,R}$  von einschaligen, biegesteifen Wänden und Decken (Rechenwerte)**

Spalte	1	2
Zeile	Flächenbezogene Masse $m'$ $kg/m^2$	Bewertetes Schalldämm-Maß $R'_{w,R}$ dB
1	85 <sup>3)</sup>	34
2	90 <sup>3)</sup>	35
3	95 <sup>3)</sup>	36
4	105 <sup>3)</sup>	37
5	115 <sup>3)</sup>	38
6	125 <sup>3)</sup>	39
7	135	40
8	150	41
9	160	42
10	175	43
11	190	44
12	210	45
13	230	46
14	250	47
15	270	48
16	295	49
17	320	50
18	350	51
19	380	52
20	410	53

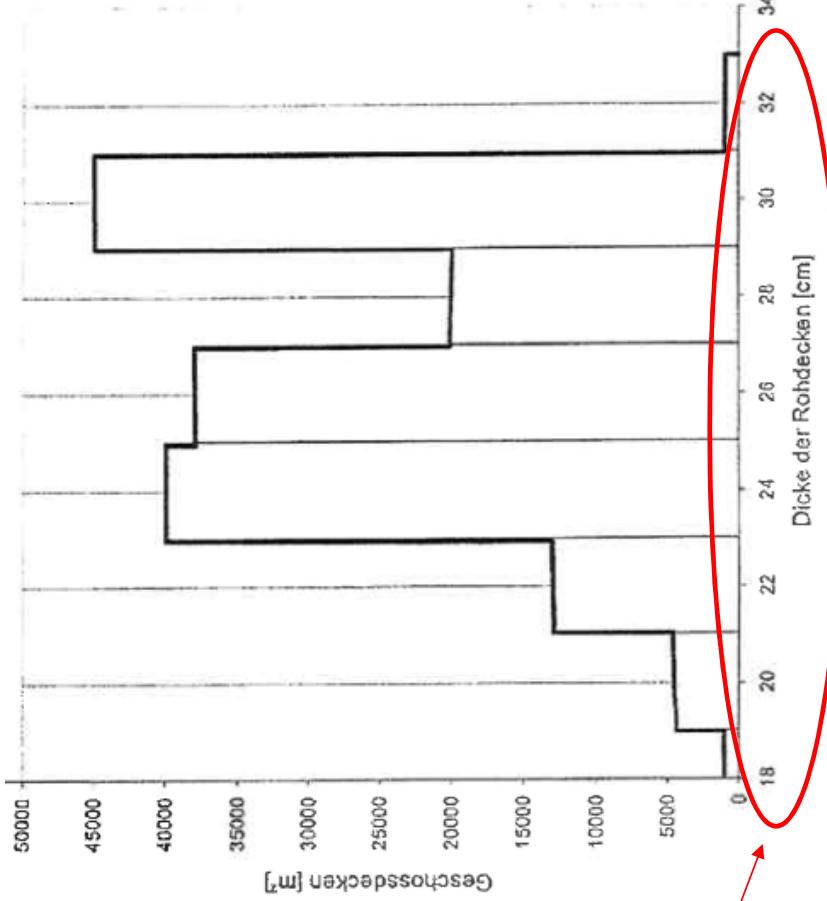
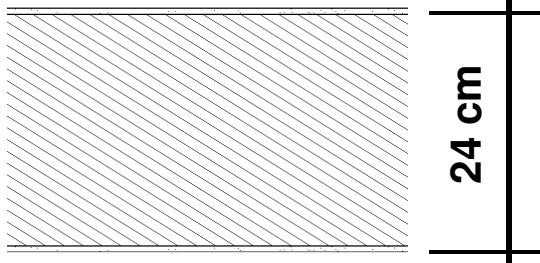
Quelle: DIN 4109

....und Trennwänden

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes 2b: Schallschutz ab den 1990-er Jahren

Massivbauweise in Deutschland im Geschosswohnungsbau vorherrschende Bauweise:

- Wohnungstrennwände meist 24 cm Mauerwerk (alt. Beton)
- Decken: Meist Stahlbeton mit schwimm. Estrich
- Mit geplanten Deckenstärken Luft-/Trittschall gut erreichbar



Quelle: Sälzer  
Auswertung aus ca. 2000 Wohnungen

## **Entwicklung des baulichen Schallschutzes**

### **2b: Schallschutz ab den 1990-er Jahren**

## **GRANNER+PARTNER INGENIEURE**

Massivbauweise in Deutschland im Geschosswohnungsbau weiter vorherrschend:

### Häufigste Probleme:

### Trenndecken:

→ „Estrich-Dröhnen“ (zu steife Trittschalldämmung)

→ Randdämmstreifen unvollständig

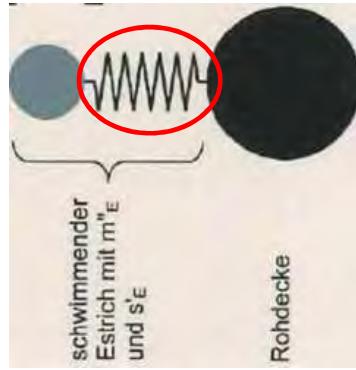
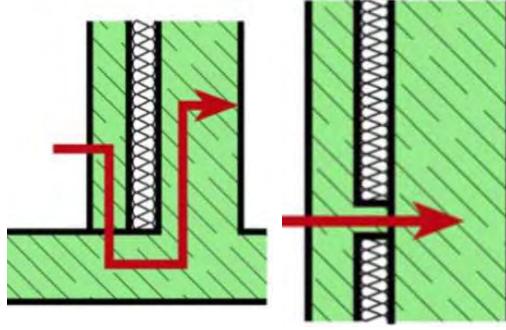
→ Körperschallbrücken zwischen Estrich und Rohdecke

### Trennwände:

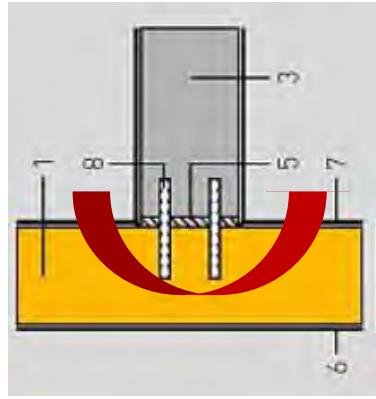
→ Stoßfugen / Wand mangelhaft verputzt

→ Schwächungen der Wände durch Schlitze / Durchdringungen

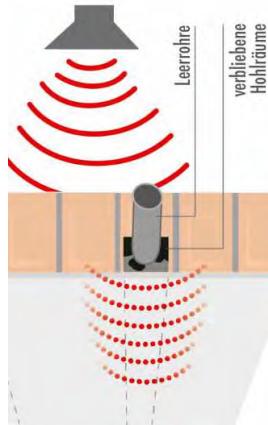
→ Zu leichte Flanken (z.B. durchlaufende Außenwand)



Quelle: baunetzwissen.de



Quelle: Fa. Ytong-Silka



Quelle: sanier.de

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes 2b: Schallschutz ab den 1990-er Jahren

### DIN 4109, Beiblatt 1: Rechenverfahren, Ausführungsbeispiele

Angaben zur Schalldämmung für Trennbauteile einschl.  
Flankenübertragung:

→ Schwachstelle: Hohe Übertragung über leichte Flanken  
wurde rechnerisch durch schwere Flanken ausgeglichen,  
**ergab teilweise unrealistische Ergebnisse!**

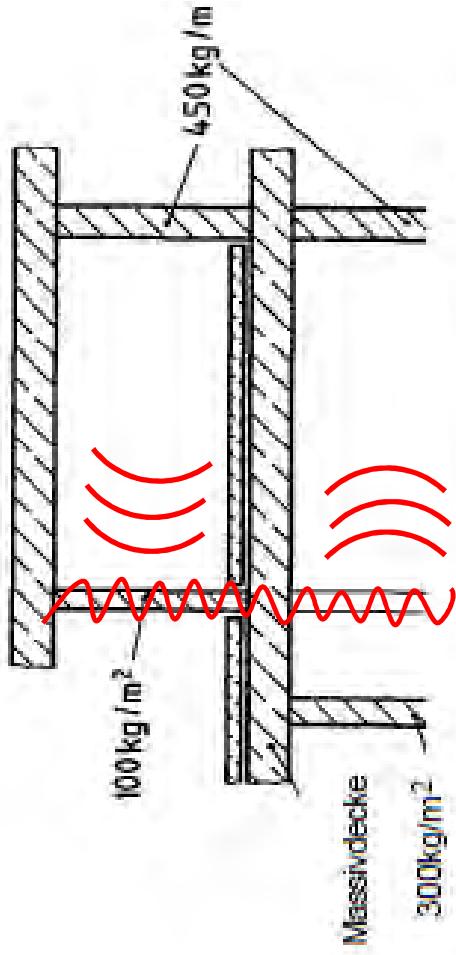


Bild 5.

Trenndecke: Massivdecke ( $400 \text{ kg/m}^2$ ) mit schwimmenden Estrich nach Tabelle 12,  $R_{w,R} = 57 \text{ dB}$

Flankierende  
Bauteile:  
Außenwand  
Wohnungstrennwand  
Flurwand  
Zwischenwand

$m_{L,1} = 200 \text{ kg/m}^2$	$m_{L,2} = 450 \text{ kg/m}^2$
<del><math>m_{L,3} = 300 \text{ kg/m}^2</math></del>	<del><math>m_{L,4} = 100 \text{ kg/m}^2</math></del>

Mittlere Masse Flanken:  $1050 \text{ kg/m}^2 : 4 = 263 \text{ kg/m}^2$

**ABER:**

Zwischenwand nur  $100 \text{ kg/m}^2 \rightarrow$  verstärkte Übertragung!

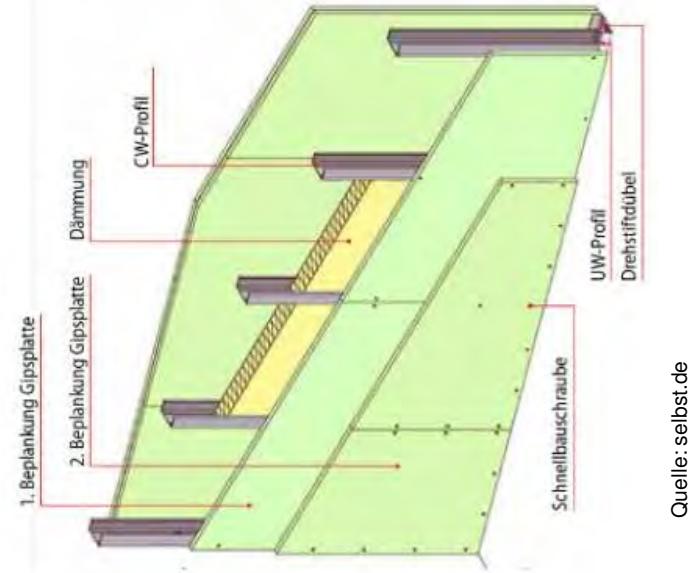
## Entwicklung des baulichen Schallschutzes 2b: Schallschutz ab den 1990-er Jahren

### GRANNER+PARTNER | INGENIEURE

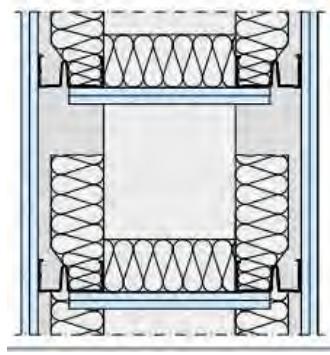
#### DIN 4109, Beiblatt 1: Rechenverfahren, Ausführungsbeispiele

Nachweisverfahren für den Trockenbau ermöglicht erstmals die detaillierte Nachweisführung von Trennwänden

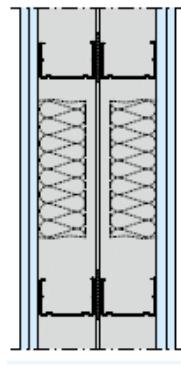
Trockenbau z.B. für Trennwände innerhalb von Wohnungen oder im Schul- und Bürobau zunehmend umgesetzt  
-Schnelle Bauweise  
-Hohe Schalldämmung durch Prinzip der Zweischaligkeit generierbar



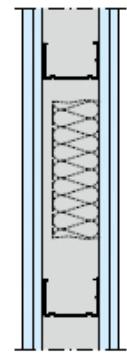
Quelle: selbst.de



Quelle: Knauf



Quelle: Knauf



Quelle: Knauf

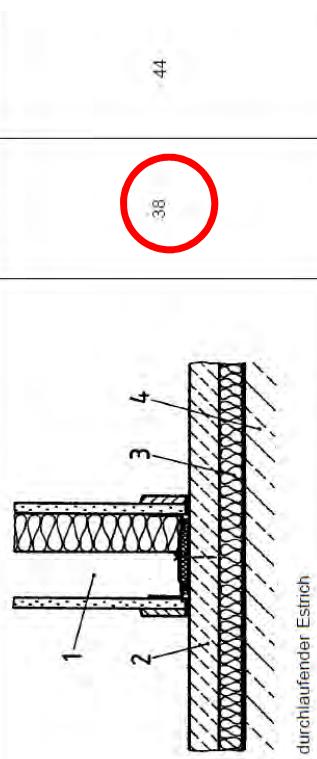
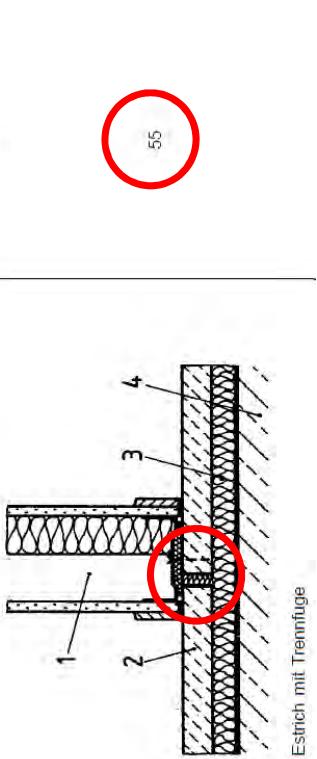
R<sub>W</sub>=45 dB

R<sub>W</sub>=65 dB

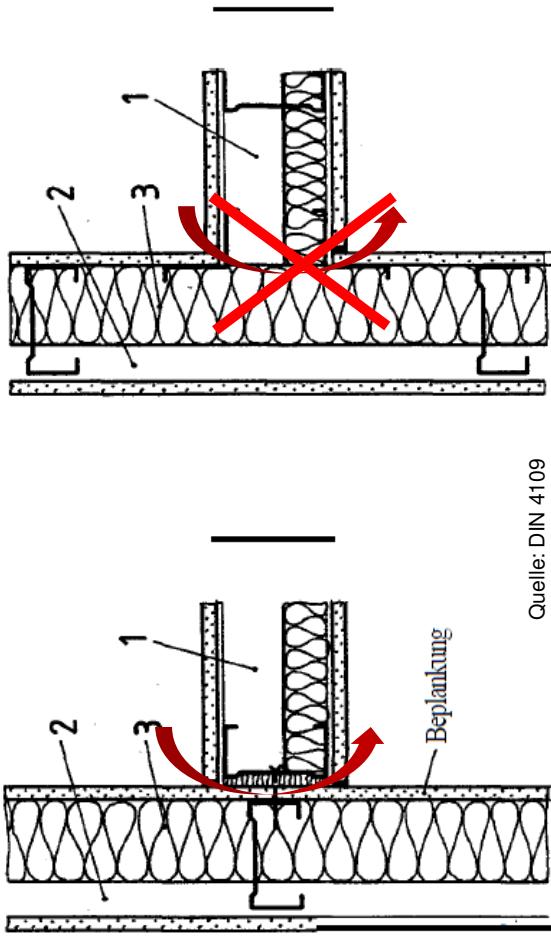
R<sub>W</sub>=75 dB

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes 2b Schallschutz ab den 1990-er Jahren

### DIN 4109, Beiblatt 1: Rechenverfahren, Ausführungsbeispiele

Ausführungsbeispiele	RL,W,R dB	Zement-, Anhydrit- oder Magnesia- estrich	Gussasphalt- estrich
	38		44
	55		

Quelle: DIN 4109



$RL,W,R=73 \text{ dB}$

Quelle: DIN 4109

$RL,W,R=53 \text{ dB}$

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes

### 2b: Schallschutz ab den 1990-er Jahren

DIN 4109, Beiblatt 2: **Erhöhter Schallschutz** (Änderungen ggü. Mindestschallschutz rot)

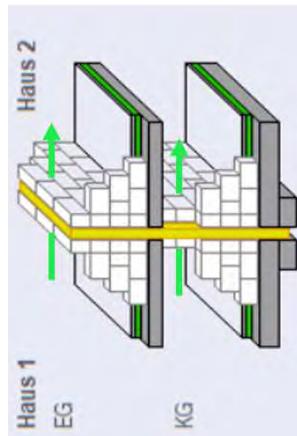
<b>Mehrfamilienhäuser</b>		<b>Schallschutz-Anforderung</b>	
<b>Bauteil</b>	<b>Luftschalldämmung R'w</b>	<b>Trittschalldämmung L'n,w</b>	
Wohnungstrenndecken	55 dB (+ 1 dB)	46 dB (- 7 dB)	
Wohnungstrennwände	55 dB (+ 2 dB)	--	

→ Trittschalldämmung: Änderung unproblematisch,  
→ da Bauweise mit schwimm. Estrich dies ohnehin liefert

<b>Reihenhäuser</b>		<b>Schallschutz-Anforderung</b>	
<b>Bauteil</b>	<b>Luftschalldämmung R'w</b>	<b>Trittschalldämmung L'n,w</b>	
Haustrennwände	67 dB (+ 10 dB)	--	

→ Nur mit konsequent 2-schaliger Bauweise erreichbar  
→ Mängel nur schwer zu beheben!

Quelle: KS-Schallschutzwrechner



## Entwicklung des baulichen Schallschutzes 2b: Schallschutz ab den 1990-er Jahren

### GRANNER+PARTNER INGENIEURE

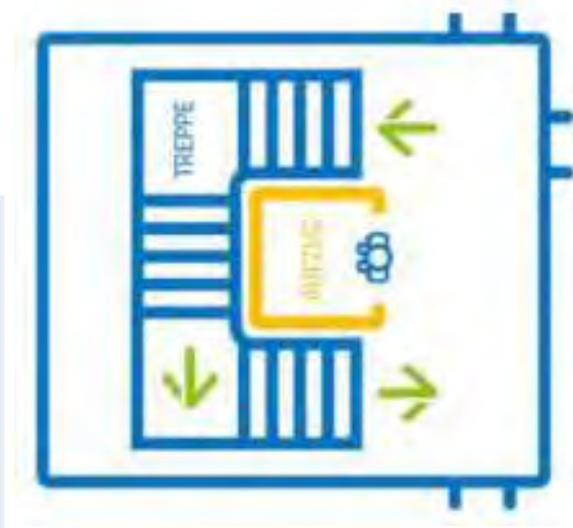
DIN 4109, Beiblatt 2: Erhöhter Schallschutz (**Änderungen ggü. Mindestschallschutz rot**)

Haustechnische Anlagen	Max. Schallpegel LA,F,max
Wohn-/Schlafräume	25 dB(A) (-5 dB)
Arbeitsräume (Büros u.ä.)	30 dB(A) (-5 dB)

Anforderung für Wohn- und Schlafräume sehr hoch,  
Beispiel Aufzug an Wohnung:

Anforderung nur erreichbar, wenn nicht direkt an Wohnraum angrenzend

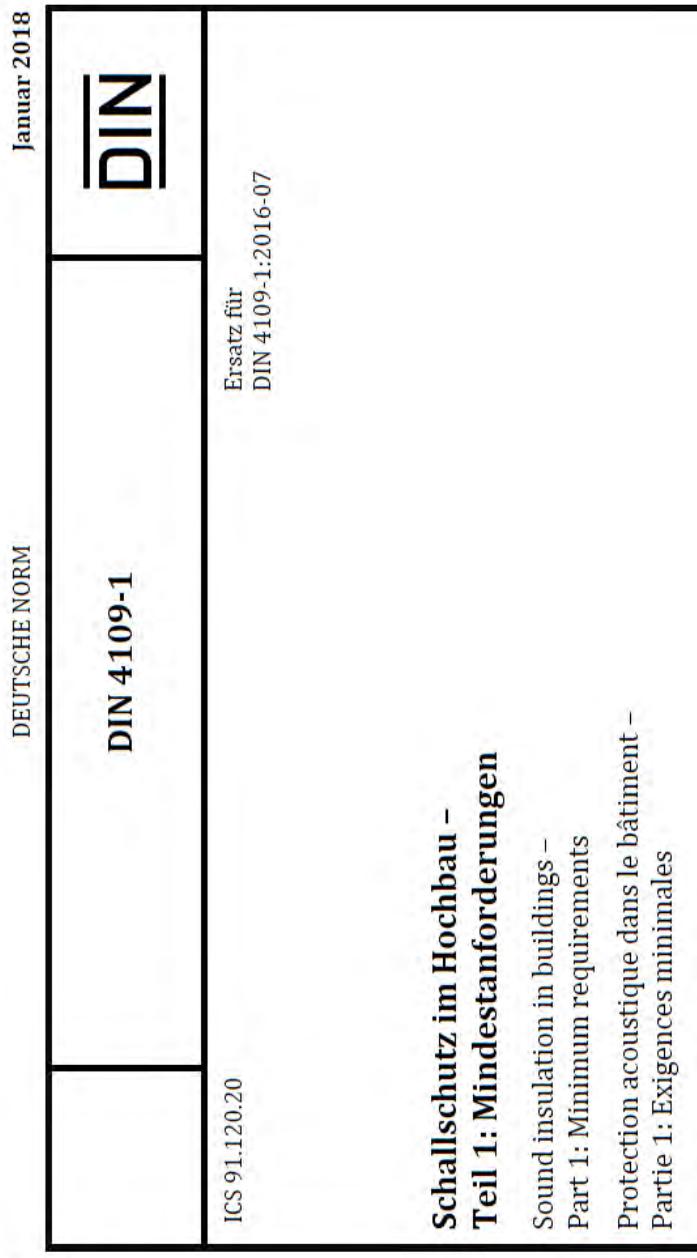
Schallschutz-Planung braucht sinnvolle Grundriss-Planung:  
→ Zur Minimierung des konstruktiven Aufwands  
→ Zur Senkung der Baukosten



Quelle: Fa. Kone

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes 2c: 2000er bis heute

### 2018: DIN 4109 Schallschutz im Hochbau, 381 Seiten



- Gesundheitsschutz
- Vertraulichkeit bei normaler Sprechweise
- Schutz vor unzumutbaren Belästigungen

Quelle: DIN 4109

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes 2c: 2000er bis heute

Berücksichtigt die europäische Anforderung gem. Bauproduktenrichtlinie:

Konsequente Trennung von Bauteileigenschaften und Gebäudeeigenschaften

## GRANNER+PARTNER INGENIEURE

### Mindest-Anforderung



Bauteileigenschaft  
(nur Trennbauteil)

43

### Normenaufbau:

DIN 4109-1: Mindestanforderungen

DIN 4109-2: Nachweisverfahren

DIN 4109-3 mit den Teilen -31 bis -36: Bauteilkataloge

Sowie:

DIN 4109-4: Bauakustische Prüfungen

Seit 2020 neu: DIN 4109-5 (erhöhter Schallschutz)

Berechnung

Ergebnis

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes 2c: 2000er bis heute

Anforderungen: Nur teilweise Fortschritte ggü. 1989 (**Änderungen ggü. 1989 rot**)

Schallschutz nach	Anforderung	
Bauteil	Luftschalldämmung	Trittschalldämmung
Wohnungstrenndecken	54 dB (+ 0 dB)	50 dB (-3 dB)
Wohnungstrennwände	53 dB (+ 0 dB)	--

Luftschalldämmung: Keine Änderung nach 30 Jahren, obwohl: Höhere Anforderungen die Regel und erreichbar !  
 Trittschalldämmung: Änderung unproblematisch erreichbar !

Reihenhäuser	Schallschutz-Anforderung		
Bauteil	Luftschalldämmung R'w	Trittschalldämmung L'n,w	
Haustrennwände im untersten Geschoss	59 dB (+ 2 dB)	--	
Haustrennwände oberhalb	62 dB (+ 5 dB)	--	

→ Führt zur Frage: Ist Gesundheitsschutz je nach Bauweise unterschiedlich hoch ?

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes 2b: Schallschutz ab den 1990-er Jahren

Haustechnische Anlagen:

**Neu:** Anforderungen an raumluftechnische Anlagen im eigenen Wohnbereich

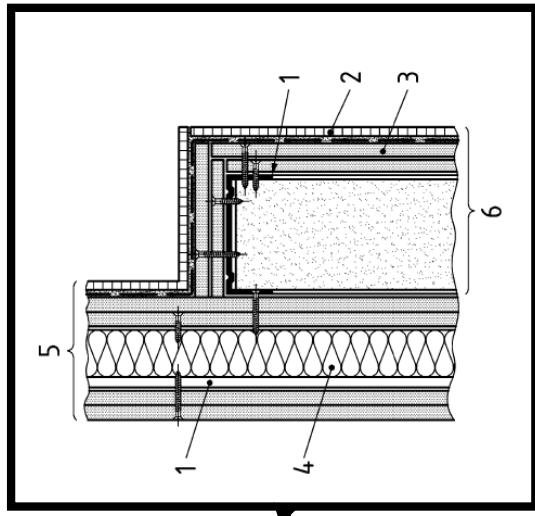
Haustechnische Anlagen	Max. Schallpegel LA,F,max
Wohn-/Schlafräume	30 dB(A)
Küchen	33 dB(A)

→ Einzelne kurzzeitige Geräuschespitzen dürfen **5 dB höher liegen**  
→ In Schlafräumen sind 35 dB(A) aber zu hoch !

**X** Keine Anforderungen an Nutzengeräusche (Betätigten Armaturen)

**X** Kein rechnerisches Nachweisverfahren für haustechnische Anlagen

**O** Musterinstallations-Bauteile für qualifizierte Sanitärgegenstände



Quelle: DIN 4109

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes 2c: 2000er bis heute

**Neu:** Verbesserter Schallschutz für Schlafräume.



Fenster eines Schlafzimmers

$$\begin{aligned}L_{tag} &= 70 \text{ dB(A)} \\L_{nacht} &= 64 \text{ dB(A)}\end{aligned}$$

NEU:  $L_a = L_{nacht} + 10 \text{ dB}$  !

$$L_a = 64 + 10 = 74 \text{ dB(A)}$$

„Schutz des Nachtschlafes“

DIN 4109:1989 | DIN 4109:2018

$$L_a = 70 \text{ dB}$$

$$R_w = 45 \text{ dB}$$

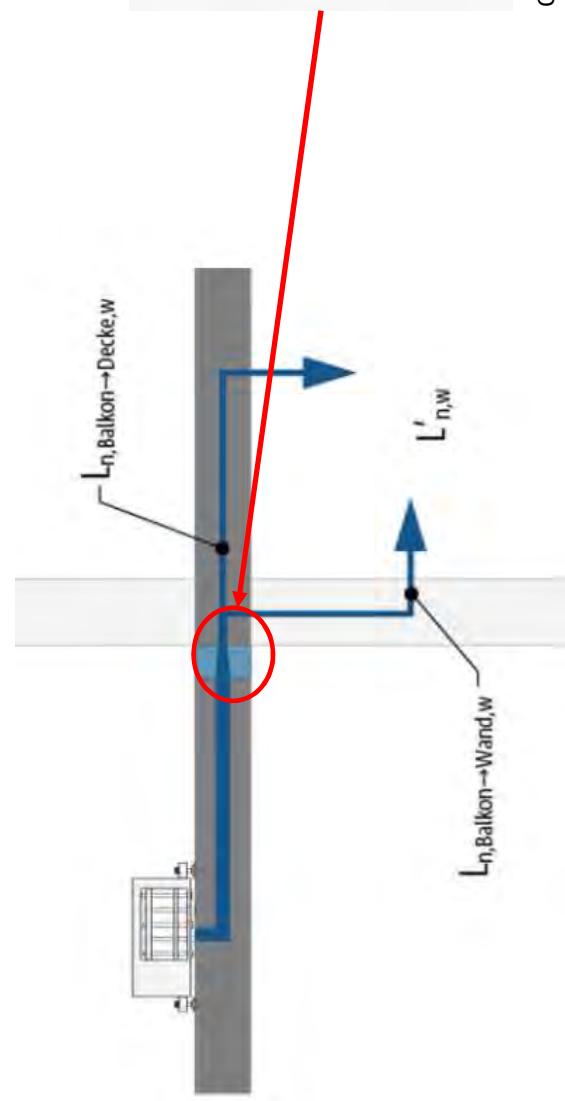
Maskierung???

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes 2c: 2000er bis heute

### GRANNER+PARTNER INGENIEURE

Neu (u.a.): Schallschutz-Anforderungen für Balkone

	Schallschutz-Anforderung	
Bauteil	Luftschalldämmung R'w	Trittschalldämmung L'n,w
Balkone	--	58 dB



Quelle: Schoeck



Quelle: Schoeck

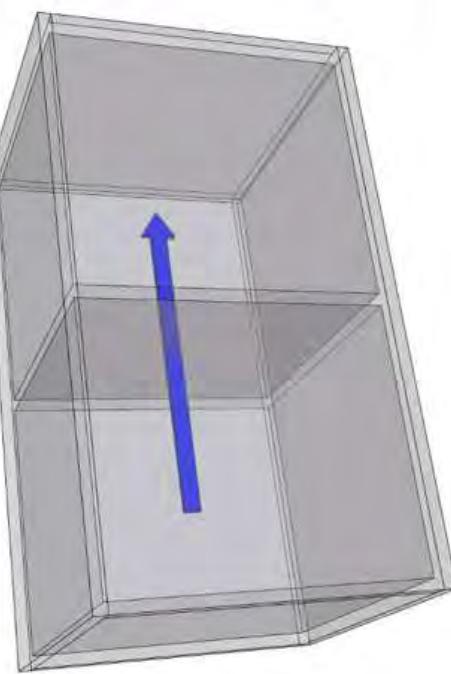
## Entwicklung des baulichen Schallschutzes 2c: 2000er bis heute

DIN 4109-2, Rechnerische Nachweise: Alle Übertragungswägen werden detailliert ermittelt:

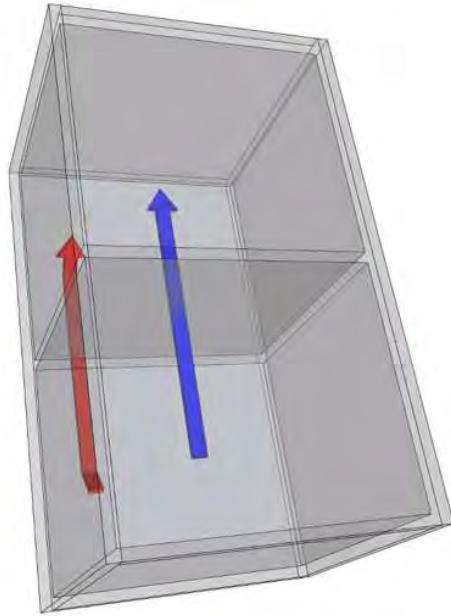
Übertragungsweg Dd

Übertragungsweg Ff

Übertragungsweg Dd



Trennbauteil selbst...



... Trennbauteil, Flanke...

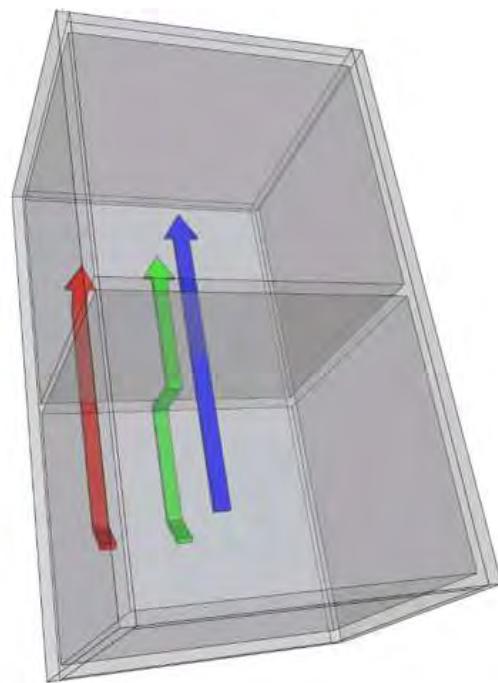
## Entwicklung des baulichen Schallschutzes 2c: 2000er bis heute

...alle Übertragungswege werden detailliert ermittelt:

Übertragungsweg Dd

Übertragungsweg Ff

Übertragungsweg Fd



Trennbau teil, Flanke, Flanke mit Trennbau teil...

...und alle weiteren Übertragungswege

→ Verfahren sehr aufwändig, daher i.d.R. Berechnungen mit Schallschutz-Software

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes 2c: 2000er bis heute

Berechnungsbeispiel Wohnungstrennwand Massivbau:



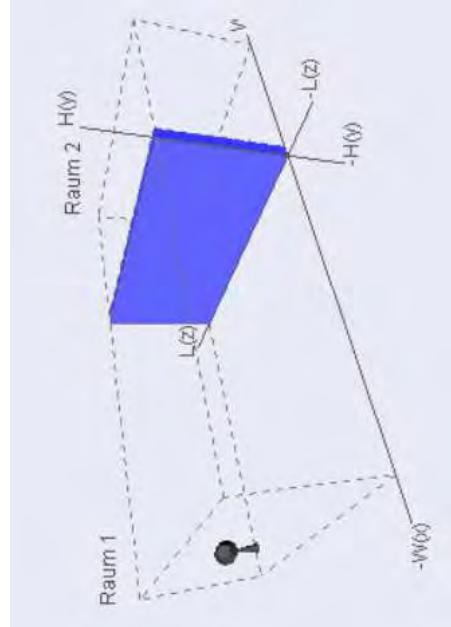
Trennwand 24 cm Mauerwerkswand

**Boden: Schwimmender Estrich auf Stahlbetondecke,  
Estrich durch Wand unterbrochen**

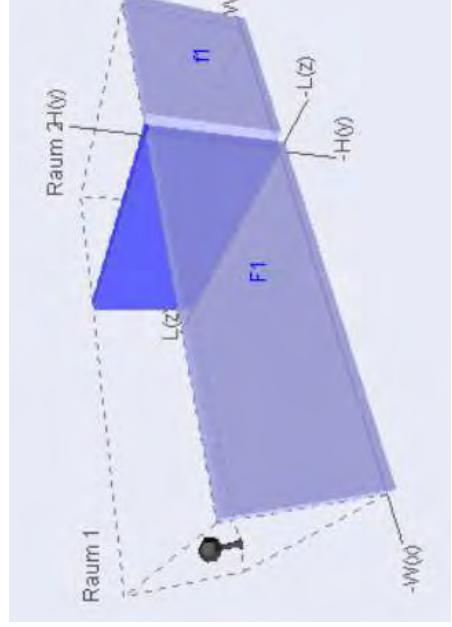
Decke: 22 cm Stahlbetondecke

Außenwand: 36,5 cm MW-Wand

**Innenwand: Leichte 11,5 cm MW-Wand, durchlaufend**



Quelle: KS-Schallschutzberechner

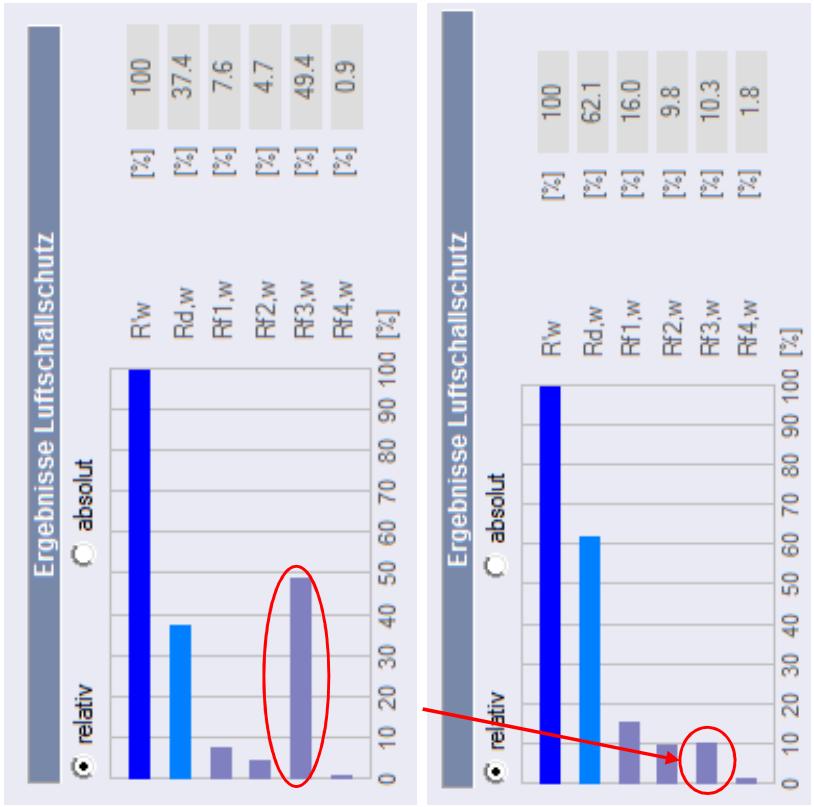
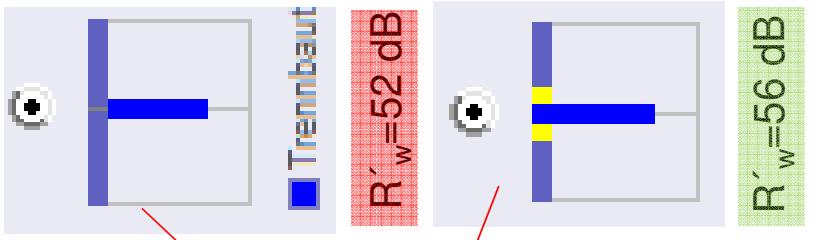
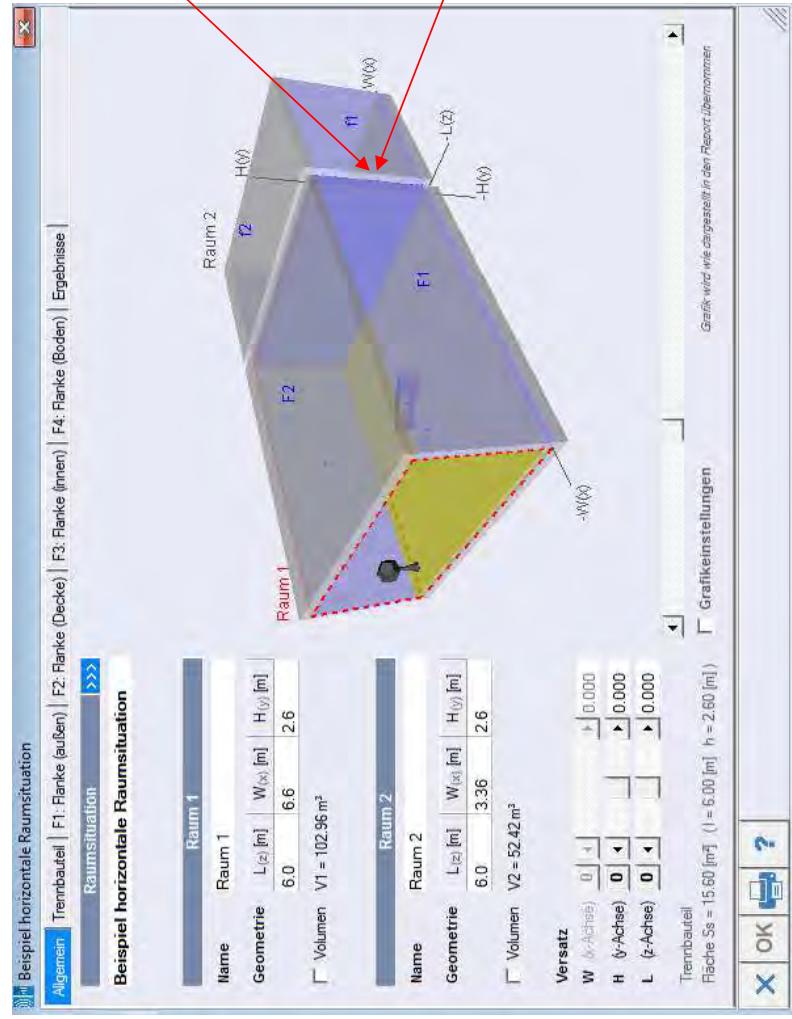


Quelle: KS-Schallschutzberechner

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes 2c: 2000er bis heute

## GRANNER+PARTNER INGENIEURE

Berechnungsbeispiel, Software „KS-Schallschutzrechner“:

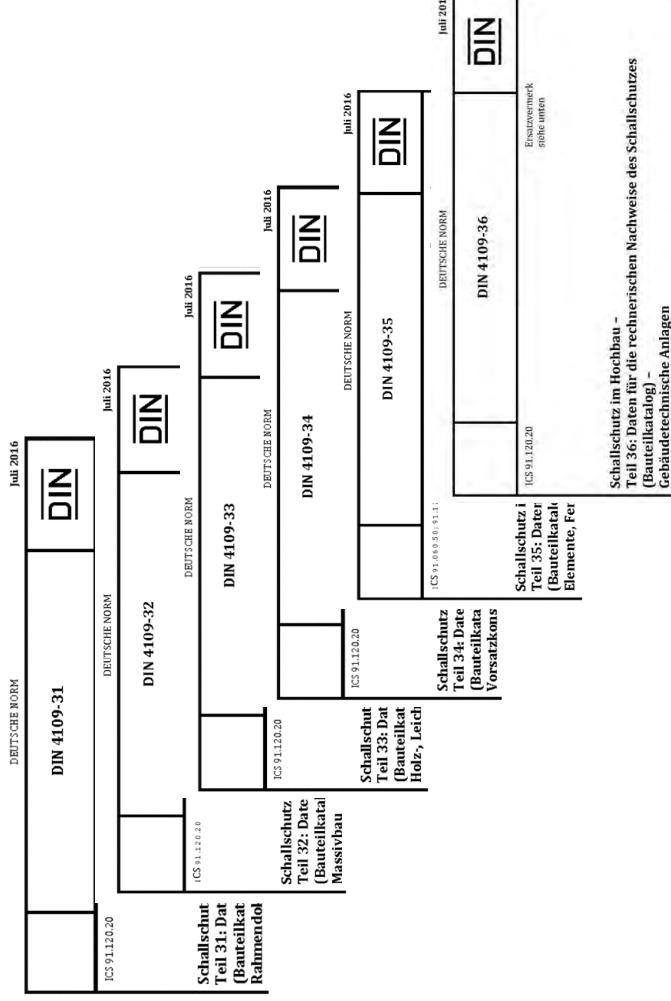


4 dB Erhöhung Schalldämmung bei gleichem Trennbau teil!  
Kritische Übertragungswerte gut ablesbar

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes 2c: 2000er bis heute

# GRANNER+PARTNER | INGENIEURE

### DIN 4109-3 mit den Teilen -31 bis -36: Bauteilkataloge



Schalltechnische Bauteilparameter u.a. für:

Massivbauteile (z.B. Wände, Decken, Treppen)

52 Holz-, Leicht-, Trockenbau (Gipskarton)

Vorsatzkonstruktionen (z.B. Vorsatzschalen, Estriche)

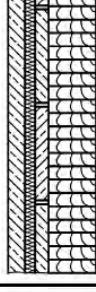
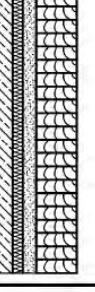
Fenster, Fassadenelemente

Gebäudetechnische Anlagen

Quelle: DIN 4109

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes 2c: 2000er bis heute

### GRANNER+PARTNER | INGENIEURE

Spalte	1	2	3	4
Zeile	Schnitt, vertikal	Konstruktionsdetails	$L_{u,w}$ ( $C_1$ ) dB	$R_w$ ( $C_1 C_R$ ) dB
		mm Bauteilbeschreibung		
1		<ul style="list-style-type: none"> <li><math>\geq 50</math> Estrich<sup>a</sup></li> <li><math>\geq 40</math> Mineralwolleldämmpfatten MW (<math>s' \leq 6 \text{ MN/m}^3</math>, Anwendungsbereich DES-sh)<sup>b</sup></li> <li><math>\geq 40</math> Betonsteinbeschwerung<sup>c</sup> (<math>n' \geq 100 \text{ kg/m}^2</math>)</li> <li><math>\geq 40</math> Brettsapeldcke, genagelt oder flachkant verlegtes Brettschichtholz<sup>d</sup></li> <li><math>\geq 50</math> Estrich<sup>a</sup></li> <li><math>\geq 40</math> Mineralwolleldämmpfatten MW (<math>s' \leq 6 \text{ MN/m}^3</math>, Anwendungsbereich DES-sh)<sup>b</sup></li> <li><math>\geq 40</math> Schüttung<sup>e</sup> (<math>n' \geq 60 \text{ kg/m}^2</math>) Rieselsschutz</li> <li><math>\geq 20</math> Brettsapeldcke, genagelt</li> </ul>	45 (-1)	≥ 70
2				

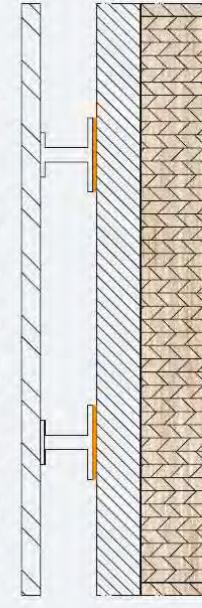
Bauteilkataloge benötigen (noch deutlich) mehr Bauteile:

Bspw. Brettsperrholzdecken mit hoher Variabilität wie:

53

- Art der Trittschalldämmung
- Art des Oberboden aufbaus
- Art / Dicke der Deckenbeschwerung
- Dicke der Brettsperrholzdecke
- Art der Unterdecke

#### Holz-Beton Decke mit Hohlbodenkonstruktion



...und deren Kombinationsmöglichkeiten!

$L_{eq,3000} = 43 \text{ dB}$   
 $C_{F0=3000} +2 \text{ dB}$

$R_w = 70 \text{ dB}$

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes 2c: 2000er bis heute

### GRANNER+PARTNER | INGENIEURE

2020: DIN 4109-5: Erhöhte Anforderungen (Erhöhter Schallschutz), Auszug

Mehrfamilienhäuser	Schallschutz-Anforderung	Erhöhter Schallschutz soll wahrnehmbar sein (3 dB/ 5 dB)	
Bauteil	Luftschalldämmung R'w	Trittschalldämmung L'n,w	
Wohnungstrenndecken	57 dB (+ 3 dB)	45 dB (-5 dB)	
Wohnungstrennwände	56 dB (+ 3 dB)	--	

Ist in diesen Anforderungen vergleichbar mit VDI 4100: 2007-08, SST II

die bis dahin oft verwendet wurde und auch für höhere Anforderungen noch verwendet wird (SST III) → Luxus-Wohnbau:

Wohnungstrenndecken	60 dB	39 dB	Achtung bei Baubeschreibungen: „edel“, „höchstwertig“ → SST III !!!
Wohnungstrennwände	59 dB	--	

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes 2c: 2000er bis heute

# GRANNER+PARTNER | INGENIEURE

### DEGA-Schallschutzausweis

III.6.3. Mustervorlage Schallschutzausweis

Schallschutzausweis																																		
Antragsteller:	Gebäude:					Bezeichnung der Wohneinheit HEG2																												
	Musterbau Musterbau GmbH Musterstraße 1 11111 Musterstadt	Muster A Musterstraße 24 70000 Musterhausen																																
Standort und Außenlärm situation						Klasse																												
Punktzahl	Wohngesamt ohne beschädigte Außenwände					B																												
<b>42</b>																																		
Baulicher Schallschutz																																		
Punktzahl	Ausführungssicherheit teilweise durch Messungen überprüft (siehe detaillierter SSAw)																																	
	ja nein	x nein	x nein	x nein	x nein	x nein																												
<b>227</b>																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Gesamtklasse von allen Kriterien eingehalten</th> </tr> <tr> <th>Decken [L' n,w]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Decken [L' n,w]</td> <td>&gt; 60 dB<sup>1)</sup></td> <td>≤ 60 dB<sup>1)</sup></td> </tr> <tr> <td>Balkone, Loggien, Terrassen, [L' n,w]</td> <td>&gt; 63 dB<sup>1)</sup></td> <td>≤ 63 dB<sup>1)</sup></td> </tr> </tbody> </table> <p>(incl. 32 Bonuspunkte) von mind. 145 in Stufe C</p>							Gesamtklasse von allen Kriterien eingehalten							Decken [L' n,w]	> 60 dB <sup>1)</sup>	≤ 60 dB <sup>1)</sup>	Balkone, Loggien, Terrassen, [L' n,w]	> 63 dB <sup>1)</sup>	≤ 63 dB <sup>1)</sup>															
Gesamtklasse von allen Kriterien eingehalten																																		
Decken [L' n,w]	Decken [L' n,w]	Decken [L' n,w]	Decken [L' n,w]	Decken [L' n,w]	Decken [L' n,w]	Decken [L' n,w]																												
Decken [L' n,w]	> 60 dB <sup>1)</sup>	≤ 60 dB <sup>1)</sup>	≤ 60 dB <sup>1)</sup>	≤ 60 dB <sup>1)</sup>	≤ 60 dB <sup>1)</sup>	≤ 60 dB <sup>1)</sup>																												
Balkone, Loggien, Terrassen, [L' n,w]	> 63 dB <sup>1)</sup>	≤ 63 dB <sup>1)</sup>	≤ 63 dB <sup>1)</sup>	≤ 63 dB <sup>1)</sup>	≤ 63 dB <sup>1)</sup>	≤ 63 dB <sup>1)</sup>																												

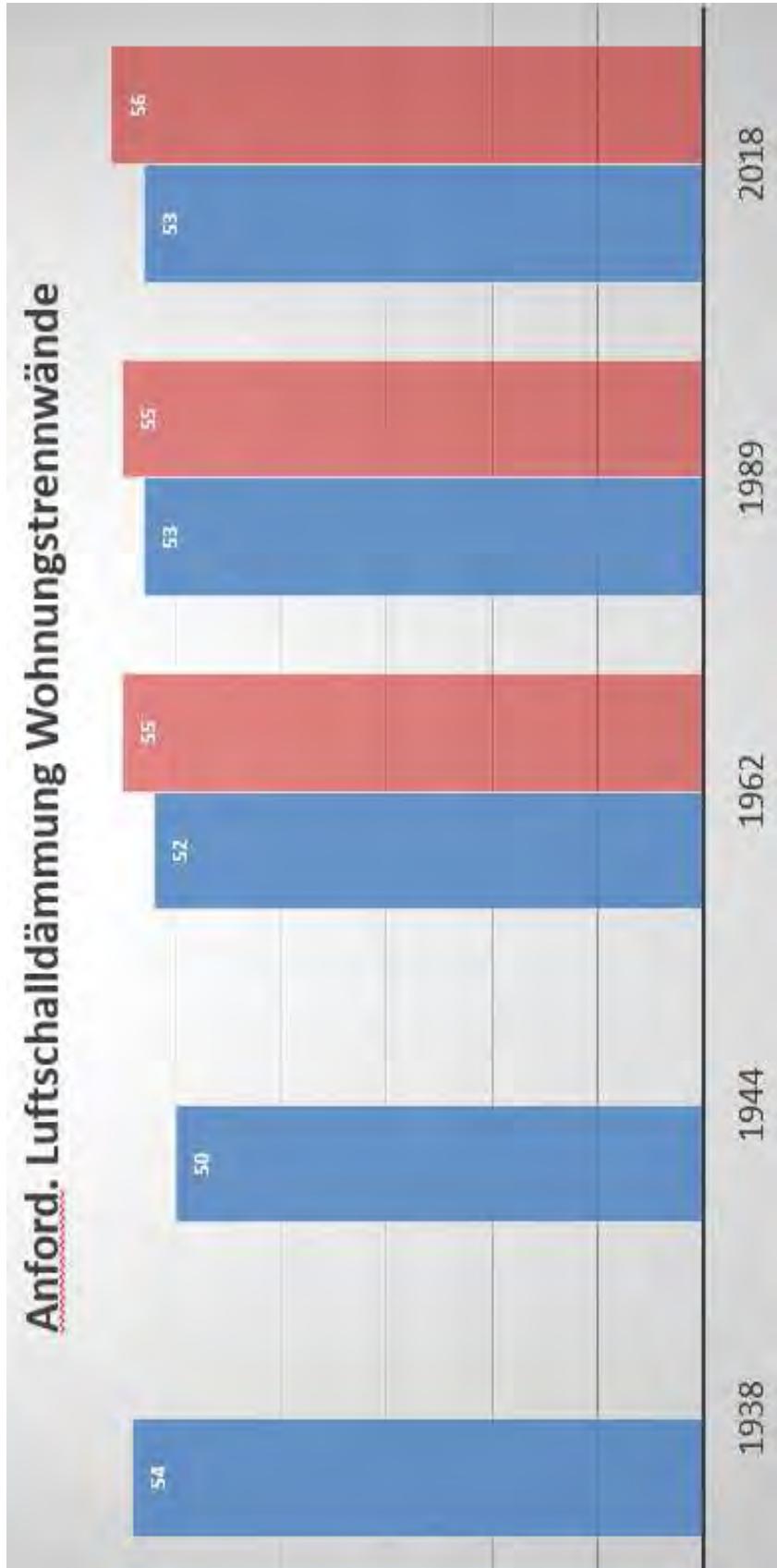
Tabelle 3 Anforderungen Luftschall

	F	E	D	C	B	A	A*
Wände/ Decken [R <sub>w</sub> ] <sup>1)</sup>	< 50 dB	≥ 50 dB	≥ 54 <sup>2)</sup> dB	≥ 57 <sup>2)</sup> dB	≥ 62 dB	≥ 67 dB	≥ 72 dB
Wohnungs- eingangsstu- ren in Flure oder Dieten [R <sub>ap</sub> ] <sup>3)</sup>	< 22 dB	≥ 22 dB	≥ 27 dB	≥ 32 dB	≥ 37 dB	≥ 40 dB	

Tabelle 4 Anforderungen Trittschall

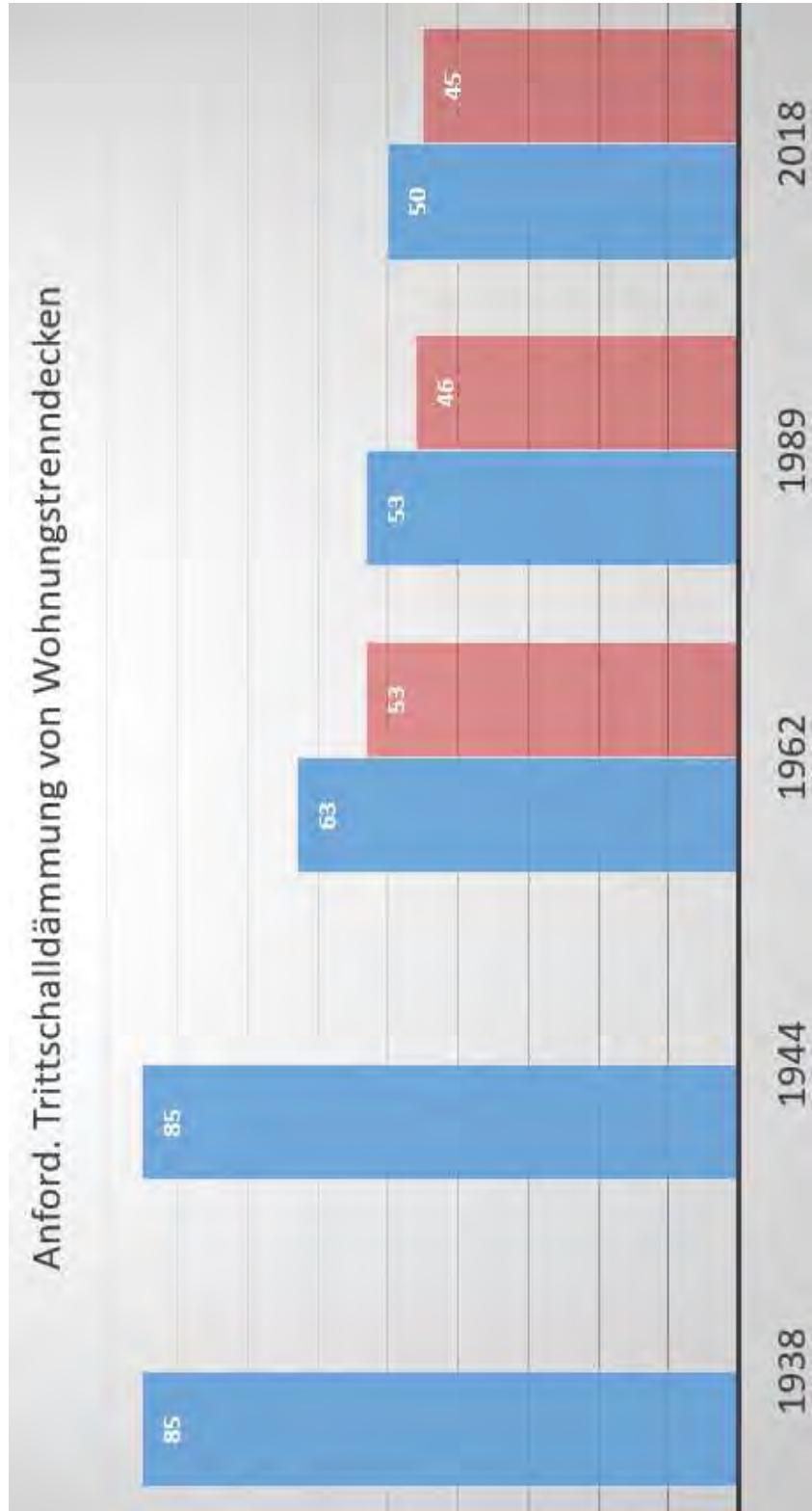
	F	E	D	C	B	A	A*
Decken [L' n,w]	> 60 dB <sup>1)</sup>	≤ 60 dB <sup>1)</sup>	≤ 60 dB <sup>1)</sup>	≤ 50 dB	≤ 45 dB <sup>1)</sup>	≤ 40 dB <sup>1)</sup>	≤ 35 dB
Balkone, Loggien, Terrassen, [L' n,w]	> 63 dB <sup>1)</sup>	≤ 63 dB <sup>1)</sup>	≤ 63 dB <sup>1)</sup>	≤ 50 dB <sup>2)</sup>	≤ 48 dB <sup>1)</sup>	≤ 43 dB <sup>1)</sup>	≤ 38 dB

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes 2d: Entwicklungsverlauf Anforderungen



→ 3 dB: Gerade wahrnehmbar

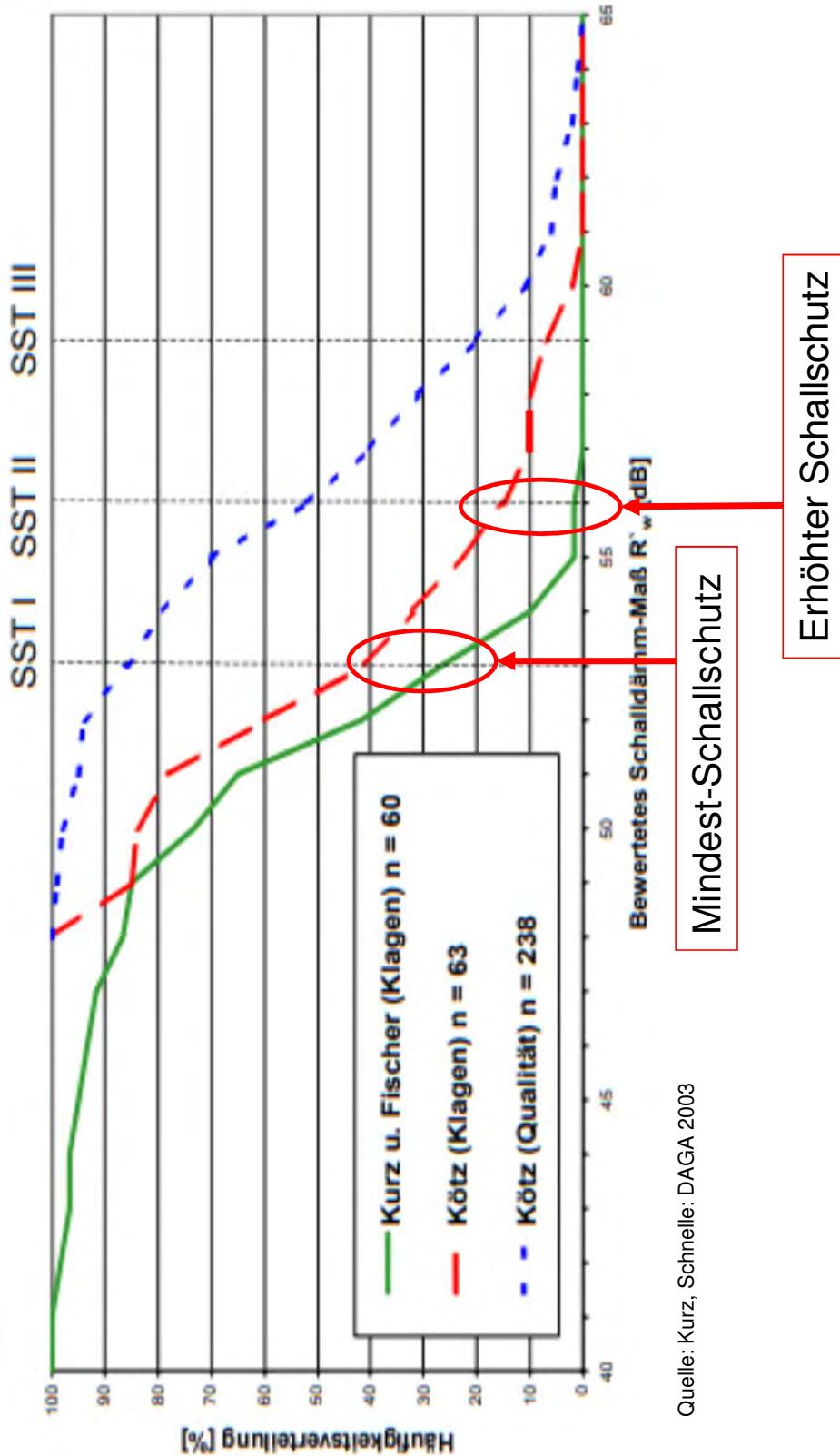
## Entwicklung des baulichen Schallschutzes 2d: Entwicklungsverlauf Anforderungen



→ 5 dB: Gerade wahrnehmbar

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes

### 2d: Entwicklungsverlauf Anforderungen



Quelle: Kurz, Schnelle: DAGA 2003

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes

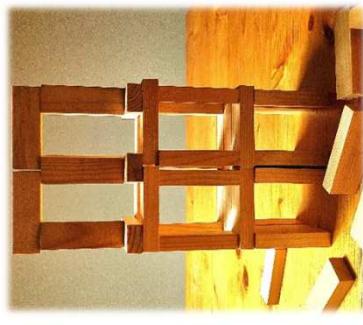
### 3a: Aktuelle Themen: Holzbau

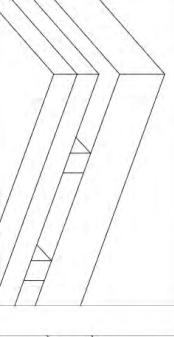
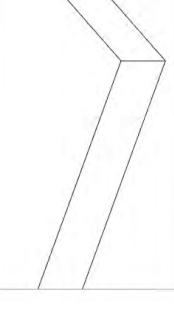
#### Thema Holzbau:

Bisher nur ca. 3 % Anteil im bundesweiten Schnitt → Ausbaufähig  
 (Quelle: Immobilien-Zeitung Sept. 23)

Nachweistechnisch noch „in den Kinderschuhen“

Noch viel Ergänzungsbedarf bei Daten für die rechnerische Nachweisführung



Spalte Zelle	Schnitt, vertikal	Konstruktionsdetails	Geprüfte / zugelassene Baustoffe		Geprüfte / zugelassene Bauteile	Bauteilfügung
			mm	Estrich <sup>a</sup>		
1		  	≥ 50	Estrich <sup>a</sup>	L <sub>n,w</sub> (C <sub>1</sub> ) dB	
			≥ 40	Mineralwolleldämmplatte (s' ≤ 6 MN/m³; Anwendungsgebiet DES-st) <sup>b</sup>	47 (-3)	
			≥ 40	Betonsteinbeschwerung (m' ≥ 100 kg/m²) <sup>c</sup>	70 (-3)	
			22	Holzwerkstoffplatte HWd		Aussenwand
			220	Balken <sup>e</sup>		Innenwand
			≥ 50	Estrich <sup>a</sup>		Trennwand
			≥ 40	Mineralwolleldämmplatte (s' ≤ 6 MN/m³; Anwendungsgebiet DES-st) <sup>b</sup>	50 (-2)	Geschossdecke
			≥ 30	Schriftung <sup>f</sup> (m' ≥ 45 kg/m²) Rieselschutz	67 (-2; -6)	Dach gegen Unberecht.
			22	Holzwerkstoffplatte HWd		
			220	Balken <sup>e</sup>		

Quelle: privat

Quelle: dataholz.eu

Quelle: DIN 4109

Akt. Verwendung weiterer Datenbanken erforderlich....

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes

### 3a: Aktuelle Themen: Holzbau

Holz-Hybrid-Bauweise mit nachhaltigen Baustoffen:

Trennwände zwischen Wohnungen: Mauerwerk / Recycling-Beton (ggf. Fertigteile)

Trennwände innerhalb Wohnungen: Trockenbau-Wände (GK, Lehm o.ä.)

6 Trenndecken zwischen Wohnungen:  
Brettsperrholzdecken mit schwimmendem Estrich und Unterdecken oder  
Holzbalkendecken mit Recyclingbeton-Deckplatte und schwimmendem  
Estrich

Aufzugsschächte / Treppenkerne Recyclingbeton

Nachhaltige Dämmstoff-Wahl (Reduzierung geschäumter Dämmstoffe)

→ Schalltechnisch sinnvolle Kombinationsmöglichkeiten aus Masse und Leichtbau



Quelle: Bing KI

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes

### 3b: Aktuelle Themen: Serielles Bauen

#### Serielles Bauen („Containerbauweise“, Holzmodul-Bauweise, o.ä)

Schnelle, meist wirtschaftliche Bauweise, aber:

Nachweisverfahren nach DIN 4109 enthält keine Angaben für Module!

61

Luft- / Trittschalldämmung stark herstellerabhängig, z.B.:

-Wandstärken Container

-Schalenabstände

-Befestigung untereinander (starr, elastisch)

→ Nachweisberechnungen nur bei vollständigen Bauteilinformationen (von Hersteller) möglich, Nachweis durch Messung die Regel



Quelle: Fa. Containex



Quelle: Fa. Derix

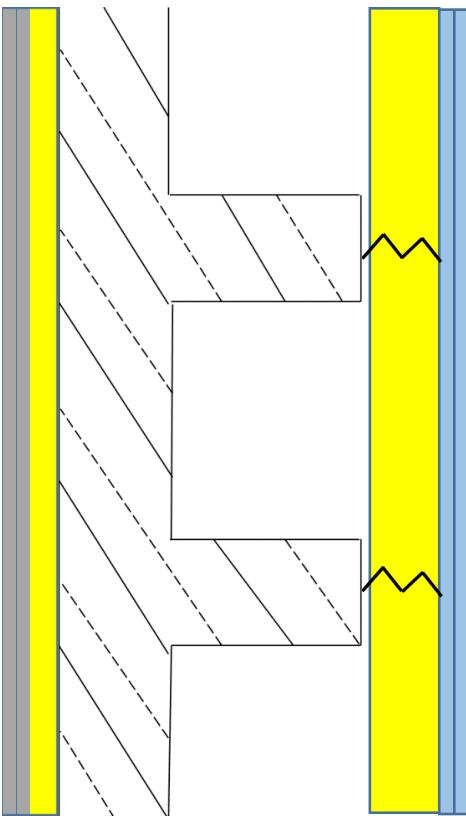
## Entwicklung des baulichen Schallschutzes

### 3c: Aktuelle Themen: Umnutzung im Bestand

Aktuelle Entwicklungen hin zum Home-Office: Reduktion Büroflächen

Möglichkeit: „Upcycling“ zu Wohnflächen, Problem:  
→ Schallschutz im Bestand für Wohnungen oft nicht ausreichend  
→ Schalltechnische Ertüchtigungen notwendig, aber welche?

#### 6 Beispiel: Stahlbeton-Rippendecke



Quelle: Bing KI



Quelle: bauhandwerk.de



Quelle: danogips.de



Quelle: baustoffwissen.de

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes

### 3c: Aktuelle Themen: Umnutzung im Bestand

## GRANNER+PARTNER INGENIEURE



Quelle: Bing KI

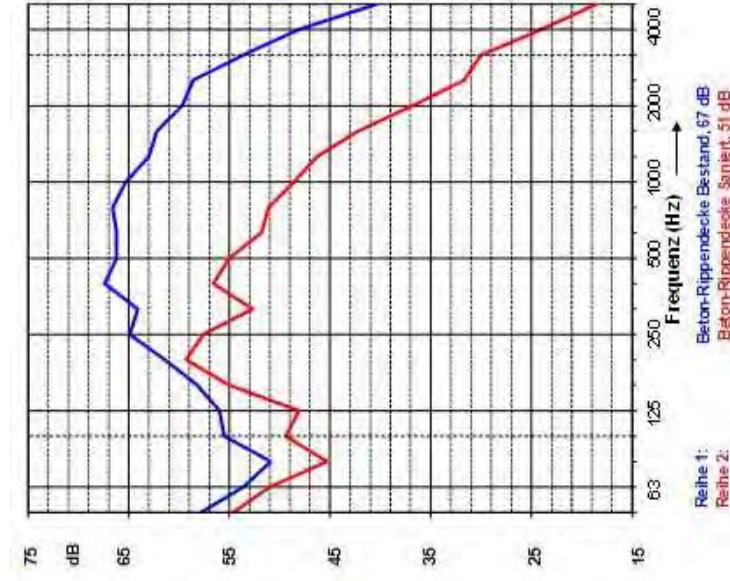
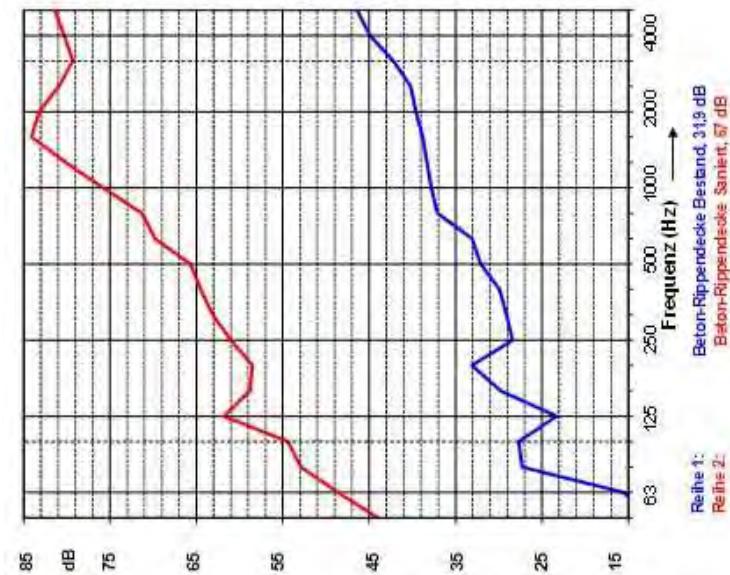


- Messtechnische Bestandsaufnahme:  
→ Erfassung der Bauteileigenschaft im Bestand  
→ Grundlage für exakte Dimensionierung von Schallschutzmaßnahmen

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes

### 3c: Aktuelle Themen: Umnutzung im Bestand

Vergleichsmessung, Vor und nach Sanierung einer Rippendecke im Bestand



Verbesserung Luftschalldämmung : ca. 35 dB !

→ Verbesserung Trittschalldämmung : ca. 16 dB !

