

Stahlbau Planungsnorm – praxistauglich

Vorstellung einer praxisgerechten Richtlinie

26. Bautechnisches Seminar NRW 17 Oktober 2017, Ratingen

Prof. Dr.-Ing. Markus Feldmann und Prof. Dr.-Ing. Jörg Laumann

Unter der Mitwirkung von:

Dr.-Ing. Christian Müller und M. Eng. Philipp Hennes

Inhalt

1. Ausgangssituation
2. Aufgabenstellung und Ziel
3. Konzept
4. Aufbau der Richtlinie
5. Wesentliche Inhalte

Wettbewerb im deutschsprachigen europäischen Raum

Konsortium

Prof. Feldmann
Prüfingenieur für Baustatik

RWTH-Aachen

RWTHAACHEN
STAHLBAU UNIVERSITY

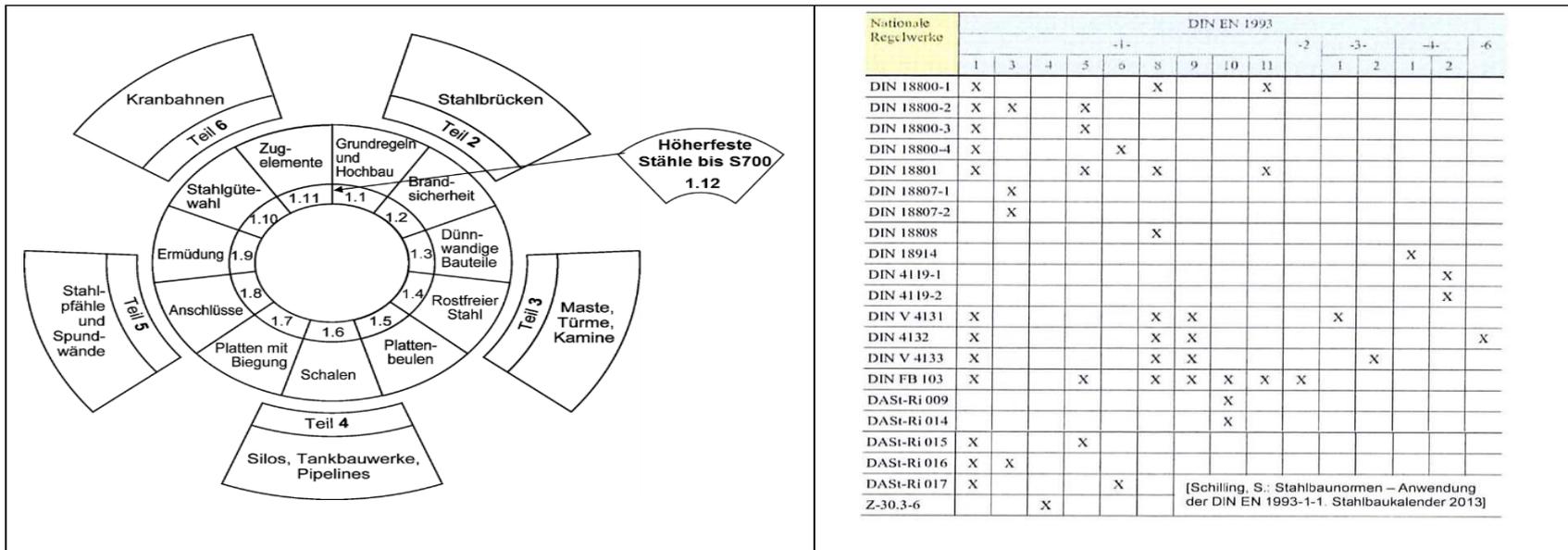
Prof. Laumann
Prüfingenieur für Baustatik

FH-Aachen

FH AACHEN
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



1. Ausgangssituation: Vergleich EC3 – DIN 18800



- > Bemessung nach EC3 seit Ende 2010 verpflichtend
- > Im Vgl. zur alten DIN 18800 Schwierigkeiten:
 - Ungewöhnliche Gliederung und Struktur
 - Inflation von Lastfallkombinationen
 - Zulassen zahlreicher Sonderregeln
 - Varianz an Bemessungsmöglichkeiten
 - Verschlungene Querverweise
 - Für Außenstehende ungewöhnliche neue Bemessungsmethoden ohne wirkliche Spiegelung in der deutschsprachigen Praxis

2. Aufgabenstellung, Ziel

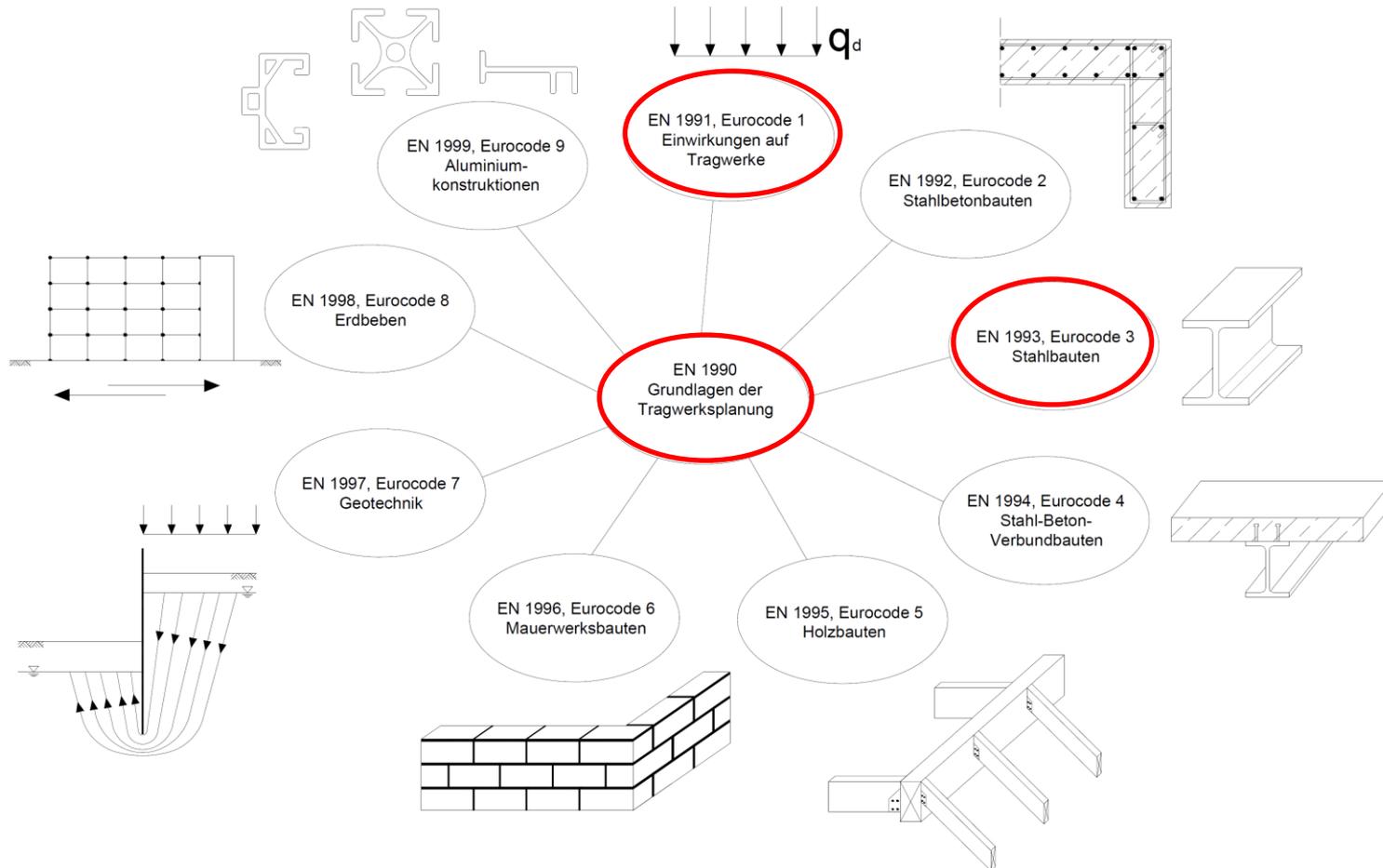
- > Komprimierte Richtlinie
- > Wesentliche erforderliche Bemessungsregeln für die Berechnung von üblichen Stahlhochbauten einschließlich Kranbahnträgern
- > Wirtschaftliche und übersichtliche Bemessung
- > Klarer stringenter Aufbau
- > Klar abgegrenzte Themenkomplexe
- > Aufbau und Gliederung analog Holzbaurichtlinie, soweit möglich
- > Bearbeitung mittels Handrechnung soll möglich sein

3. Konzept

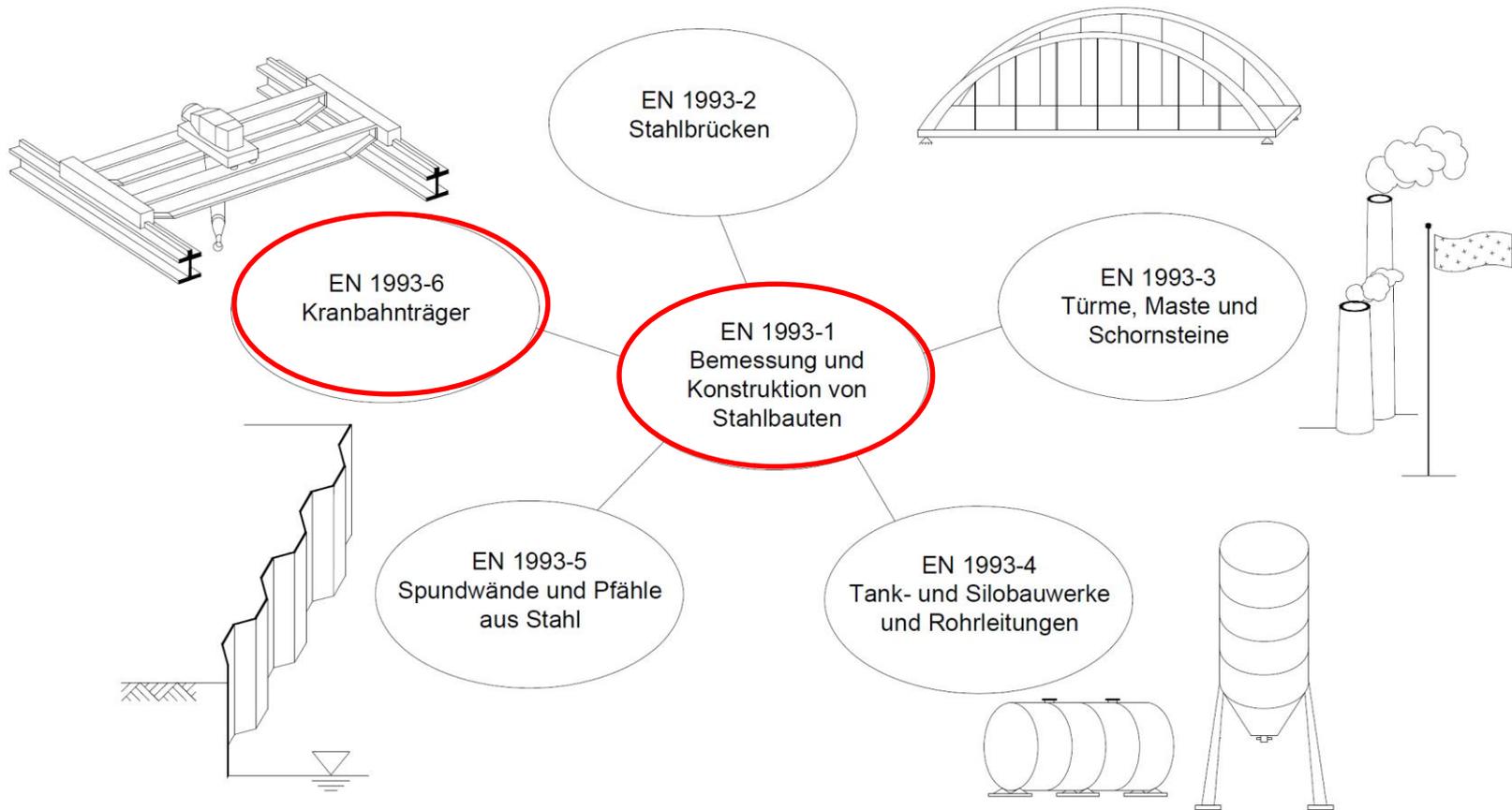
Grundsätze

- > Klarer und einfacher Tragwerksentwurf
- > Bemessung vom „Großen ins Kleine“
- > Einfache Formeln und Regeltext
- > Möglichst regelmäßige Systeme
- > Entkopplung von Lastabtragungssystemen
- > Träger- Stützensysteme (unverschieblich)
- > Typische Hallenrahmensysteme (verschieblich)
- > Vermeidung von Exzentrizitäten
- > Einfache Kranbahnen, leichter Kranbetrieb
- > Fachwerke, Füllstäbe nur Normalkräfte

