

**Dr.-Ing. Thoralf Kästner**

Professur für Stahlbau

# Ringvorlesung IG-BAU

## Nachhaltige Tragwerksplanung

Dresden, 20.12.2022

# Vorstellung

## Dr.-Ing. Thoralf Kästner

- 10/2010 – 01/2016: Studium des Bauingenieurwesens von an der TU Dresden mit der Vertiefung Konstruktiver Ingenieurbau
- 03/2016 – 03/2023: Wissenschaftlicher Mitarbeiter Professur für Stahlbau der TU Dresden
- 05/2022: Promotion zum Thema: „Zum Einfluss der Fertigungsparameter auf die mechanischen Eigenschaften von Schweißverbindungen höherfester Stähle“
- ab 04/2023: Projektleiter im Technischen Büro bei Züblin Stahlbau GmbH



### Kontaktmöglichkeiten:

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/Thoralf-Kaestner>  
E-Mail: [thoralf.kaestner@tu-dresden.de](mailto:thoralf.kaestner@tu-dresden.de)  
Telefon: 0351/463-32819

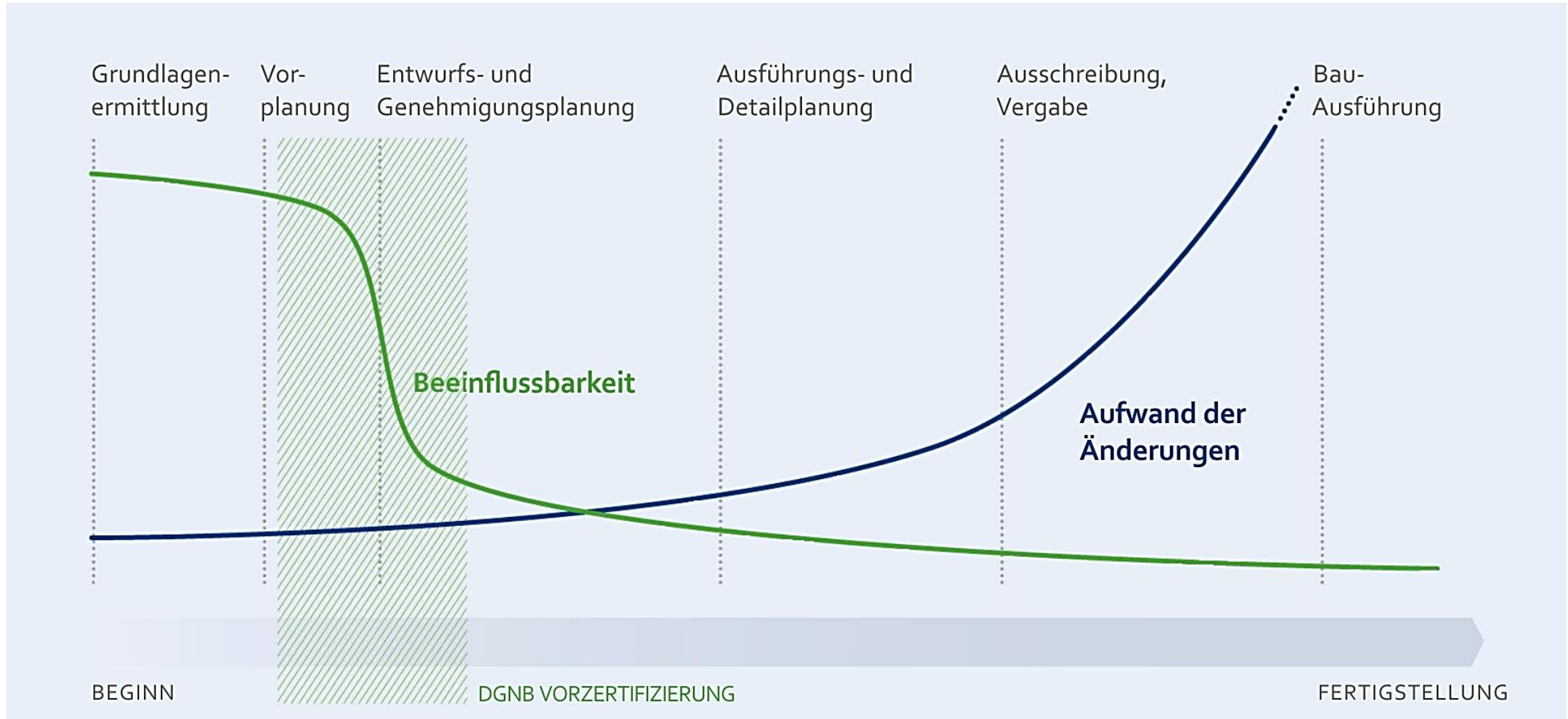
# Einführung

## Abgrenzung des Begriffs Tragwerksplanung



# Einführung

## Abgrenzung des Begriffs Tragwerksplanung



# Einführung

Was bedeutet nachhaltige Tragwerksplanung für dich?

Zugang zur Umfrage:



# Einführung

## Schwerpunkte des Vortrages

### Tragwerk:



### Werkstoffe und Bauteile:



# Tragwerksplanung

## Einleitung



# Tragwerksplanung

## Nutzungsanforderungen früher und heute



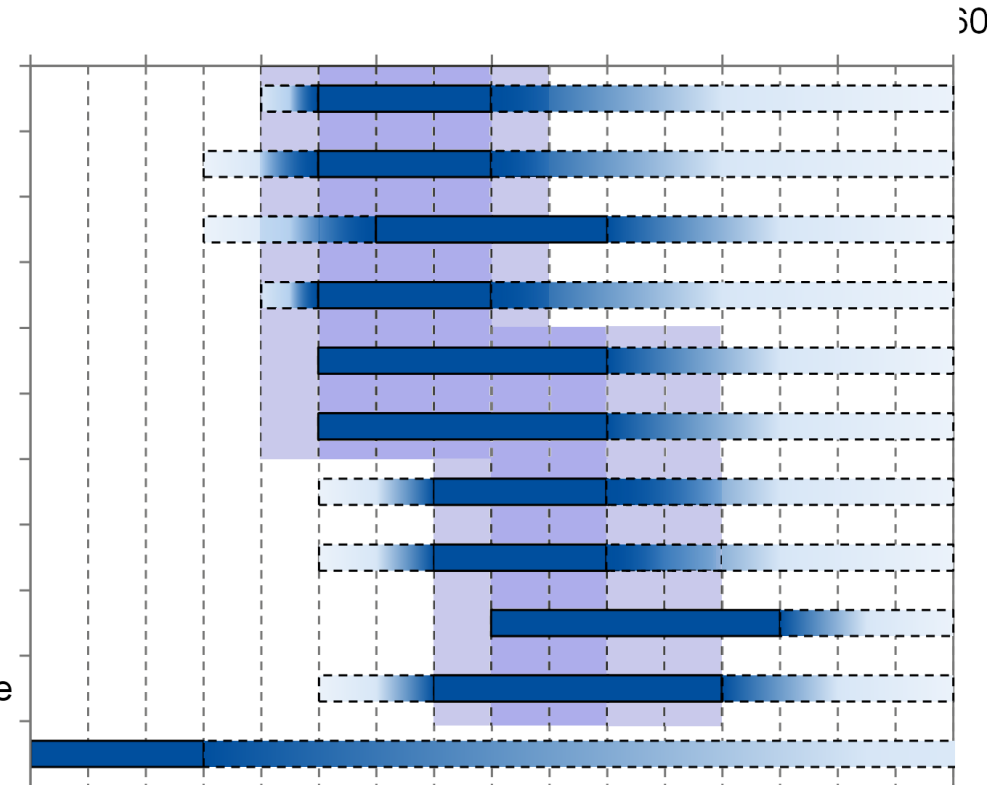
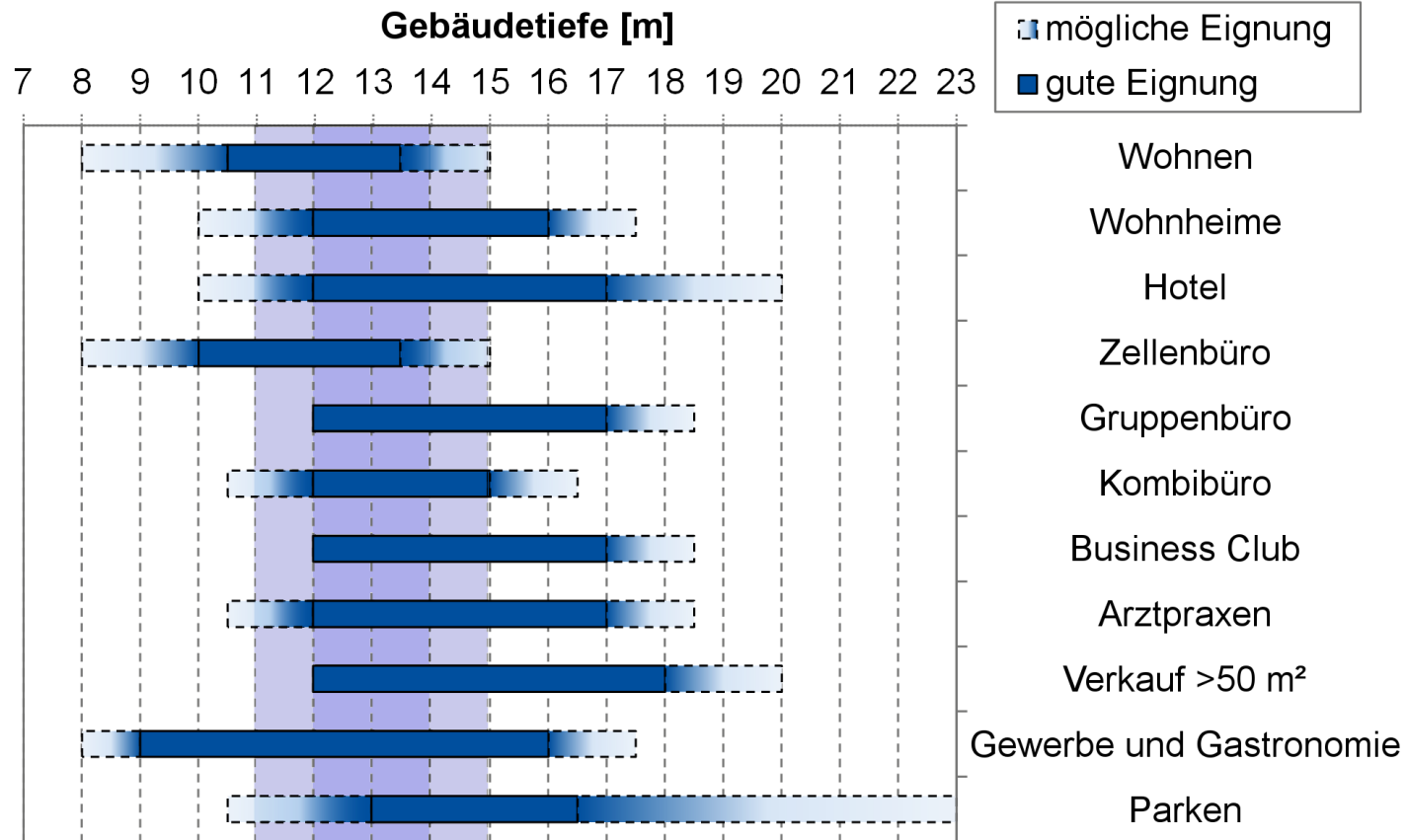
Ingenieurbüro 1960er Jahre



Ingenieurbüro 2010er Jahre

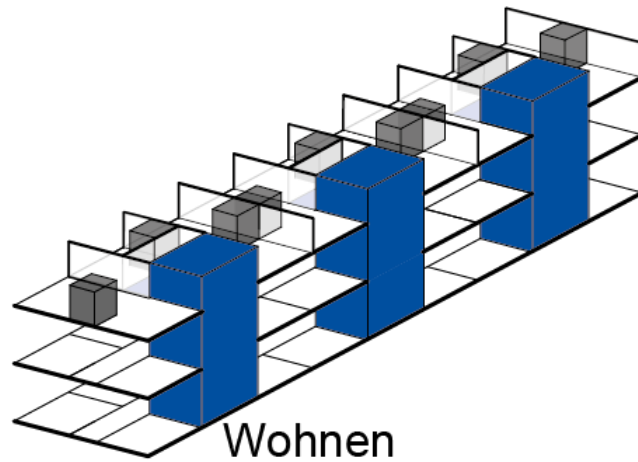
# Tragwerksplanung

## Nutzungsabhängige Erschließung und Gebäudeabmessungen

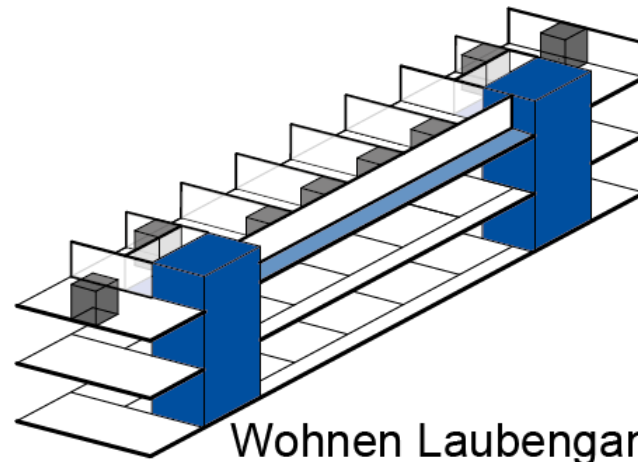


# Tragwerksplanung

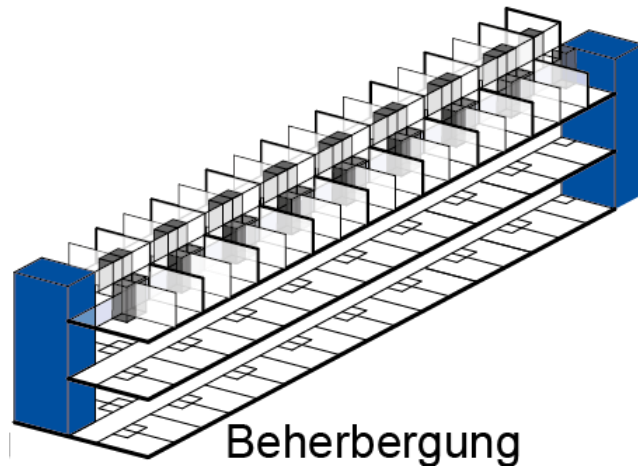
## Nutzungsabhängige Erschließung und Gebäudeabmessungen