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes 3d: Vorschläge schalltechnischer Vereinfachungen

### GRANNER+PARTNER INGENIEURE



Serielles Bauen (z.B. Modulbau, Elementbau u.ä.):

Entwicklung schalltechnisch einwandfreier Prototypen sinnvoll:

65 → mit schalltechnisch günstigen Grundrissen

→ mit optimierten Konstruktionen (Modulbau werkseitig vorgeprüft)  
**Besonderes Augenmerk bei Leichtbau: Trittschall (tiefrequent)**

→ mit schalltechnisch unkritischen Übertragungswegen

→ mit auf die Baukonstruktion ideal angepasster Anlagentechnik (Vorsatzschalen, Geräte)

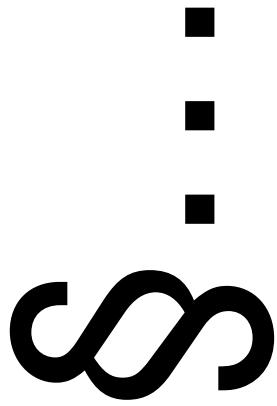


Quelle: hausberater.de

Quelle: paroc.de

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes

### 3d: Vorschläge Vereinfachungen



Serielles Bauen, genehmigungsrechtlich:

- → Einführung von Typengenehmigungen (bundesweit einheitlich)
- → Schallschutznachweis (Innenbereich) dann technisch nur noch je Typ einmalig
- → Außenlärm: Nachweis wäre weiter erforderlich, je nach Lage des Gebäudes

Derzeit:

- Genehmigungsbehörden fordern selbst bei identischer Bauweise **je Projekt** einen Nachweis je Gebäude
- Nicht einmal SaSV's sind bundesweit einheitlich anerkannt

## Entwicklung des baulichen Schallschutzes 3d: Vorschläge Vereinfachungen

### **GRANNER+PARTNER | INGENIEURE**

**Interimsbauten, Sozialer Wohnungsbau:**

**Schaffung von mehr Rechts-Sicherheit zur Vermeidung von  
überhöhten Schallschutz-Standards bei Projekten zur  
preisbewussten Schaffung von Wohnraum**



**Nachweis-Nachforderungen trotz Zufriedenheit:**

**Behördliche Duldung bestehender Schallschutz-Zustände obwohl  
keine Klagen der Bewohner**

**Beispiel: Cafe-Besitzer im EG, der Estrich wegen (ggf. auch nur  
knapper) Nicht-Einhaltung der Trittschallanforderung komplett  
erneuern muss.**

Quelle: Bing KI

**Herzlichen Dank für  
Ihre Aufmerksamkeit!**



# **Nachhaltiges Bauen mit Beton**

**Quick Wins für den Klimaschutz**

**Dr.-Ing. Denis Kiltz**

Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.



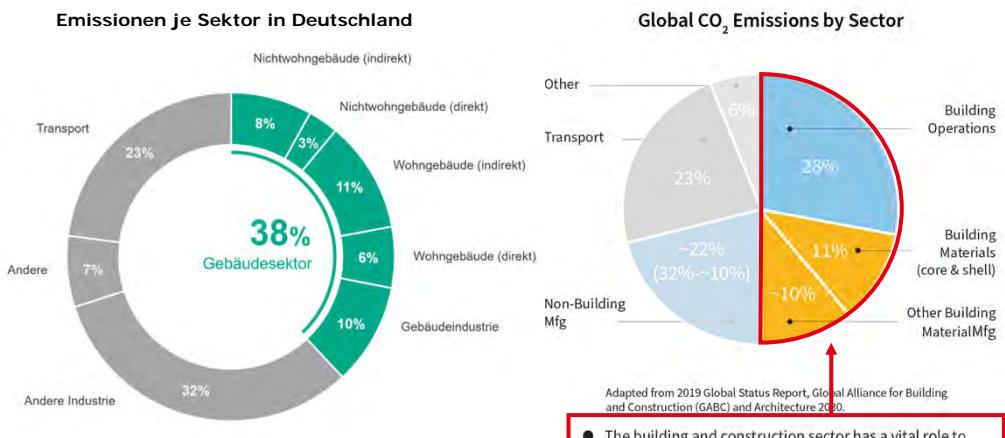
31. Bautechnisches Seminar NRW in Ratingen am 24. Oktober 2023

## Nachhaltiges Bauen mit Beton – Quick Wins für den Klimaschutz

Dr. Denis Kiltz  
Leiter DBV-Bauberatung  
Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.

1

## Der Elefant im Raum: CO<sub>2</sub>-Emissionen der gebauten Infrastruktur/Gebäude

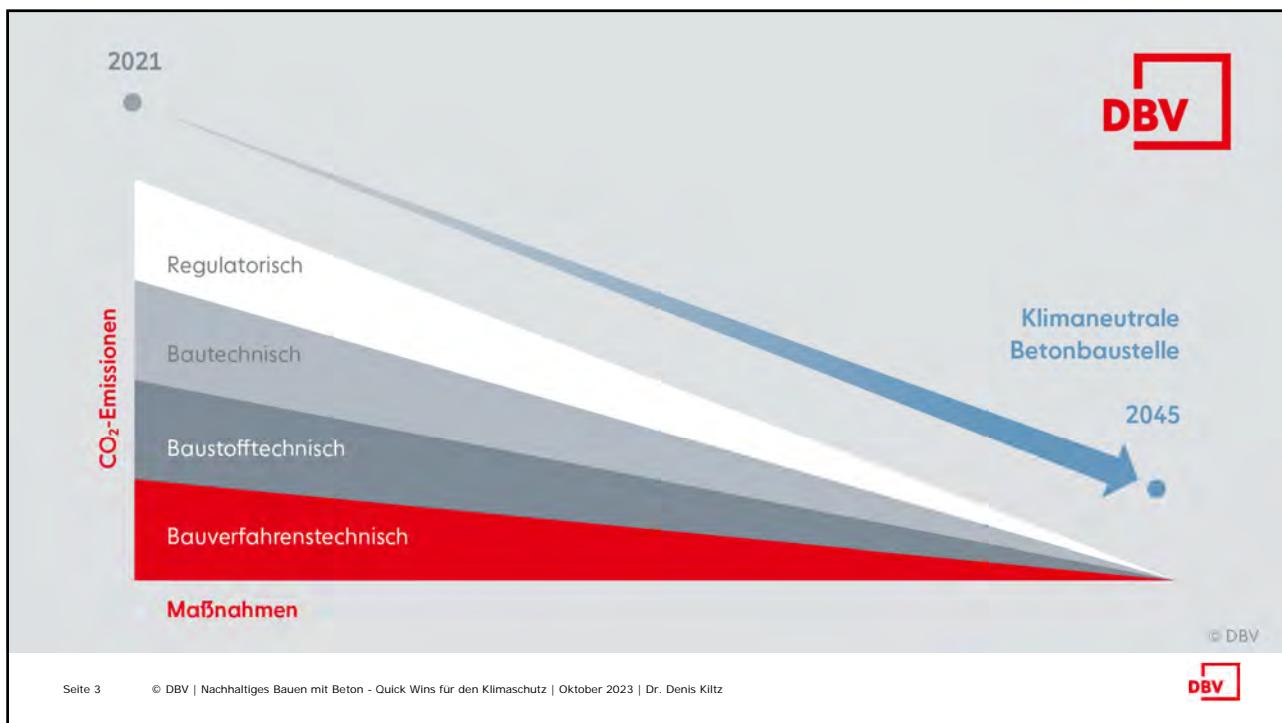


Seite 2

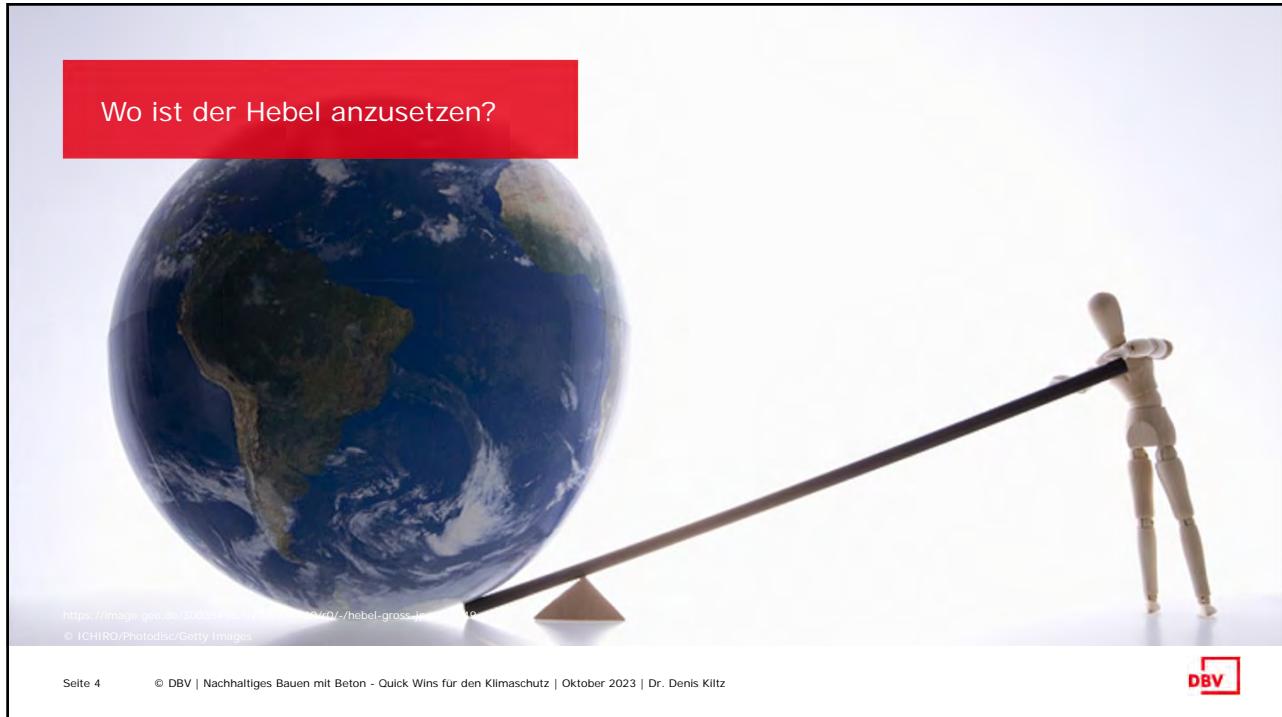
© DBV | Nachhaltiges Bauen mit Beton - Quick Wins für den Klimaschutz | Oktober 2023 | Dr. Denis Kiltz



2



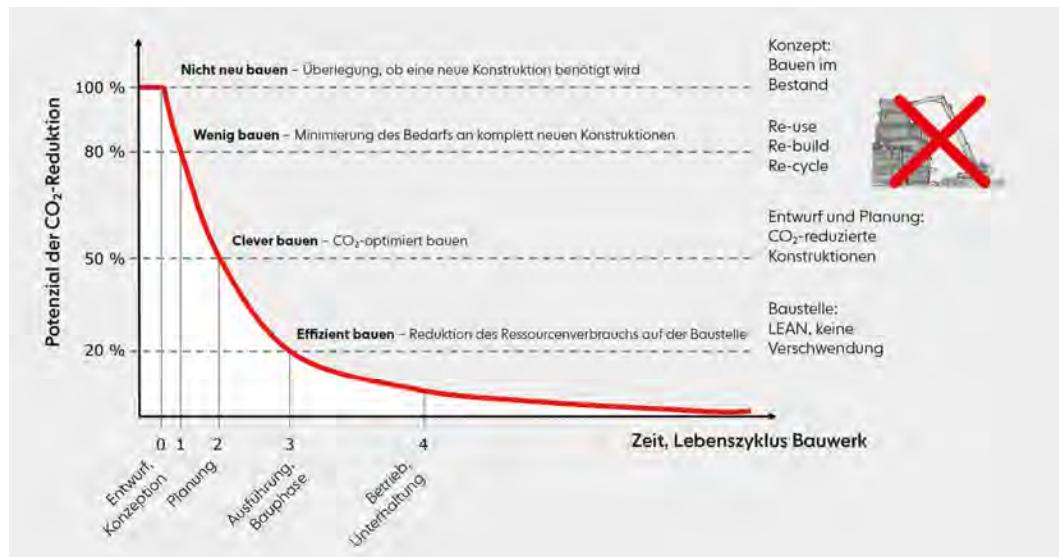
3



4

2

## Wo den Hebel ansetzen?



Seite 5

© DBV | Nachhaltiges Bauen mit Beton - Quick Wins für den Klimaschutz | Oktober 2023 | Dr. Denis Kiltz

Quelle: The Institution of Structural Engineers



5

2021



## Quick Wins!

CO<sub>2</sub>-Emissionen

- Regulatorisch
- Bautechnisch
- Baustofftechnisch
- Bauverfahrenstechnisch

Maßnahmen

Long Run...

Klimaneutrale Betonbaustelle

2045

Seite 6

© DBV | Nachhaltiges Bauen mit Beton - Quick Wins für den Klimaschutz | Oktober 2023 | Dr. Denis Kiltz



6

3

## Quick Wins



- 1 ...heute schon technologisch möglich
  - 2 ...schnell signifikante Verbesserungen
  - 3 ...durch Regelwerke abgedeckt
- sofort umsetzbar!



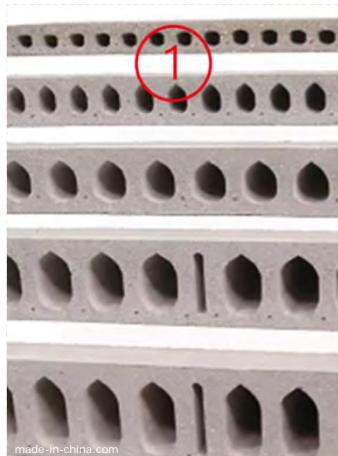
Seite 7

© DBV | Nachhaltiges Bauen mit Beton - Quick Wins für den Klimaschutz | Oktober 2023 | Dr. Denis Kiltz



7

## Drei Ansätze: Weniger Beton, bessere Bauprozesse, Dekarbonisierung von Beton, Zement und Betonstahl



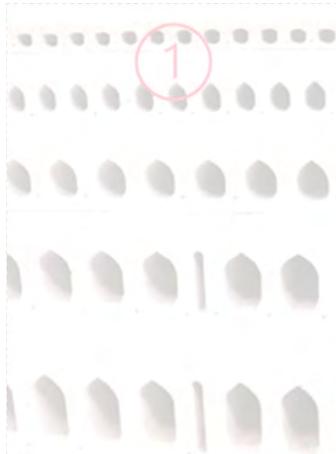
Seite 8

© DBV | Nachhaltiges Bauen mit Beton - Quick Wins für den Klimaschutz | Oktober 2023 | Dr. Denis Kiltz



8

## Dekarbonisierung von Beton und Zement



Seite 9

© DBV | Nachhaltiges Bauen mit Beton - Quick Wins für den Klimaschutz | Oktober 2023 | Dr. Denis Kiltz



9

Beton dekarbonisieren:  
Nacherhärtung nutzen!

© DBV Frank Fingerloos

© Stahlwerk Annahütte

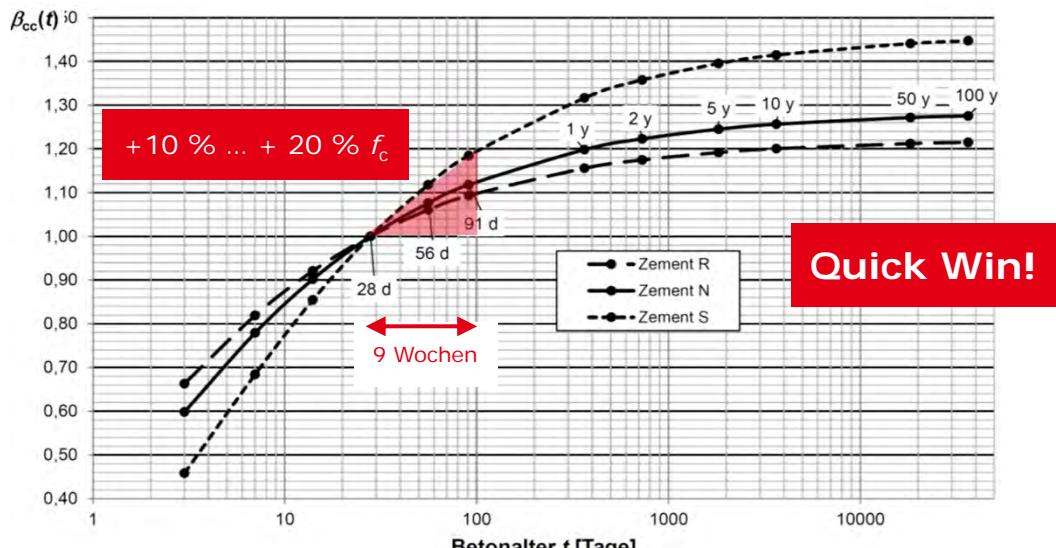
Seite 11

© DBV | Nachhaltiges Bauen mit Beton - Quick Wins für den Klimaschutz | Oktober 2023 | Dr. Denis Kiltz



11

## Nacherhärtung Beton nutzen



Seite 12

© DBV | Nachhaltiges Bauen mit Beton - Quick Wins für den Klimaschutz | Oktober 2023 | Dr. Denis Kiltz

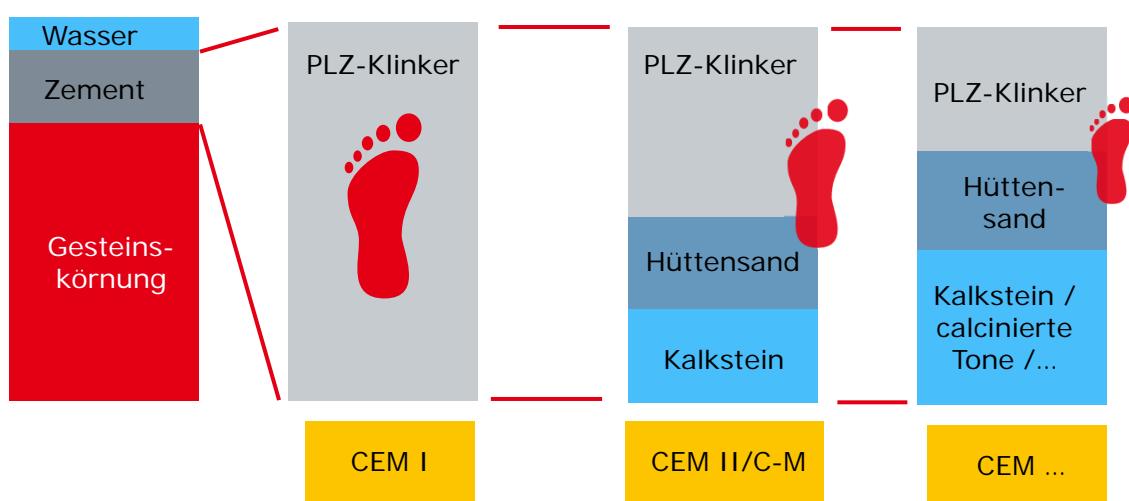


③

12

## Beton dekarbonisieren

**Quick Win!**



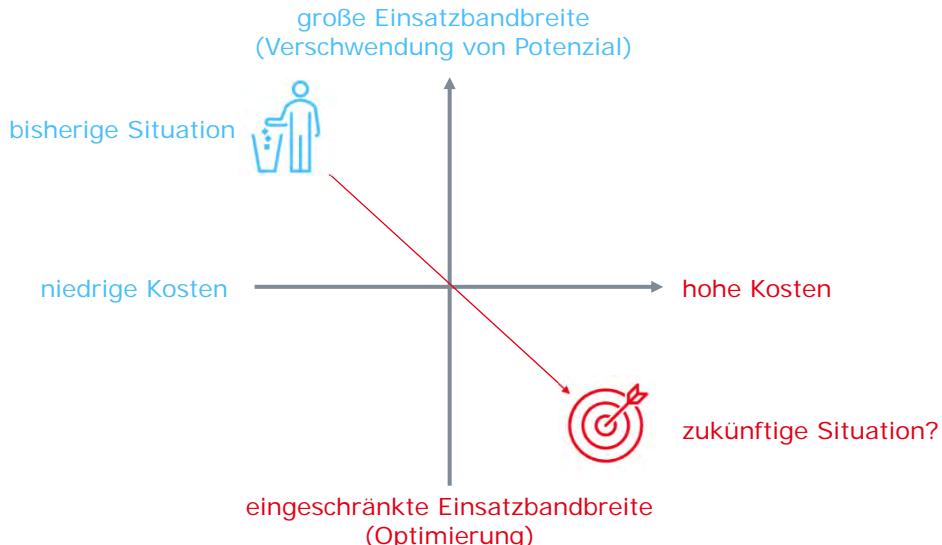
Seite 13

© DBV | Nachhaltiges Bauen mit Beton - Quick Wins für den Klimaschutz | Oktober 2023 | Dr. Denis Kiltz



13

## Beton dekarbonisieren



Seite 15

© DBV | Nachhaltiges Bauen mit Beton - Quick Wins für den Klimaschutz | Oktober 2023 | Dr. Denis Kiltz



15

## Beton dekarbonisieren

Es wird teurer!



### Planung und Konstruktion

→ Betone nicht mehr für alles einsetzbar

### Kalkulation und Arbeitsvorbereitung

→ Betone erfordern mehr Sorgfalt + mehr Bauzeit

### Baustelle und Betonbestellung

→ Betone erfordern längere Nachbehandlung und späteres Ausschalen

Seite 16

© DBV | Nachhaltiges Bauen mit Beton - Quick Wins für den Klimaschutz | Oktober 2023 | Dr. Denis Kiltz



16

## Beton dekarbonisieren



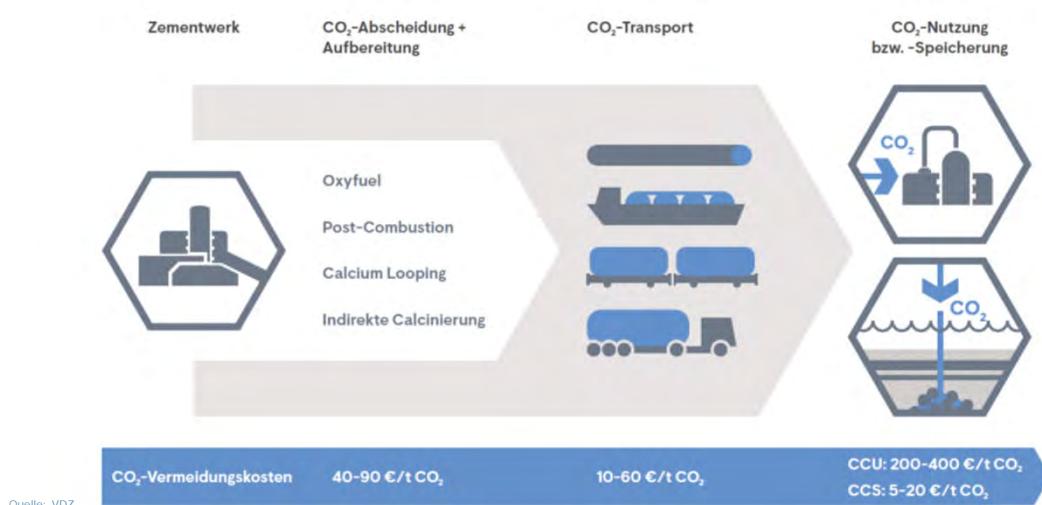
Seite 17

© DBV | Nachhaltiges Bauen mit Beton - Quick Wins für den Klimaschutz | Oktober 2023 | Dr. Denis Kiltz



17

## Dekarbonisierung von Beton



Seite 20

© DBV | Nachhaltiges Bauen mit Beton - Quick Wins für den Klimaschutz | Oktober 2023 | Dr. Denis Kiltz



20

## Beton dekarbonisieren



21

## Drei Ansätze: Weniger Beton, bessere Bauprozesse, Dekarbonisierung von Beton, Zement und Betonstahl



22

## Verschwendungen im Betonbau reduzieren



<https://leanconstructionblog.com/The-Concept-of-Waste-as-Understood-in-Lean-Construction.html>

Seite 23

© DBV | Nachhaltiges Bauen mit Beton - Quick Wins für den Klimaschutz | Oktober 2023 | Dr. Denis Kiltz



23

Wie geht es besser?  
Wie gelingt Qualität im ersten Anlauf?

MS 365

Seite 24

© DBV | Nachhaltiges Bauen mit Beton - Quick Wins für den Klimaschutz | Oktober 2023 | Dr. Denis Kiltz



24

10

## Die neue DIN 1045: Betonbauqualität durch Kommunikation



**Quick Win!**

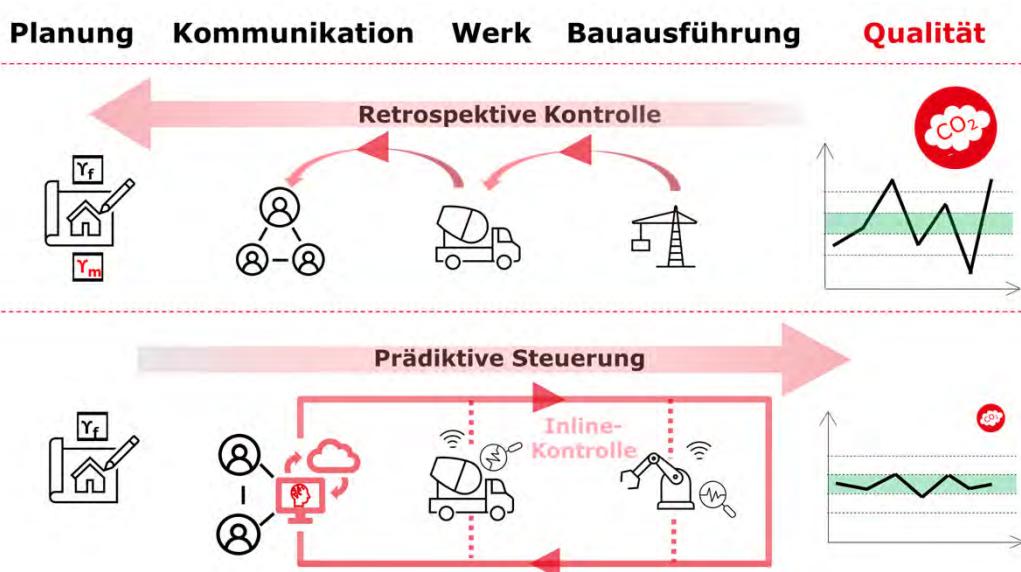
Seite 25

© DBV | Nachhaltiges Bauen mit Beton - Quick Wins für den Klimaschutz | Oktober 2023 | Dr. Denis Kiltz



25

## Abkehr von alten Verhaltensmustern



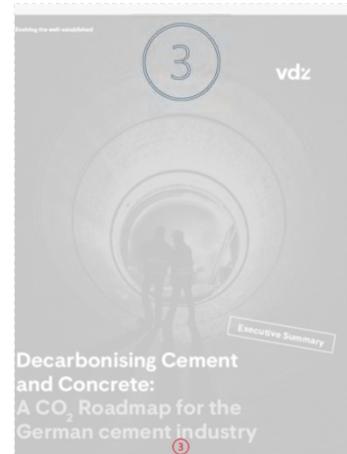
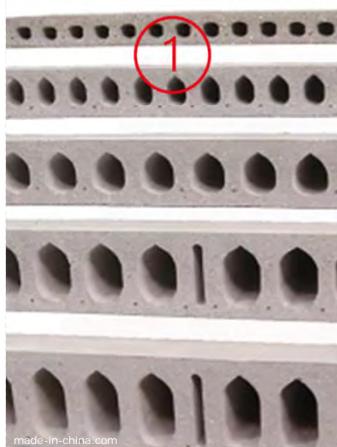
Seite 26

© DBV | Nachhaltiges Bauen mit Beton - Quick Wins für den Klimaschutz | Oktober 2023 | Dr. Denis Kiltz



26

## Drei Ansätze: Weniger Beton, bessere Bauprozesse, Dekarbonisierung von Beton, Zement und Betonstahl



Seite 28 © DBV | Nachhaltiges Bauen mit Beton - Quick Wins für den Klimaschutz | Oktober 2023 | Dr. Denis Kiltz



28



Seite 29 © DBV | Nachhaltiges Bauen mit Beton - Quick Wins für den Klimaschutz | Oktober 2023 | Dr. Denis Kiltz

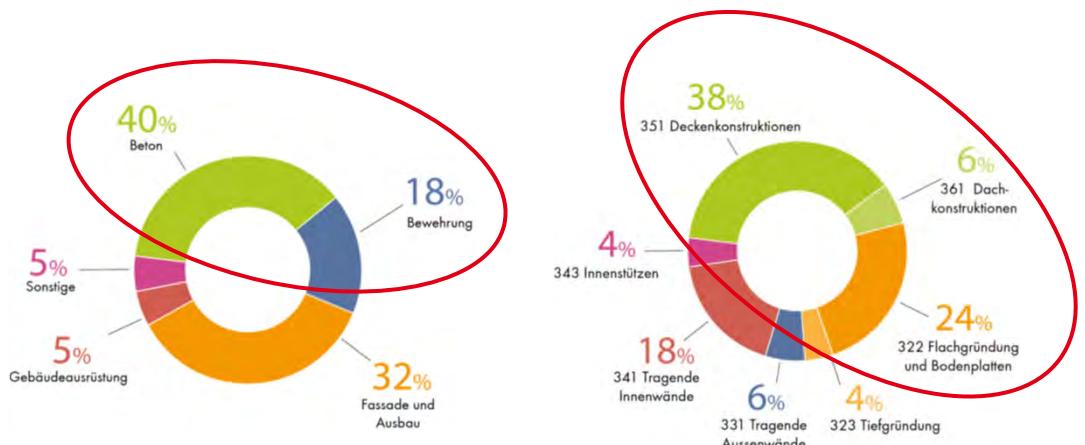


29

12

## Graue Emissionen in einem Gebäude in Massivbauweise

DBV-Heft 50 – Band 1 | S. Weidner, R. Bechmann



Seite 30

© DBV | Nachhaltiges Bauen mit Beton - Quick Wins für den Klimaschutz | Oktober 2023 | Dr. Denis Kiltz



30

Weniger Beton durch...  
...angepasste Konstruktionen

Quick Win!

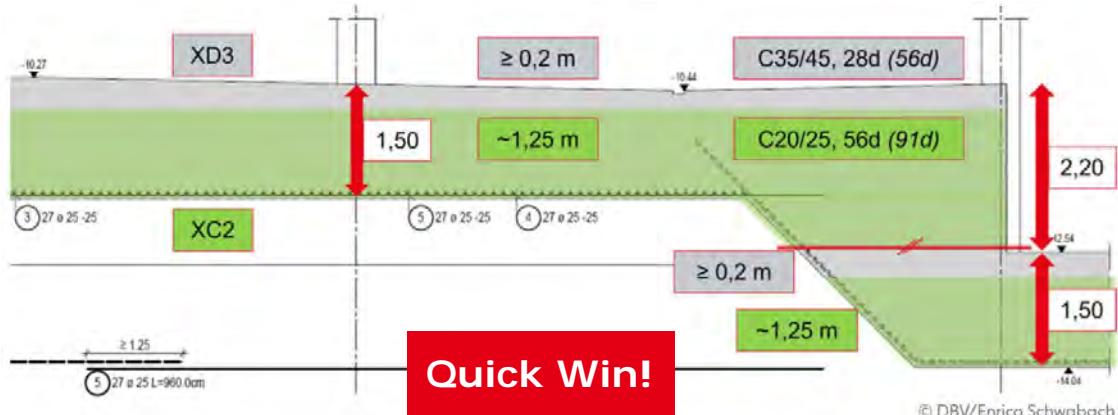
Seite 31

© DBV | Nachhaltiges Bauen mit Beton - Quick Wins für den Klimaschutz | Oktober 2023 | Dr. Denis Kiltz



31

## Zonierte Bauweise



Seite 32

© DBV | Nachhaltiges Bauen mit Beton - Quick Wins für den Klimaschutz | Oktober 2023 | Dr. Denis Kiltz



32

Weniger Beton durch ...  
... mehr Hybrid-Bauwerke

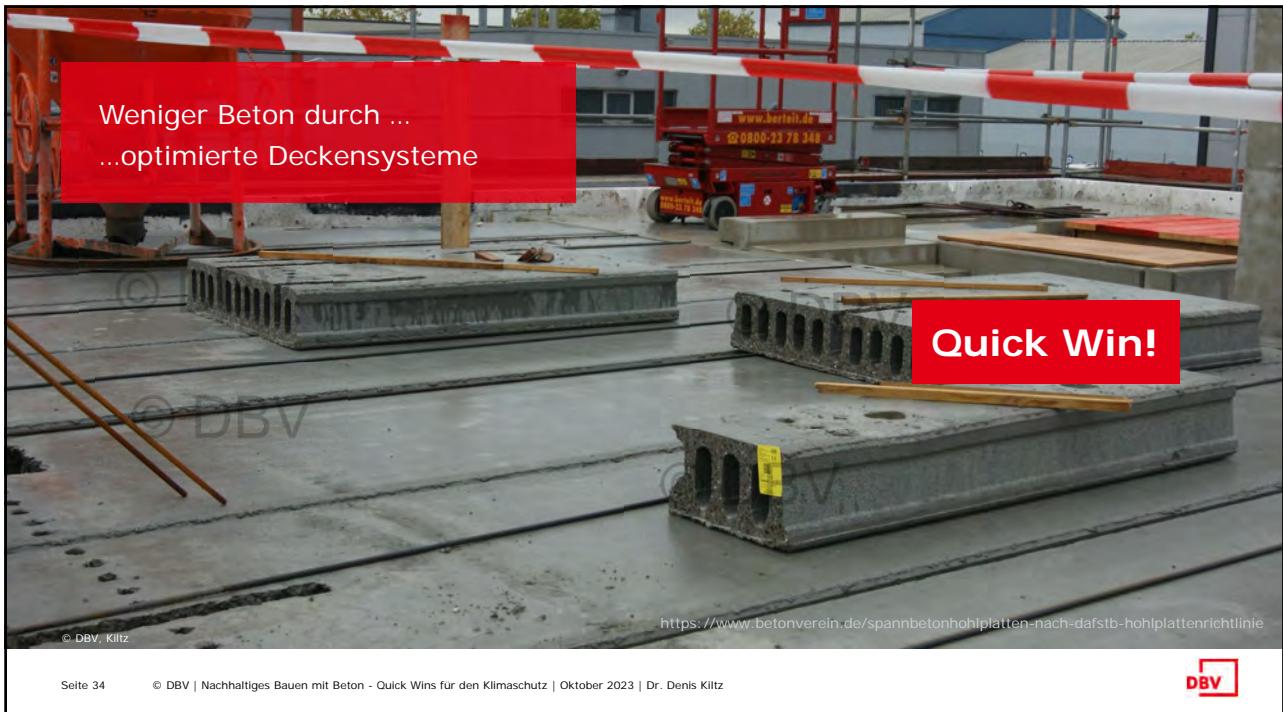
Quick Win!

Flexim-Headquarters-Berlin-by-ZRS-Architekten\_B09

Seite 33 © DBV | Nachhaltiges Bauen mit Beton - Quick Wins für den Klimaschutz | Oktober 2023 | Dr. Denis Kiltz



33



34



35

Weniger Beton durch ...  
optimierte Deckensysteme



**Quick Win!**

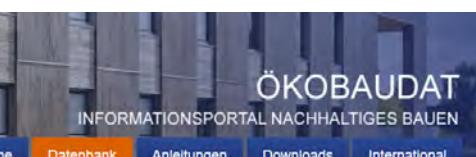


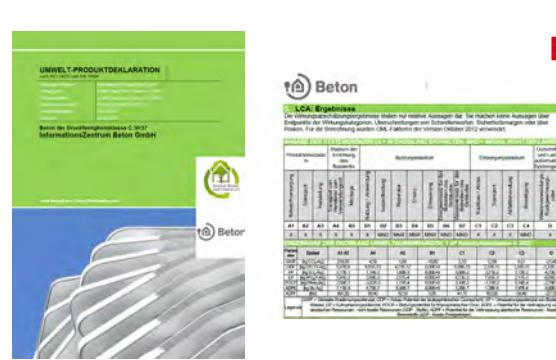
Bilder (2x): Geoplast S.p.A.

Seite 36
© DBV | Nachhaltiges Bauen mit Beton - Quick Wins für den Klimaschutz | Oktober 2023 | Dr. Denis Kiltz
DBV

36

Deckensystem einschätzen / Ökobilanz







Seite 37
© DBV | Nachhaltiges Bauen mit Beton - Quick Wins für den Klimaschutz | Oktober 2023 | Dr. Denis Kiltz
DBV

37

## DBV-Heft 50-3: Deckensysteme

**Nachhaltiges  
Bauen mit Beton**

**Deckensysteme –  
eine nachhaltige Entwurfshilfe**

Quelle: DBV, Kitz

Treibhauspotential GWP in den Phasen A1 bis A3 und C (exemplarisch)					
Spannweite	L= 6 m	L= 9 m	L= 12 m		
Deckentyp	A15B	A22B	A37V		
Deckenhöhe	h = 0,15 m	h = 0,22 m	h = 0,32 m		
Bestandteile	pro m <sup>2</sup>	min. max	pro m <sup>2</sup>	min. max	pro m <sup>2</sup>
A, $\eta$	0,11 m <sup>2</sup>		0,13 m <sup>2</sup>		0,17 m <sup>2</sup>
C45/55	0,63 m <sup>2</sup>	162 195	1,17 m <sup>2</sup>	298 359	1,98 m <sup>2</sup>
A, $\eta$	5,00 mm <sup>3</sup>		6,50 mm <sup>3</sup>		7,18 mm <sup>3</sup>
Spannstahl	24,0 kg	45 64 45,9 kg	85 123 67,6 kg	125 181	
GWP (kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> )	206 259		383 482		632 791
GWP (kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> )	54	48	43	52	
<small>https://www.dv-systembau.de/gwp/ https://www.dv-systembau.de/ausgangs.html</small>					
<small>H 1 m Spannbeton-Fertigdecke (durchschnittlich 26,5 cm Deckenhöhe, C45/55)</small>					

Spannbetonhohlplatte

38

Seite 38 © DBV | Nachhaltiges Bauen mit Beton - Quick Wins für den Klimaschutz | Oktober 2023 | Dr. Denis Kitz



**DAStb TA Nachhaltig bauen mit Beton D113**

**DEUTSCHER AUSSCHUSS FÜR STAHLBETON**

**DAStb-Richtlinie**

**Treibhausgasreduzierte Tragwerke aus Beton,  
Stahlbeton oder Spannbeton**

Ermaut-August 2023 (Stellungnahmen bis 25. November 2023)

Anwendungsbereich:

Diese Richtlinie-Entwurf wird der Öffentlichkeit zur Erörterung und Stellungnahme vorgelegt. Worauf die bearbeitete Ausfertigung von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs bestimmt zu verstehen. Stellungnahmen werden erbeten.

- vorzugeben als Drei- per E-Mail an [ea@dbv.de](mailto:ea@dbv.de) in Form einer Tabelle. Die Vorgehensweise ist in der Tabelle festgelegt.
- oder in Papierform an den Deutschen Ausschuss für Stahlbeton e. V., Budapeststrasse 31, 10777 Berlin

Die Empfänger dieser Richtlinie-Entwurfes werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Rahmenbedingungen, einschließlich individuellen und verdeckelter Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Teil 0: Grundlagen

Teil 1: Deckenbauteile:

Richtlinie der R. Richtlinie (EU) 2016/1550 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 8. September 2016 über die Treibhausgasemissionen auf dem Gebiet der Verarbeitenden Industrie, die durch die Directive der Kommission (EG) 2003/36 am 20. Mai 2003 erlassen wurde (AB L 194 vom 17.06.2015).

Reaktionen auf diese Richtlinie können Normen, andere Leistungs- und technische Anforderungen sowie Produkte oder Prozessanforderungen sein, die das Ziel der Richtlinie der Kommission angemessen erachten, die Nummer oder sonstige Bezeichnungen und/oder technischen Vorschriften anderer Mitgliedstaaten der Europäischen Union oder der Türkei oder eines anderen Vertragsstaates der Europäischen Union, die die gleichen oder ähnlichen Ergebnisse in Bezug auf Sicherheit, Gesundheit und Umweltbelastung gleichwertig darstellen.

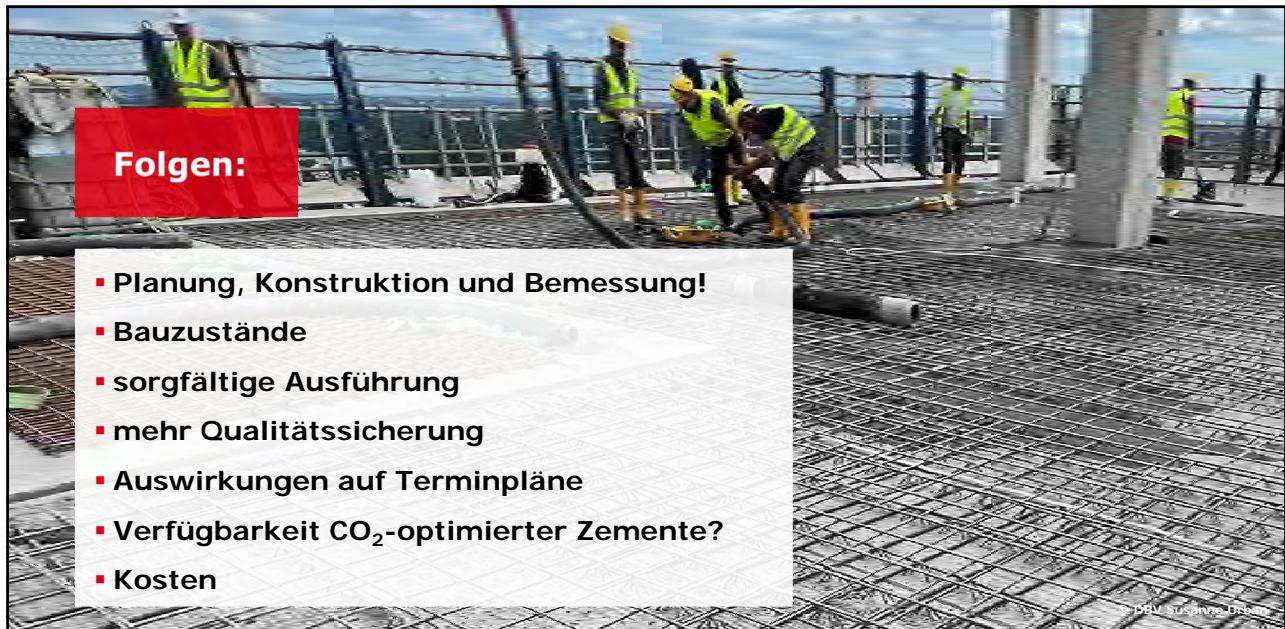
Deutsche Ausgabe der Richtlinie (D113); übernommen aus der Richtlinie, jedoch mit Übersetzung in Deutsche Sprache. Eine ausdrückliche Nennung des Quells ist nicht gesetzlich, diese Veröffentlichung darf nicht ohne schriftliche Erlaubnis des Hefts oder Artikels verwendet werden.

The graph illustrates the reduction factor  $\alpha_{GWP}$  [-] over time in years. The y-axis ranges from 0,0 to 1,0. The x-axis shows years from 2020 to 2050. Vertical bars represent target values for each year: TM<sub>2024</sub> (~0.7), TM<sub>2025</sub> (~0.6), TM<sub>2028</sub> (~0.5), TM<sub>2030</sub> (~0.4), TM<sub>2032</sub> (~0.35), TM<sub>2034</sub> (~0.3), TM<sub>2036</sub> (~0.25), TM<sub>2038</sub> (~0.2), TM<sub>2042</sub> (~0.15), TM<sub>2044</sub> (~0.12), and TM<sub>2046</sub> (~0.1). A dashed line with a red dot at TM<sub>2032</sub> indicates a reduction of 7% ( $\beta_{CO2,red} = 7\%$ ).

39

Seite 39 © DBV | Nachhaltiges Bauen mit Beton - Quick Wins für den Klimaschutz | Oktober 2023 | Dr. Denis Kitz





**Folgen:**

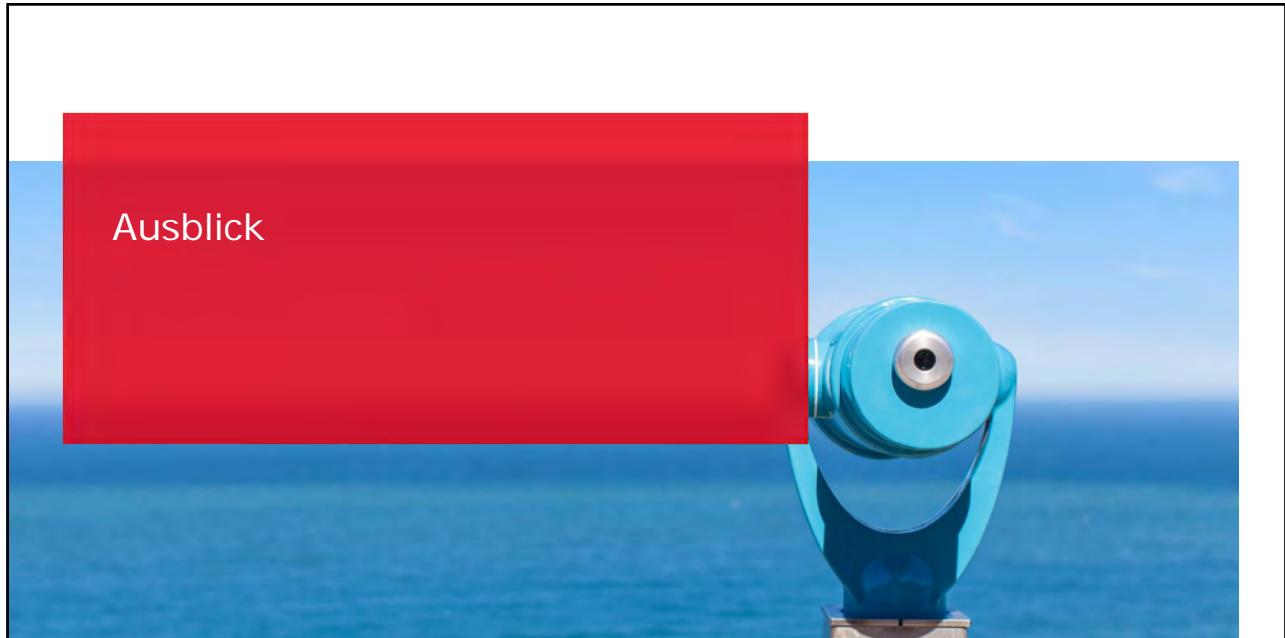
- Planung, Konstruktion und Bemessung!
- Bauzustände
- sorgfältige Ausführung
- mehr Qualitätssicherung
- Auswirkungen auf Terminpläne
- Verfügbarkeit CO<sub>2</sub>-optimierter Zemente?
- Kosten

Seite 40 © DBV | Nachhaltiges Bauen mit Beton - Quick Wins für den Klimaschutz | Oktober 2023 | Dr. Denis Kiltz

DBV SUSANNE DRISCH

**DBV**

40



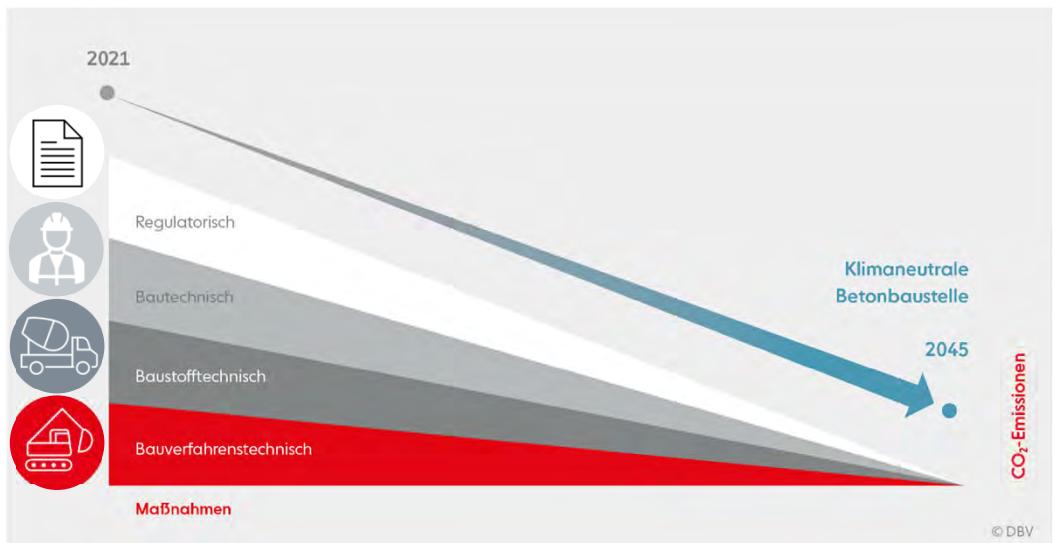
Ausblick

Seite 41 © DBV | Nachhaltiges Bauen mit Beton - Quick Wins für den Klimaschutz | Oktober 2023 | Dr. Denis Kiltz

**DBV**

41

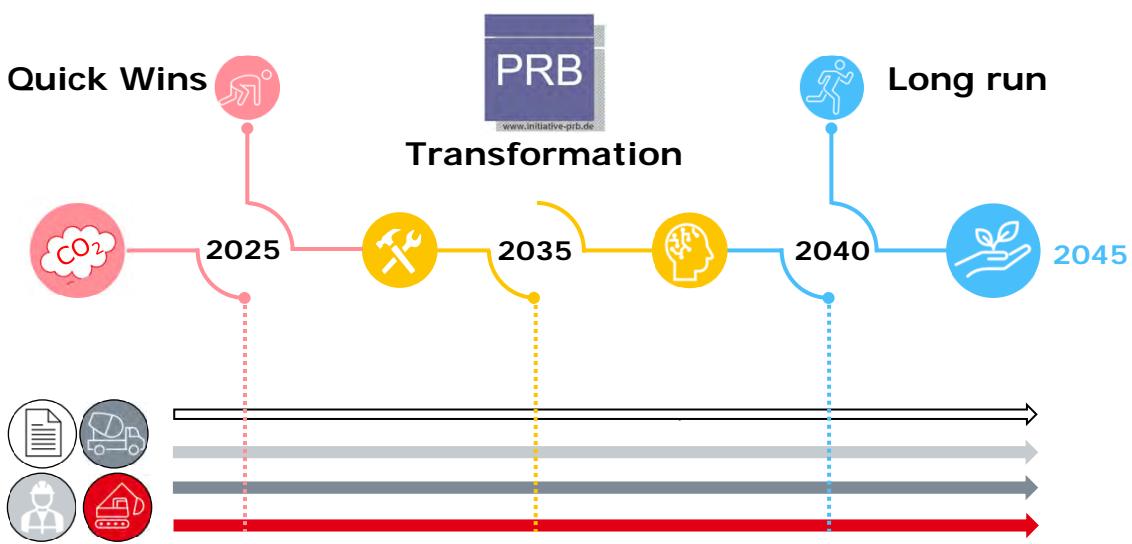
## Klimaneutrale Betonbaustelle bis 2045



42



## Zeitliche Abfolge auf dem Weg zur Klimaneutralität



43

## Zusammenfassung

Seite 44

© DBV | Nachhaltiges Bauen mit Beton - Quick Wins für den Klimaschutz | Oktober 2023 | Dr. Denis Kiltz



44

## Nachhaltiges Bauen mit Beton

1

**Weniger Beton** u.a. durch effizientere Konstruktionen

2

**Bessere Bauverfahren** u.a. durch Digitalisierung und Lean

3

**Dekarbonisierung** von Zement und Beton – und Betonstahl



**Ziel:** Klimaneutrale Betonbaustelle bis 2045

Seite 45

© DBV | Nachhaltiges Bauen mit Beton - Quick Wins für den Klimaschutz | Oktober 2023 | Dr. Denis Kiltz



45

## Quick Wins: Wir müssen schnell ein Angebot für sofort wirkende Maßnahmen schaffen!



**Aufzeigen** bereits existierender Ansätze und Technologien



**Herausarbeiten** solcher Ansätze aus bestehenden Regelwerken



**Hervorheben** von Ansätzen gegenüber Politik und Verwaltung



**Umkehren** der Regelungslandschaft: Standard statt Nische

→ **An der Regulatorik müssen wir gemeinsam arbeiten!**

Seite 46

© DBV | Nachhaltiges Bauen mit Beton - Quick Wins für den Klimaschutz | Oktober 2023 | Dr. Denis Kiltz



46



**125 Jahre**  
gemeinsam  
innovativ

**Dr.-Ing. Denis Kiltz**  
**Leiter DBV-Bauberatung**  
**0234 41482520**  
**kiltz@betonverein.de**



Seite 48

© DBV | Nachhaltiges Bauen mit Beton - Quick Wins für den Klimaschutz | Oktober 2023 | Dr. Denis Kiltz



48

# **Holzbau**

**Erfahrungen mit hybriden Bauweisen,  
Detailausbildung**

**Prof. Dr.-Ing. habil. Jörg Schänzlin**

Hochschule für angewandte Wissenschaften Biberach

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

# Ausblick auf die zukünftige (erwartete) Bemessung von Holz-Beton-Verbunddecken

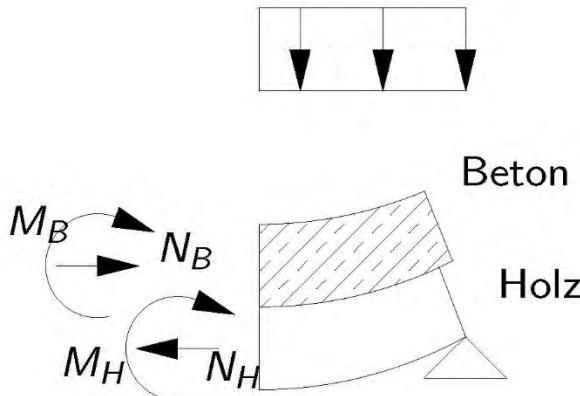
Jörg Schänzlin  
Prof. Dr.-Ing. habil.

Hochschule Biberach  
Institut für Holzbau

Allgemeines  
Aufbau  
Anwendungsbereich  
Kurzzeitverhalten  
Verbindungsmittel  
Langzeitverhalten  
Bemessungsablauf  
Zusammenfassung und  
Ausblick  
Literatur

Ausführlicher Bericht zur Bemessung und Ausführung von HBV-Decken unter  
[<https://www.hochschule-biberach.de/forschung-transfer/forschung/institut-fuer-holzbau>](https://www.hochschule-biberach.de/forschung-transfer/forschung/institut-fuer-holzbau)  
> Forschungs- und Entwicklungsprojekte

# Prinzipielles Tragverhalten



## Äußere Belastung

- Beton: Druckzone
- Holz: Zugzone → „Bewehrung“

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmittel

Langzeitverhalten

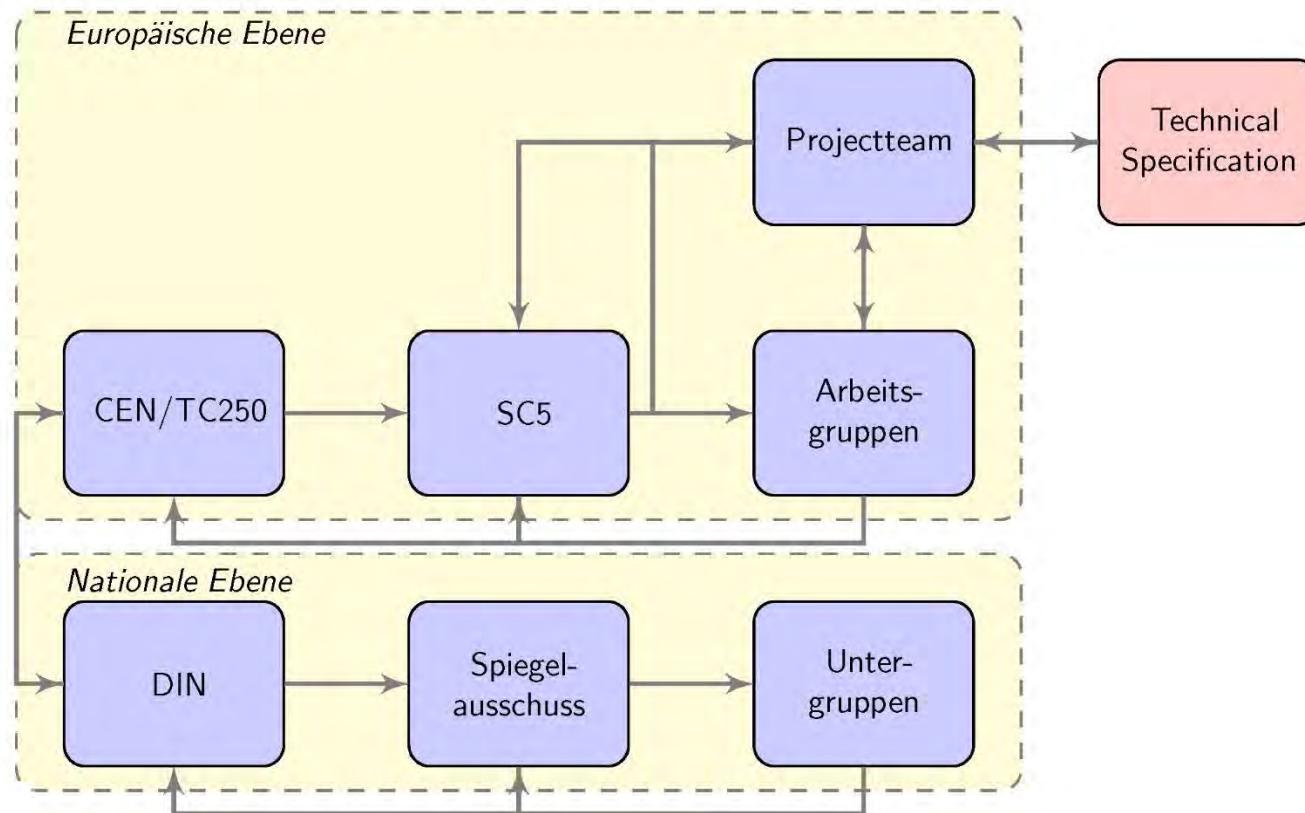
Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Aktueller Zustand

- ▶ Realisierung von Bauwerken in HBV
- ▶ Bisher nur über Zulassungen erfasst
- Wunsch nach normativer Abbildung von HBV
- ▶ Entwicklungsprozess der Technical Specification



Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmitte

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Aufbau von DIN CEN/TS 19103 (2022) – Vorgegebene Inhalte

- 0 Einleitung
- 1 Anwendungsbereich
- 2 Normative Verweise
- 3 Begriffe und Symbole
- 4 Bemessungsgrundlage
- 5 Baustoffe
- 6 Dauerhaftigkeit
- 7 Tragwerksberechnung
- 8 Grenzzustände der Tragfähigkeit
- 9 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmittel

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Aufbau von DIN CEN/TS 19103 (2022) – Zusätzliche Inhalte

- 10 Verbindungen
- 11 Konstruktive Ausführung und Ausführung
- Anhang A (informativ): Jährliche Schwankungen der über den Querschnitt gemittelten Holzfeuchte bei Holz-Beton-Verbundbauteilen unter veränderlichen Umgebungsbedingungen
- Anhang B (informativ): Berechnung der Auswirkungen unelastischer Dehnungen
- Anhang C (informativ): Experimentelle Bestimmung der Tragfähigkeit und des Verschiebungsmoduls von Holz-Beton-Verbindungen

Aktueller Umfang: 46 S. Normtext; 13 S. Anhänge

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmittel

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Anwendungsbereich von DIN CEN/TS 19103 (2022)

- Holz: Verweis auf EN 1995-1-1
- Beton:
  - Normalbeton:  $\geq \text{C}12/15$ ;  $\leq \text{C}60/80$
  - Leichtbeton:  $\geq \text{LC}12/15$ ;  $\leq \text{LC}60/80$
- Bewehrung: Verweis auf EN1992-1-1



- Nicht enthalten
  - Verklebte Bauteile oder Bauteile mit Schubabtrag über Reibung
  - keine umfassende Regelungen für den Brückenbau

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmittel

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Ausgewählte Punkte

- Nutzungsklassen
- Lasten
- Berechnung Kurzzeitverhalten
- Verbindungsmittel
- Langzeitverhalten

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmittel

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

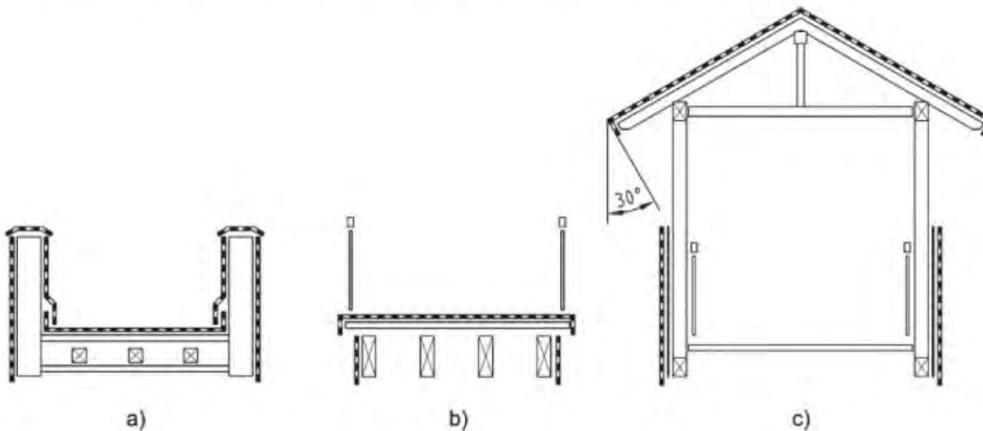
Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Anwendungsbereich - Umgebungsbedingungen

## ► Nutzungsklasse:

- keine Vorgabe
- Ausnahme: Fuge in Nutzungsklasse 1 oder 2
- keine direkte Bewitterung der Fugenbereiche



### Legende

- a) Brücke mit unten liegender Verkehrsfläche
- b) Brücke mit oben liegender Verkehrsfläche
- c) gedeckte Brücke

**Bild NA.4:** Beispiele für geschützte Brückenbauteile

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmittel

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Anwendungsbereich - Umgebungsbedingungen

- Nutzungsklasse:
  - keine Vorgabe
  - Ausnahme: Fuge in Nutzungsklasse 1 oder 2
  - keine direkte Bewitterung der Fugenbereiche



Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmittel

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Ausgewählte Punkte

- Nutzungsklassen✓
- Lasten
- Berechnung Kurzzeitverhalten
- Verbindungsmittel
- Langzeitverhalten

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Belastung

Modifikationsbeiwerte

Ermittlung Schnittgrößen

Verbindungsmittel

Langzeitverhalten

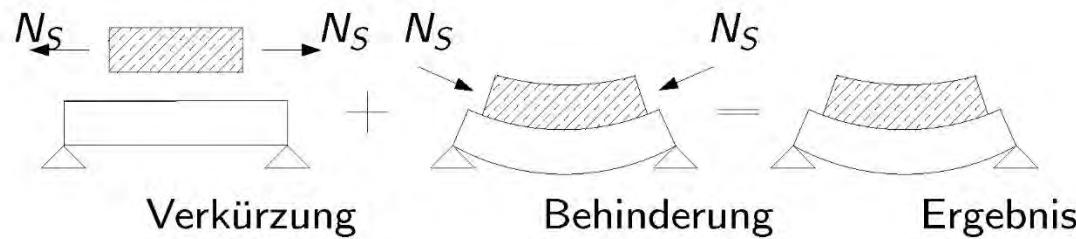
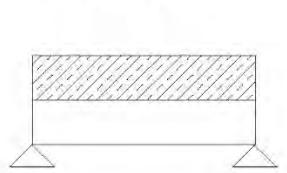
Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Auswirkungen der unterschiedlichen Ausdehnung z.B. infolge Temperatur

## Ausgang



- ▶ Reduktion der Normalkraft in den Teilquerschnitten
- ▶ Reduktion der Verbindungsmittelbeanspruchung
- ▶ Zunahme der Momentenbeanspruchung  
→ Zunahme der Spannungen
- ▶ Zunahme der Verformung

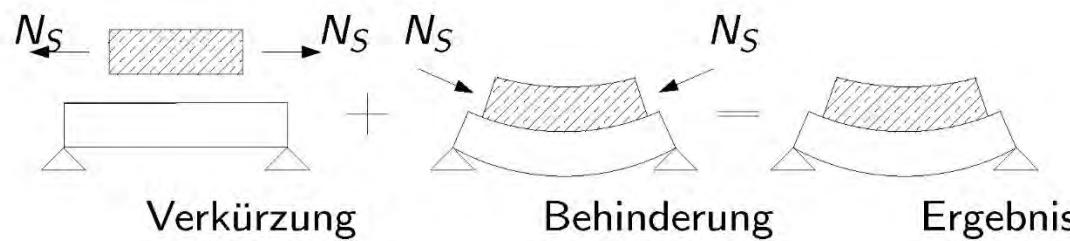
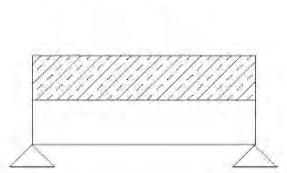
Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines  
Aufbau  
Anwendungsbereich  
Kurzzeitverhalten  
Belastung  
Modifikationsbeiwerte  
Ermittlung Schnittgrößen  
Verbindungsmittel  
Langzeitverhalten  
Bemessungsablauf  
Zusammenfassung und  
Ausblick  
Literatur

# Auswirkungen der unterschiedlichen Ausdehnung z.B. infolge Temperatur

## Ausgang



- ▶ Einfluss der spannungslose Dehnungen auf Verformung und Spannung
- ▶ tendenziell sprödes Holz
  - Berücksichtigung in der Bemessung notwendig
  - Unterschiedliche Dehnungen als „neuer“ Lastfall

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

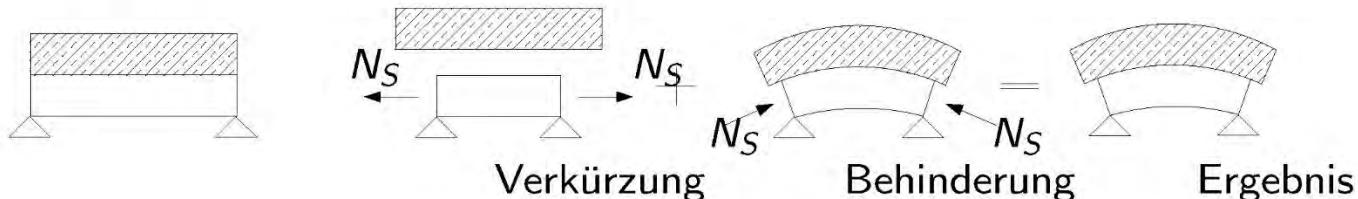
Schänzlin

Allgemeines  
Aufbau  
Anwendungsbereich  
Kurzzeitverhalten  
Belastung  
Modifikationsbeiwerte  
Ermittlung Schnittgrößen  
Verbindungsmittel  
Langzeitverhalten  
Bemessungsablauf  
Zusammenfassung und  
Ausblick  
Literatur

# Belastungen

- ▶ „übliche“ äußere Belastungen wie z.B. Eigengewicht, Verkehr, Schnee, Wind
- ▶ spannungslose Dehnungen wie z.B. in **variablen Umgebungsbedingungen**
  - ▶ Schwinden des Betons
  - ▶ Temperatur ( $\rightarrow$  DIN EN 1991-1-5)
    - ▶ Jährliche Schwankungen
    - ▶ Differenz zwischen Einbau und Endzustand
  - ▶ Feuchteänderungen im Holz  $\rightarrow$  Regelungen im Anhang A
    - ▶ Jährliche Schwankungen
    - ▶ Differenz zwischen Einbau und Endzustand

Ausgang



Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Belastung

Modifikationsbeiwerte

Ermittlung Schnittgrößen

Verbindungsmittel

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Definition der quasi-konstanten Umgebungsbedingungen

- Einbaufeuchte  $\approx$  Ausgleichsfeuchte
- Begrenzung der Feuchteänderungen

$$\Delta mc = mc_{max} - mc_{min} \leq 6\%$$

→ Regelungen der DIN 1052 (1988)

nach DIN 1052 (1988)		
Geschlossener Raum	mit Heizung	$u = 9 \pm 3\%$
	ohne Heizung	$u = 12 \pm 3\%$
unter Dach		$u = 15 \pm 3\%$
bewittert		$u = 18 \pm 6\%$

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Belastung

Modifikationsbeiwerte

Ermittlung Schnittgrößen

Verbindungsmittel

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Definition der quasi-konstanten Umgebungsbedingungen

- ▶ Einbaufeuchte  $\approx$  Ausgleichsfeuchte
- ▶ Begrenzung der Feuchteänderungen

$$\Delta mc = mc_{max} - mc_{min} \leq 6\%$$

- ▶ Begrenzung der Änderungen der (Luft-)Temperatur

$$\Delta T_{Luft} = T_{max,Luft} - T_{min,Luft} \leq 20^\circ$$

- Alle Bedingungen erfüllt ✓
- quasi-konstante Umgebungsbedingungen

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Belastung

Modifikationsbeiwerte

Ermittlung Schnittgrößen

Verbindungsmittel

Langzeitverhalten

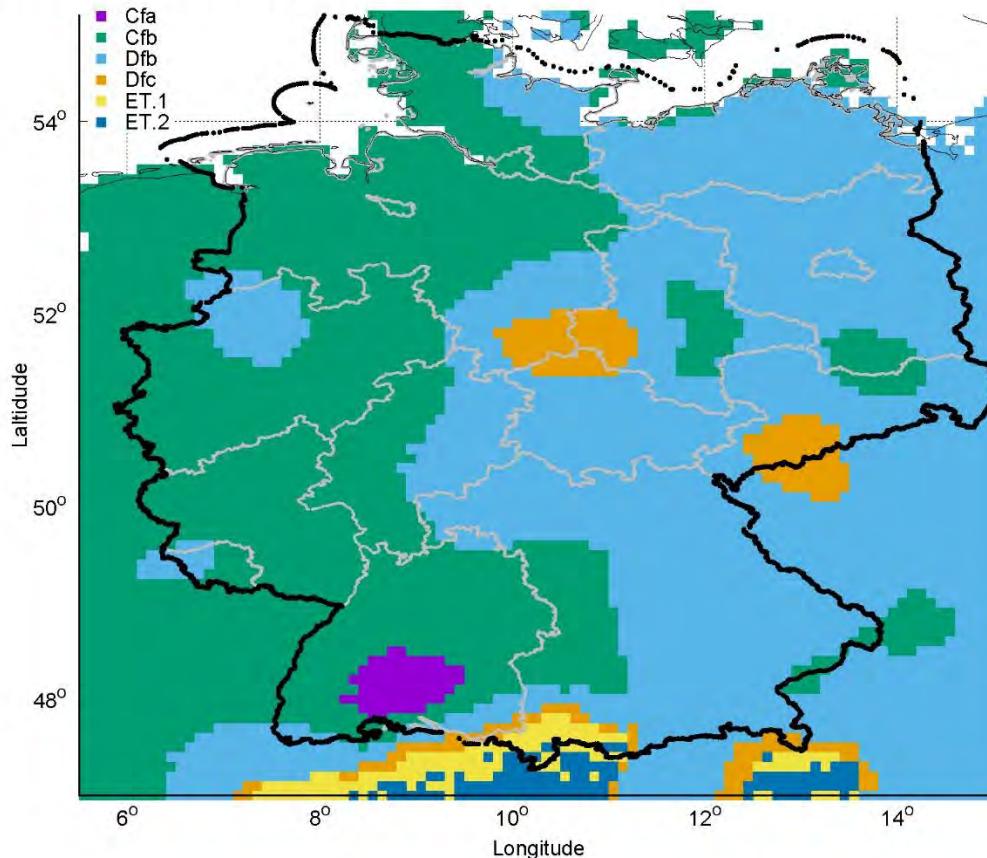
Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Variable Umgebungsbedingungen: Ermittlung der jährlichen Feuchteschwankungen

- Festlegung der Klimazone des Gebäudes anhand des Köppen-Geiger-Diagramms



Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

- Allgemeines
- Aufbau
- Anwendungsbereich
- Kurzzeitverhalten
- Belastung
- Modifikationsbeiwerte
- Ermittlung Schnittgrößen
- Verbindungsmittel
- Langzeitverhalten
- Bemessungsablauf
- Zusammenfassung und Ausblick
- Literatur

# Variable Umgebungsbedingungen: Ermittlung der jährlichen Feuchteschwankungen

- ▶ Festlegung der Klimazone des Gebäudes anhand des Köppen-Geiger-Diagramms
- ▶ Ermittlung der Feuchte durch Interpolation

Bez.	Breite in mm		
	38	125	>300
Gemäßigt ozeanisch			
Stuttgart, Paris, London	CFB	15	9
Gemäßigt kontinental			
südliche Gebiete			
Warschau, Berlin, München, Prag			
DFB.2	15.5	9	3.5

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Belastung

Modifikationsbeiwerte

Ermittlung Schnittgrößen

Verbindungsmittel

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Variable Umgebungsbedingungen: Ermittlung der jährlichen Feuchteschwankungen

- ▶ Festlegung der Klimazone des Gebäudes anhand des Köppen-Geiger-Diagramms
- ▶ Ermittlung der Feuchte durch Interpolation
- ▶ Modifikation der Feuchte in Abhängigkeit der Nutzungsklasse
- ▶ Ermittlung der Dehnung durch

$$\varepsilon = \alpha_{||} \cdot \Delta u$$

- ▶ Schwinddehnungsbeiwert  $\alpha = 0,01\%/\%\Delta u$  (siehe z.B. NA zu EN 1995-1-1)

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Belastung

Modifikationsbeiwerte

Ermittlung Schnittgrößen

Verbindungsmittel

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Vergleich mit Zulassungen

- Schwinden/Quellen des Holzes als neuer Lastfall?
- Zulassungen: „Die Einflüsse von Kriechverformungen und Feuchteänderungen des Holzes sowie von Kriechverformungen und Schwinden des Betons sind zu berücksichtigen“

Zulassung		Berücksichtigung von $\varphi, k_{def}$   $\Delta u$   $\varepsilon_s, \text{Beton}$ gefordert		
Z-9.1-445	Timco II	x	x	x
Z-9.1-445	Timco III	x	x	x
Z.9.1-603	TCC	x	x	x
Z.9.1-648	Würth Assy Plus	x	x	x
Z-9.1-803	SWG	x	x	x
ETA 12-0196	SWG	x	x	x
Z-9.1-845	Schmid Stardrive	x	x	x
Z-9.1-845	Schmid Rapid	x	x	x
Z-9.1-851	BiFri	x	x	x
Z-9.1.857	SFIX	x	x	x
ETA 13/0699	SFS	x	x	x
Z-9.1-342	SFS intec	x	x	x

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Belastung

Modifikationsbeiwerte

Ermittlung Schnittgrößen

Verbindungsmittel

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Vergleich mit Zulassungen

- Schwinden/Quellen des Holzes als neuer Lastfall?
- Zulassungen: „Die Einflüsse von Kriechverformungen und Feuchteänderungen des Holzes sowie von Kriechverformungen und Schwinden des Betons sind zu berücksichtigen“
  - ⇒ Schwinden und Feuchteänderung bisher prinzipiell auch zu berücksichtigen
  - ⇒ In Zulassung pauschale Abminderung der E-Moduli
  - ⇒ In Technical Specification als explizite Belastung
  - ⇒ Bemessungslasten?