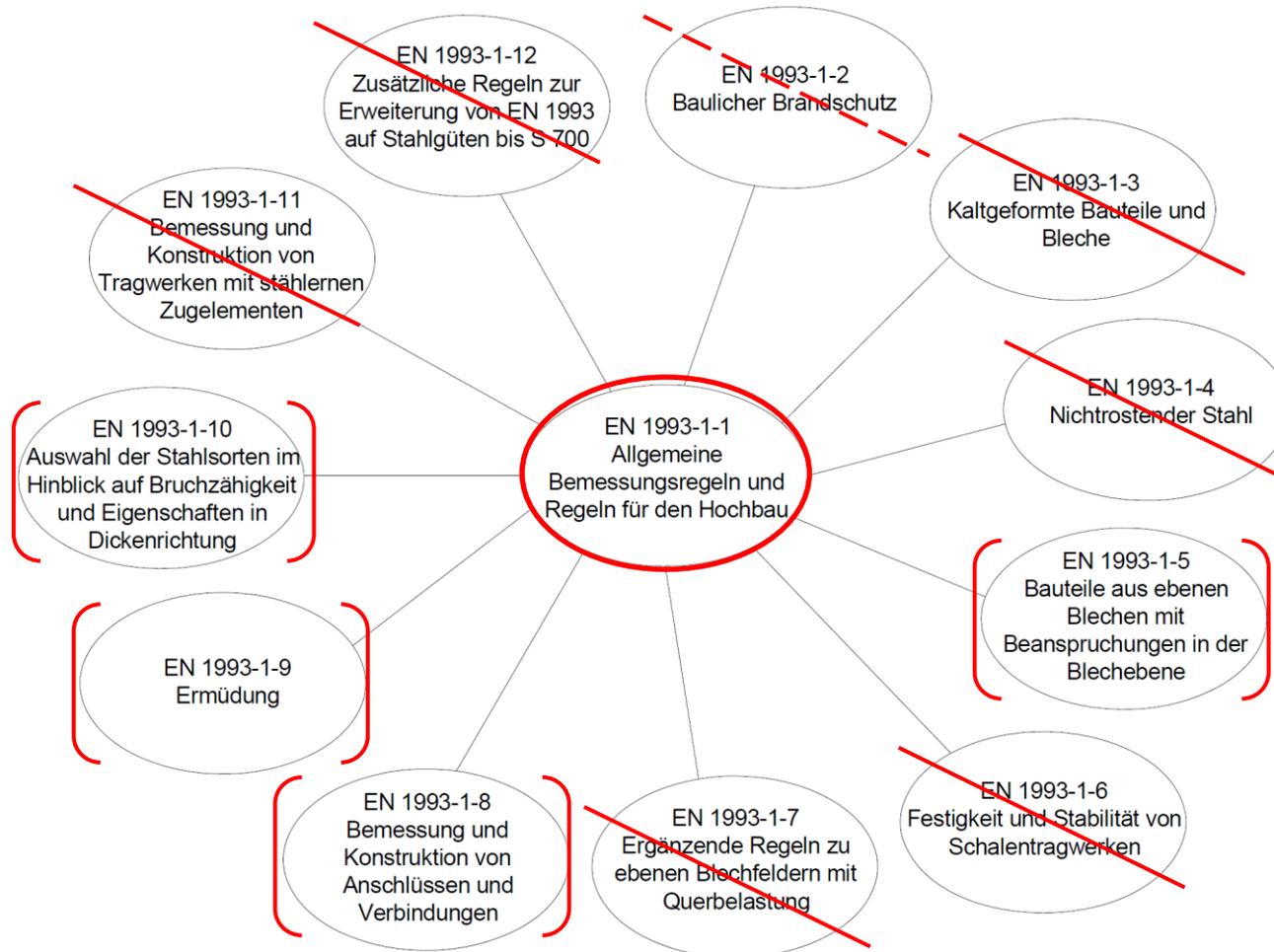
3. Konzept



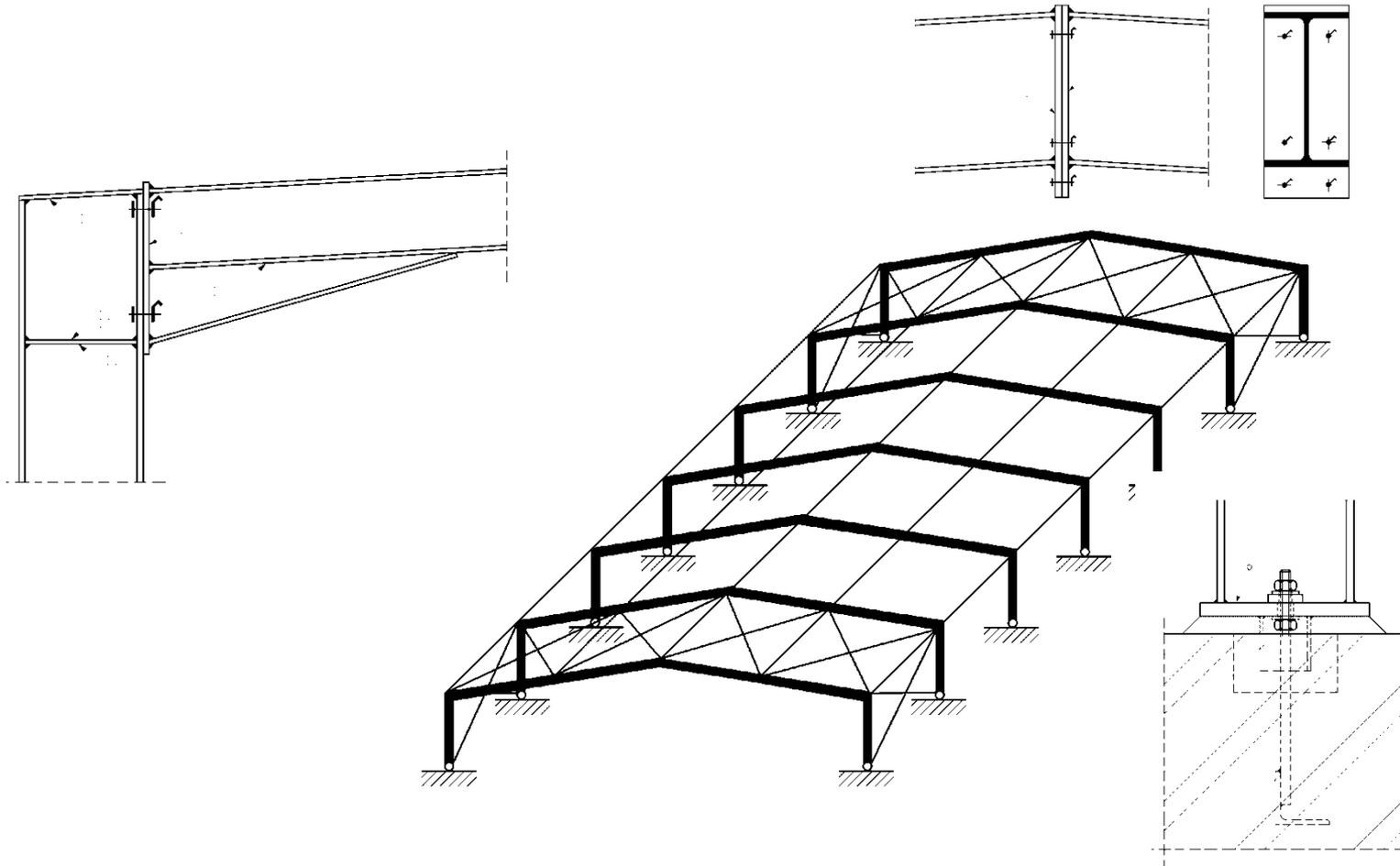
3. Konzept



3. Konzept



3. Konzept Grundsätze



4. Aufbau der Richtlinie

Grundsätze

- > Aufbau „Vom Großen ins Kleine“
- > Erschöpfende Behandlung von Themen dort, wo sie auftauchen (möglichst keine Querverweise)
- > Normenkonformer Regeltext
- > Erläuterungen (direkt als Spalte neben dem Regeltext)
- > Zeichnungen, Leitdetails im Normentext und Erläuterungen

4. Aufbau der Richtlinie

Gliederung

1 Allgemeines - Anwendungsbereich

2 Normative Verweisungen

3 Formelzeichen

4 Bautechnische Unterlagen

5 Dauerhaftigkeit

6 Grundlagen für Entwurf und Bemessung

7 Einwirkungskombinationen und Schnittgrößen

4. Aufbau der Richtlinie Gliederung

8 Werkstoffe

9 Querschnittstragfähigkeit

9.1 Allgemeines

9.2 Klassifizierung von Querschnitten

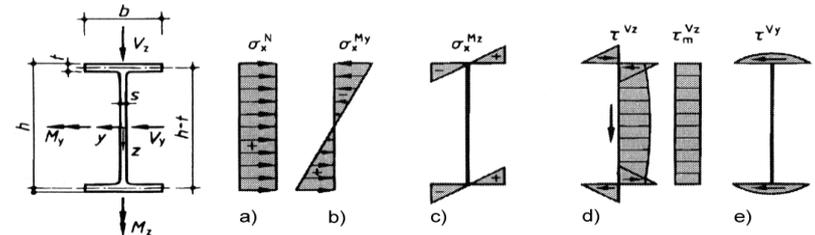
9.3 Grenzzustände der Tragfähigkeit

9.4 Querschnittswerte

9.5 Nachweis der Querschnittstragfähigkeit für alle Querschnittsklassen

9.6 Nachweis der plastischen Querschnittstragfähigkeit für Querschnitte der Kl. 1 u. 2

9.7 Torsionsbeanspruchung



10 Stabilität

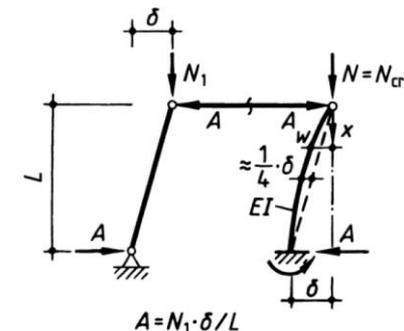
10.1 Allgemeines

10.2 Bauwerksstabilität

10.3 Rahmenstabilität

10.4 Bauteilstabilität

10.5 Querschnittsaussteifung, Lasteinleitung

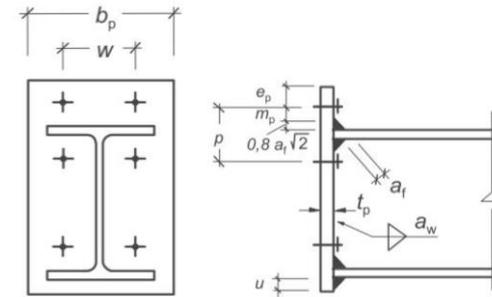


4. Aufbau der Richtlinie

Gliederung

11 Verbindungen und Anschlüsse

- 11.1 Allgemeines
- 11.2 Geschraubte Verbindungen
- 11.3 Geschweißte Verbindungen
- 11.4 Kontaktstoß
- 11.5 Biegesteife Anschlüsse



12 Empfehlungen für die Gebrauchstauglichkeit

13 Zusätzliche Regeln für Kranbahnträger

- 13.1 Anforderungen an die Konstruktion
- 13.2 Allgemeines zur Bemessung von Kranbahnträger
- 13.3 Nachweis der Querschnittstragfähigkeit
- 13.4 Biegedrillknicken
- 13.5 Ermüdungsnachweis von Kranbahnträgern
- 13.6 Gebrauchstauglichkeitsnachweise



14 Anhänge

15 Erläuterungen

5. Inhalt

Beispielauszug der Richtlinie

9 QUERSCHNITTSTRAGFÄHIGKEIT

15

9.4.5.3 Beanspruchung aus Querkraft

DIN EN 1993-1-1
Abs. 6.2.6

- (1) Für den Bemessungswert der einwirkenden Querkraft V_{Ed} ist an jedem Querschnitt folgender Nachweis zu erfüllen:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 1,0 \quad (9.21)$$

- (2) Der Bemessungswert der plastischen Querkraftbeanspruchbarkeit lautet unter Beachtung der wirksamen Schubfläche A_v :

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} \quad (9.22)$$

mit

A_v Wirksame Schubfläche gem. Tab. 9.6

5. Inhalt

Kap. 4: Bautechnische Unterlagen

- › Baubeschreibung
- › Statische Berechnung, inkl. Positionspläne
- › Quellenangaben und Herleitungen
- › Elektronische Berechnungsprogramme
- › Ggfs. Versuchsberichte zu experimentellen Nachweisen
- › Ausführungszeichnungen
- › Angaben zum Korrosionsschutz
- › Angaben zu Transport, Montage und Bauausführung

5. Inhalt

Kap. 5: Dauerhaftigkeit, Herstellung und Ausführung

- > Angaben zum Konformitätsnachweisverfahren für tragende Bauteile (CE-Kennzeichnung...)
- > Herstellung und Ausführung von Stahlbauten
Einstufung und Auswahl der Ausführungsklasse EXC (ExecutionClasses)
- > Hinweise zum Korrosionsschutz

5. Inhalt

Kap. 7: vereinfachte Einwirkungskombinationen im GZT

> Alternative Grundkombination:

> Ständige und **alle ungünstig** wirkende veränderliche Einwirkungen:

$$E_d = 1,35 \cdot (G_k + \sum Q_{i,k})$$

> Ständige und **eine ungünstig** wirkende veränderliche Einwirkungen:

$$E_d = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_k$$

> Schnee und Wind dürfen bei gleichem Vorzeichen als **eine** veränderliche Einwirkung angesetzt werden:

$$(s + \frac{w}{2}) \text{ **und** } (w + \frac{s}{2})$$

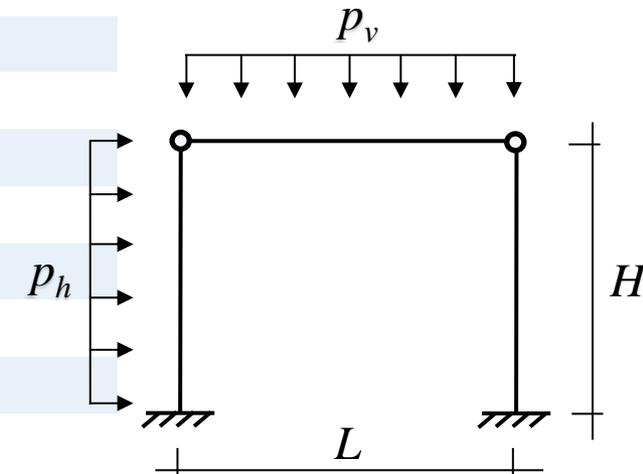
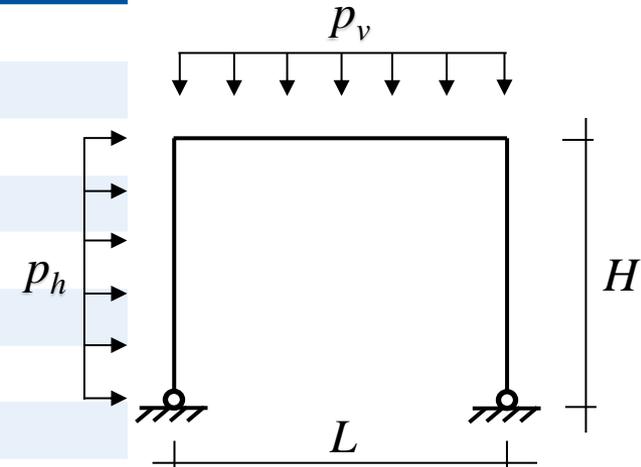
> Wirken ständige Einwirkungen günstig gilt:

$$\gamma_F = 1,0, \quad G_d = \gamma_F \cdot G_k = 1,0 \cdot G_k$$

5. Inhalt

Einwirkungskombinationen im GZT Sicherheitsstudie

Parameter	Wertebereich
Systeme	Typ A und Typ B
Stützenprofile	HEA-HEB, HEM, IPE
Riegelprofile	IPE
HEA-HEB Querschnitte	200 bis 1000
HEM Querschnitte	160 bis 1000
IPE Querschnitte	200 bis 750
Riegellänge	3,0 bis 20,0 m
Stützenhöhe	3,0 bis 15,0 m
Stahlgüte	S235, S355, S460
Schneezone	1 bis 3
Geländehöhe	bis 600 m
Windzone	1 bis 3
Geländekategorie	I bis III
Nutzlastkategorie	H (Dächer)
Nutzlast	bis 2,50 kN/m ²
Ständige Last	bis 5,00 kN/m ²
Rahmenabstand b	bis 5,0 m

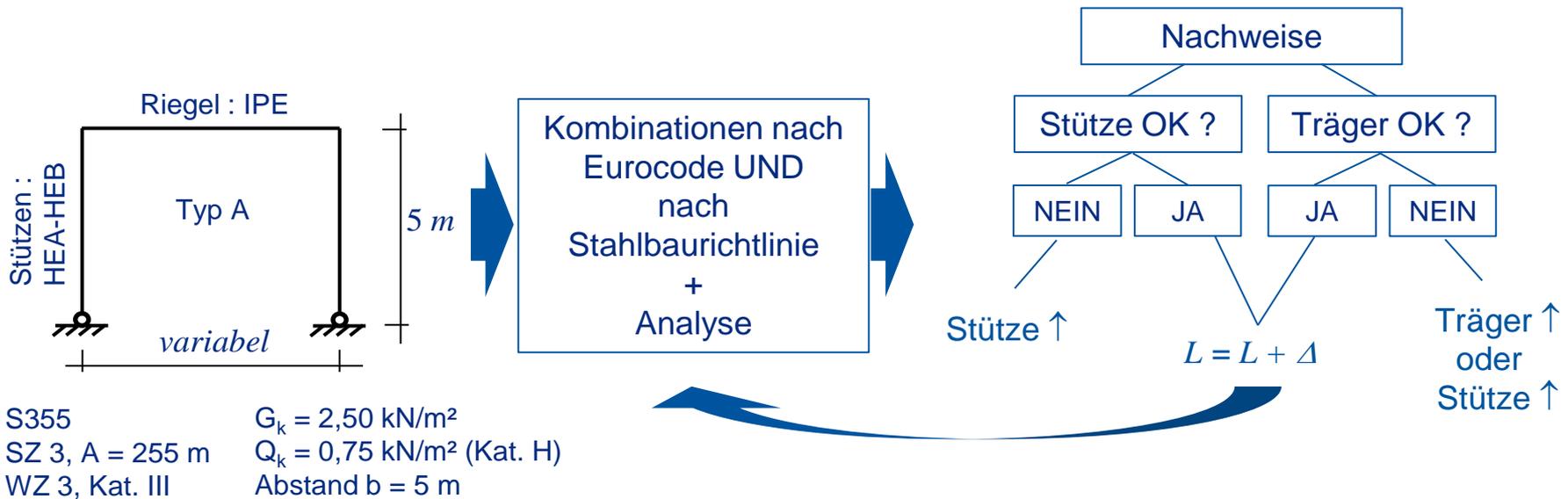


5. Inhalt

Einwirkungskombinationen im GZT Sicherheitsstudie, Vorgehensweise

Beispiel mit Riegellänge als Parameter:

→ Riegellänge variabel von 3 bis 18 m mit insgesamt 10 Inkremente Δ von 1,5 m

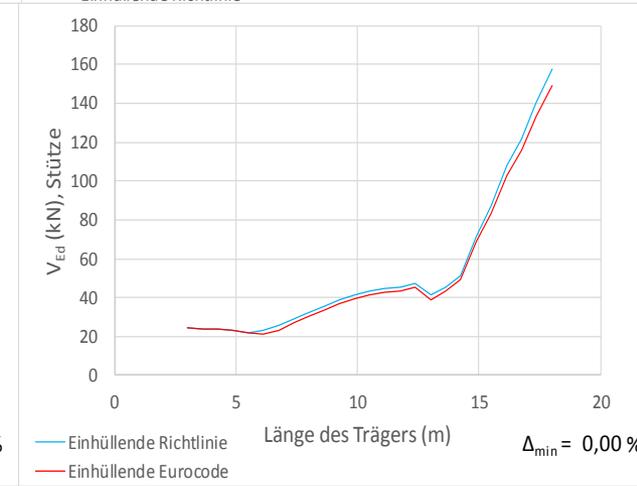
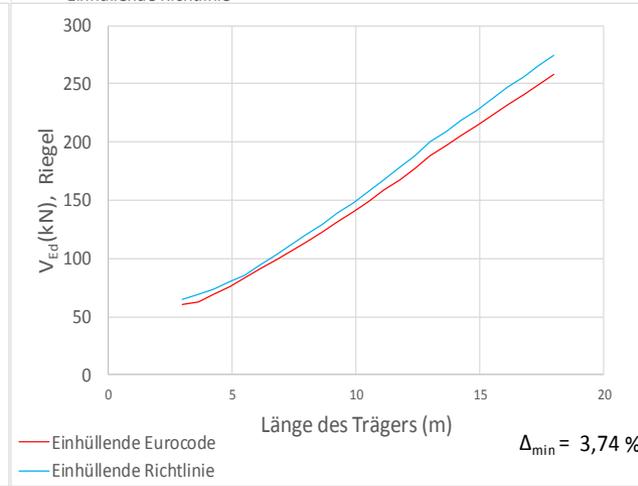
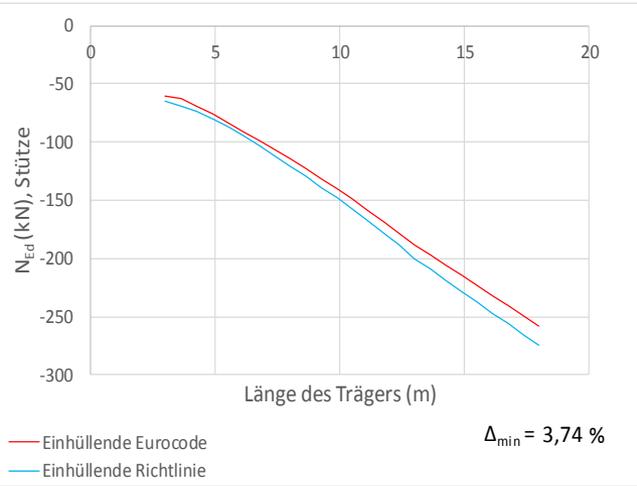
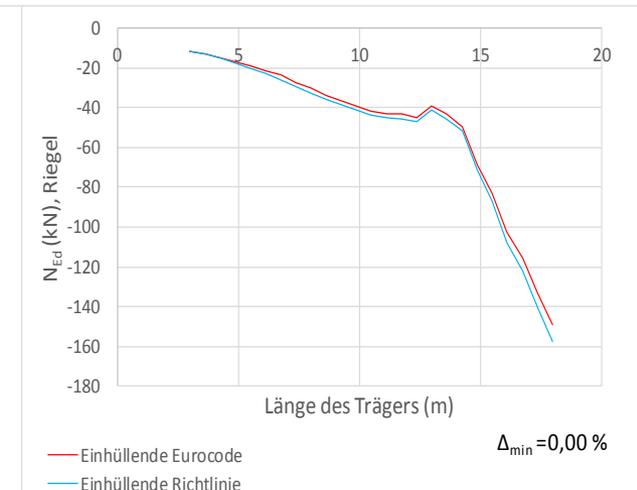
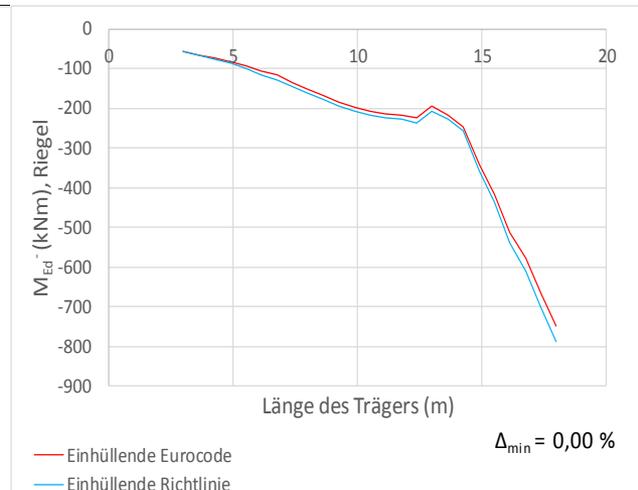
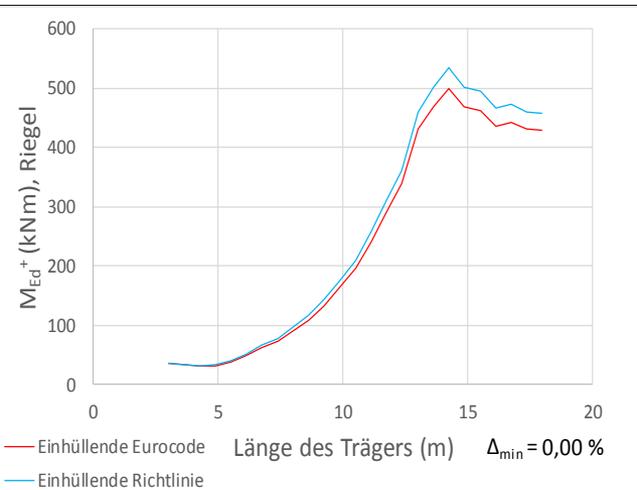