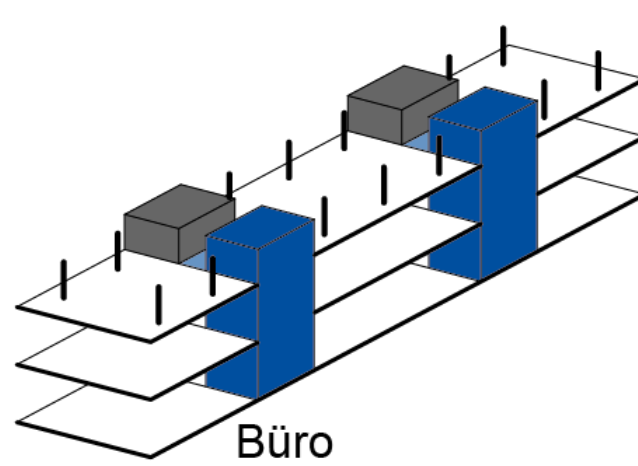
Wohnen



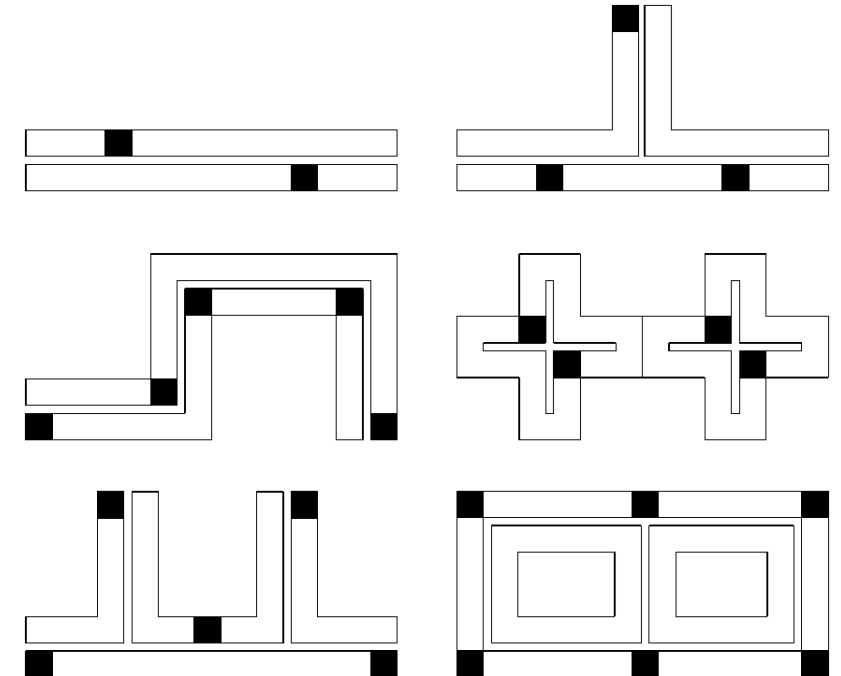
Wohnen Laubengang



Beherbergung

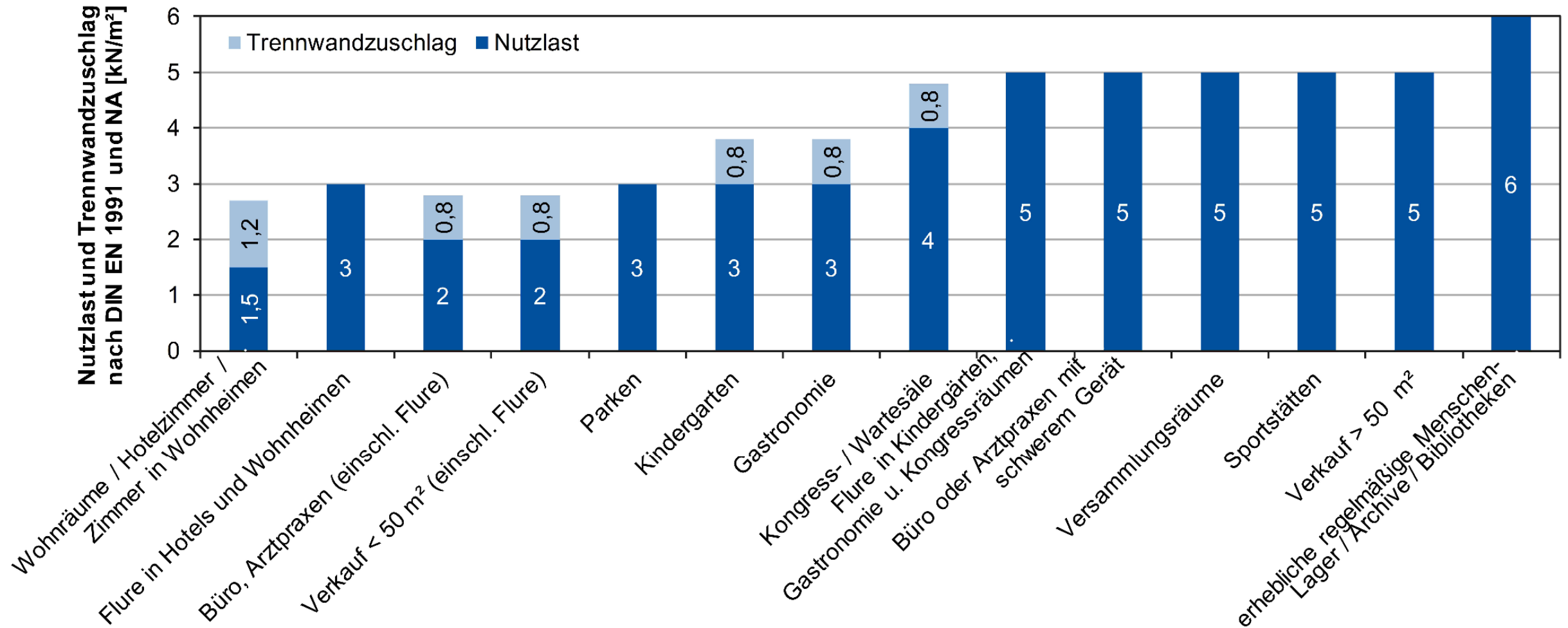


Büro



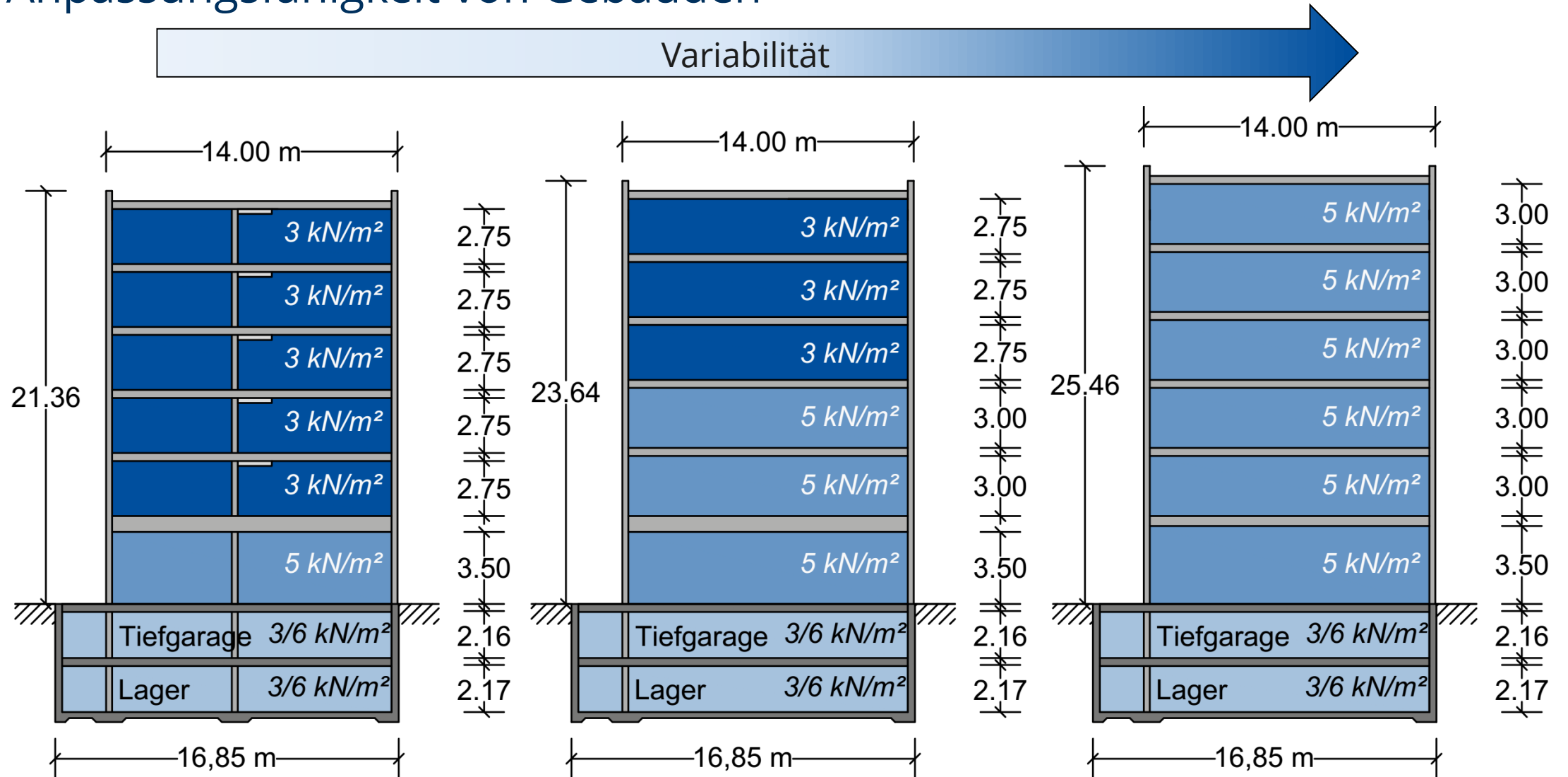
# Tragwerksplanung

## Nutzungsabhängige Lastannahmen



# Tragwerksplanung

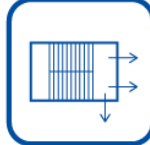
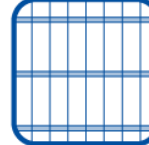
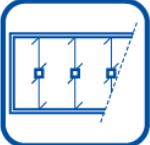
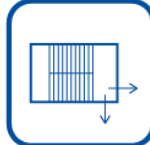
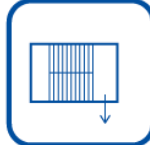
## Anpassungsfähigkeit von Gebäuden



# Tragwerksplanung

## Anpassungsfähigkeit von Gebäuden

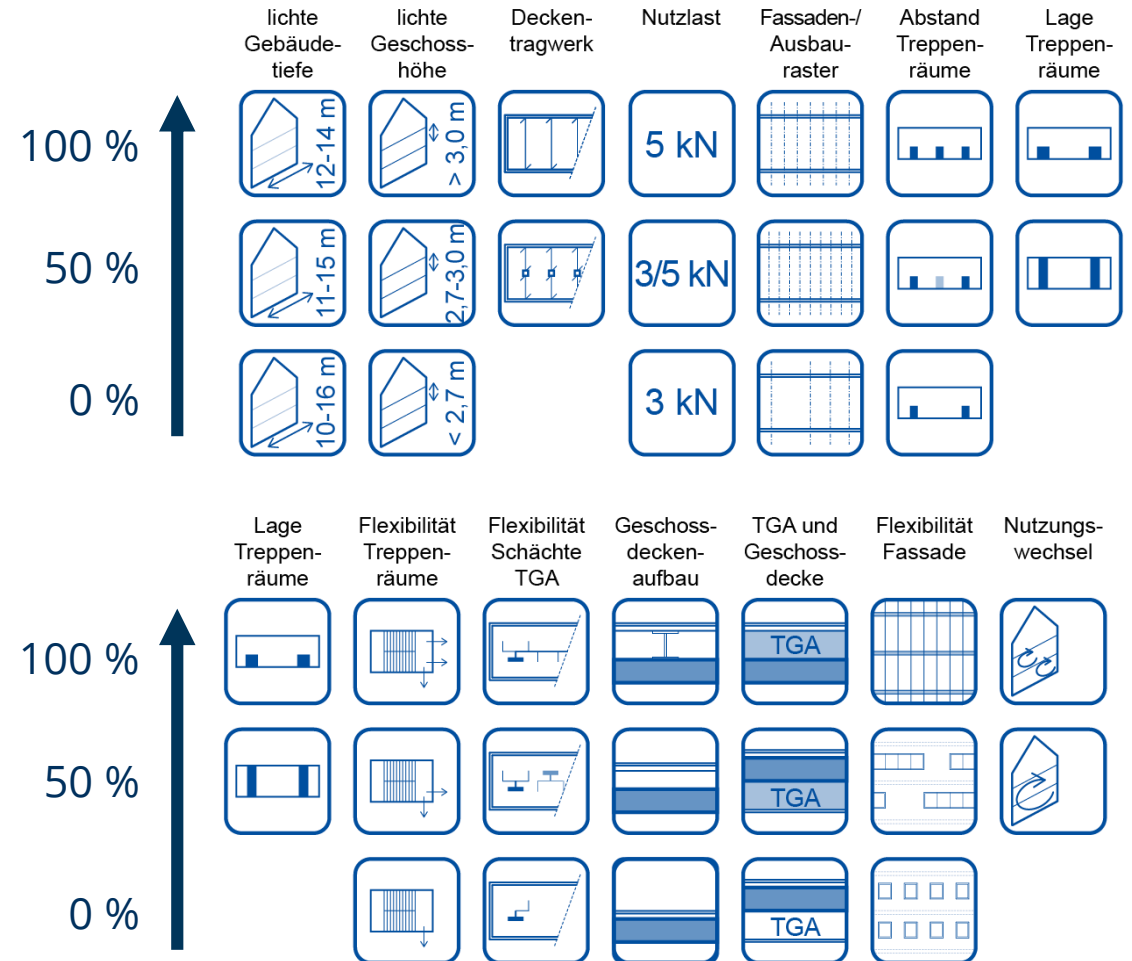
Zunahme der Anpassungsfähigkeit ↑

| lichte Gebäude-tiefe                                                               | lichte Geschoss-höhe                                                               | Decken-tragwerk                                                                   | Nutzlast | Fassaden-/Ausbau-raster                                                            | Abstand Treppen-räume                                                               | Lage Treppen-räume                                                                  | Flexibilität Treppen-räume                                                           | Flexibilität Schächte TGA                                                            | Geschoss-decken-aufbau                                                               | TGA und Geschoss-decke                                                               | Flexibilität Fassade                                                                 | Nutzungs-wechsel                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|   |   |  | 5 kN     |   |   |  |   |   |   |   |   |  |
|   |   |  | 3/5 kN   |   |   |  |   |   |   |   |   |  |
|  |  |                                                                                   | 3 kN     |  |  |                                                                                     |  |  |  |  |  |                                                                                     |