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Belastung

Modifikationsbeiwerte

Ermittlung Schnittgrößen

Verbindungsmittel

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Teilsicherheitsbeiwerte

- Berücksichtigung von spannungslosen Dehnungen im GZT  
⇒ Teilsicherheitsbeiwerte notwendig
- Temperatur:  $\gamma_F = 1.35$
- Quellen und Schwinden des Holzes:  $\gamma_F = 1.35$
- Schwinden des Betons:  $\gamma_F = 1.35$

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Belastung

Modifikationsbeiwerte

Ermittlung Schnittgrößen

Verbindungsmittel

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Klasse der Lasteinwirkungsdauern

- „Ständig“ bei einmaliger spannungslose Dehnungen wie z.B.
  - Schwinden des Betons
  - Ausgang → Endzustand
- „Mittel“ bei jährlichen Änderungen

Ausblick auf  
HBV-Bemessung  
Schänzlin

Allgemeines  
Aufbau  
Anwendungsbereich  
Kurzzeitverhalten  
Belastung  
Modifikationsbeiwerte  
Ermittlung Schnittgrößen  
Verbindungsmittel  
Langzeitverhalten  
Bemessungsablauf  
Zusammenfassung und  
Ausblick  
Literatur

# $k_{mod}$ -Werte

- Funktion:  
Berücksichtigung der Feuchte und der Zeit auf die Festigkeit
- Holz → DIN EN 1995-1-1
- Beton →  $\alpha_{cc}$
- Verbindung

$$k'_{mod} = \sqrt{k_{mod} \cdot \alpha_{cc}}$$

in Anlehnung an Holz-Holz-Verbindungen mit  
unterschiedlichem  $k_{mod}$  ( $k_{mod, \text{Beton}} \approx \alpha_{cc}$ )

⇒ Ermittlung der Schnittgrößen unter Bemessungslast

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Belastung

Modifikationsbeiwerte

Ermittlung Schnittgrößen

Verbindungsmitte

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Ausgewählte Punkte

- Nutzungsklassen ✓
- Lasten ✓
- Berechnung Kurzzeitverhalten
- Verbindungsmittel
- Langzeitverhalten

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Belastung

Modifikationsbeiwerte

Ermittlung Schnittgrößen

Verbindungsmittel

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Auswahl an Verfahren

- ▶ Differentialgleichung (siehe z.B. Fries (2001) oder Dabaon u. a. (1993))
- ▶  $\gamma$ -Verfahren nach DIN EN 1995-1-1 (2010), Anhang B
- ▶ Schubanalogie-Verfahren nach Kreuzinger (1999) (siehe auch Scholz (2004) oder Scholz (2003))
- ▶ Modellierung als Stabwerksystem (siehe u. a. Grosse u. a. (2003))
- ▶ FE-Modellierung

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Belastung

Modifikationsbeiwerte

Ermittlung Schnittgrößen

Verbindungsmittel

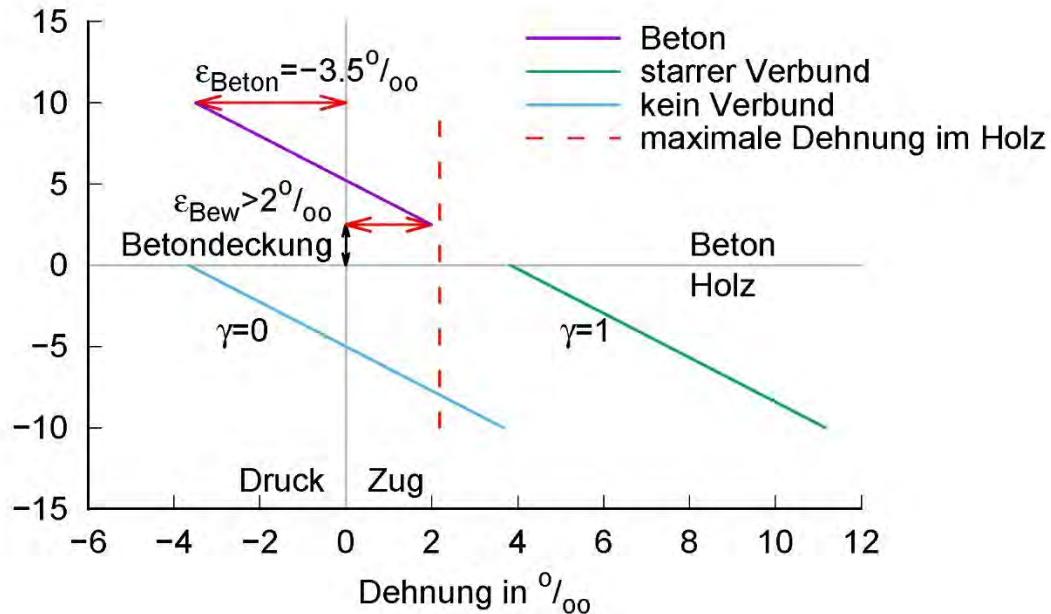
Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Dehnungsverlauf / Kompatibilität



- Fließdehnung der Bewehrung  $\geq$  Bruchdehnung Holz
- „Normale“ Bemessung der erforderlichen Bewehrungsmenge schwierig
- i.d.R. keine Traglasterhöhung durch Bewehrung

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Belastung

Modifikationsbeiwerte

Ermittlung Schnittgrößen

Verbindungsmittel

Langzeitverhalten

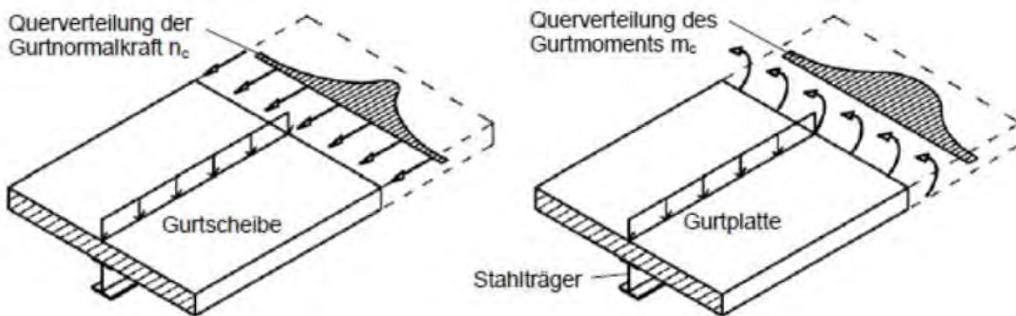
Bemessungsablauf

Zusammenfassung und Ausblick

Literatur

# Mittragende Breite

- Traganteile
  - Scheibentragwirkung
  - Plattentragwirkung



(siehe [Rieg])

- Effektivität der Bewehrung?
  - ⇒ Biegeanteil gering
  - „nur“ Scheibenanteil

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Belastung

Modifikationsbeiwerte

Ermittlung Schnittgrößen

Verbindungsmittel

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Vergleich der bisherigen Normen

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Belastung

Modifikationsbeiwerte

Ermittlung Schnittgrößen

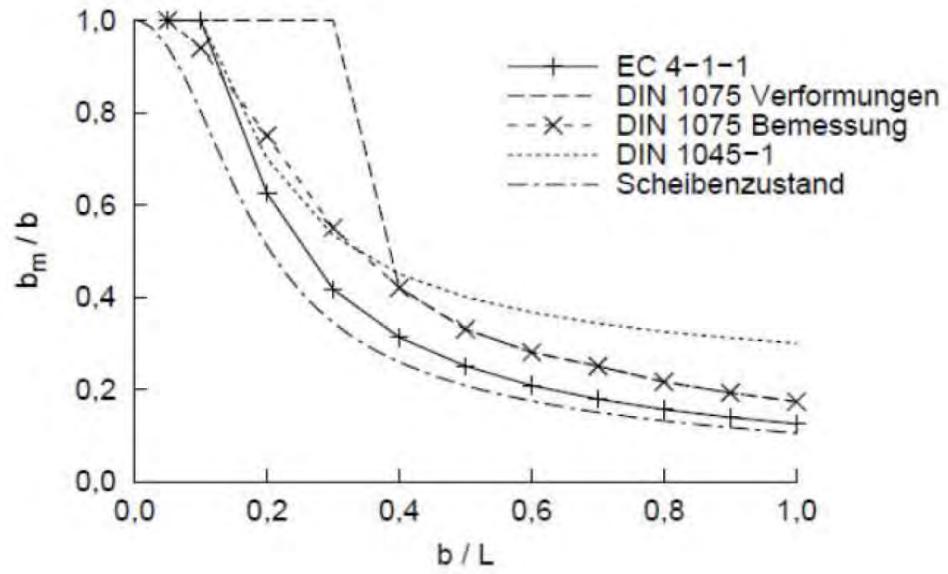
Verbindungsmittel

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur



(siehe [Rieg])

- Scheibenzustand  $\simeq$  DIN EN 1994

# Ausgewählte Punkte

- Nutzungsklassen✓
- Lasten✓
- Berechnung Kurzzeitverhalten✓
- **Verbindungsmittel**
- Langzeitverhalten

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Belastung

Modifikationsbeiwerte

Ermittlung Schnittgrößen

Verbindungsmittel

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Bisher erfasste Verbindungsmittel

- ▶ stiftförmige Verbindungsmittel (inkl. eingeklebte Gewindestangen), die im 90°-Winkel zur Fuge eingebaut werden
- ▶ Kerven (= über die gesamte Breite des Holzes verlaufende ausbetonierte Vertiefung im Holz)
- ▶ notwendige Parameter
  - ▶ Tragfähigkeit
  - ▶ Verschiebungsmodul im GZT und GZG

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmittel

Stiftförmige Verbindungsmittel

Kerven

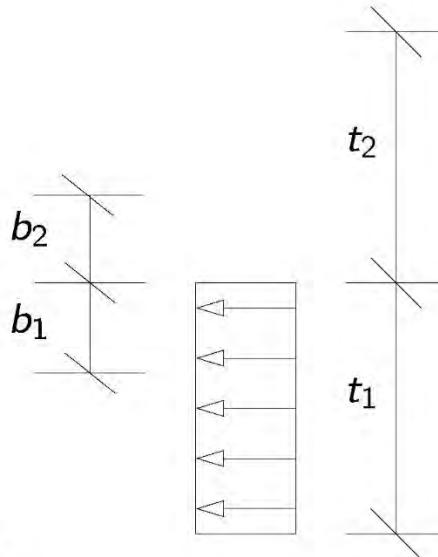
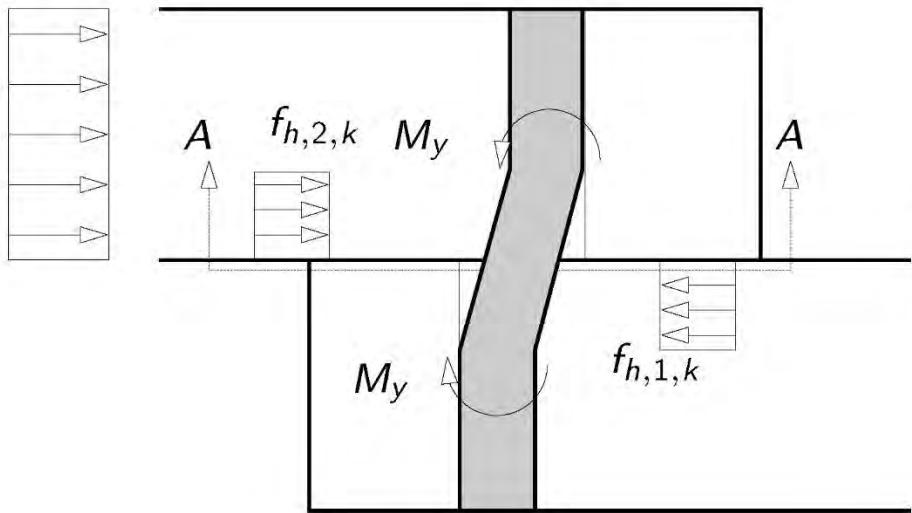
Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Grundlagen (Bsp. Versagensmodus 4)



- Momenten- & Kräftegleichgewicht an der Fuge
- 6 Gleichungen  $\leftrightarrow$  6 Unbekannte

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmittel

Stiftförmige Verbindungsmittel

Kerven

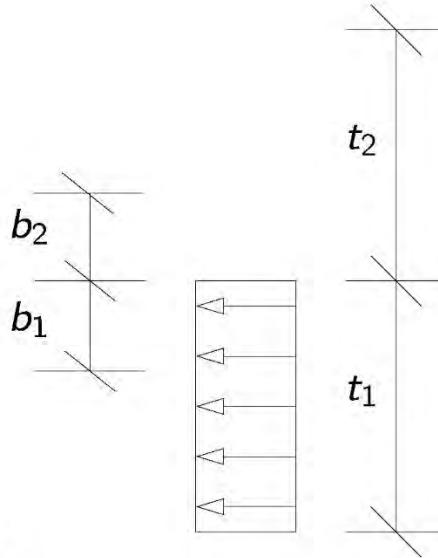
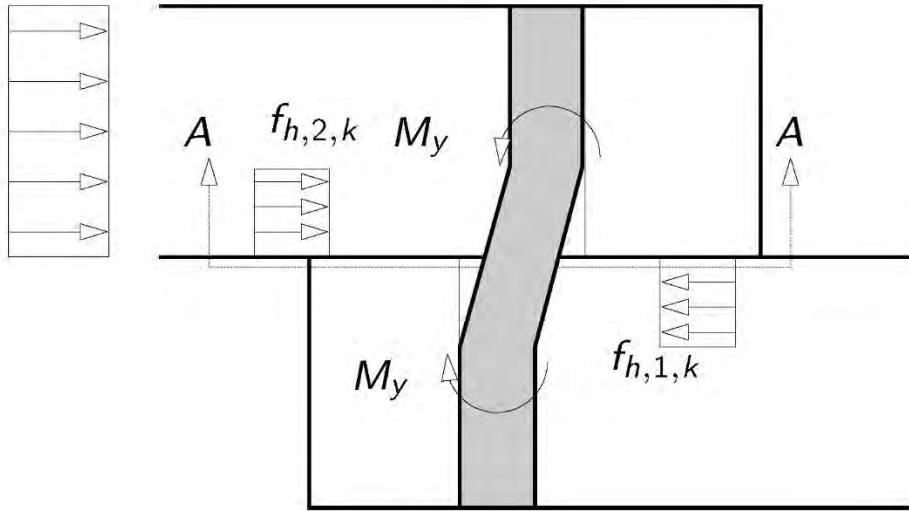
Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Grundlagen (Bsp. Versagensmodus 4)



- Momenten- & Kräftegleichgewicht an der Fuge
- 6 Gleichungen  $\leftrightarrow$  6 Unbekannte
- analytische Lösung
- allgemeine Anwendung  $\rightarrow$  anwendbar bei HBV

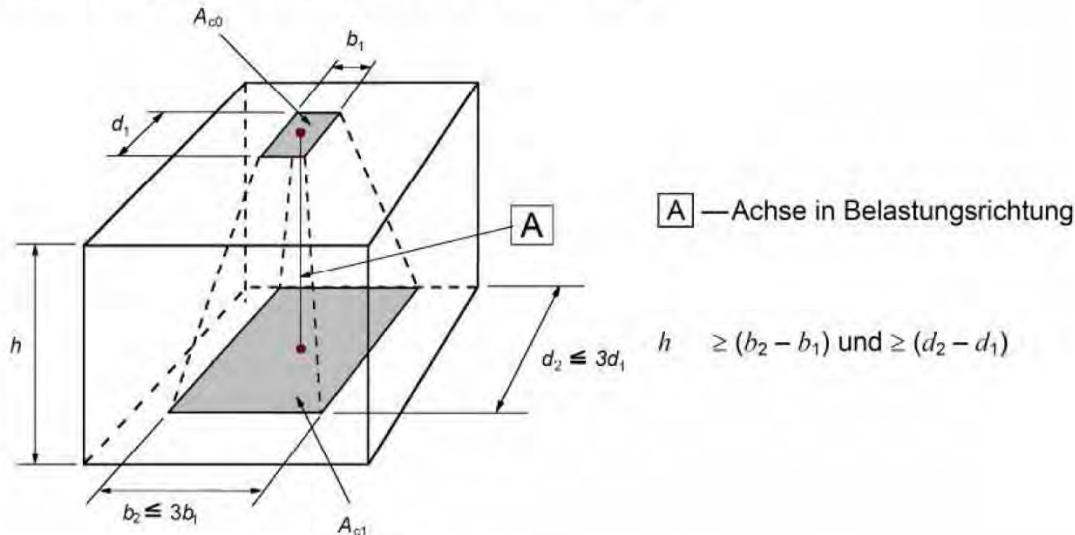
Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines  
Aufbau  
Anwendungsbereich  
Kurzzeitverhalten  
Verbindungsmittel  
Stiftförmige Verbindungsmittel  
Kerven  
Langzeitverhalten  
Bemessungsablauf  
Zusammenfassung und  
Ausblick  
Literatur

# Eingangsgrößen

- Lochleibungsfestigkeit des Holzes ✓
- plastisches Moment des Verbindungsmittels ✓
- Lochleibungsfestigkeit des Betons
  - Anwendung der Teilflächenpressung



- Lochleibungsfestigkeit =  $3 \times$  Druckfestigkeit
- Alle Eingangswerte bekannt
- Tragfähigkeit bestimmbar

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines  
Aufbau  
Anwendungsbereich  
Kurzzeitverhalten  
Verbindungsmittel  
Stiftförmige Verbindungsmittel  
Kerven  
Langzeitverhalten  
Bemessungsablauf  
Zusammenfassung und Ausblick  
Literatur

# Steifigkeiten der Verbindungsmittel

- Nachweis der Gebrauchstauglichkeit
  - Stabdübel, Bolzen mit oder ohne Lochspiel, Schrauben, Nägel (vorgebohrt)

$$K_{ser} = 2 \cdot \frac{\rho_m^{1.5} \cdot d}{23}$$

- Nägel (nicht vorgebohrt)
- Nachweis der Tragfähigkeit: Die Steifigkeit im Grenzzustand der Tragfähigkeit wird – wie im Holzbau üblich – durch folgende Beziehung bestimmt

$$K_u = \frac{2}{3} \cdot K_{ser}$$

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmittel

Stiftförmige Verbindungsmittel

Kerven

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur



- ▶ Betongüte mindestens C20/25 mit maximalem Durchmesser des Zuschlagkorns von 16mm
- ▶ Brettschichtholz mind. der Festigkeitsklasse GL24, Vollholz mind. der Festigkeitsklasse C24 oder Furnierschichtholz

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmittel

Stiftförmige Verbindungsmittel

Kerven

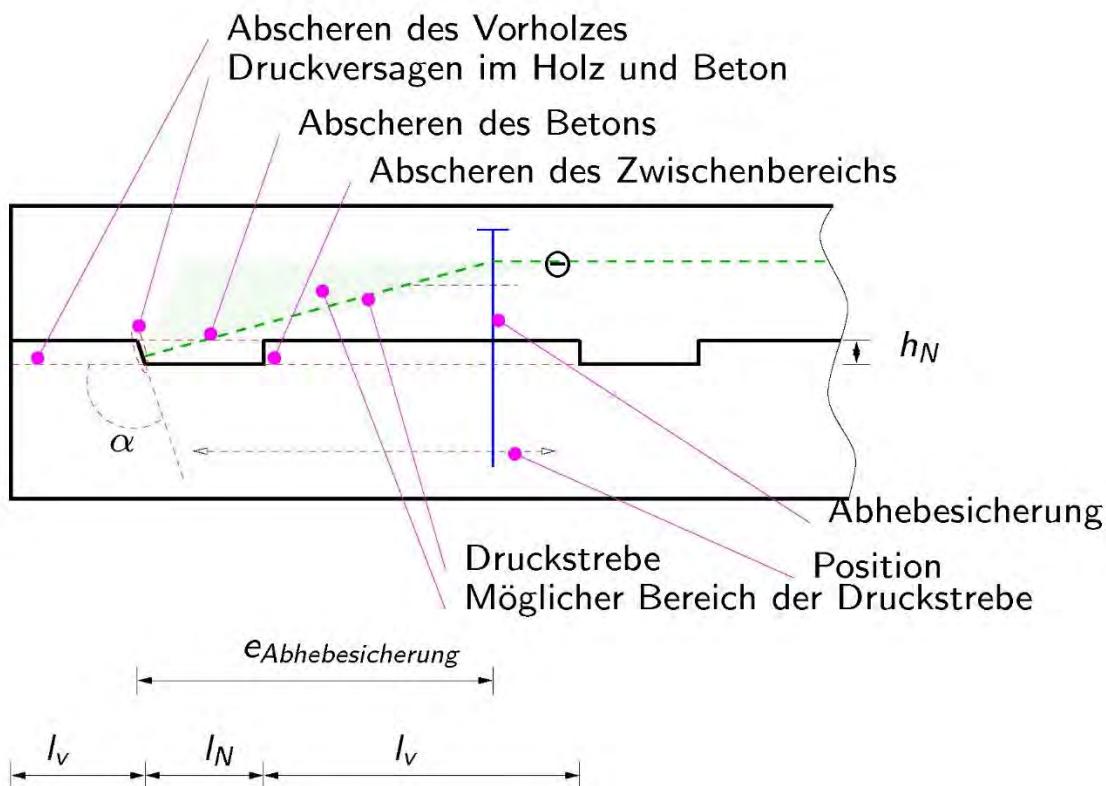
Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Kerve



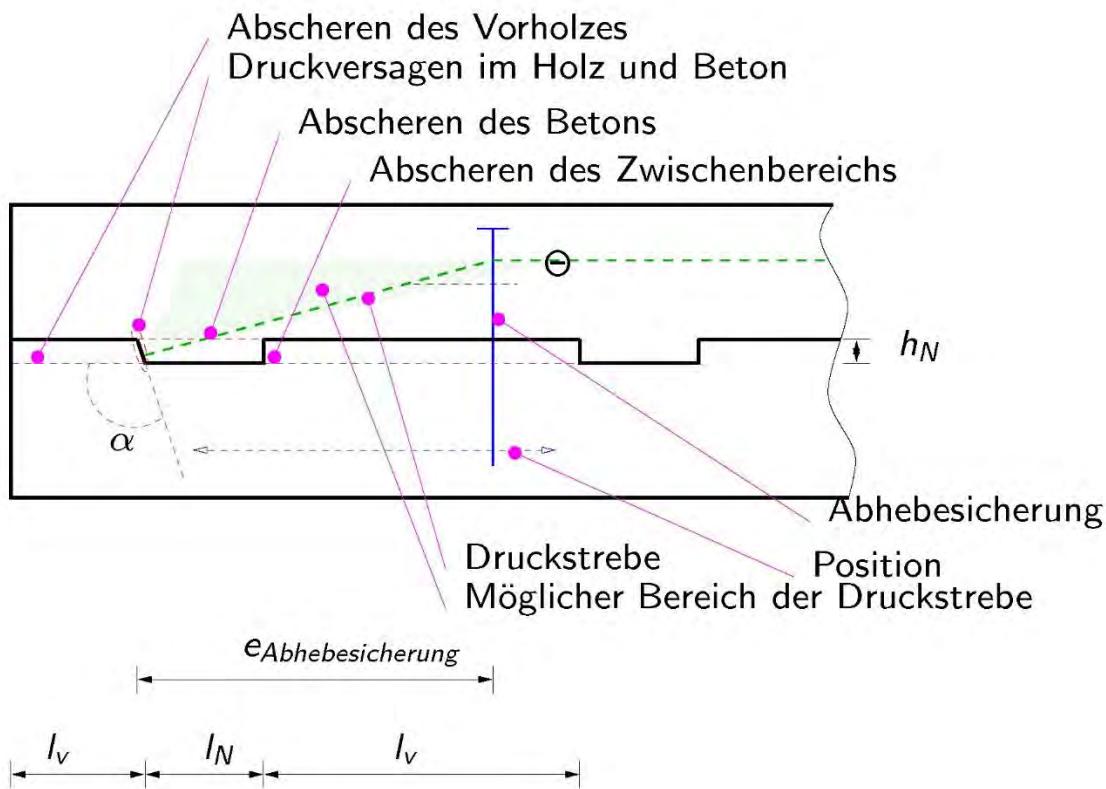
## ► Geometrie der Kerve

- Tiefe  $t \geq 20\text{mm}$  für übliche Belastungen (z.B. Hochbau) und  $t \geq 30\text{mm}$  für hohe Belastungen (z.B. Brückenbau)
- rechnerische Vorholzlänge  $l_v \geq 8 \cdot t_v$ ,
- Duktilität  $\rightarrow l_v \geq 12.5 \cdot t_v$

Ausblick auf  
HBV-Bemessung  
Schänzlin

Allgemeines  
Aufbau  
Anwendungsbereich  
Kurzzeitverhalten  
Verbindungsmittel  
Stiftförmige Verbindungsmittel  
Kerven  
Langzeitverhalten  
Bemessungsablauf  
Zusammenfassung und Ausblick  
Literatur

# Kerve



## ► Geometrie der Kerve

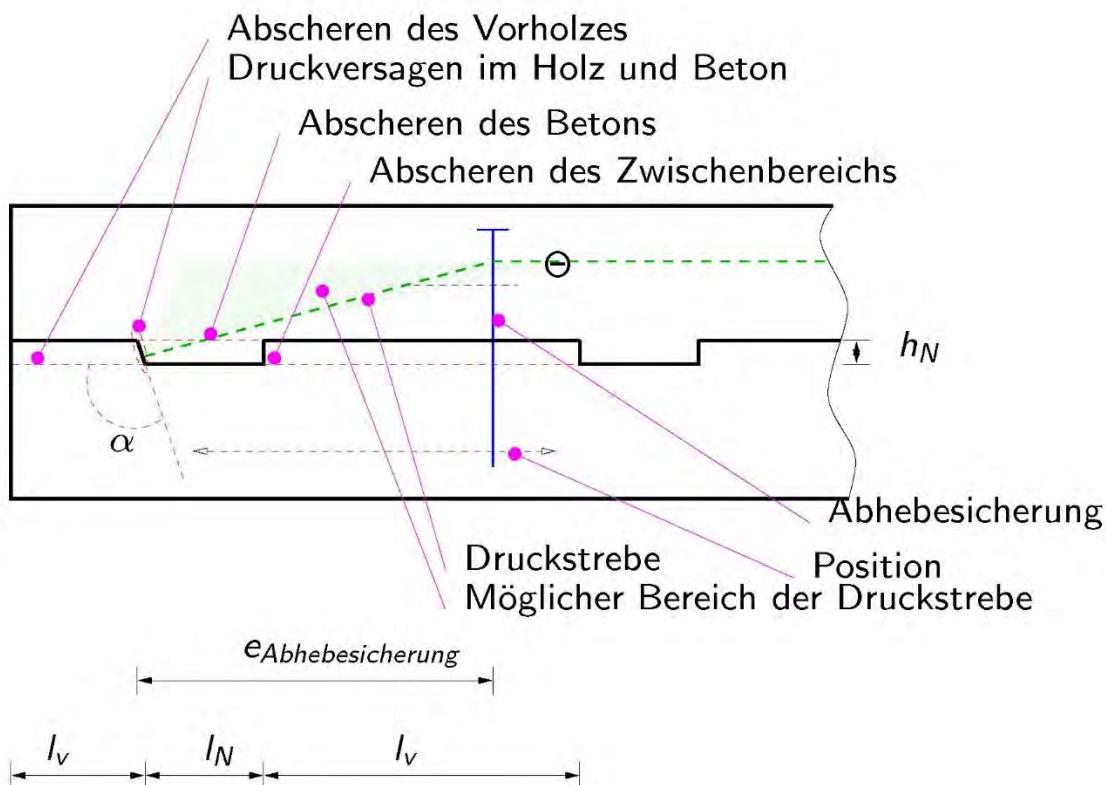
- Länge der Kerve im Holz  $I_N \geq 150\text{mm}$
- Abhebesicherung durch Schrauben mit  $\varnothing \geq 6\text{mm}$

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

- Allgemeines
- Aufbau
- Anwendungsbereich
- Kurzzeitverhalten
- Verbindungsmittel
- Stiftförmige Verbindungsmittel
- Kerven
- Langzeitverhalten
- Bemessungsablauf
- Zusammenfassung und Ausblick
- Literatur

# Kerve



- Geometrie der Kerve
  - Neigungswinkel der Flanken

$$80^\circ \leq \alpha \leq \min \begin{cases} 115^\circ \\ 90^\circ + \Theta \end{cases}$$

# Steifigkeitskennwerte der Kerve

$$K_{ser} = \begin{cases} 1000 \text{ kN/mm/mBreite} & \text{für } t = 20 \text{ mm} \\ 1500 \text{ kN/mm/mBreite} & \text{für } t \geq 30 \text{ mm} \end{cases}$$



Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmittel

Stiftförmige Verbindungsmittel

Kerven

Langzeitverhalten

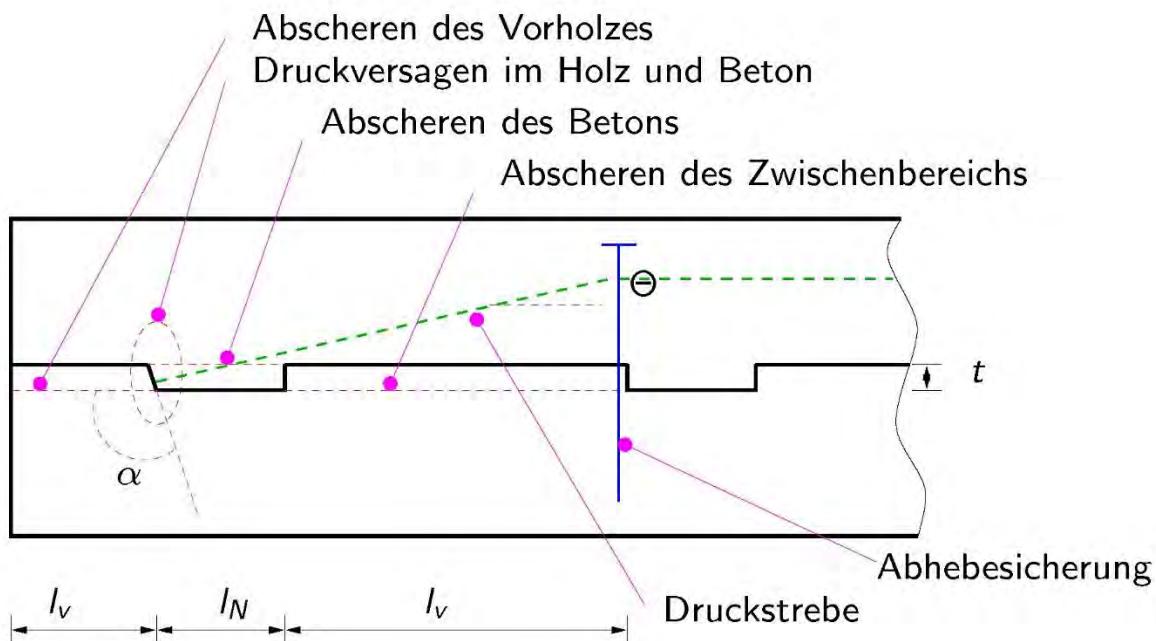
Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Ermittlung der Tragfähigkeit

$$F_{R,k} = \begin{cases} f_{v,c,d} \cdot b_N \cdot l_N & \text{Abscheren der Betonnocke} \\ f_{c,d} \cdot b_N \cdot h_N & \text{Druckversagen Beton} \\ f_{v,h,d} \cdot b_N \cdot \min(l_v, l_s) & \text{Abscheren des Holzes} \\ f_{h,0,d} \cdot b_N \cdot h_N & \text{Druckversagen Holz} \end{cases}$$



Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmittel

Stiftförmige Verbindungsmittel

Kerven

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Ermittlung der Tragfähigkeit

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

$$F_{R,k} = \begin{cases} f_{v,c,d} \cdot b_N \cdot l_N & \text{Abscheren der Betonnocke} \\ f_{c,d} \cdot b_N \cdot h_N & \text{Druckversagen Beton} \\ f_{v,h,d} \cdot b_N \cdot \min(l_v, l_s) & \text{Abscheren des Holzes} \\ f_{h,0,d} \cdot b_N \cdot h_N & \text{Druckversagen Holz} \end{cases}$$

mit  $F_{R,k}$  Tragfähigkeit der Kerve

$f_{v,c,k}$  „Schubfestigkeit“ des Betons

$$= \frac{\nu \cdot f_{c,d}}{\cot\Theta + \tan\Theta}$$

$\nu$  Reduktionsfaktor der Tragfähigkeit zur Berücksichtigung der Risse im Beton bei einer Schubbeanspruchung

$$= 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{fk}}{250}\right)$$

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmittel

Stiftförmige Verbindungsmittel

Kerven

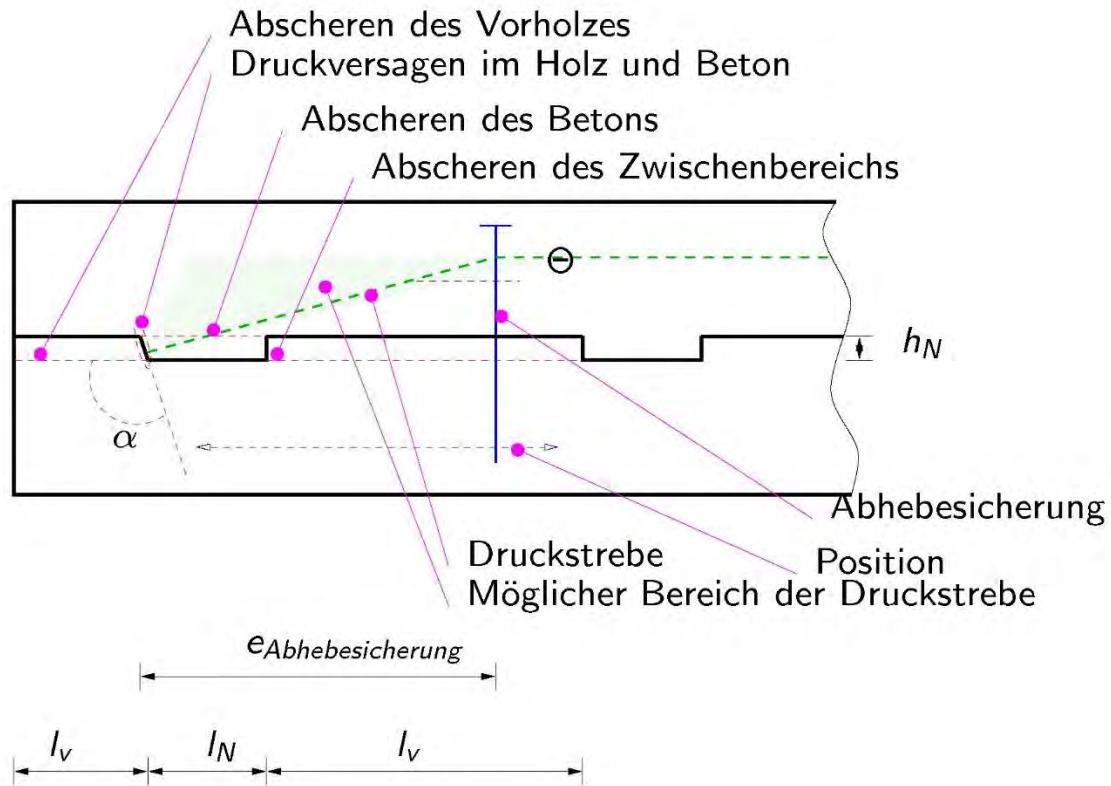
Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Abhebende Kraft an der Kerve



$$F_{\perp,d} = \max \begin{cases} F_{\perp,d} = 0.1 \cdot F_{Ed} \\ F_{R,d} \cdot \tan \Theta \end{cases}$$

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmittel

Stiftförmige Verbindungsmittel

Kerven

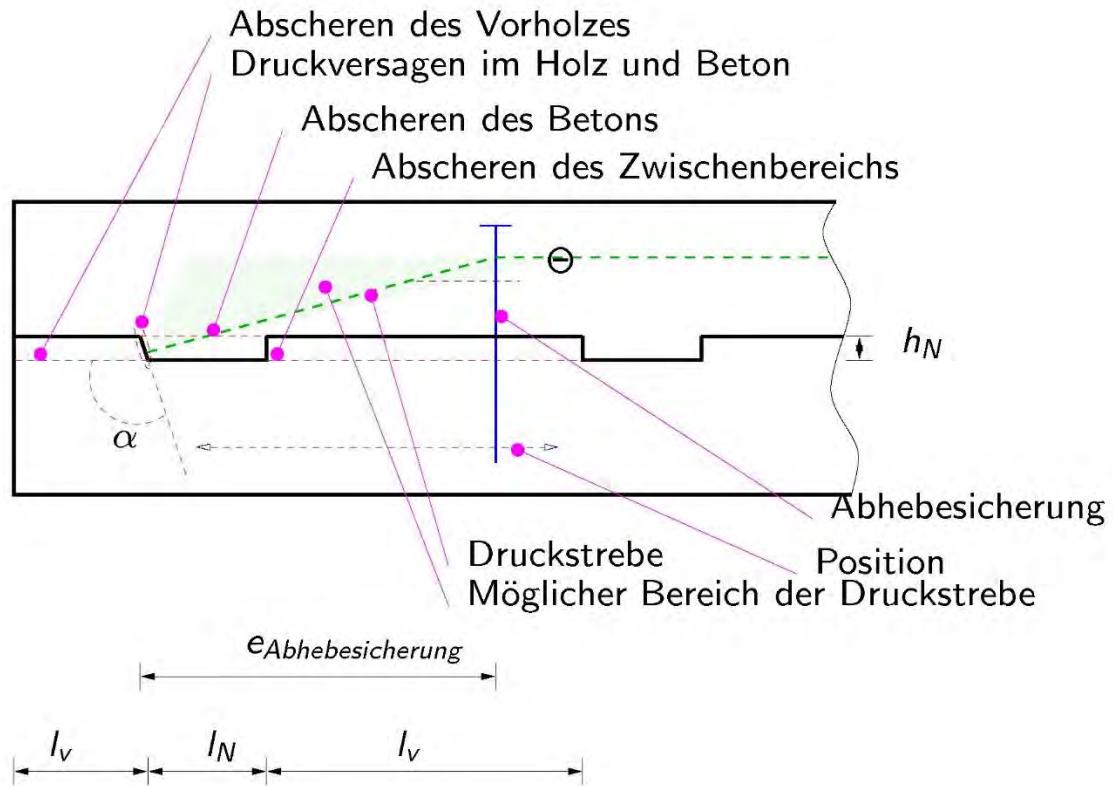
Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Abhebende Kraft an der Kerve



$$e_{\text{Abhebesicherung}} = \frac{h_{\text{Beton}} + h_N}{2 \cdot \tan \Theta}$$

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmittel

Stiftförmige Verbindungsmittel

Kerven

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

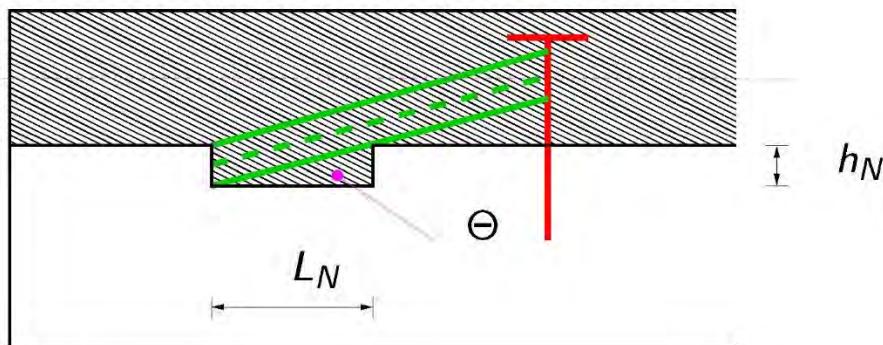
Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Grenzen des Druckstrebenwinkels

- Verhinderung des Einschneidens der unbelasteten Kervenflanke in die Druckstrebe

$$\Theta_{min,1} = \arctan \left( \frac{h_N}{l_N} \right)$$



Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

- Allgemeines
- Aufbau
- Anwendungsbereich
- Kurzzeitverhalten
- Verbindungsmittel
- Stiftförmige Verbindungsmittel
- Kerven
- Langzeitverhalten
- Bemessungsablauf
- Zusammenfassung und Ausblick
- Literatur

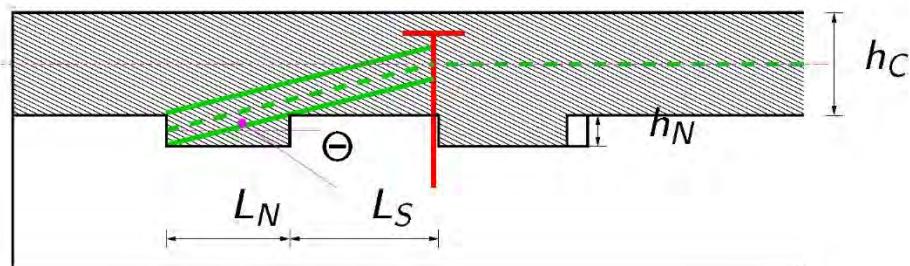
# Grenzen des Druckstrebenwinkels

- Verhinderung des Einschneidens der unbelasteten Kervenflanke in die Druckstrebe

$$\Theta_{min,1} = \arctan \left( \frac{h_N}{l_N} \right)$$

- Sicherstellung der Beanspruchung der Abhebesicherung „nur“ durch eine Kerve

$$\Theta_{min,2} = \arctan \left( \frac{h_N + h_{Beton}}{2 \cdot (l_N + l_v)} \right)$$



Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmittel

Stiftförmige Verbindungsmittel

Kerven

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Grenzen des Druckstrebewinkels

- Verhinderung des Einschneidens der unbelasteten Kervenflanke in die Druckstrebe

$$\Theta_{min,1} = \arctan \left( \frac{h_N}{l_N} \right)$$

- Sicherstellung der Beanspruchung der Abhebesicherung „nur“ durch eine Kerve

$$\Theta_{min,2} = \arctan \left( \frac{h_N + h_{Beton}}{2 \cdot (l_N + l_v)} \right)$$

- untere Grenze des Druckstrebewinkels

$$\Theta_{min} = \max (\Theta_{min,1}; \Theta_{min,2})$$

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmittel

Stiftförmige Verbindungsmittel

Kerven

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Ausgewählte Punkte

- Nutzungsklassen✓
- Lasten✓
- Berechnung Kurzzeitverhalten✓
- Verbindungsmittel✓
- Langzeitverhalten

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmittel

Stiftförmige Verbindungsmittel

Kerven

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Wesentliche Änderungen

- Wesentliche Änderungen im Vergleich zu Zulasungen
  - Berücksichtigung eines zusätzlichen Zeitraums
  - Berücksichtigung der Auswirkungen der Lastumlagerungen infolge Kriechen
- Warum?

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmittel

Langzeitverhalten

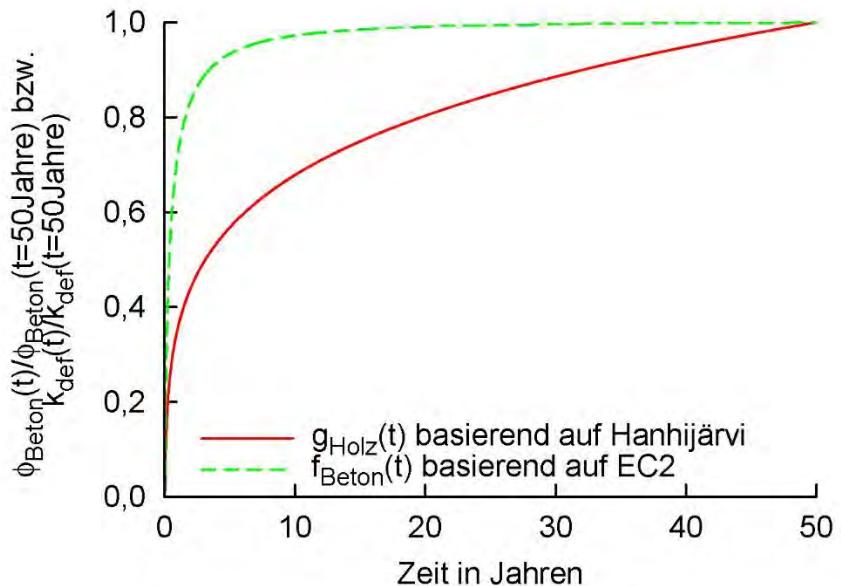
Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Steifigkeitsverhältnis

$$n_{Holz} = \frac{E_{Holz}}{E_{Beton}} \cdot \frac{1 + \varphi_{Beton}(t = \infty, t_0) \cdot f_{Beton}(t)}{1 + k_{def, Holz}(t = \infty) \cdot g_{Holz}(t)}$$

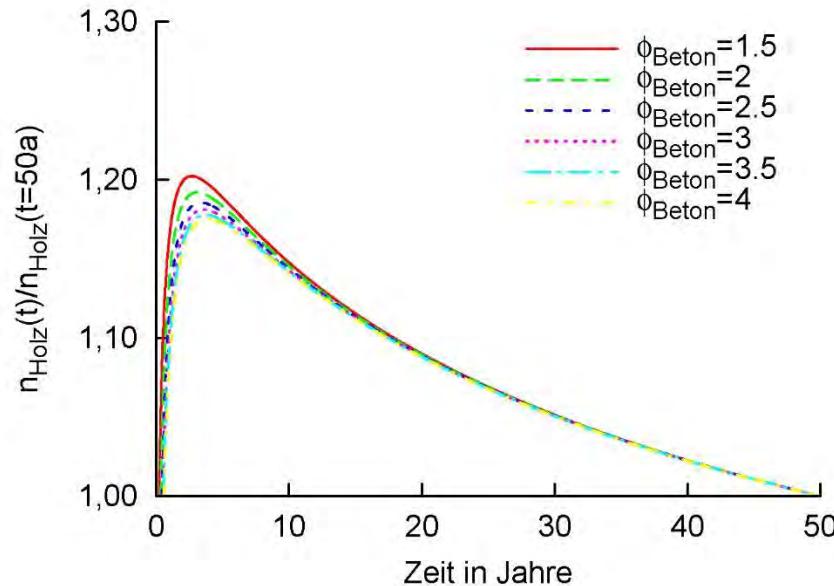


Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

- Allgemeines
- Aufbau
- Anwendungsbereich
- Kurzzeitverhalten
- Verbindungsmittel
- Langzeitverhalten
- Bemessungsablauf
- Zusammenfassung und Ausblick
- Literatur

# Verlauf des Steifigkeitsverhältnis oder Steifigkeit zieht Kräfte an



- Biegemoment im Teilquerschnitt

$$M = \textcolor{red}{n_{Holz}} \cdot \frac{J_i}{J_{ges}} \cdot M_{ges}$$

- Reduktion der Mitwirkung des Betons im Zeitraum von 3-7 Jahren

# Langzeitverhalten

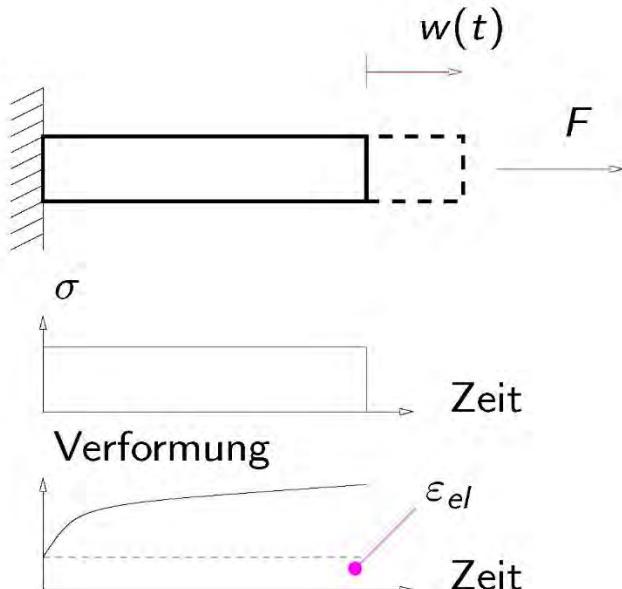
## ► Kriechen

- Definition: Zunahme der Verformung in Abhängigkeit der Zeit

$$\begin{aligned} w_{\text{ges}} &= w_{\text{el}} + w_{\text{kr}} \\ &= w_{\text{el}} + k_{\text{def}} \cdot w_{\text{el}} \end{aligned}$$

- Berücksichtigung von Kriechen

$$E_{\text{eff}} = \frac{E(t=0)}{1 + k_{\text{def}}}$$



Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmittel

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Langzeitverhalten

## ► Kriechen

- Berücksichtigung von Kriechen

$$E_{\text{eff}} = \frac{E(t=0)}{1 + k_{\text{def}}}$$

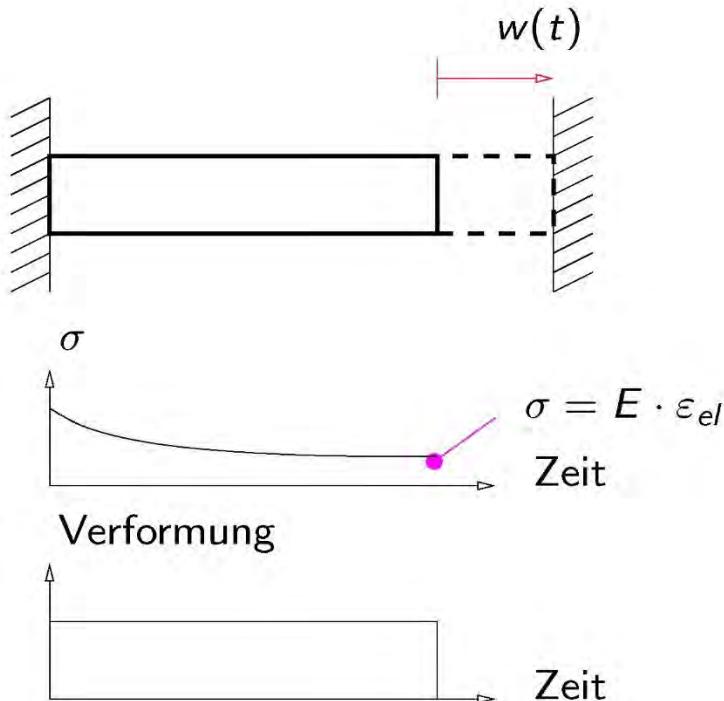
## ► Relaxation

- Definition: Konstante Verformung

$$w_{\text{ges}} = w_{\text{el}} + w_{\text{kr}} = \text{konst.}$$

- Berücksichtigung von Kriechen

$$E_{\text{eff}} = \frac{E(t=0)}{e^{k_{\text{def}}}}$$



Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmittel

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Langzeitverhalten

## ► Kriechen

- Berücksichtigung von Kriechen

$$E_{\text{eff}} = \frac{E(t=0)}{1 + k_{\text{def}}}$$

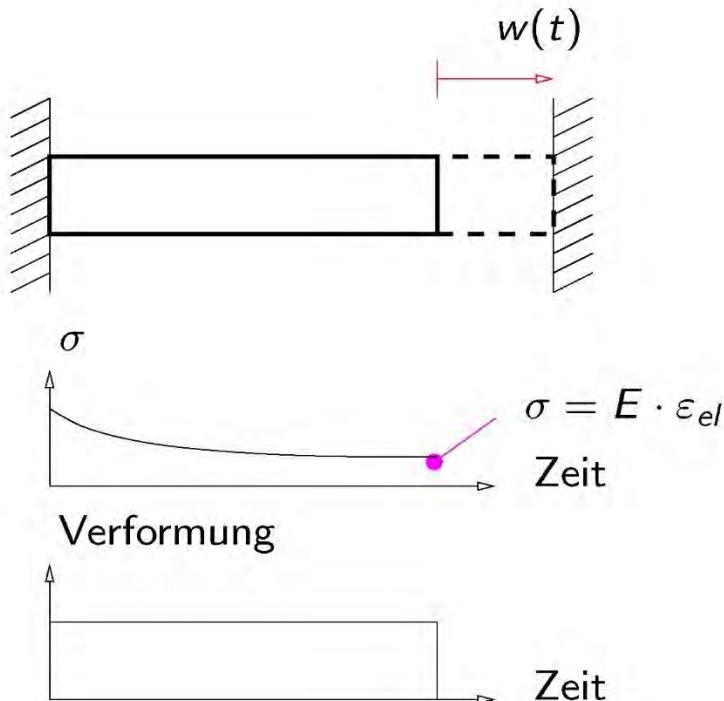
## ► Relaxation

- Berücksichtigung von Kriechen

$$E_{\text{eff}} = \frac{E(t=0)}{e^{k_{\text{def}}}}$$

## ► Warum?

$$k_{\text{def}} = \frac{w_{\text{kr}}(t)}{w_{\text{el}}(t)} = \frac{\varepsilon_{\text{kr}}(t)}{\varepsilon_{\text{el}}(t)}$$



Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmittel

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Langzeitverhalten

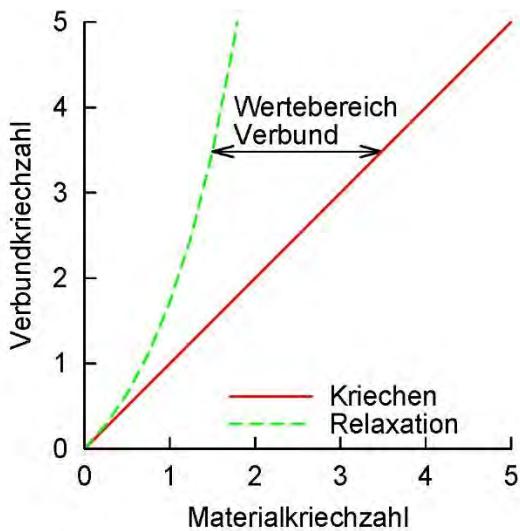
- Kriechen
  - Berücksichtigung von Kriechen

$$E_{eff} = \frac{E(t=0)}{1 + k_{def}}$$

- Relaxation
  - Berücksichtigung von Kriechen

$$E_{eff} = \frac{E(t=0)}{e^{k_{def}}}$$

- Verbundbau → irgendwo dazwischen



Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines  
Aufbau  
Anwendungsbereich  
Kurzzeitverhalten  
Verbindungsmittel  
Langzeitverhalten  
Bemessungsablauf  
Zusammenfassung und Ausblick  
Literatur

# Langzeitverhalten

## ► Kriechen

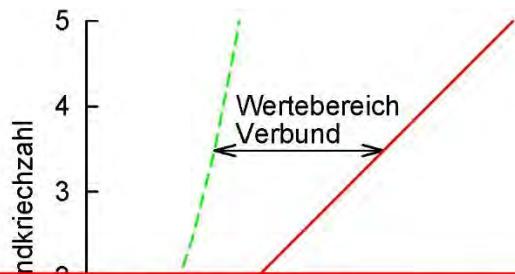
- Berücksichtigung von Kriechen

$$E_{eff} = \frac{E(t=0)}{1 + k_{def}}$$

## ► Relaxation

- Berücksichtigung von Kriechen
- analytische und numerische Modellierung möglich
  - teilweise aufwändig
  - praxisuntauglich

- Verbundbau → irgendwo dazwischen



Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines  
Aufbau  
Anwendungsbereich  
Kurzzeitverhalten  
Verbindungsmittel  
Langzeitverhalten  
Bemessungsablauf  
Zusammenfassung und Ausblick  
Literatur

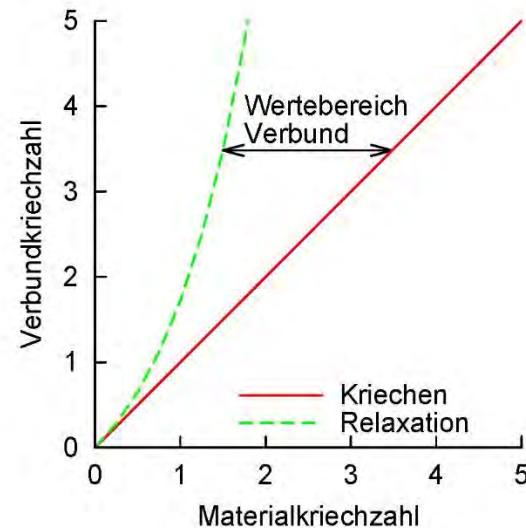
# Berücksichtigung der Auswirkungen der Umlagerungen

- Vergleichbares Verhalten in Stahl-Beton-Verbundträgern → EN 1994

$$E = \frac{E}{1 + \psi \cdot \varphi}$$

- Übernahme des Konzepts
- Bestimmung der Beiwerte  $\psi$

$$\psi = \frac{\varphi_{\text{Verb.}}}{\varphi_{\text{Mat.}}} \text{ bzw. } \frac{k_{\text{def, Verb.}}}{k_{\text{def, Mat.}}}$$



Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmittel

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Effektive Kriechzahlen im Verbund

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmittel

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

Beton $\varphi = 3,5; k_{def} = 0,6$	
$\psi_B(t = 3 - 7a)$	$= 2,5 - \gamma_1^{1,1}$
$\psi_B(t = \infty)$	$= 2,6 - 0,8\gamma_1^2$
Beton $\varphi = 3,5; k_{def} = 0,8$	
$\psi_B(t = 3 - 7a)$	$= 2,2 - 0,8 \cdot \gamma_1^{1,2}$
$\psi_B(t = \infty)$	$= 2,3 - 0,5\gamma_1^{2,6}$
Beton $\varphi = 2,5; k_{def} = 0,6$	
$\psi_B(t = 3 - 7a)$	$= 1,9 - 0,6 \cdot \gamma_1^{1,1}$
$\psi_B(t = \infty)$	$= 2,0 - 0,5\gamma_1^{1,9}$
Beton $\varphi = 2,5; k_{def} = 0,8$	
$\psi_B(t = 3 - 7a)$	$= 1,7 - 0,5 \cdot \gamma_1^{1,1}$
$\psi_B(t = \infty)$	$= 1,8 - 0,3\gamma_1^{2,5}$

# Effektive Kriechzahlen im Verbund

Holz in allen Fällen	
$\psi_H(t = 3 - 7a)$	= 0,5
$\psi_H(t = \infty)$	= 1,0
Verbindung in allen Fällen	
$\psi_{VBM}(t = 3 - 7a)$	= 0,65
$\psi_{VBN}(t = \infty)$	= 1,0

Für den Zeitpunkt  $t = 0$  sind alle  $\psi$ -Werte zu 0 zu setzen.

$$E_H(t) = \frac{E_0}{1 + \psi_H \cdot k_{def}} \quad \text{Holz}$$

$$E_B(t) = \frac{E_0(t_{Belastung})}{1 + \psi_B \cdot \varphi} \quad \text{Beton}$$

$$K = \frac{K_0}{1 + \psi_{VBM} \cdot k'_{def}} \quad \text{Verbindung}$$

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmittel

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Effektive Kriechzahl bei Verbindungsmittel

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmittel

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

$$k'_{def} = 2 \cdot k_{def}$$

$k'_{def}$  effektive Kriechzahl des Verbindungsmittels  
 $k_{def}$  Endkriechzahl des Holzes

# Effektive Schwinddehnungen

- Zeitraum 3 bis 7 Jahre

$$\varepsilon_{\text{eff}, \text{Schwinden}} = 0.6 \cdot \varepsilon_{\text{Schwinden}}$$

- Zeitraum 50 Jahre

$$\varepsilon_{\text{eff}, \text{Schwinden}} = 0.9 \cdot \varepsilon_{\text{Schwinden}}$$

→ Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_F = 1.35$

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmittel

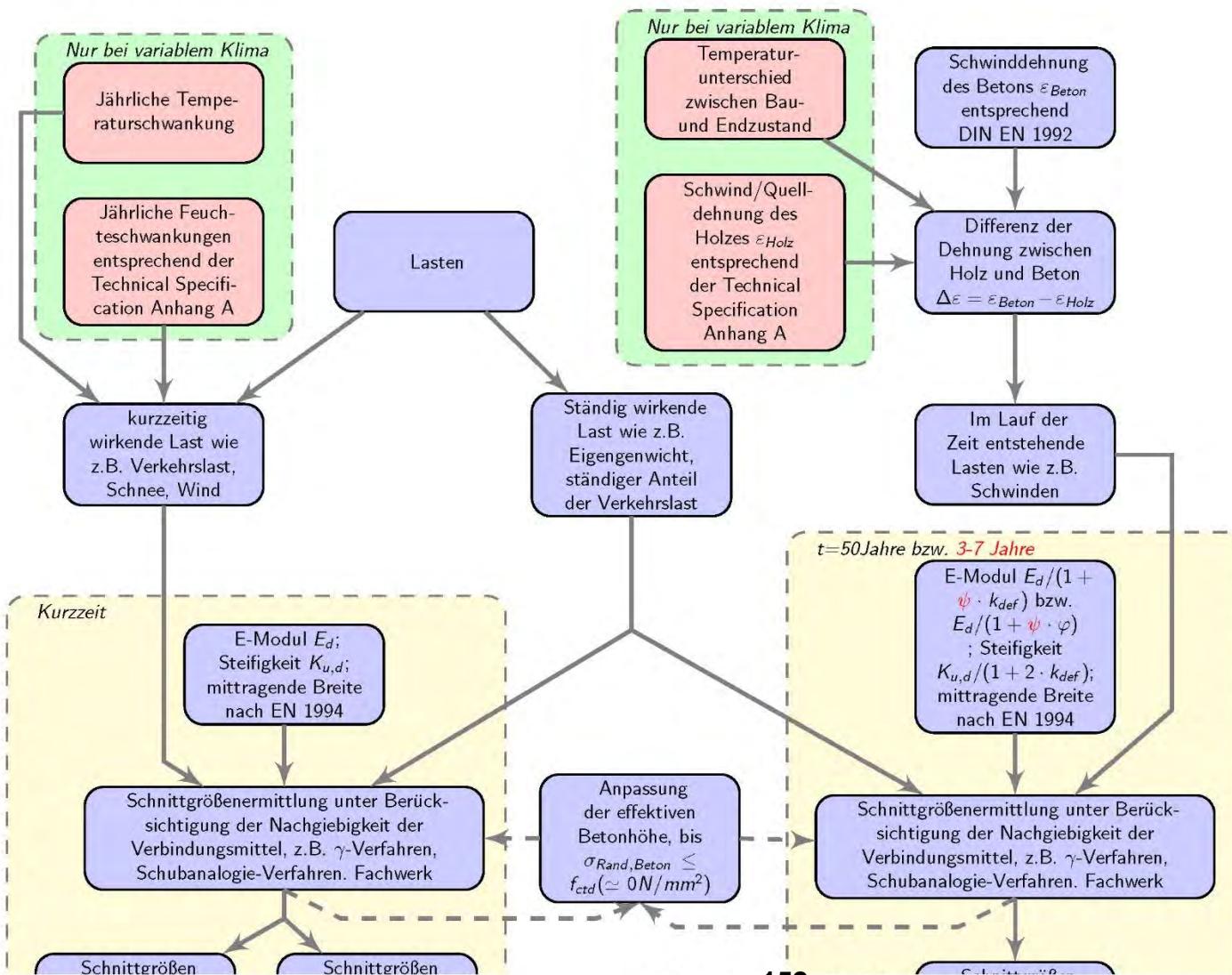
Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Bemessungsablauf im GZT



Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmittel

Langzeitverhalten

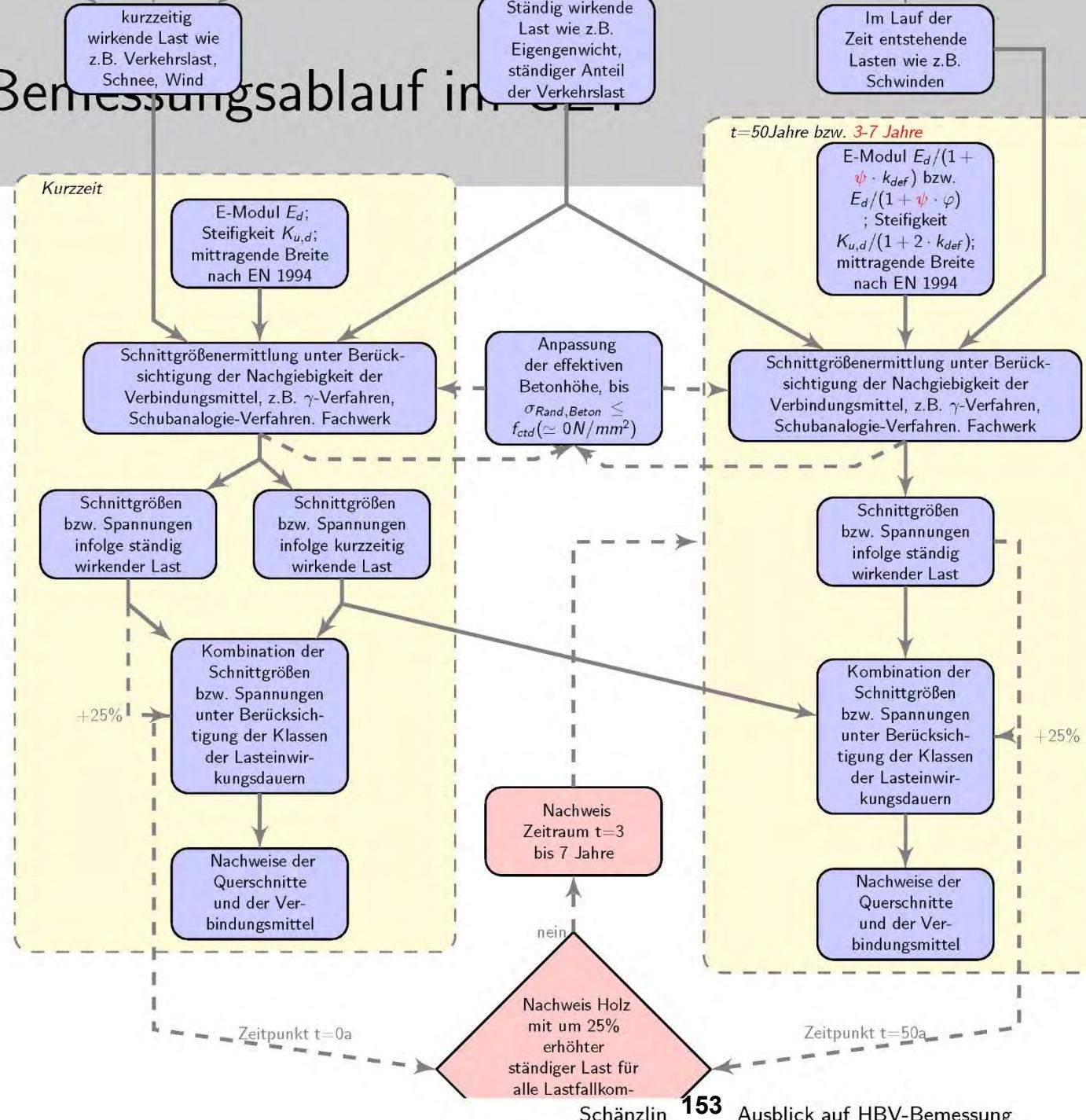
Bemessungsablauf

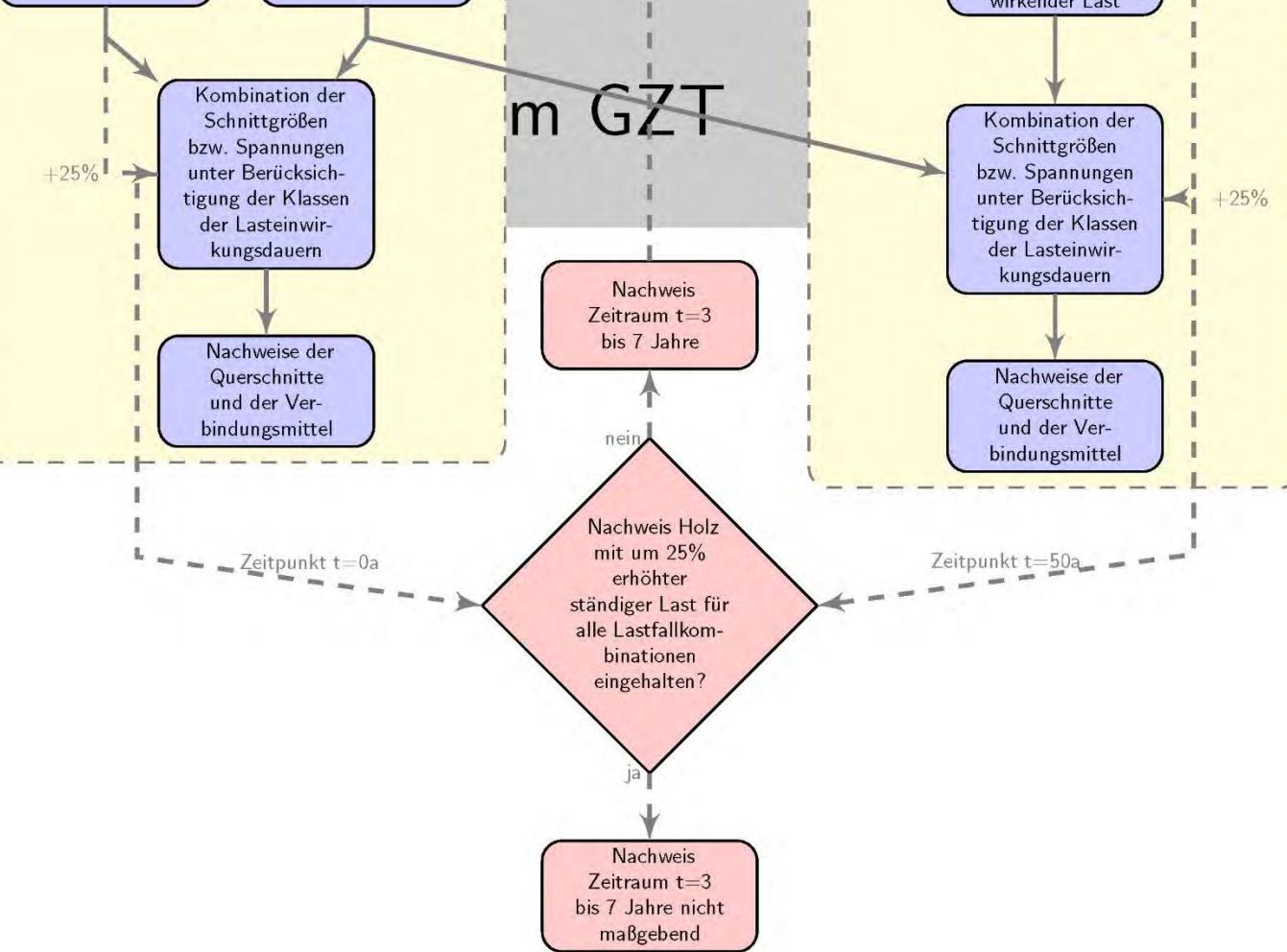
Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

- Allgemeines
- Aufbau
- Anwendungsbereich
- Kurzzeitverhalten
- Verbindungsmittel
- Langzeitverhalten
- Bemessungsablauf
- Zusammenfassung und Ausblick
- Literatur