→ Auswertung der Ergebnisse als eine prozentuale relative Abweichung der ermittelten Schnittgrößen X :

$$\Delta = \frac{|X_{EC0}| - |X_{RL}|}{|X_{EC0}|}$$

5. Inhalt

Einwirkungskombinationen im GZT Sicherheitsstudie, Beispiel

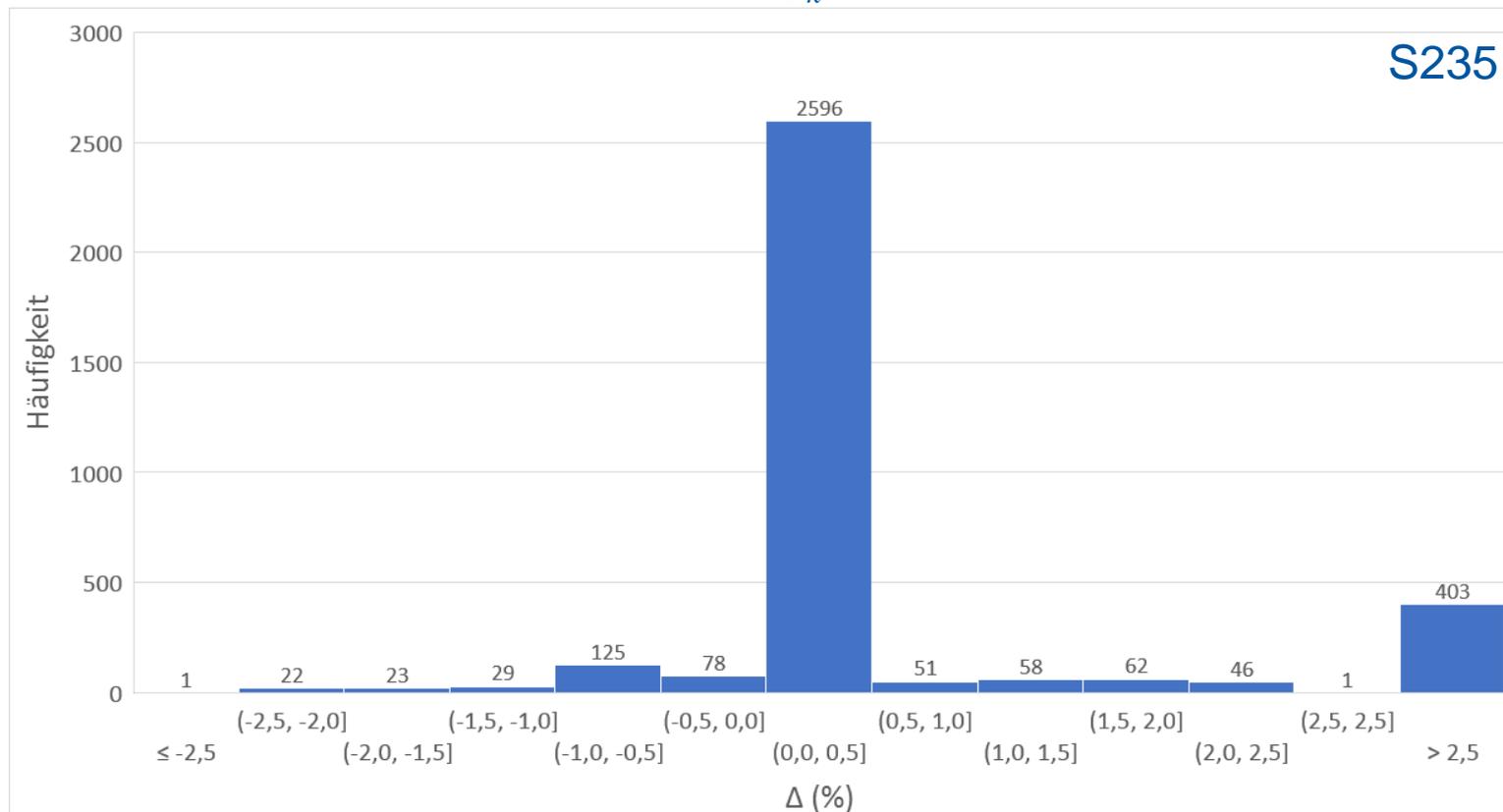


— Einhüllende Stahlbaurichtlinie
— Einhüllende Eurocode

5. Inhalt

Einwirkungskombinationen im GZT Sicherheitsstudie, Ergebnis

- ca. 140000 Berechnungen
- Überschreitung $\Delta \leq 3\%$
- $\Delta \geq 0\%$ für Fälle mit einer Nutzlast $Q_k \leq 2 \text{ kN/m}^2$



5. Inhalt Vereinfachte Einwirkungskombinationen

GZT Typ Waagebalken / Außergew. Einw. / GZG

GZT Typ Waagebalken

- (5) Bei Tragwerken vom Typ „Waagebalken“, bei denen Teile ständiger Einwirkungen Beanspruchungen aus veränderlichen Einwirkungen verringern, sind zusätzliche Grundkombinationen zu bilden. Anstelle $\gamma_F = 1,35$ ist
- für die Teile, die diese Beanspruchungen vergrößern, $\gamma_F = 1,1$
 - für die Teile, die diese Beanspruchungen verringern, $\gamma_F = 0,9$
- zu setzen. Bei Rahmen und Durchlaufträgern darf auf diese zusätzliche Grundkombination verzichtet werden.

Außergew. Einw.

- (6) Sind außergewöhnliche Einwirkungen (z.B. Fahrzeuganprall, Standorte des Norddeutschen Tieflandes, etc.) zu berücksichtigen, sind folgende außergewöhnliche Einwirkungskombination aus den ständigen Einwirkungen G , allen ungünstig wirkenden veränderlichen Einwirkungen Q_i und einer außergewöhnlichen Einwirkung A_d (mit $\gamma_F = 1,0$) zu bilden:
- $$E_d = G_k + A_d + \sum \psi_i \cdot Q_{i,k}$$
- mit $\psi = 0,0$ für Nutzlasten auf dem Dach, $\psi = 0,2$ für Wind, $\psi = 0,2$ für Schnee und $\psi = 0,7$ für sonstige Einwirkungen.
- An Standorten des Norddeutschen Tieflandes (nördlich ca. 52°N bzw. ca. $52,5^\circ\text{N}$) ist in Schneelastzonen 1 und 2 zusätzlich die Bemessungssituation mit Schnee als außergewöhnliche Einwirkung mit der Bodenschneelast $s_{Ad} = 2,3 \cdot s_k$ (also $s = 0,8 \cdot 2,3 \cdot s_k = 1,84 \cdot s_k$ für Dachneigungen $\leq 30^\circ$) zu berücksichtigen.

GZG

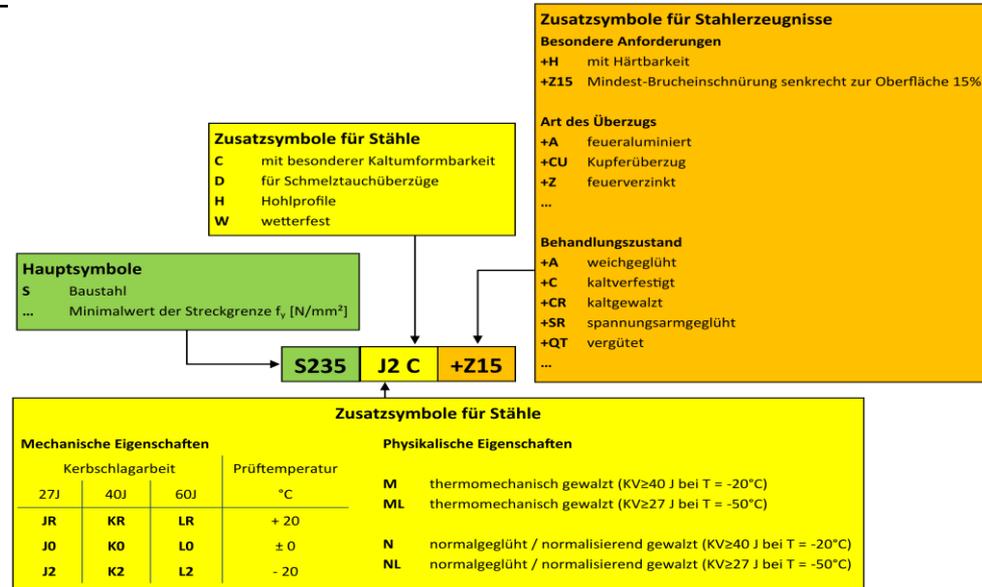
7.1.2 Einwirkungskombinationen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

- (1) Einwirkungskombinationen für Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit sind in DIN EN 1990 geregelt.
- (2) Im Rahmen dieser Richtlinie beschränkt sich der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit auf den Nachweis von Verformungen. Andere Gebrauchstauglichkeitsaspekte (z.B. Schwingverhalten, Komfort, etc.) werden nicht behandelt.
- (3) Für die im Rahmen dieser Richtlinie behandelten Tragwerke dürfen alternativ zu den Regelungen nach DIN EN 1990 folgende Grundkombinationen für den Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit verwendet werden:
- ständige Einwirkungen $G_d = \gamma_F \cdot G_k = 1,0 \cdot G_k$ und **alle ungünstig** wirkenden veränderlichen Einwirkungen
 $Q_{i,d} = \gamma_F \cdot \psi_i \cdot Q_{k,i} = 1,0 \cdot 0,9 \cdot Q_{k,i} = 0,9 \cdot Q_{k,i}$
$$E_d = G_k + 0,9 \cdot \sum Q_{i,k}$$
 - ständige Einwirkungen $G_d = \gamma_F \cdot G_k = 1,0 \cdot G_k$ und **eine ungünstig** wirkende veränderliche Einwirkung $Q_{i,d} = \gamma_F \cdot Q_{k,i} = 1,0 \cdot Q_{k,i}$
$$E_d = G_k + Q_{i,k}$$

5. Inhalt

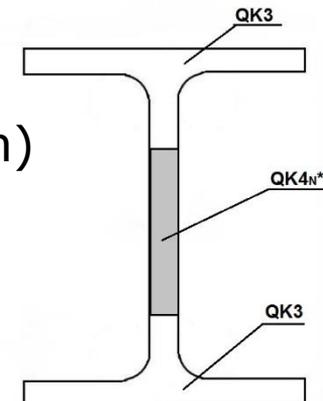
Kap. 8: Werkstoffe, Kap 9 Querschnittsnachweise

- > nur übliche unlegierte Baustähle
- > Keine Edelstähle
- > Keine Sprödbbruchnachweise
- > S235, S355 und S460



Querschnitte

- > Möglichst nur Profile der QK 1-3 (4 in Ausnahmefällen)
- > I-Profile mit Steg QK 4 infolge Drucknormalkraft



5. Inhalt

Kap. 9: Querschnittsnachweise

- > Einfügen einer separaten Tabelle am Anfang des Abschnitts mit Angaben, wann welche Querschnittswerte zu verwenden sind:

Klasse	1	2	3	4	4_N^*
A^*	A	A	A	A_{eff}	A_{eff}^*
W_i^*	$W_{\text{pl},i}$	$W_{\text{pl},i}$	$W_{\text{el},i}$	$W_{\text{eff},i}$	$W_{\text{el},i}$

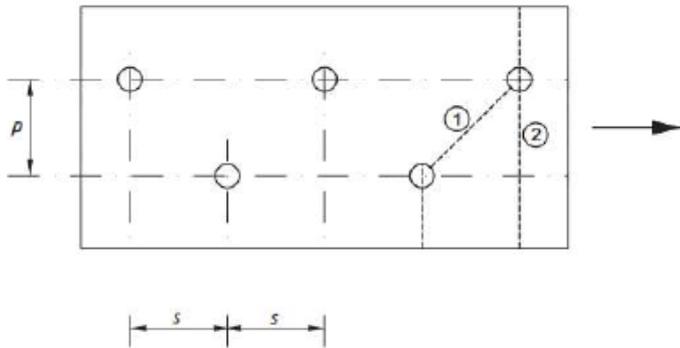
- > Zunächst Angaben über Querschnittswerte Brutto, Netto
- > Vorteil des neuen Aufbaus:
 - > Übersichtlichkeit verbessern durch Kürzung von Textumfang
 - > alle erforderlichen Informationen zur Ermittlung von Brutto- und Nettoquerschnittswerten komprimiert in einem Abschnitt
 - > Keine Verstreuung mehr über das ganze Kapitel

5. Inhalt

Kap. 9: Querschnittsnachweise

- > Zunächst Angaben über Querschnittswerte Brutto, Netto komprimiert in einem Abschnitt

- > Risslinien für Anet



$$N_{t,Rd} = \min \begin{cases} N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \\ N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \end{cases}$$

einseitig angeschlossene Winkel

	1	2	3
Anzahl Schrauben			
$N_{u,Rd} =$	$\frac{2,0 \cdot (e_2 - 0,5d_0) \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$	$\frac{\beta_2 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$	$\frac{\beta_3 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$

mit

β_i

Abminderungsbeiwert in Abhängigkeit vom Lochabstand p_1 gemäß Tab. 9.4

A_{net}

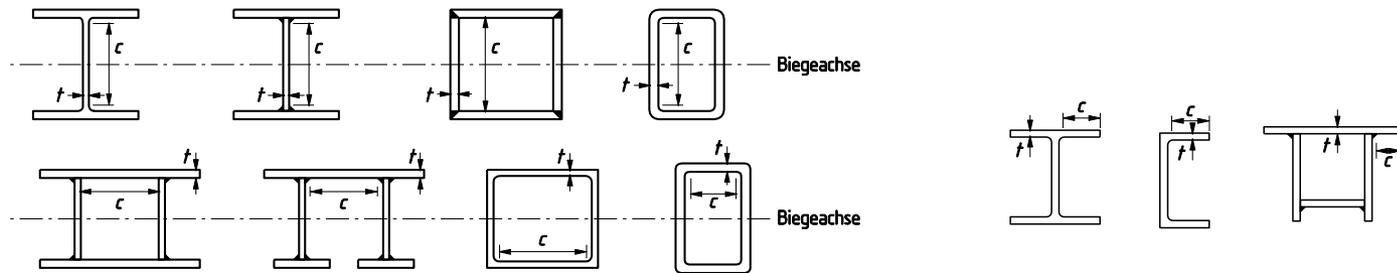
Nettoquerschnittsfläche des Winkels

Bei ungleichschenkligen Winkeln ist A_{net} in der Regel für einen äquivalenten gleichschenkligen Winkel mit den kleineren Schenkelabmessungen zu berechnen.