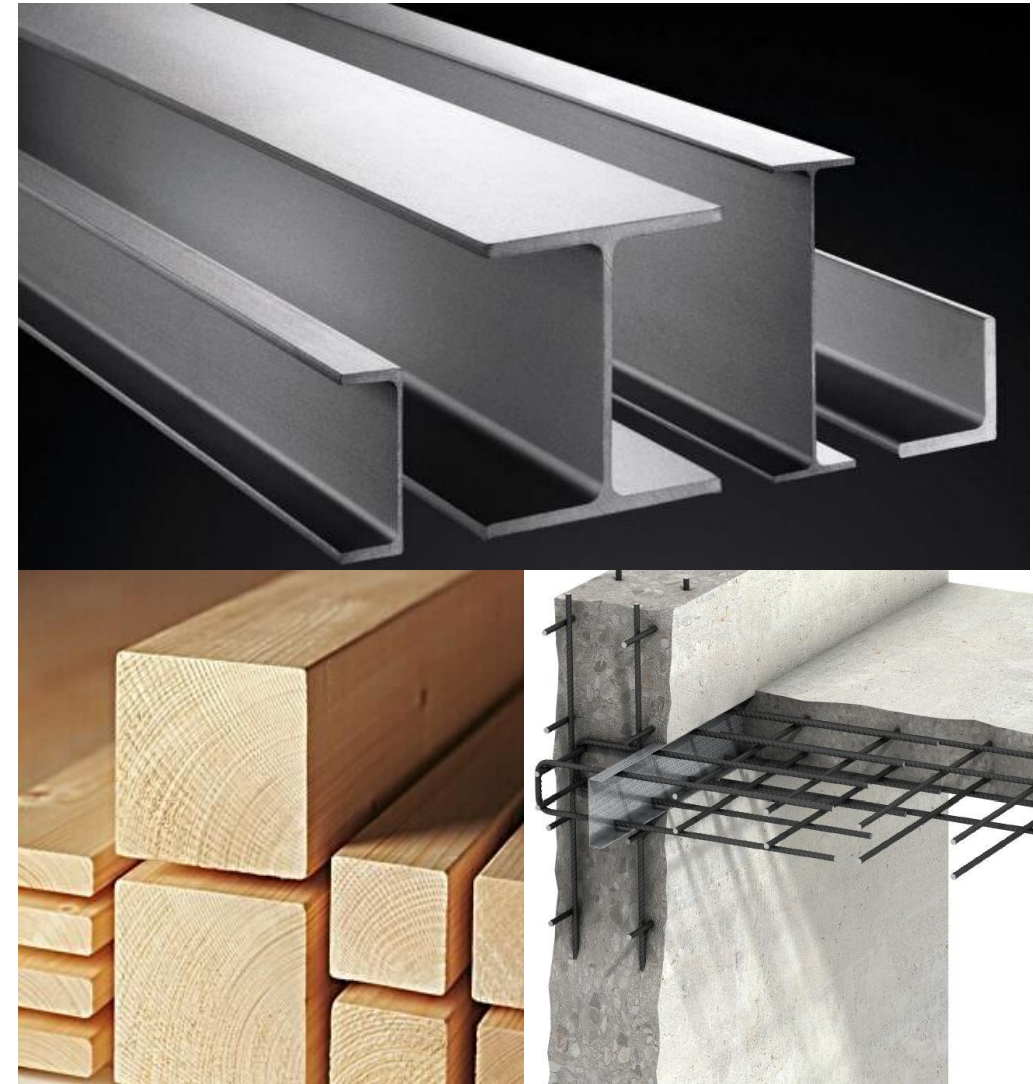
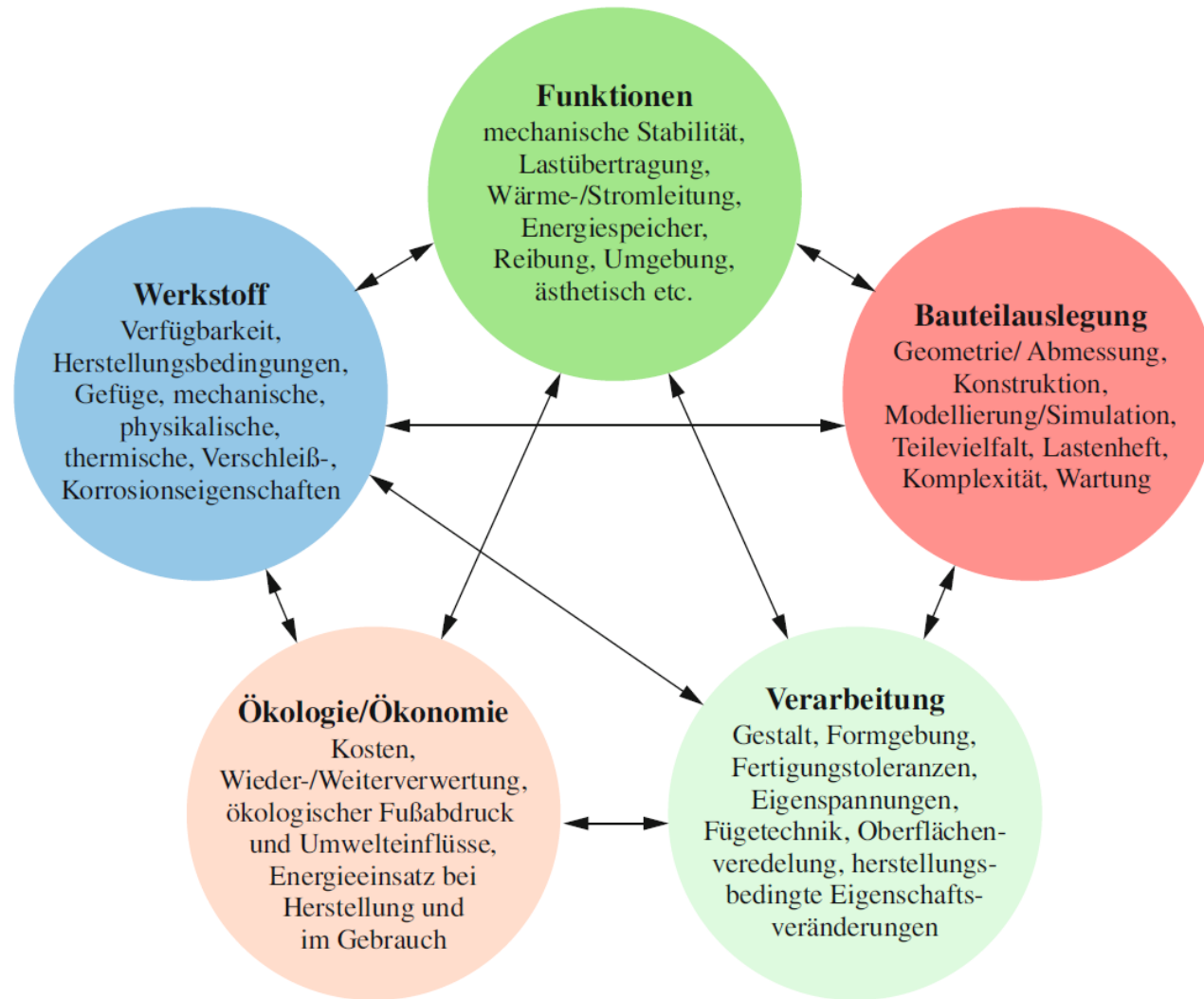
# Tragwerksplanung

Welchen Anpassungsgrad hältst du für angemessen?

Zugang zur Umfrage:



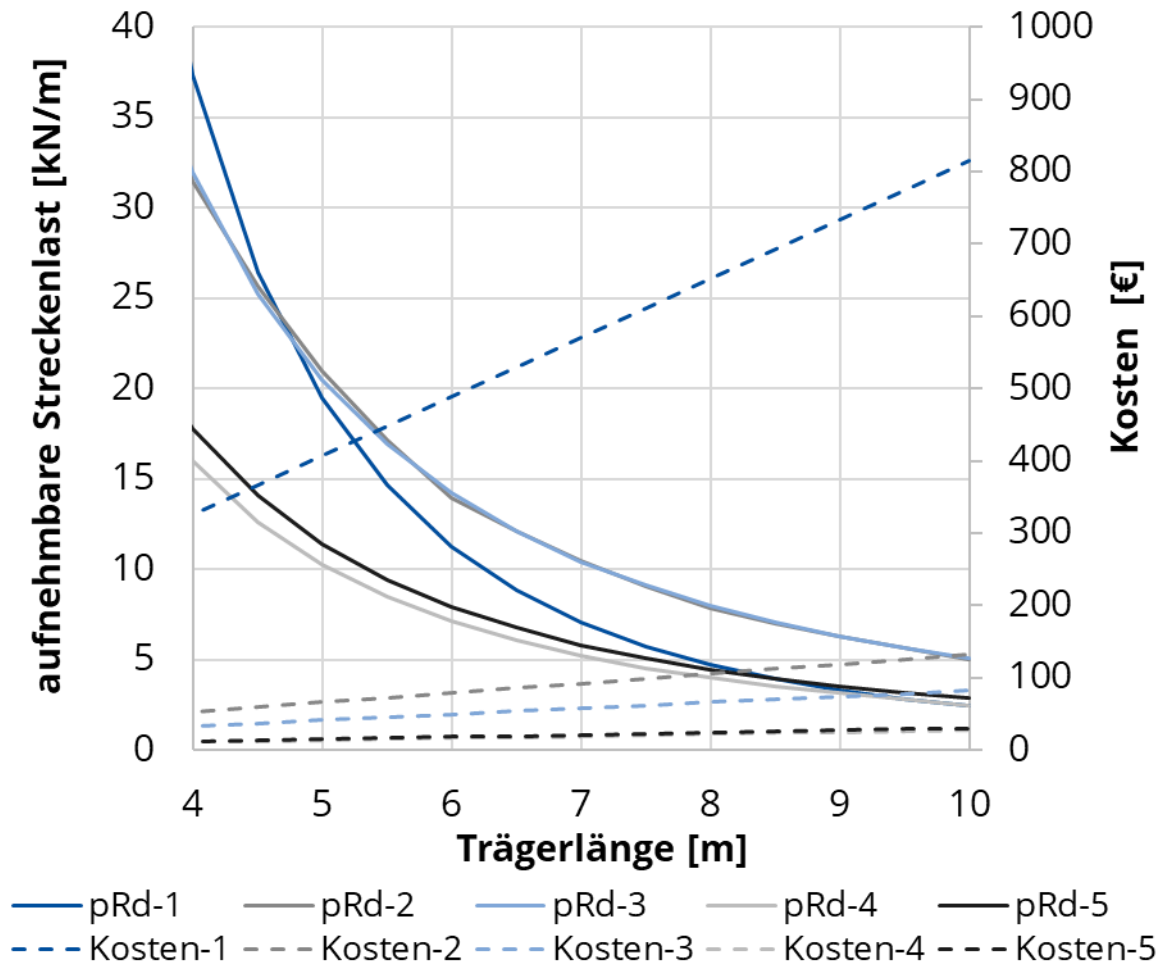
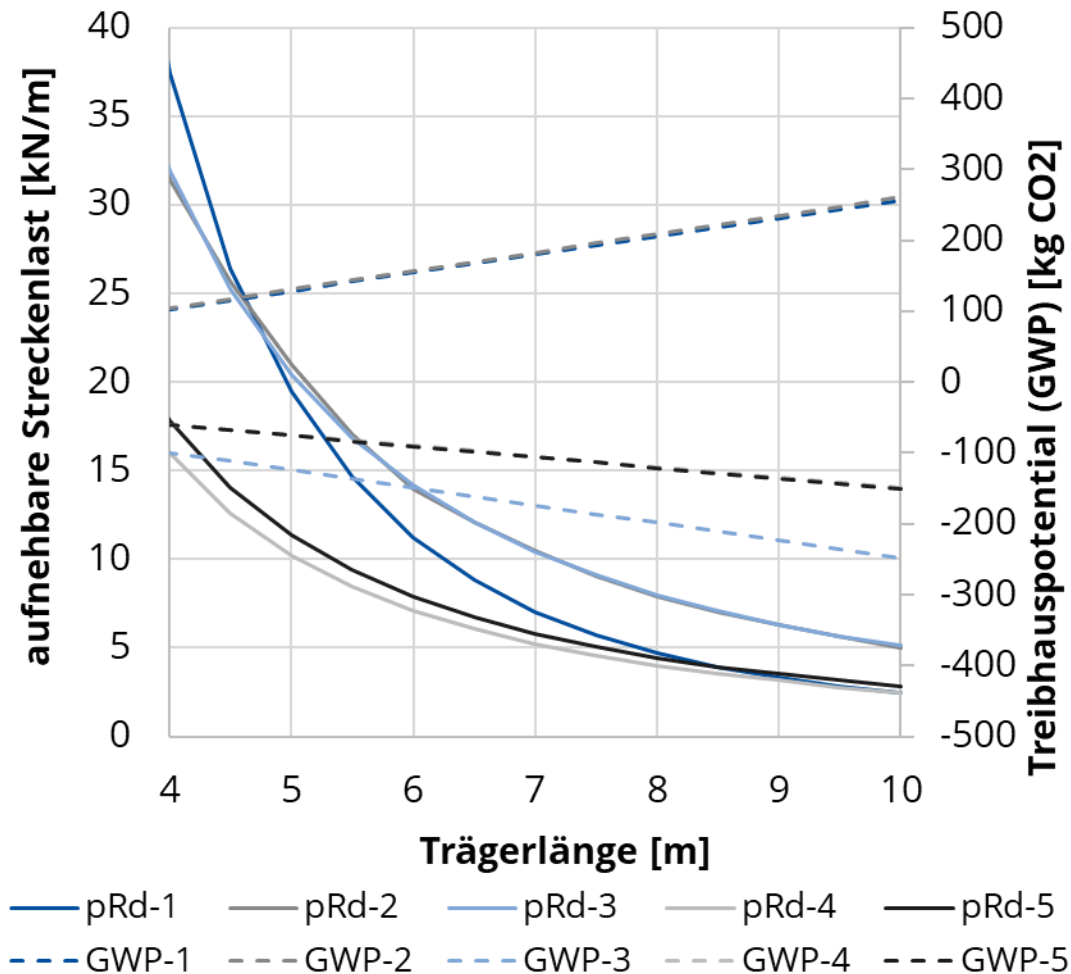
# Bauteil Kriterien