# Bemessungsablauf im Schänzlin





Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmittel

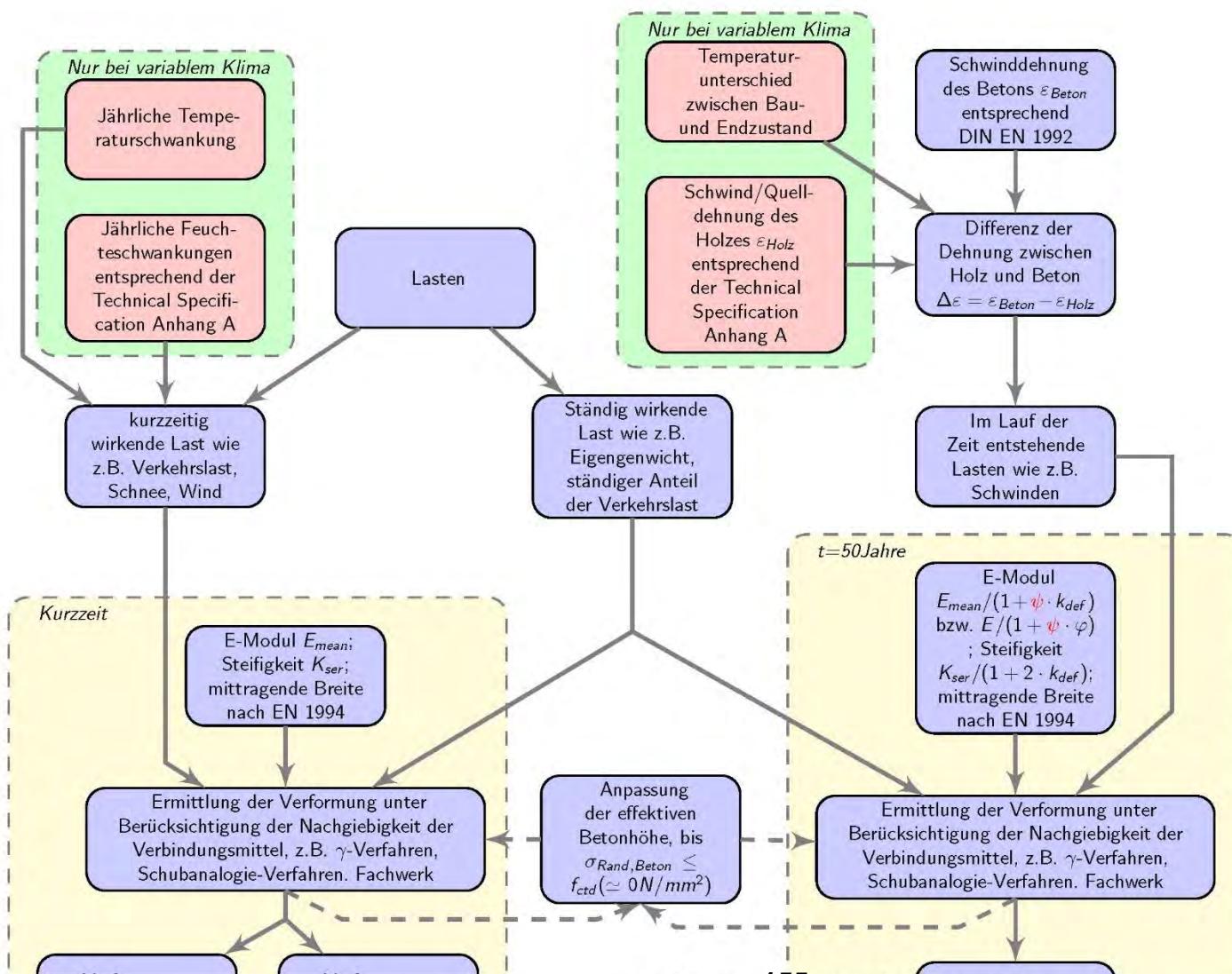
Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Bemessungsablauf im GZG



Ausblick auf HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

VerbindungsmitTEL

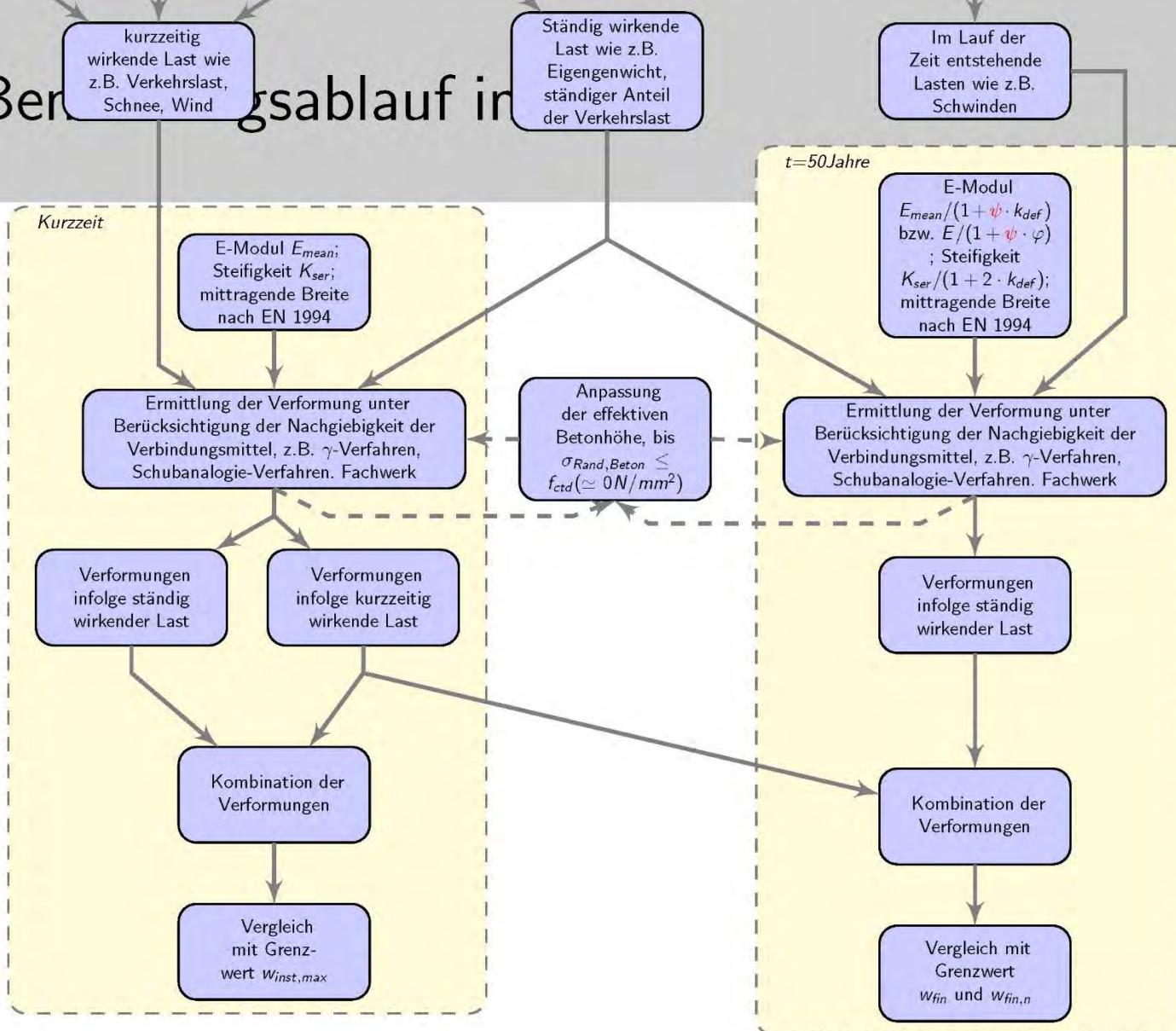
Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und Ausblick

Literatur

# Bemessungsablauf in Schänglin



Ausblick auf HBV-Bemessung

Schänglin

- Allgemeines
- Aufbau
- Anwendungsbereich
- Kurzzeitverhalten
- Verbindungsmittel
- Langzeitverhalten
- Bemessungsablauf
- Zusammenfassung und Ausblick
- Literatur

# Zusammenfassung und Ausblick

- ▶ Einwirkung
- ▶ Berechnungsverfahren
- ▶ Verbindungsmittel
  - ▶ Kennwerte für stiftförmige VBM<sup>s</sup> und Kerven



Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmittel

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Zusammenfassung und Ausblick

- Einwirkung
- Berechnungsverfahren
- Verbindungsmittel
- Langzeitverhalten
- ⇒ Berücksichtigung der relevanten Einflussgrößen
- ⇒ Technical Specification als Grundlage für zukünftigen Teil 1-3 von EN1995

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmittel

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur



[Dabaon u. a. 1993] DABAON, M. ; TSCHEMMERNEGG, F. ; HASSEN, K. ; LATEEF, T. A.: Zur Tragfähigkeit von Verbundträgern bei teilweiser Verdübelung. In: *Stahlbau* 62 (1993), S. 3–9

[DIN 1052 1988] DIN 1052: *Holzbauwerke T.1. Berechnung und Ausführung und T.2. Mechanische Verbindungsmitte mit Ergänzungen A1 und A2 (1996)*. DIN-Deutsches Institut für Normung e.V., 1988

[DIN CEN/TS 19103 2022] DIN CEN/TS 19103: *Eurocode 5: Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Berechnung von Holz-Beton-Verbundbauteilen - Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung CEN/TS 19103:2021*. 2022

[DIN EN 1992-1-1: 2010 2010] DIN EN 1992-1-1: 2010: *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche*

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmitte

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

*Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010.* DIN-Deutsches Institut für Normung e.V., 2010

[DIN EN 1992-1-1/NA: 2010 2010] DIN EN 1992-1-1/NA: 2010: *Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau.*  
DIN-Deutsches Institut für Normung e.V., 2010

[DIN EN 1995-1-1 2010] DIN EN 1995-1-1: *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-1: Allgemeines- Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau.*  
DIN-Deutsches Institut für Normung e.V., 2010

[Fries 2001] FRIES, J.: *Beitrag zum Tragverhalten von Flachdecken mit Hutprofilen*, Institut für Konstruktion und Entwurf Universität Stuttgart (Mitteilung 2001-1),  
Dissertation, Dezember 2001

[Grosse u. a. 2003] GROSSE, M. ; HARTNACK, R. ; LEHMANN, S. ; RAUTENSTRAUCH, K.: Modellierung von diskontinuierlich

Ausblick auf  
HBV-Bemessung

Schänzlin

Allgemeines

Aufbau

Anwendungsbereich

Kurzzeitverhalten

Verbindungsmittel

Langzeitverhalten

Bemessungsablauf

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

verbundenen Holz-Beton-Verbundkonstruktionen. In:  
*Bautechnik* 80 (2003), S. 534–541 und 693–701

[Kreuzinger 1999] KREUZINGER, H.: Flächentragwerke: Platten,  
Scheiben und Schalen; Berechnungsmethoden und Beispiele.  
In: *Brücken aus Holz* (1999), S. 43–60

[Scholz 2003] SCHOLZ, A.: *Ein Beitrag zur Berechnung von  
Flächentragwerken aus Holz*, TU München, Diss., 2003

[Scholz 2004] SCHOLZ, A.: Eigenspannungszustände an  
Verbundquerschnitten infolge von Dehnungsunterschieden  
Anwendung eines neueren Rechenverfahrens auf einem  
bewährten Lösungsansatz. In: *Bautechnik* 81 (2004), März,  
Nr. 3, S. 180–188

## **Holz im Hochhausbau**

**„The Cradle“ in Düsseldorf**

**Dr.-Ing. Wolfgang Roeser**

H+P Ingenieure GmbH, Beratende Ingenieure im Bauwesen,  
Aachen

**Dipl.-Ing. Markus Steppeler**

Firma W. u. J. Derix GmbH & Co. Holzbau, Niederkrüchten

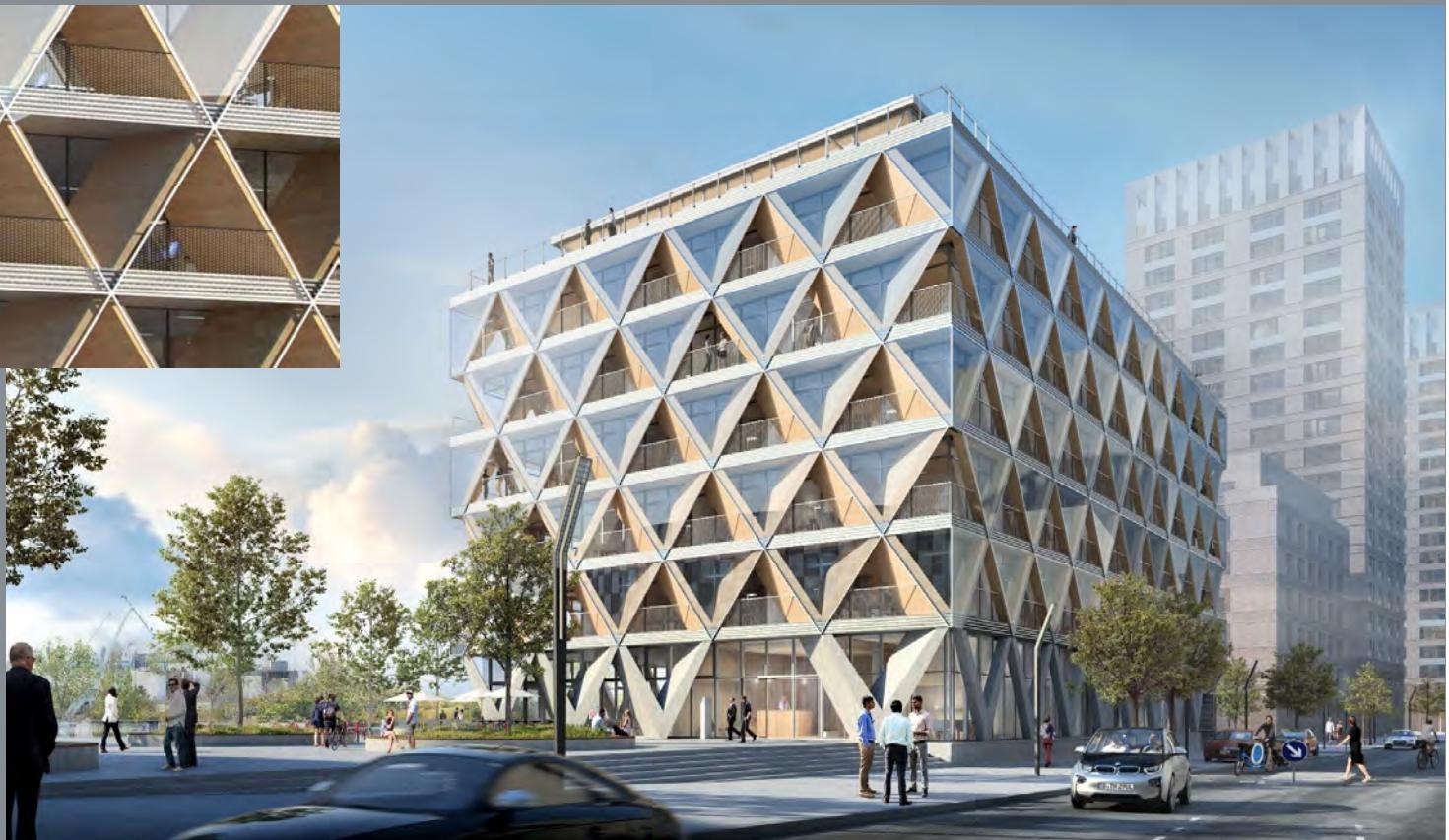
# Hochhäuser in Holzbauweise „The Cradle“ in Düsseldorf



Bautechnisches Seminar  
in Ratingen 24.10.2023

Dr.-Ing. W. Roeser  
Prüfing. Holz- u. Massivbau  
(H+P Ingenieure GmbH)

Dipl.-Ing. M. Steppeler  
(W.u.J. Derix GmbH & Co. Holzbau)



## Aktueller Trend: Hochhäuser in Holzbauweise

- **The Cradle, Düsseldorf, h = 23,4 m**
- **SKAIO, Heilbronn, h = 34 m**
- **CARL, Pforzheim , h = 45 m**
- **Wohnhochhaus ROOTS, Hamburg h = 65 m**
- Wood Hotel Brumunddal, Norwegen h = 85 m
- HoHo Wien, Österreich h = 84 m
- Sara Kulturhus, Schweden h = 76 m
- Arbo Suurstoffi, Schweiz h = 60 m
- Ascent Tower, Milwaukee, USA h = 86,6 m

### In Planung:

**Finanzministerium NRW, D'dorf (h = 110 m) und NRW Bank, D'dorf (h = 90 m) in Holzhybridbauweise**

## Vorteile des Holzbaus im Hochhausbau allgemein:

- + **geringes Eigengewicht**
- + **Nachhaltiger Baustoff**
- + **vorteilhafte Ökobilanz**  
**(geringe graue Emissionen,  
günstige CO<sub>2</sub> Bilanzierung)**
- + **hohe Druck- und Zugfestigkeit**
- + **in Kombination mit Beton  
als Holz-Beton-Hybridbauweise**

## Kreislaufwirtschaft gemäß

### Cradle to Cradle C2C (dt. = „Wiege zu Wiege“)

- **+ Wiederverwendung ganzer Bauteile in einer weiteren Nutzungsphase**
- **+ Wiederverwendung bereits heute planen**
- **+ Homogenität, Trennbarkeit, Schadstofffreiheit, Rückbaubarkeit beachten**

## Aktuelle Bauaufsichtliche Eckpunkte für den Holz-Hochhausbau:

- **Brandschutz LBO NRW §26 (3.) + Hochhaus-Sonderbauverordnung**
- **Muster Holz Bau Rili**
- **Baden Württemberg: Leitdetails in VV TB BW  
+ aktuelle HolzBau Rili 2023 BW**
- **Entwurf DIN CEN/TS 19103 Holz-Beton-Verbundbau**

**HOLZBAUINITIATIVE der Bundesregierung Juni 2023**

## Hochhäuser in Holzbauweise



- Hochhaus im Cradle-to-Cradle-Prinzip
- Ausführung 2018 - 2022
- BGF: 5.200 m<sup>2</sup>

The Architectural Review Future Project  
Award 2018

- Innovative Architecture 2018: ICONIC AWARD
- Heinze ArchitektenAWARD 2020

**DERIX**

**HP**  
Hegger + Partner

**Bauvorhaben:**

**The Cradle**

Speditionsstraße 2 Düsseldorf

**Auftraggeber:**

Projektentwicklungsgesellschaft  
Speditionsstraße mbH & Co. KG,  
Ratingen

## Hochhäuser in Holzbauweise



### Projektbeteiligte u. a.:

- Architekt: HPP
- Tragwerksplanung: Knippers Helbig / SJB Kempter Fitze AG (C)
- Ausführung Holzbau: Derix Holzbau
- Ausführung Stahlbetonbau: Züblin
- Baulicher Brandschutz: Nees Ingenieure
- Prüfstatik: Hegger + Partner (H+P Ingenieure)

**DERIX**

**HP**  
Hegger + Partner

**Bauvorhaben:**

**The Cradle**

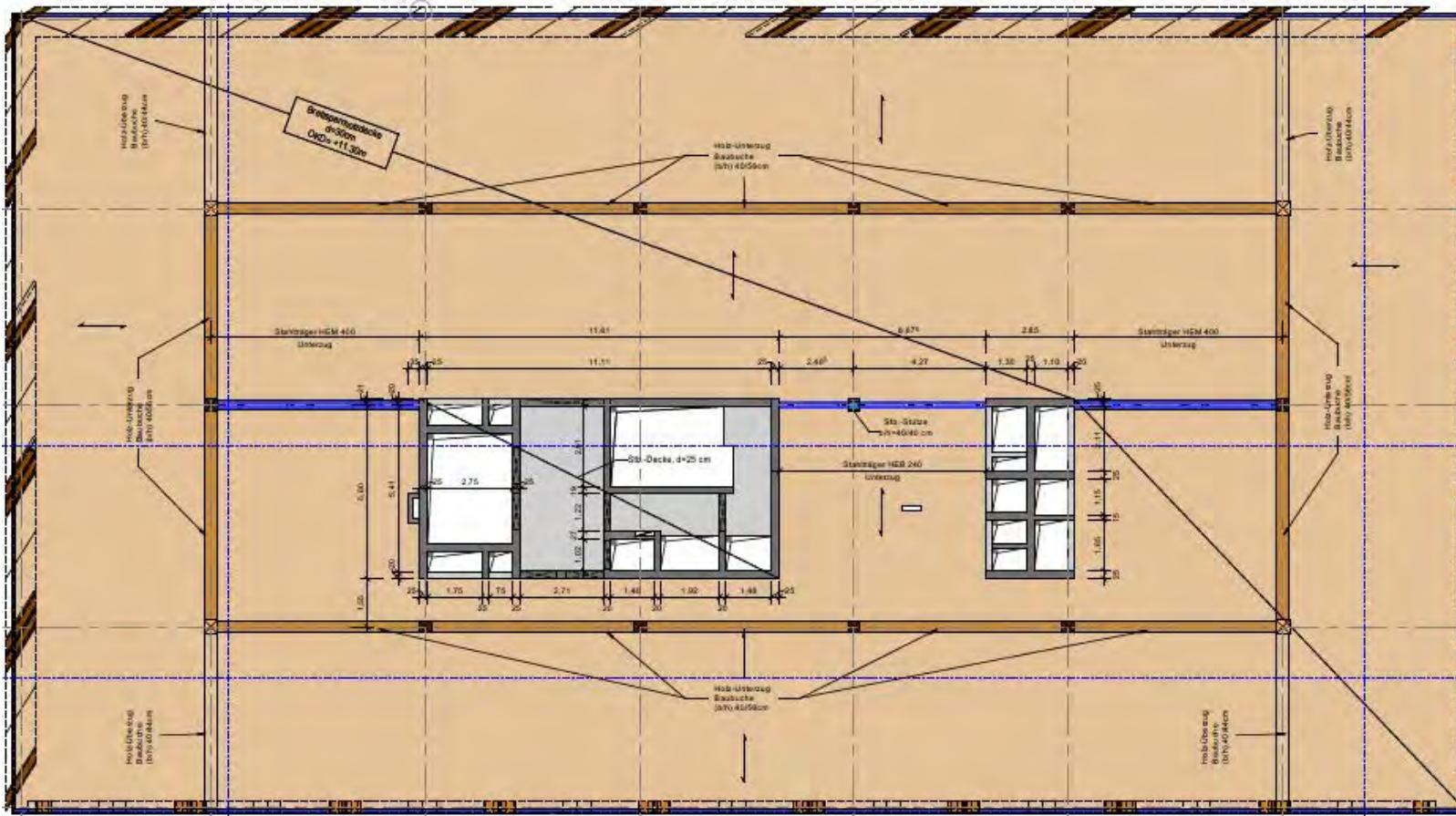
Speditionsstraße 2 Düsseldorf

**Auftraggeber:**

Projektentwicklungsgesellschaft  
Speditionsstraße mbH & Co. KG,  
Ratingen

- 1. bis 5. OG + SG: Holzbauweise





- Decke: Brettsperrholz h = 30 cm BSP (CLT)
- Unterzüge b/h = 40/55 cm Buche
- Innen-Stützen 40/40 cm Buche
- Grundriss 47,2 m x 26 m; Stützenraster längs 6,92 m

### Innenstützen 40/40 und Unterzüge:

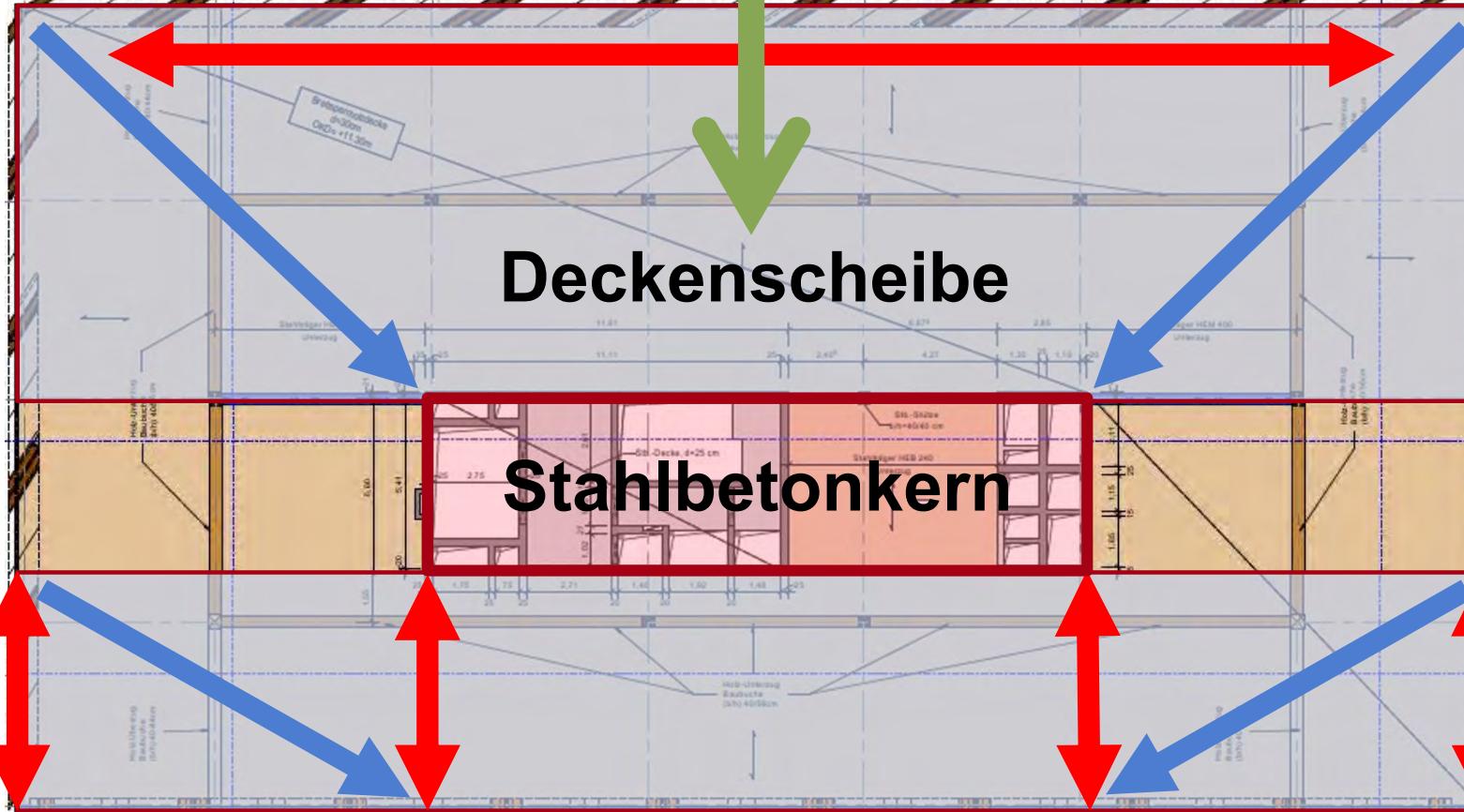
- Pollmeier Baubuche GL 75 gemäß ETA-14/0354, Biegefestigkeit ca. 75 MPa
- E-Modul 16.800 MPa
- Abbrandrate  $\beta_n = 0,7 \text{ mm/min}$

### Aussenstützen :

- Lärche GL 24 h (GK3.1)

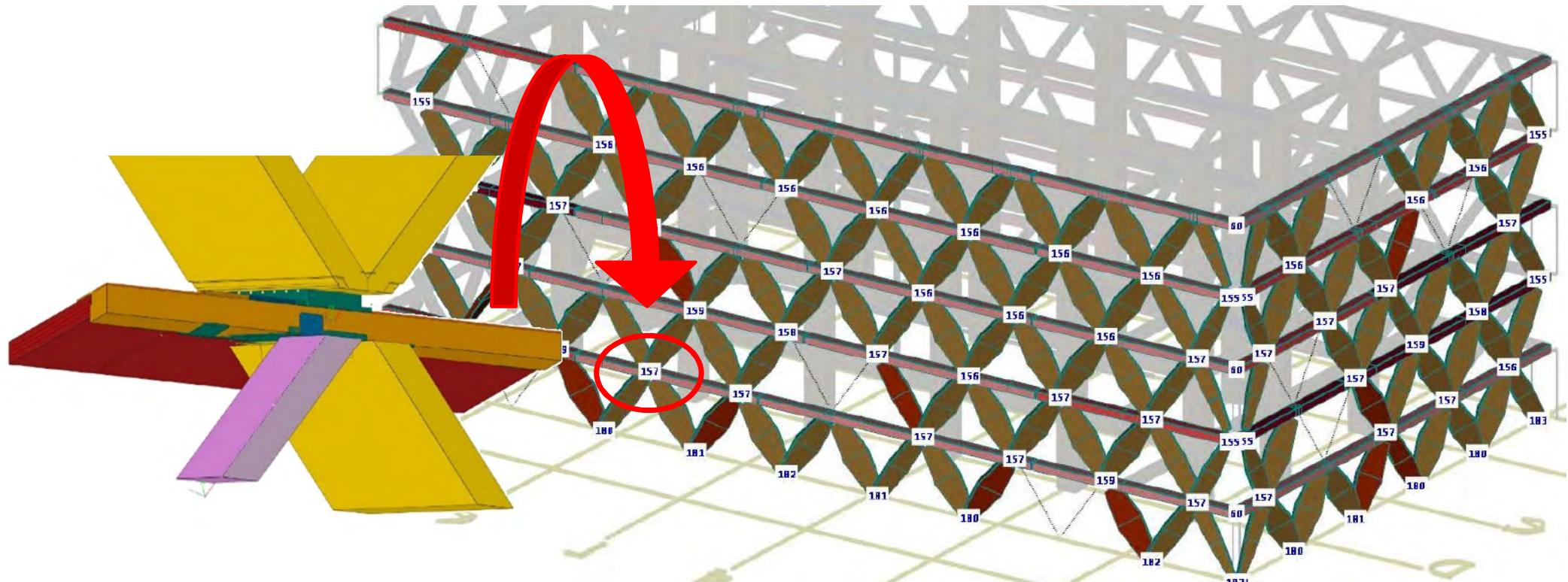
### Knoten:

- Buchefurnier Typ Q Furnier-  
schichtholz mit 20% Querlagen



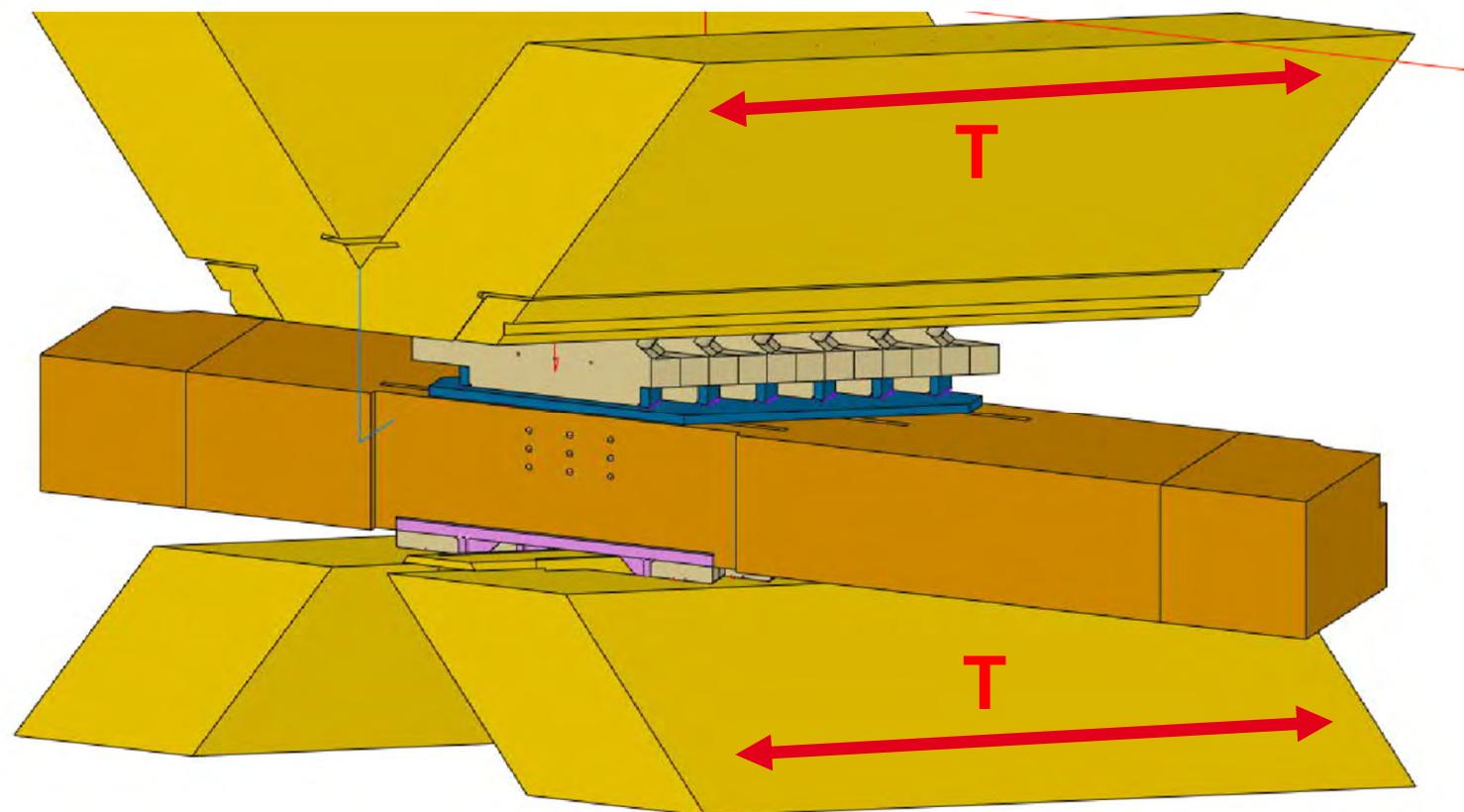
### Aussteifung:

- Deckenscheibe: Vernagelung der BSP-Elemente mit Kerto-Platten
- Randträger + Nagelbleche auf Deckenscheibe als Zuganker
- Aussteifung durch massiven Stahlbetonkern



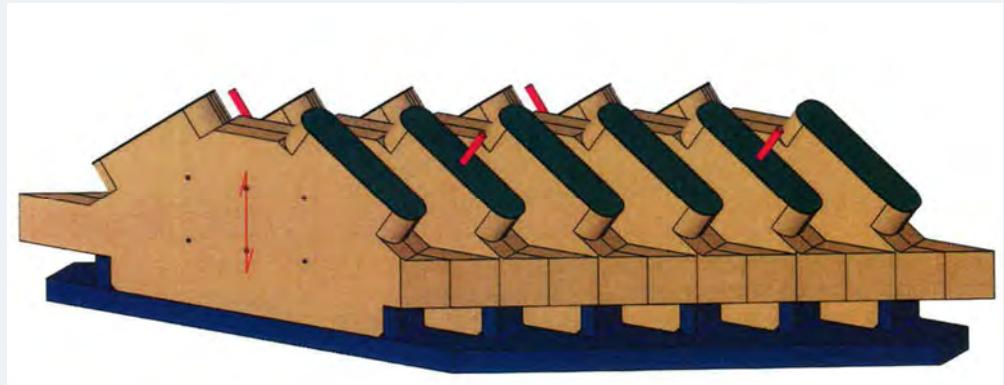
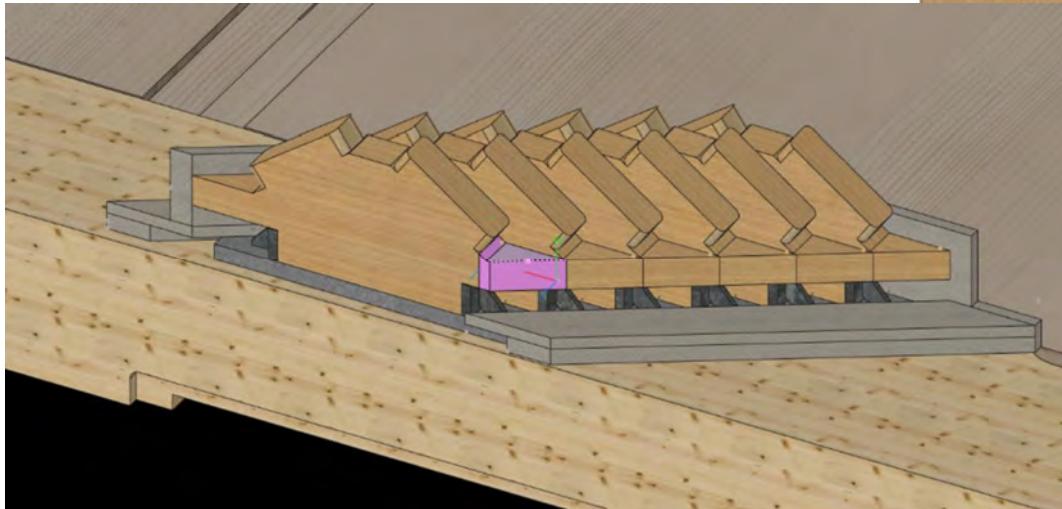
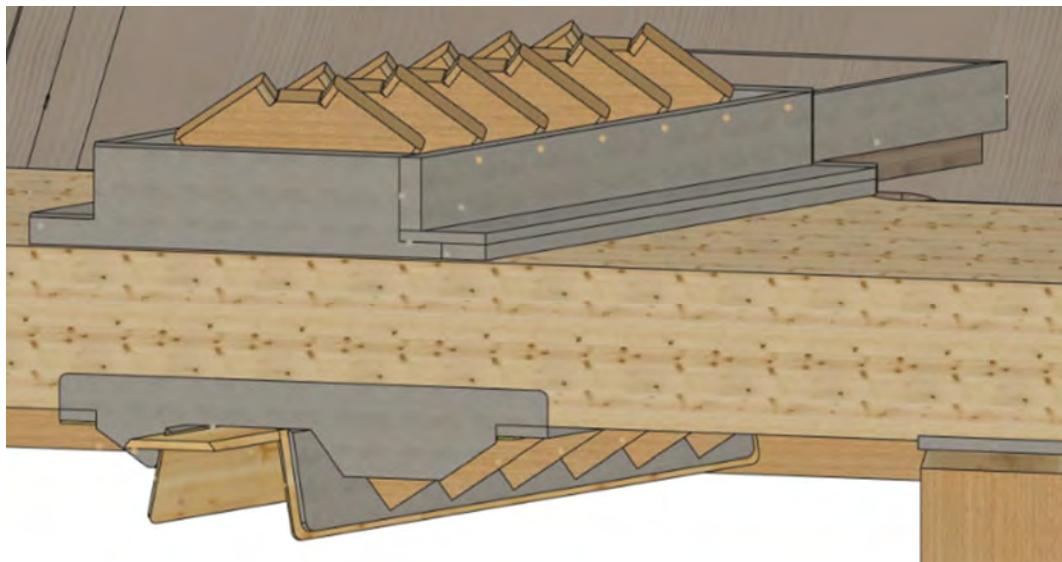
- Prüfung im 3D FE / BIM-Modell
- Vollständige Laststatik jederzeit abrufbar
- Knotennachweise projektbegleitend





Tragende V-Stützen Fassade in Steckverbindung mit Fassadenriegel,  
Nachweis der Querzugsspannungen **T** der Lärche Stützen mit Finite Elemente

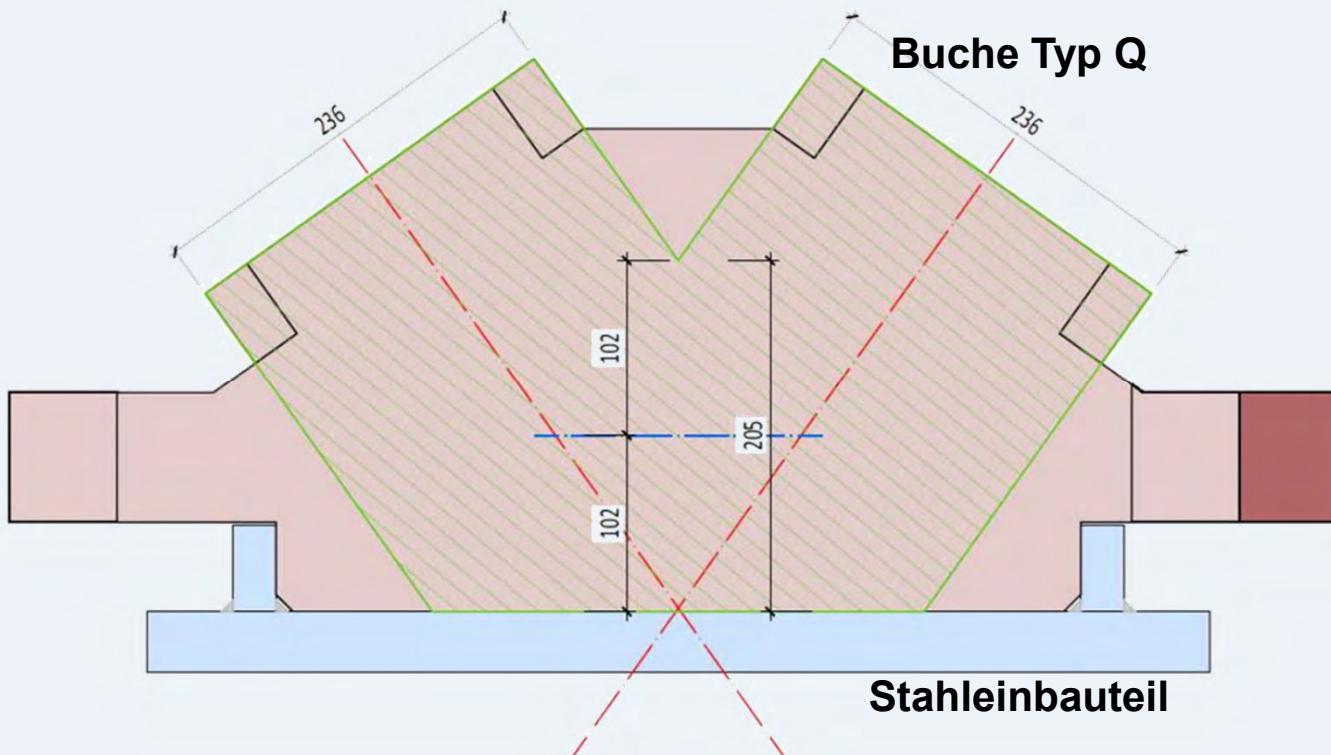
## Hochhäuser in Holzbauweise

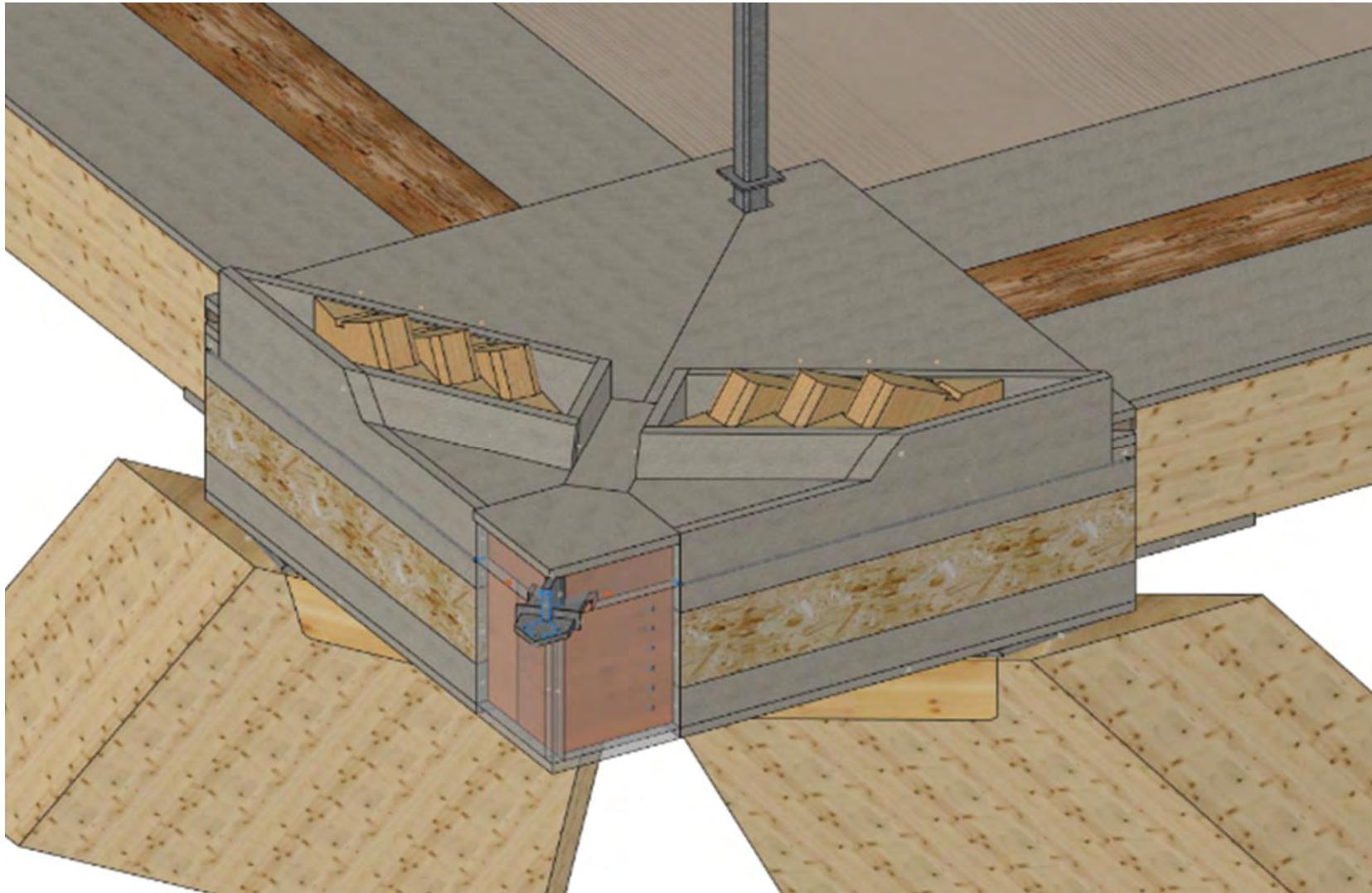


### Fassadenknoten als Stecksystem (Cradle to Cradle):

- **Stützen Lärche GL24h**
- **Buchenocken BauBuche Q**
- **Stahleinbauteile Lastdurchleitung**
- **Brandschutz R90 Aestuver + Steinwolle**

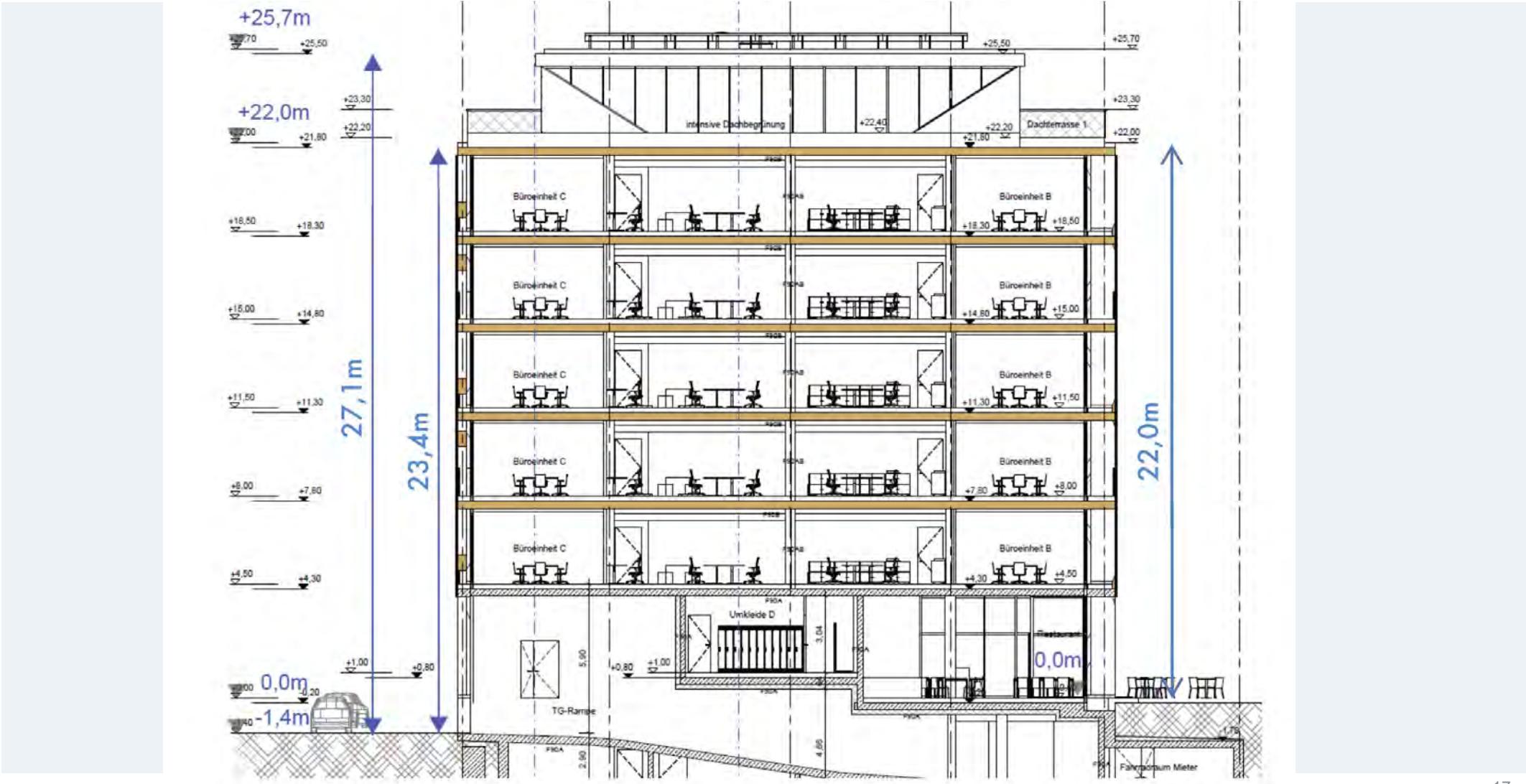
## Nachweis der Hauptspannungen in den Buche Nocken Typ Q Furnierschichtholz mit Finite Elemente, Scheibenwirkung anisotrop





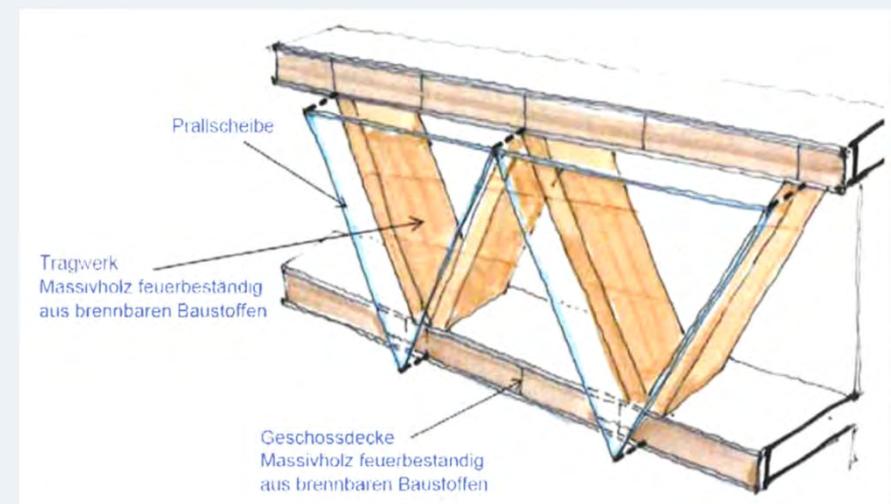
**Differenzierte  
Knotenplanung:  
z.B. Geometrisch  
aufwändiges  
Eckdetail  
der tragenden  
Fassade**

## Hochhäuser in Holzbauweise



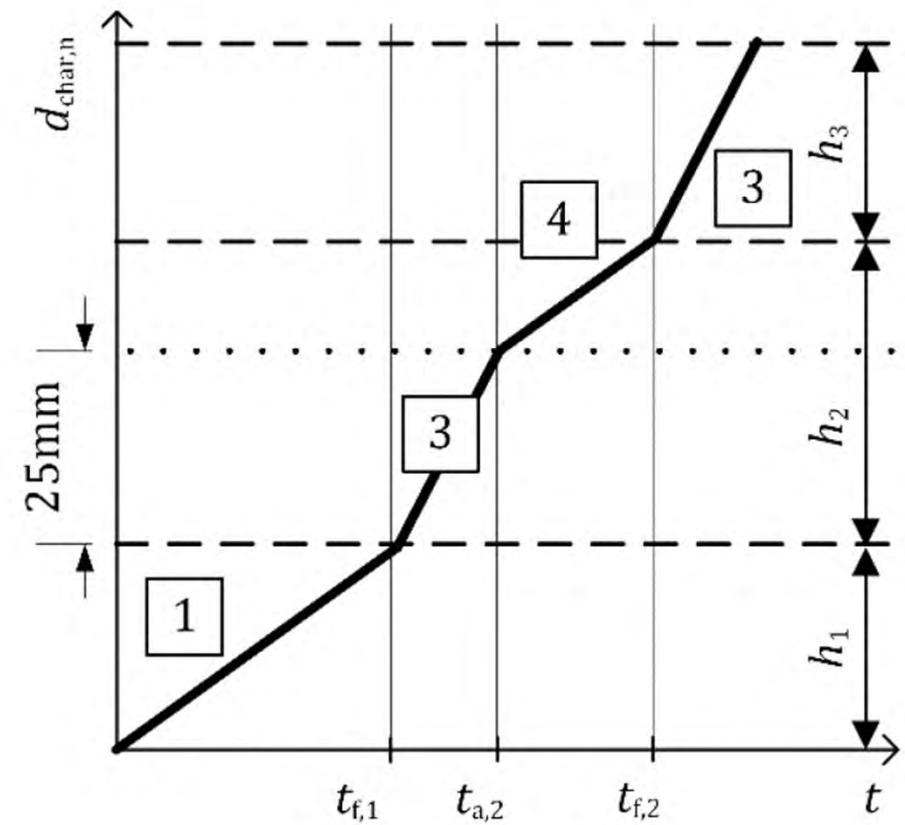
## Brandschutzkonzept Nees Ingenieure:

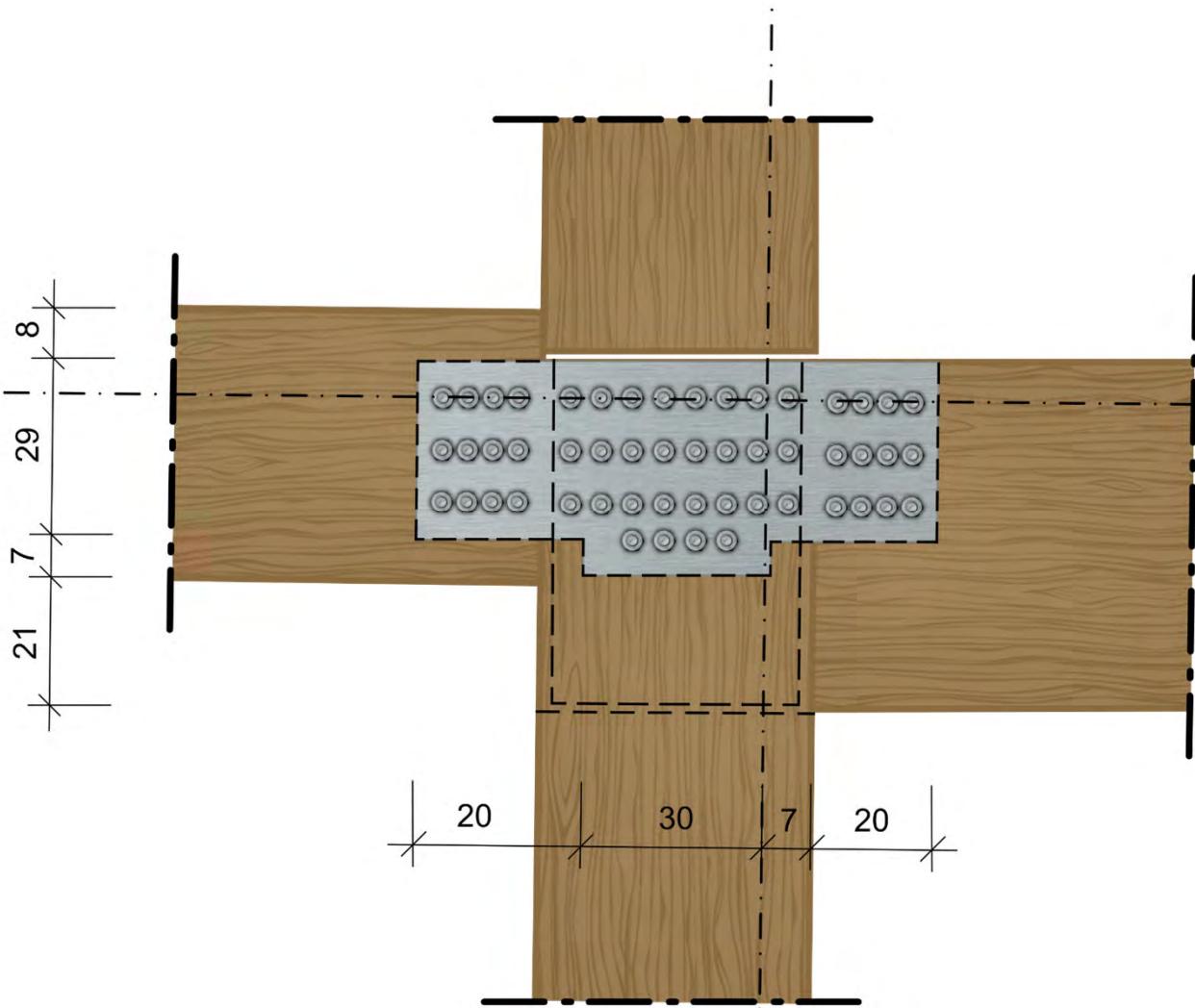
- Hochhaus nach Sonderbauverordnung; Gebäude = 1 Brandabschnitt
- Nutzungseinheiten < 400 m<sup>2</sup> (Rauchabschnitte)
- Flächendeckende automatische Brandmeldeanlage mit Alarmierung der Feuerwehr
- Rettungswege vollständig in Massivbauweise
- Trennwände in Holzmassivbauweise R90, Detailierung Rauchdichtheit
- Decke in BSP R90 ohne Hohlräume, Stützen R90
- Fassade R90 mit Prallscheiben nicht brennbar, schachbrettartig
- Geschossdecken 0,5 m bis 1 m über die Fassade gezogen
- Nichtbrennbare Wärmedämmung
- Löschangriff von außen überall gewährleistet



## Konstruktiver Brandschutz BSP-Decke:

- Nachweis Delamination in Fuge
- Abfall der anhaftenden Holzkohleschicht
- Zunahme des Abbrandes
- Erhöhte Abbrandrate:  $2 \beta_0$
- Berechnung nach EC 5-1-2, 3.4.3 und prEN 1995-1-2





**Konstr. Brandschutz:**  
**EC 5 Teil 1-2: Verbindungsmitte**  
**nur bis R60 geregelt**

**Gutachten bauart**  
**Frau Dr. M. Peter:**

- **Brandschutz R90 der Schlitzbleche von unten über Abbrand nachweisbar ( $d_{char} = 63 \text{ mm}$ )**
- **Brandschutz der Knoten von oben über Estrich gegeben ( $d = 50 \text{ mm}$ )**

## 2. Stahlbauteilüberdeckung

In Holz eingelassene Stahlbauteile mit einem U/A bzw. A/V-Wert  $\leq 100/\text{m}$  sind seitlich mit einer mindestens 70mm breiten Überlappung herzustellen, um in diesen Bereich den Einbrand in das Holz zu reduzieren. Größere U/A-Werte sind im Detail zu besprechen.

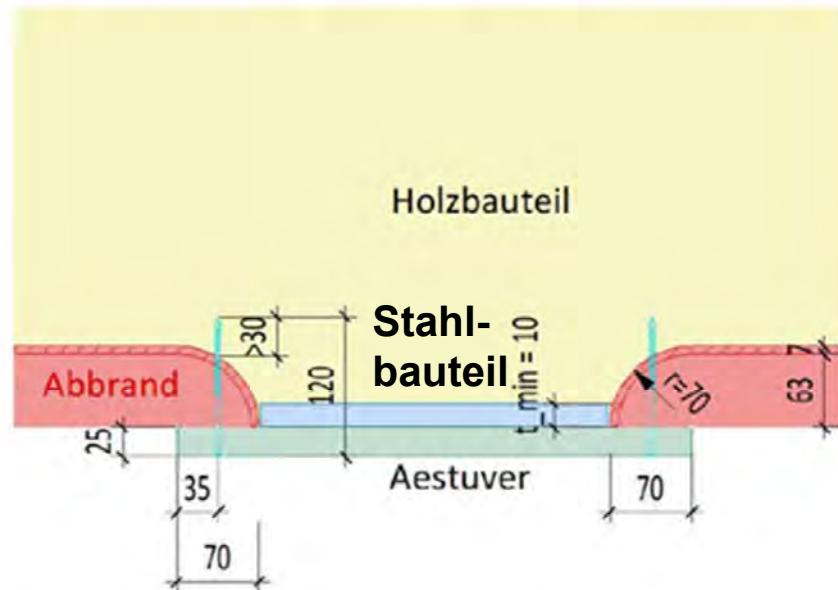


Bild 1: Definition des seitlichen Überstands

**Brandschutzbekleidung  
mit Aestuver  
auf Grundlage ETA**

**Brandversuche ETH Zürich**

## Hochhäuser in Holzbauweise



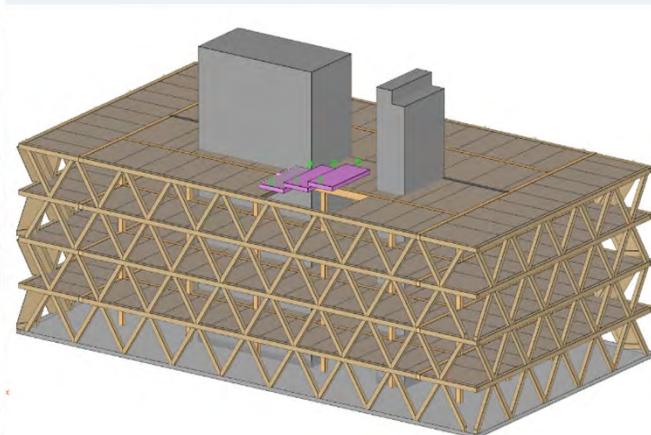
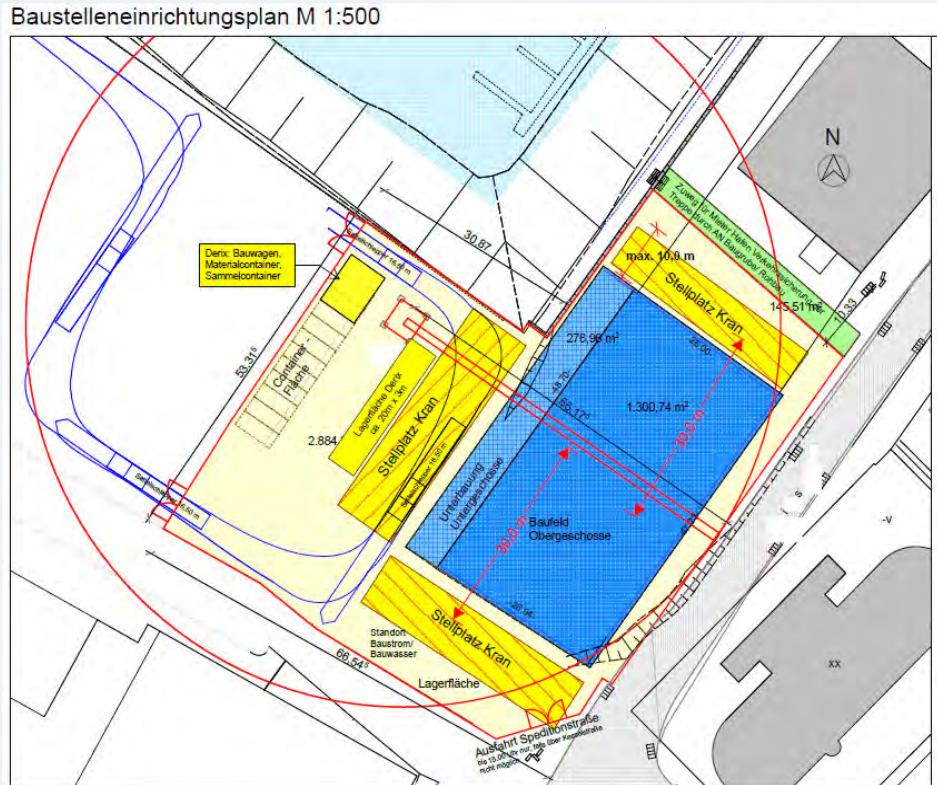
**DERIX**   
Hegger + Partner

**Holz-Beton-Verbund  
Decke**  
Zweifeldträger  
Spannweite 2 · 14 m  
mit Walter Reif Ingenieure

### Nachhaltiges Bauen mit Holz und Beton

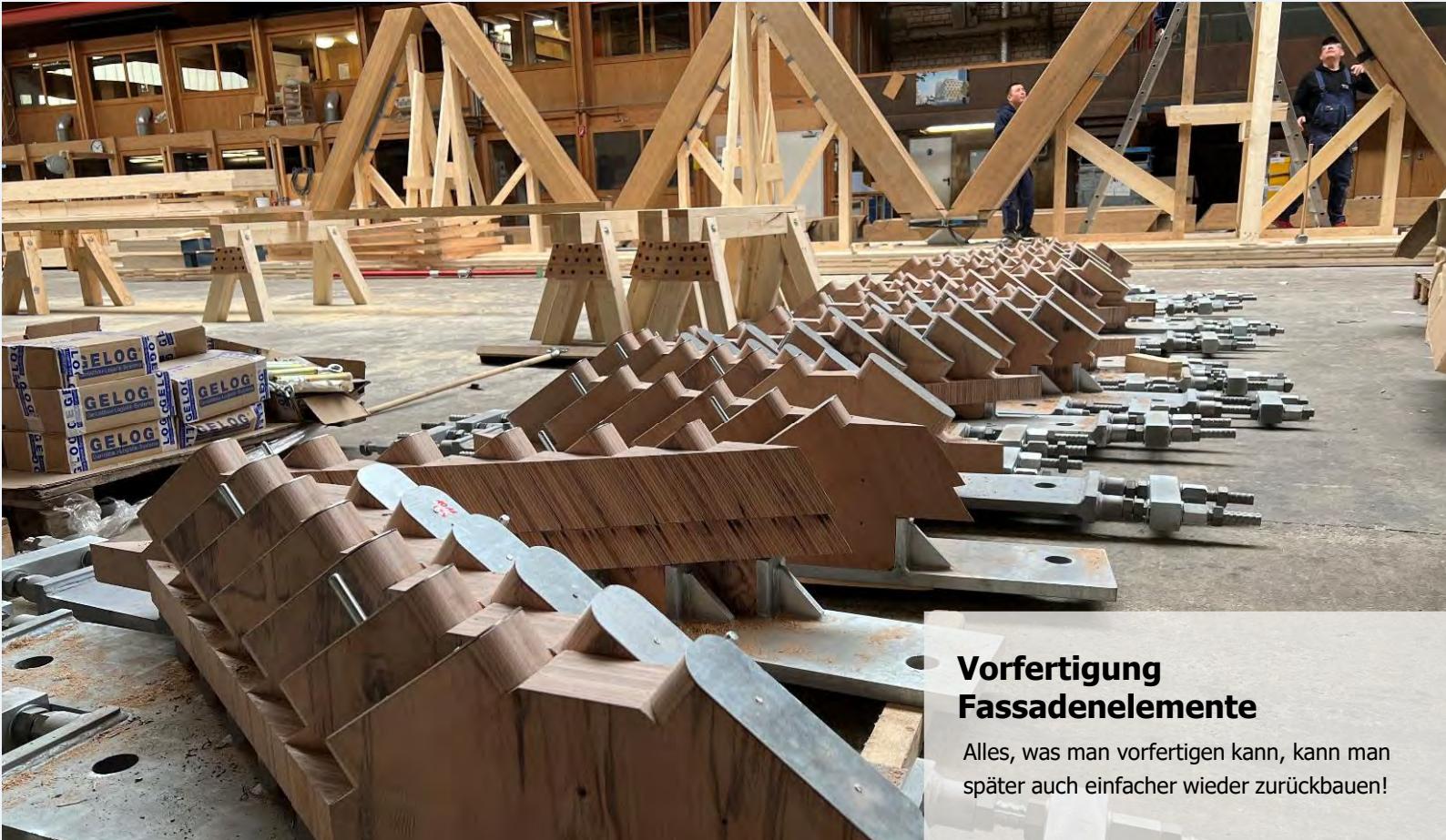
- Hybride Holzbetonverbunddecke gemäß EC 2 + EC 5
- Brandschutz R90
- Günstige CO<sub>2</sub> Emission
- Verwendung von zugelassenen Produkten

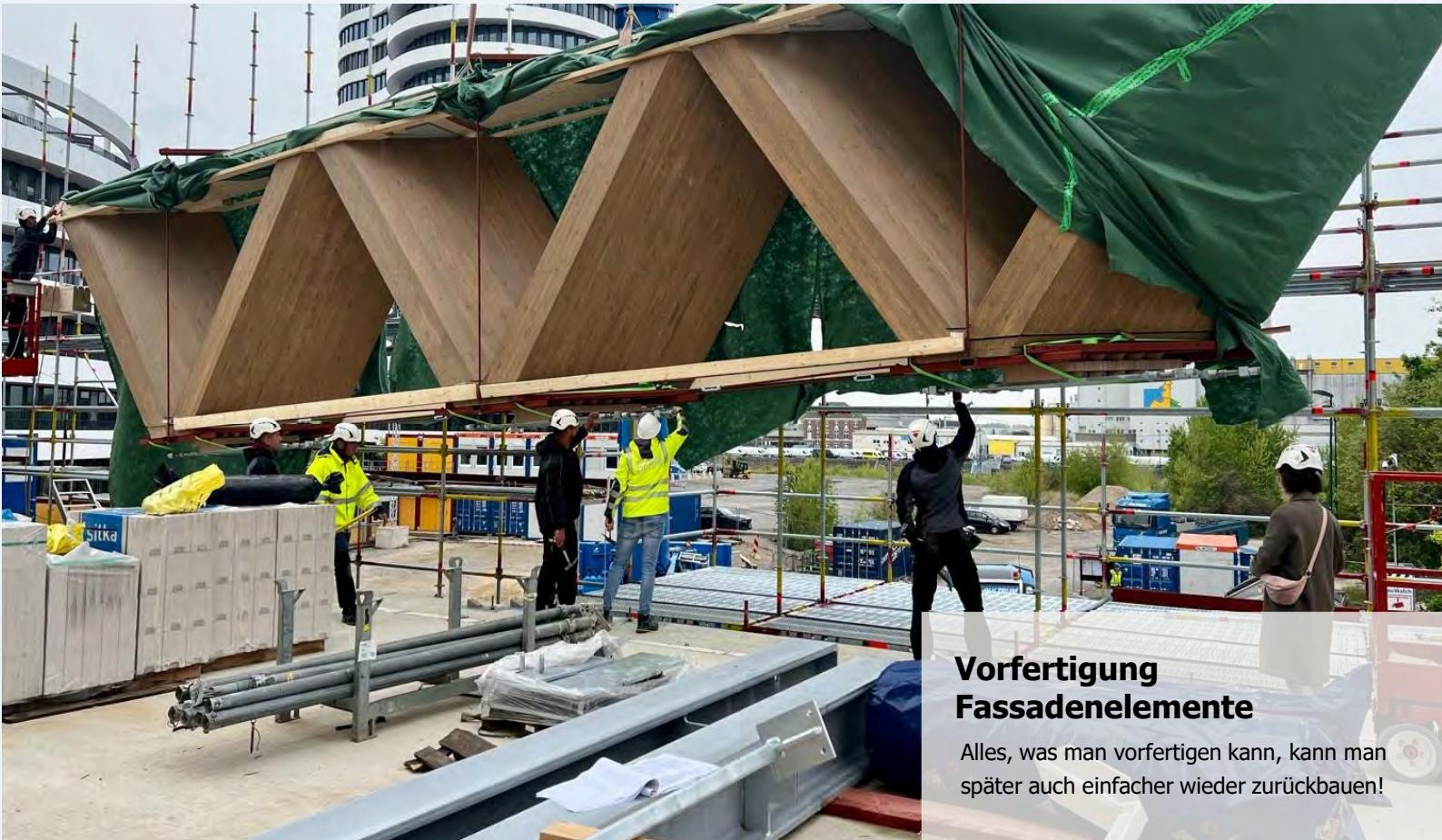




## Rückbaukonzept

Erst den späteren Rückbau planen, dann den Neubau beginnen!