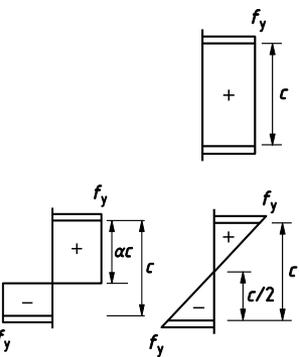
5. Inhalt

Kap. 9: Querschnittsnachweise

> Hilfen zur vereinfachten Querschnittsklassifizierung



ψ	Beidseitig gehalten grenz c/t				Einseitig gehalten grenz c/t			
	Q-Kl	S235	S355	S460	Q-Kl	S235	S355	S460
Konstanter Druck $\psi = 1$ $\alpha = 1$	1	33	26,8	23,4	1	9	7,3	6,4
	2	38	30,9	27,0	2	10	8,1	7,1
	3	42	34,1	29,8	3	14	11,4	10,0
Biegung $\psi = -1$ $\alpha = 0,5$	1	72	58,6	51,1	1	18	14,7	12,8
	2	83	67,5	58,9	2	20	16,3	14,2
	3	124	100,9	88,0	3	13,8	11,2	9,8



5. Inhalt

Kap. 9: Querschnittsnachweise

- > allgemein immer anwendbare Nachweismethoden für Querschnitte der Klassen 1 bis 4 vorangestellt

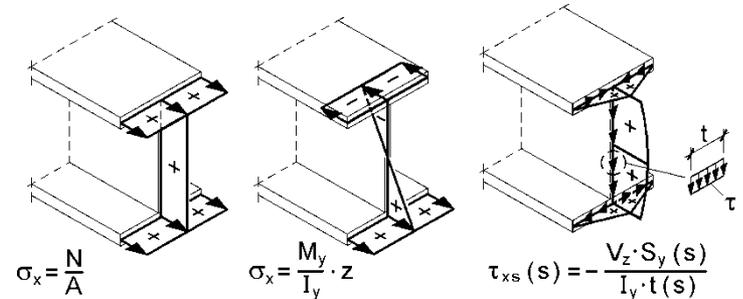
Spannungsnachweise oder lineare Interaktion

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}}\right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}}\right)\left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}}\right) + 3\left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y / \gamma_{M0}}\right)^2 \leq 1$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + 3 \cdot \tau_{Ed}^2} \leq f_y / \gamma_{M0} = f_{yd}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1,0$$

- > Umgang wird dadurch deutlich erleichtert
- > Mechanische Zusammenhänge direkt erkennbar machen!
- > Keine Fließzonen- oder Fließgelenktheorie



5. Inhalt

Kap. 9: Querschnittsnachweise, nichtlineare Interaktion für N-My-Vz

> Nichtlineare Interaktionsverfahren für Q-Klasse 1 und 2 separiert

	$V_{z,Ed} \leq 0,5 V_{plz,Rd}$ $\rho = 0$	$V_{z,Ed} > 0,5 V_{plz,Rd}$ $\rho = \left(\frac{2 \cdot V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2$
$N_{Ed} \leq \min \left\{ \begin{array}{l} 0,25 N_{pl,Rd} \\ 0,5 A_w \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot (1 - \rho) \end{array} \right.$	$M_{pl,y,Rd}$	$M_{y,V,Rd} = \left(W - \frac{\rho \cdot A_{V,z}^2}{4 \cdot t_w} \right)$
$N_{Ed} > \min \left\{ \begin{array}{l} 0,25 N_{pl,Rd} \\ 0,5 A_w \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot (1 - \rho) \end{array} \right.$	$M_{pl,y,N,Rd} = M_{pl,y,Rd} \frac{1 - n}{1 - 0,5 \cdot a_w} \leq M_{pl,y,Rd}$ $n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}}$	$M_{pl,y,N,V,Rd} = \frac{1 - n_V}{1 - 0,5 \cdot a^*}$ $a^* = a_w \cdot (1 - \rho)$ $n_V = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd} \cdot \left(1 - \frac{A_{V,z}}{A} \cdot \rho \right)}$

$a_w = \frac{A - 2 \cdot b \cdot t_f}{A} \leq 0,5$ für I- und Kastenquerschnitte, für Rechteckhohlquerschnitte t statt t_f

$V_{pl,Rd} = \frac{A_V \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$ mit A_V gemäß Tab. 9.6; $N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$

Bei Kasten- und Rechteckquerschnitten $A_w = 2h_w \cdot t_w$, bei I-Querschnitten $A_w = h_w \cdot t_w$.

5. Inhalt

Kap. 9: Querschnittsnachweise

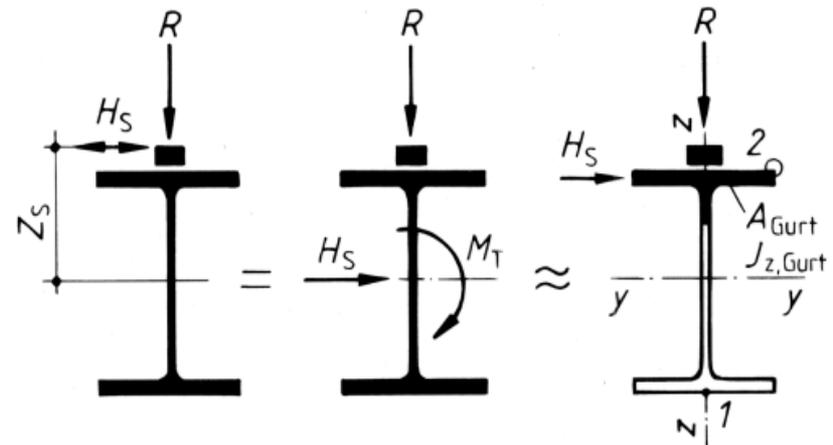
Torsion

- › Durch konstruktive Maßnahmen vermeiden
- › Spannungsnachweise
- › Alternativ vereinfacht Nachweis über Doppelflanschbiegung

$$\sigma_{x,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,el}} + \frac{M_{z,Ed}}{W_{z,el,OG}}$$

mit

$W_{z,el,OG}$ Widerstandsmoment des Obergurtes



5. Inhalt

Kap. 10: Stabilität

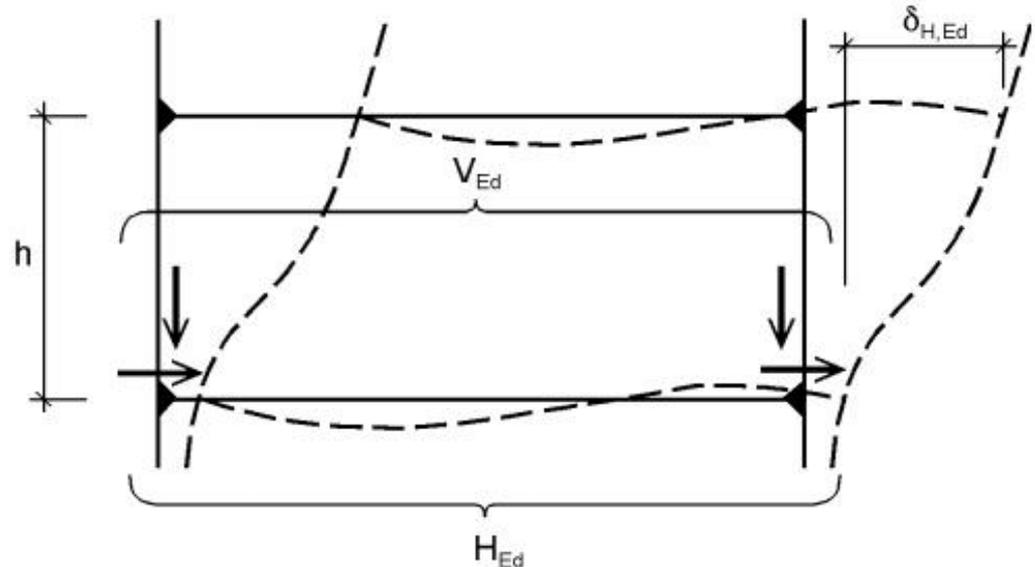
Berechnungsmethoden:

- > Keine Fließzonen- oder Fließgelenktheorie
- > Theorie II. Ordnung, Einflüsse über vereinfachte Handrechenverfahren für das Biegeknicken mit Vergrößerungsfaktoren oder Ersatzbelastungsverfahren

$$M^{\text{II}} = M^{\text{I}} \cdot \alpha$$

$$\alpha = \frac{1}{1 - q}$$

$$q = \frac{N}{N_{\text{cr}}} = \frac{\Delta w_1}{w_1} = \frac{\Delta M_1}{M_1}$$



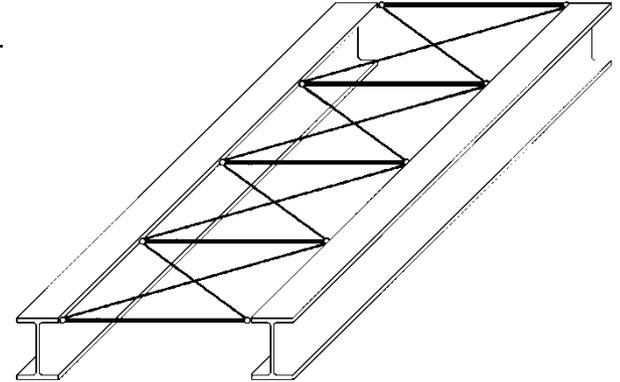
Bauteilstabilität

› Grundidee zur Arbeitserleichterung:

- Ausschlusskriterien vorangestellt

z. B. beim Biegedrillknicken von Stäben zunächst Angaben, wann auf einen Nachweis verzichtet werden kann (seitliche Stützung, wölbfreie Querschnitte) und dann erst Verfahren zur Berechnung

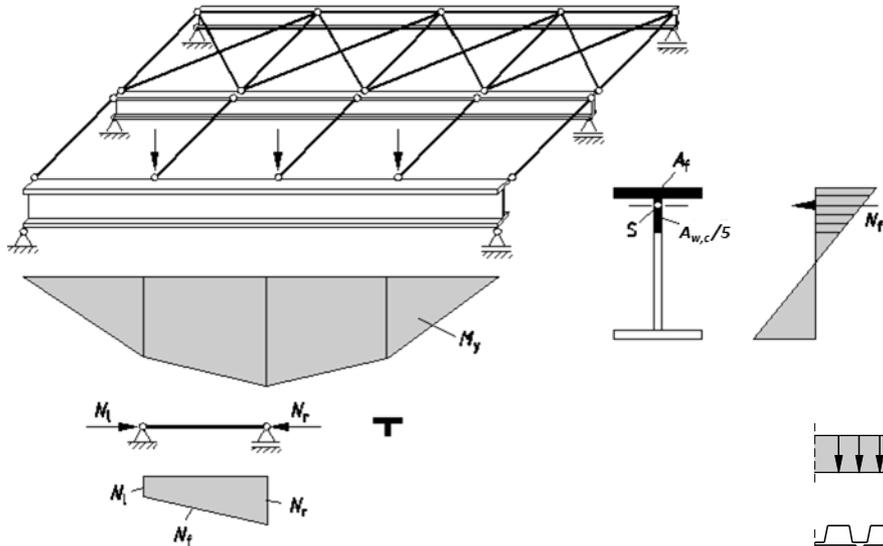
- › Regeln für die Anordnung von Aussteifungssystemen
- › Regeln für einfach bestimmbare Abtriebskräfte statt Schiefstellung
- › Vereinfachte Interaktionsnachweise für N und M_y



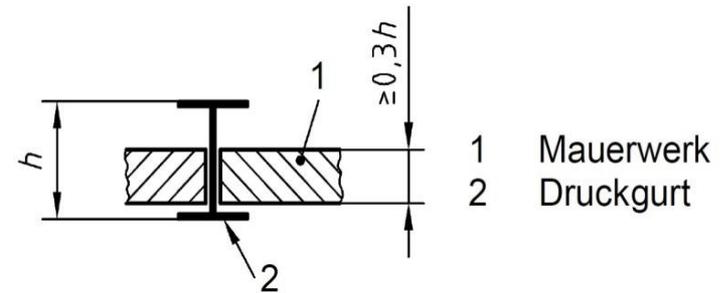
5. Inhalt Kap. 10: Stabilität

Konstruktive Behinderung von Biegedrillknicken

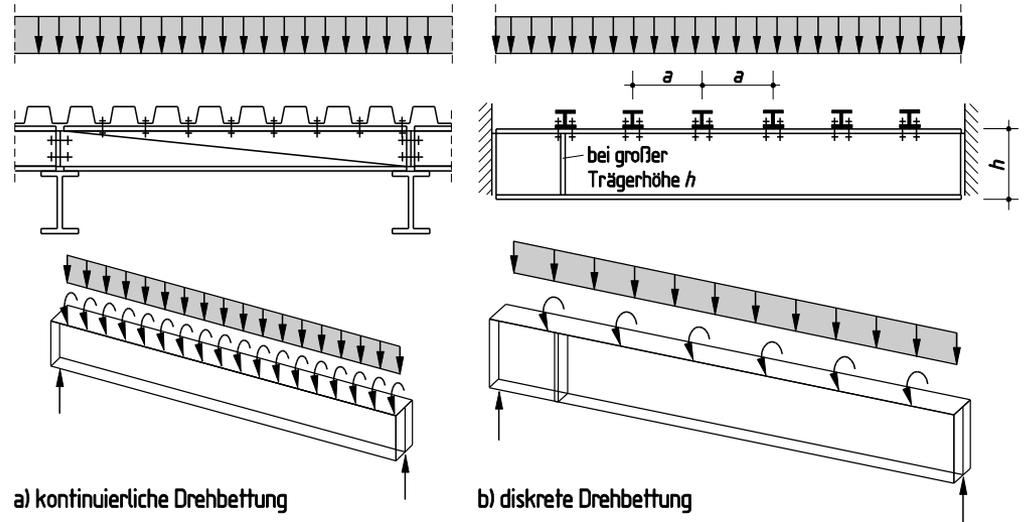
Stabilisierung durch Verbände



Verformungsbehinderung durch Mauerwerk



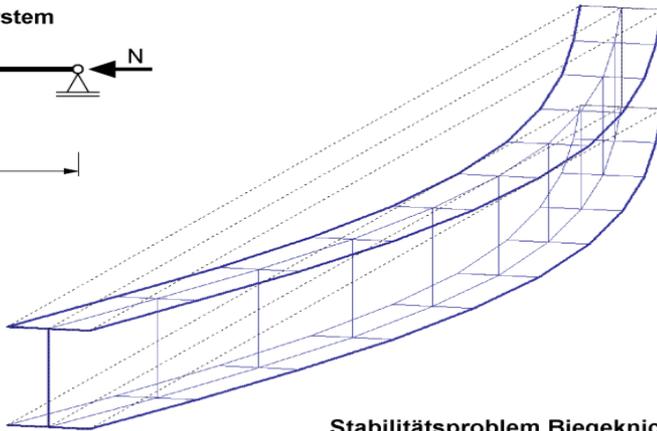
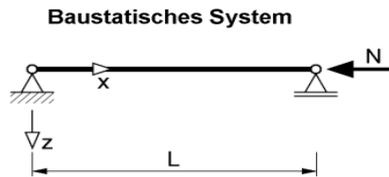
Behinderung der Verdrehung



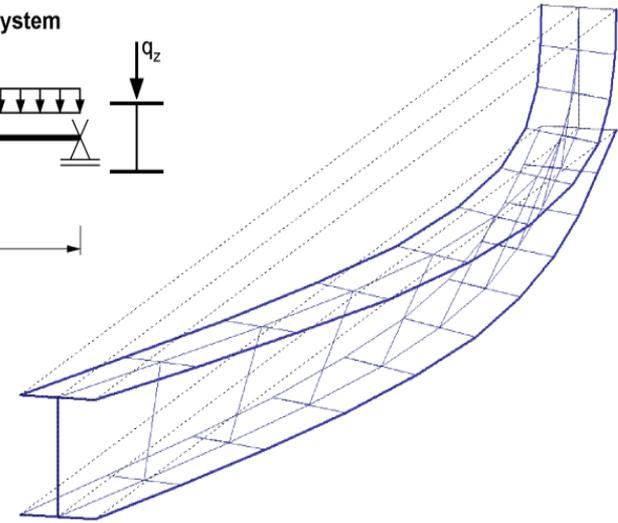
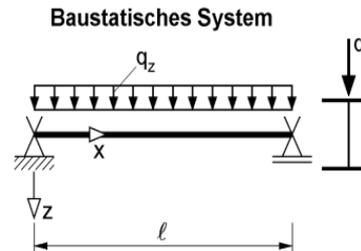
5. Inhalt

Kap. 10: Stabilität

Genauere Nachweise getrennt für jeweilige Versagensmechanismen



Stabilitätsproblem Biegeknicken:
Seitliche Verschiebungen $v(x)$
(Biegeknicken um die schwache Achse)



Stabilitätsproblem Biegedrillknicken:
Seitliche Verschiebungen $v(x)$ und Verdrehungen $\vartheta(x)$

5. Inhalt

Kap. 10: Stabilität: Hilfen zur Ermittlung von M_{cr} für übliche Systeme

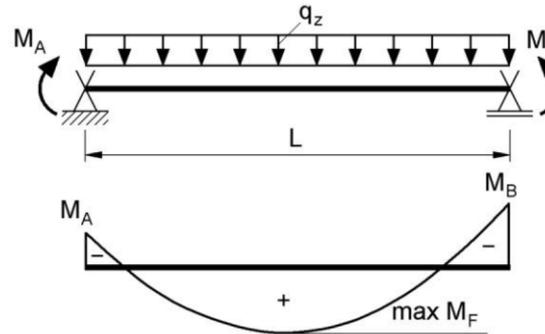
Gabelgelagerter Träger

$$M_{cr} = \zeta \cdot N_{cr,z} \cdot \left(0,5 \cdot z_q + \sqrt{0,25 \cdot z_q^2 + c^2} \right)$$