# Bauteil

## Anwendung der Kriterien

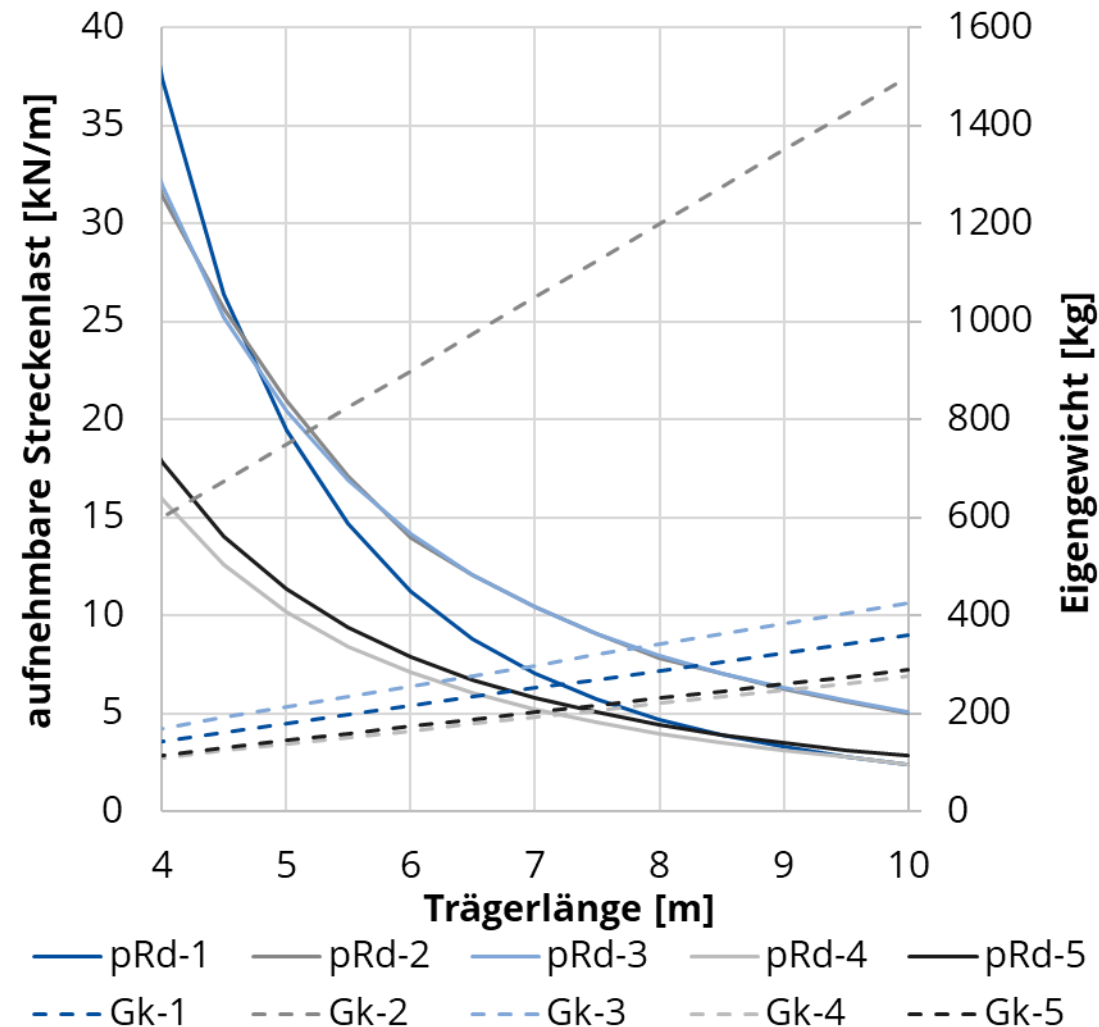
|  |                       |
|--|-----------------------|
|  | IPE 270; S355         |
|  | 20/30; 4 Ø 20; C30/37 |
|  | 20/28; D60            |
|  | 20/28; C30            |
|  | 20/30; GL24h          |



# Bauteil

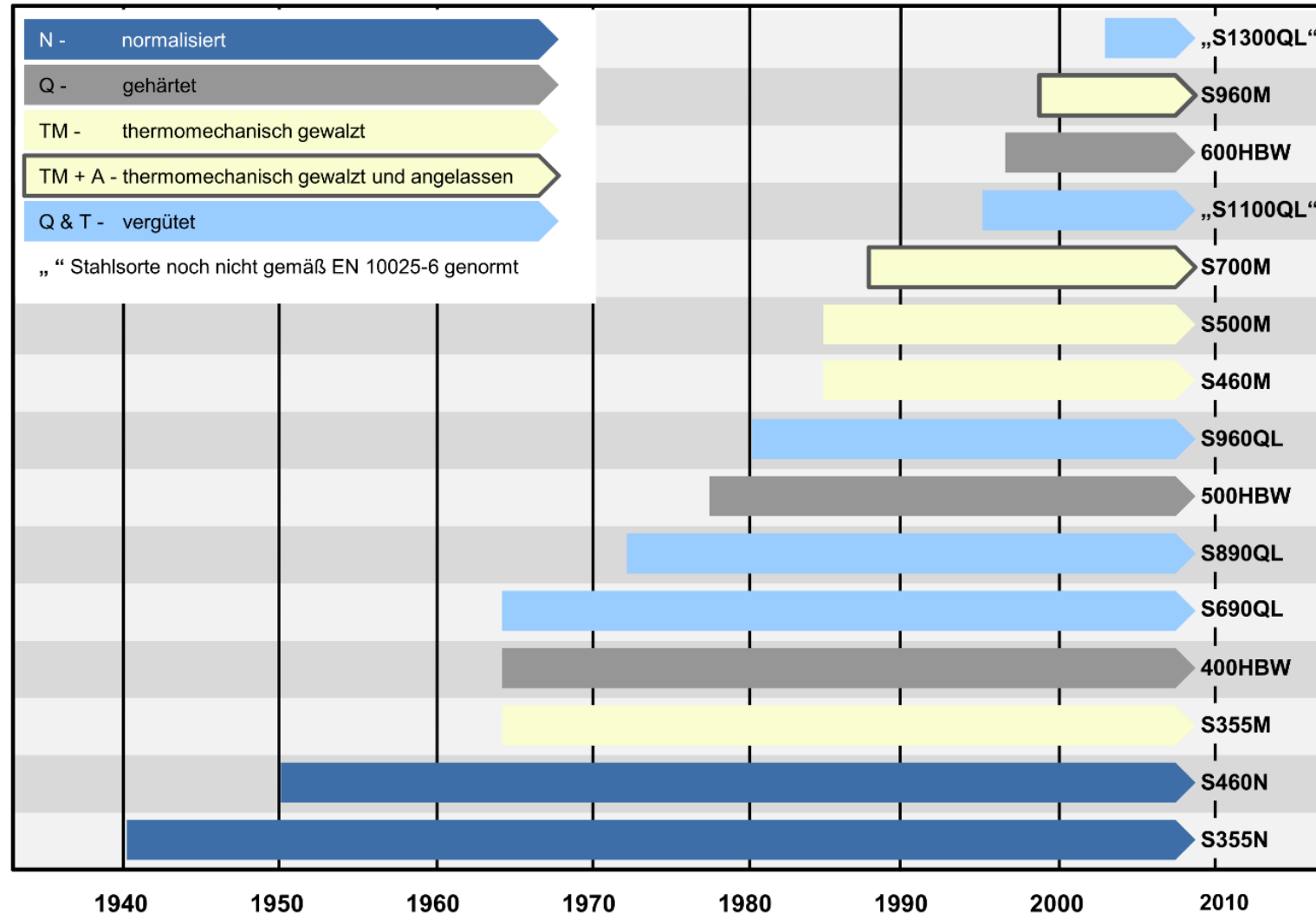
## Anwendung der Kriterien

|  |                       |
|--|-----------------------|
|  | IPE 270; S355         |
|  | 20/30; 4 Ø 20; C30/37 |
|  | 20/28; D60            |
|  | 20/28; C30            |
|  | 20/30; GL24h          |



# Bauteil

## Verbesserung der Werkstoffeigenschaften

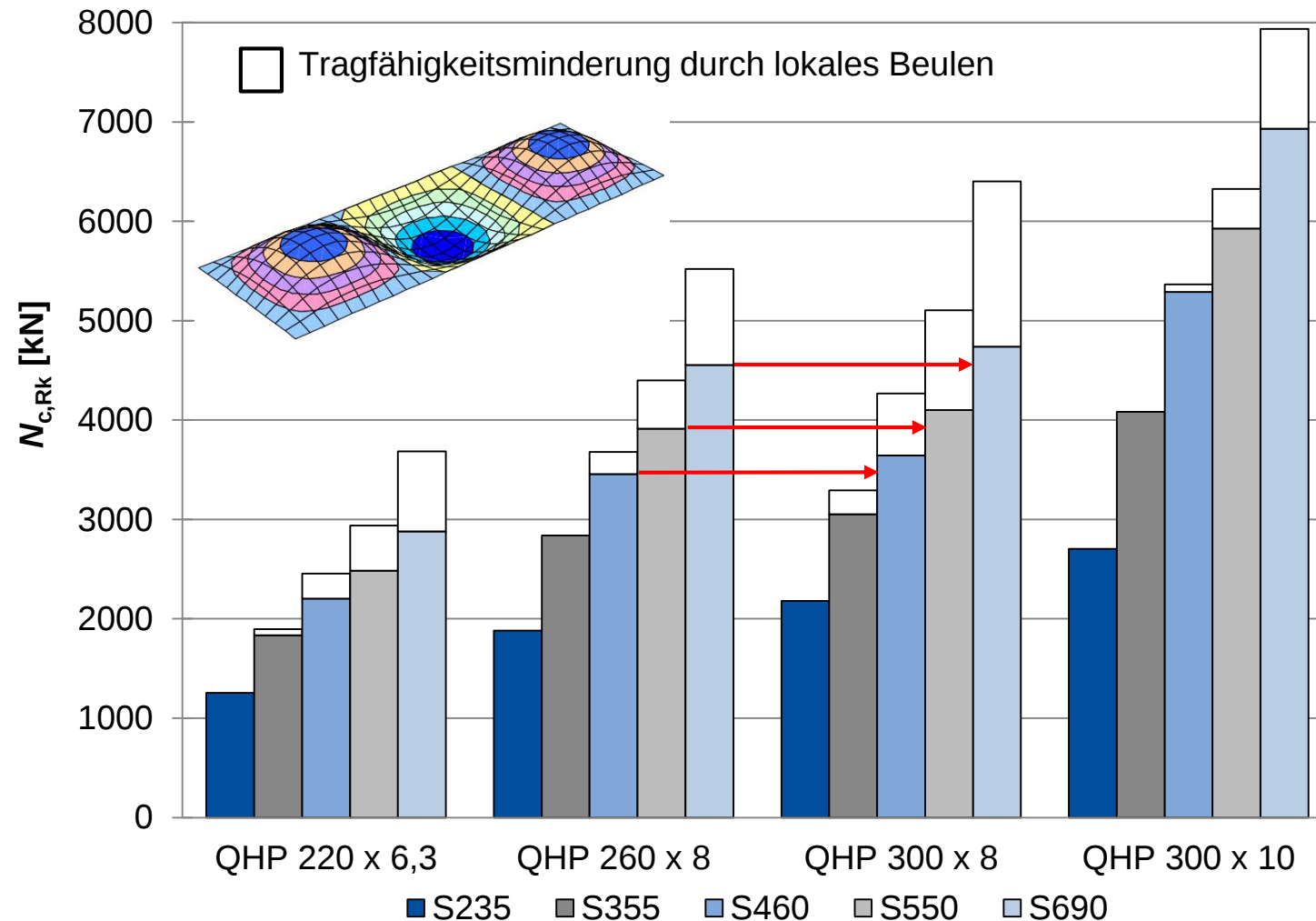


| Druckfestigkeitsklasse | fck,cyl [N/mm²] | fck, cube [N/mm²] | Betonart                |
|------------------------|-----------------|-------------------|-------------------------|
| C8/10                  | 8               | 10                | Normal- und Schwerbeton |
| C12/15                 | 12              | 15                |                         |
| C16/20                 | 16              | 20                |                         |
| C20/25                 | 20              | 25                |                         |
| C25/30                 | 25              | 30                |                         |
| C30/37                 | 30              | 37                |                         |
| C35/45                 | 35              | 45                |                         |
| C40/50                 | 40              | 50                |                         |
| C45/55                 | 45              | 55                | Hochfester Beton        |
| C50/60                 | 50              | 60                |                         |
| C55/67                 | 55              | 67                |                         |
| C60/75                 | 60              | 75                |                         |
| C70/85                 | 70              | 85                |                         |
| C80/95                 | 80              | 95                |                         |
| C90/105*               | 90              | 105               |                         |
| C100/115*              | 100             | 115               |                         |

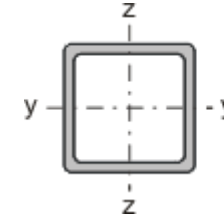
\* allgemeine bauaufsichtliche Zulassung / Zustimmung im Einzelfall (ZiE) erforderlich

# Bauteil

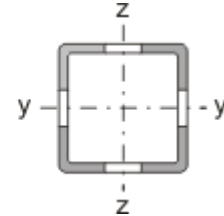
## Verbesserung der Werkstoffeigenschaften– Querschnittstragfähigkeit



