

Rolf Kindmann (Hrsg.)
Matthias Kraus
Hans Joachim Niebuhr

4. Auflage

STAHLBAU KOMPAKT

**Bemessungshilfen
Profiltabellen**



4. Auflage

STAHLBAU KOMPAKT

Bemessungshilfen

Profiltabellen

Herausgegeben von

Prof. Dr.-Ing. Rolf Kindmann

unter Beteiligung von

Prof. Dr.-Ing. Matthias Kraus

und

Dipl.-Ing. Hans Joachim Niebuhr

 **STAHLLEISEN**

Vorwort zur 4. Auflage

Das vorliegende Heft enthält in kompakter und handlicher Form zahlreiche Bemessungshilfen, Profiltabellen und ergänzende Informationen. Im ersten Abschnitt werden die gewählten Bezeichnungen erläutert und Hinweise für die Verwendung der Profiltabellen gegeben. Die **Bemessungshilfen** in den Abschnitten 2 bis 12 basieren auf der DIN EN 1993-1 (Eurocode 3) und sollen die Auswahl des Werkstoffes und die Bemessung von Bauteilen und Verbindungen erleichtern. Dabei werden in komprimierter Form die folgenden Themen behandelt: Nachweise, Teilsicherheitsbeiwerte, Querschnittsklassen, Querschnittstragfähigkeit, Werkstoffermüdung, Biegeknicken, Biegedrillknicken, Stabilitätsnachweise für kombinierte Beanspruchungen, Plattenbeulen sowie geschweißte und geschraubte Verbindungen.

Im Anschluss an die Bemessungshilfen finden sich in den Abschnitten 13 bis 15 für Walzprofile, Hohlprofile und weitere Stahlerzeugnisse **Profiltabellen** und ergänzende Informationen. Die Tabellen wurden so zusammengestellt, dass man alle Werte einer Profilreihe übersichtlich auf einer Seite bzw. Doppelseite findet. Neben den Abmessungen und den üblichen Rechenwerten werden Grenzschnittgrößen, die Zuordnung zu den Knicklinien und die möglichen Nachweismethoden angegeben. Alle Werte wurden nach dem aktuellen Stand der Technik berechnet, wobei für die gängigen I-Profilreihen, für U-Profile, Kranschienen, Winkel und Z-Profile auch Berechnungen auf Grundlage der Finite-Elemente-Methode durchgeführt wurden. Im Anschluss an die Profiltabellen folgen in den Abschnitten 16 bis 19 Hinweise zur Bestellung, Lieferung und Abrechnung von Stahlerzeugnissen, zum Brandschutz von Stahlkonstruktionen sowie Hinweise zu Lochdurchmessern und Anreißmaßen und eine Zusammenstellung der Vorschriften und Normen für den Stahlbau. Am Ende des Heftes finden sich Literaturangaben, Internetadressen und ergänzende Informationen.

Für die 4. Auflage wurde die 3. Auflage aus dem Jahre 2014 unter Berücksichtigung kleiner Korrekturen aktualisiert und erweitert sowie durch die zwei Kapitel „Werkstoffermüdung“ und „Lochdurchmesser und Anreißmaße“ ergänzt. Darüber hinaus wurden Erweiterungen hinsichtlich einsetzbarer Schraubengarnituren sowie für die Querschnittswerteberechnung von Hohlprofilen vorgenommen.

Dortmund, April 2017

R. Kindmann, M. Kraus, H. J. Niebuhr

Autoren

Em. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Rolf Kindmann

Ingenieursozietät SKP, Schürmann – Kindmann und Partner

Ingenieursozietät SKP

Schürmann – Kindmann und Partner

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Matthias Kraus

Bauhaus-Universität Weimar, Professur Stahl- und Hybridbau

Prinz-Friedrich-Karl-Str. 36, 44135 Dortmund

<http://www.skp-ing.de>

Dipl.-Ing. Hans Joachim Niebuhr

Prüfingenieur für Baustatik, Fachrichtungen Metallbau und Holzbau
Ingenieursozietät SKP, Schürmann – Kindmann und Partner

Bauhaus-Universität Weimar

Professur Stahl- und Hybridbau

<http://www.uni-weimar.de/stahl-hybrid>

© 2017 Verlag Stahleisen GmbH, Düsseldorf

4. Auflage

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und Einspeicherung und/oder Verarbeitung in elektronischen Systemen, insbesondere Datenbanken und Netzwerke.