Durchlaufträger (z. B. nach Kindmann)

$$M_{cr,0} = \zeta_0 \cdot N_{cr,z} \cdot \left(\zeta_0 \cdot 0,4 \cdot z_q + \sqrt{(\zeta_0 \cdot 0,4 \cdot z_q)^2 + c^2} \right)$$

$$\max |M_{cr}| = M_{cr,0} \cdot \max |M| / M_0$$



$$M_0 = q_z \cdot L^2 / 8$$

$$\psi = M_B / M_0 < 0$$

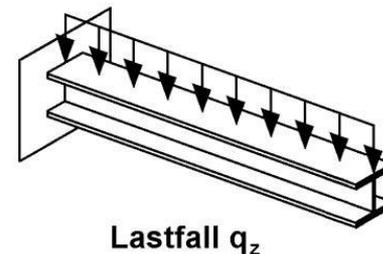
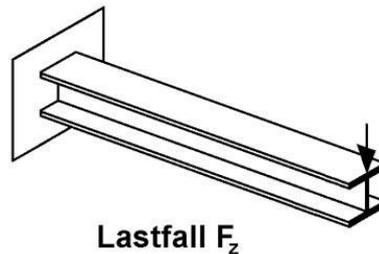
$$k = M_A / M_B \leq 1$$

$$M(x) = M_0 \cdot \left\{ k \cdot \psi + [4 + \psi \cdot (1 - k)] \cdot \frac{x}{L} - 4 \cdot \frac{x^2}{L^2} \right\}$$

$$\max M_F \text{ bei } x = \frac{L}{2} + \psi \cdot (1 - k) \cdot \frac{L}{8}$$

Kragträger

$$M_{cr} = \frac{k}{L} \cdot \sqrt{EI_z \cdot GI_T}$$



Lagerung Kragspitze:

- a) frei
- b) gehalten $v = \vartheta = 0$

5. Inhalt

Kap. 10: Stabilität

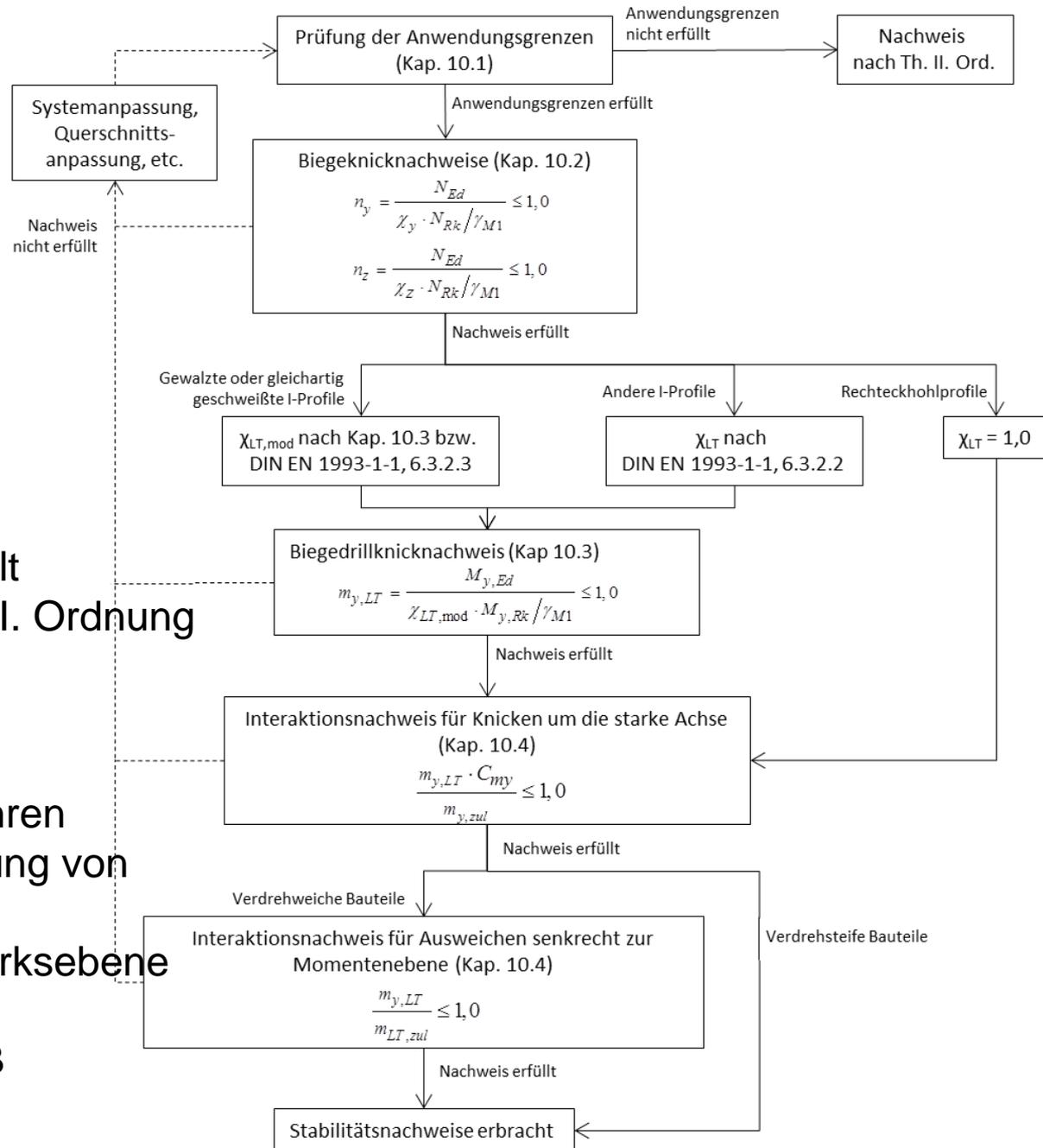
Ablaufdiagramm als Arbeitshilfe

Anwendungsgrenzen:

- I-Profile, RHP
- Einwirkungen: N, M_y, M_y+N
- Querschnittsnachweise erfüllt
- Endschnittgrößen nach Th. II. Ordnung

Hintergrund:

- Grundlage: Ersatzstabverfahren
- teilweise graphische Ermittlung von Beiwerten
- Schnittgrößen nur in Tragwerksebene
- M_y-N-Interaktion nach DIN EN 1993-1-1, Anhang B

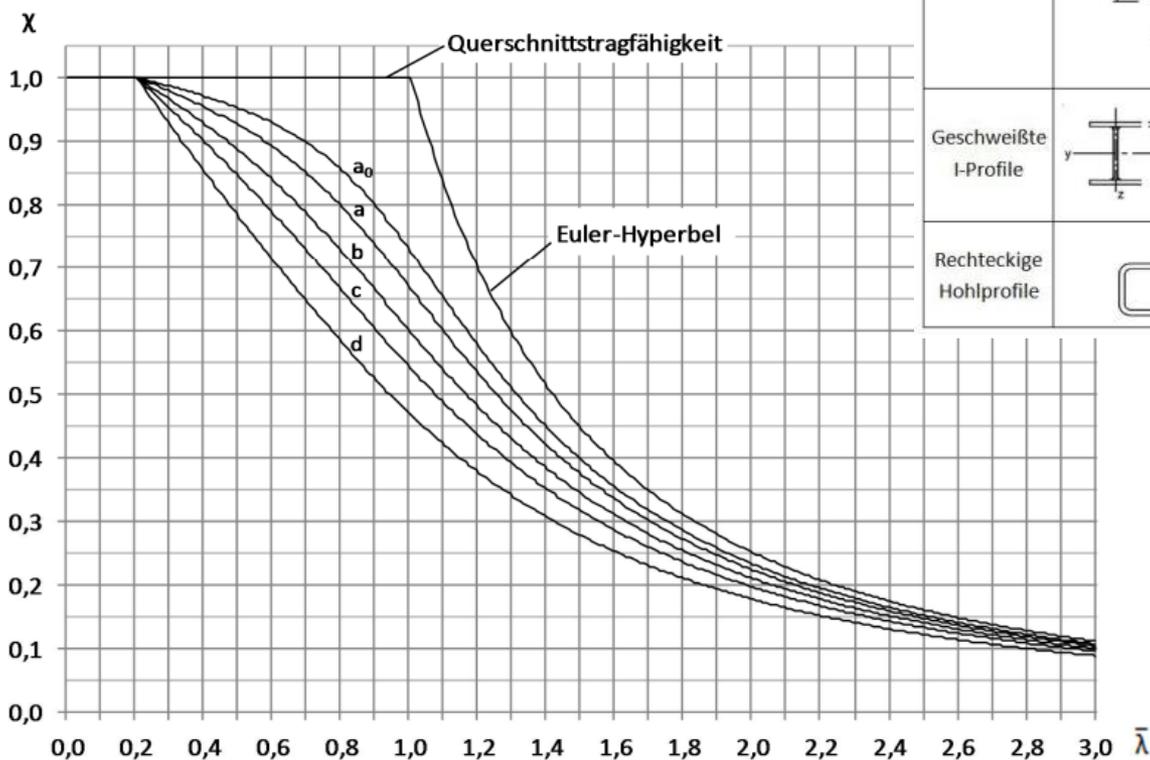


5. Inhalt

Kap. 10: Stabilität Vereinfachter Biegeknicknachweis

$$n_y = \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$n_z = \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

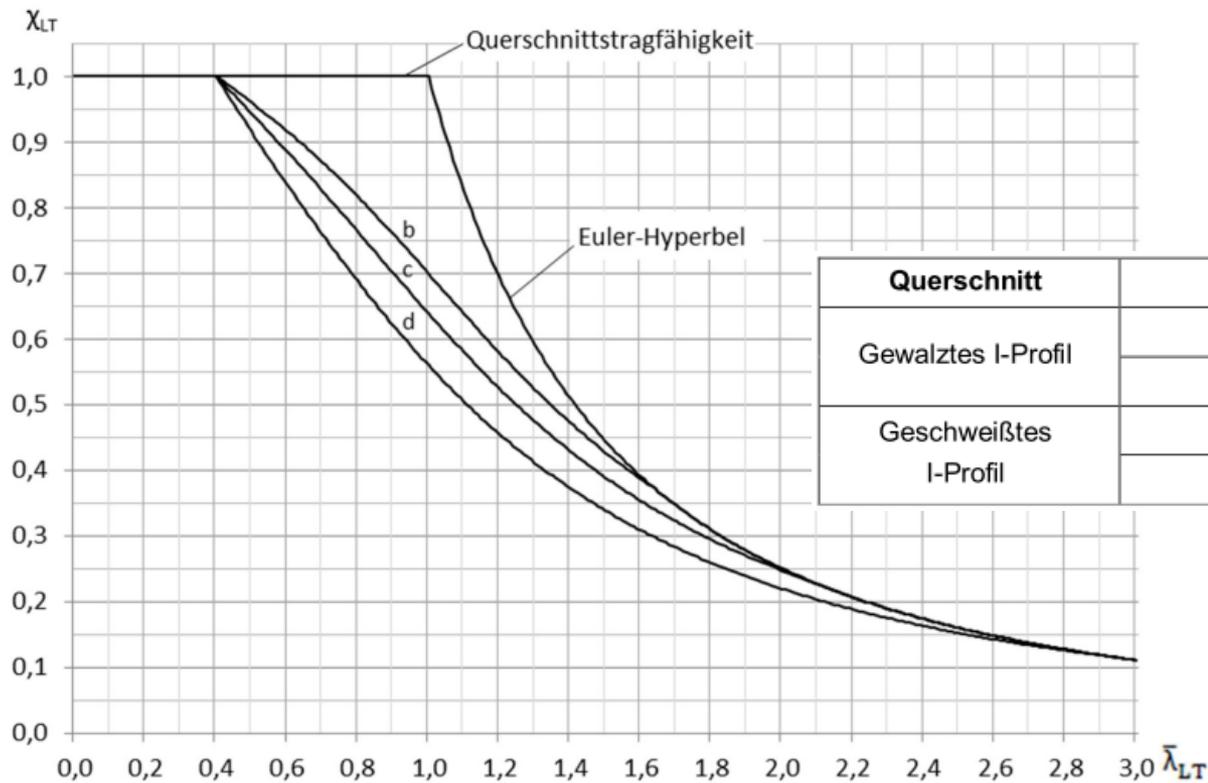


Querschnitt	Begrenzung	Ausweichen rechtwinkelig zur Achse	Knicklinie	
			S 235 bis S 420	S 460
Gewalzte I-Profile 	$h/b > 1,2$	Y-Y z-z	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	a a ₀
			$40 \text{ mm} < t_f \leq 100$	b c
	$h/b \leq 1,2$	Y-Y z-z	$t_f \leq 100 \text{ mm}$	b c
			$t_f > 100 \text{ mm}$	d c
Geschweißte I-Profile 	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	Y-Y z-z	b c	b c
	$t_f > 40 \text{ mm}$	Y-Y z-z	c d	c d
Rechteckige Hohlprofile 	warmgefertigte	jede	a	a ₀
	kaltgefertigte	jede	c	c

5. Inhalt

Kap. 10: Stabilität, Vereinfachter Biegedrillknicknachweis

$$m_{y,LT} = \frac{M_{y,Ed}}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}} \cdot \chi_{LT,mod}} \leq 1,0$$



Querschnitt	Grenzen	Biegedrillknicklinien
Gewalztes I-Profil	$h/b \leq 2$	b
	$h/b > 2$	c
Geschweißtes I-Profil	$h/b \leq 2$	c
	$h/b > 2$	d

5. Inhalt

Kap. 10: Stabilität, Nachweis M_y - N -Interaktion

Ausweichen in der Momentenebene

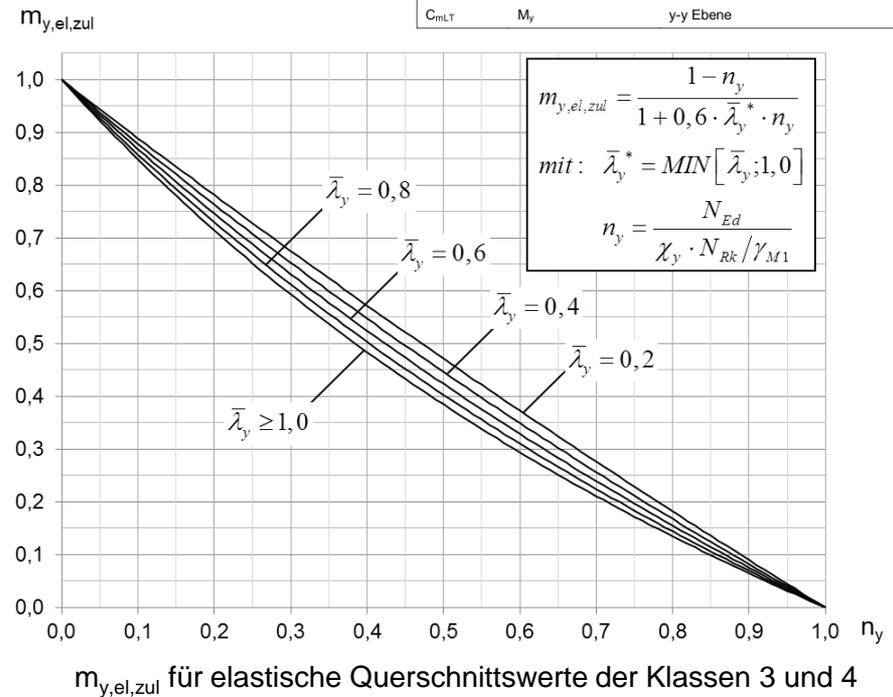
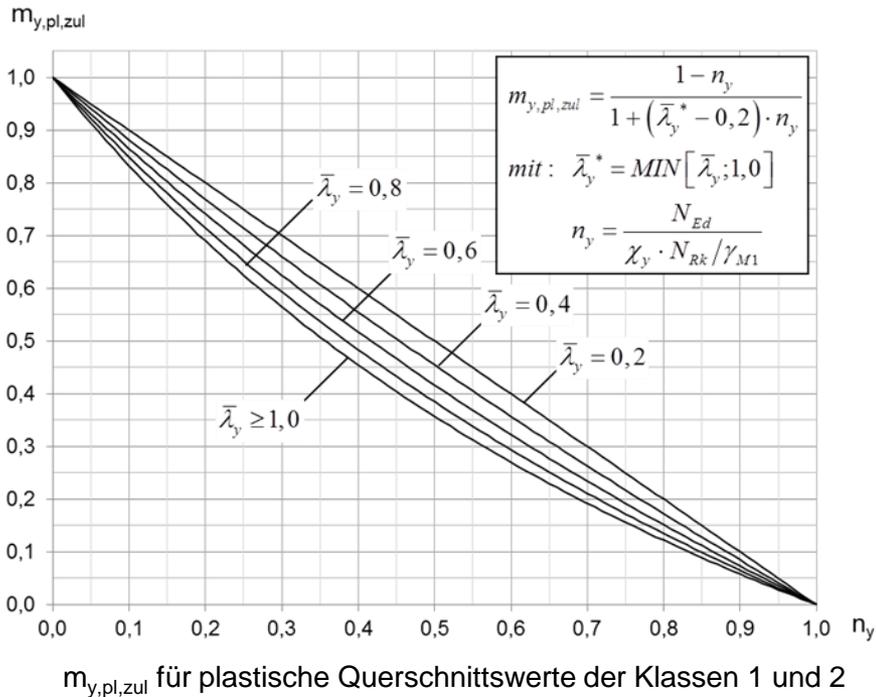
$$\frac{m_{y,LT} \cdot C_{my}}{m_{y,zul}} \leq 1,0$$

Momentenverteilung	k_c bzw. C_m	C_{my} ; C_{mz} ; C_{mLT}
	1,0	1,0
	$\frac{1}{1,33 - 0,33\psi}$	$0,6 + 0,4\psi \geq 0,4$
	0,94	0,95
	0,90	0,50
	0,91	0,50
	0,86	0,90
	0,77	0,80
	0,82	0,67

Für Stäbe, die nicht an beiden Enden seitlich unverrückbar gehalten sind, sollte der äquivalente Momentenbeiwert als $C_{my}=0,9$ bzw. $C_{mz}=0,9$ angenommen werden.