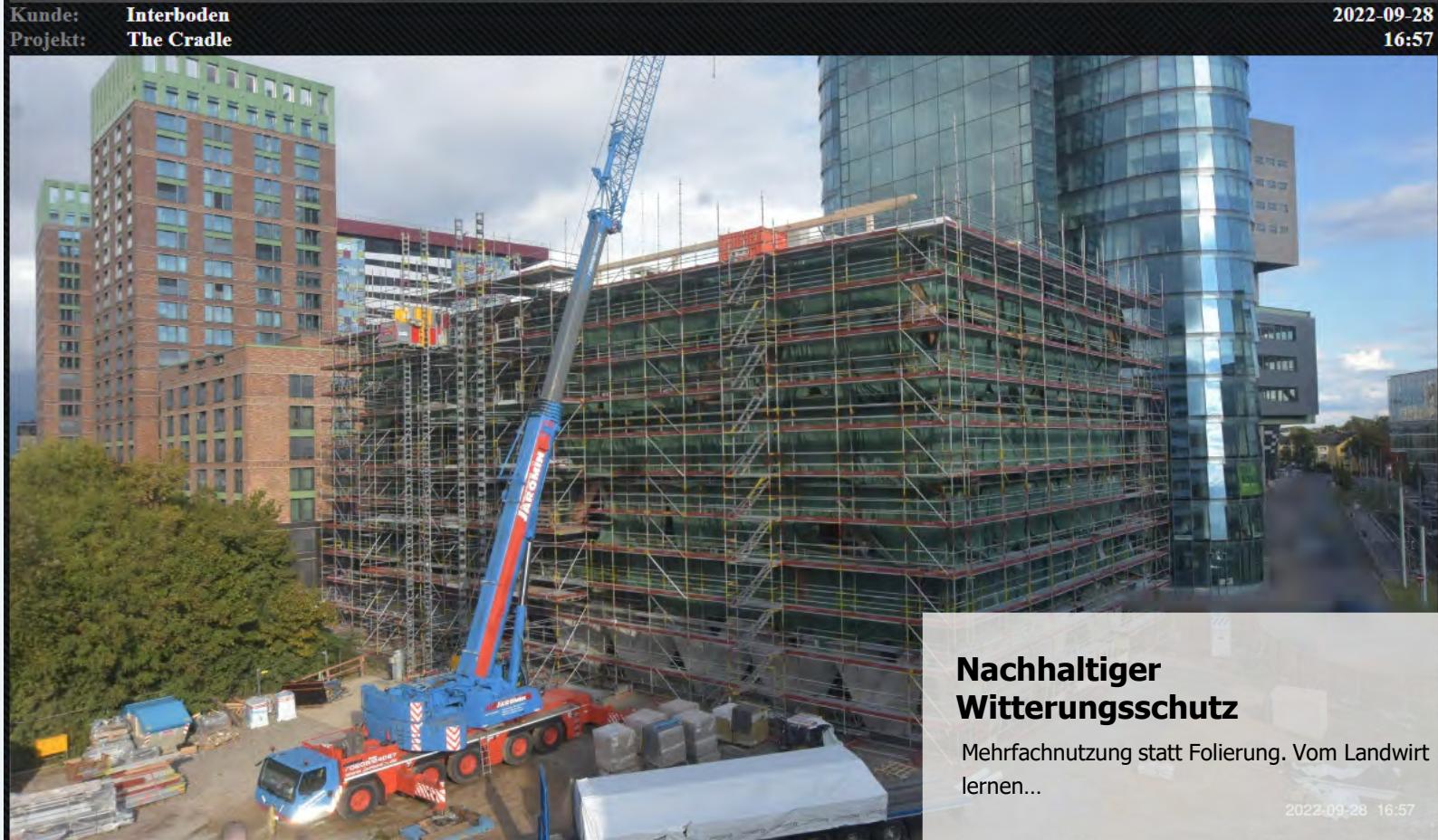






**Nachhaltiger  
Witterungsschutz**

Mehrfachnutzung statt Folierung. Vom Landwirt  
lernen...



## Deutsches Unternehmen startet Bauwende DERIX-Gruppe macht Rücknahme gebrauchter Bauteile zum Standard

Ein Artikel von Birgit Gruber | 01.07.2021 - 09:44

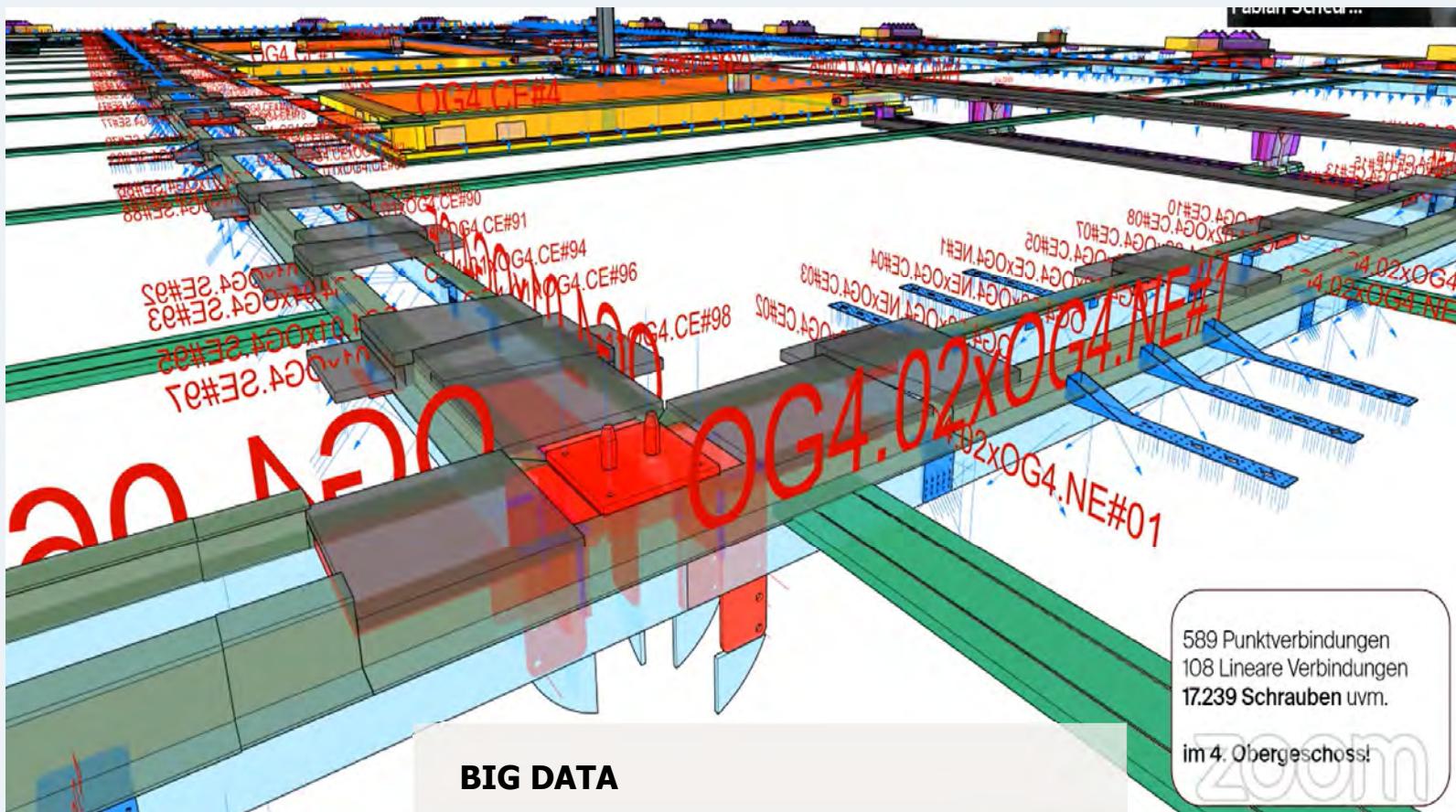
Mit der Einführung einer Rücknahmeverpflichtung startet der Hersteller verleimter Holzprodukte aus Niederkirchen am Niederrhein die Umsetzung des aktuell viel beschworenen Cradle to Cradle-Prinzips, bei dem der verwendete Rohstoff weitergegeben und im Idealfall Teil eines unendlichen Materialkreislaufs werden soll. Dieses zukunftsweisende Konzept ist maximal rohstoffschorrend, denn das Holz wird einmal gewonnen und dann immer wieder eingesetzt.



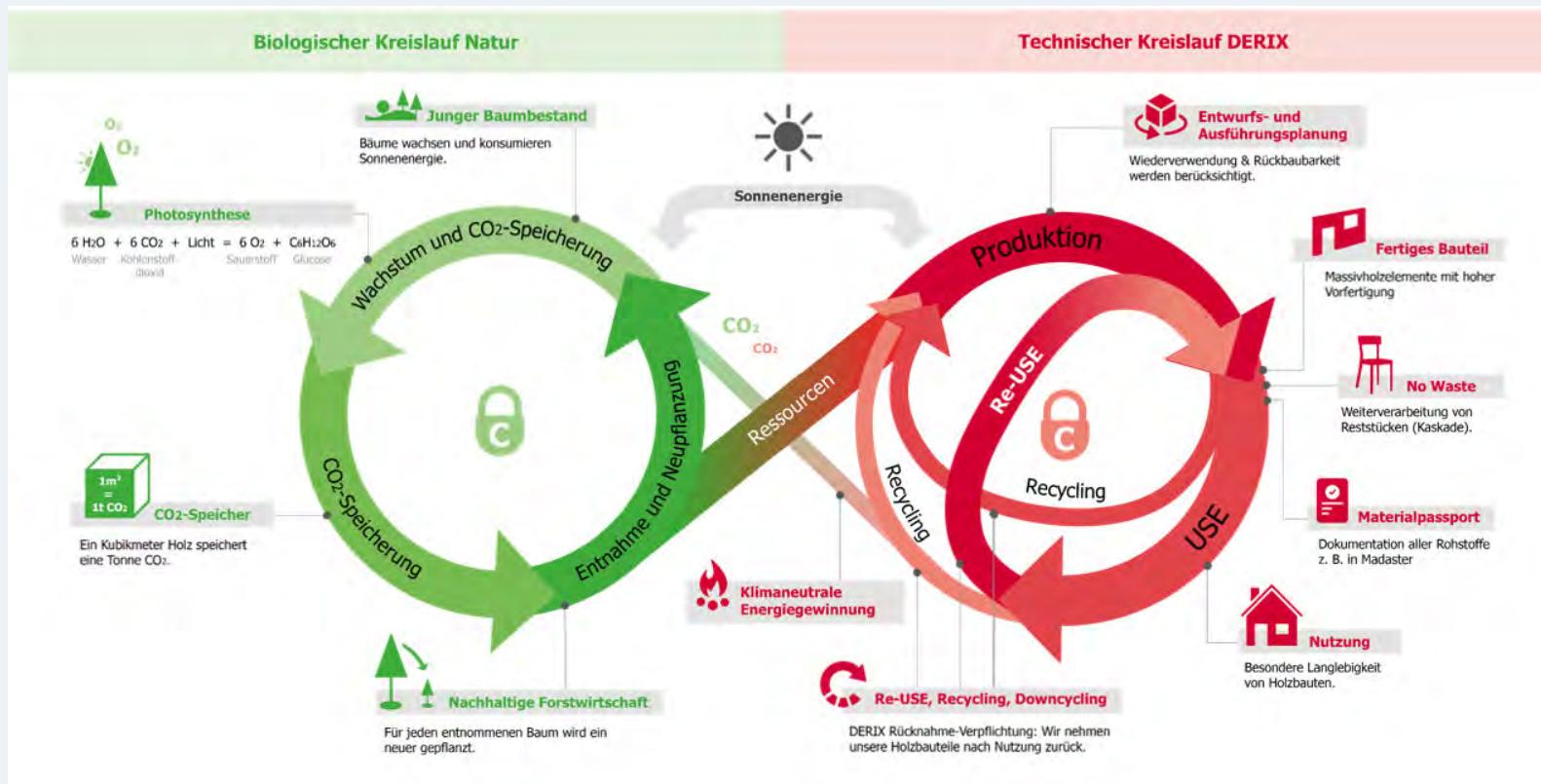
Der Name ist Programm: Dieses Büro- und Gastronomiegebäude in Düsseldorf wurde nach dem „Cradle to Cradle“-Prinzip konzipiert. © Interboden

Das Unternehmen verpflichtet sich, nach Ablauf der von seinen Kunden zu bestimmenden Gebäudelebensdauer Elemente aus Brettschichtholz- und Brettsperrholz zurückzunehmen und für neue Konstruktionen und Bauteile wiederzuverwenden. Dies gilt ab jetzt für alle Bauwerke, bei denen diese Rahmenbedingungen bereits festgeschrieben wurden. Wird ein Gebäude demontiert, übergibt der Eigentümer eine vollständige Dokumentation der infrage kommenden Bauteile. Anhand dieser erfolgt ein Angebot in Abhängigkeit vom Zustand und der jeweils aktuellen Rohstoff-, Geräte- und Lohnkostensituation. Gerade im Hinblick darauf, dass Rohstoffe nicht unbegrenzt zur Verfügung stehen, gewinnt

**Einführung  
einer  
Rücknahmeverpflichtung  
für alle  
Holzbauteile**



## Holzbau im Kreislauf: Die Idee der Unendlichkeit



Ergänze den Biologischen Kreislauf mit einem Technischen Kreislauf!

**DERIX**

**HP**  
Hegger + Partner

**VIELEN DANK  
FÜR IHRE  
AUFMERKSAMKEIT**

- [www.huping.de](http://www.huping.de)
- [www.derix.de](http://www.derix.de)



# **Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetondecken mit integrierten Hohlräumen unter Längszug**

**Dr.-Ing. Stephan Eilers**

Pirlet & Partner Baukonstruktionen Ingenieurgesellschaft mbH,  
Köln

## Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetondecken mit integrierten Hohlräumen unter Längszug

Dr.-Ing. Stephan Eilers

Pirlet & Partner Baukonstruktionen Ingenieurgesellschaft mbH, Köln

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. H. Jürgen Schnell  
ehemals Technische Universität Kaiserslautern | Massivbau und Baukonstruktion

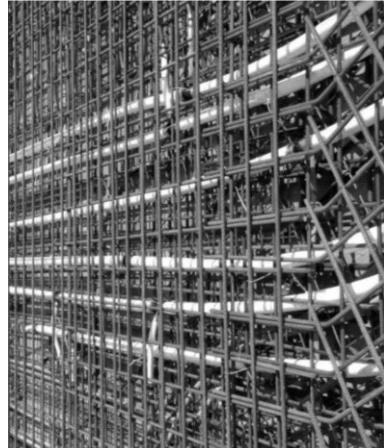
Prof. Dr.-Ing. Andrej Albert  
Hochschule Bochum | Massivbau

### Gebäudetechnik

- Stahlbetondecken als Installationsraum der Gebäu detechnik
- Installationsdichte und Leitungsquerschnitte zunehmend größer → Energieeffiziente Gebäu detechnik

### Bautechnik

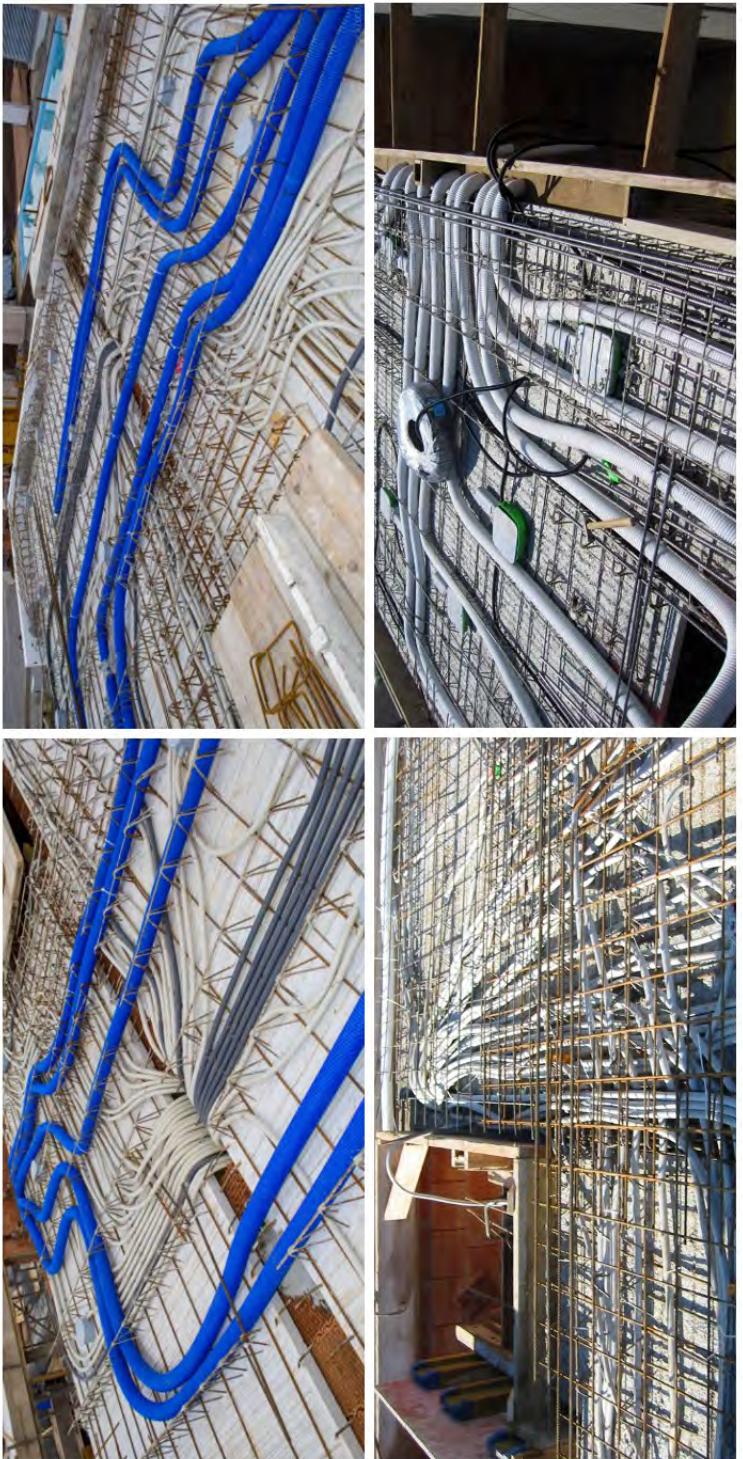
- Stahlbetondecken mit integrierten Hohlkörpern zur Betonverdrängung → Gewichtsreduktion
- Einsatz von Hohlkörperdecken im Hochbau zunehmend → Ressourcenschonung und Architektur



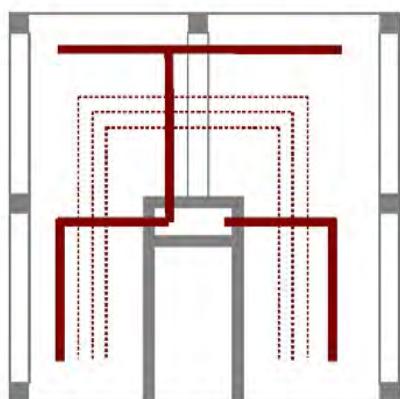
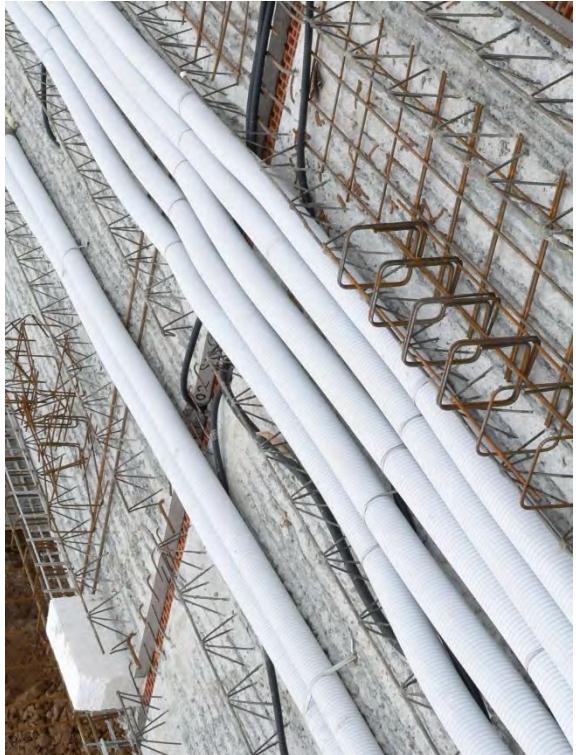
Quelle: <https://cobiax.com> | 2020

Quelle: <https://allgemeinebauzzeitung.de> | 2022

**196**

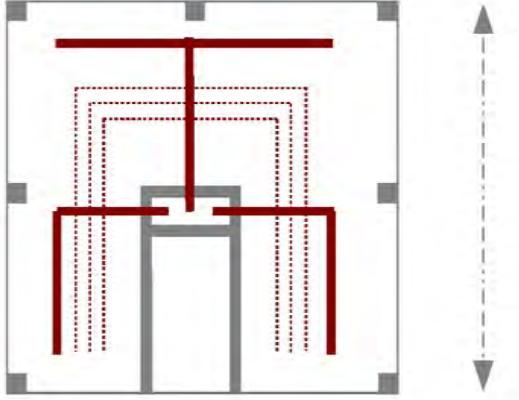


- " [...] Verlegung der Rohrleitungen nur in Deckenspannrichtung [...]"



liniengelagerte Stahlbetondecke  
(einachsig gespannt)

**FALSCH ?**

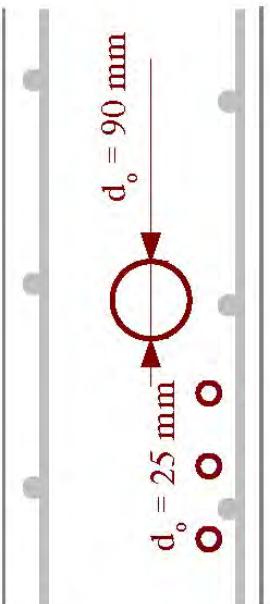


punktgelagerte Stahlbetondecke  
(mehrachsig gespannt)

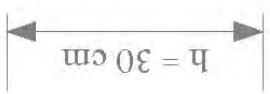
**RICHTIG ?**

**198**

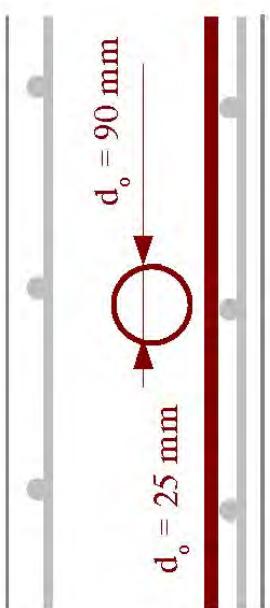
- "... Lüftungsleitungen dürfen sich nicht mit Leerrohren kreuzen und die Betondeckung ist einzuhalten, dann funktioniert es [...]"



**RICHTIG ?**

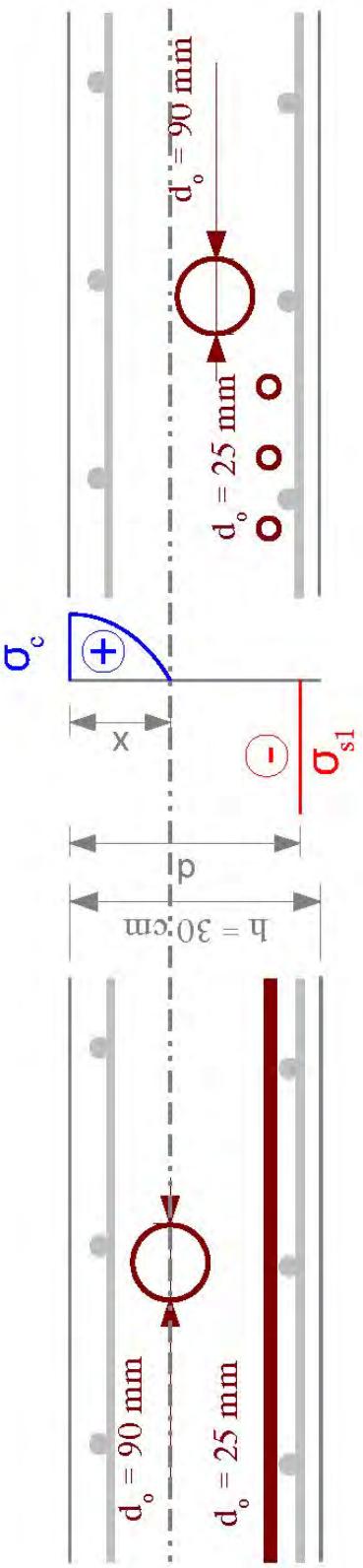


**FALSCH ?**



**199**

- "[...] Jede Stahlbetondecke hat eine statisch neutrale Zone. Die Leitungen sollten in der neutralen Zone verlegt werden [...]"



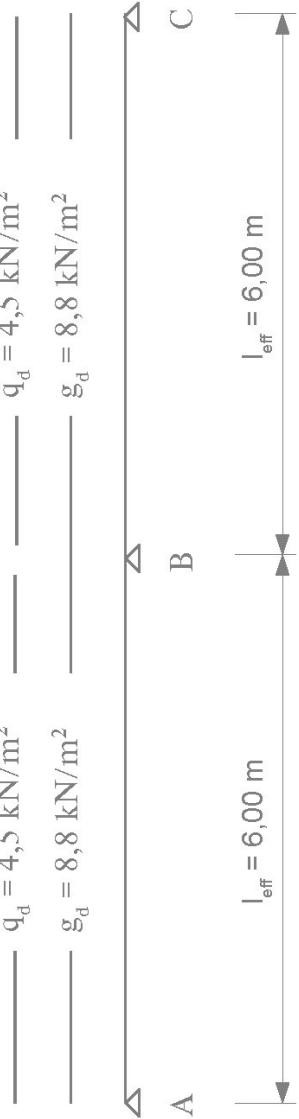
FALSCH ?

RICHTIG ?

- " [...] Sprech mit Deinem Statiker, ob die Rohrleitungen besser an der oberen oder unteren Bewehrung fixiert werden [...] "
- " [...] Wenn die Leitungen in der Mitte im Querschnitt verlegt werden gibt es rein statisch überhaupt keine Schwächung. [...]"
- " War bei mir alles kein Problem! [...] Höhe der KG-Decke 20 cm. Durchmesser der Lüftung 70 mm. War auch ohne Probleme möglich. "
- " [...] Ein Statiker hat mir mal gesagt, wenn du 8 cm dicke Rohre in der Decke haben willst, kein Problem, machen wir die Decke 8 cm dicker. [...] "
  
- Fragestellungen:
  1. Haben Hohlräume Einfluss auf die Biegetragfähigkeit von Stahlbetondecken?
  2. Haben Hohlräume Einfluss auf die Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetondecken?

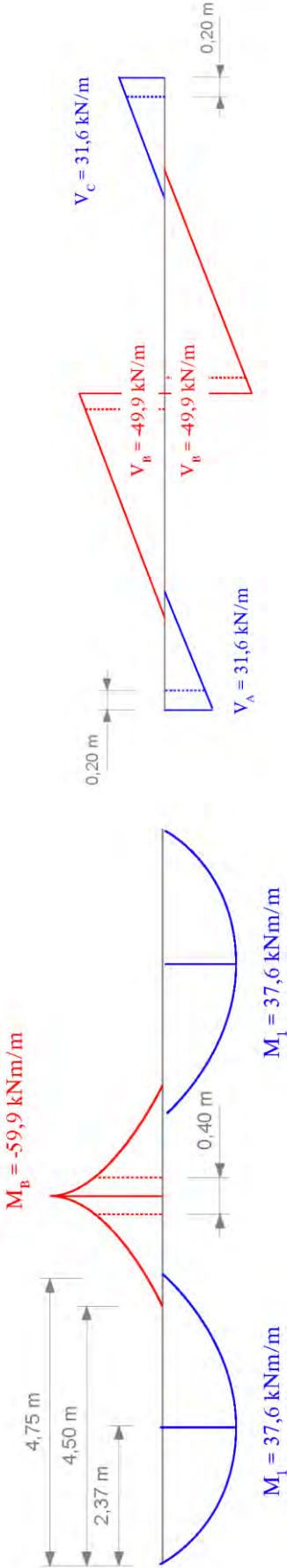
- DIN EN 1992-1-1, Abschnitt 6.1 (1)
  - "Dieser Abschnitt gilt für ungestörte Bereiche von Balken, Platten und ähnlichen Bauteilen, deren Querschnitte vor und nach Beanspruchung näherungsweise eben bleiben [...]"
- DIN EN 1992-1-1, Abschnitt 6.1 (2)
  - Ebene Querschnitte bleiben eben.
  - Die Dehnungen der im Verbund liegenden Bewehrung [...] haben [...] die gleiche Größe wie die des umgebenden Betons.
  - Die Betonzugfestigkeit wird nicht berücksichtigt.

- Beispiel: Einachsig gespannte Zweifelddecke



- Querschnittswerte:  
Decke:  $h = 20 \text{ cm}$  |  $d = 0,17 \text{ m}$  | Leitungsdurchmesser:  $d_o = 70 \text{ mm}$
- Baustoffe: C30/37, B500
- Expositionsklasse: XC1

- Biegemomenten- und Querkraftverteilung



- Biegebemessung

Feld:  $M_{Ed} = 37,6 \text{ kNm}$  |  $\mu_{Eds} = 0,077$  |  $\omega = 0,0696$  | erf  $a_{s1} = 4,62 \text{ cm}^2/\text{m}$  |  $\phi 10/15 (5,24)$

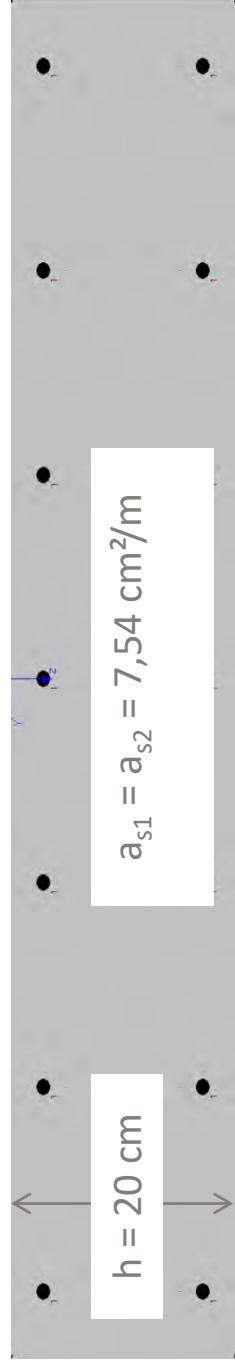
Stütze:  $M_{Ed,red} = 49,9 \text{ kNm}$  |  $\mu_{Eds} = 0,102$  |  $\omega = 0,108$  | erf  $a_{s1} = 7,18 \text{ cm}^2/\text{m}$  |  $\phi 12/15 (7,54)$

- Bemessung für zentrischen Zwang im hohen Betonalter ( $w_k = 0,3 \text{ mm}$ ) --> Decke verformungsbehindert

$$\text{erf } a_{s,min} = 1,0 * 0,8 * 0,7 * 3,0 * 10 * 100 / 247 = 6,80 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow \phi 12/15 (7,54) \text{ oben + unten}$$

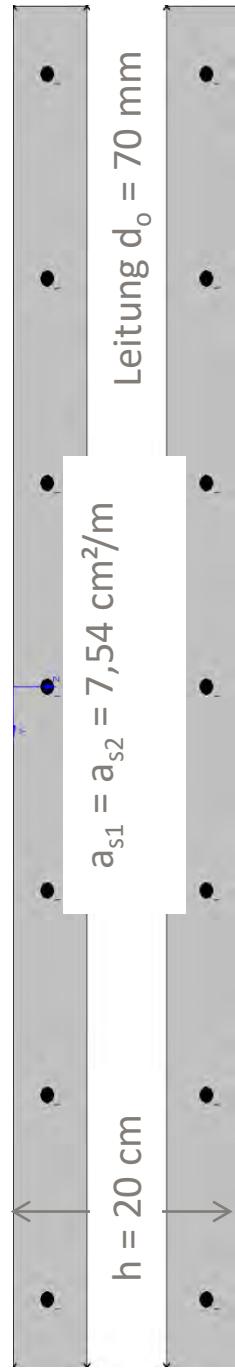
- Bestimmung der Dehnungsverteilung im GZT über den Querschnitt

- Dehnungsverteilung im ungestörten Bereich



-0,54 %

-0,54 %  
1,96 %



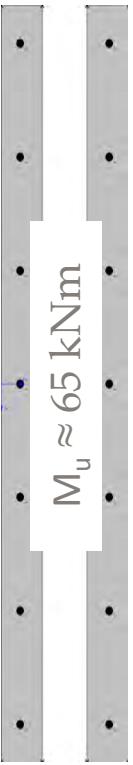
-0,54 %

1,96 %

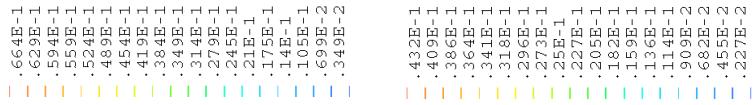
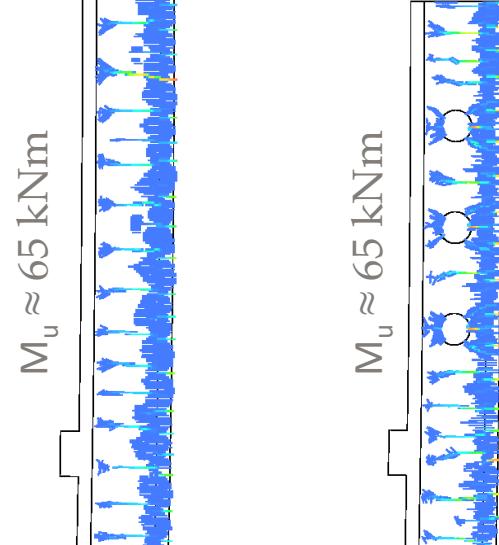
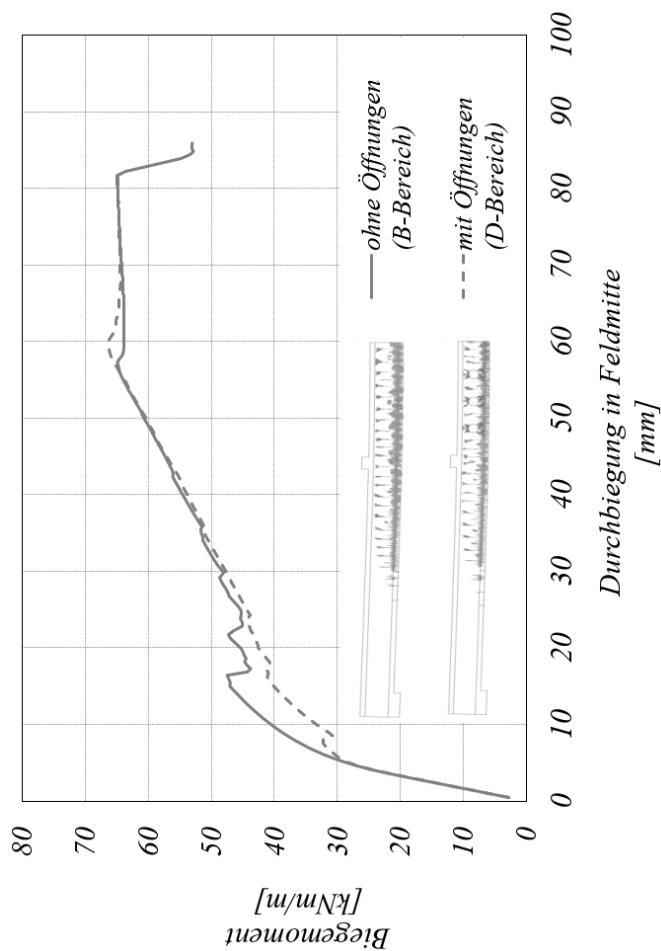
205

## Verfahren 1: Berechnung des Biegebruchmomentes mit einer physikalisch nichtlinearen Querschnittsanalyse

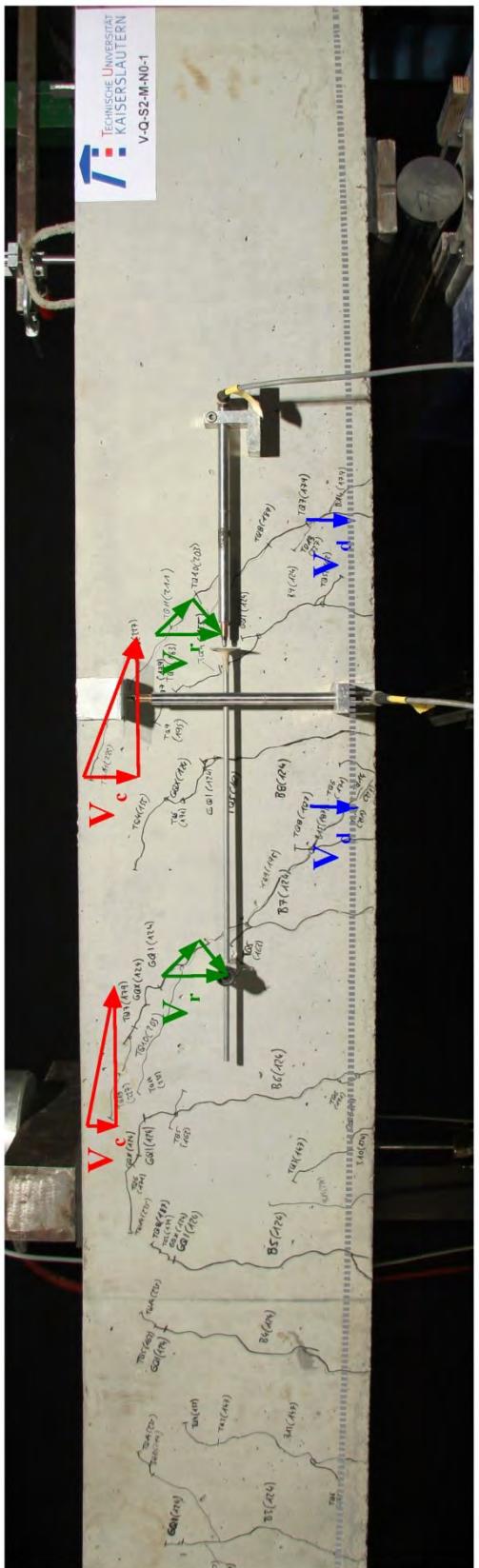
- Bestimmung eines realitätsnahen Biegebruchmomentes durch ...
  - ... Berücksichtigung mittlerer (realitätsnäher) Festigkeiten  $\rightarrow f_{cm} + f_{sym}$
  - ... Berücksichtigung eines realitätsnahen Zugtragverhaltens von Beton  $\rightarrow f_{ctm} + G_f$
- Querschnitte weisen ein quasi-identisches Biegebruchmoment auf, wenn ...
  - ... sich die Druckzone vollständig im Deckenspiegel oberhalb der Leitung befindet
  - ... die verstehende Zugtragwirkung des Betons (Bruchenergie) im Bruchzustand nahezu vollständig abgebaut ist



## Verfahren 2: Numerische, physikalisch nichtlineare Berechnung des Biegeversagens mit FEM



- Leitungen beeinflussen die Biegesteifigkeit und die Biegeträgfähigkeit von Stahlbetondecken nicht oder nur geringfügig, wenn ...
  - Leitungen vereinzelt und nicht gruppiert eingebaut werden (z. B. Achsabstand der Öffnungen  $a_o \geq 3 d_o$ ),
  - die Biegedruckzone im GZG und im GZT durch die Leitungen nicht gestört wird und
  - die Leitungen den Verbund zwischen Bewehrung und Beton nicht beeinflussen.
- eine konventionelle Biegebemessung nach DIN EN 1992-1-1, 6.1 ist unter den o. g. Voraussetzungen normkonform
- eine konventionelle bauliche Durchbildung der Stahlbetondecken ist ausreichend

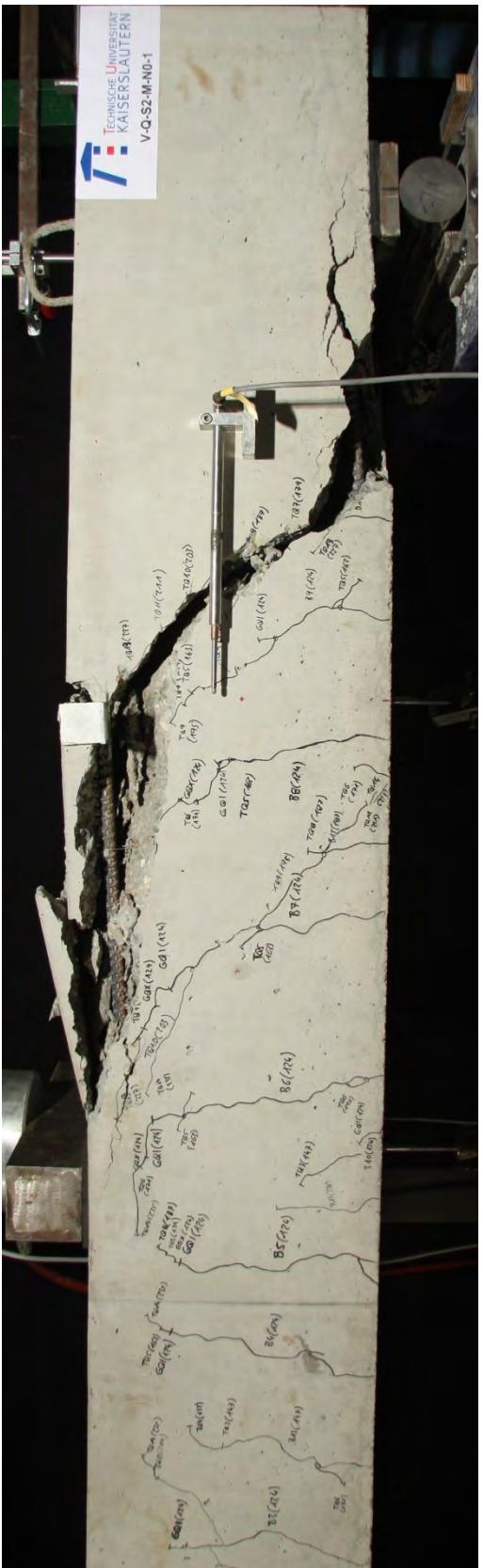


- Querkraftabtrag im gerissenen Bauteil (Zustand II) über ...

**$V_c$  = die ungerissene Biegedruckzone**

**$V_r$  = die Rissreibung parallel und die Zugtragfähigkeit normal zum Schrägriss**

**$V_d$  = die Verdübelungswirkung der Biegezugbewehrung**



- Querkraftabtrag im gerissenen Bauteil (Zustand II) über ...

**$V_c$  = die ungerissene Biegedruckzone**

**$V_r$  = die Rissreibung parallel und die Zugtragfähigkeit normal zum Schrägriss**

**$V_d$  = die Verdübelungswirkung der Biegezugbewehrung**

- Querkrafttragfähigkeit nach DIN EN 1992-1-1, Gl. 6.2a

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \delta_l \cdot f_{ck})^{(1/3)} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \quad \text{mit } C_{Rd,c} = \frac{C_{Rk,c} = 0,15}{\gamma_c = 1,5}$$

- Erläuterungen nach DAfStb Heft 600
- Gleichung ist eine "empirische Beziehung mit mechanischem Hintergrund"
  - ungerissene Druckzone ( proportional zu  $(100 \cdot \delta_l)^{(1/3)}$  )
  - Betonzugfestigkeit ( proportional zu  $f_{ck}^{(1/3)}$  )
  - maßstäblicher Einfluss der Bruchprozesszone ( proportional zu  $k$  )
  - die Wirkung einer Längsspannung ( proportional zu  $0,12 \cdot \sigma_{cp}$  )

- DIBt-Abschlussbericht zur DIN 1045-1 (1999)

- Kalibrierung des Vorfaktors  $C_{Rm,c}$  anhand von 282 Querkraftversuchen
- Versuche wurden nach geometrischen und mechanischen Auswahlkriterien aus einer Versuchsdatenbank ausgewählt (vgl. DAFStb Heft 597 und 617)

Wherever a more precise analysis is not made, the following empirical expression may be used for members with parallel chords:

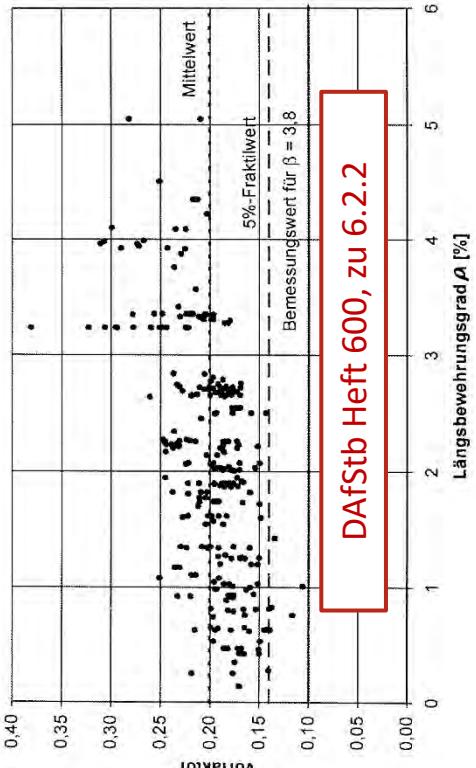
$$V_{Rd1} = 0.12\xi(100\rho f_{ck})^{1/3} b_{red} d \quad (6.4-2)$$

where

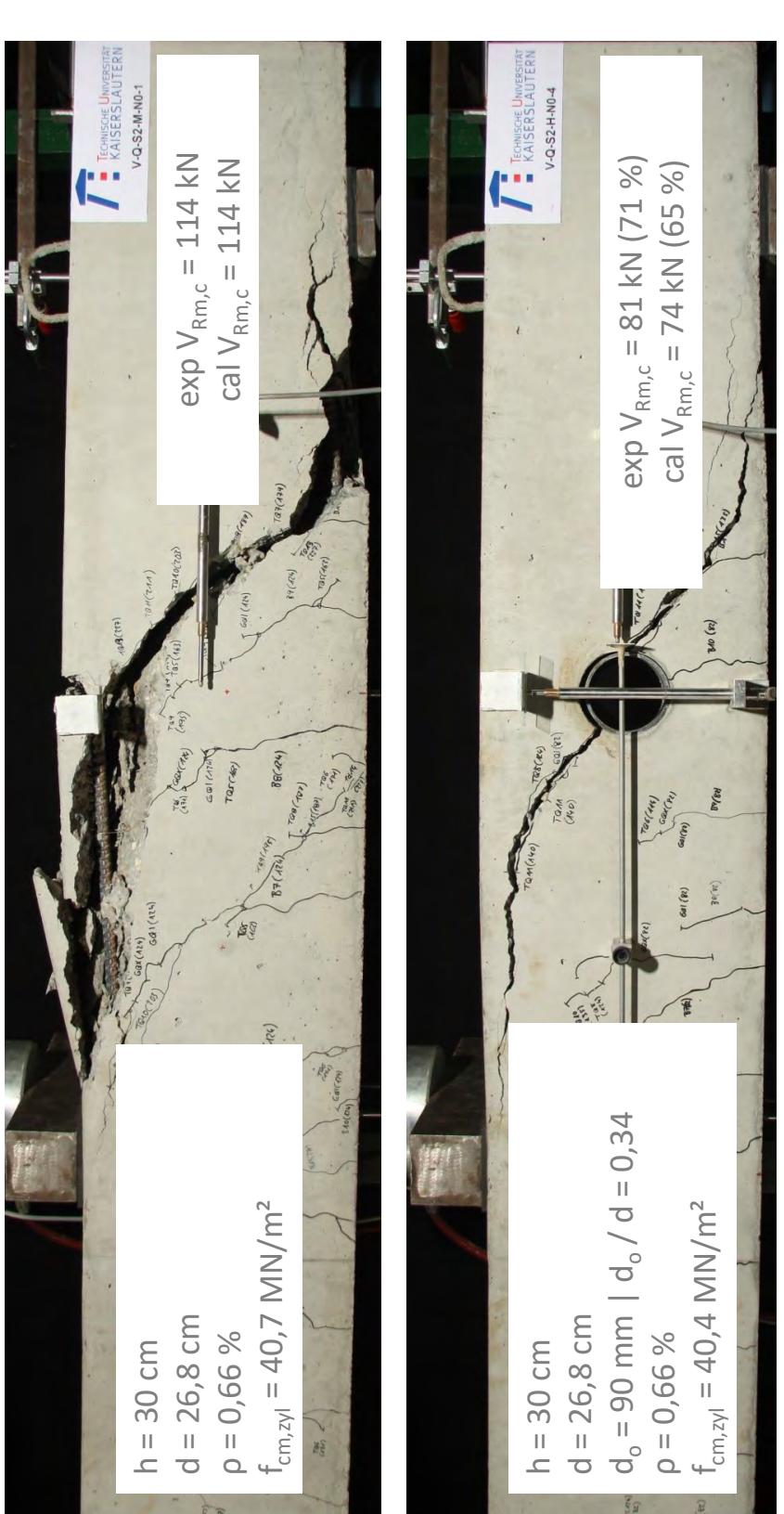
$\xi = 1 + \sqrt{(200/d)}$  with  $d$  in mm  
 $\rho$  is the ratio of bonded flexural tensile reinforcement  $A_s/b_w d$  or  $(A_s + A_p)b_w d$  extending for a distance at least equal to  $d$  beyond the section considered, except at end supports where the extension may be considered adequate if the length of bar beyond the center

**CEB-FIP MC 1990, 6.4.2.3**

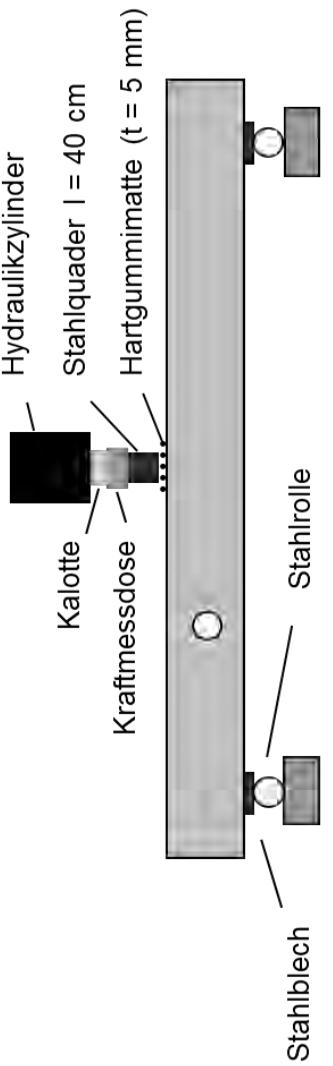
$b_{red}$  is the sum of the widths of tendon ducts situated within the web (note no deduction is necessary for ducts at the boundary of the web, i.e. at the level of the main tension reinforcement).



$$V_{Rm,c} = [C_{Rm,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \delta_l \cdot f_{ck})^{(1/3)} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \quad \text{mit } C_{Rm,c} = 0,20$$



- Forschungsarbeiten von Schnell & Thiele zur Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetondecken mit integrierten Leitungen an der TU Kaiserslautern
- Leitungen können zu einer Reduktion der Querkrafttragfähigkeit führen
- Abminderungsfaktoren  $k_o \leq 1$  in Abhängigkeit der Leitungsöffnung
- Konzept als Erweiterung des Bemessungskonzeptes nach EC2
- Einführung des Bemessungskonzeptes zur Anwendung in der Baupraxis mit den Erläuterungen zu EC2 nach DAFStb Heft 600



Heft 600

## DEUTSCHER AUSSCHUSS FÜR STAHLBETON

$$V_{Rd,c,red} = \left[ k_o \cdot C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \delta_t \cdot f_{ck})^{\left(\frac{1}{3}\right)} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

Erläuterungen zu DIN EN 1992-1-1  
und DIN EN 1992-1-1/NA (Eurocode 2)

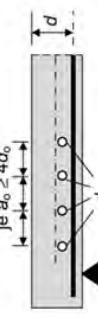
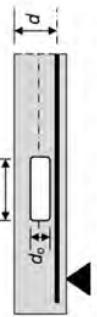
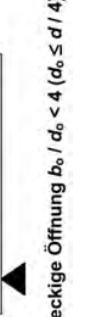
## Bemessungskonzepte

- Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetondecken ohne Querkraftbewehrung nach DIN EN 1992-1-1

$$V_{Rd,c} = \left[ C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

## Bemessung

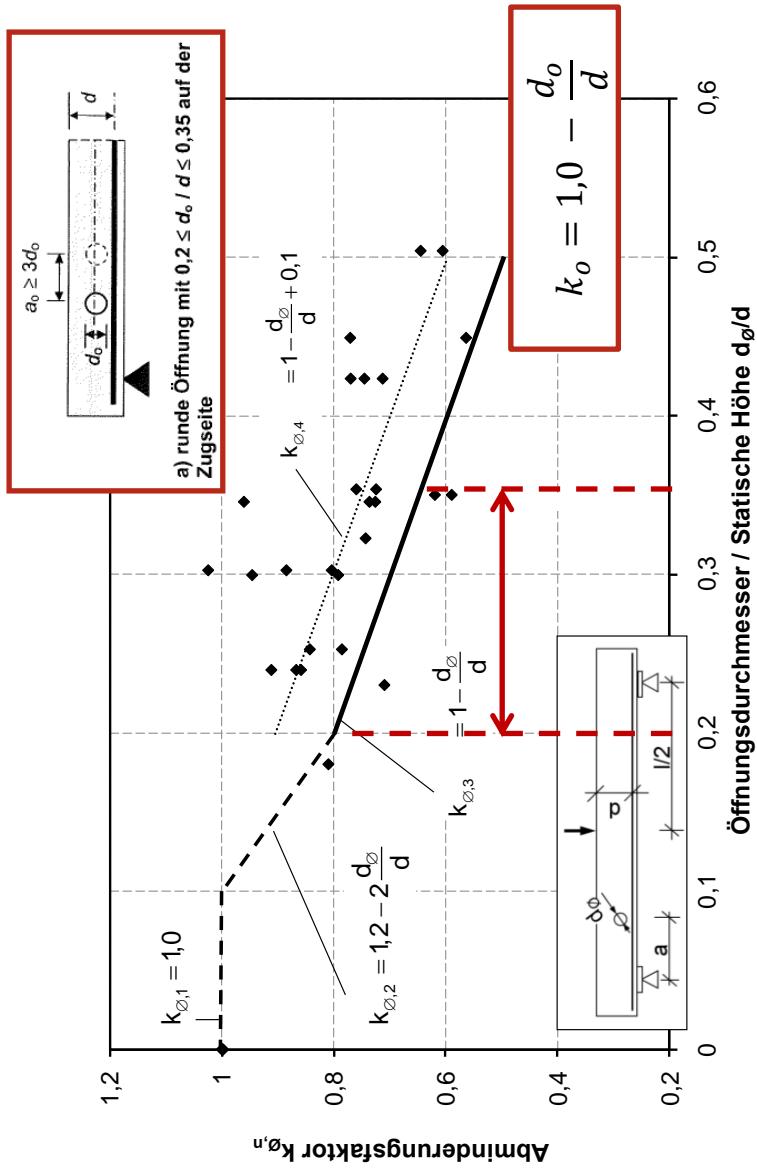
## Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetondecken mit integrierten Leitungen

- a) runde Öffnung mit  $0,2 \leq d_o / d \leq 0,35$  auf der Zugseite
 
- b) runde Öffnung mit  $0,2 \leq d_o / d \leq 0,35$  und mit Achse  $\geq 0,2d_o$  von der Schwerelinie in Richtung Druckzone
 
- c) kleine runde Öffnungen  $0,1 \leq d_o / d < 0,2$ 

- d) rechteckige Öffnung  $b_o / d_o < 4$  ( $d_o \leq d / 4$ )
 

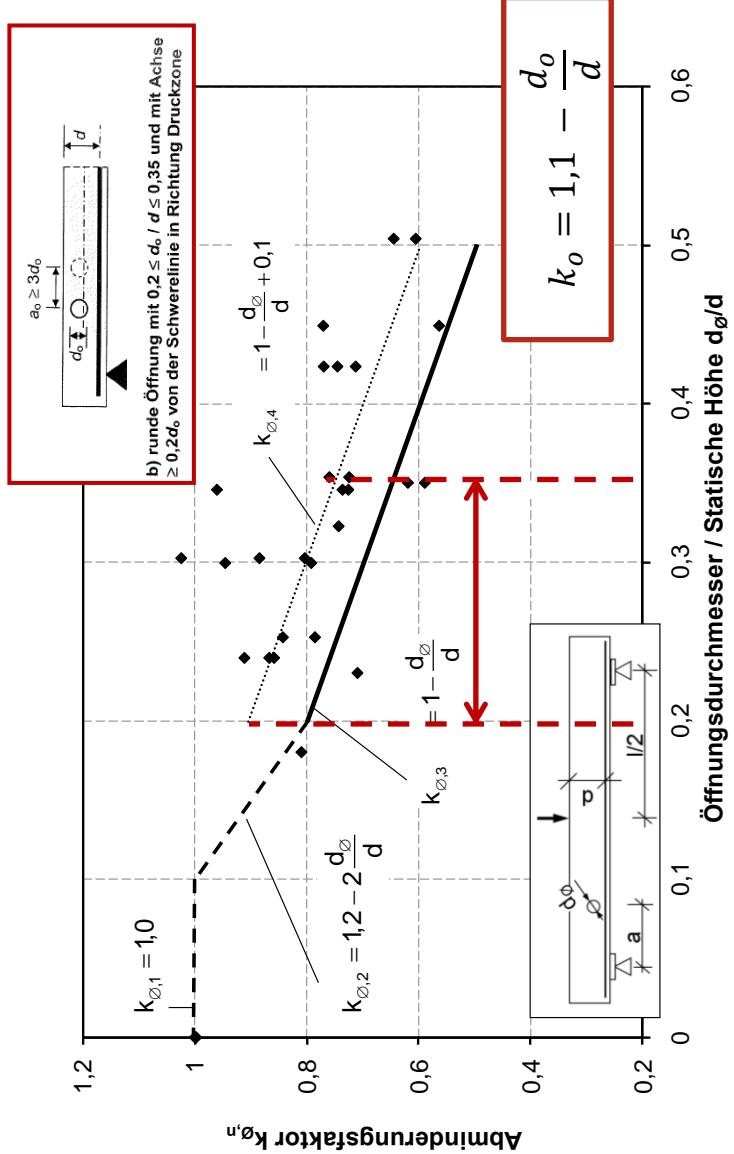
■ Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetondecken ohne Querkraftbewehrung mit integrierten Leitungen nach DIN EN 1992-1-1 **und DAFStb Heft 600**

$$V_{Rd,c,o} = \left[ k_o \cdot C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

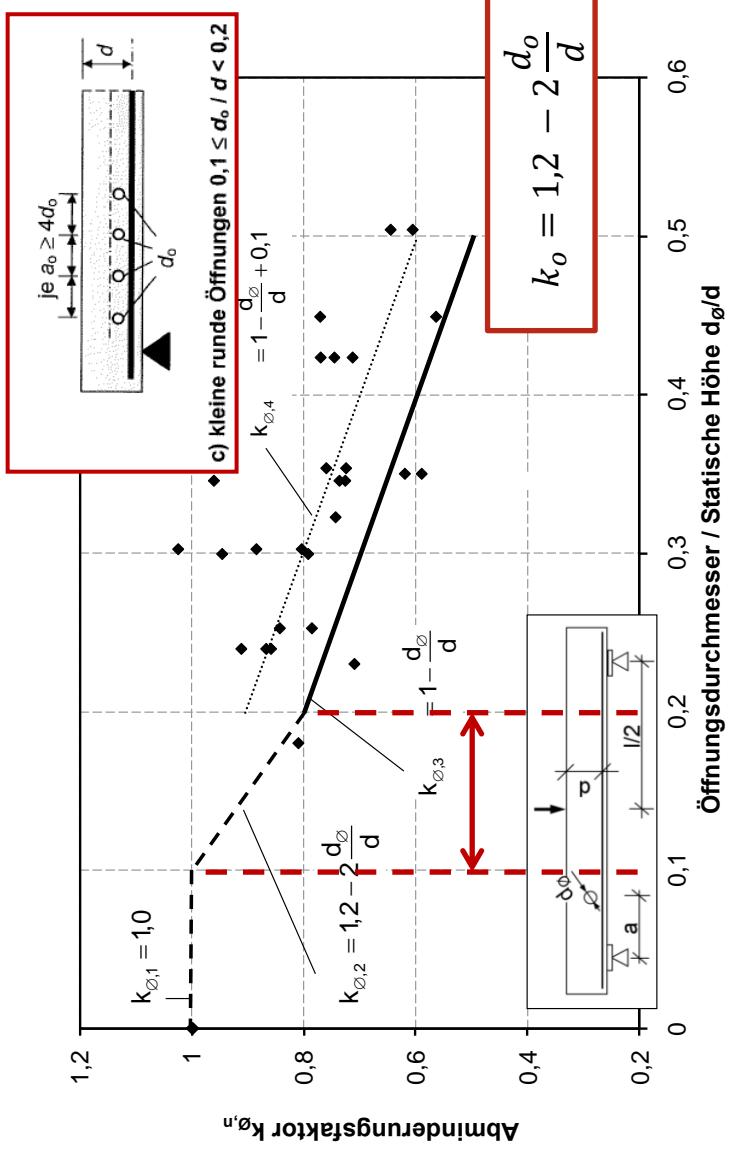
## DAfStb Heft 600, zu 6.2.2, Fall a



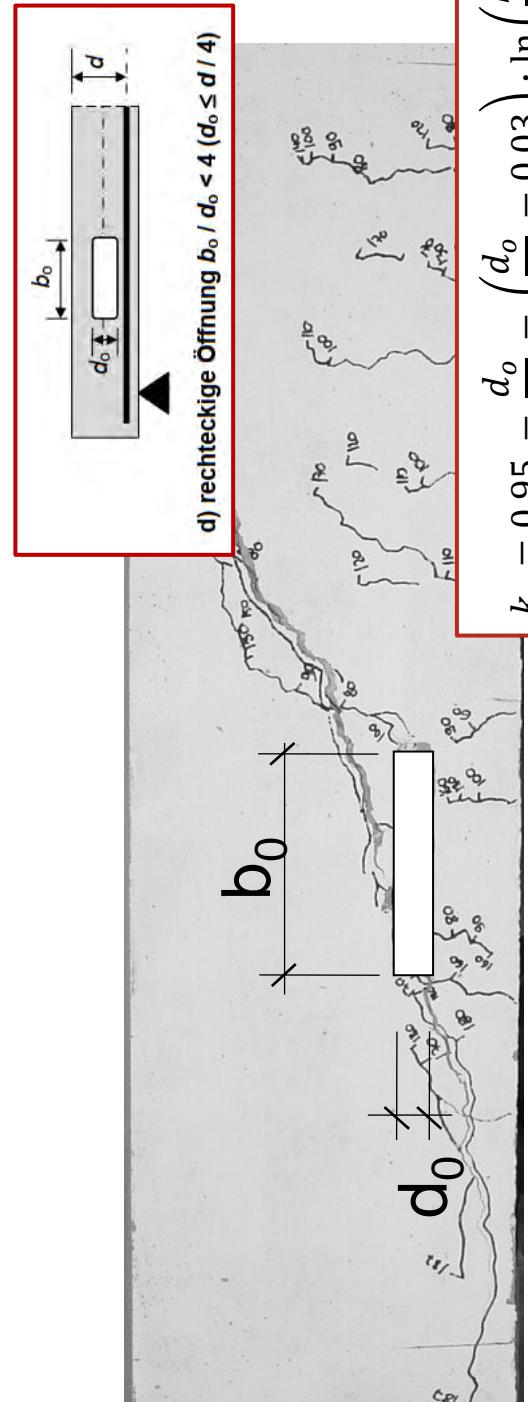
## DAfStb Heft 600, zu 6.2.2, Fall b



## DAfStb Heft 600, zu 6.2.2, Fall c

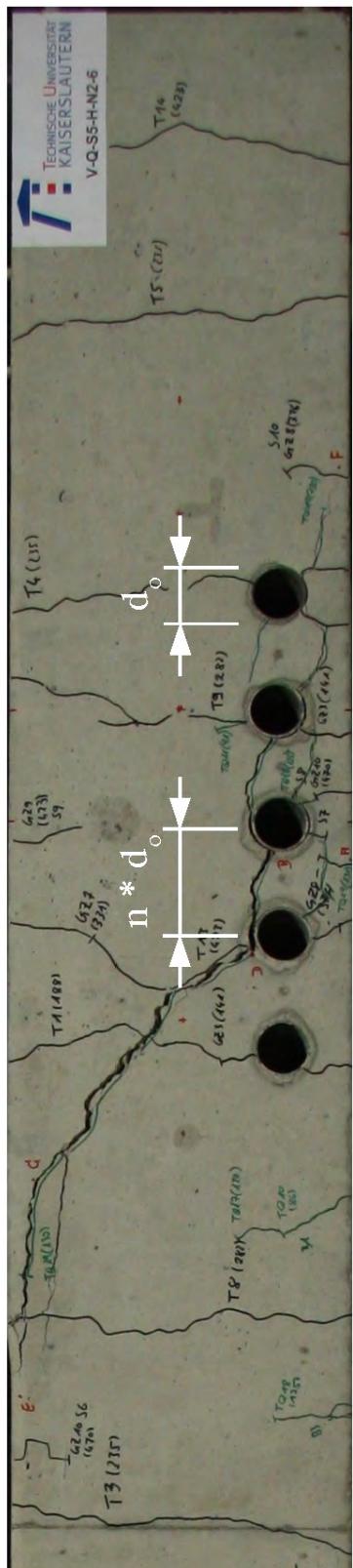


## DAfStb Heft 600, zu 6.2.2, Fall d



## DAfStb Heft 600, zu 6.2.2, Öffnungsgruppen mit $d_o / d \leq 0,1$

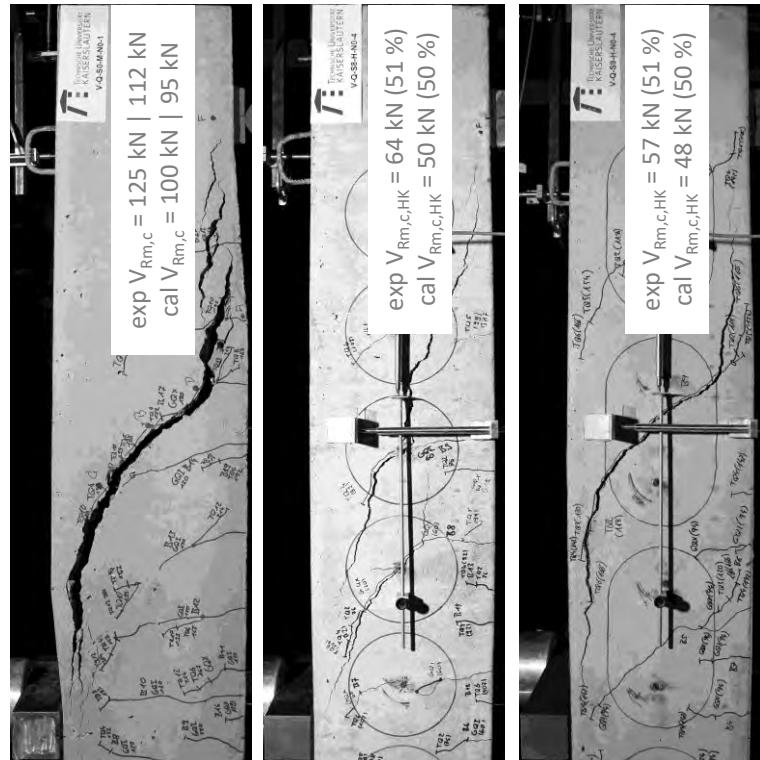
- $n = 2$ : Öffnungsabstand  $a_o = 2 d_o$        $\rightarrow$       Traglastreduzierung: rd. 40 %
- $n = 3$ : Öffnungsabstand  $a_o = 3 d_o$        $\rightarrow$       Traglastreduzierung: rd. 25 %
- $n = 4$ : Öffnungsabstand  $a_o = 4 d_o$        $\rightarrow$       Traglastreduzierung: rd. 0 %



- Der Abminderungsfaktor  $k_o$  ist zur Reduktion
  - der Querkrafttragfähigkeit  $V_{Rd,c}$  und
  - der Mindestquerkrafttragfähigkeit  $V_{Rd,c,min}$  anzuwenden.
- Bei Gruppenanordnungen von Öffnungen dürfen die Abminderungsfaktoren  $k_o$  von Einzelöffnungen angewendet werden, wenn die fallweise definierten Mindestachsabstände  $a_o$  eingehalten sind. Ansonsten sind die Öffnungsgruppen zu einer idealisierten, rechteckigen Öffnung zusammenzufassen.
- Leerrohrguppen mit  $d_o / d \leq 0,1$  und Achsabständen  $a_o \geq 4 d_o$  haben keinen Einfluss auf die Querkrafttragfähigkeit (gilt für Bauteile bis  $h = 40$  cm).
- Der günstige Einfluss von Längsdruckspannungen wird nicht angerechnet ( $\sigma_{cp} \geq 0$ ). Der ungünstige Einfluss von Längszugspannungen wird voll angerechnet und nicht durch  $k_o$  abgemindert.

## Querkrafttragfähigkeit

- Forschungsarbeiten zur Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetondecken mit integrierten Hohlkörpern an der TU Kaiserslautern und HS Bochum
- Hohlräume durch Hohlkörper führen zu einer Reduktion der Querkrafttragfähigkeit
- Abminderungsfaktoren  $f \leq 0,50$  in Abhängigkeit der Hohlkörperform und der Deckendicke
- Konzept in Anlehnung an das Bemessungskonzept nach EC2
- Einführung der Bemessungskonzepte zur Anwendung in der Baupraxis in allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für Hohlkörperdecken



### Bemessungskonzepte

- Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetondecken ohne Querkraftbewehrung mit integrierten Hohlkörpern nach allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen

$$V_{Rd,c,HK} = f \cdot \left[ C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_t \cdot \theta_{kp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

#### Hohlkörperdecke Typ "Cobiax Eco-Line" (Z-15.1-282)

f = 0,50 allgemein  
f = 0,45 für Hohlkörper mit einem Durchmesser von 45 cm und einem Achsabstand von 50 cm

#### Hohlkörperdecke Typ "Cobiax CLS" (Z-15.1-352)

f = 0,45 für die Deckendicke h = 20 cm  
f = 0,40 für Deckendicken h ≥ 48 cm zwischenwerte können interpoliert werden.

#### Hohlkörperdecke Typ "Unidome XS" (Z-15.1-353)

f = 0,50 für Deckendicken h ≤ 30 cm  
f = 0,45 für Deckendicken h > 30 cm

### Wesentliche Einwirkungen auf Hochbaudecken

- **direkte Einwirkungen**
  - Vorspannung
  - Erd- und Wasserdruck
  - Wind
  - Erdbeben
  - Horizontalkräfte aus Abtriebskräften bei schräg stehenden Stützen und Wänden
- **indirekte Einwirkungen**
  - Schwinden
  - Temperatur



Quelle: <https://allgemeinebauzeitung.de> | 2022

Quelle: <https://structurae.net> | 2022

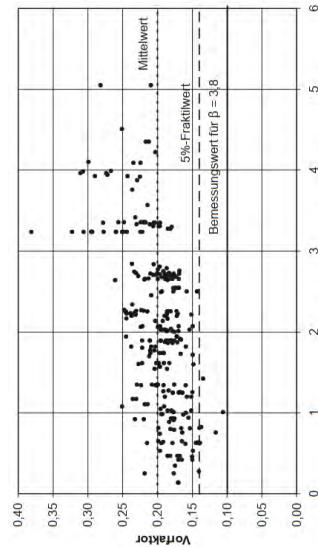
### Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetondecken unter Längszug bzw. Längsdruck

Bemessungskonzept nach DIN EN 1992-1-1/NA, 6.2.2, Gl. 6.2a

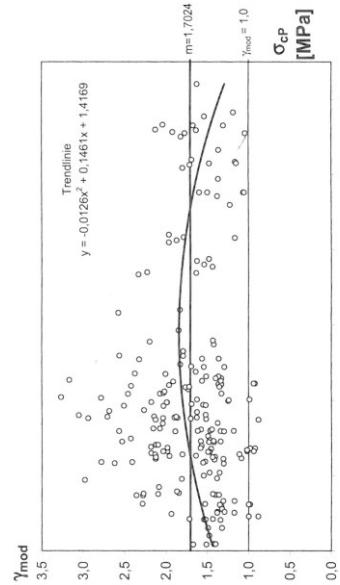
$$V_{Rd,c} = \left[ C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0,2 \cdot f_{cd}$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,15}{\gamma_c} \text{ und } k_1 = 0,15 \text{ (NDP: } k_1 = 0,12)$$



Empirische Ermittlung des Vorfaktors für das Bemessungskonzept nach EC2 ohne Normalkraft.



Modellunsicherheit des Bemessungskonzeptes nach EC2/NA für 217 Querkraftversuche an Spannbetonbauteilen.

- Bei (vielen) Versuchen an Spannbetonbauteilen wurde ein **günstiger Einfluss** von Längsdruckspannungen festgestellt.
  - DAFStb Heft 597 (217 Versuche):  $\exp k_1 = 0,11$
- Bei (wenigen) Versuchen an Stahlbetonbauteilen wurde ein **ungünstiger Einfluss** von Längszugspannungen festgestellt.
  - Leonhardt 1977:  $\exp k_1 = 0,10$
  - Ehmann 2003:  $\exp k_1 = 0,045$

■ Forschungsbedarf

- Der Einfluss von Längszug auf die Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetondecken ohne Querkraftbewehrung **ist wenig erforscht**.
- Der Einfluss von Längszug auf die Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetondecken mit integrierten Hohlräumen ohne Querkraftbewehrung **ist nicht erforscht**.