**Brutto-  
querschnitt**



**Netto-  
querschnitt**



**Tragsicherheitsnachweis:**

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1,0$$

**QSK 1 bis 3:**

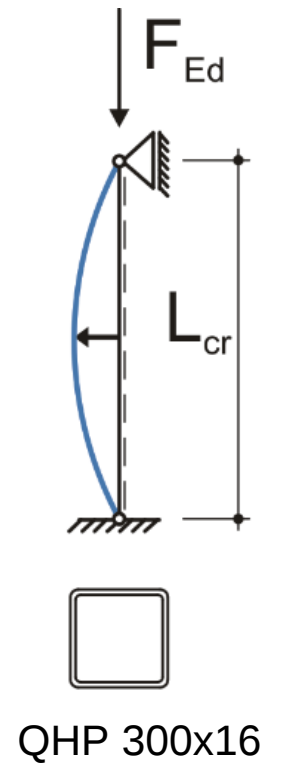
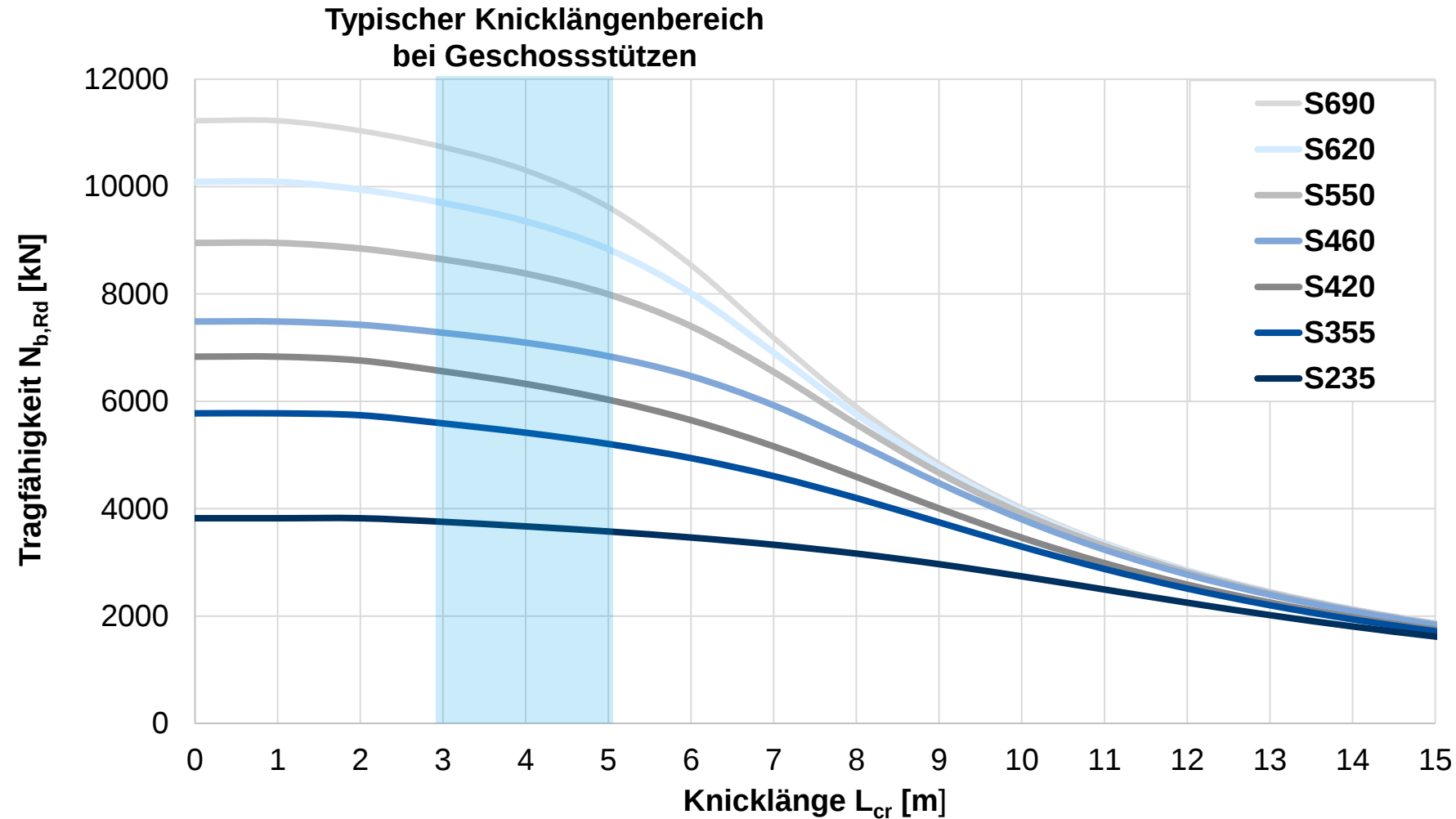
$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

**QSK 4:**

$$N_{c,Rd} = \frac{A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

# Bauteil

## Verbesserung der Werkstoffeigenschaften – Biegeknicktragfähigkeit



# Bauteil

## Verbesserung der Werkstoffeigenschaften – Biegeknicktragfähigkeit

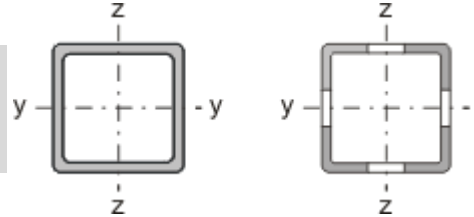
### Einfluss des Biegeknickens

QSK 1 bis 3:

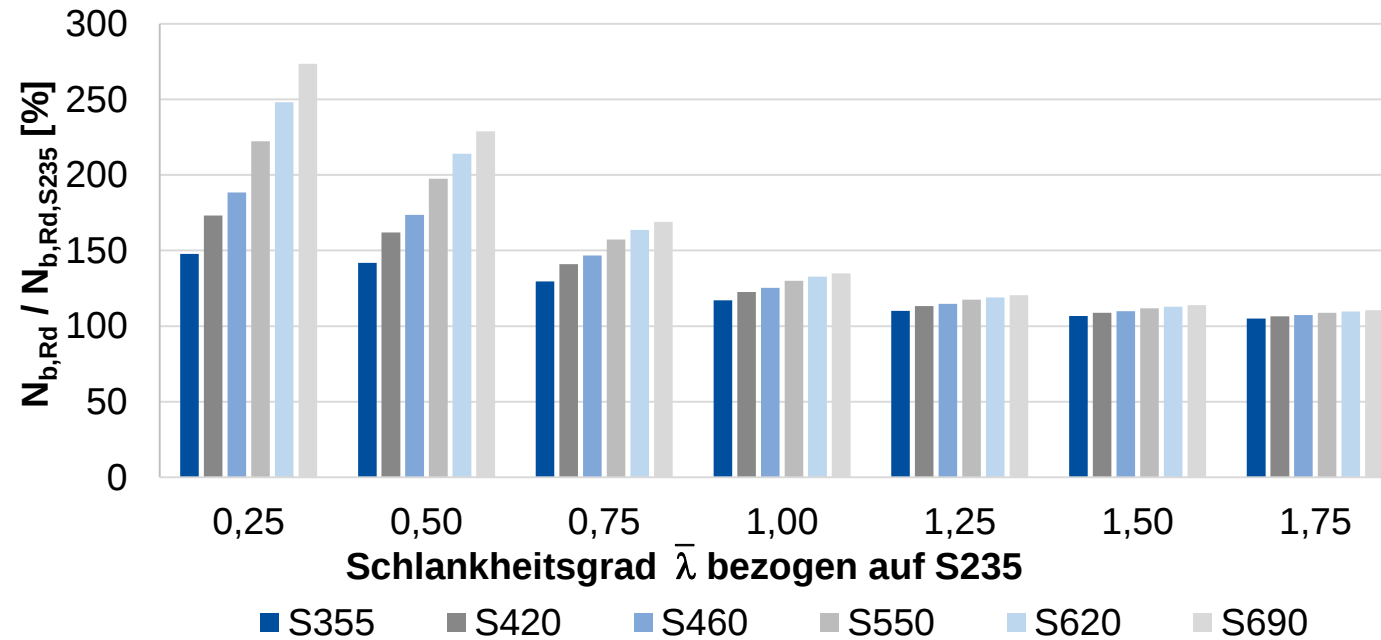
$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

QSK 4:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$



Knicklinie b:

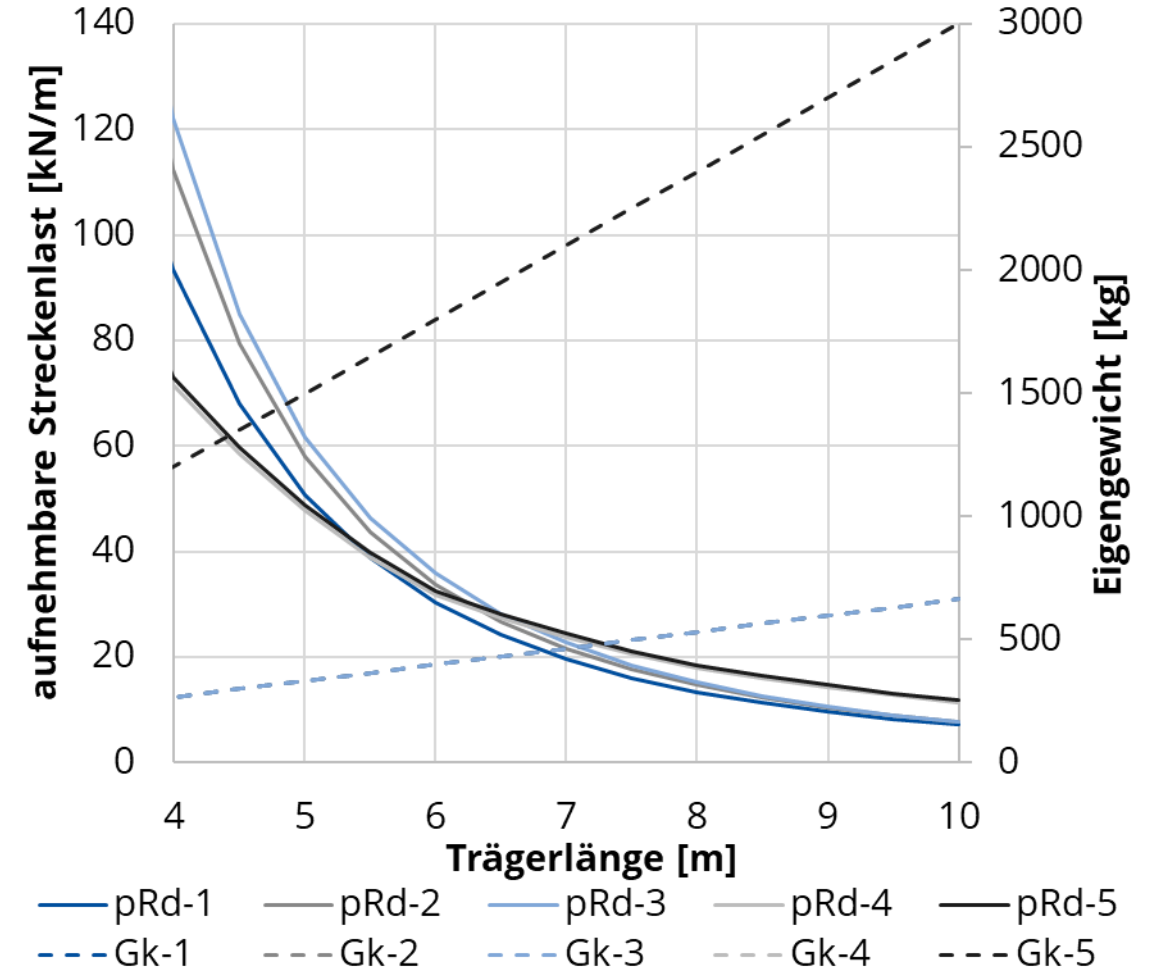
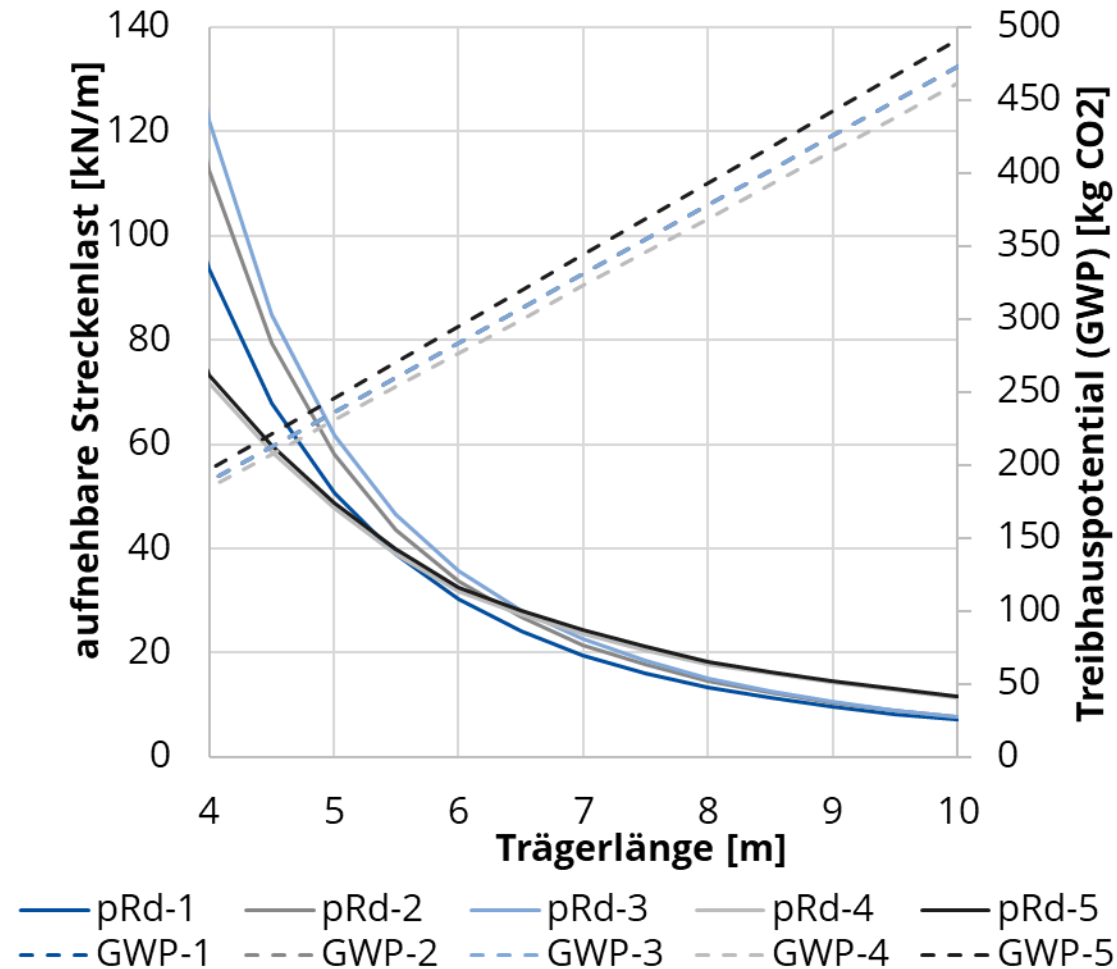


| Querschnitt                    |  | Begrenzungen                                                   | Ausweichen rechtwinklig zur Achse | Knicklinie    |                |
|--------------------------------|--|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------|----------------|
|                                |  |                                                                |                                   | S 235 – S 420 | S 460 – S 700  |
| gewalzte I-Querschnitte        |  | h/b > 1,2                                                      | y-y                               | a             | a <sub>0</sub> |
|                                |  |                                                                | z-z                               | b             | a              |
|                                |  | h/b ≤ 1,2                                                      | y-y                               | b             | a              |
|                                |  |                                                                | z-z                               | c             | b              |
| Geschweißte I-Querschnitte     |  | t_f ≤ 40 mm                                                    | y-y                               | b             | b              |
|                                |  |                                                                | z-z                               | c             | c              |
|                                |  | t_f > 40 mm                                                    | y-y                               | c             | c              |
|                                |  |                                                                | z-z                               | d             | d              |
| Hohlquerschnitte               |  | warmgefertigte                                                 | jede                              | a             | a <sub>0</sub> |
|                                |  | kaltgefertigte                                                 | jede                              | c             | c              |
| Geschweißte Kastenquerschnitte |  | allgemein (außer den Fällen der nächsten Zeile)                | jede                              | b             | b              |
|                                |  | dicke Schweißnähte:<br>a > 0,5 t_f<br>b/t_f < 30<br>h/t_w < 30 | jede                              | c             | c              |