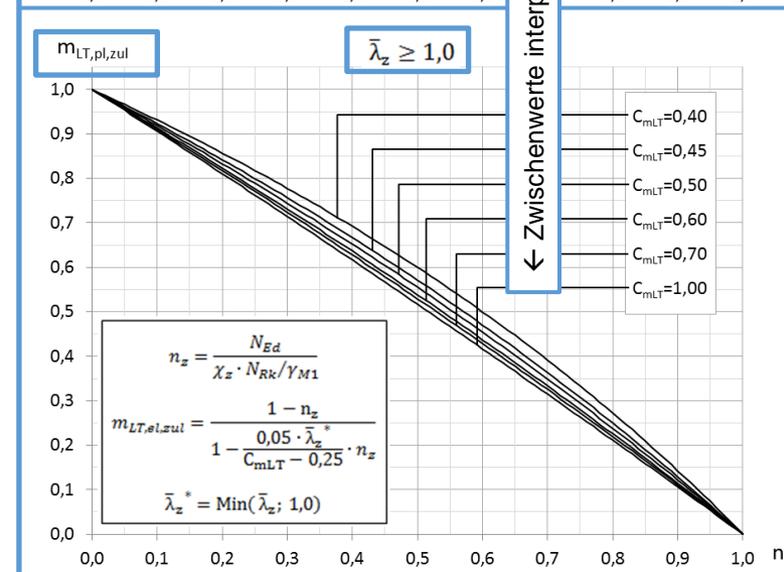
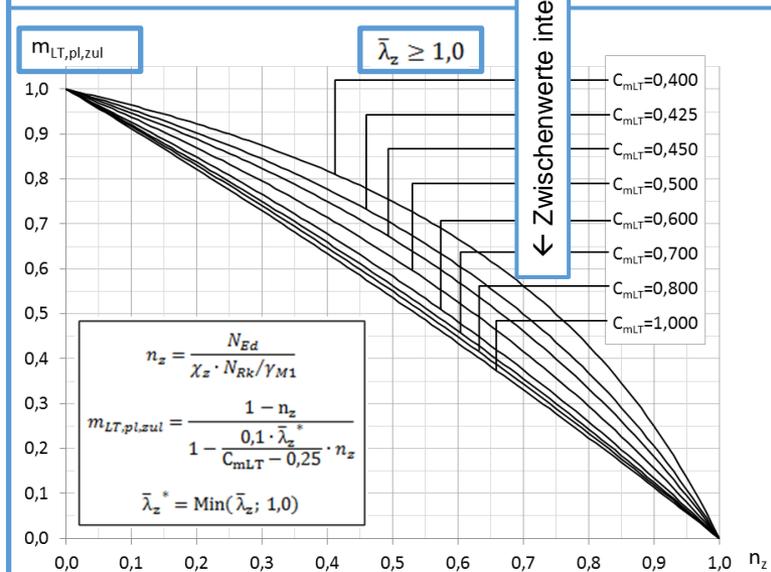
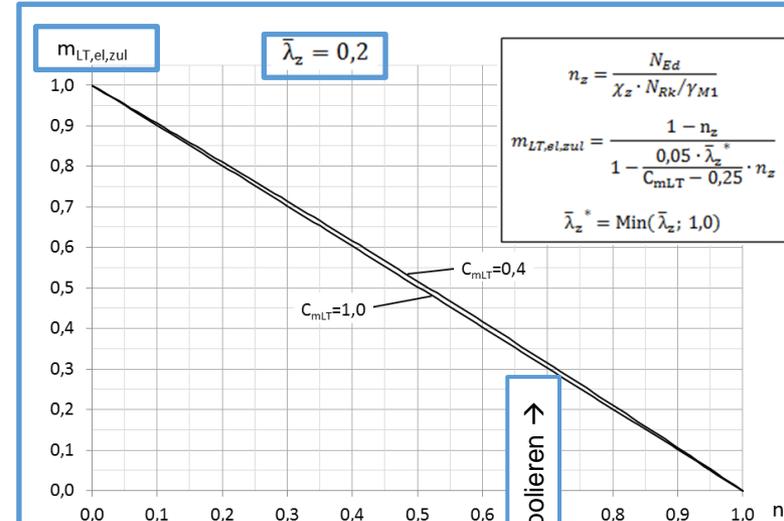
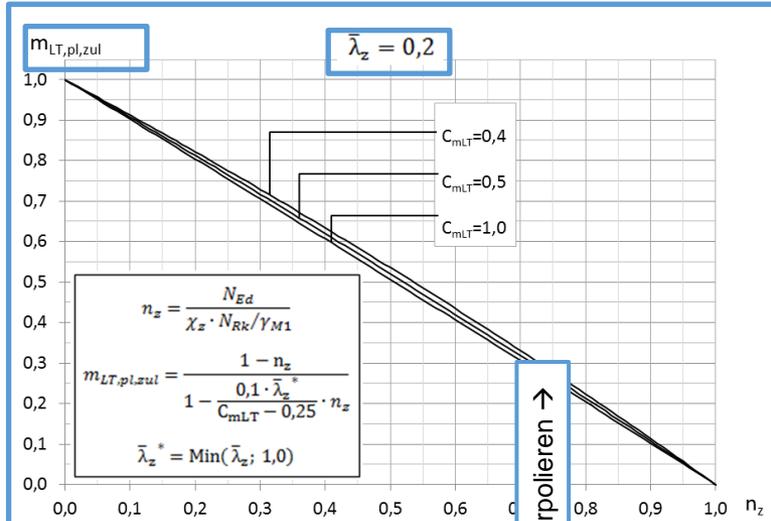
Zur Bestimmung der Beiwerte wird jeweils der Momentenverlauf zwischen seitlich gehaltenen Punkten des Bauteils betrachtet:

Beiwert	Betrachtetes Biegemoment	Zwischen seitlichen Halterungen in der
k_c	M_y	z-z Ebene
C_{my}	M_y	z-z Ebene
C_{mz}	M_z	y-y Ebene
C_{mLT}	M_y	y-y Ebene



5. Inhalt Kap. 10: Stabilität, Nachweis M_y -N-Interaktion: Ausweichen senkrecht zur Momentenebene

$$\frac{m_{y,LT}}{m_{LT,zul}} \leq 1,0$$

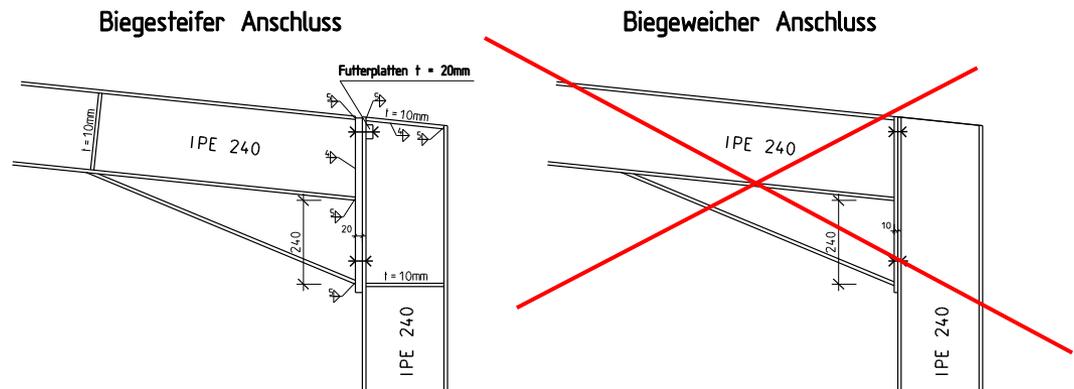


5. Inhalt

Kap. 11: Verbindungen

Verbindungen und Anschlüsse sowie Fußpunkte

- › Aufführung der wesentlichen Angaben zur Bemessung von Schrauben und Schweißnähten
- › Angabe von Tabellen zur Ablesung von Tragfähigkeiten für typische Schweißnähte und Schraubendurchmesser
- › Nur gelenkige oder steife Anschlüsse
- › Angaben von Konstruktionsempfehlungen und Verweis auf Typisierte Verbindungen



5. Inhalt Kap. 11: Verbindungen Biegesteife Stöße und Rahmenecken über Typisierte Anschlüsse

Momententragfähige IH-Anschlüsse

Anlage 1.47 zum Prüfbericht TP-12-001 vom 28.03.2013

Momententragfähige Träger-Stützenanschlüsse und Trägerstöße mit Stirnplatte		IH																
Tragfähigkeit		10.9																
<p>Typ IH1 und IH2: (bündige Stirnplatte)</p> <p>Typ IH3 und IH4: (überstehende Stirnplatte)</p>		<p> $M_{j1,Rd}$: Bemessungswert der Momententragfähigkeit $M_{j2,Rd}$: M-Tragfähigkeit (Umkehrmoment) $V_{j,Rd}$: Querkrafttragfähigkeit $M_{c,Rd}$: Momententragfähigkeit des Trägerquerschnitts Versagensformen: EPB : Stirnplatte auf Biegung BT : Schrauben auf Zug BFC : Trägerflansch und -steg auf Druck BWT : Trägersteg auf Zug WELD : Schweißnaht * : Elastische Schraubenkraftverteilung Hinweise: St : horizontale Steifen im Stützensteg (s. Erläuterungsabschnitt) / : keine Stütze für dieses Lastniveau möglich Maßgebend für die Biegetragfähigkeit ist das Minimum aus $M_{j1,Rd}$ und $M_{c,Rd}$ bzw. $M_{j2,Rd}$ und $M_{c,Rd}$ </p>																
Tragfähigkeit																		
Nr.	Anschluss		%	S 235				S 355				erf. Stütze (S235 / S355)						
	Trägerprofil	Typ		Schr. 10.9	$M_{j1,Rd}$ kNm	Vers.-form	$M_{j2,Rd}$ kNm	$V_{j,Rd}$ kN	$M_{c,Rd}$ kNm	$M_{j1,Rd}$ kNm	Vers.-form	$M_{j2,Rd}$ kNm	$V_{j,Rd}$ kN	$M_{c,Rd}$ kNm	IPE	HEA	HEB	HEM
113	IPE 400	IH3.1	M 24			297,0	BFC	167,6	289,6	307,2	341,8	BT*	172,1	437,5	464,0			
				100	297,0		/	/		341,8		172,1	437,5	Trägerstoß				
				80	237,6		125,8	289,6		273,4		134,6	437,5	600-St	400-St	/	/	240
				60	178,2		125,0	289,6		205,1		134,5	437,5	450-St	400-St	320	240	400
														550	340	260	200	
														500	320	220	180	
114	IPE 450	IH1.1	M 20			138,9	BT*	138,9	344,9	399,9	138,9	BT*	138,9	361,3	604,1			
				100	138,9		138,9	344,9		138,9		138,9	361,3	Trägerstoß				
				80	111,1		115,4	344,9		111,1		114,0	359,9	500	/	220	140	180
				60	83,3		90,7	344,9		83,3		87,7	361,3	400	240	180	140	140
														330	220	180	140	
														300	180	160	140	
115	IPE 450	IH1.1	M 24			196,5	BT*	196,5	344,9	399,9	196,5	BT*	196,5	511,0	604,1			
				100	196,5		196,5	344,9		196,5		196,5	290,3	Trägerstoß				
				80	157,2		159,8	344,9		157,2		157,5	491,1	600-St	400	300	240	180
				60	117,9		119,9	344,9		117,9		128,7	511,0	550	300	240	180	180
														450	280	220	180	
														400	240	180	180	

Darüber hinaus:

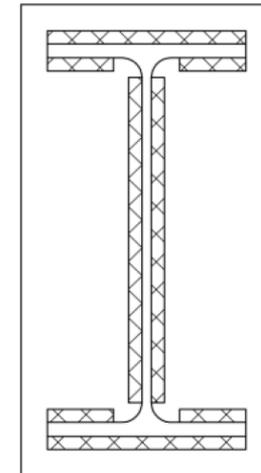
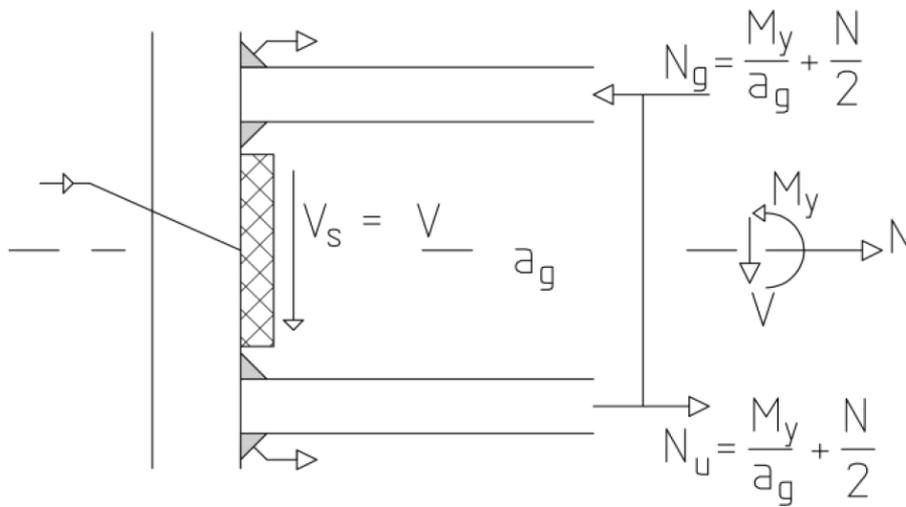
Vereinfachte Regeln zur Bestimmung der Bemessungswerte starrer Stöße bzw. Rahmenecken mit bündiger Stirnplatte (Typ IH1) oder überstehender Stirnplatte (Typ IH3)

gültig auch für andere Stirnplatten und Schraubenpositionen als gem. Typisierten Verbindungen

5. Inhalt

Kap. 11: Verbindungen

> Empfehlungen zur Schnittgrößenaufteilung



5. Inhalt

Kap. 11: Verbindungen

- > Übersichtliche Darstellung der Kategorien von Schraubenverbindungen:

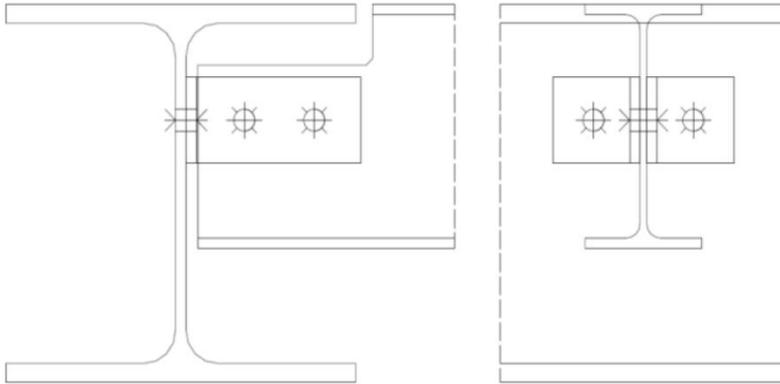
Kategorie	Verbindungsart	Schrauben	Erf. Nachweise
A	Scher-/Lochleibungsverbindungen	4.6-10.9	Abscheren Lochleibung
B	Gleitfeste Verbindungen im GZG	hochfest vorgespannt, 8.8 und 10.9	Gleiten Abscheren Lochleibung
C	Gleitfeste Verbindungen im GZT	hochfest vorgespannt 8.8 und 10.9	Gleiten Lochleibung Nettoquerschnitt
D	Zugverbindungen, nicht vorgespannt	4.6-10.9	Zug Durchstanzen
E	Zugverbindungen, vorgespannt	hochfest vorgespannt 8.8 und 10.9	Zug Durchstanzen