Bundesinstitut  
für Bau-, Stadt- und  
Raumforschung  
im Bundesamt für Bauwesen  
und Raumordnung



Hochschule Bochum  
Bochum University  
of Applied Sciences

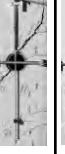
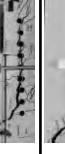
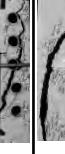
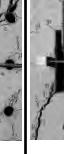
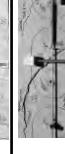
■ Forschungsprojekt

- Kooperationsprojekt zwischen TU Kaiserslautern und HS Bochum
- Projektförderung durch Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesministeriums für Bau-, Stadt- und Raumforschung
- Endbericht zum Forschungsprojekt SWD-10.08.18-7-13.04

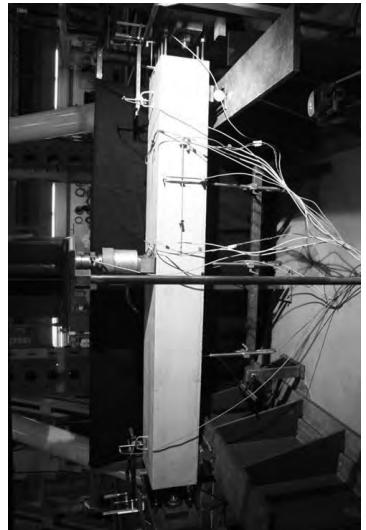
### Versuchsprogramm

- 60 Versuche in 10 Versuchsserien
  - 6 Versuche je Versuchsserie
  - 3 Versuche ohne integrierte Hohlräume
  - 3 Versuche mit integrierten Hohlräumen
  
- 30 Versuchskörper ohne Hohlräume  
(= Referenzversuche)



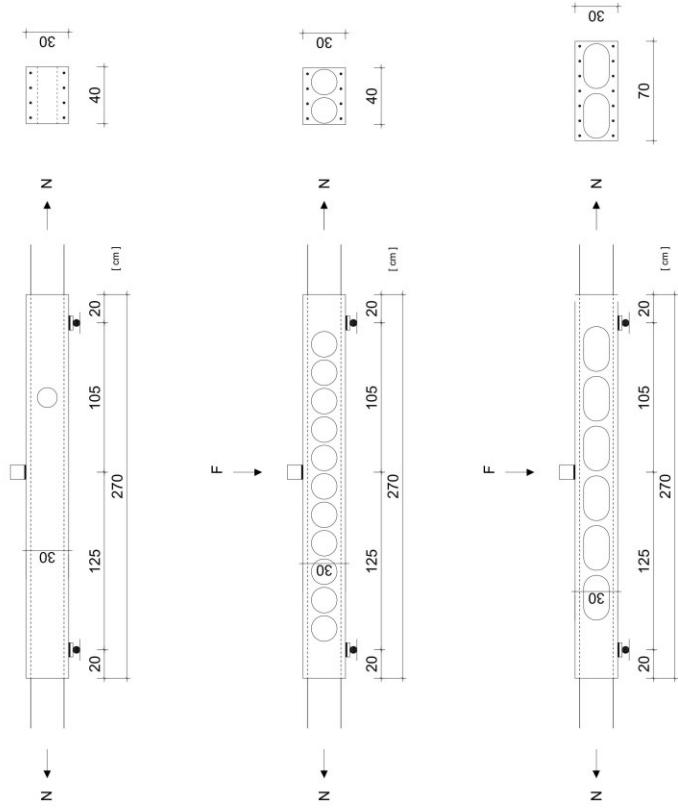
V-Q-S0	Öffnung 0,5 d   mittig   rund	DAfStb Heft 600, 6.2.2 Fall a ( $d_0$ überschritten)	
V-Q-S1	Öffnung 0,35 d   unten   rund	DAfStb Heft 600, 6.2.2 Fall a	
V-Q-S2	Öffnung 0,35 d   mittig   rund	DAfStb Heft 600, 6.2.2 Fall a	
V-Q-S3	Öffnung 0,35 d   oben   rund	DAfStb Heft 600, 6.2.2 Fall b	
V-Q-S4	Öffnungsgruppe 0,1 d unten   rund   $a_0 = 2d_0$	DAfStb Heft 600, 6.2.2 Fall c ( $a_0$ überschritten)	
V-Q-S5	Öffnungsgruppe 0,2 d unten   rund   $a_0 = 2d_0$	DAfStb Heft 600, 6.2.2 Fall c ( $a_0$ überschritten)	
V-Q-S6	Öffnungsgruppe 0,2 d unten   rund   $a_0 = 4d_0$	DAfStb Heft 600, 6.2.2 Fall c	
V-Q-S7	Öffnung 0,25 d x 1,0 d   mittig   rechteckig	DAfStb Heft 600, 6.2.2 Fall d	
V-Q-S8	Hohlkörper Cobiax Eco-Line CBCM-E-180	Z-15.1-282	
V-Q-S9	Hohlkörper Cobiax Slim-Line CBCM-S-180	Z-15.1-307	

### Versuchseinrichtung und Versuchsaufbau



### Versuchseinrichtung und Versuchsaufbau

### Versuchseinrichtung und Versuchsaufbau



### Versuchskörper

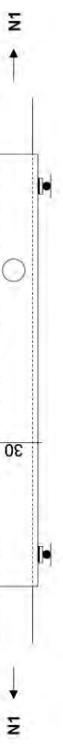
- Geometrie
  - Versuchskörperlänge  $l = 2,70 \text{ m}$
  - Abstand der Auflagerlinien  $l_{\text{eff}} = 2,30 \text{ m}$
  - Versuchskörperbreite  $b = 40 \text{ cm} \mid b = 70 \text{ cm}$  (Cobiax Slim-Line)
  - Versuchskörperhöhe  $h = 30 \text{ cm} \mid d = 26,7 \text{ cm}$
  - geometrischer Bewehrungsgrad  $\rho = 0,66 \%$
- Baustoffe
  - Normalbeton: C25/30 (Rundkies  $d_g = 16 \text{ mm}$ )
  - Bewehrung: Ankerstahl St900/1100  $\varnothing 15 \text{ mm}$



## Versuchsablauf

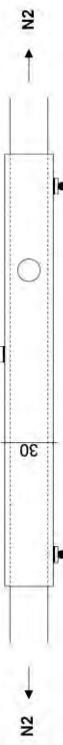
- Längszugkraft N1 → abgeschlossene Trennrissbildung

$$N_{Ek,1} = 1,3 \cdot f_{ctm} \cdot A_{ct} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_s)$$



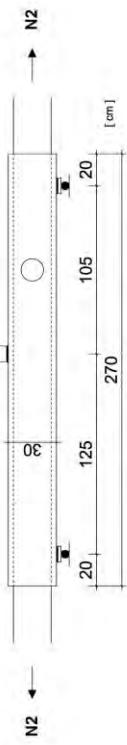
- Längszugkraft N2 → planmäßige Längszugkraft

$$\begin{aligned}N_{Ek,21} &= 0,25 \cdot f_{ctm} \cdot b_w \cdot h \\N_{Ek,22} &= 0,5 \cdot f_{ctm} \cdot b_w \cdot h\end{aligned}$$



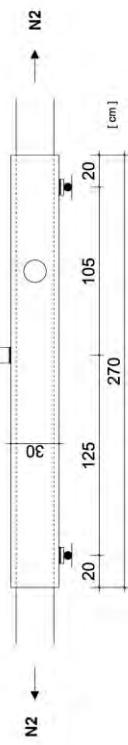
- Querbelastung Q1 → Zyklistische Be- und Entlastung auf Gebrauchslastniveau

$$V_{Ek,1} = 1,3 \cdot \frac{V_{Rm,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{G+Q}}$$



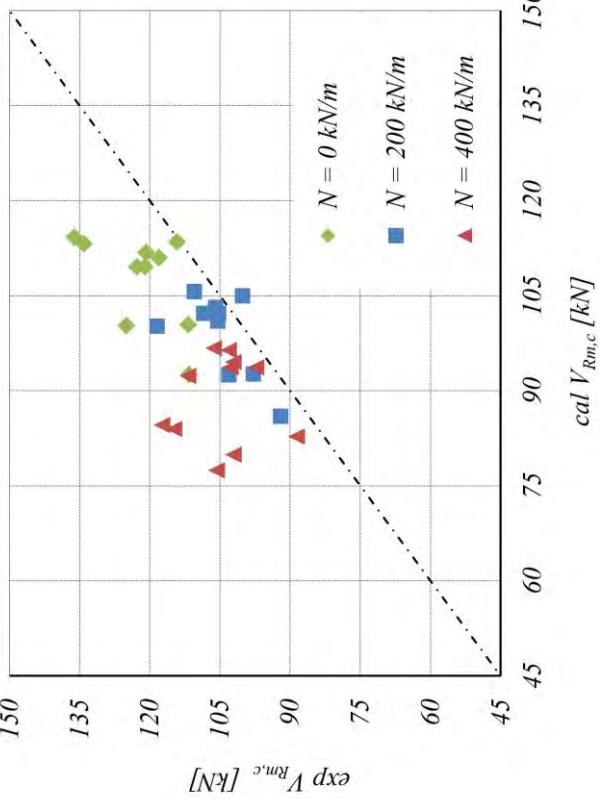
- Querbelastung Q2 → inkrementelle Lastzunahme bis zum Bauteilversagen

$$V_{Ek,2} = V_{Rm,c}$$



## Versuchsergebnisse

- Stahlbetondecken ohne Hohlräume unter Längszug
- Längszugspannungen führen zu einer Reduktion der Querkrafttragfähigkeit.
- Der Schubrissverlauf ist unabhängig von den eingeprägten Trennrissen aus dem Gebrauchs- zustand.
- Der maßgebende Schubriss verlagert sich unter dem Einfluss von Längszug tendenziell von der Auflagerlinie zur Lasteinleitung.



$$cal V_{Rm,c} = \left[ 0,20 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{1ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b \cdot d$$

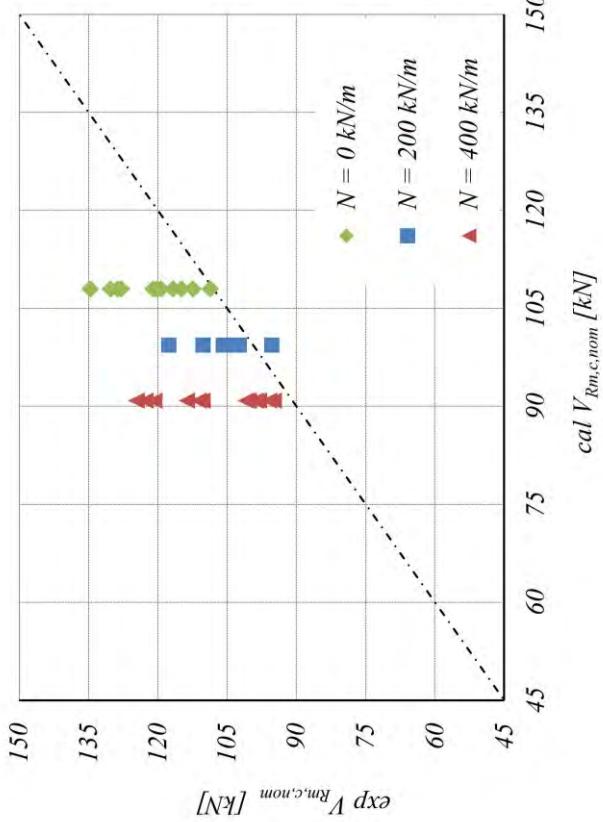
233

## Versuchsergebnisse

- Stahlbetondecken ohne Hohlräume unter Längszug
  - normierte, experimentelle Querkrafttragfähigkeit

$$\exp V_{Rm,c,nom} = f_{nom} \cdot \exp V_{Rm,c}$$

$$\text{mit } f_{nom} = \sqrt[3]{\frac{f_{1ck,nom}}{f_{1ck,test}}} \cdot \frac{b_{w,nom}}{b_{w,test}}$$



$$cal V_{Rm,c,nom} = \left[ 0,20 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot 30)^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot 0,40 \cdot d$$

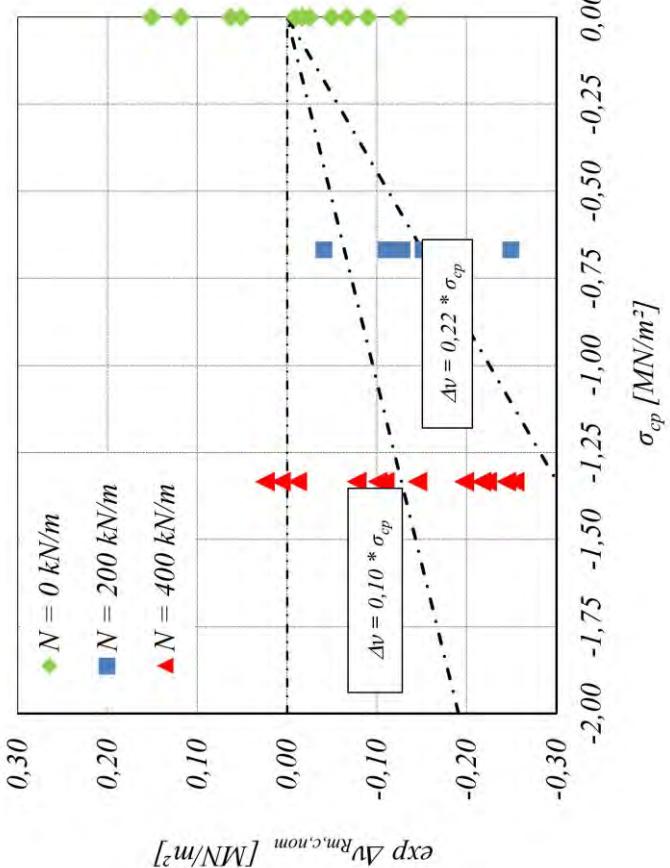
## Versuchsergebnisse

- Stahlbetondecken ohne Hohlräume unter Längszug
  - Reduktion der Querkrafttragfähigkeit infolge Längszug → Bruchschubspannungsdifferenz
$$\exp \Delta V_{Rm,c,nom} = k_1 \cdot \sigma_{cp} \cdot b_{w,nom} \cdot d$$

$$\Leftrightarrow \frac{\exp \Delta V_{Rm,c,nom}}{b_{w,nom} \cdot d} = k_1 \cdot \sigma_{cp}$$

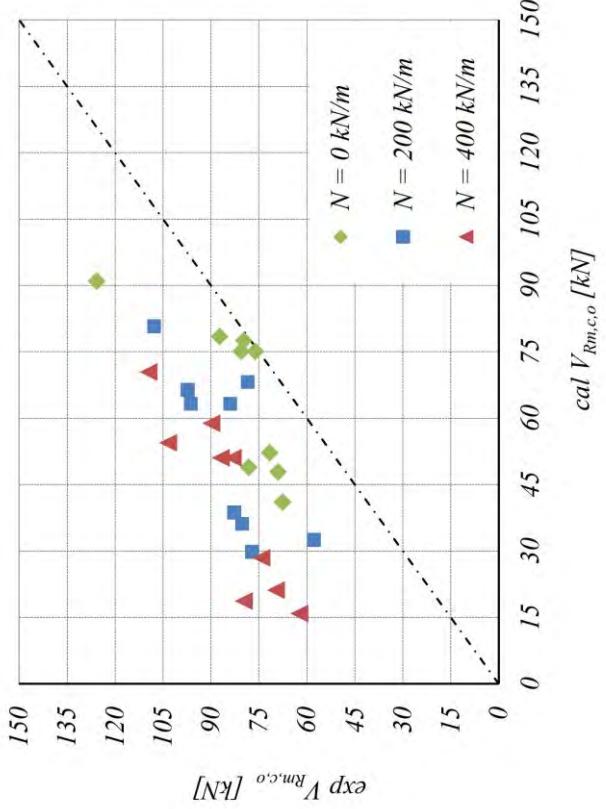
$$\Leftrightarrow \exp \Delta V_{Rm,c,nom} = k_1 \cdot \sigma_{cp}$$

$$\Leftrightarrow \frac{\exp \Delta V_{Rm,c,nom}}{\sigma_{cp}} = k_1$$



## Versuchsergebnisse

- Stahlbetondecken mit integrierten Leitungen unter Längszug
- Längzugspannungen haben im Vergleich zu Massivdecken einen **deutlich geringeren** Einfluss auf die Querkrafttragfähigkeit.
- Der Schubrissverlauf ist unabhängig von den eingeprägten Trennrissen aus dem Gebrauchs- zustand.
- Der Schubrissverlauf wird durch die Öffnungen unmittelbar beeinflusst.



$$cal V_{Rm,c,o} = \left[ k_o \cdot 0,20 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{1ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b \cdot d$$

236

## Versuchsergebnisse

- Stahlbetondecken mit integrierten Leitungen unter Längszug

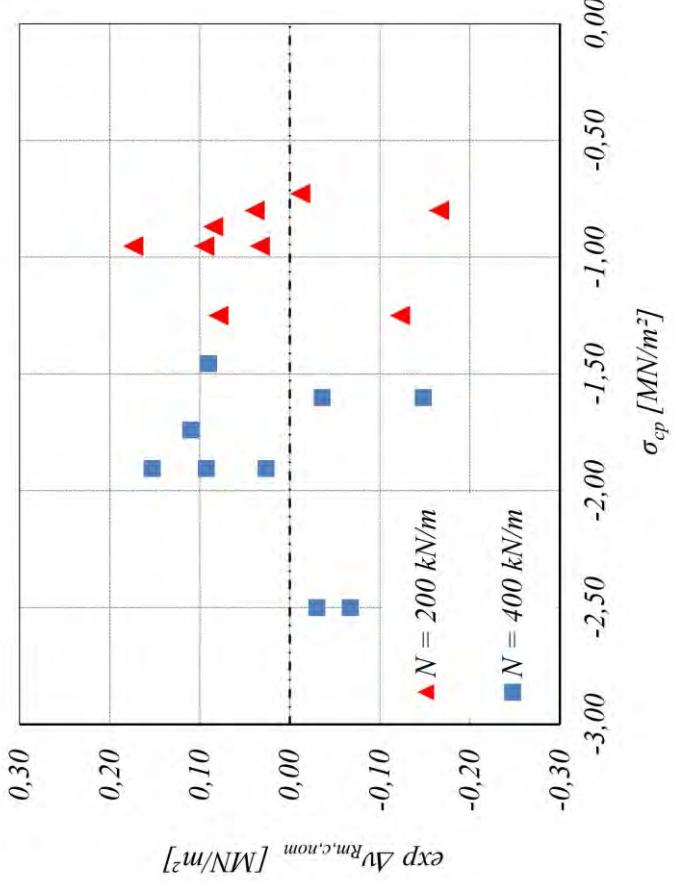
– Reduktion der Querkrafttragfähigkeit infolge Längszug → Bruchschubspannungsdifferenz

$$\exp \Delta V_{Rm,c,nom} = k_1 \cdot \sigma_{cp} \cdot b_{w,nom} \cdot d$$

$$\Leftrightarrow \frac{\exp \Delta V_{Rm,c,nom}}{b_{w,nom} \cdot d} = k_1 \cdot \sigma_{cp}$$

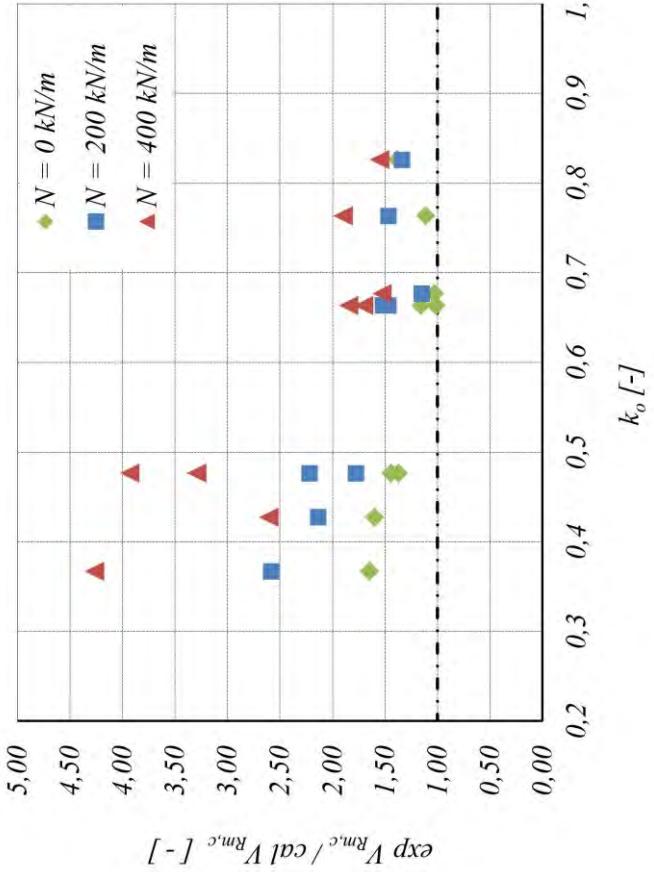
$$\Leftrightarrow \exp \Delta V_{Rm,c,nom} = k_1 \cdot \sigma_{cp}$$

$$\Leftrightarrow \frac{\exp \Delta V_{Rm,c,nom}}{\sigma_{cp}} = k_1$$



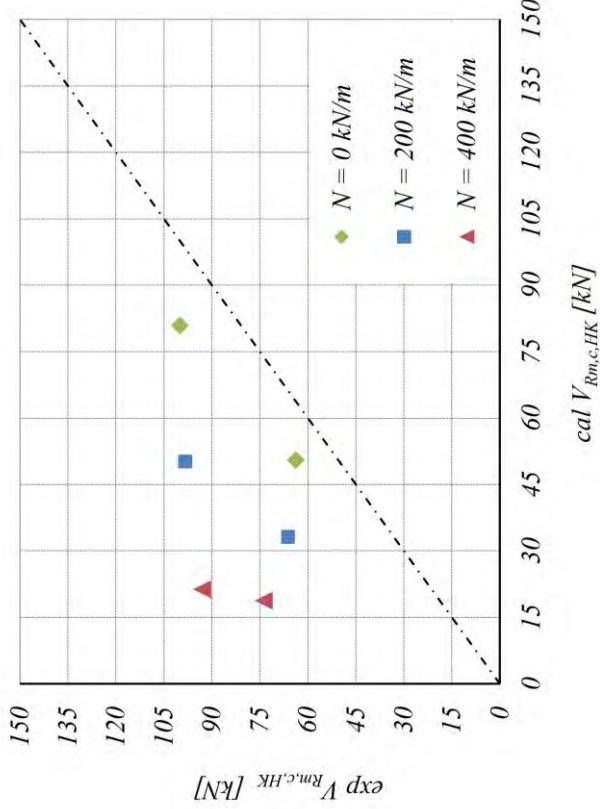
## Versuchsergebnisse

- Stahlbetondecken mit integrierten Leitungen unter Längszug
- Zuverlässigkeit des Bemessungskonzeptes **verringert sich** mit zunehmend ungünstigem Einfluss von Leitungen auf die Querkrafttragfähigkeit
- Zusammenhang zwischen der Bauteilschwächung und dem Einfluss von Längszug auf die Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetondecken **erkennbar**



## Versuchsergebnisse

- Stahlbetondecken mit integrierten Hohlkörpern unter Längszug
- Längzugspannungen haben im Vergleich zu Massivdecken einen **deutlich geringeren** Einfluss auf die Querkrafttragfähigkeit.
- Der Schubrissverlauf ist unabhängig von den eingeprägten Trennrissen aus dem Gebrauchs- zustand.
- Der Schubrissverlauf wird durch die Hohlkörper unmittelbar beeinflusst.



$$cal V_{Rm,c,HK} = \left[ f \cdot 0,20 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{1ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b \cdot d$$

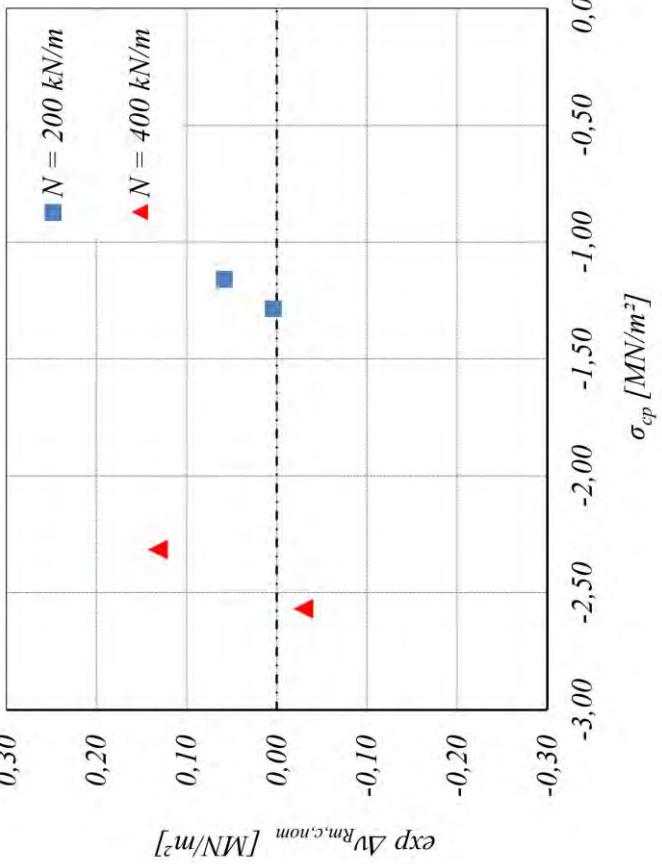
## Versuchsergebnisse

- Stahlbetondecken mit integrierten Hohlkörpern unter Längszug
  - normierte Schubspannungsdifferenz im Bruchzustand

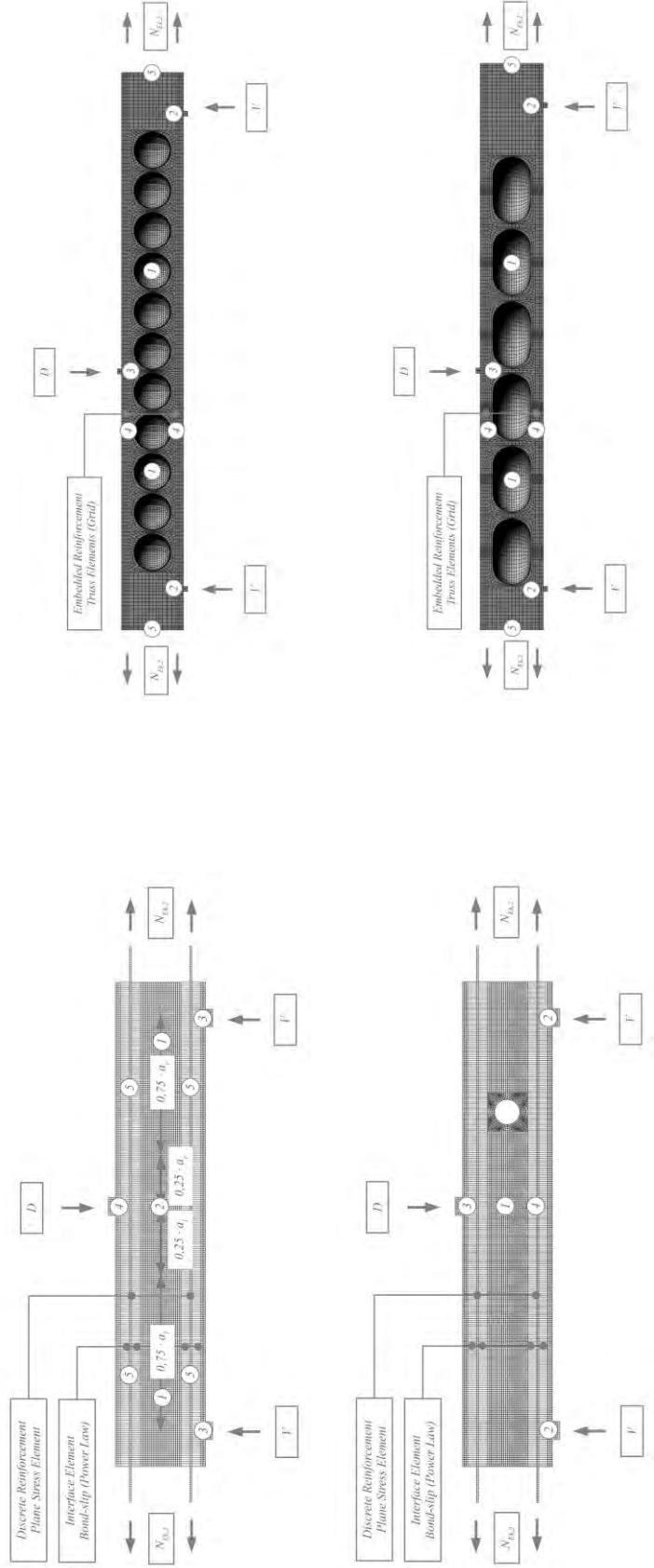
$$\exp V_{Rm,c,nom} = k_1 \cdot \sigma_{cp} \cdot b_{w,nom} \cdot d$$

$$\Leftrightarrow \frac{\exp V_{Rm,c,nom}}{\sigma_{cp} \cdot b_{w,nom} \cdot d} = k_1$$

$$\Leftrightarrow \frac{\exp V_{Rm,c,nom}}{\sigma_{cp}} = k_1$$

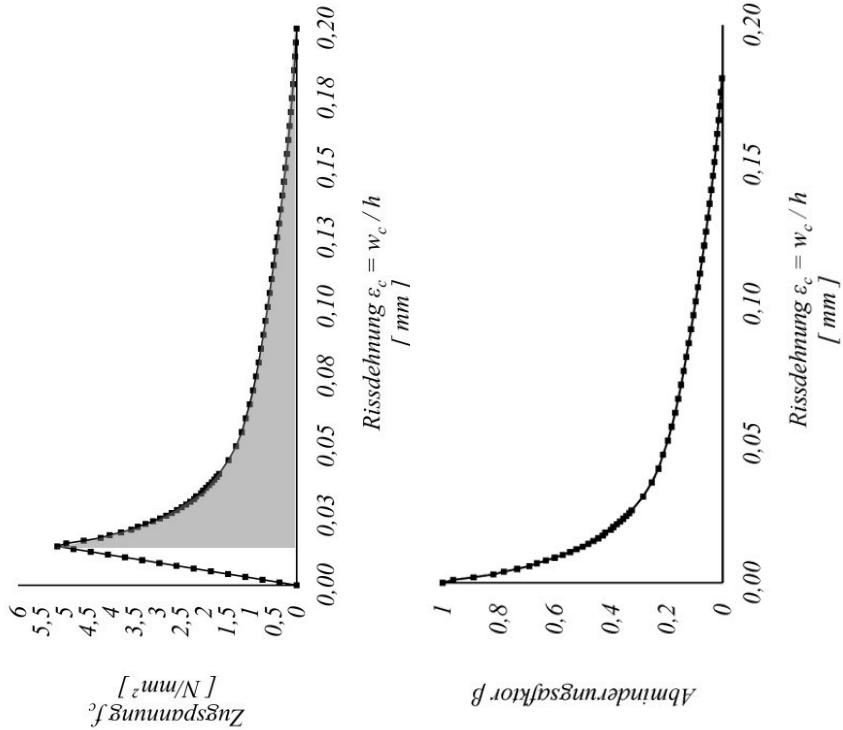


### Finite-Elemente-Modelle



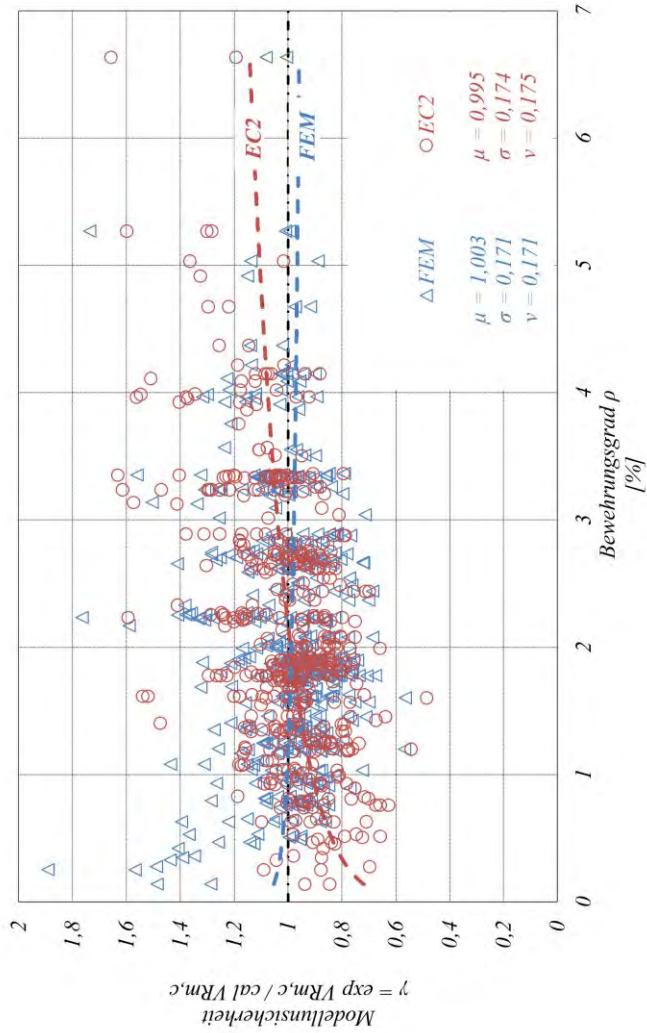
## Finite-Elemente-Modell | Materialmodelle

- Total Strain Crack Model
  - Risse werden als Dehnungen in den Elementen abgebildet → verschmierte Rissbildung
  - Fixed Crack Model vs. Rotating Crack Model
- Realitätsnahe Modellierung des Zugtragverhaltens von Beton nach Rissbildung
  - nichtlineare Entfestigungsfunktion nach Hardijk (Tension Softening)
  - Berechnung der Bruchenergie nach Model Code 2010
- Realitätsnahe Modellierung des Schubtragverhaltens von Beton nach Rissbildung
  - Reduktion des Schubmoduls in Abhängigkeit des Verlustes der Zugtragwirkung (Nonlinear Shear Retention)



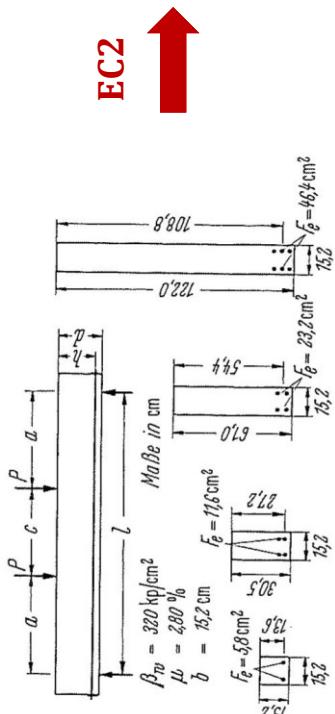
## Modellvalidierung | Schubdatenbank

- Nachrechnung von 506 Querkraftversuchen aus der Schubdatenbank DAfStb Heft 597



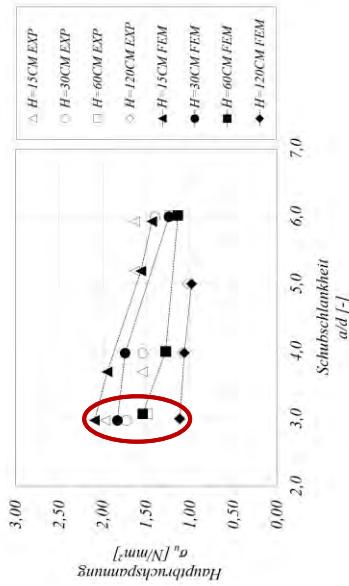
### Modellvalidierung | Maßstabseffekt

- Querkraftversuche von Kani 1968 zum Maßstabseffekt

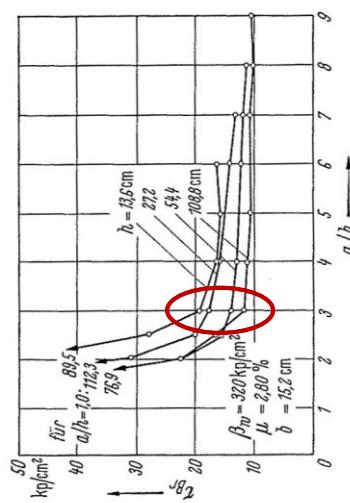


**EC2**

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2$$

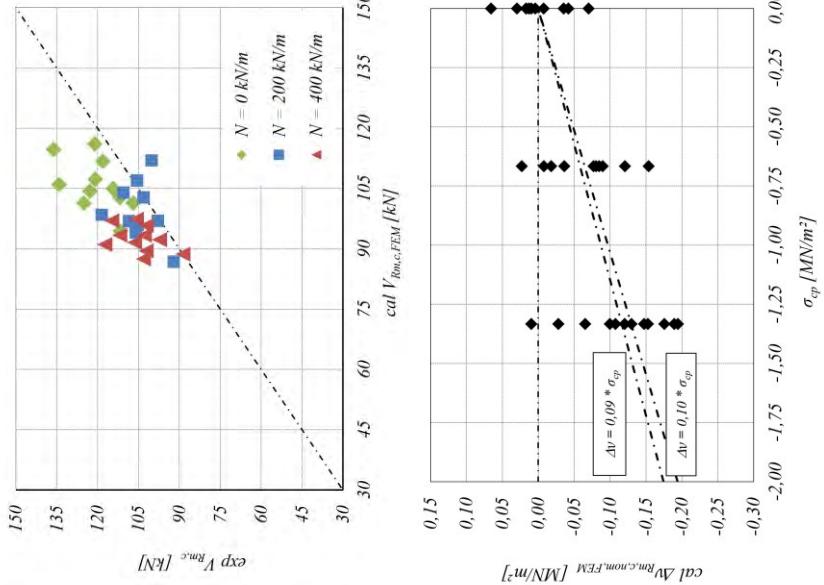


**FEM**



## Finite-Elemente-Simulationen | Versuchsnachrechnung

- Nachrechnung der eigenen Versuche zur Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetondecken ohne Hohlräume unter Längszug
- Der ungünstige Einfluss von Längszugspannungen kann in den Simulationen **bestätigt** werden.
- Die Ergebnisse decken sich grundsätzlich mit den rechnerischen Ansätzen des Bemessungskonzeptes nach DIN EN 1992-1-1/NA.



- Ein nichtlinearer Zusammenhang zwischen der Reduktion der Querkrafttragfähigkeit infolge Längszug und der Längszugspannung kann **nicht bestätigt** werden.

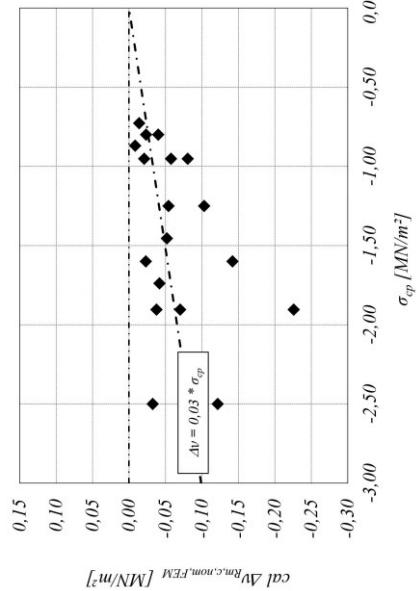
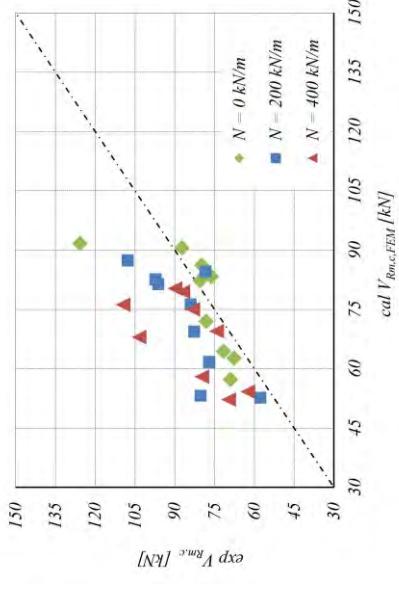
## Finite-Elemente-Simulationen | Versuchsnachrechnung

- Nachrechnung der eigenen Versuche zur Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetondecken mit integrierten Leitungen unter Längszug

- Der **deutlich geringere** Einfluss von Längszugspannungen auf die Querkrafttragfähigkeit kann in den Simulationen bestätigt werden.

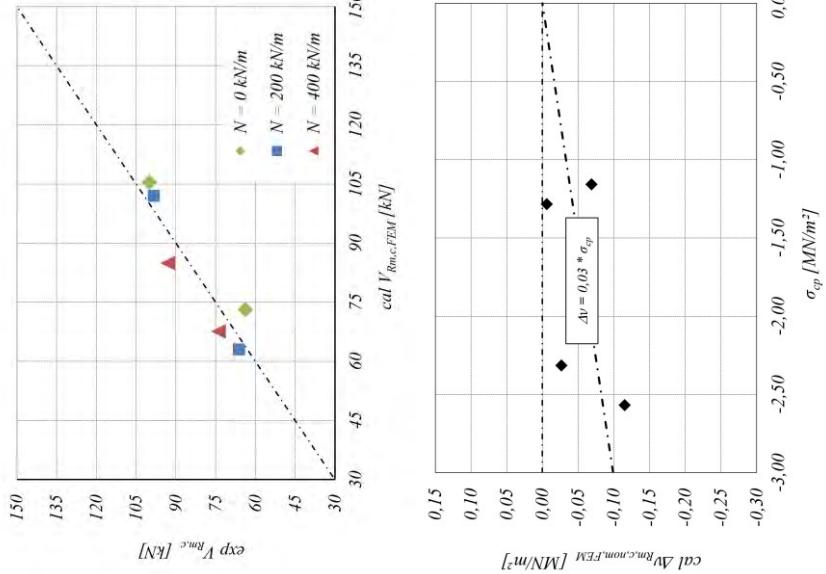
– Vereinzelte, experimentell festgestellte Traglaststeigerungen können **nicht bestätigt** werden.

- Die Simulationen zeigen eine **deutlich bessere** Übereinstimmung mit den Versuchen als das Bemessungskonzept nach DIN EN 1992-1-1/NA und DAfStb Heft 600.



## Finite-Elemente-Simulationen | Versuchsnachrechnung

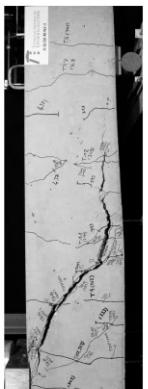
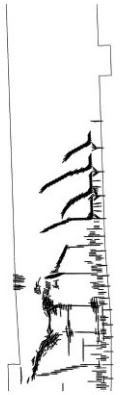
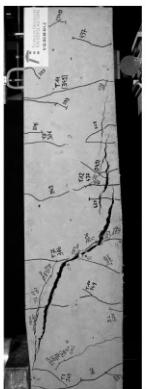
- Nachrechnung der eigenen Versuche zur Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetondecken mit integrierten Hohlkörpern unter Längszug
  - Der **deutlich geringere** Einfluss von Längszugspannungen auf die Querkrafttragfähigkeit kann in den Simulationen bestätigt werden.
  - Vereinzelte, experimentell festgestellte Traglaststeigerungen können **nicht** bestätigt werden.
  - Die Simulationen zeigen eine **deutlich bessere** Übereinstimmung mit den Versuchsergebnissen als das Bemessungskonzept nach den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen.



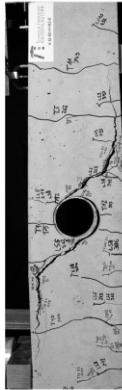
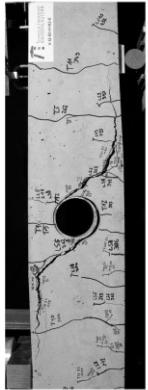
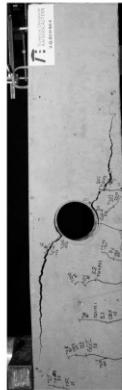
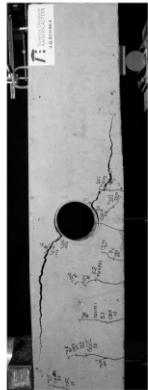
### Finite-Elemente-Simulationen | Versuchsnachrechnung

- Nachrechnung der eigenen Versuche zur Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetondecken mit integrierten Hohlräumen unter Längszug

#### Stahlbetondecken ohne Hohlräume



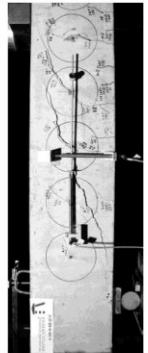
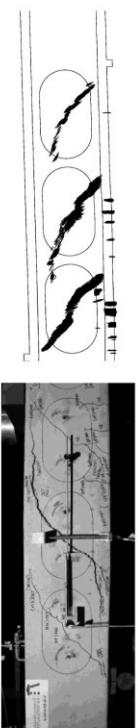
#### Stahlbetondecken mit integrierten Leitungen



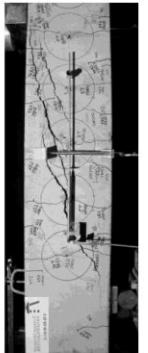
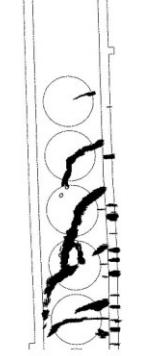
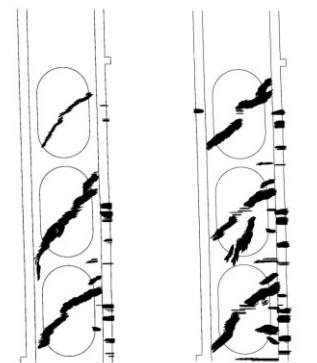
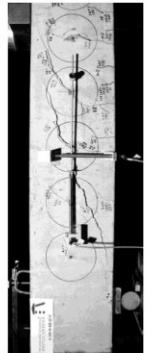
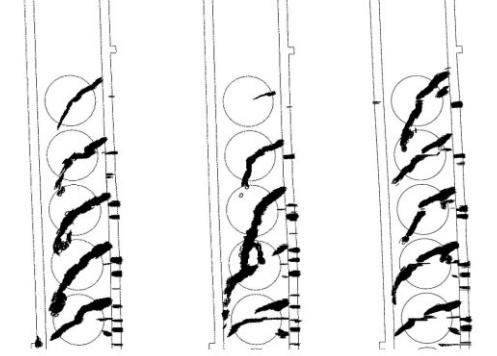
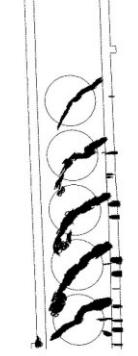
### Finite-Elemente-Simulationen | Versuchsnachrechnung

- Nachrechnung der eigenen Versuche zur Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetondecken mit integrierten Hohlräumen unter Längszug

Stahlbetondecken mit integrierten Hohlkörpern (Typ Cobiax Eco-Line)

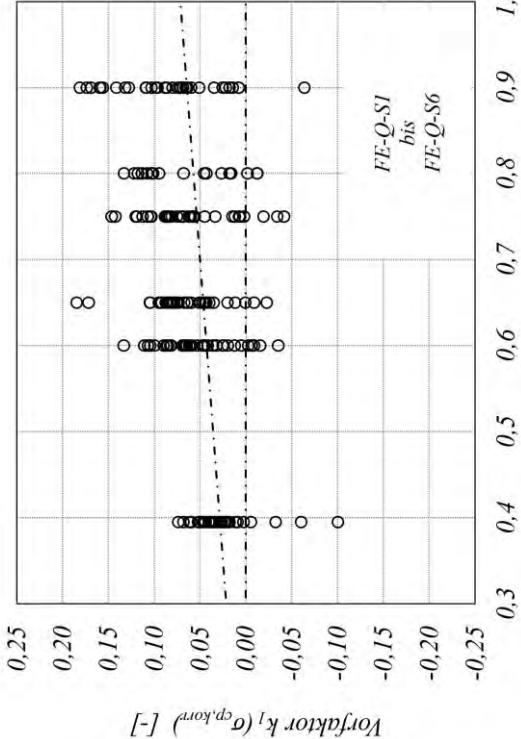


Stahlbetondecken mit integrierten Hohlkörpern (Typ Cobiax Slim-Line)



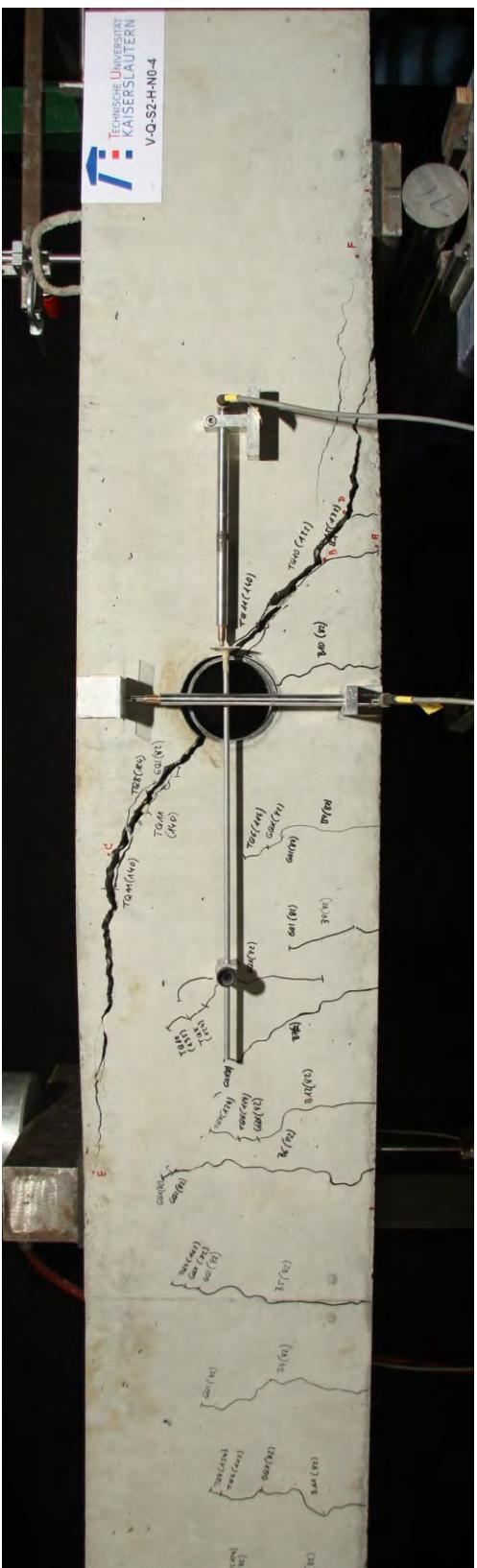
## Finite-Elemente-Simulationen | Parameterstudie

- Numerische Parameterstudie zur Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetondecken mit integrierten Hohlräumen unter Längszug
- 6 FE-Serien (6 Hohlräumvarianten)
- 324 FE-Simulationen
- Parameter
  - Bauteilhöhe, Betonfestigkeit, Längsbewehrungsgrad, Leitungsöffnung bzw. Hohlkörper, Längszugsspannung
- Ergebnisse



Es existiert ein Zusammenhang zwischen dem Einfluss von Hohlräumen und dem Einfluss von Längszug auf die Querkrafttragfähigkeit.

	FE-Q-S1	FE-Q-S2	FE-Q-S3	FE-Q-S4	FE-Q-S5	FE-Q-S6
$k_o$	0,80	0,90	0,65	0,75	0,60	0,40
$\exp k_1$	0,06	0,08	0,07	0,07	0,06	0,03



Querkraftabtrag im gerissenen Bauteil über

- $V_c$  = die ungerissene Biegedruckzone
- $V_r$  = die Rissreibung parallel und die Zugtragfähigkeit normal zum Schrägriss
- $V_d$  = die Verdübelungswirkung der Biegezugbewehrung

## Aktuelle Bemessungskonzepte

- Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetondecken ohne Querkraftbewehrung nach DIN EN 1992-1-1
- Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetondecken ohne Querkraftbewehrung **mit integrierten Leitungen** nach DIN EN 1992-1-1 **und DAfStb Heft 600**
- Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetondecken ohne Querkraftbewehrung **mit integrierten Hohlkörpern** nach DIN EN 1992-1-1 **und DAfStb Heft 600**

$$V_{Rd,c} = \left[ C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

mit  $k_1 = 0,12$  (NDP)

$$V_{Rd,c,o} = \left[ \kappa_o \cdot C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

mit  $k_1 = 0,12$  (NDP) und  $\kappa_o \leq 1,0$  nach DAfStb Heft 600

- Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetondecken ohne Querkraftbewehrung **mit integrierten Hohlkörpern** nach allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen

$$V_{Rd,c,HK} = f \cdot \left[ C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \right] \cdot b_w \cdot d$$

mit  $f \leq 0,50$  nach allg. bauaufsichtlichen Zulassungen

## Bemessungsvorschläge

- Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetondecken ohne Querkraftbewehrung nach DIN EN 1992-1-1

$$V_{Rd,c} = \left[ C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

mit  $k_1 = 0,15$

- Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetondecken ohne Querkraftbewehrung **mit integrierten Leitungen** nach DIN EN 1992-1-1 **und DAfStb Heft 600**

$$V_{Rd,c,o} = \kappa_o \cdot \left[ C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

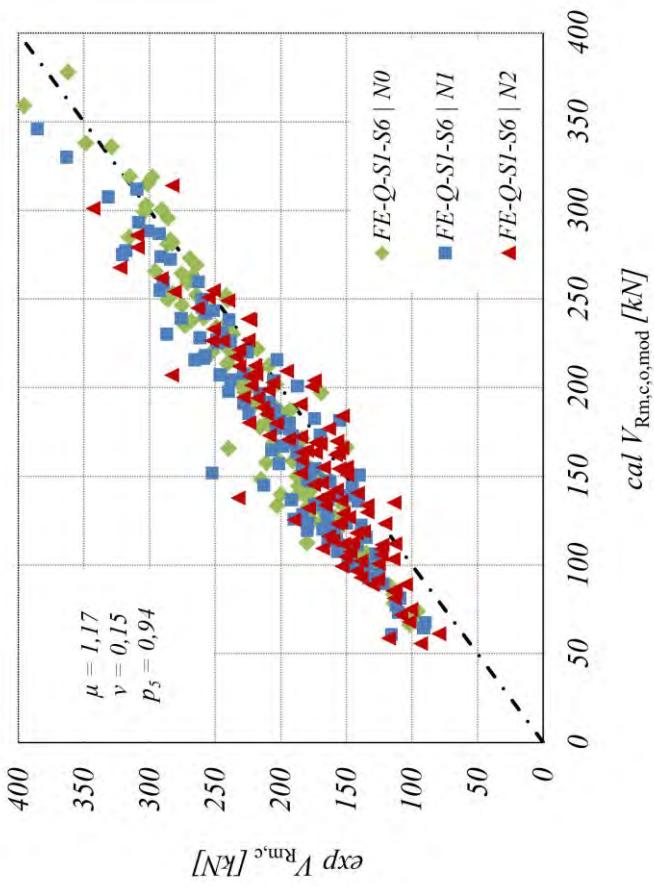
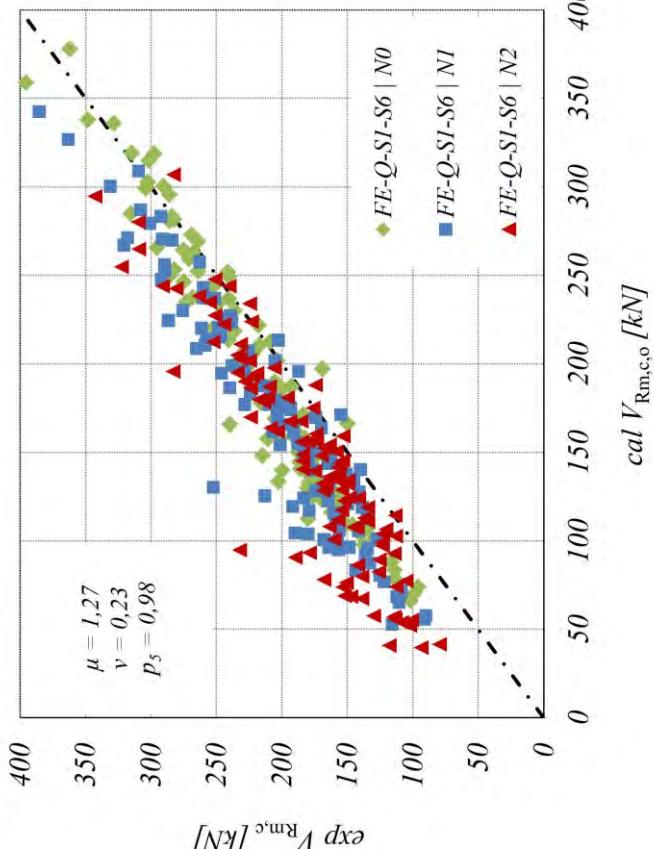
mit  $k_1 = 0,15$  und  $\kappa_o \leq 1,0$  nach DAfStb Heft 600

- Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetondecken ohne Querkraftbewehrung **mit integrierten Hohlkörpern** nach allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen

$$V_{Rd,c,HK} = f \cdot \left[ C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + \kappa_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

mit  $f \leq 0,50$  nach allg. bauaufsichtlichen Zulassungen

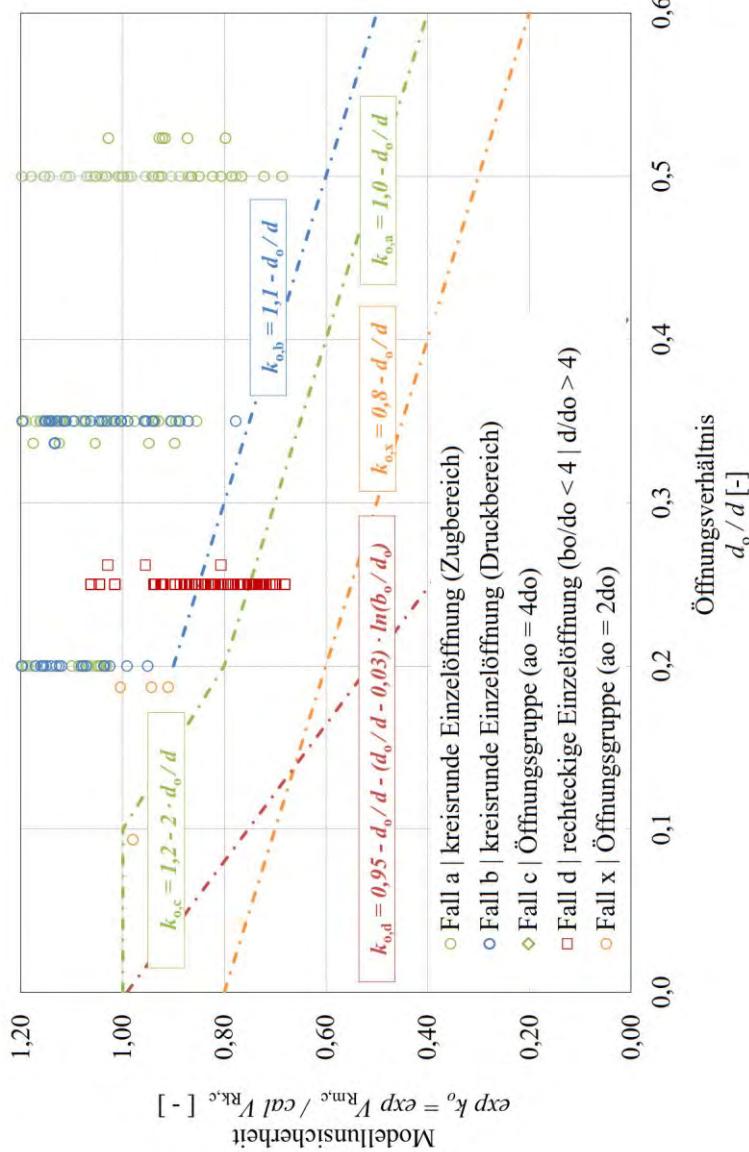
## Vergleich der bestehenden Bemessungskonzepte mit den Bemessungsvorschlägen anhand der FE-Parameterstudie



## Aktuelle Bemessungskonzepte

## Vorgeschlagene Bemessungskonzepte

### Modellunsicherheit des modifizierten Bemessungskonzeptes für Stahlbetondecken mit integrierten Leitungen mit und ohne Längszug



**255**

- [1] Thiele, C.: Zum Tragverhalten von Stahlbetonplatten ohne Querkraftbewehrung mit integrierten Leitungsführungen. Dissertation, TU Kaiserslautern 2010.
- [2] Schnell, J.; Thiele, C.: Zum Tragverhalten von Stahlbetonplatten mit integrierten Elektroleerrohren. Forschungsbericht, TU Kaiserslautern, Fachgebiet Massivbau und Baukonstruktion, 2010.
- [3] Schnell, J.; Thiele, C.: Bemessung von Stahlbetondecken ohne Querkraftbewehrung mit integrierten Leitungsführungen, in: DIBt Mitteilungen 42, Heft 4, 2011, S. 119–123.
- [4] Schnell, J.; Albert, A., Eilers, S.: Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetondecken mit integrierten Hohlräumen unter Längszug. TU Kaiserslautern, Fachgebiet Massivbau und Baukonstruktion. Bauforschungsbericht, TU Kaiserslautern 2016.
- [5] Eilers, S.: Zur Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetondecken mit integrierten Hohlräumen unter Zugbeanspruchung. TU Kaiserslautern, Fachgebiet Massivbau und Baukonstruktion. Dissertation, TU Kaiserslautern 2023.

# **Plug and Play: Schwimmender Schiffsanleger (Jetty)**

**100 Meter langer Ponton aus Beton und Stahl  
im Hafen Godorf**

**Dr.-Ing. Tuchlinski**

Tuchlinski – Trippel – Neff Ingenieurgesellschaft mbH, Köln

**Dr.-Ing. Günter Tranel**

Eriksen und Partner GmbH, Planen und Beraten im Bauwesen,  
Oldenburg

# 31. BAUTECHNISCHES SEMINAR NRW RATINGEN

## Plug and Play im Hafen Godorf - Ponton aus Stahlbeton



© Hermann Kassens Bauunternehmung GmbH

Dr.-Ing. Günter Tranel  
Ingenieurgemeinschaft Eriksen GbR

Dr.-Ing. Dirk Tuchlinski  
Tuchlinski – Trippel – Neff  
GmbH

1

# 31. BAUTECHNISCHES SEMINAR NRW RATINGEN

---

## Gliederung

1. Bestands situation und Ersatzplanung
2. Idee eines schwimmenden Pontons
3. Herausforderung Planung Stahlbetonponton mit Vorfertigung in Papenburg
4. Highlights der Ausführung in Stahlbauweise
5. Ausrüstung in Wesel
6. Plug and Play - Anreise und Montage vor Ort

---

2	Dr.-Ing. Günter Tranel Ingenieurgemeinschaft Eriksen GbR	Dr.-Ing. Dirk Tuchlinski Tuchlinski – Trippel – Neff GmbH	Dipl.-Ing. Finn von Reeken Eriksen und Partner GmbH
---	---	---	--

# 1. BESTANDSSITUATION UND ERSATZPLANUNG

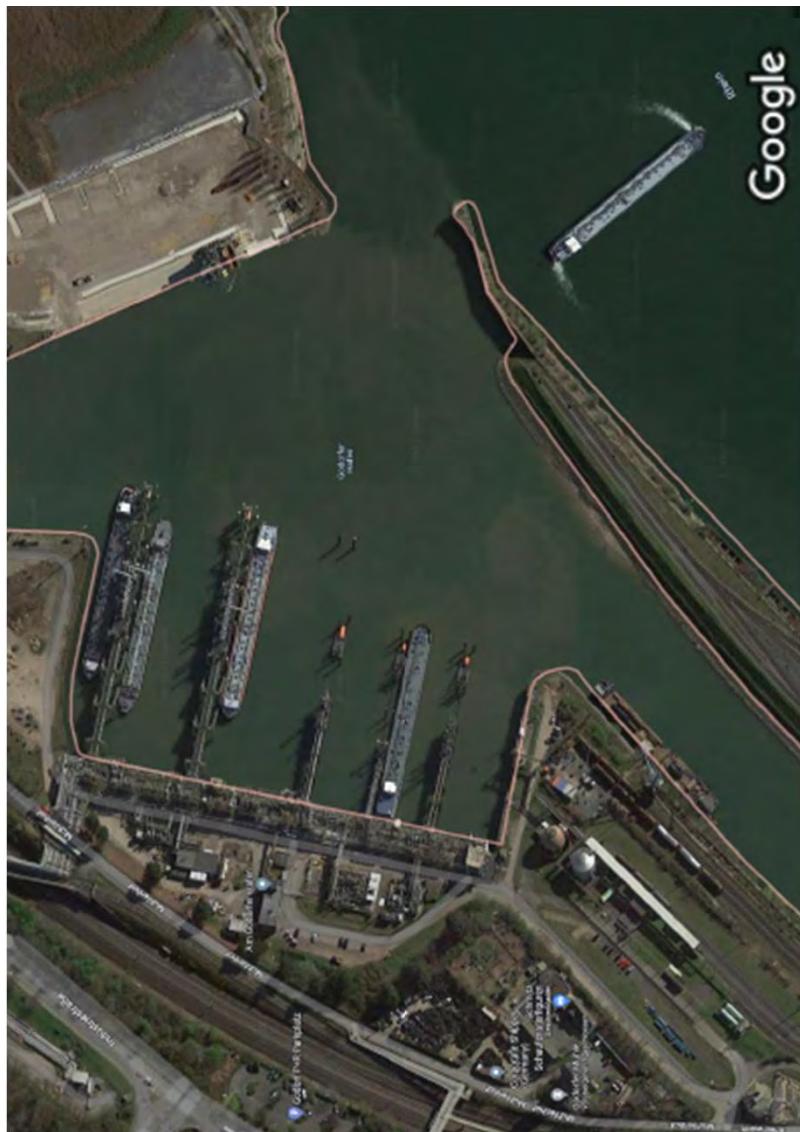
---

Jetty = Anleger zur Verladung von Mineralölprodukten

Im Hafen Godorf ist der 3. Anleger auszutauschen

Klassisch Anleger als aufgeständerte Konstruktion

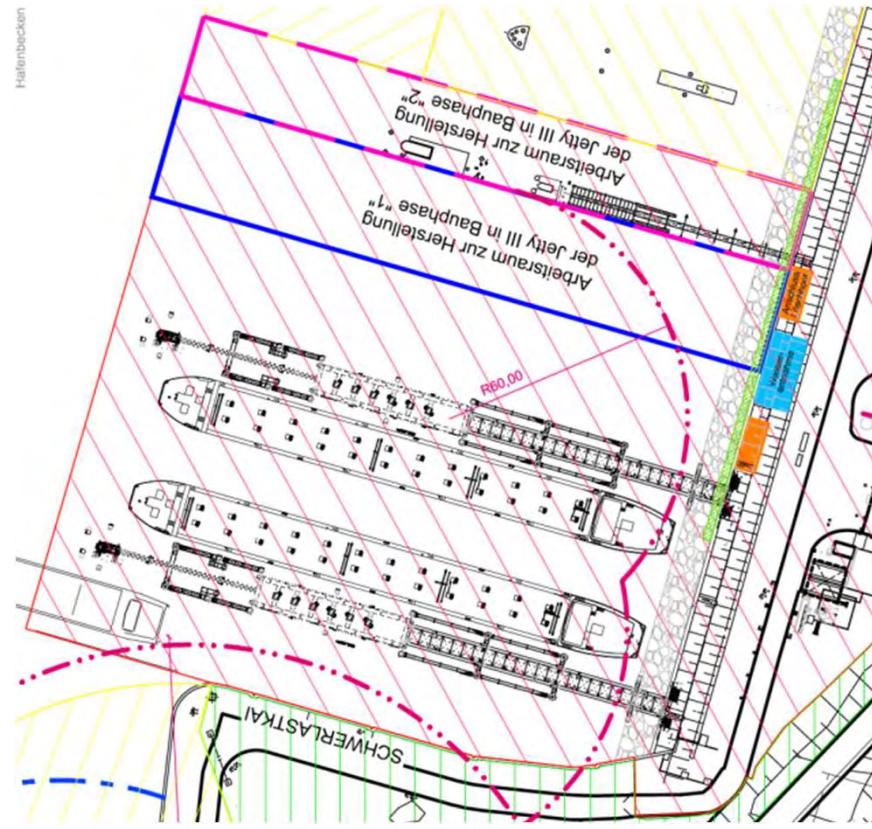
Verladearme auf einer festen Höhe – senkrechter Arbeitsbereich extrem



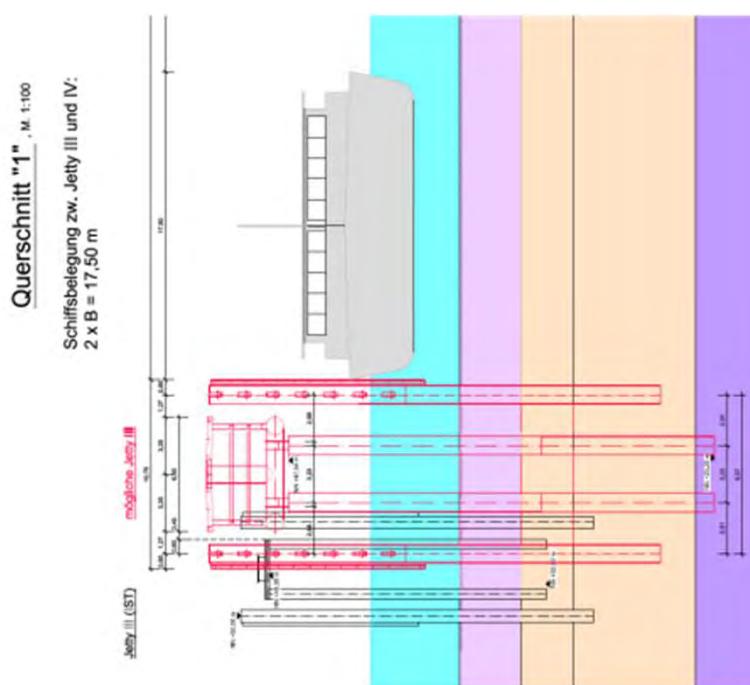
# 1. BESTANDSSITUATION UND ERSATZPLANUNG

Für die Errichtung vor Ort Platz gering

Teilrückbau notwendig – 2 Bauabschnitte



Planauszüge Ausschreibungsentwurf Shell/Fichtner



Dr.-Ing. Günter Tranel  
Ingenieurgemeinschaft Eriksen GbR

Dr.-Ing. Dirk Tuchlinski  
Tuchlinski – Trippel – Neff  
GmbH

Dipl.-Ing. Finn von Reeken  
Eriksen und Partner GmbH

## 2. IDEE EINES SCHWIMMENDEN PONTONS

### Alternativlösung Fa. Kassens Bau, Papenburg

Ponton mit Zugangsbrücke und Verladearmen

Stahlbetonponton  $100 \times 9,60 \times 3,70$  m

Fertigung im Trockendock in Papenburg

Teilausrüstung in Papenburg

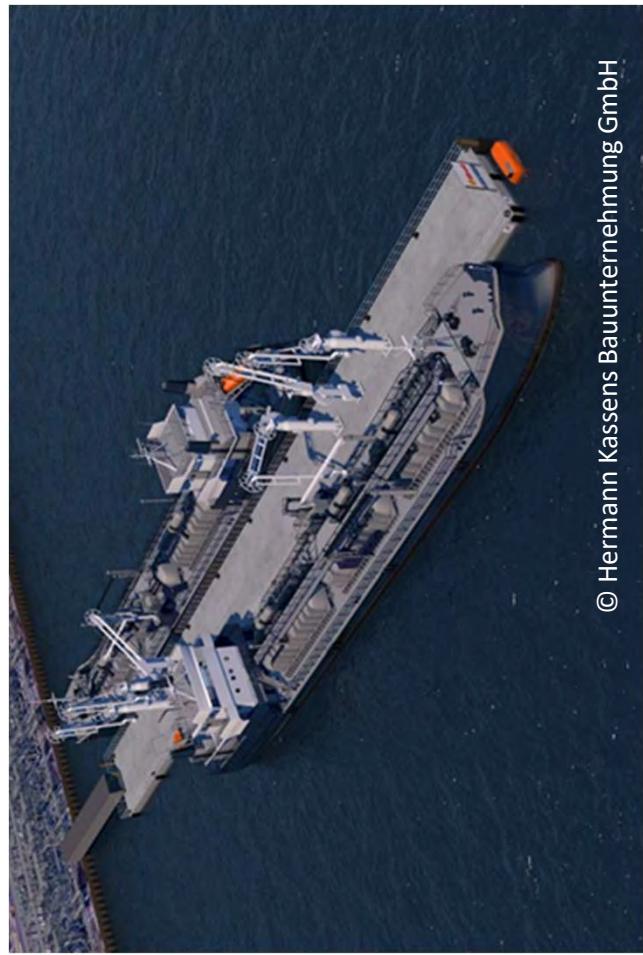
Transport über Ems - Dollart und Kanäle (NL)  
zum Rhein