# Bauteil

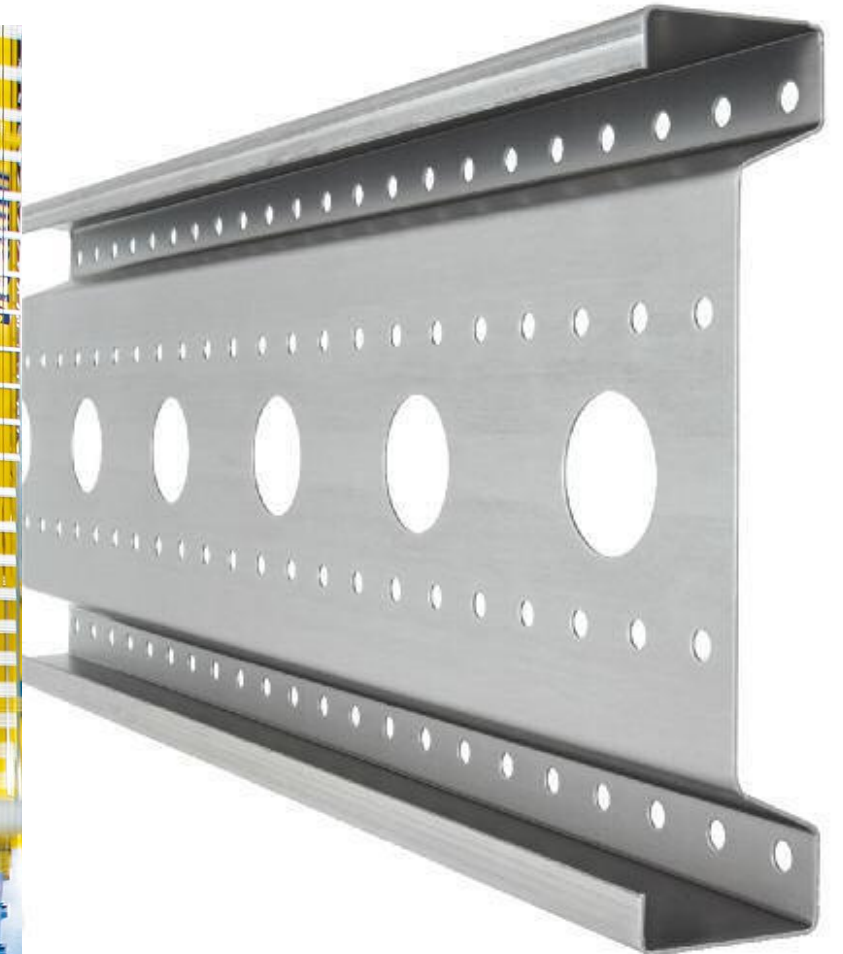
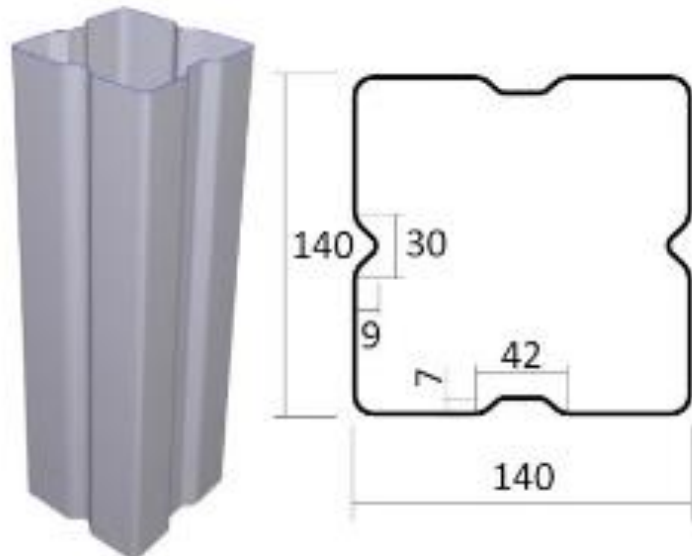
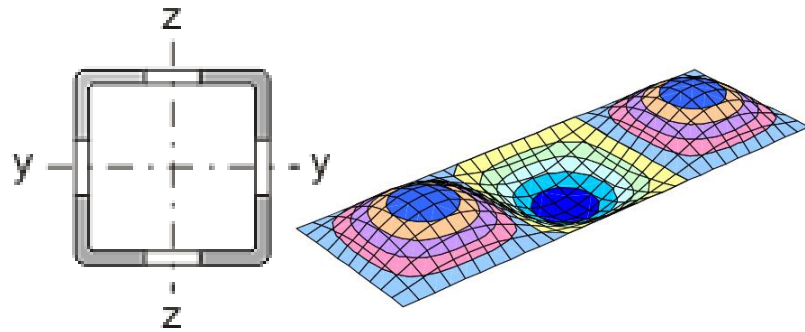
## Verbesserung der Werkstoffeigenschaften

|  |                       |
|--|-----------------------|
|  | IPE 400; S235         |
|  | IPE 400; S355         |
|  | IPE 400; S460         |
|  | 30/40; 4 Ø 25; C30/37 |
|  | 30/40; 4 Ø 25; C35/45 |