5. Inhalt

Kap. 11: Verbindungen, Kategorien von Schraubenverbindungen

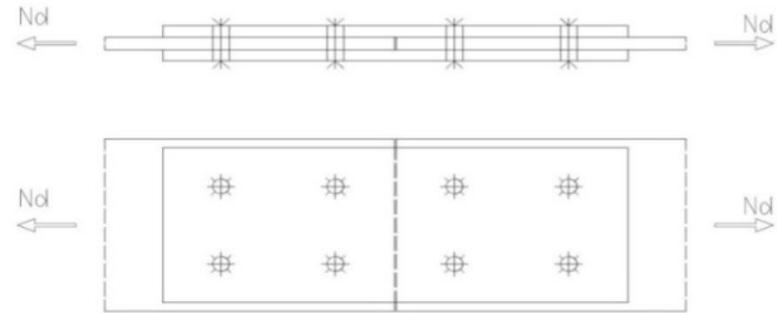
Anschluss Typ A

Scher- / Lochleibungsverbindung



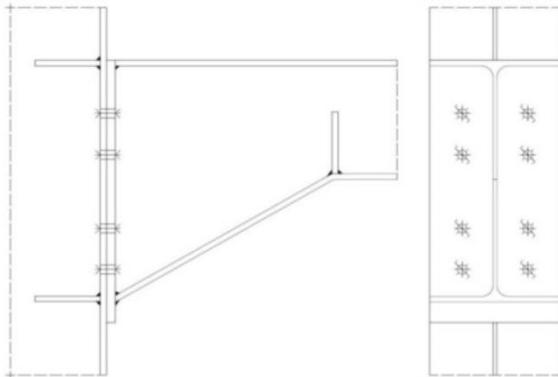
Anschluss Typ B und C

Gleitfeste Verbindung



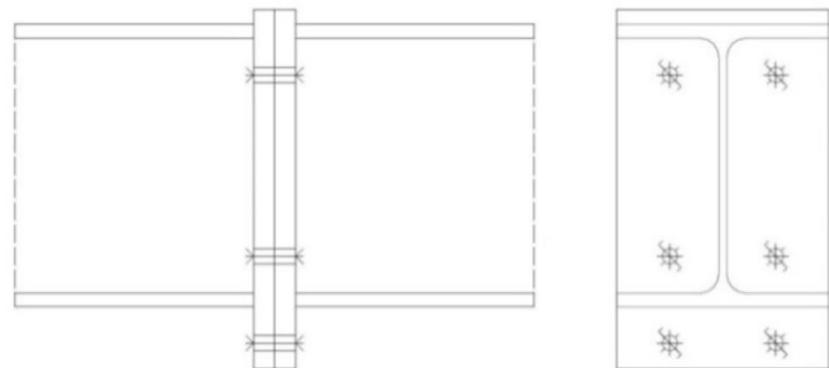
Anschluss Typ D

Zugverbindung mit nicht vorgespannten Schrauben



Anschluss Typ E

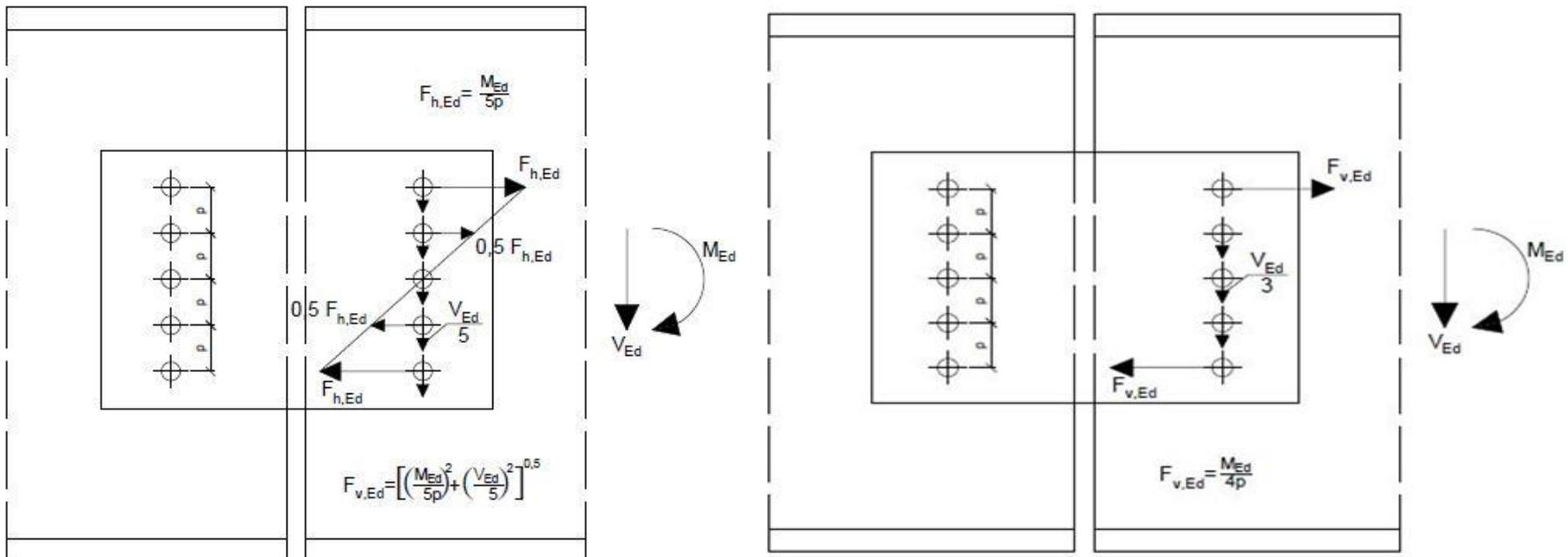
Zugverbindung mit Hochfest vorgespannten Schrauben



5. Inhalt

Kap. 11: Verbindungen

- > Elastische und plastische Verteilung von Kräften innerhalb einer Verbindung:

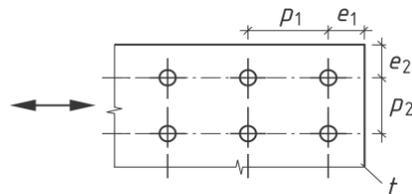


- > Bildquelle: Kindmann/Stracke

5. Inhalt

Kap. 11: Verbindungen, Schraubenabstände und Empfehlungen

Randabstände			Lochabstände		
Kleinsten Randabstand	In Krafrichtung e_1	$1,2 d_0$	Kleinsten Lochabstand	In Krafrichtung p_1	$2,2 d_0$
	Rechtwinklig zur Krafrichtung e_2	$1,2 d_0$		Rechtwinklig zur Krafrichtung	$2,4 d_0$
Größter Randabstand	In und rechtwinklig zur Krafrichtung e_1 bzw. e_2	$4 t + 40 \text{ mm}$	Größter Lochabstand, $p_1, p_{1,0}$ bzw. p_2	Zur Sicherung gegen lokales Beulen	$14 t$ oder 200 mm

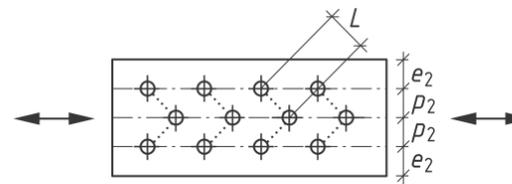


$$1,2 \cdot d_0 \leq e_1, e_2 \leq 4t + 40 \text{ mm}$$

$$2,2 \cdot d_0 \leq p_1 (\leq 14t \leq 200)$$

$$2,4 \cdot d_0 \leq p_2 (\leq 14t \leq 200)$$

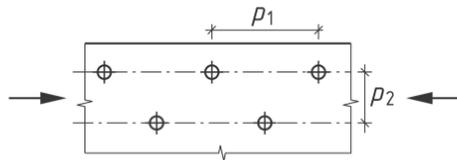
a) Bezeichnung der Rand- und Lochabstände



$$p_2 \geq 1,2 \cdot d_0$$

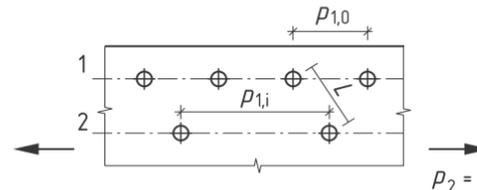
$$L \geq 2,4 \cdot d_0$$

b) Bezeichnung bei versetzter Lochanordnung



$$p_{1,2} \leq 14 \cdot t \leq 200 \text{ mm}$$

c) Versetzte Lochanordnung bei druckbeanspruchten Bauteilen



$$p_{1,0} \leq 14 \cdot t \leq 200 \text{ mm}$$

$$p_{1,i} \leq 28 \cdot t \leq 400 \text{ mm}$$

d) Versetzte Lochanordnung bei zugbeanspruchten Bauteilen

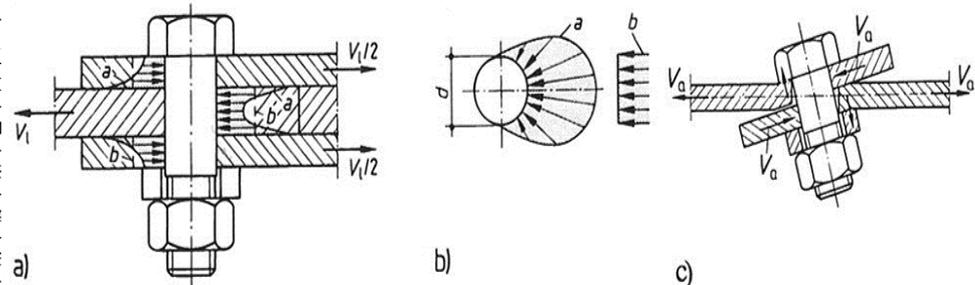
5. Inhalt

Kap. 11: Verbindungen, Beispieltabelle Lochleibung

- > Ablesen von Grenzlochleibungskräfte F_b, R_d
 S235, normales Lochspiel, Bauteildicke $t = 10 \text{ mm}$; $e_2 \geq 1,5d_0$, $p_2 \geq 3,0d_0$

Randabstand e_1 / Lochabstand p_1

p_1	e_1	M 12		M 16		M 20		M 22		M24		M27		M30		M36	
		[mm]	p_1	e_1	p_1												
20				44,3													
25				55,4													
30		44,9		66,5													
35		55,9		77,5													
40		67,0		86,4	56,5												
45		78,1		86,4	67,2												
50		86,4		↓	77,9	106,7											
55		86,4		↓	88,5	115,2											
60		↓			99,2	115,2											
65		↓			109,9	↓											
70					115,2	↓											
75					115,2												
80						↓											
85						↓											
90						↓											
95						↓											
100						↓											

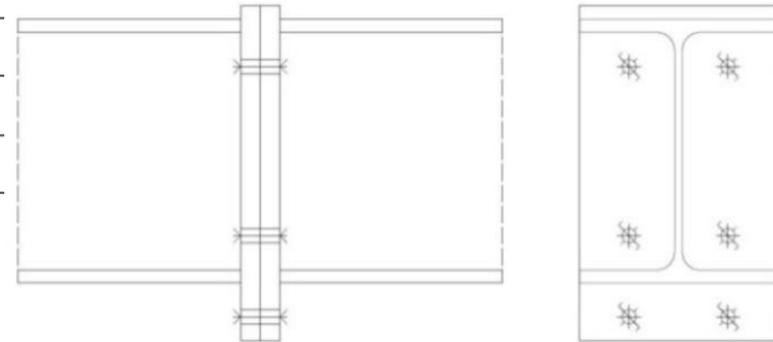


5. Inhalt

Kap. 11: Verbindungen, Durchstanzen

- > Übersicht, wann Durchstanzen vor dem Zugversagen maßgebend wird (✓= Durchstanzen ist maßgebend)

Schraube		M16	M20	M22	M24	M27		M30		M36			
SFK		10.9	10.9	10.9	10.9	8.8	10.9	8.8	10.9	5.6	8.8	10.9	
tp	8	S235	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
		S355			✓	✓		✓		✓		✓	✓
		S460				✓		✓		✓			✓
	10	S235		✓	✓	✓		✓		✓		✓	✓
		S355						✓		✓		✓	✓
		S460								✓			✓
	12	S235				✓		✓		✓			✓
		S355											
		S460											
	15	S235											



$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 * \pi * d_m * t_p * f_u}{\gamma_{M2}}$$

5. Inhalt

Kap. 11: Verbindungen, Schweißverbindungen

nur vereinfachtes Verfahren

- > einfacher in der Handhabung
- > geringere Tragfähigkeiten können akzeptiert werden
- > Nachweisführung ähnlich wie in der bisherigen DIN 18800 auf Spannungsebene

$$\sigma_{w,Ed} \leq \sigma_{vw,Rd}$$

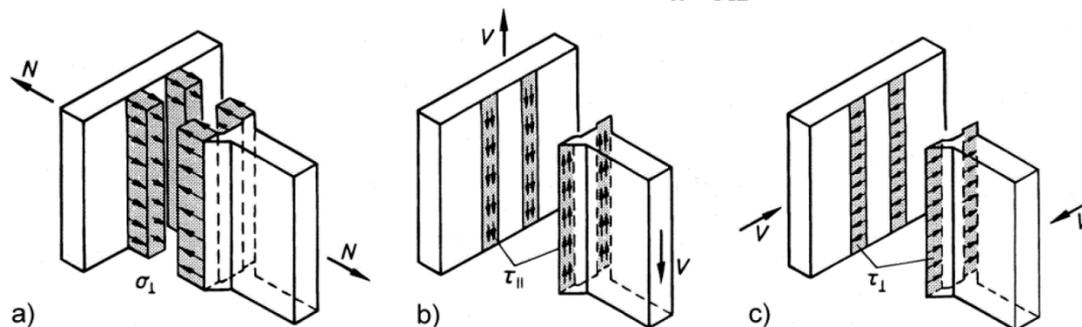
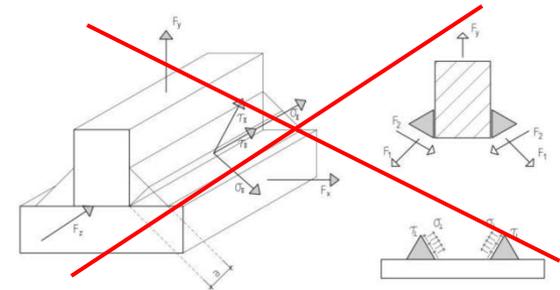
mit

$$\sigma_{vw,Ed}$$

$$f_{vw,Rd}$$

$$\sigma_{vw,Ed} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + \tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2}$$

$$= \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

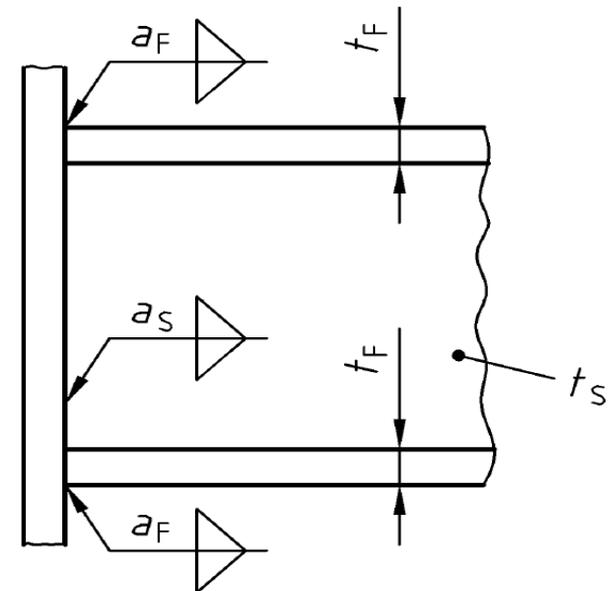


5. Inhalt

Kap. 11: Verbindungen, Trägerstoß ohne weiteren Nachweis

a	S235	S355	S460
IPE	$0,55 \cdot t$	$0,7 \cdot t$	$0,75 \cdot t$
HEA	$0,55 \cdot t$	$0,7 \cdot t$	$0,75 \cdot t$
HEB	$0,55 \cdot t$	$0,65 \cdot t$	$0,75 \cdot t$
HEM	$0,5 \cdot t$	$0,65 \cdot t$	$0,7 \cdot t$

Die Anschlussschnittgrößen dürfen die elastische Momenten­tragfähigkeit, sowie 50% der Querkrafttragfähigkeit nicht überschreiten



5. Inhalt Kap. 12: Durchbiegungen und Schwingungen

Empfehlungen für die Gebrauchstauglichkeit

Vertikale Verformungswerte

<p>f_u spannungslose Werkstattdurchbiegung (Überhöhung) (1)</p> <p>f_g Vertikale Verformung infolge ständiger Last (2)</p> <p>f_{g^*} Vertikale Verformung infolge Langzeitwirkung der ständigen Belastung (3)</p> <p>f_p Vertikale Verformung infolge Nutzlast (4)</p> <p>f_{max} Maximale vertikale Verformung im Endzustand</p>	<p>$L = \text{Stützweite}$</p> <p>Kragarme: $L = 2 \times \text{Bauteillänge}$</p>																				
zulässige vertikale Verformungswerte																					
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>f_{max}</th> <th>$f_p + f_{g^*}$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dächer allgemein</td> <td>L/200</td> <td>L/250</td> </tr> <tr> <td>Dächer mit Anforderung an das optische Erscheinungsbild</td> <td>L/250</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Dächer mit häufiger Begehung</td> <td>L/250</td> <td>L/300</td> </tr> <tr> <td>Decken allgemein</td> <td>L/250</td> <td>L/300</td> </tr> <tr> <td>Decken und Dächer, die spröde Deckschichten (z.B. Putz) oder wenig flexible Teile tragen</td> <td>L/250</td> <td>L/350</td> </tr> <tr> <td>Decken mit Stützen (sofern die Verformung nicht bei der Bemessung berücksichtigt wurde)</td> <td>L/400</td> <td>L/400</td> </tr> </tbody> </table>	f_{max}	$f_p + f_{g^*}$	Dächer allgemein	L/200	L/250	Dächer mit Anforderung an das optische Erscheinungsbild	L/250		Dächer mit häufiger Begehung	L/250	L/300	Decken allgemein	L/250	L/300	Decken und Dächer, die spröde Deckschichten (z.B. Putz) oder wenig flexible Teile tragen	L/250	L/350	Decken mit Stützen (sofern die Verformung nicht bei der Bemessung berücksichtigt wurde)	L/400	L/400
f_{max}	$f_p + f_{g^*}$																				
Dächer allgemein	L/200	L/250																			
Dächer mit Anforderung an das optische Erscheinungsbild	L/250																				
Dächer mit häufiger Begehung	L/250	L/300																			
Decken allgemein	L/250	L/300																			
Decken und Dächer, die spröde Deckschichten (z.B. Putz) oder wenig flexible Teile tragen	L/250	L/350																			
Decken mit Stützen (sofern die Verformung nicht bei der Bemessung berücksichtigt wurde)	L/400	L/400																			

Horizontale Verformungswerte

	zulässige horizontale Verformungswerte δ_{max}
Portalrahmen ohne Kranbahn	h/150
Andere eingeschossige Gebäude	h/300