Endausrüstung in Wesel

Vorbereitungen im Hafen Godorf

- Dalben setzen
- Landanbindung schaffen

Schwimmenden Anleger vor Ort anschließen



© Hermann Kassens Bauunternehmung GmbH

Erste Animation schwimmende Lösung

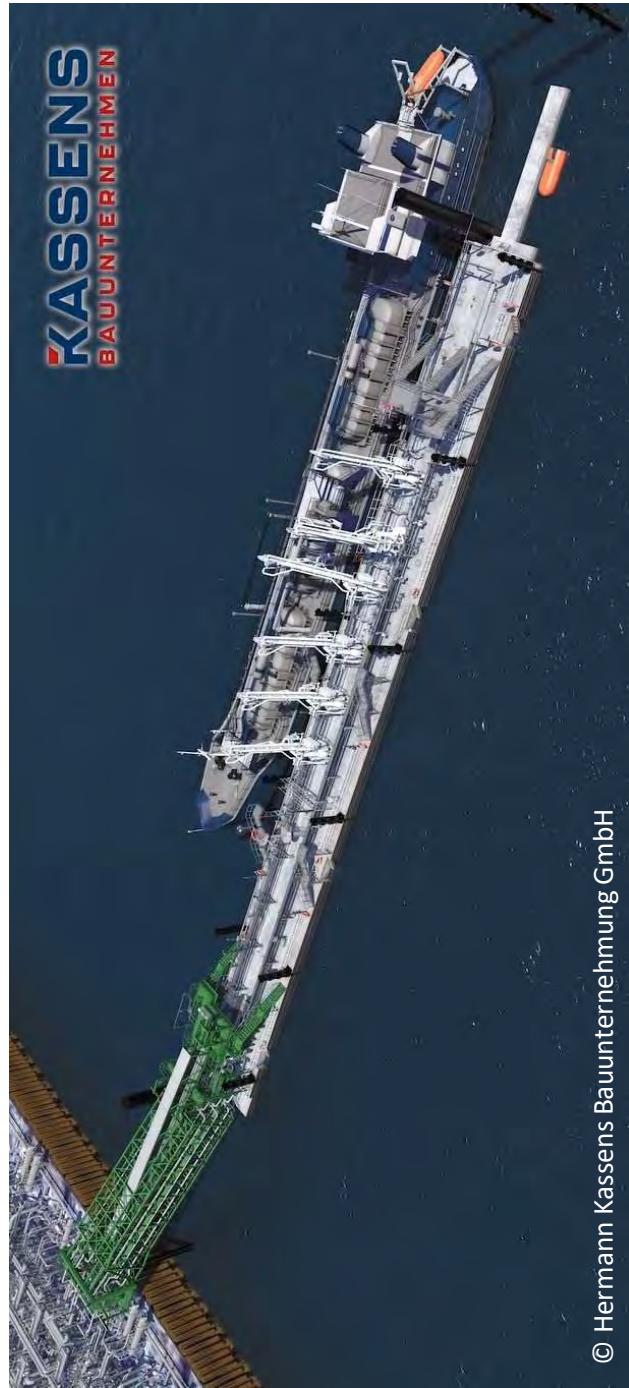
Dr.-Ing. Günter Tranel Ingenieurgemeinschaft Eriksen GbR	Dr.-Ing. Dirk Tuchlinski Tuchlinski – Trippel – Neff GmbH	Dipl.-Ing. Finn von Reeken Eriksen und Partner GmbH
---	---	--

## 2. IDEE EINER SCHWIMMENDEN ANLAGE

---

### Vorteile der Lösung

- Geringere Höhenunterschiede Schiff – Jetty
- Erleichterung Auslegung Verladearme
- Wenige Gründungselemente einzubauen
- Verkürzte Bauzeit im Hafen > Längere Nutzung Bestand
- Weniger Betriebsunterbrechungen im Hafen – wenig kritische Arbeiten (Schweißen etc.)
- Plug and Play – fertig erprobten Jetty vor Ort anschließen
- Abbruch Alt-Jetty 3 erst nach Inbetriebnahme



© Hermann Kassens Bauunternehmung GmbH

Dr.-Ing. Dirk Tuchlinski  
Tuchlinski – Trippel – Neff  
Ingenieurgemeinschaft Eriksen GbR

Dr.-Ing. Finn von Reeken  
Tuchlinski – Trippel – Neff  
GmbH

Dipl.-Ing. Finn von Reeken  
Eriksen und Partner GmbH

### **3. HERAUSFORDERUNGEN SCHWIMMKÖRPER AUS BETON**

---

Dr.-Ing. Dirk Tuchlinski  
Prüfingenieur für Baustatik  
Tuchlinski – Trippel – Neff GmbH  
Stolberger Straße 114a  
50933 Köln

---

7	Dr.-Ing. Günter Tranel Ingenieurgemeinschaft Eriksen GbR	Dr.-Ing. Dirk Tuchlinski Tuchlinski – Trippel – Neff GmbH	Dipl.-Ing. Finn von Reeken Eriksen und Partner GmbH
---	---	---	--

### 3. HERAUSFORDERUNGEN SCHWIMMKÖRPER AUS BETON

---



© Hermann Kassens Bauunternehmung GmbH

Bild zeigt den Ponton auf dem Weg zum Bestimmungshafen

- Höchstmögliche Vorfertigung
- Gesamter Schiffsrumpf: Stahlbetonkonstruktion

### 3. HERAUSFORDERUNGEN SCHWIMMKÖRPER AUS BETON

---

#### Gliederung

- Vorstellung Stahlbetonkonstruktion
- Ermittlung Eintauchtiefe und Freibord
- Besondere Lastfälle
  - Aufsetzen bei Niedrigstwasser
  - Verladearme auf „Stützen“ im KG
- Poller
- Krängung
- Betonage bei der Meyer Werft
- Vorfertigung Halbfertigteil Deckenplatten
- Fazit

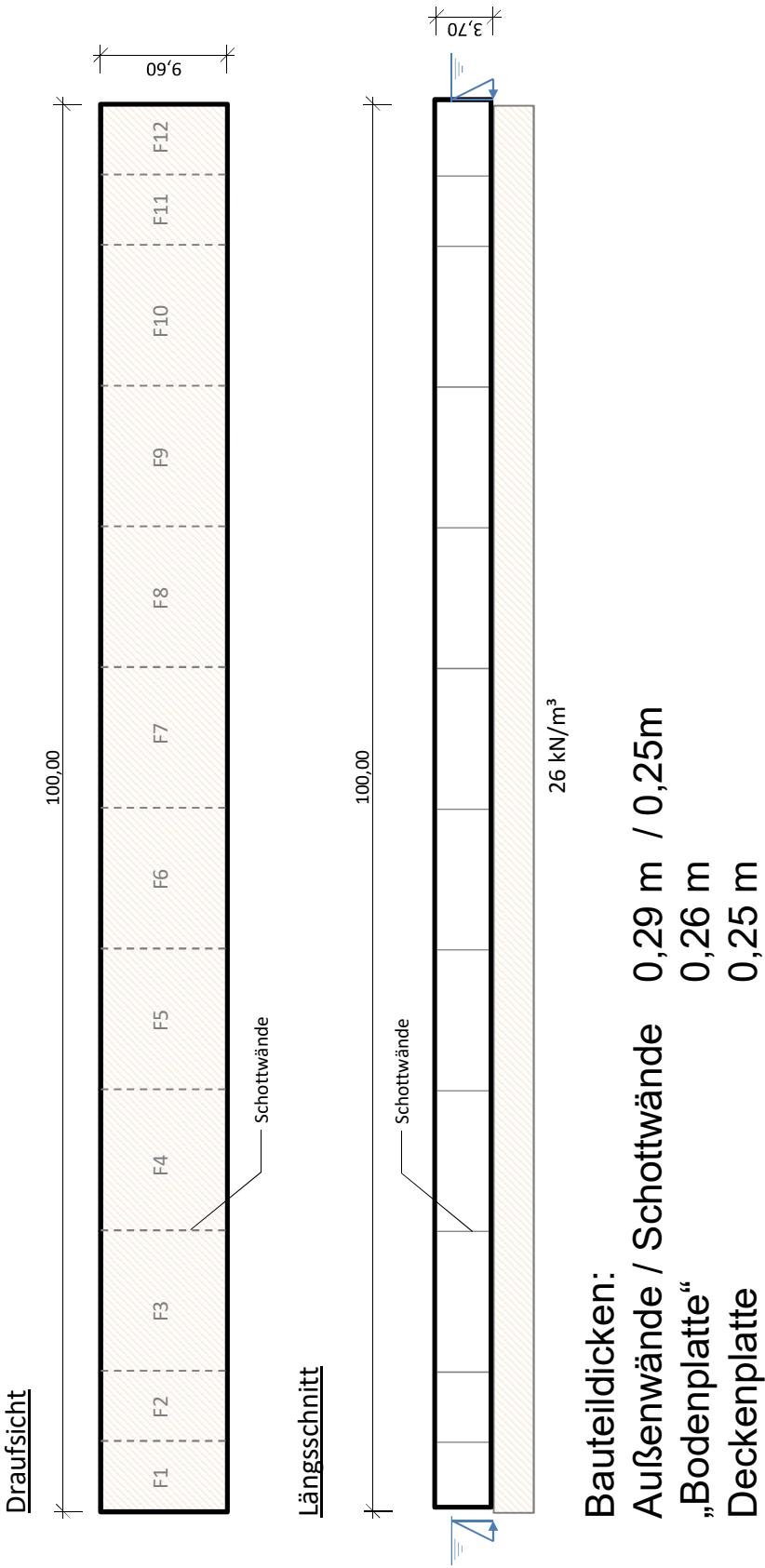


© Hermann Kassens Bauunternehmung GmbH

### 3. HERAUSFORDERUNGEN SCHWIMMKÖRPER AUS BETON

#### Vorstellung Konstruktion

- Unterteilung durch Schottwände (Havarie, Stabilität)
- Erste (F1, F2) ; letzte Kammer (F11, F12) kleiner wg. Haverie



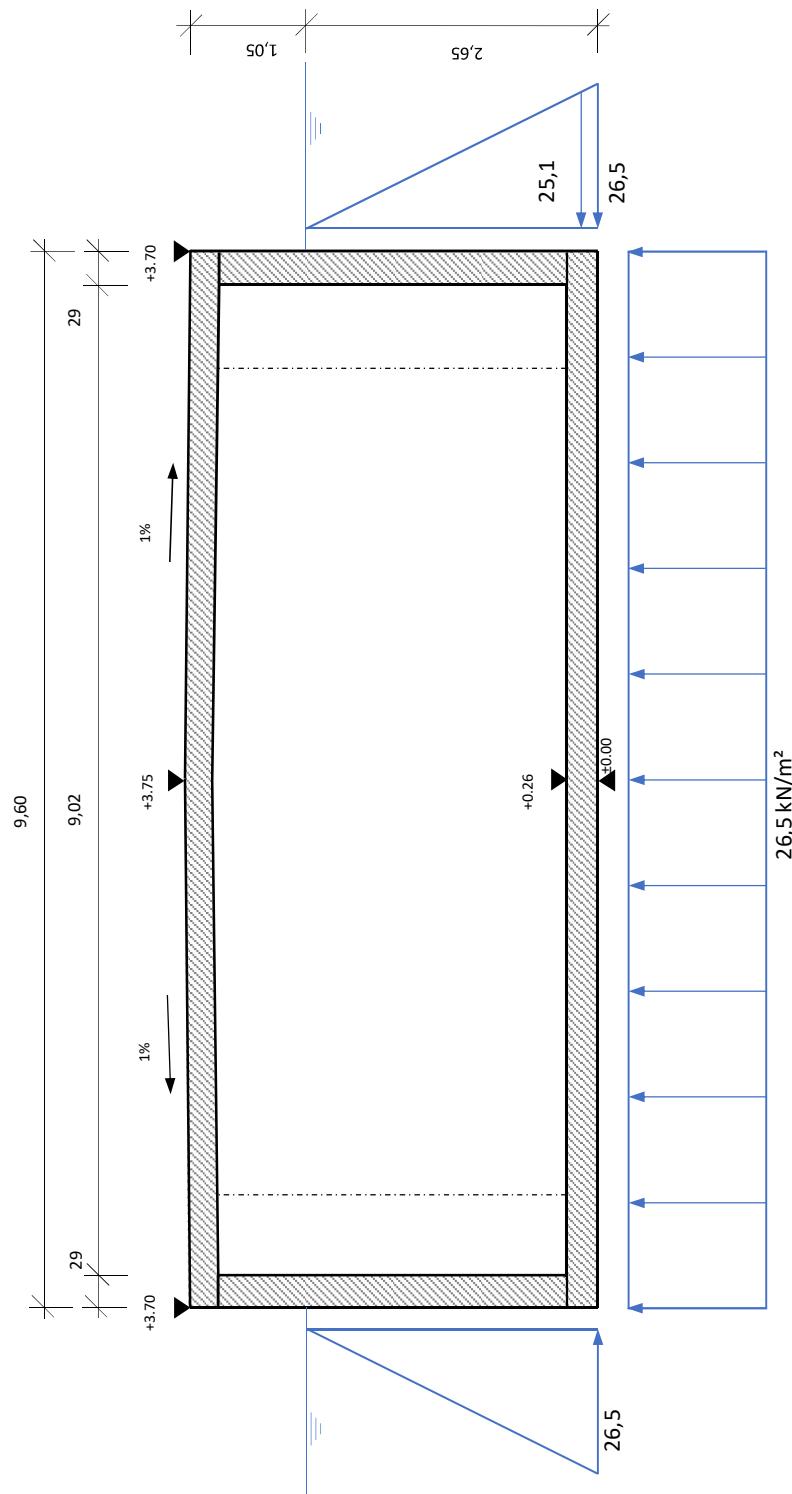
Bauteildicken:  
Außenwände / Schottwände 0,29 m / 0,25m  
„Bodenplatte“ 0,26 m  
Deckenplatte 0,25 m

### 3. HERAUSFORDERUNGEN SCHWIMMKÖRPER AUS BETON

#### Schwimmt das Schiff ?; Ermittlung der Eintauchtiefe und Freibord

Eigengewicht (Beton):       $G = 2.064 \text{ to}$   
Stahlkonstr. , sonst. Lasten:     $Q = 480 \text{ to}$

$$t = \frac{2.064 \text{ to} + 480 \text{ to}}{100m \times 9,6m \times 1 \text{ to}/m^3} = 2,65\text{m}$$



### 3. HERAUSFORDERUNGEN SCHWIMMKÖRPER AUS BETON

---

#### Lastfälle mit „besonderen“ Lasten (Auswahl):

1. Teilweises Aufsetzen des Schiffes bei Niedrigstwasser auf Schlick
2. Verladearme mit Lastweiterleitung
3. Anlegemanöver, Pollerzug, Wind auf Schiffe
4. Zug- und Drucklasten beim Schleppen zu den Häfen
5. Verkehrslasten und Ausbaulasten
6. Havariefälle (Schiffsanprall)
7. Defekte Kammer
8. Temperaturlastfälle



© Tuchlinski-Trippel-Neff GmbH

Foto aus dem Schiffsrumpf mit Stahlbetonstützen unterhalb der Verladearme!



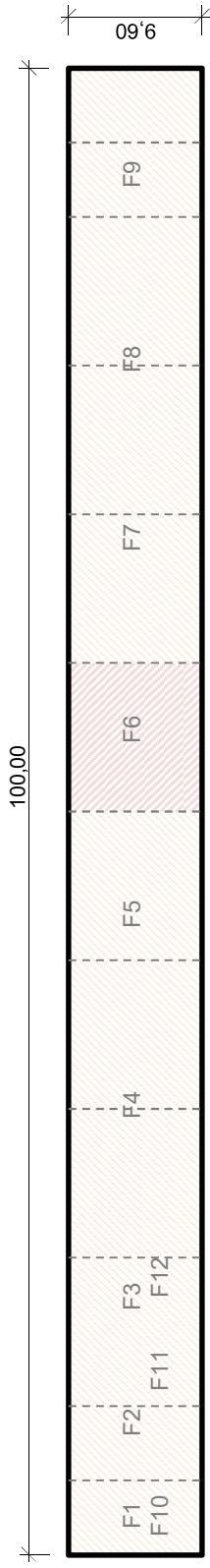
© Tuchlinski-Trippel-Neff GmbH  
Dr.-Ing. Dirk Tuchlinski  
Tuchlinski – Trippel – Neff  
GmbH  
Dr.-Ing. Günter Tranel  
Ingenieurgemeinschaft Eriksen GbR  
12

Dipl.-Ing. Finn von Reeken  
Eriksen und Partner GmbH

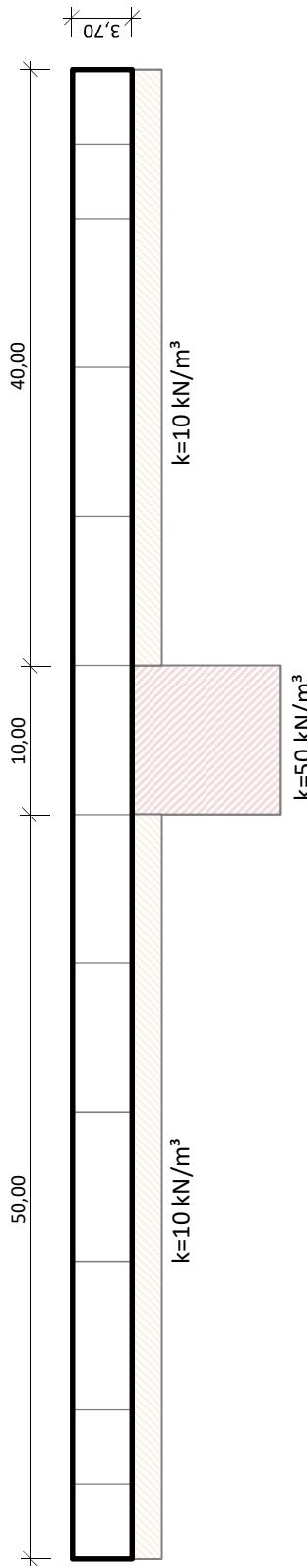
### 3. HERAUSFORDERUNGEN SCHWIMMKÖRPER AUS BETON

---

#### Schllickansammlung (Aufsetzen des Schiffes) bei Niedrigwasser



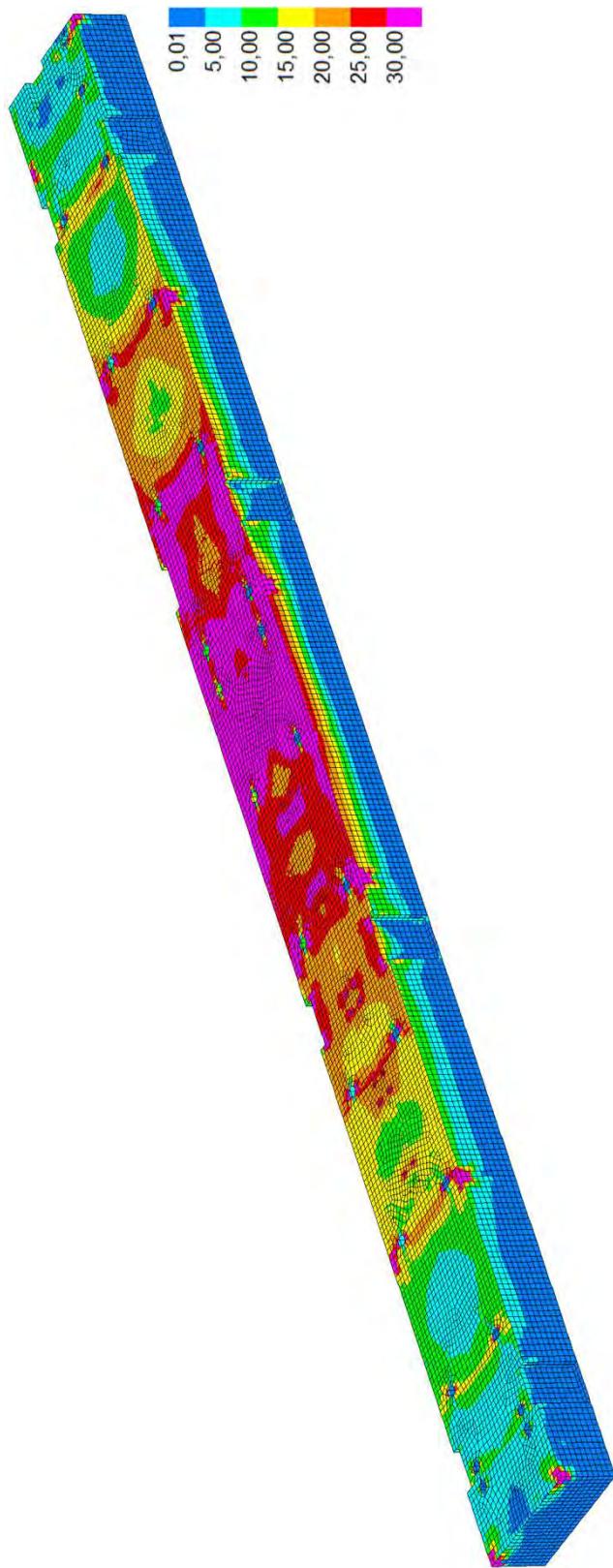
#### Simulation durch erhöhten Bettungsmodul



### 3. HERAUSFORDERUNGEN SCHWIMMKÖRPER AUS BETON

---

- Pontonmitte mit erhöhtem Bettungsmodul in Feldmitte
- Einfluss auf die Bewehrung



Erforderliche Biegezugbewehrung in Längsrichtung:

Erforderliche Schubbewehrung Regelbereich (Zugsspannung Deckenplatte):  
In Randbereichen deutlich mehr Schubbewehrung

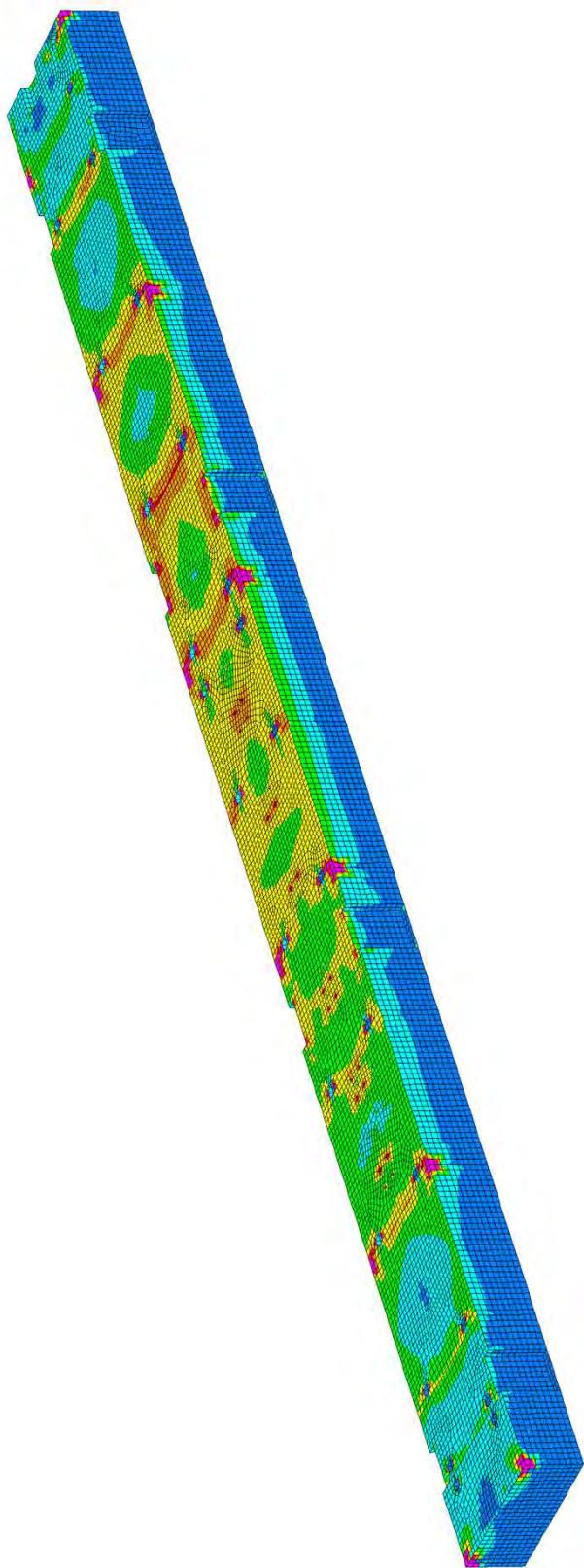
$$a_{s,Längs (o)} \approx 40 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$a_{s,w} \approx 5 - 10 \text{ cm}^2/\text{m}^2$$

### 3. HERAUSFORDERUNGEN SCHWIMMKÖRPER AUS BETON

---

Vergleich: gleichmäßige Bettung ( $10\text{ kN/m}^3$ )



Erforderliche Biegezugbewehrung in Längsrichtung:

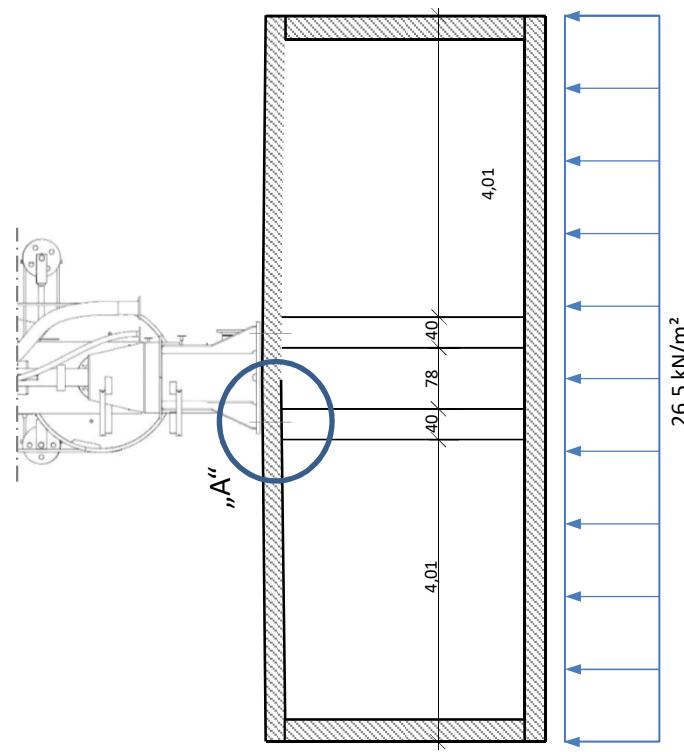
$$a_{s,Längs(o)} \approx 20 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Erforderliche Schubbewehrung  
(Regelbereich)

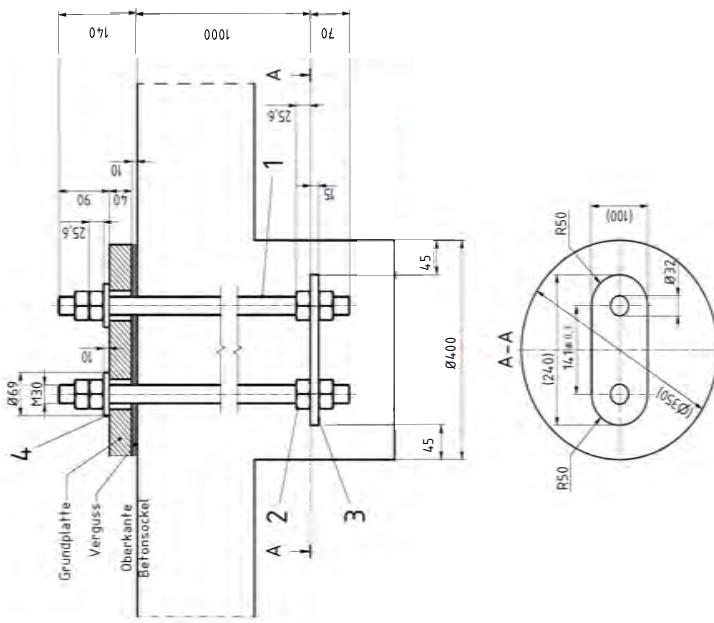
$$a_{s,w} \approx 0 \text{ cm}^2/\text{m}^2$$

### 3. HERAUSFORDERUNGEN SCHWIMMKÖRPER AUS BETON

Verladearme mit Stützen im Schiffsrumpf



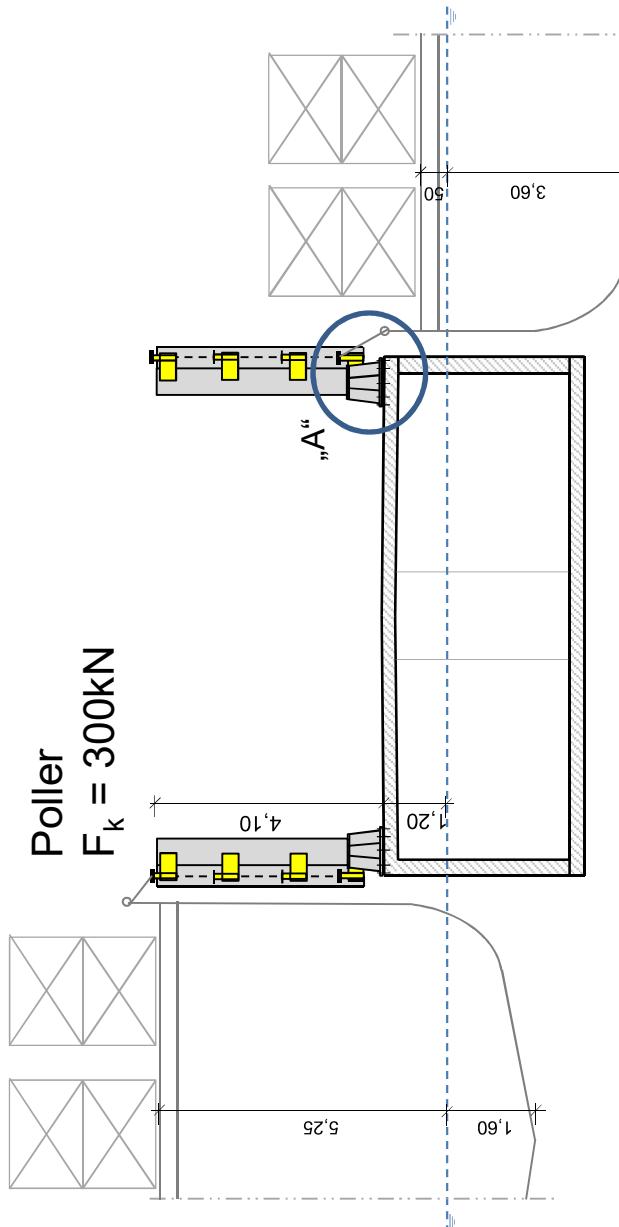
Fußpunkt Verladearm „A“



Gegendruck (Boden; hier Wasser) mit  $26,5 \text{ kN/m}^2$  ist konstant

► Stütze aktiviert Bodenplatte

### 3. HERAUSFORDERUNGEN SCHWIMMKÖRPER AUS BETON



Schiff mit größtem Freibord  
„Synthese 14“ ( $L_{ges} = 86\text{m}$ )  
Bei minimaler Eintauchtiefe

Schiff mit kleinstem Freibord  
„Somtrans III“ ( $L_{ges} = 110\text{m}$ )  
Bei maximaler Eintauchtiefe

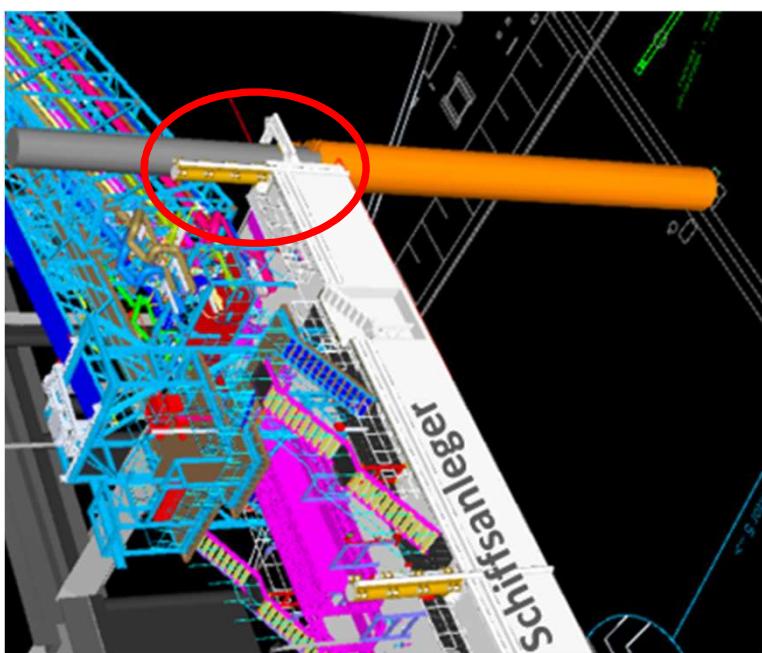


### 3. HERAUSFORDERUNGEN SCHWIMMKÖRPER AUS BETON

---

#### Anbindung Schiffsanleger

#### Verankerung Stahl einbauteil im Beton



Dalbenschloss  
 $F_k = 1425 \text{ kN}$



Dr.-Ing. Dirk Tuchlinski  
Tuchlinski – Trippel – Neff  
GmbH

Dr.-Ing. Finn von Reeken  
Eriksen und Partner GmbH

Dr.-Ing. Günter Tranel  
Ingenieurgemeinschaft Eriksen GbR

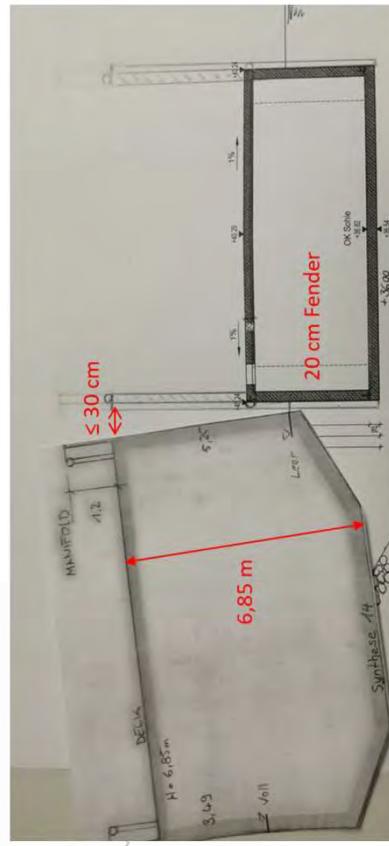
### 3. HERAUSFORDERUNGEN SCHWIMMKÖRPER AUS BETON

#### Krängung des Schiffes; Grundlagenwissen Studium gefragt

Eriksen und Partner GmbH		eriksen		Auftrags-Nr.:
Cloppenburger Str. 200 26133 Oldenburg	Tel.: 0441 / 92178 - 350 Fax: 0441 / 92178 - 379	OLDENBURG		619 305
Bauwerk:	Tankanlage Jetty III - Shell Köln-Godorf			02/2020

Grenzwerte für Krängung  
(Schiffstellung):  
Vorgaben: Germanischer  
Lloyd

Belastung:  
Trossenzug, Wind  
Verträglichkeit ist zu  
berücksichtigen



### 3. HERAUSFORDERUNGEN SCHWIMMKÖRPER AUS BETON

---

#### Betonage bei der Meyer Werft

„Bodenplatte“; Wände: Ortbeton (C34/45)

Betondeckung:  $c_{\text{nom}} = 6 \text{ cm}$  (4,5  
Deckenunters.)

Expositionsklassen: XC4, XF4, XD3, XS3

Rissweite  $w_{\text{cal}} = 0,2 \text{ mm}$

Wichte Stahlbeton: ca. 26!  $\text{kN/m}^3$

„dichter“ Beton mit hohem Stahlgehalt)



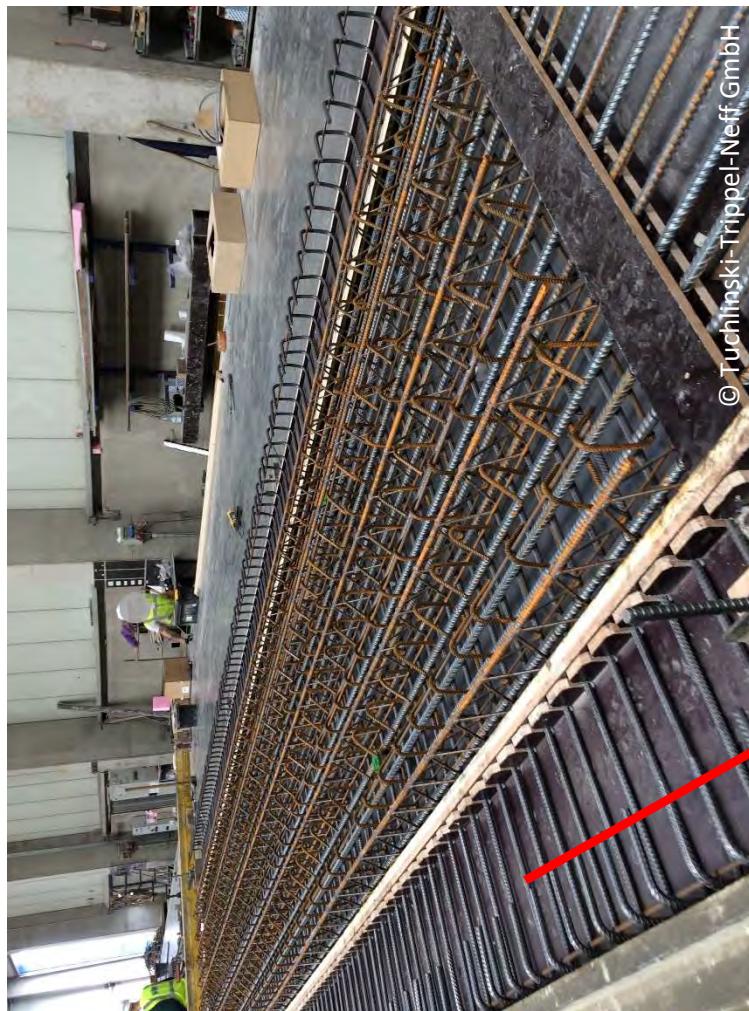
9:43 14. SEP. 2020

© Hermann Kassens Bauunternehmung GmbH

### 3. HERAUSFORDERUNGEN SCHWIMMKÖRPER AUS BETON

---

- Ausführung der Deckenplatte als Halbfertigteil
- Vorfertigung wg. Bauzeit und Qualität



### Übergreifungsstoss mit Schlaufen

---

Dr.-Ing. Dirk Tuchlinski  
Tuchlinski – Trippel – Neff  
GmbH

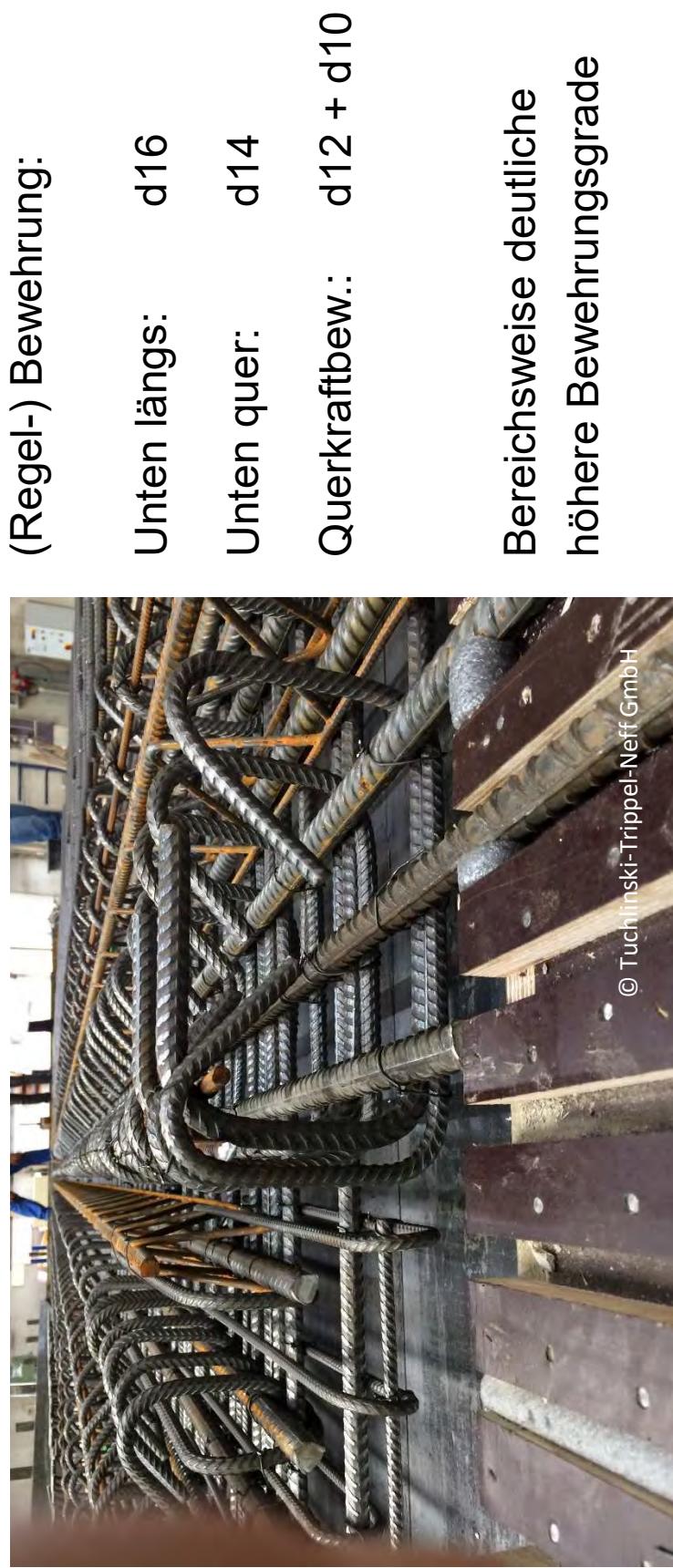
Dr.-Ing. Günter Tranel  
Ingenieurgemeinschaft Eriksen GbR

Dipl.-Ing. Finn von Reeken  
Eriksen und Partner GmbH

### 3. HERAUSFORDERUNGEN SCHWIMMKÖRPER AUS BETON

---

Ausführung der Deckenplatte als Halbfertigteil  
➤ Detail



### 3. HERAUSFORDERUNGEN SCHWIMMKÖRPER AUS BETON

---

#### Fazit

- Schiff schwimmt
- Durchführung solcher Projekte nur möglich bei sehr guter Zusammenarbeit zwischen allen Beteiligten
- Hohes Maß an Vorfertigung erreicht
- Plug and Play hat funktioniert
- Brandschutz; hier: Hydrocarbon-Brand H90 ohne weitere Maßnahmen gewährleistet (gutachterliche Stellungnahme)
- Bei zukünftigen Projekten:
  - Einsatz von nichtmetallischer Bewehrung / nichtrostendem Bewehrungsstahl prüfen (wegen Betondeckung)
  - Vorspannung?
- Beton sehr hoch ausnutzbar



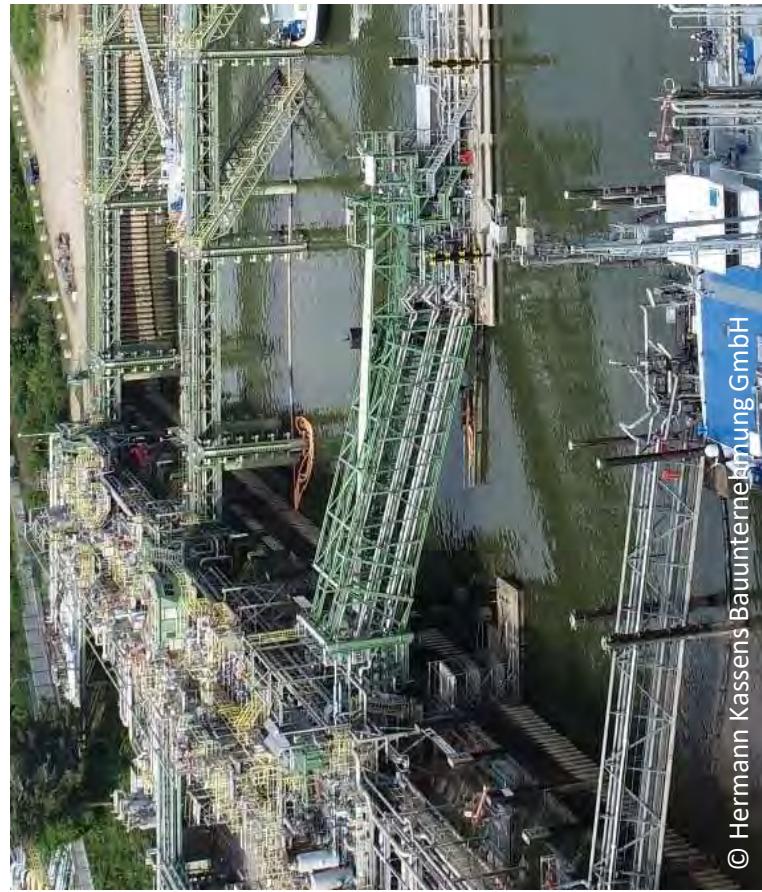
© Hermann Kassens Bauunternehmung GmbH

## 4. HIGHLIGHTS DER AUSFÜHRUNG IN STAHLBAUWEISE

### Anbindung an Land

Anbindung erfolgt über Brücken in Stahlbauweise

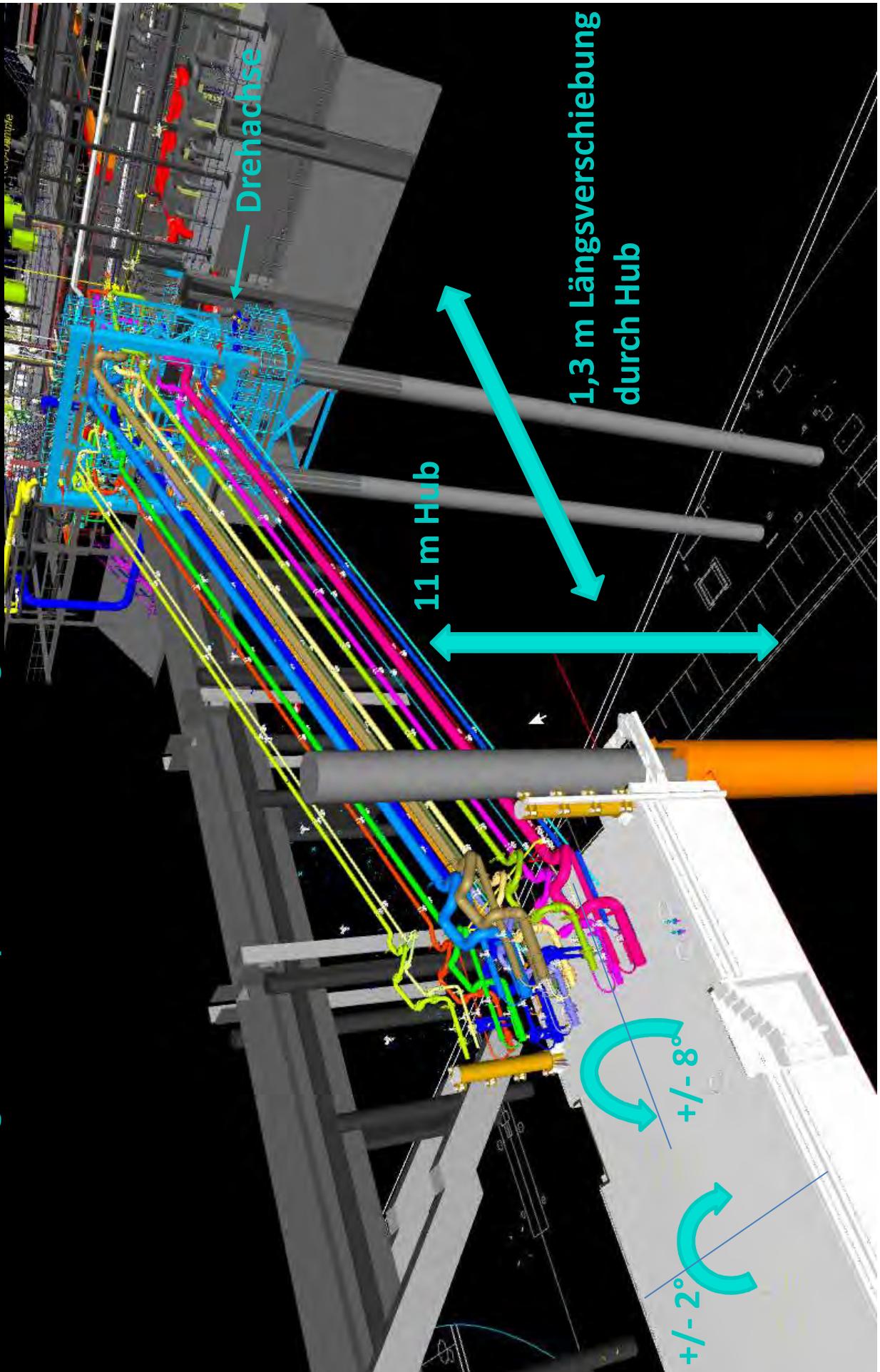
- Platzbedarf Rohrleitungen / Stahlbau
- Bauseitige Einflüsse (Brückenzugangshöhe vom Bestand vorgegeben)
- Kinematik bedingt durch Lagerungsbedingungen auf einem Schwimmkörper
- Neigungsbeschränkungen (Arbeitsstättenverordnung / Prozessbedingt)
- Brandschutz (Hydrocarbonbrand)

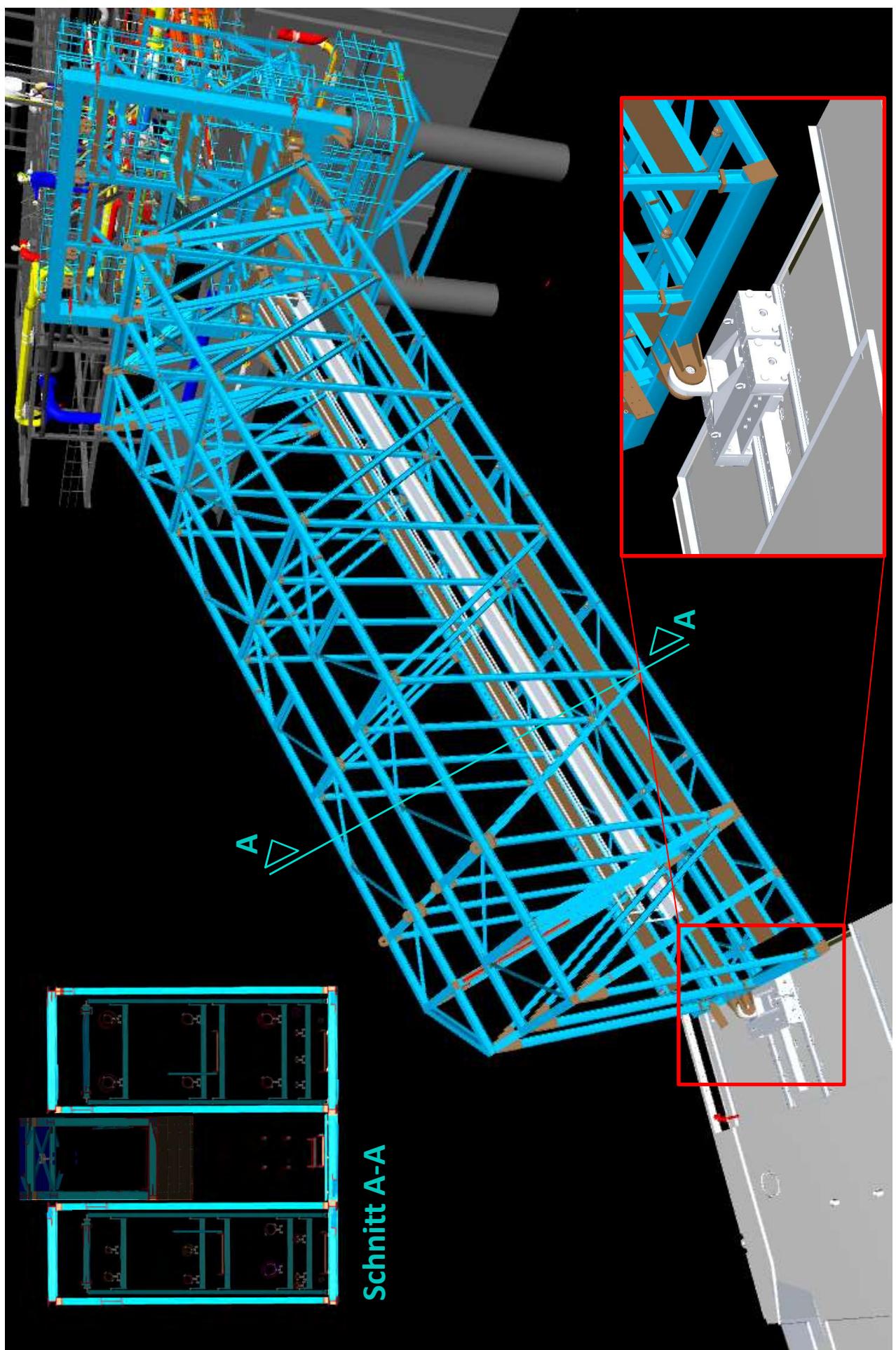


© Hermann Kassens Bauunternehmung GmbH

## 4. HIGHLIGHTS DER AUSFÜHRUNG IN STAHLBAUWEISE

### Anbindung an Land | Herausforderungen

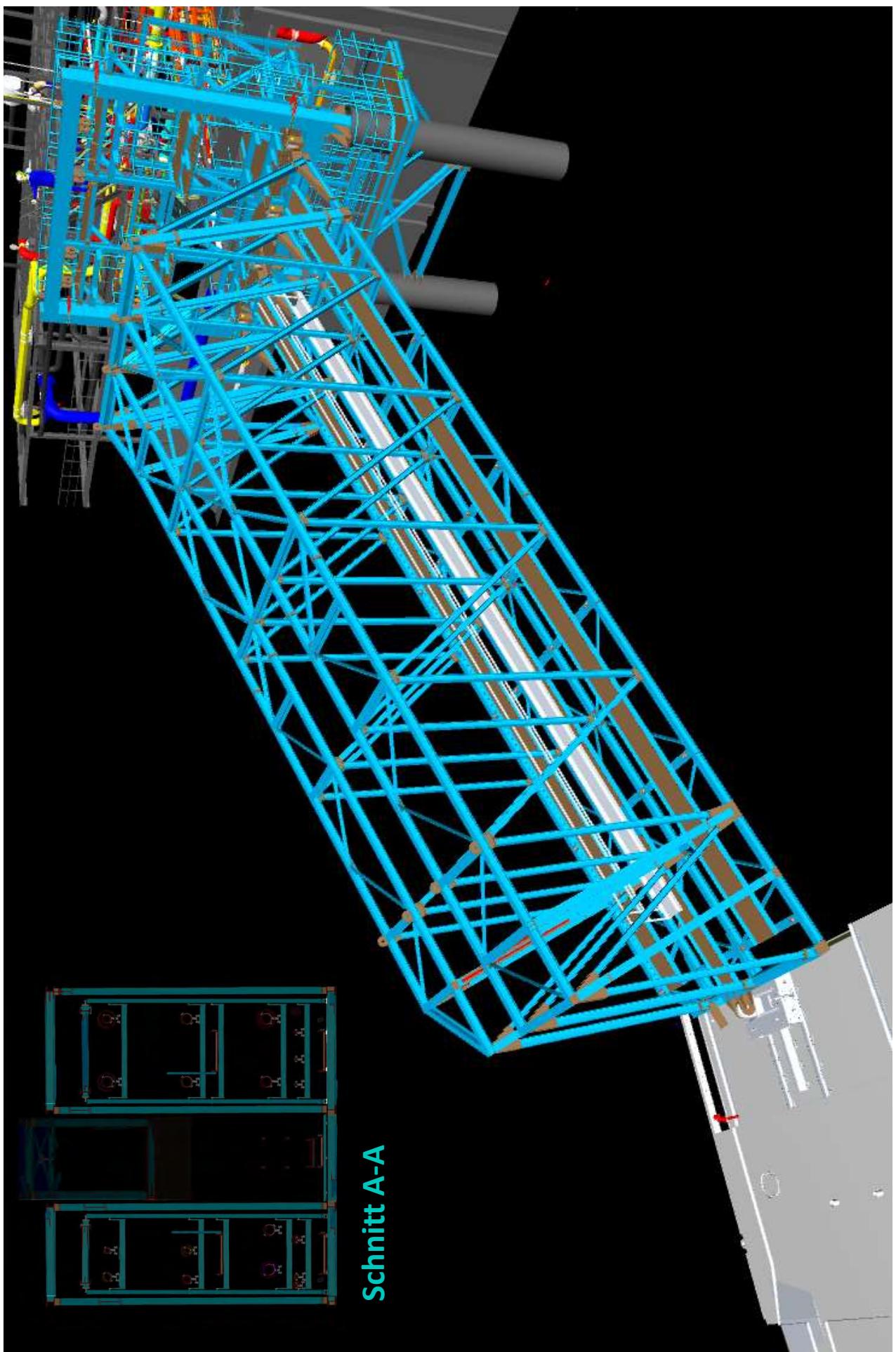


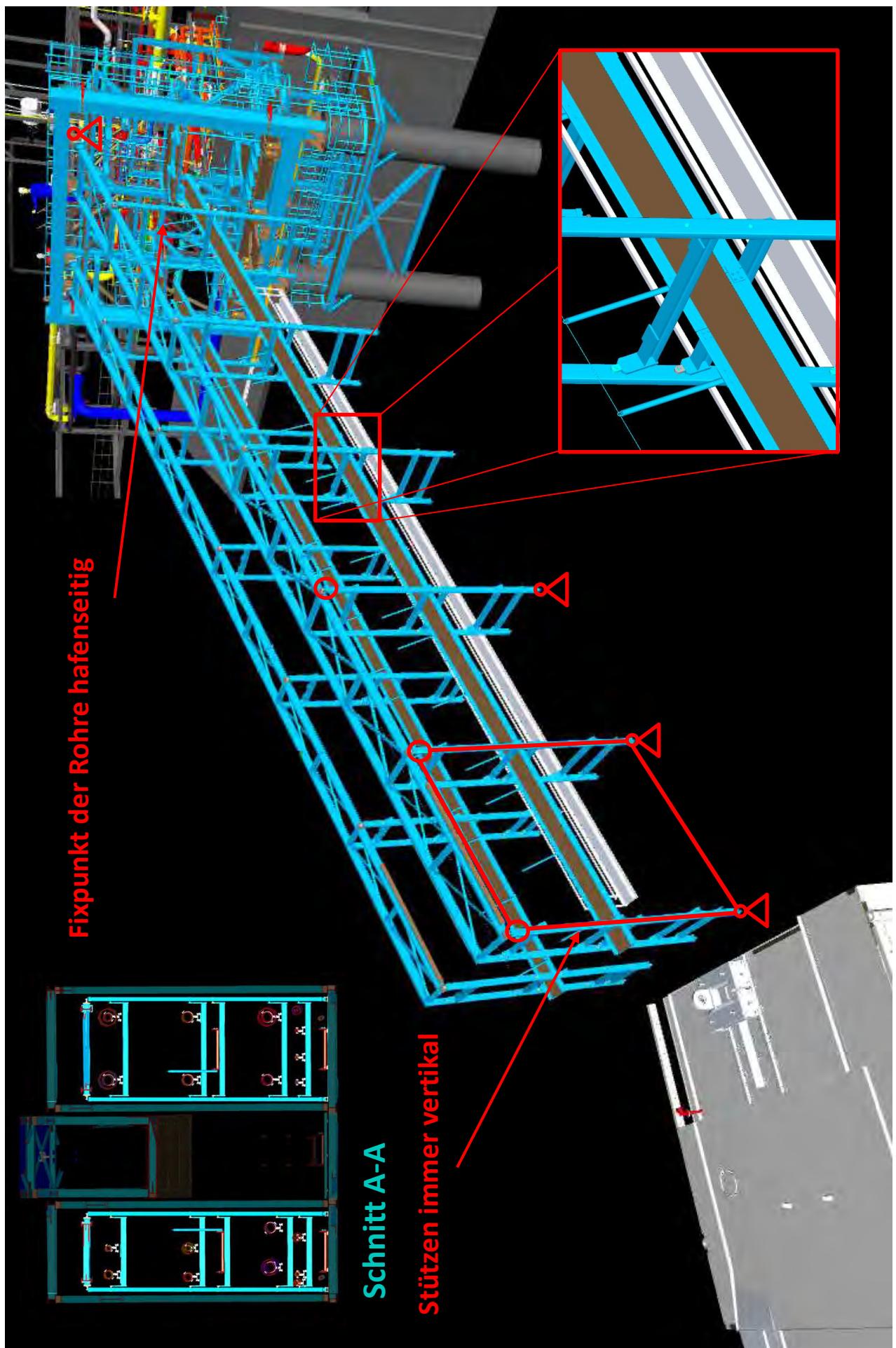


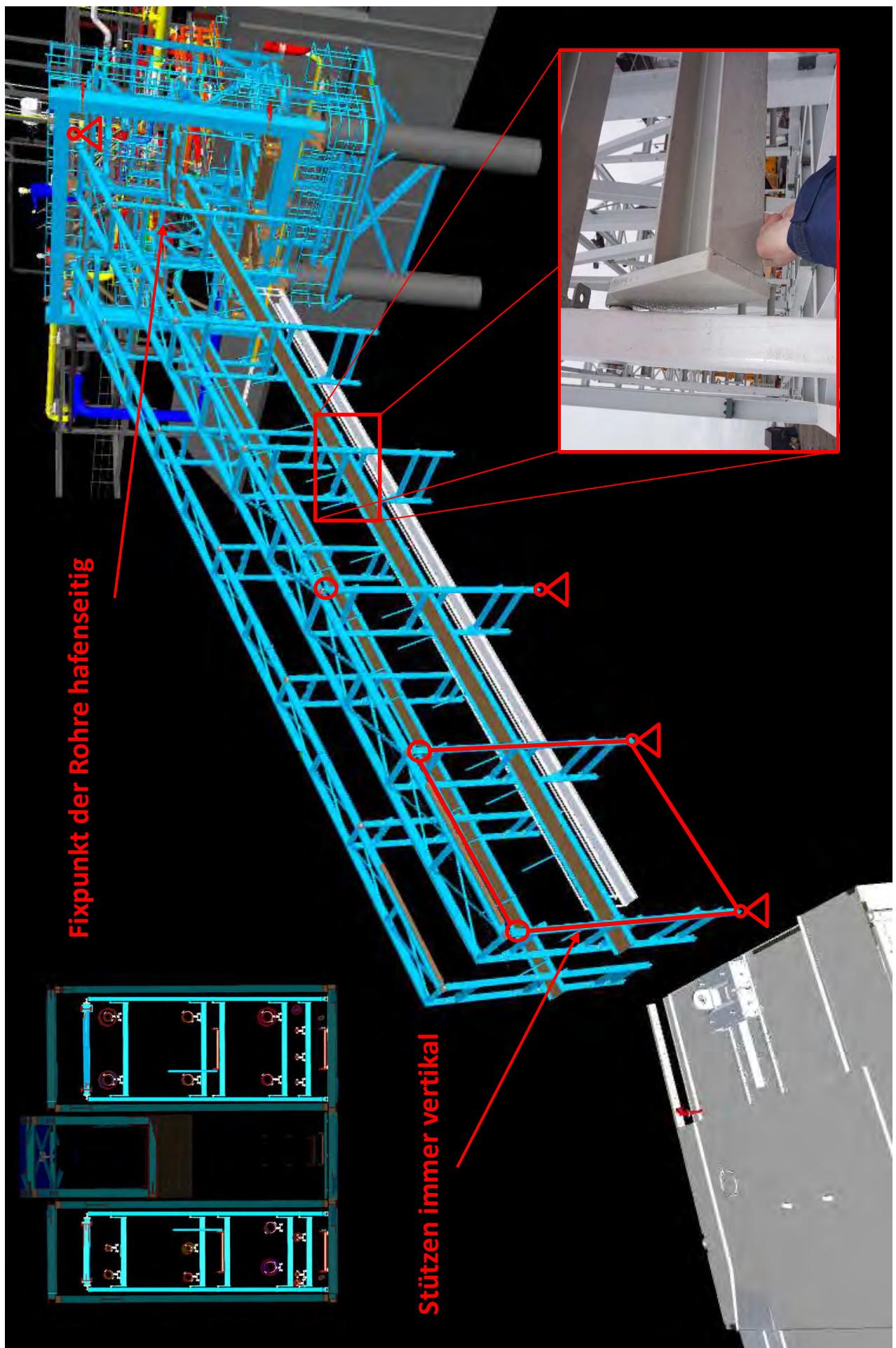
Dr.-Ing. Günter Tranel  
Ingenieurgemeinschaft Eriksen GbR  
26

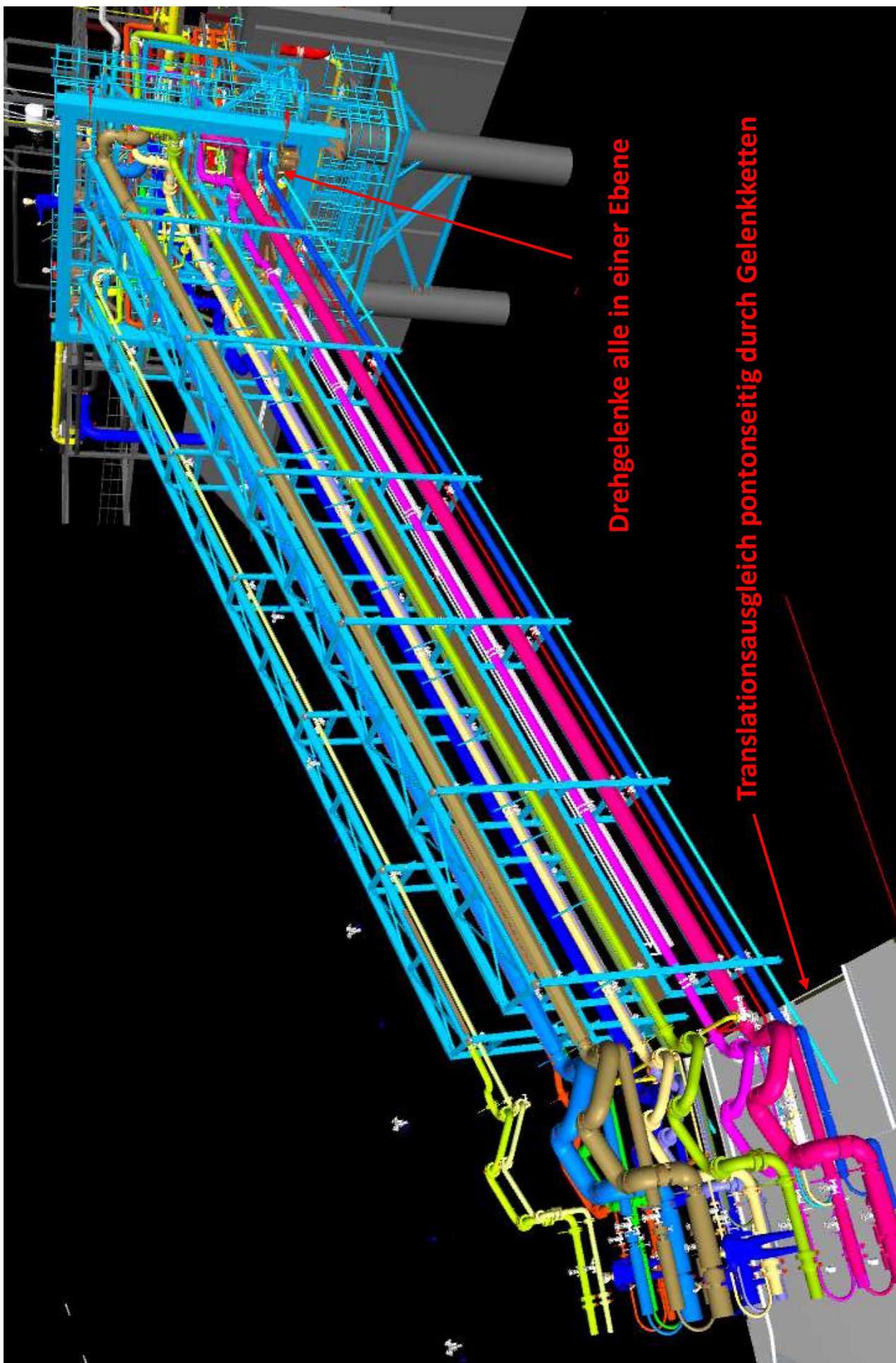
Dr.-Ing. Dirk Tuchlinski  
Tuchlinski – Trippel – Neff  
GmbH

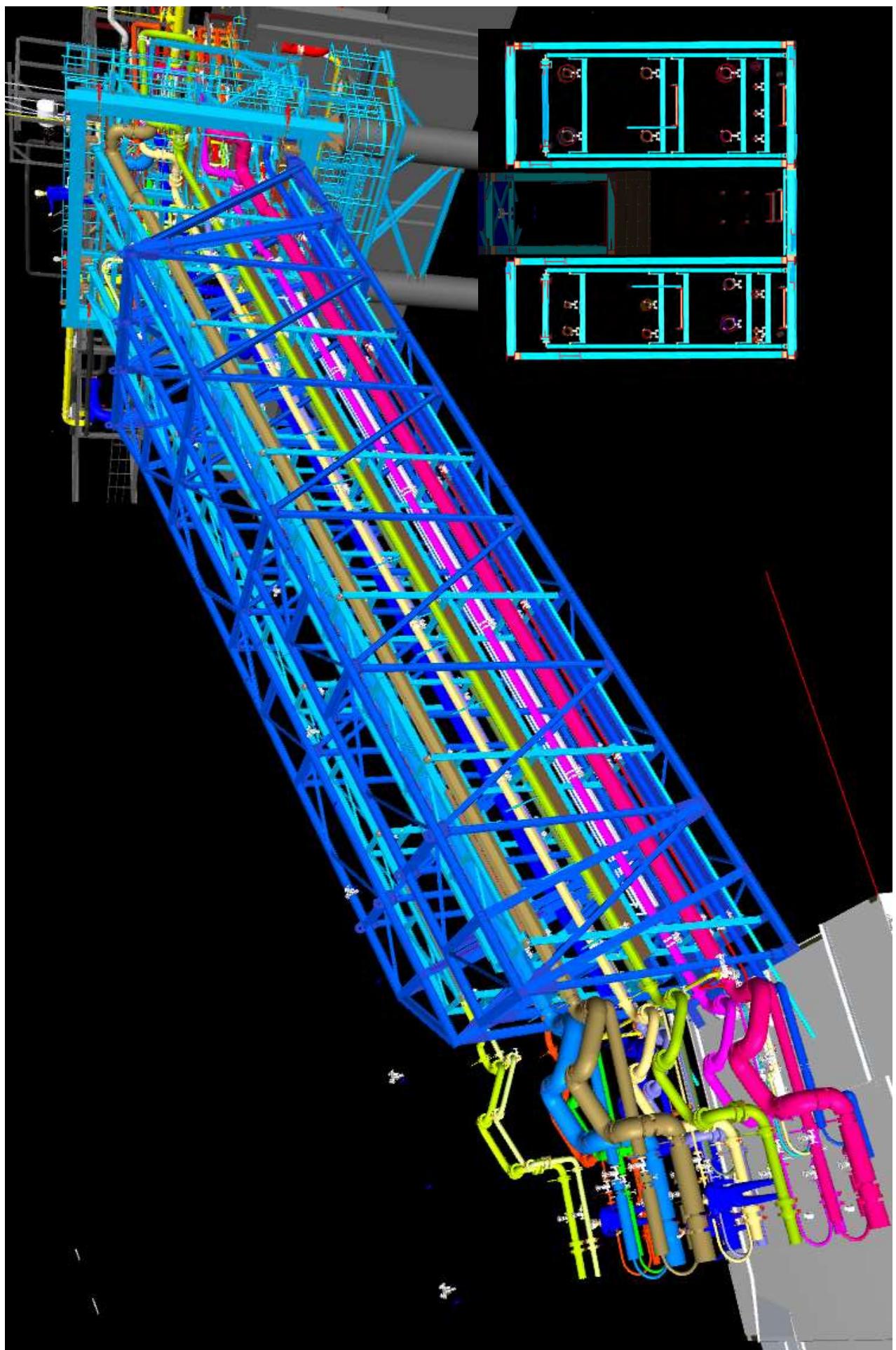
Dipl.-Ing. Finn von Reeken  
Eriksen und Partner GmbH