# Bauteil

## Bauteiloptimierung – Querschnitt



# Bauteil

## Bauteiloptimierung – Querschnitt; Einsatzbeispiel



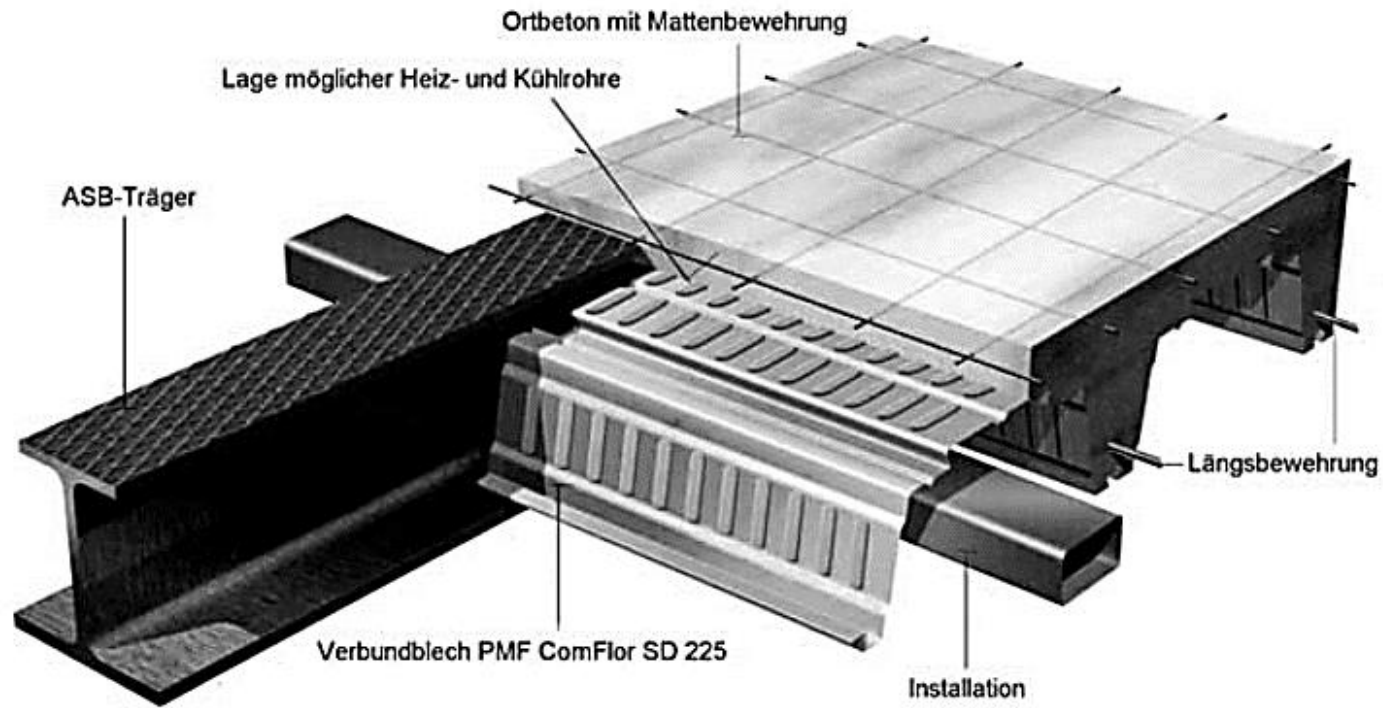
# Bauteil

## Bauteiloptimierung – Querschnitt und Material



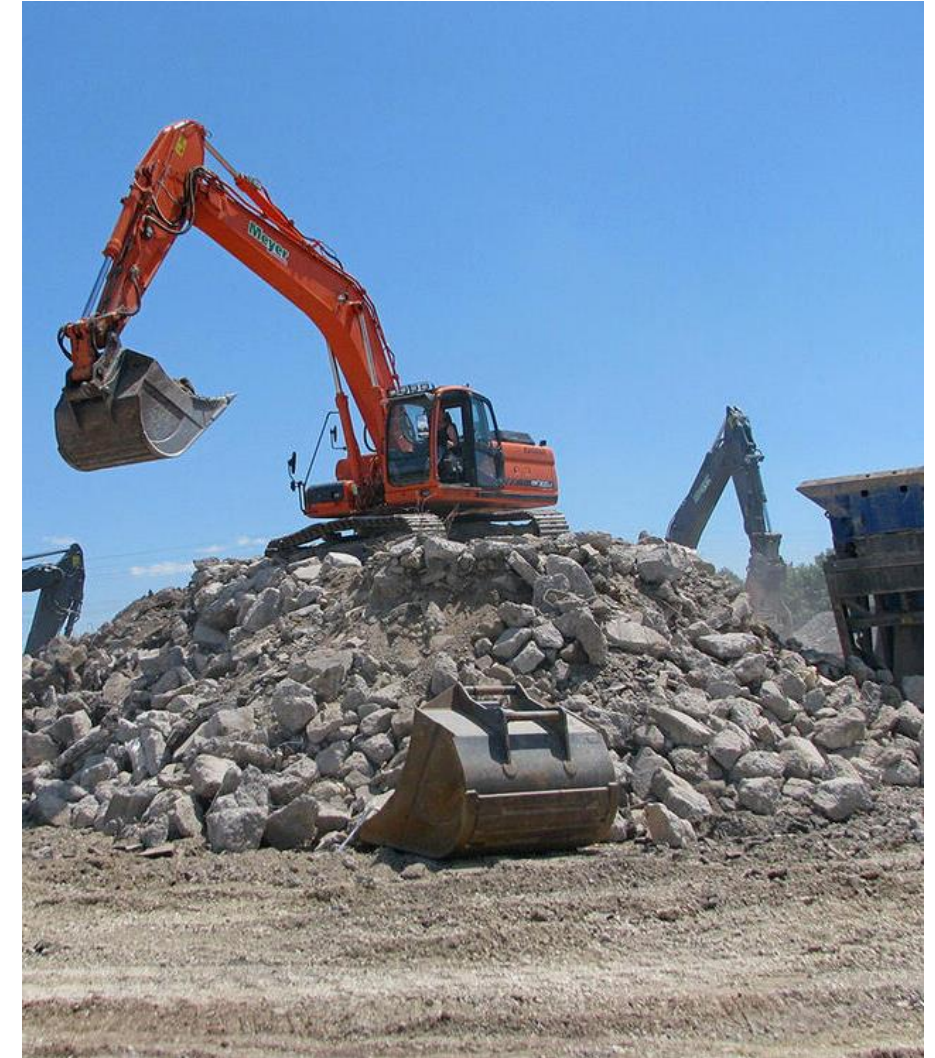
# Bauteil

## Bauteiloptimierung – Material



# Bauteil

## Recycling – Rückbau von Gebäuden



# Bauteil

## Recycling – Rückbau von Gebäuden



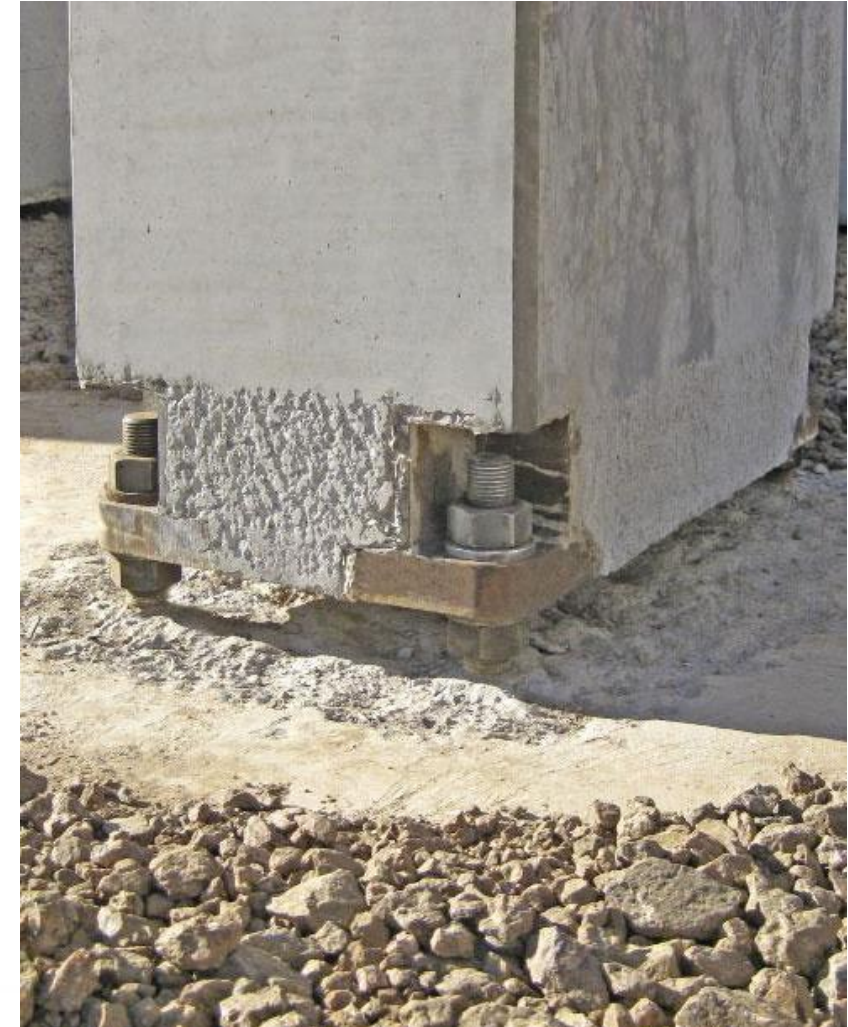
# Bauteil

## Recycling – Wiederverwendung



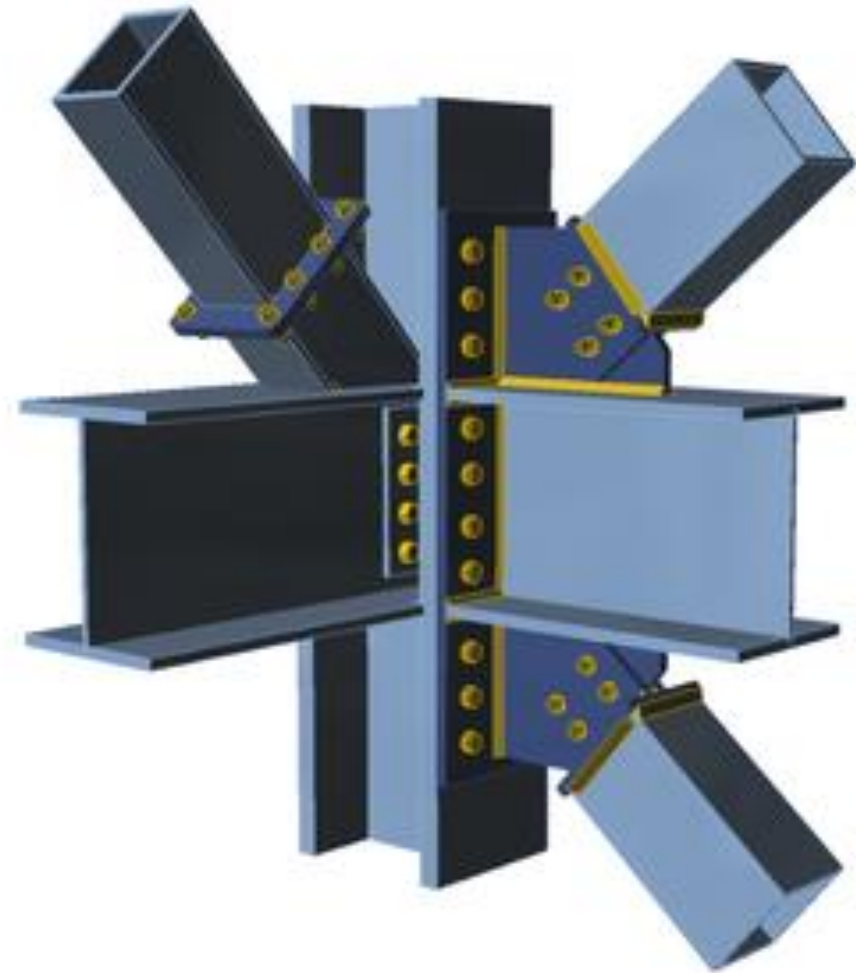
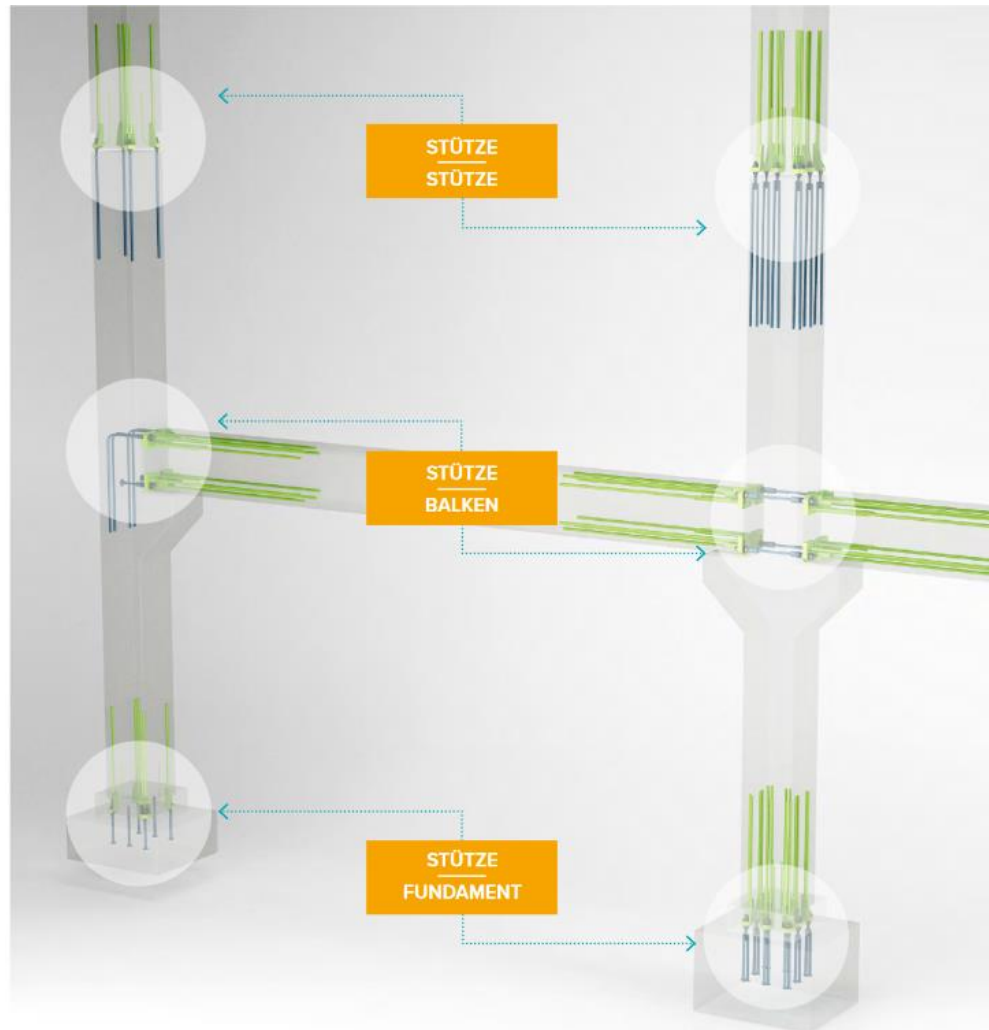
### Bolt Connections

Bolted connections have proven their superiority in foundation building and in various connecting applications



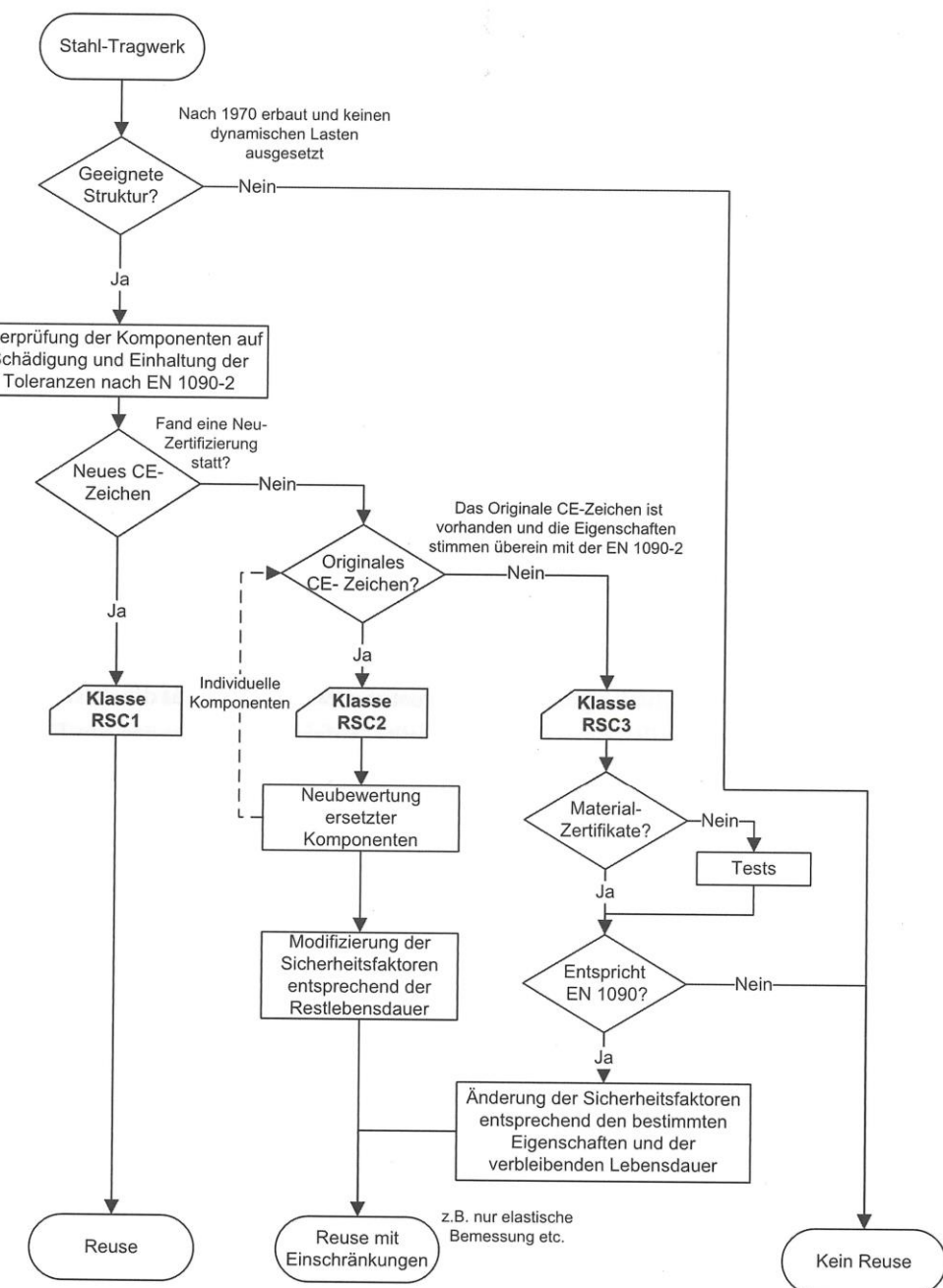
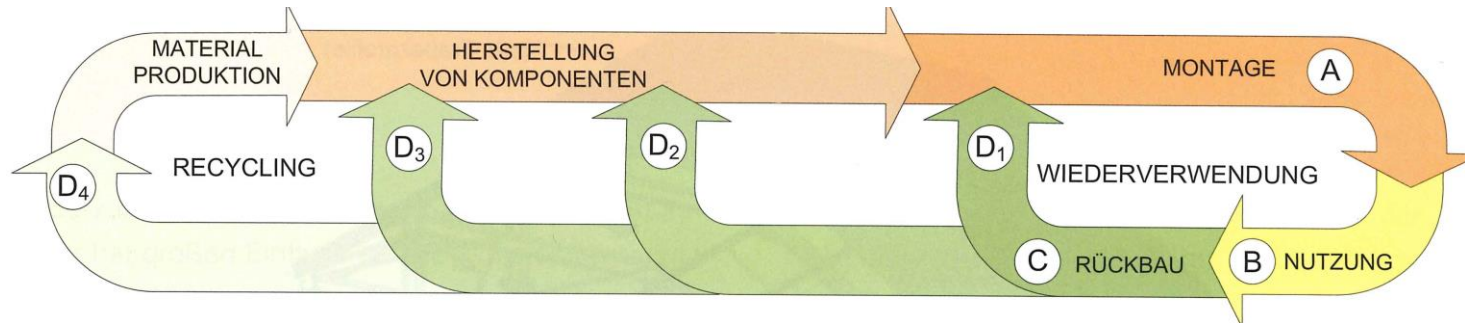
# Bauteil