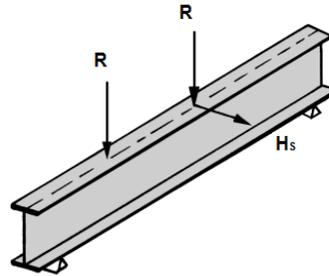
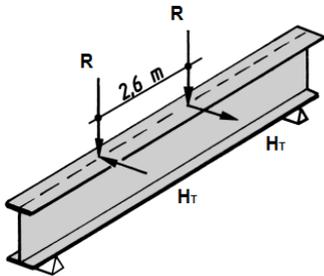
Begrenzung von Schwingungen

	zulässige vertikale Verformungswerte $f_g + f_{g^*} + f_p$	Kleinste Eigenfrequenz f_0
Decken mit ständigem Personenverkehr (z.B. Wohngebäude, Bürogebäude)	$\leq 28 \text{ mm}$	$\geq 3 \text{ Hz}$
Decken, auf denen getanzt oder rhythmisch gesprungen wird (z.B. Tanzsäle, Sporthallen)	$\leq 10 \text{ mm}$	$\geq 5 \text{ Hz}$

Dachneigung < 3% → Prüfung Wassersackbildung

5. Inhalt

Kap. 12: Zusätzliche Regeln für Kranbahnträger



$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_z^2 - \sigma_x \cdot \sigma_z + 3\tau^2}$$

- > Kranbahnträger mit leichtem Kranbetrieb
- > Komprimiert alle erf. Angaben inkl. Lastangaben in einem Kapitel
- > Vorgaben vereinfachter Lastgruppen und Schwingbeiwerte
- > Nachweise auf Spannungsebene
- > Ermüdungsnachweis für ausgewählte Details
- > Empfehlungen für Verformungsbeschränkungen
- > Stabilitätsnachweis vereinfacht als Nachweis des Druckgurtes als Druckstab

5. Inhalt

Kap. 12: Zusätzliche Regeln für Kranbahnträger

Tabelle mit Übersicht der erforderlichen Nachweise

Nachweis	GZT	GZG	Ermüdung
global	Querschnittsnachweis - elastisch - elastisch/plastisch Biegedrillknicken	Querschnittsnachweis elastisch wenn im GZT elastisch/plastisch gerechnet	Ermüdungsnachweis nach Kerbfall
lokal	Querschnittsnachweis elastisch mit Radlastpressung Beulnachweis	-	Ermüdungsnachweis nach Kerbfall für: - Radlastpressung - Stegbiegung $\geq S3$ - Verbindungsmittel
Zusätzliche Nachweise	Pufferanprall in Außergewöhnlichen LFK Anschlüsse	Begrenzung der Verformungen Begrenzung der Plattenschlankheit	Nachweis der Gesamtschädigung
Berücksichtigung der H-Last	Schräglauf H_S Anfahren/Bremsen H_L , H_T	Schräglauf H_S Anfahren/Bremsen H_L , H_T	-
Exzentrische Radlasteinleitung	-	-	$b_r/4$ für S3 bis S9 b_r : Schienenbreite

5. Inhalt Kap. 12: Zusätzliche Regeln für Kranbahnträger

Vereinfachte Ermittlung der Schwingbeiwerte

φ_i	Berücksichtigter Einfluss auf:						
φ_1	Schwingungsanregung des Kranwerks infolge Anheben der Hublast	Q_c	$0,9 < \varphi_1 < 1,1$ Regelfall Brückenkrane: $\varphi_1 = 1,1$				
φ_2	Dynamische Wirkung beim Anheben der Hublast vom Boden	Q_h	HC	1	2	3	4
			φ_2	1,1	1,2	1,3	1,4
			max. Hubgeschwindigkeit $v_h = 12,5 \text{ m/min}$				
φ_3	Dynamische Wirkung durch plötzliches Loslassen der Nutzlast (Greifer, Magneten)	Q_h	$\varphi_3 = 1,0$ (Vereinfachung) Plötzliches Loslassen der Nutzlast wird nicht betrachtet.				
φ_4	Dynamische Wirkungen, hervorgerufen durch Fahren auf Schienen o.Ä.	Q_h Q_c	$\varphi_4 = 1,0$, falls die in EN 1090-2 spezifizierten Maßabw. für Kranschienen eingehalten werden. Sonst: siehe EN 13 001-2.				
φ_5	Dynamische Wirkung verursacht durch Antriebskräfte	H_L H_T	$\varphi_5 = 1,0$ (Regelfall) Fliehkräfte $1,0 \leq \varphi_5 \leq 1,5$ Stetige Veränderung der Kräfte $1,5 \leq \varphi_5 \leq 2,0$ Plötzliche Veränderung der Kräfte $\varphi_5 = 3,0$ Antrieb mit beträchtlichem Spiel Dieser Schwingbeiwert ist häufig in den Antriebskräften H_L und H_T bereits enthalten.				
φ_7	Dynamische Wirkung aus Pufferanprall	H_B	$\varphi_7 = 1,25$ (Regelfall) für $0 \leq \xi \leq 0,5$ $\varphi_7 = 1,25 + 0,7 \cdot (\xi - 0,5)$ für $0,5 \leq \xi \leq 1$ ξ ist von der Pufferkennlinie abhängig.				
$\varphi_{fat,1}$	Schwingbeiwert der Ermüdung für das Gewicht der Kranbrücke	Q_c	Regelfall Brückenkrane: $\varphi_{fat,1} = 1,05$ (für $\varphi_1 = 1,1$)				
$\varphi_{fat,2}$	Schwingbeiwert der Ermüdung für die Hublast	Q_h	HC	1	2	3	4
			$\varphi_{fat,2}$	1,05	1,09	1,13	1,17

Q_c, Q_h : vertikale Radlasten H_L, H_T, H_B : horizontale Radlasten

5. Inhalt

Kap. 12: Zusätzliche Regeln für Kranbahnträger

Reduktion der Lastgruppen von 14 auf 7 bzw. im GZT 2

		GZT		Außergewöhnlich		GZG		Ermüdung
		LG1	LG5	LG9	LG11	LG12	LG13	LG14
Eigengewicht des Krans	Q_c	φ_1	1	1	1	1	1	$\varphi_{fat,1}$
Hublast	Q_h	φ_2		1	1	1	1	$\varphi_{fat,2}$
Anfahren/ Bremsen der Kranbrücke	H_L H_T	φ_5	-	-	-	-	1	-
Schräglauf der Kranbrücke	H_s	-	1	-	-	1	-	-
Wind in Betrieb	F_w^*	1	1	-	-	1	1	-
Pufferkraft	H_B	-	-	φ_7	-	-	-	-
Teilsicherheitsbeiwerte Kranlasten	γ_Q	1,35		1,0		1,0		1,0
Teilsicherheitsbeiwerte Materialwiderstände	γ_M	Querschnitt 1,0 Stabilität 1,1 Verbindung 1,25	1,0	Querschnitt 1,0 Stabilität 1,0 Verbindung 1,15	1,0	1,0		1,00 (4 Inspektionen) 1,15 (3 Inspektionen) 1,35 (2 Inspektionen) 1,60 (1 Inspektion) Auf 25 Jahre

Schwingbeiwerte siehe Tab. 13.2

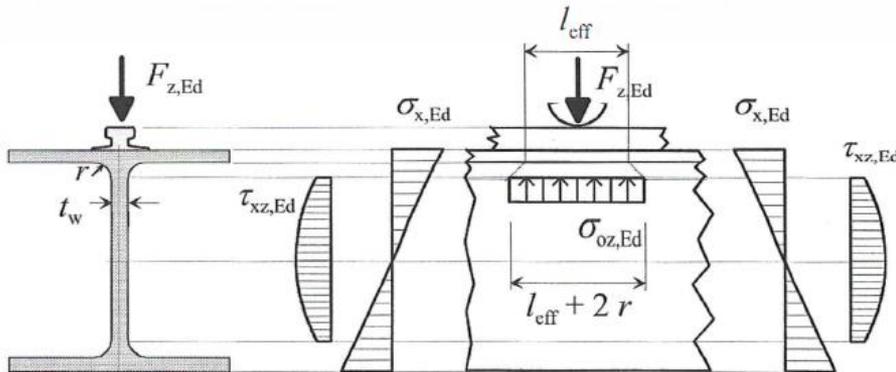
Lastgruppen mit günstig wirkenden Schwingbeiwerten entfallen hier.

5. Inhalt

Kap. 12: Zusätzliche Regeln für Kranbahnträger

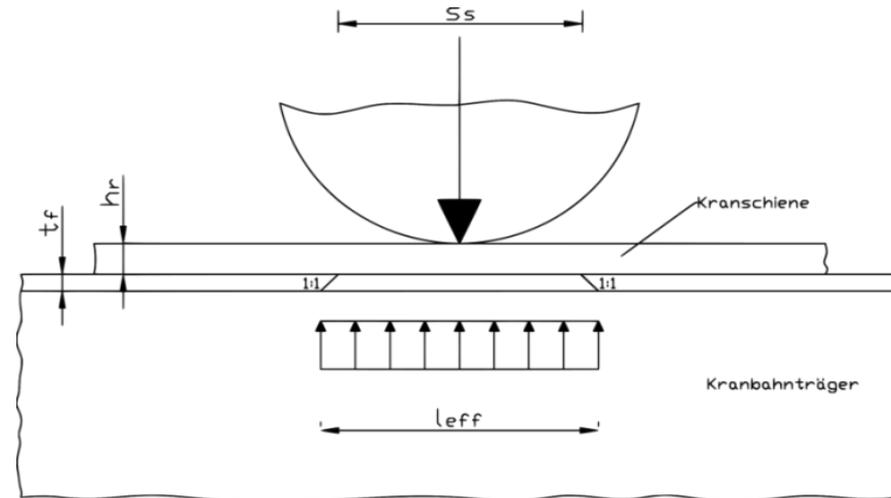
> Lokale Spannungen infolge Radlasteinleitung

$$\sigma_{0z,Ed} = \frac{F_{z,Ed}}{t_w \cdot (l_{eff} + 2 \cdot r)}$$



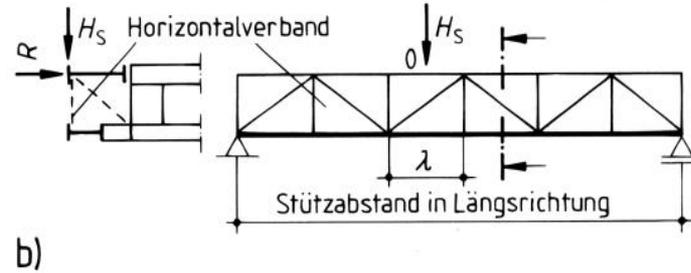
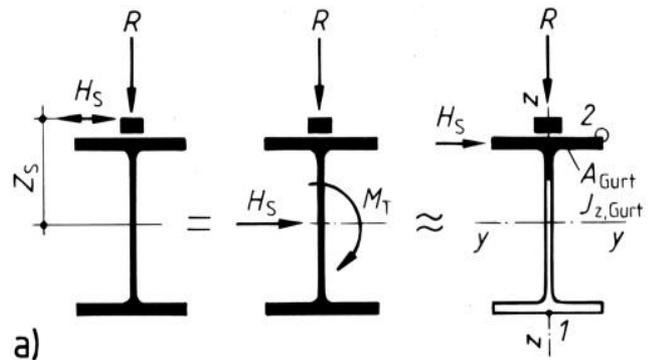
Vereinfachte Ermittlung von l_{eff} bei schubstarr verbundener Schiene

$$l_{eff} = 1,5 (h_r + t_f) + 4 \text{ cm}$$



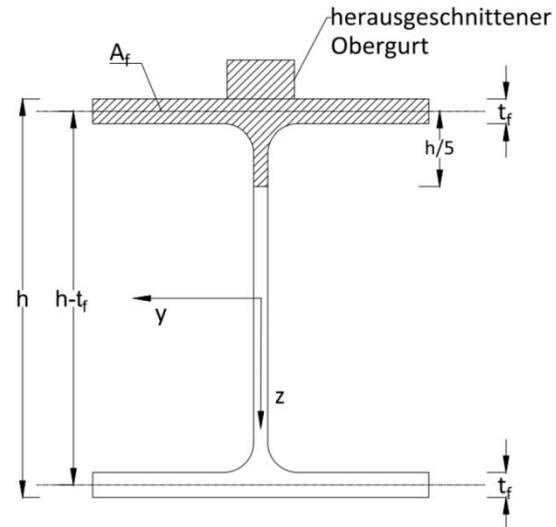
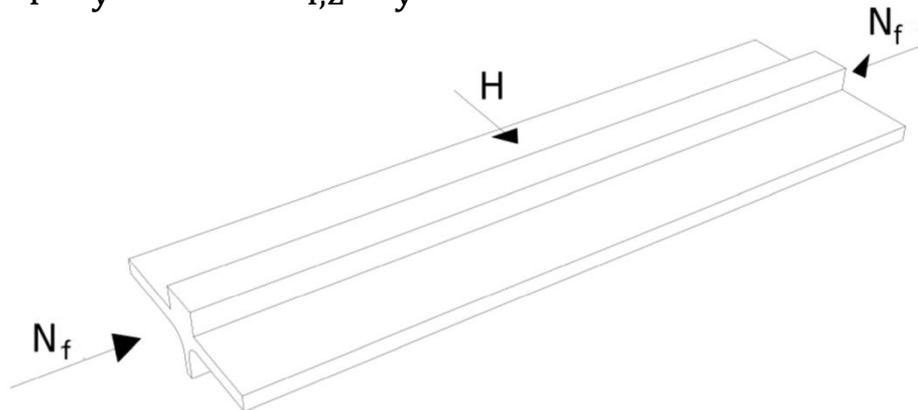
5. Inhalt Kap. 12: Zusätzliche Regeln für Kranbahnträger Stabilitätsnachweis mit Druckgurt als Druckstab

> Torsion vereinfacht über Obergurt mit Querbiegung



$$\sigma_{x,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,el}} + \frac{M_{z,Ed}}{W_{z,el,f}}$$

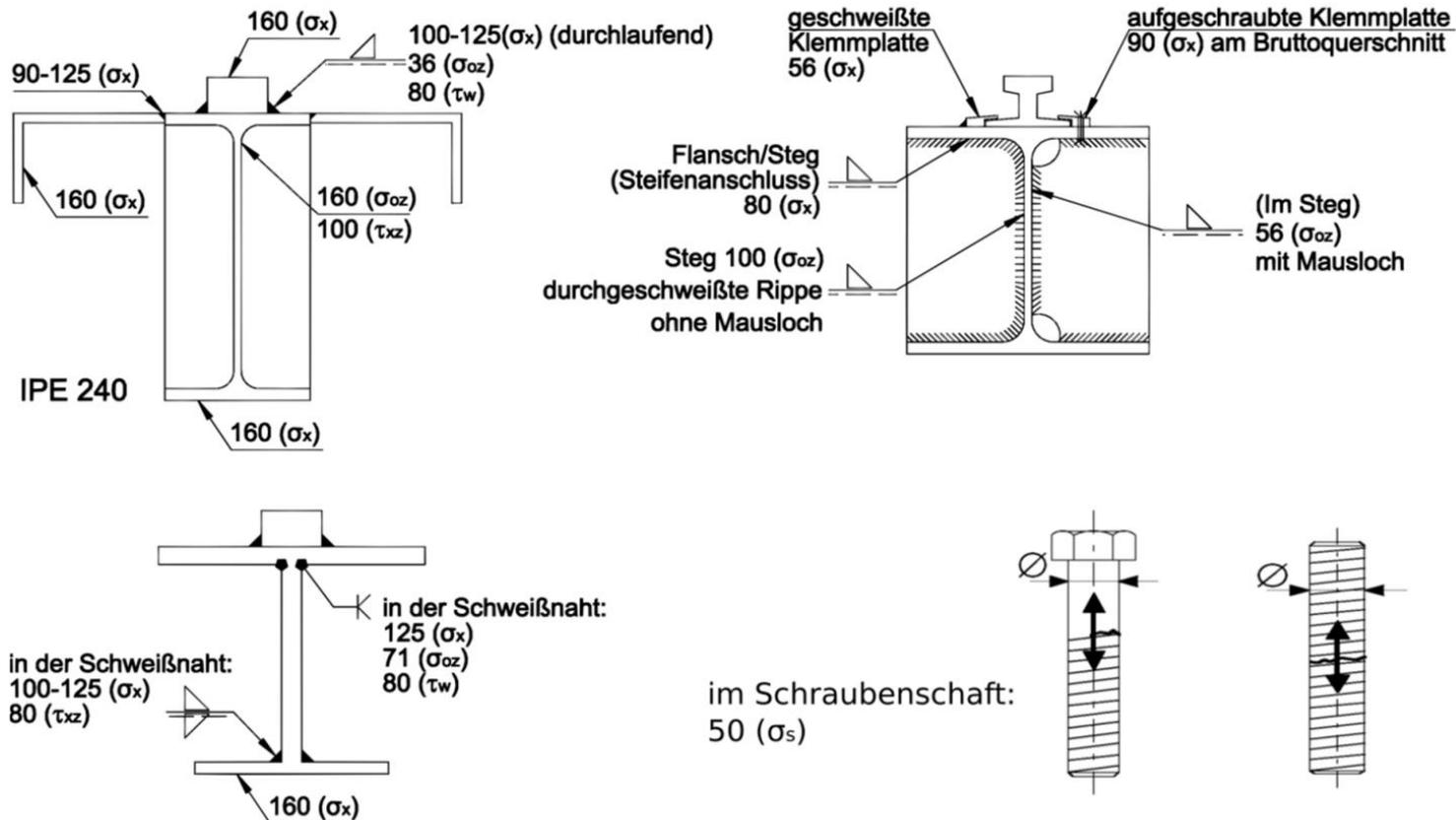
$$\frac{N_{f,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_z \cdot A_f \cdot f_y} + \frac{k_{zz} \cdot M_{z,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{W_{f,z} \cdot f_y} \leq 1,0$$



5. Inhalt

Kap. 12: Zusätzliche Regeln für Kranbahnträger

- > Zusammenfassung maßgebender Kerbfälle für Standard Kranbahndetails:



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