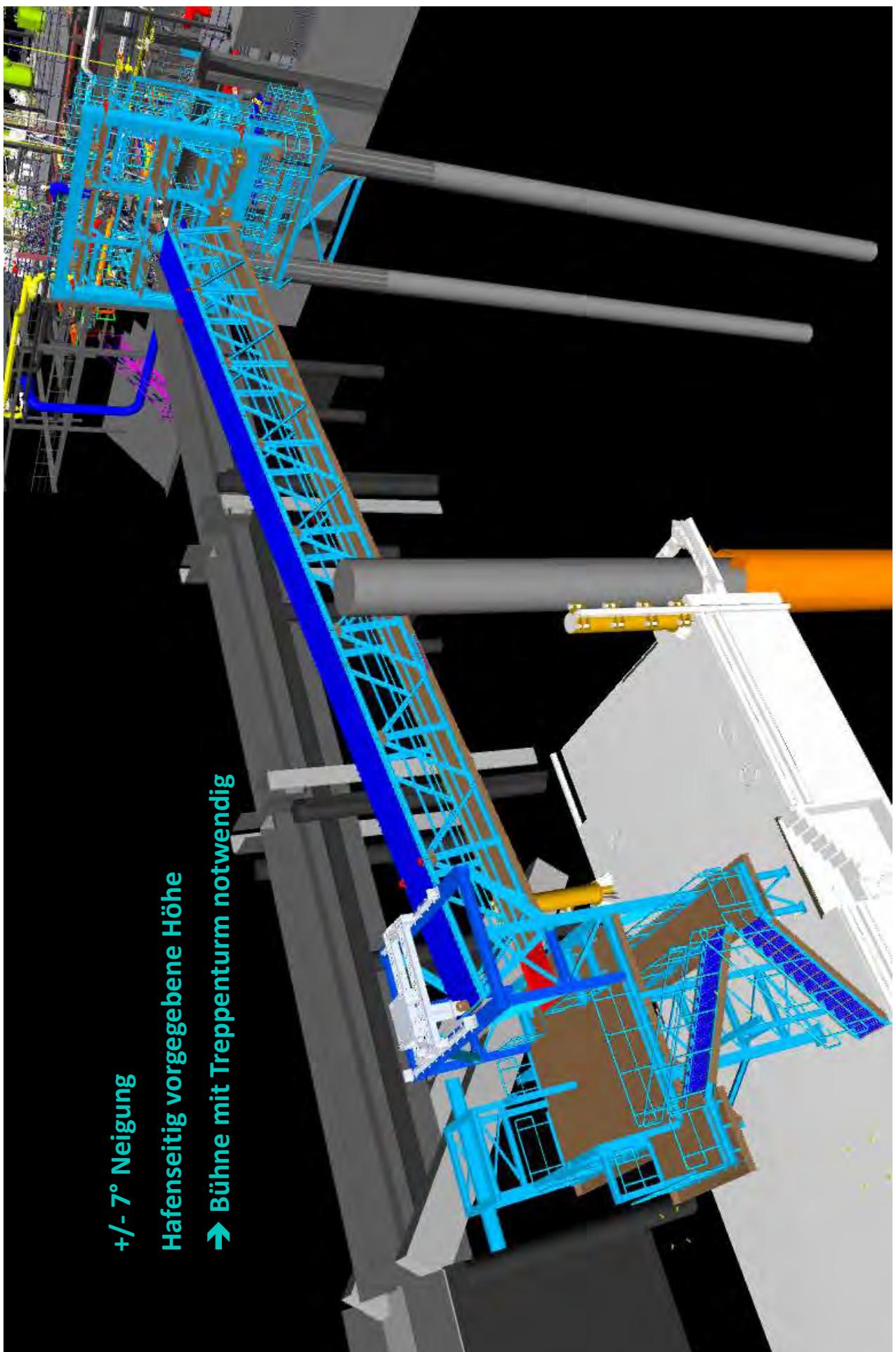


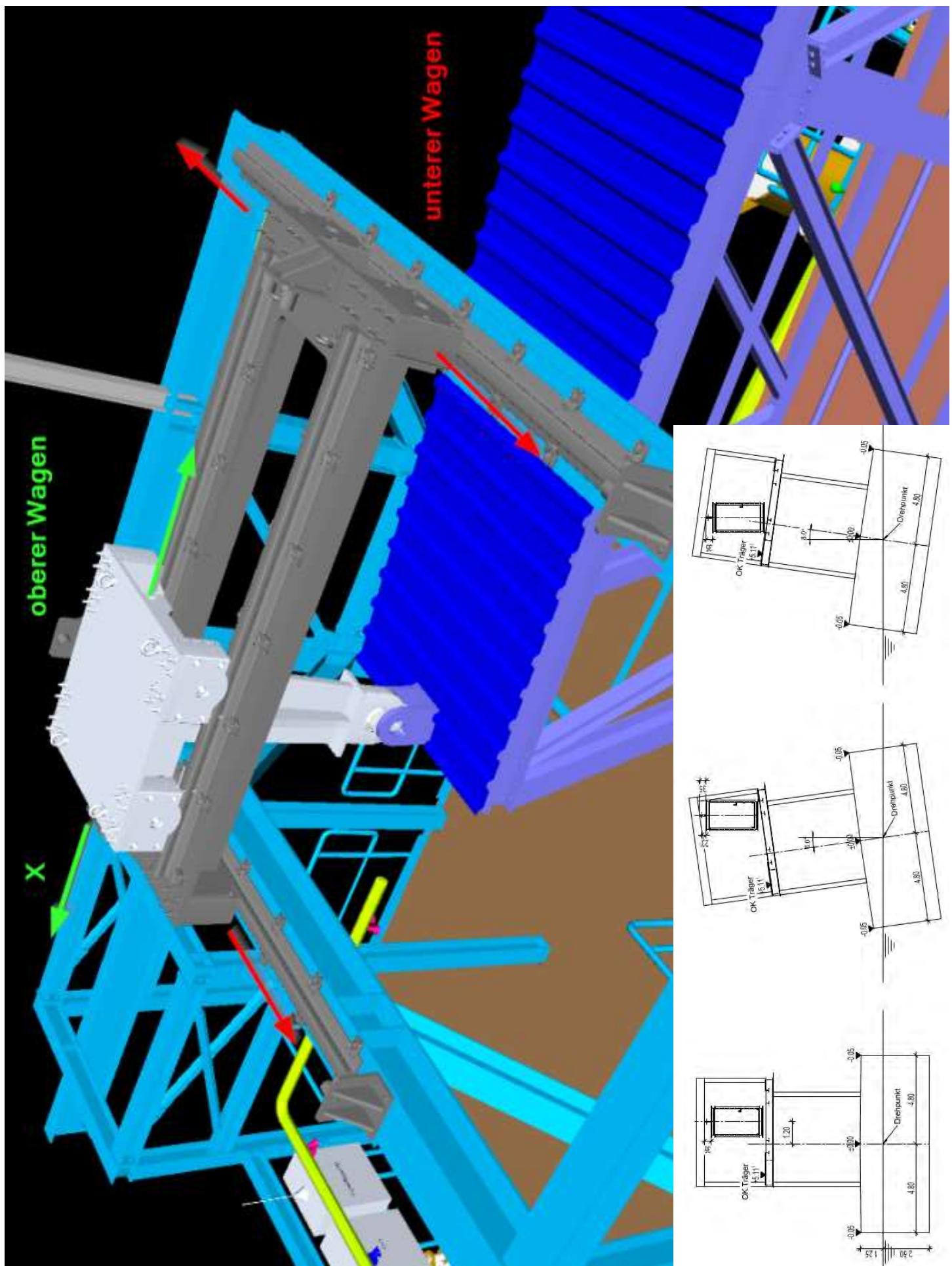


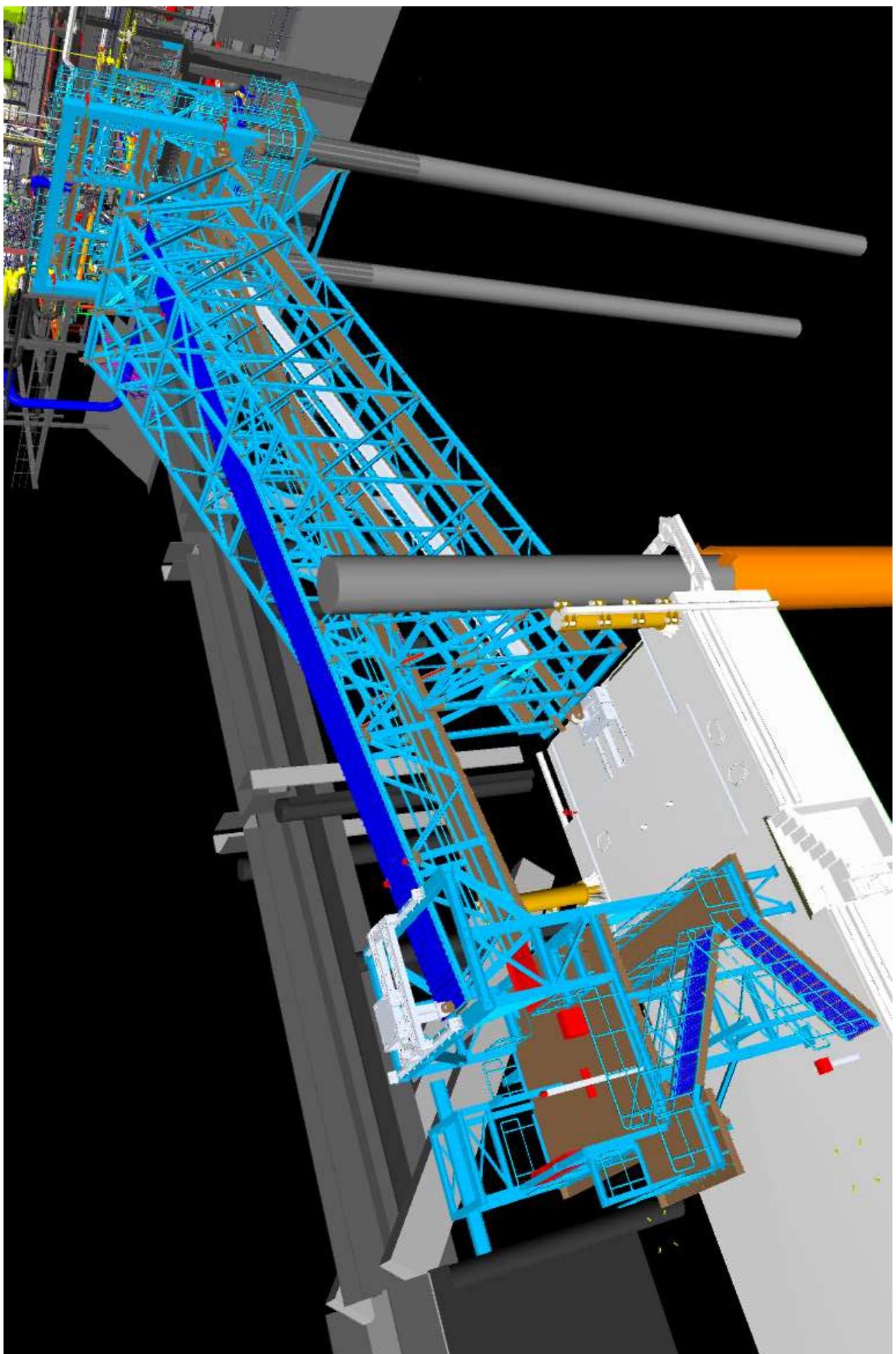
Dr.-Ing. Günter Tranel  
Ingenieurgemeinschaft Eriksen GbR  
31

Dr.-Ing. Dirk Tuchlinski  
Tuchlinski – Trippel – Neff  
GmbH

Dipl.-Ing. Finn von Reeken  
Eriksen und Partner GmbH



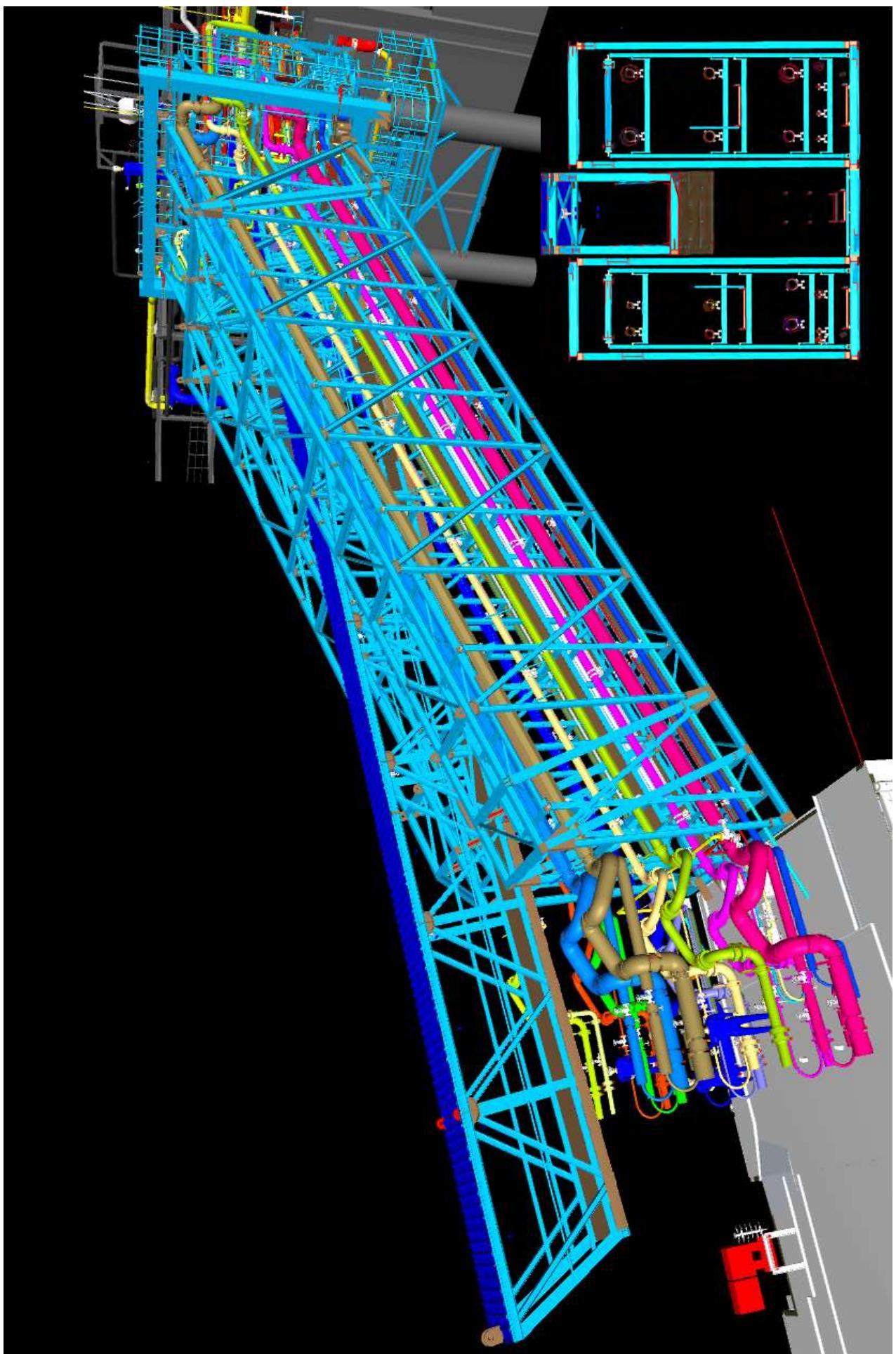




34 Dr.-Ing. Günter Tranel  
Ingenieurgemeinschaft Eriksen GbR

Dr.-Ing. Dirk Tuchlinski  
Tuchlinski – Trippel – Neff  
GmbH

Dipl.-Ing. Finn von Reeken  
Eriksen und Partner GmbH



35

Dr.-Ing. Günter Tranel  
Ingenieurgemeinschaft Eriksen GbR

Dr.-Ing. Dirk Tuchlinski  
Tuchlinski – Trippel – Neff  
GmbH

Dipl.-Ing. Finn von Reeken  
Eriksen und Partner GmbH

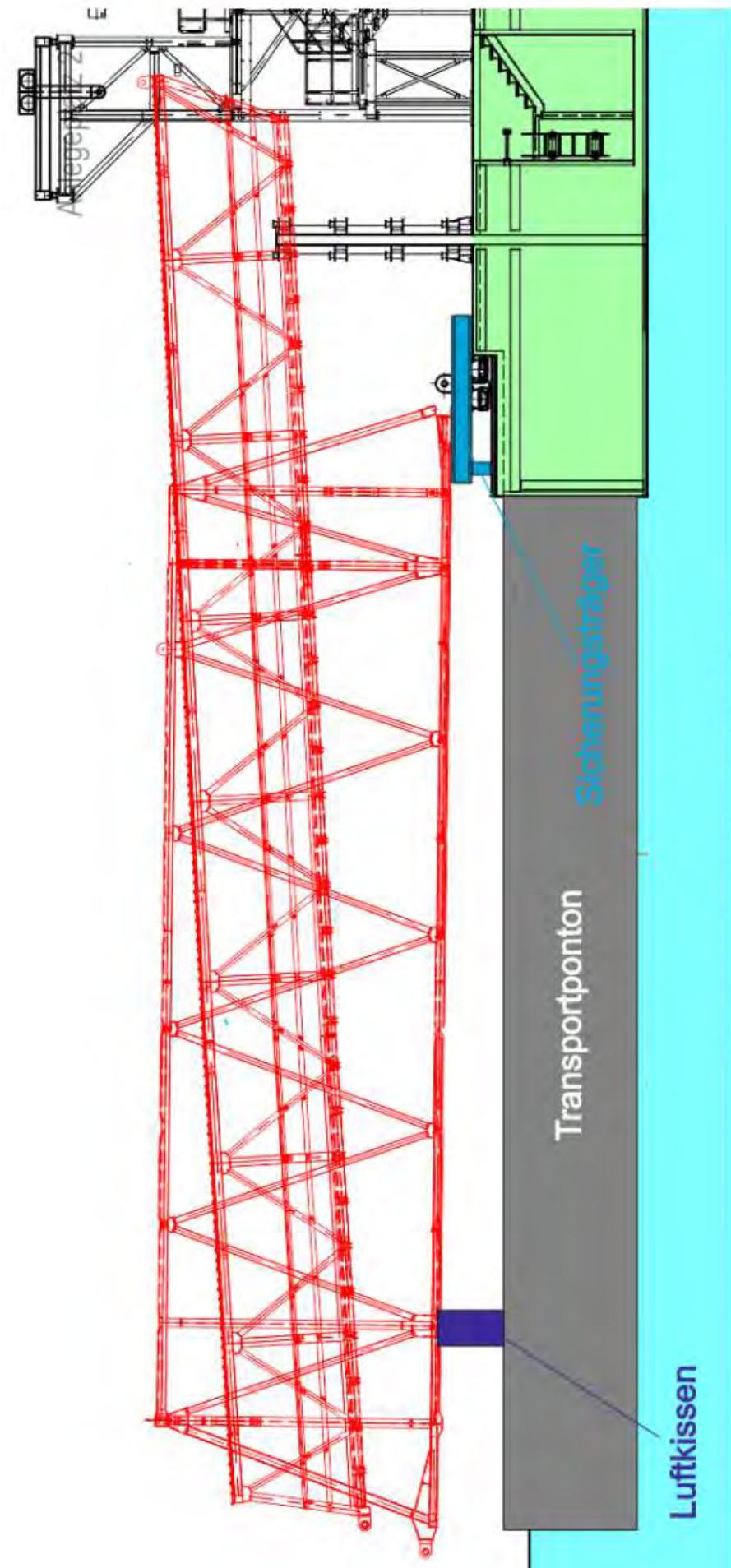
## 5. AUSRÜSTUNG IN WESEL

---

- Maximal mögliche Vorfertigung
  - Längere Nutzung Bestand
  - weniger kritische Arbeiten (Schweißen etc.)
- Teilweise Inbetriebnahme einzelner Systeme
- Wesel bietet sich an, da ab hier **keine relevanten Höhenbeschränkungen** durch Brücken vorliegen und da die notwendige Infrastruktur vorhanden ist
- Montage der Verladearme
- Montage der Brücken am Ponton auf einem vorgelagerten Schwimm ponton

## 5. AUSRÜSTUNG IN WESEL

### Vormontage der Brücken



Lagerung der Brücken auf den Pontons

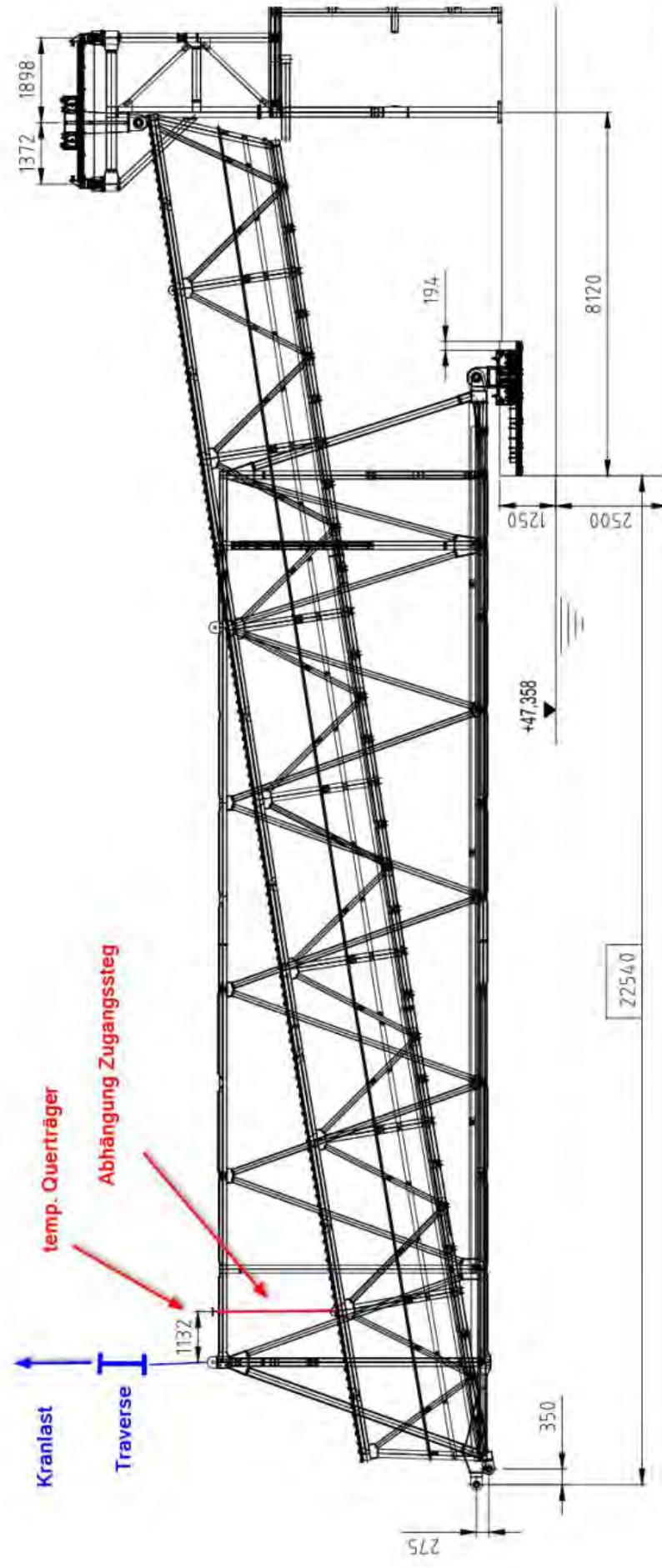
Dr.-Ing. Günter Tranel  
Ingenieurgemeinschaft Eriksen GbR  
37

Dr.-Ing. Dirk Tuchlinski  
Tuchlinski – Trippel – Neff  
GmbH

Dipl.-Ing. Finn von Reeken  
Eriksen und Partner GmbH

## 5. AUSRÜSTUNG IN WESSEL

### Vormontage der Brücken



## 5. AUSRÜSTUNG IN WESEL



© Hermann Kassens Bauunternehmung GmbH

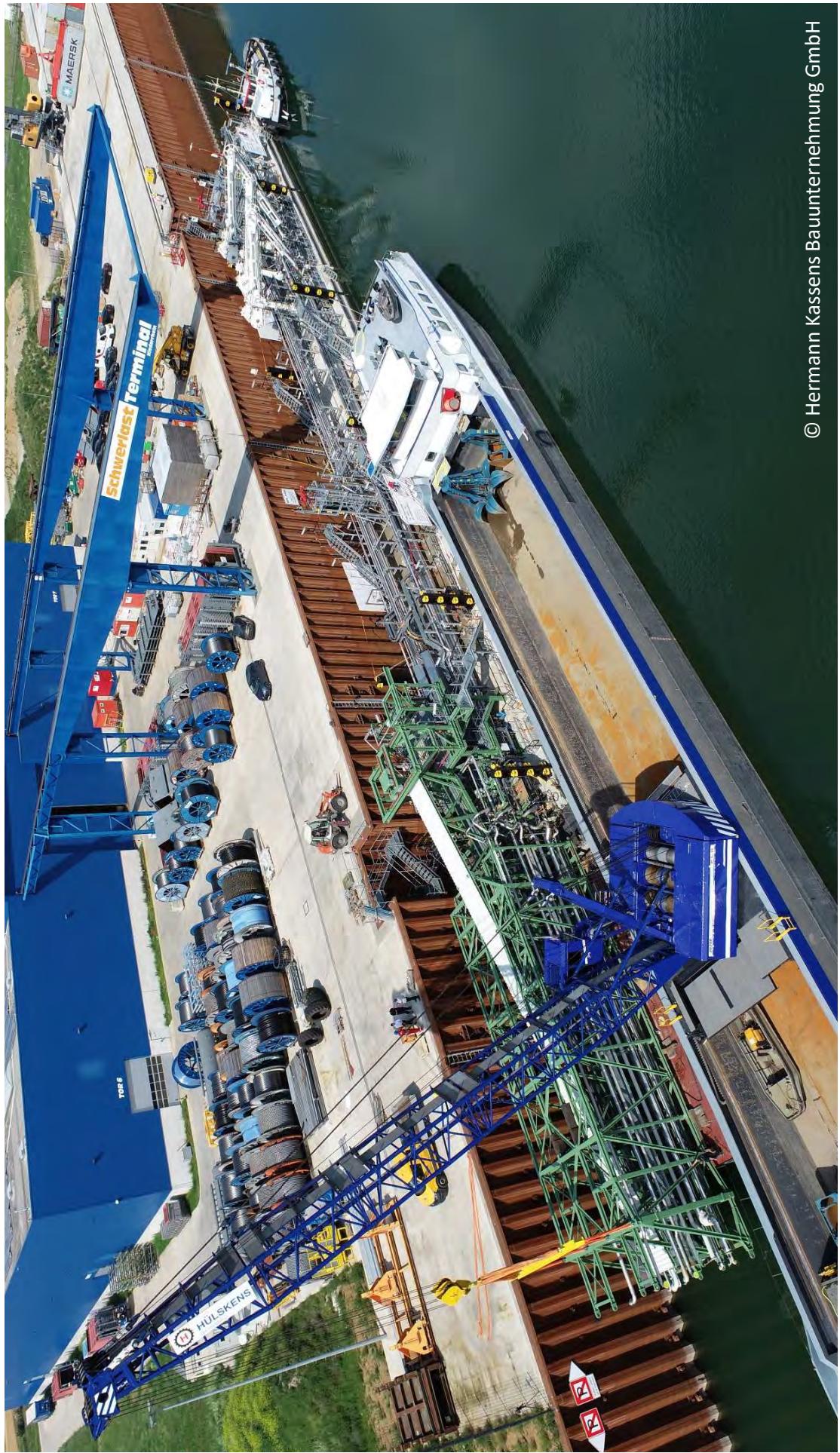
39

Dr.-Ing. Günter Tranel  
Ingenieurgemeinschaft Eriksen GbR

Dr.-Ing. Dirk Tuchlinski  
Tuchlinski – Trippel – Neff  
GmbH

Dipl.-Ing. Finn von Reeken  
Eriksen und Partner GmbH

## 5. AUSRÜSTUNG IN WESEL



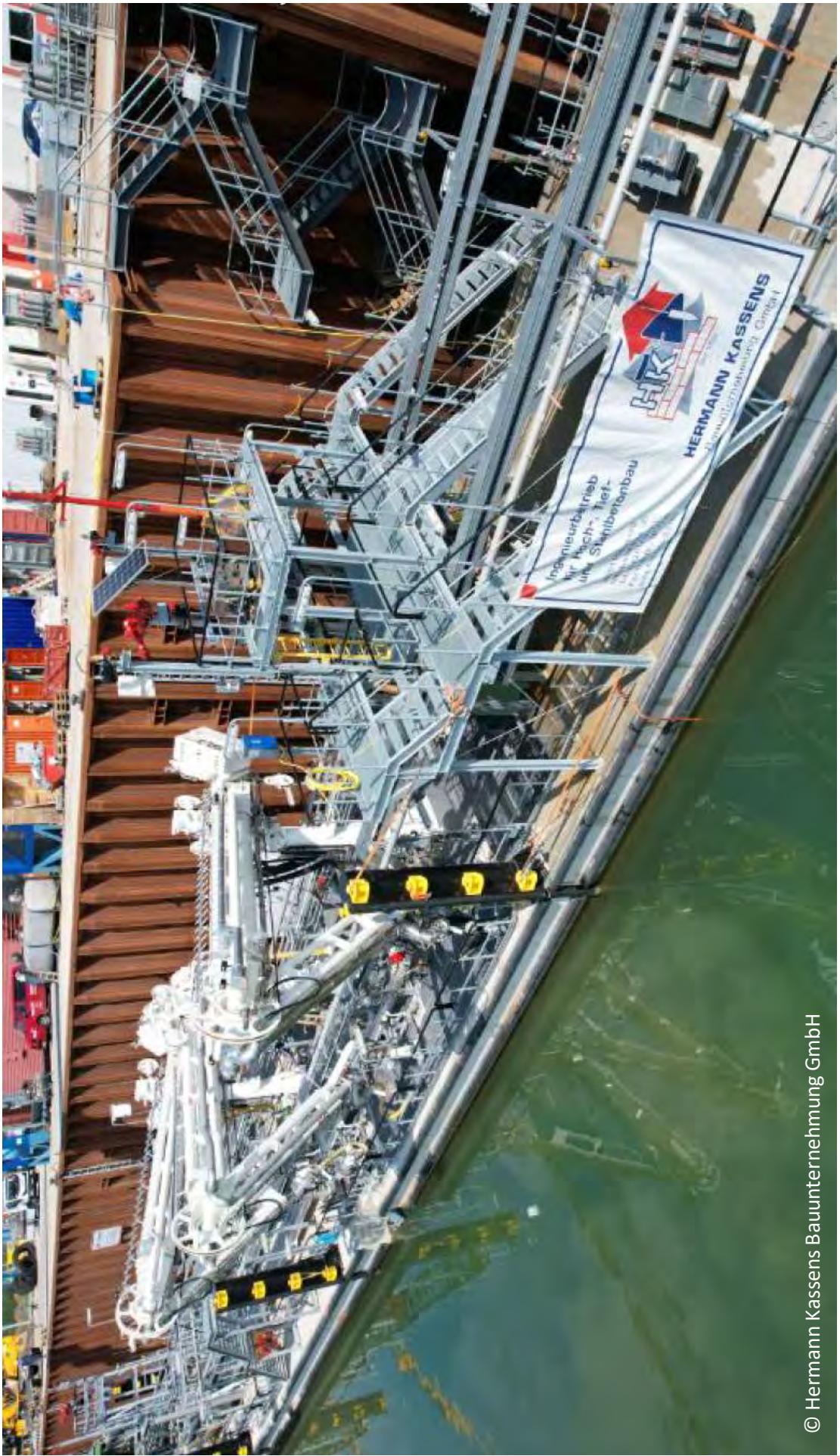
© Hermann Kassens Bauunternehmung GmbH

Dr.-Ing. Günter Tranel  
Ingenieurgemeinschaft Eriksen GbR  
40

Dr.-Ing. Dirk Tuchlinski  
Tuchlinski – Trippel – Neff  
GmbH

Dipl.-Ing. Finn von Reeken  
Eriksen und Partner GmbH

## 5. AUSRÜSTUNG IN WESEL



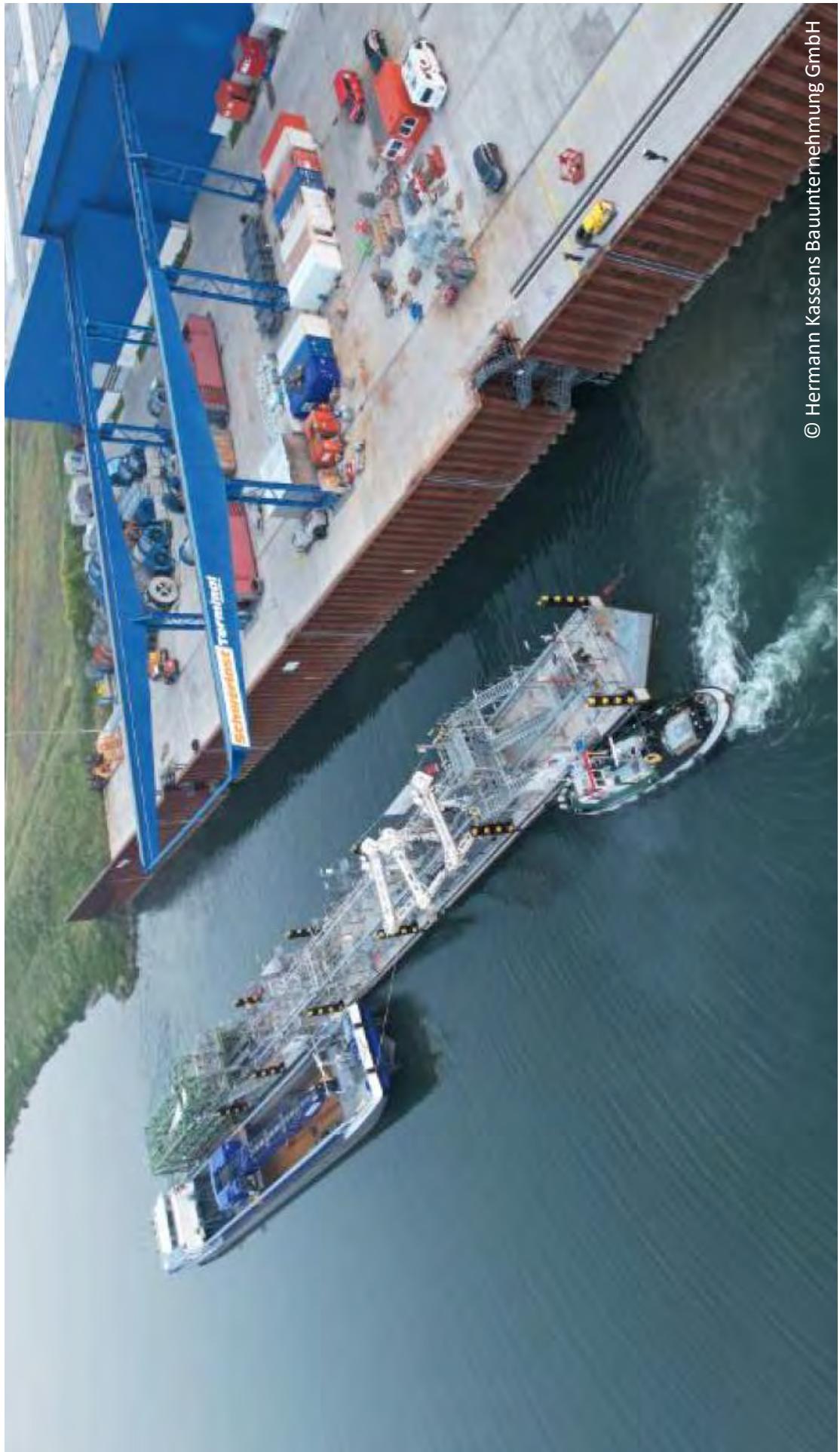
© Hermann Kassens Bauunternehmung GmbH

Dr.-Ing. Günter Tranel  
Ingenieurgemeinschaft Eriksen GbR  
41

Dr.-Ing. Dirk Tuchlinski  
Tuchlinski – Trippel – Neff  
GmbH

Dipl.-Ing. Finn von Reeken  
Eriksen und Partner GmbH

## 5. AUSRÜSTUNG IN WESEL



© Hermann Kassens Bauunternehmung GmbH

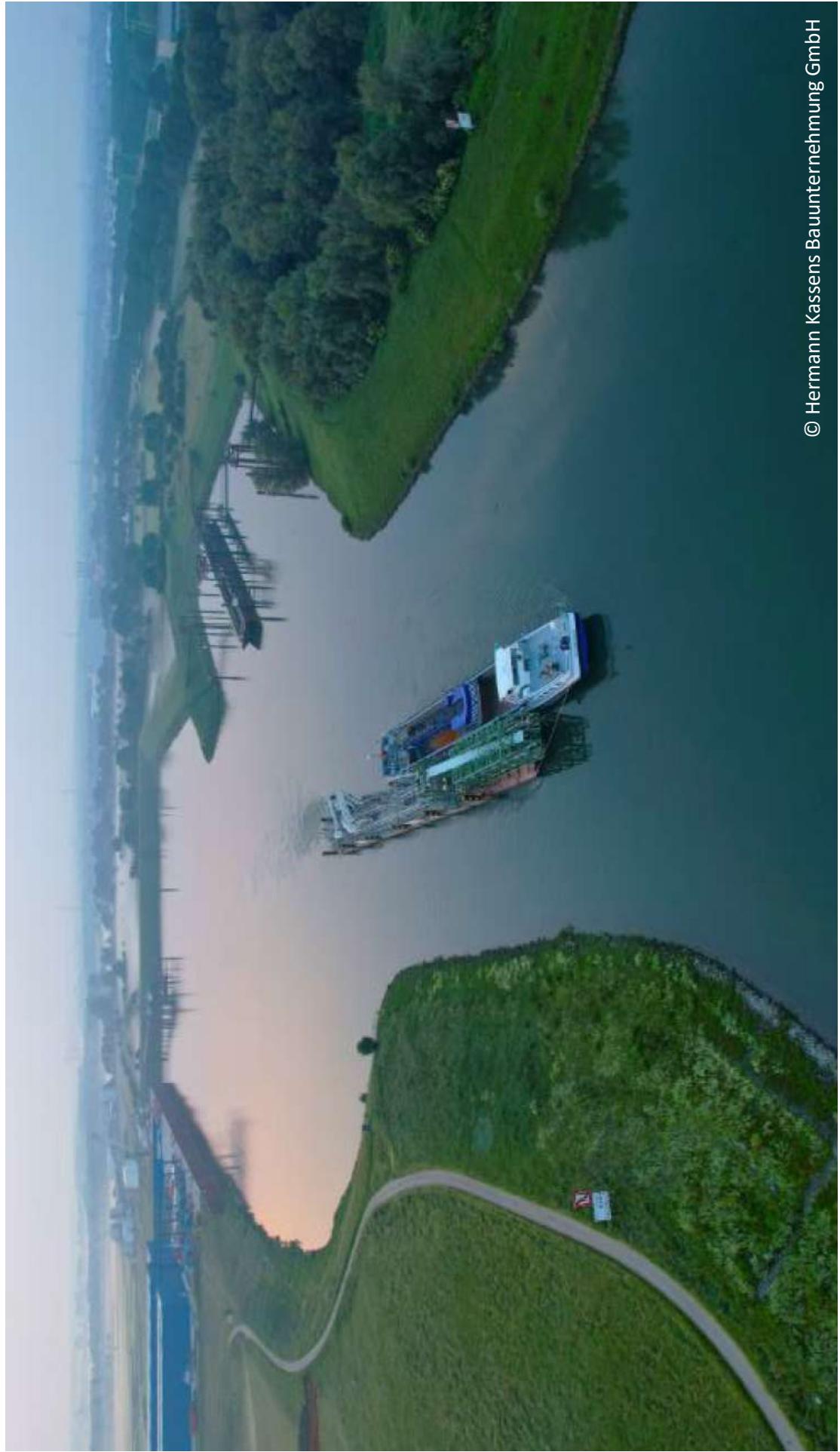
42

Dr.-Ing. Günter Tranel  
Ingenieurgemeinschaft Eriksen GbR

Dr.-Ing. Dirk Tuchlinski  
Tuchlinski – Trippel – Neff  
GmbH

Dipl.-Ing. Finn von Reeken  
Eriksen und Partner GmbH

## 6. PLUG AND PLAY - ANREISE UND MONTAGE VOR ORT



© Hermann Kassens Bauunternehmung GmbH

43

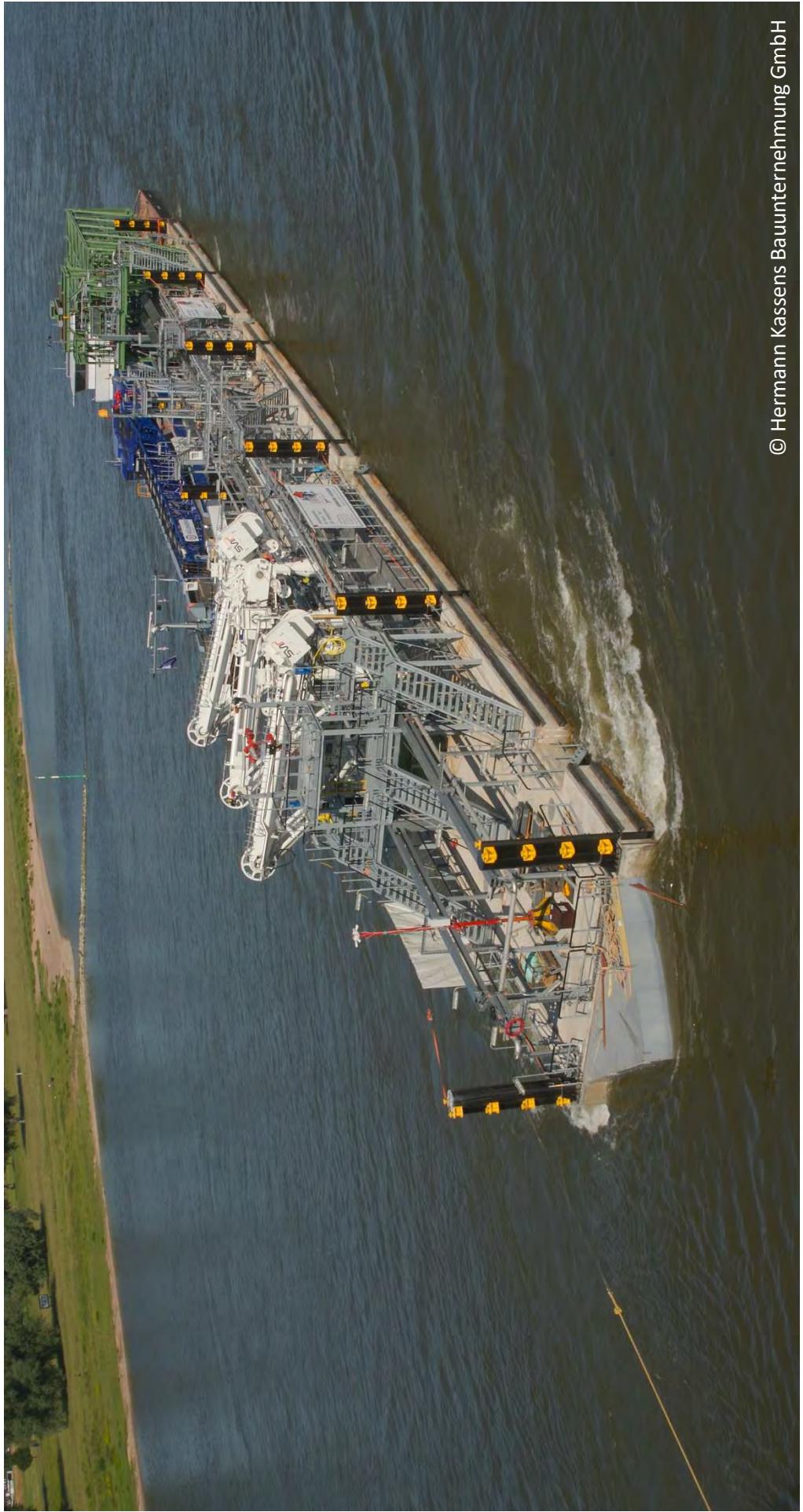
Dr.-Ing. Günter Tranel  
Ingenieurgemeinschaft Eriksen GbR

Dr.-Ing. Dirk Tuchlinski  
Tuchlinski – Trippel – Neff  
GmbH

Dipl.-Ing. Finn von Reeken  
Eriksen und Partner GmbH

## 6. PLUG AND PLAY - ANREISE UND MONTAGE VOR ORT

---



© Hermann Kassens Bauunternehmung GmbH

44 Dr.-Ing. Günter Tranel  
Ingenieurgemeinschaft Eriksen GbR

Dr.-Ing. Dirk Tuchlinski  
Tuchlinski – Trippel – Neff  
GmbH

Dipl.-Ing. Finn von Reeken  
Eriksen und Partner GmbH



© Hermann Kassens Bauunternehmung GmbH

Dr.-Ing. Günter Tranel  
Ingenieurgemeinschaft Eriksen GbR

45

Dr.-Ing. Dark Tuchlinski  
Tuchlinski – Trippel – Neff  
GmbH

Dipl.-Ing. Finn von Reeken  
Eriksen und Partner GmbH

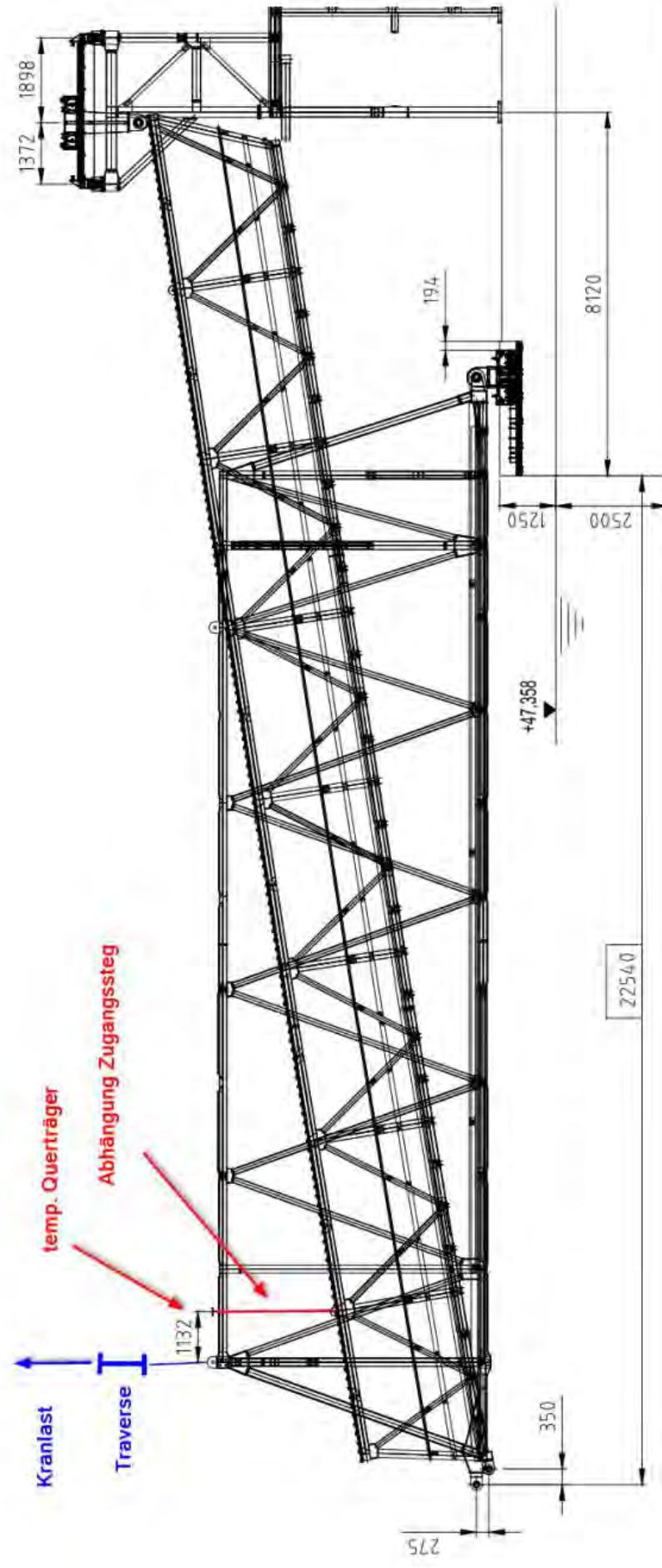
## 6. PLUG AND PLAY - ANREISE UND MONTAGE VOR ORT

---

- Transport mit Brücke an die richtige Stelle
- Fixierung mittels Dalben über Dalbenschlösser
- Anheben der Brücke und Befestigen am Pierrahmen
- Anschluss Rohre und Kabel
- Finale Inbetriebnahme

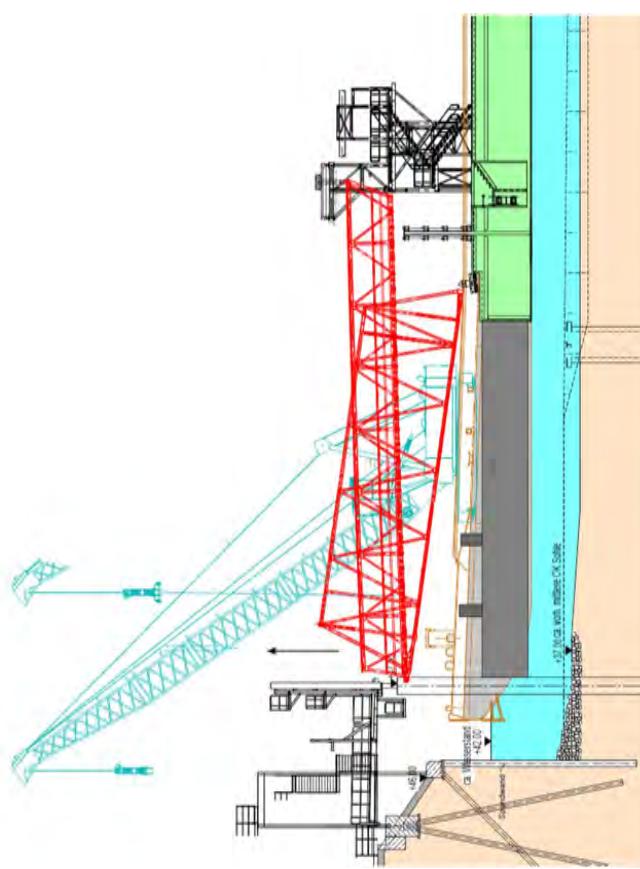
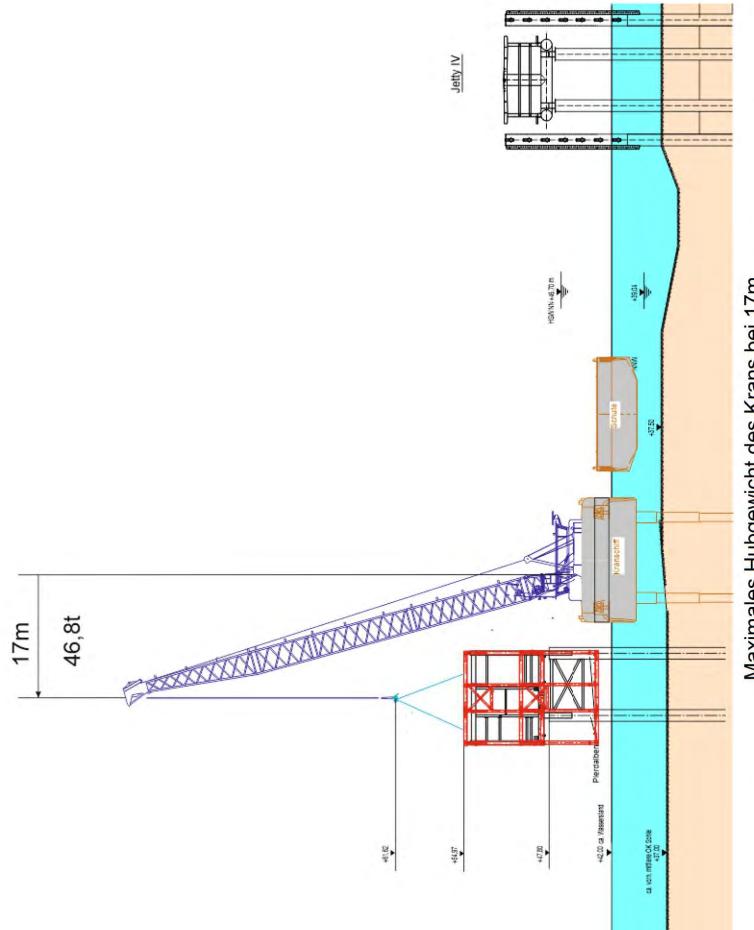
## 6. PLUG AND PLAY - ANREISE UND MONTAGE VOR ORT

### Einhub der Brücken



## 6. PLUG AND PLAY - ANREISE UND MONTAGE VOR ORT

### Einhub der Brücken





© Hermann Kassens Bauunternehmung GmbH

Dr.-Ing. Dirk Tuchlinski  
Tuchlinski – Trippel – Neff  
GmbH

Dr.-Ing. Günter Tranel  
Ingenieurgemeinschaft Eriksen GbR  
49

## 6. PLUG AND PLAY - ANREISE UND MONTAGE VOR ORT



© Hermann Kassens Bauunternehmung GmbH

50

Dr.-Ing. Günter Tranel  
Ingenieurgemeinschaft Eriksen GbR

Dr.-Ing. Dirk Tuchlinski  
Tuchlinski – Trippel – Neff  
GmbH

Dipl.-Ing. Finn von Reeken  
Eriksen und Partner GmbH

## 6. PLUG AND PLAY - ANREISE UND MONTAGE VOR ORT



© Hermann Kassens Bauunternehmung GmbH

Dr.-Ing. Günter Tranel  
Ingenieurgemeinschaft Eriksen GbR  
51

Dr.-Ing. Dirk Tuchlinski  
Tuchlinski – Trippel – Neff  
GmbH

Dipl.-Ing. Finn von Reeken  
Eriksen und Partner GmbH

# **Hinweise der Obersten Bauaufsichtsbehörde**

**Dipl.-Ing. Andreas Plietz**

Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Digitalisierung  
des Landes Nordrhein-Westfalen



Ministerium für Heimat, Kommunales,  
Bau und Digitalisierung  
des Landes Nordrhein-Westfalen

# Hinweise der obersten Bauaufsichtsbehörde

31. Bautechnisches Seminar Ratingen, 24.10.2023

1



Ministerium für Heimat, Kommunales,  
Bau und Digitalisierung  
des Landes Nordrhein-Westfalen

## Inhalte:

Zweites Gesetz zur Änderung der  
Landesbauordnung 2018



VV TB - Änderungen gegenüber der  
Muster Verwaltungsvorschrift Technische  
Baubestimmungen



DIBt Newsletter 2/2023





Ministerium für Heimat, Kommunales,  
Bau und Digitalisierung  
des Landes Nordrhein-Westfalen



# Gesetzentwurf - Zweites Gesetz zur Änderung der Landesbauordnung 2018

## Gesetzentwurf

### der Landesregierung

### Zweites Gesetz zur Änderung der Landesbauordnung 2018

### Produkt

A Produkt wird der gesetzliche Rahmen geschafft, der die Entwicklung der Infrastruktur und der Landesbauordnung nach sowie als Basis für das Bauaufgabengesetz, für das die Errichtung öffentlicher Gebäude und Anlagen sowie der Bauaufgaben des Bundes, der Länder und der Gemeinden vorgenommen ist. Gesetzliches Instrument ist sich daher mit den Zielvorgaben des Durchsetzungsgesetzes des Landes beschäftigt. Es kann ausgewählte Baugenehmigungen auf Basis Baugenehmigungen und regional bedeutsamer Bauaufgaben und Bauaufgaben des Landes beschäftigen. Das Gesetz schafft einen Rahmen, der die Baugenehmigungserstellung zu garantieren. Es soll das Bauaufgabengesetz am 1. Januar 2024 in Kraft treten. Das Gesetz ist ein Rechtsakt, der im Rahmen der Landesbauordnung 2018, welche bei Ministerium für Bau-, Wohnen und Verkehr am 29. September 2018 beschlossen wurde, erarbeitet und verabschiedet wurde. Der Gesetzestext ist im Internet unter [www.laer.nrw.de](http://www.laer.nrw.de) abrufbar.

B Lesung Ein Gesetz wird in mehreren Lesungen erörtert. Die erste Lesung ist die Präsentation des Gesetzesentwurfs. Die zweite Lesung ist die Abstimmung über den Gesetzesentwurf. Die dritte Lesung ist die Abstimmung über die Änderungen des Gesetzesentwurfs.

C Ratifizierung Ein Gesetz wird in einer Ratifizierung bestätigt. Die Ratifizierung ist eine Abstimmung über den Gesetzesentwurf. Die Ratifizierung ist eine Abstimmung über den Gesetzesentwurf.

Datum des Urteils: 02.05.2023 Abgelehnt: 02.05.2023 Abgelehnt: 02.05.2023 Abgelehnt:

Ratingen, 24.10.2023

Drucksache  
18/4593 vom  
06. Juni 2023

2. Lesung  
voraussichtlich  
Ende Oktober  
2023

Inkrafttreten  
vsl. zum 1.  
Januar 2024



Drucksache 18/4593  
06.06.2023

LANDTAG NORDRHEIN-WESTFALEN  
18. Wahlperiode

Gesetzentwurf

der Landesregierung

Zweites Gesetz zur Änderung der Landesbauordnung 2018

Produkt

A Produkt wird der gesetzliche Rahmen geschafft, der die Entwicklung der Infrastruktur und der Landesbauordnung nach sowie als Basis für das Bauaufgabengesetz, für das die Errichtung öffentlicher Gebäude und Anlagen sowie der Bauaufgaben des Bundes, der Länder und der Gemeinden vorgenommen ist. Gesetzliches Instrument ist sich daher mit den Zielvorgaben des Durchsetzungsgesetzes des Landes beschäftigt. Es kann ausgewählte Baugenehmigungen auf Basis Baugenehmigungen und regional bedeutsamer Bauaufgaben und Bauaufgaben des Landes beschäftigen. Das Gesetz schafft einen Rahmen, der die Baugenehmigungserstellung zu garantieren. Es soll das Bauaufgabengesetz am 1. Januar 2024 in Kraft treten. Das Gesetz ist ein Rechtsakt, der im Rahmen der Landesbauordnung 2018, welche bei Ministerium für Bau-, Wohnen und Verkehr am 29. September 2018 beschlossen wurde, erarbeitet und verabschiedet wurde. Der Gesetzestext ist im Internet unter [www.laer.nrw.de](http://www.laer.nrw.de) abrufbar.

B Lesung Ein Gesetz wird in mehreren Lesungen erörtert. Die erste Lesung ist die Präsentation des Gesetzesentwurfs. Die zweite Lesung ist die Abstimmung über den Gesetzesentwurf. Die dritte Lesung ist die Abstimmung über die Änderungen des Gesetzesentwurfs.

C Ratifizierung Ein Gesetz wird in einer Ratifizierung bestätigt. Die Ratifizierung ist eine Abstimmung über den Gesetzesentwurf. Die Ratifizierung ist eine Abstimmung über den Gesetzesentwurf.

Datum des Urteils: 02.05.2023 Abgelehnt: 02.05.2023 Abgelehnt: 02.05.2023 Abgelehnt:

Ratingen, 24.10.2023



## Ziele und Eckpunkte der Änderung der Landesbauordnung 2018

- Einsparung von CO2-Gebäudeemissionen und Beschleunigung des weiteren Ausbaus erneuerbarer Energien
- Förderung des nachhaltigen Bauens
- Erleichterung und Beschleunigung des weiteren Mobilfunkausbaus
- Erleichterung und Beschleunigung von Baugenehmigungsverfahren
- Einführung der kleinen Bauvorlageberechtigung



## Einsparung von CO<sub>2</sub>-Gebäudeemissionen und Beschleunigung des weiteren Ausbaus erneuerbarer Energien



### a) Ausbau der Windenergie

- Anforderungen an Windenergieanlagen, welche nicht durch CE-Kennzeichen und EG-Konformitätserklärung nach der **Maschinenrichtlinie** abgedeckt sind, unterliegen dem Anwendungsbereich der Landesbauordnung
- Im **Abstandsflächenrecht** werden Windenergieanlagen privilegiert
- Anwendung des vereinfachten **Baugenehmigungsverfahrens**
- Umsetzung der Richtlinie (EU) 2018/2001 – Abwicklung über eine **einheitliche Stelle**

- **Verfahrenshandbuch** für Projektentwicklerinnen und Projektentwickler, Bürgerinnen und Bürger



## b) Ausbau von Anlagen zur Erzeugung von Strom aus solarer Strahlungsenergie

- Mindestabstand von Solaranlagen zu Brandwänden wird aufgegeben
- Pflicht zur Installation von Photovoltaik-Anlagen auf Parkplatzflächen wird angepasst
- schrittweise Einführung einer umfassenden Solarpflicht auf Dächern
  - für Nichtwohngebäude ab dem 1. Januar 2024
  - für Wohngebäude ab dem 1. Januar 2025
  - für private und gewerbliche Bestandsgebäude bei umfassender Dachsanierung ab dem 1. Januar 2026
  - Konkretisierung durch Rechtsverordnung





### c) Ausbau von Wärmepumpen

- Die Errichtung von Wärmepumpen als wichtiger Baustein der Energiewende
- Wärmepumpen werden **abstandsflächenrechtlich** privilegiert
- Für Gas-Absorptions-Wärmepumpen werden **Erleichterungen** bei den Anforderungen an **Feuerungsanlagen** geschaffen.





## Maßnahmen zur Förderung des nachhaltigen Bauens

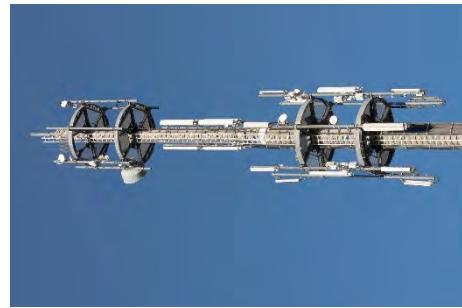


- Klarstellende Regelung zur **Begrünung bzw. Bepflanzung** nicht überbauter Flächen von bebauten Grundstücken - Schotterungen, Kunstrasen keine zulässige Verwendung
- Erweiterung der Abweichungsregelung:
  - Erleichterungen für die (Um-)Nutzung von Bestandsgebäuden
  - Erprobung **neuer Bau- und Wohnformen** als neuer Abweichungstatbestand



## Maßnahmen zur Erleichterung und Beschleunigung des weiteren Mobilfunkausbaus

- Grundsatz der **Abstandsfächepflicht** gilt nicht für Antennen im Außenbereich (maximalen Breite des Mastes von 1,50 Meter und einer Gesamthöhe von nicht mehr als 50 Metern)
- Weitere Ausweitung der **Verfahrensfreiheit**
  - Keine Höhenbegrenzung für freistehende Antennen im Außenbereich
    - Im Übrigen: 20m





## Maßnahmen zur Erleichterung und Beschleunigung von Baugenehmigungsverfahren

### Regulatorische Erleichterungen:

- Der **Katalog des § 62** wird für den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien - technologieoffen – erweitert
- **Erweiterung der Genehmigungsfreistellung um Wohngebäude der Gebäudeklasse 4**
- Reduzierung des **Prüfprogramm der Bauaufsichtsbehörden** im vereinfachten Baugenehmigungsverfahren
- Schriftformerfordernis wird durch Textform abgelöst





## Einführung der kleinen Bauvorlageberechtigung

- Die „kleine Bauvorlageberechtigung“ soll unter **Berücksichtigung von verbraucher- und wettbewerbsschützenden Anforderungen eingeführt werden.**



WV TB NRW



Ministerium für Heimat, Kommunales,  
Bau und Digitalisierung  
des Landes Nordrhein-Westfalen



## **Automatisiertes Inkrafttreten**

# Runderlass VV TB NRW vom 15.06.2021, geä. durch Rd-Erl. vom 18.10.2023:

„Sollten anschließend neue Ausgaben der MVV TB vom DIBt veröffentlicht werden, so gilt die zuletzt veröffentlichte Ausgabe der MVV TB **nach Ablauf von sechs Monaten** nach deren Veröffentlichung als VV TB NRW, ...“

+ 6 Monate

VV TB NRW  
18. Oktober  
2023

A QR code is located in the bottom right corner of the page, enclosed in a white border. It links to the book's page on the publisher's website.

## **Automatisiertes Inkrafttreten**

**Runderlass WV TB NRW** vom 15.06.2021, geä. durch Rd-Erl. vom  
18.10.2023:

„Sollten anschließend neue Ausgaben der MVV TB vom DIBt veröffentlicht werden, so gilt die zuletzt veröffentlichte Ausgabe der MVV TB **nach Ablauf von sechs Monaten** nach deren Veröffentlichung als Vw TB NRW, ...“

Veröffentlichung  
MVV TB 2023/1  
vom 17. April  
2023

VV TB NRW  
18. Oktober  
2023



**WV TB NRW**

Ministerium für Heimat, Kommunales,  
Bau und Digitalisierung  
des Landes Nordrhein-Westfalen



## Wesentliche Änderungen

Weitere Harmonisierung im Bereich der technischen Konkretisierungen /  
Regelsetzung

- A1 Mechanische Festigkeit und Standsicherheit → es gilt das Muster
- A 2 Brandschutz → Benennung der Landesvorschriften, insbesondere Garagen und Sonderbauten
- A 3 Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz → keine Anpassungen
- A 4 Sicherheit und Barrierefreiheit bei der Nutzung → Regelungen zu Treppen mustergetreu
- A 5 Schallschutz → es gilt das Muster
- A6 Wärmeschutz → es gilt das Muster

Durch entsprechende Änderungen reduziert sich der Umfang des landeseigenen Dokumentes von 38 Seiten auf 25 Seiten.



VW TB NRW

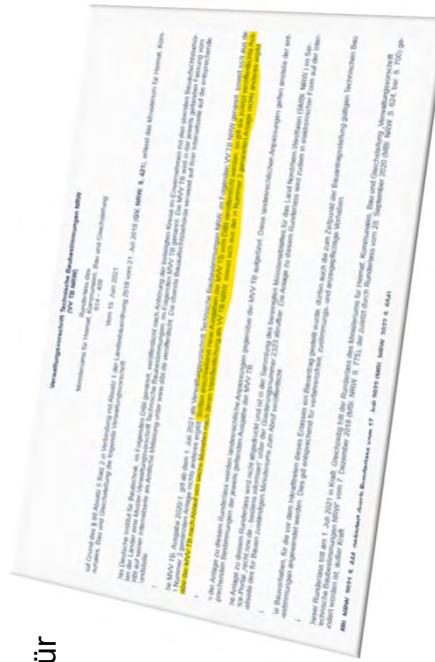
Ministerium für Heimat, Kommunales,  
Bau und Digitalisierung  
des Landes Nordrhein-Westfalen



## Übergangsvorschrift

Runderlass VW TB NRW vom 15. Juni 2021, geä. durch Rd-Erl. vom 17.07.2022:

„Für Bauvorhaben, für die vor dem Inkrafttreten dieses Erlasses ein Bauantrag gestellt wurde, dürfen auch die zum Zeitpunkt der Bauantragsstellung gültigen Technischen Baubestimmungen angewendet werden. Dies gilt entsprechend für verfahrensfreie, zustimmungs- und anzeigenpflichtige Vorhaben.“





## Anhörung gestartet...

Anhörung zur Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen – MVV TB Ausgabe 2024/1 wurde am 06.10.2023 gestartet!

Die beteiligten Kreise haben **bis zum 03. November 2023** die Möglichkeit, sich vorab über die beabsichtigten Änderungen der MVV TB – Ausgabe 2024/1 (Entwurf: Oktober 2023) zu informieren und ggf. hierzu Stellung zu nehmen.



## Modulbau



Ministerium für Heimat, Kommunales,  
Bau und Digitalisierung  
des Landes Nordrhein-Westfalen



## Feuerwiderstandsfähige Bauteile in Stahl-Modulbauweise: Information des DIBt zu den erforderlichen Nachweisen

Wie ist mit brandschutztechnischen Fragen in der Stahl-Modulbauweise umzugehen? Das DIBt hat hierzu eine Information veröffentlicht, die die Haltung des Instituts verdeutlicht.

Das Dokument wurde vom DIBt unter Berücksichtigung des aktuellen Erkenntnisstands in den maßgeblichen Sachverständigenausschüssen erarbeitet und mit den zuständigen Gremien der Bauministerkonferenz abgestimmt.





## Modulbau



Ministerium für Heimat, Kommunales,  
Bau und Digitalisierung  
des Landes Nordrhein-Westfalen

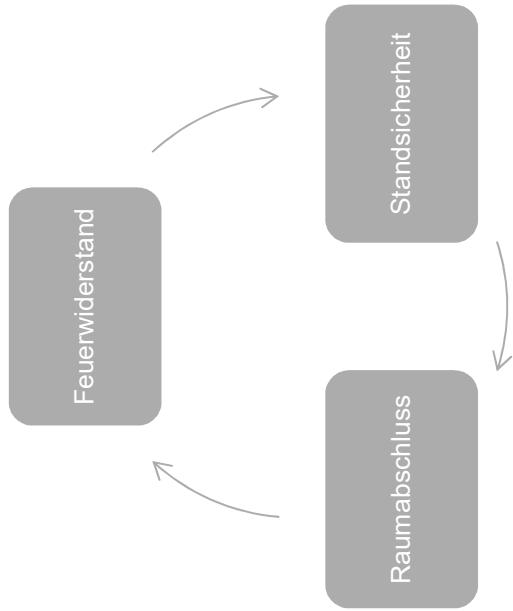
## Prüfung des Feuerwiderstands der tragenden Bauteile

Prüfung des Feuerwiderstands der tragenden Bauteile

A 2.1.4 VV TB NRW

Verformungen müssen überprüft werden, damit die Integrität der Plattenbekleidung sichergestellt werden kann

Nachweis der Standsicherheit nur mit Technischen Baubestimmungen zulässig, bei denen auch die Verformungen unter Brandeinwirkungen berücksichtigt werden.





## aus dem DIBt-Newsletter 3/2023 vom 06. Oktober 2023

### Barrierefrei auf der DIBt-Website unterwegs



06. Oktober 2023  
Barrierefrei sind Webaufritte dann, wenn sie für alle Menschen – mit und ohne Beeinträchtigung – zugänglich sind. Leider wird Barrierefreiheit (noch) nicht standardmäßig mitgeliefert...  
[Weiterlesen >](#)

### Anhörung zur Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen – MVV TB Ausgabe 2024/1



06. Oktober 2023  
Die beteiligten Kreise haben bis zum 3. November 2023 die Möglichkeit, sich vorab über die die beabsichtigten Änderungen der MVV TB – Ausgabe 2024/1 (Entwurf: Oktober 2023) zu informieren und ggf. hierzu Stellung zu nehmen.  
[Weiterlesen >](#)

### Elektronisches Siegel für abZ/aBG und ETAs



29. September 2023  
Seit Ende Mai 2023 tragen die allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen und allgemeinen Bauat genehmigungen ein elektronisches Siegel.  
[Weiterlesen >](#)

31. Bautechnisches Seminar Ratingen, 24.10.2023



Weitere Europäische Bewertungsdokumente (EADs) veröffentlicht

16. August 2023

Im Amtsblatt der Europäischen Union Reihe L 181/47 vom 18. Juli 2023 wurden 20 Europäische Bewertungsdokumente (EADs) durch den Durchführungsbeschluss (EU) 2023/1473 der Kommission vom 17. Juli 2023 veröffentlicht.

[PDF](#) EAD-Liste Verzeichnis der Fundstellen Europäischer Bewertungsdokumente (35 Seiten)

Zuletzt aktualisiert: 19. Juli 2023

[Weiterlesen >](#)

Feuerwiderstandsfähige Bauteile in Stahl-Modulbauweise: Information des DIBt zu den erforderlichen Nachweisen

11. August 2023

Modulbauweise umzugehen? Das DIBt hat hierzu eine Information veröffentlicht.

[PDF](#) Ver- und Anwendbarkeitsnachweise für feuerwiderstandsfähige Bauteile in Stahl-Modulbauweise (3 Seiten)

Stand: 10. August 2023

[Weiterlesen >](#)

Novelle der Bauproduktverordnung: Trilog startet noch vor Sommerpause

17. Juli 2023

Um die Novelle der Bauproduktverordnung weiter voranzubringen, haben sich die Partner im europäischen Gesetzgebungsverfahren auf einen Trilog verständigt.

[Weiterlesen >](#)



Ministerium für Heimat, Kommunales,  
Bau und Digitalisierung  
des Landes Nordrhein-Westfalen



**Viel Dank für Ihre Aufmerksamkeit und auf  
Wiedersehen im nächsten Jahr!**

Ministerium für Heimat, Kommunales  
Bau und Digitalisierung  
des Landes Nordrhein-Westfalen  
Jürgensplatz 1  
40219 Düsseldorf

Telefon: 0211 8618-50  
Telefax: 0211 8618-54444

[www.mhkbd.nrw](http://www.mhkbd.nrw)  
[info@mhkbd.nrw.de](mailto:info@mhkbd.nrw.de)