## Recycling – Wiederverwendung



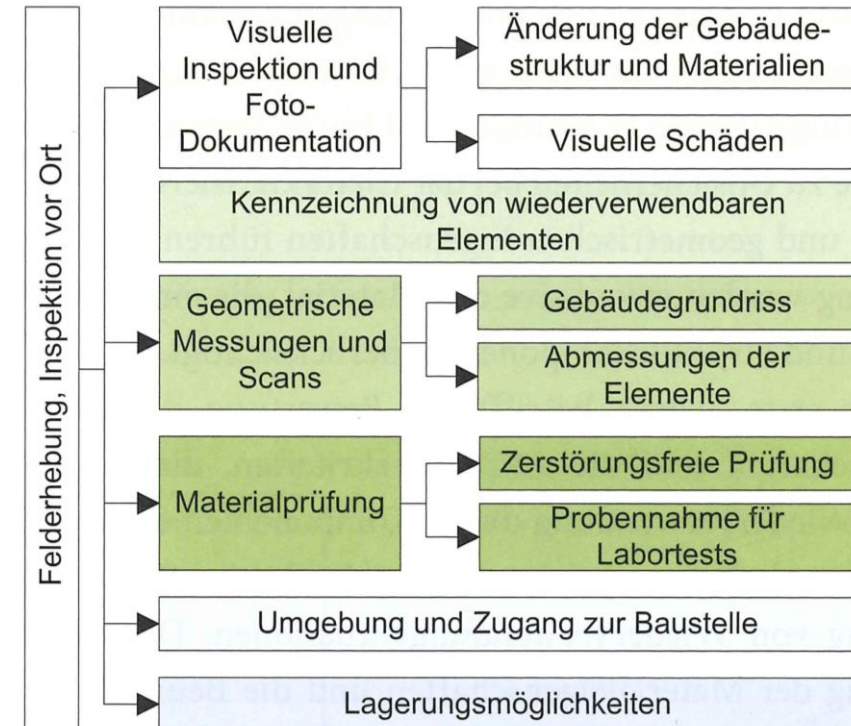
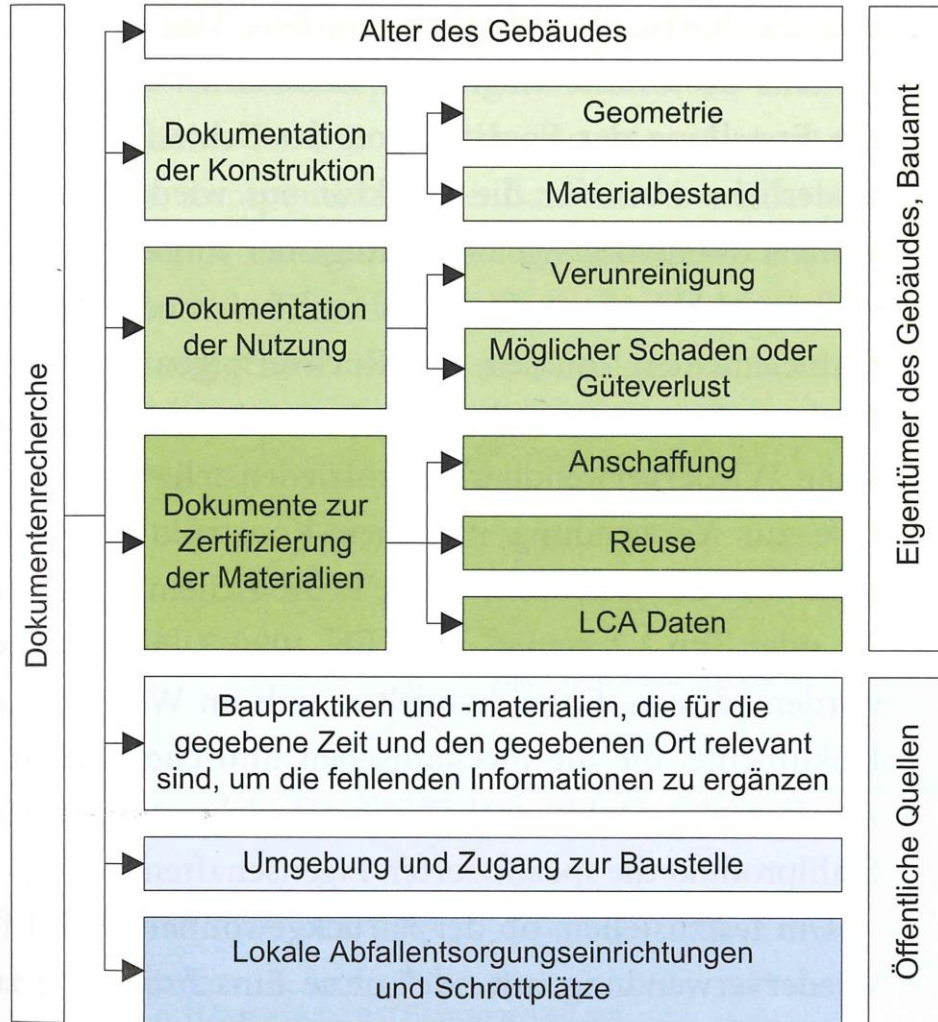
# Bauteil

## Recycling – Wiederverwendung



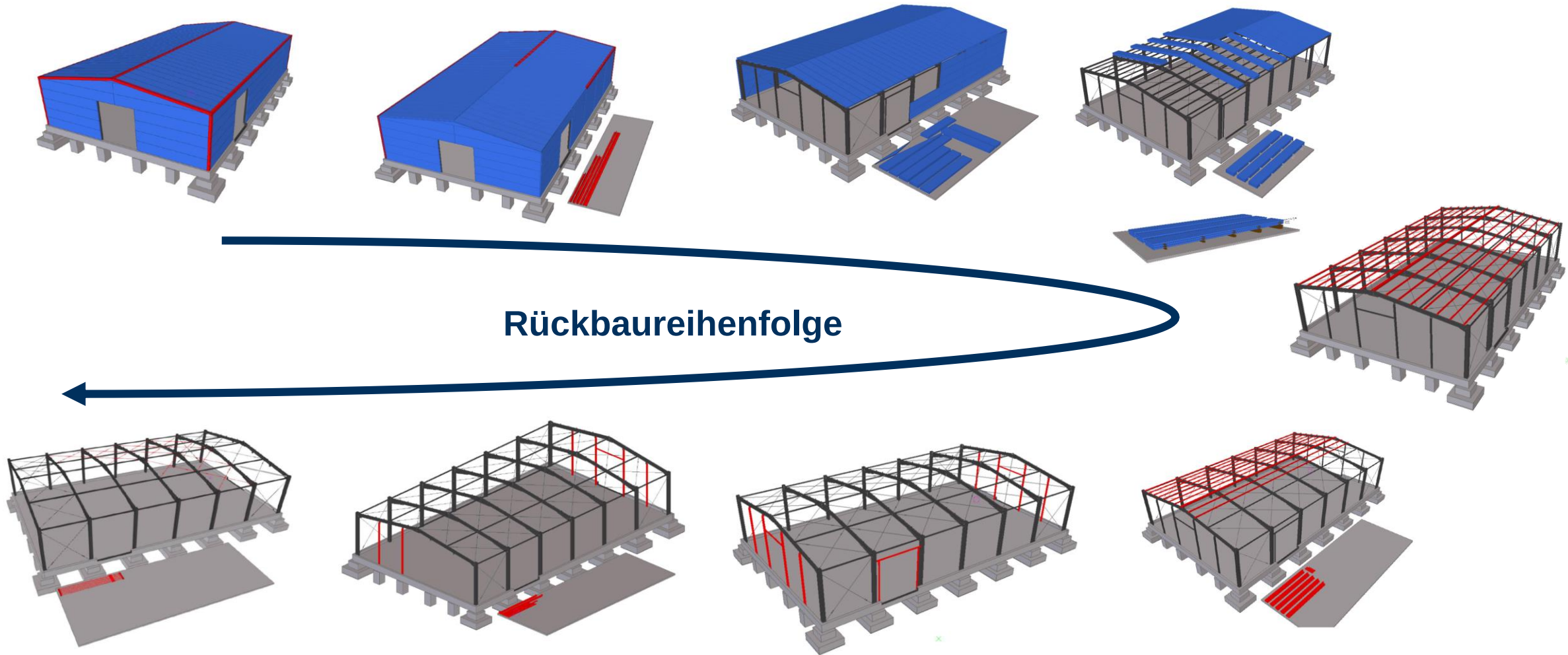
# Bauteil

## Recycling – Wiederverwendung



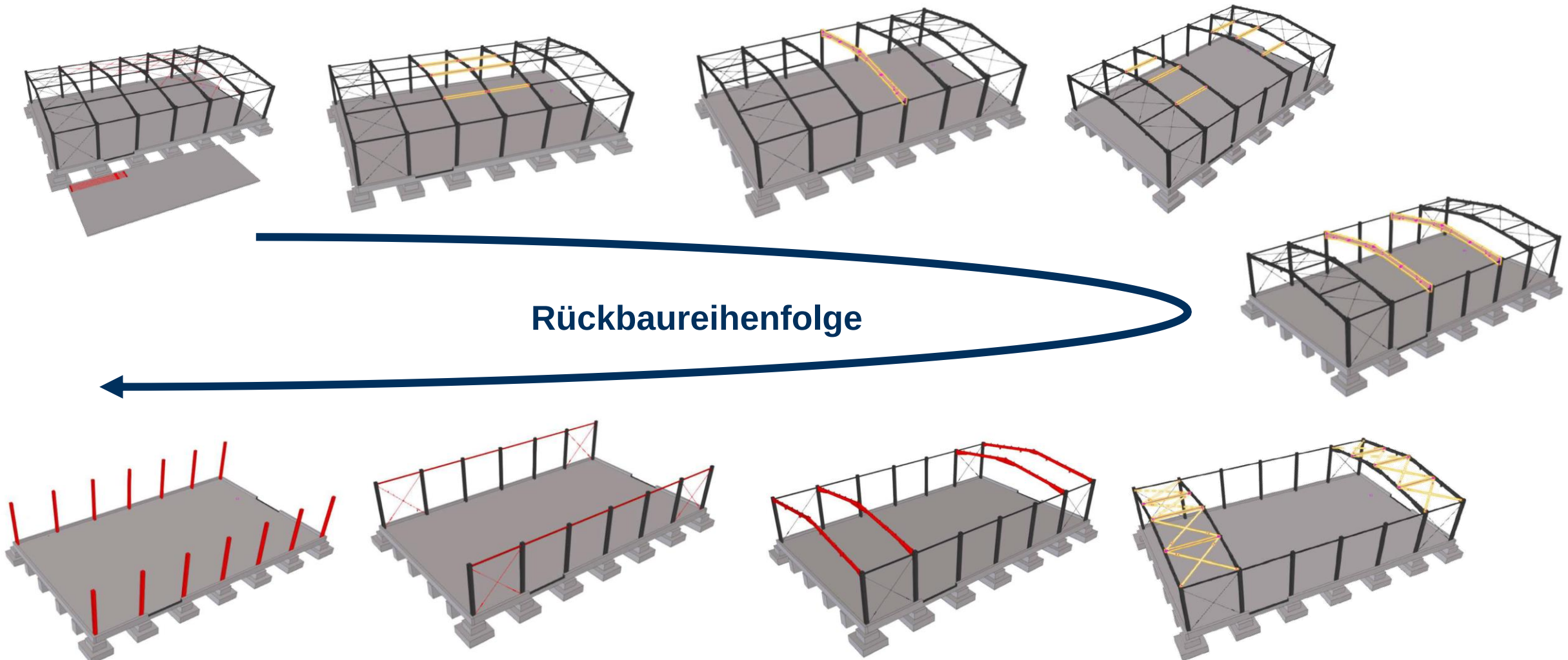
# Bauteil

## Recycling – Rückbau am Beispiel einer eingeschossigen Halle



# Bauteil

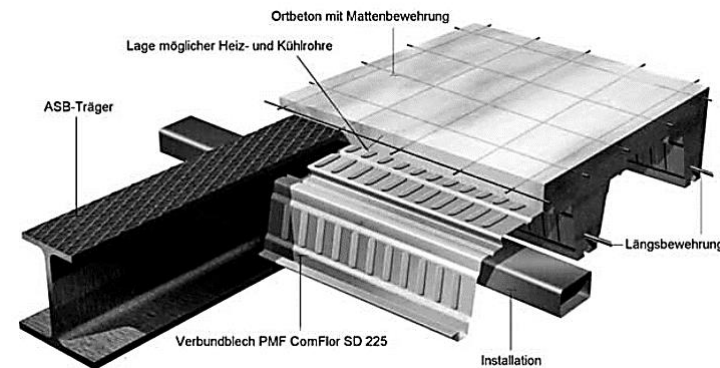
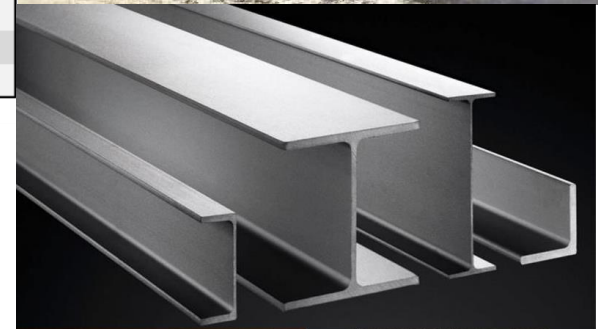
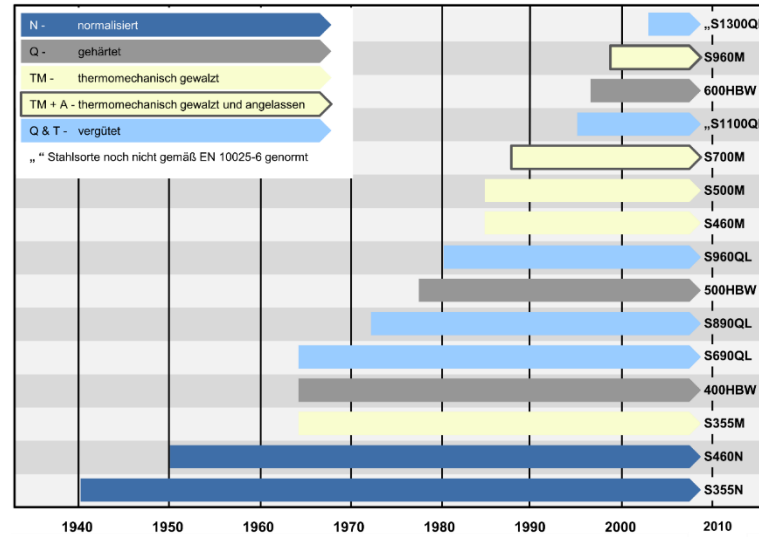
## Recycling – Rückbau am Beispiel einer eingeschossigen Halle



# Bauteil

Wo siehst du das größte Nachhaltigkeitspotential auf der Bauteilebene?

Zugang zur Umfrage:





**„Die größte Nachhaltigkeit überhaupt besteht in der möglichst langen Nutzung der vorhandenen Bausubstanz.“**