Das vorliegende Werk wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung.

In diesem Buch wiedergegebene Gebrauchsnamen, Handelsnamen und Warenbezeichnungen dürfen nicht als frei zur allgemeinen Benutzung im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung betrachtet werden.

Inhalte, die auf Verordnungen, Vorschriften oder Regelwerken basieren, dürfen nur unter Berücksichtigung der jeweils neuesten Ausgabe in Originalfassung verwendet werden.

Ergänzungen, wichtige Hinweise oder Korrekturen, die nach Veröffentlichung bekannt werden, sind im Internet zu finden unter: www.stahleisen.de

Inhalt

1	Bezeichnungen und Hinweise	4
2	Nachweise und Teilsicherheitsbeiwerte	6
3	Werkstoff Stahl	8
4	Querschnittsklassen	12
5	Querschnittstragfähigkeit	14
	Spannungsnachweise	14
	Plastische Querschnittstragfähigkeit	16
6	Werkstoffermüdung	18
7	Biegeknicken (Druckkraft N)	24
8	Biegedrillknicken (Biegemoment M_y)	28
9	Stabilitätsnachweise für N, M_y und M_z	32
10	Plattenbeulen	34
11	Geschweißte Verbindungen	37
12	Geschraubte Verbindungen	40
13	Walzprofile	48
	IPE-Profile	48
	IPEa-Profile	50
	IPEo-, IPEv- und IPE 750-Profile	52
	HEAA-Profile	54
	HEA-Profile	56
	HEB-Profile	58
	HEM-Profile	60
	I-Profile	62
	U-Profile	63
	UPE- und UAP-Profile	64
	Winkel (gleichschenklig)	66
	Winkel (ungleichschenklig)	70
	HSL-, HEC-, HE- und HL-Profile	74
	HD-Profile	76
	HP-Profile	78
14	Hohlprofile	80
	Kreisförmige Hohlprofile	80
	Quadratische Hohlprofile	82
	Rechteckige Hohlprofile	86
	Berechnungsformeln für Hohlprofile	90
15	Weitere Stahlerzeugnisse	92
	T-Stahl, Z-Stahl	92
	Krantschienen	93
	Rundstäbe, Vierkantstäbe, Scharfkantiger L-Stahl	94
	Flachstäbe, Breitflachstahl	95
	Scharfkantiger T-Stahl	96
	Blech und Band	96
	Kalzprofile	97
	Bauelemente aus Stahlblech	99
16	Bestellung, Lieferung und Abrechnung	100
17	Brandschutz	101
18	Lochdurchmesser und Anreißmaße	109
19	Vorschriften und Normen	113
	Literatur	116
	Internetadressen	116
	Informationen	117

1 Bezeichnungen und Hinweise

x	Stablängsrichtung, Stabachse
y, z	Hauptachsen des Querschnitts
u, v, w	Verschiebungen
S	Schwerpunkt ($y = 0, z = 0$)
M	Schubmittelpunkt ($y = y_M, z = z_M$)
N	Normalkraft
M_y, M_z	Biegemomente
$M_{xp} (T_t^{(1)})$	Primäres und sekundäres Torsions-
$M_{xs} (T_w^{(1)})$	moment ($M_{xp} + M_{xs} = M_x$)
V_y, V_z	Querkräfte
M_{ω} ($B^{(1)}$)	Wölbmoment (in M)

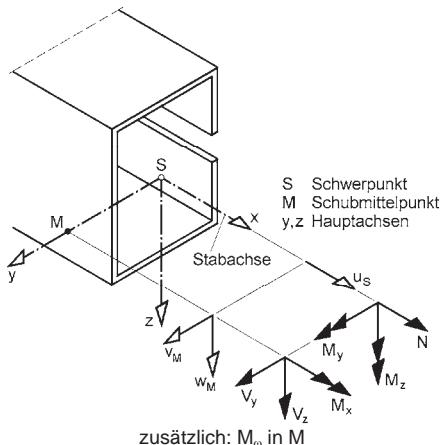


Bild 1.1 Verschiebungsgrößen, Bezugspunkte S und M sowie Schnittgrößen

σ	Normalspannung
τ	Schubspannung
f_y	Streckgrenze, $f_{y,Rd} = f_y/\gamma_{M1}$
γ_{M1}	Teilsicherheitsbeiwert
f_u	Zugfestigkeit
E	Elastizitätsmodul (E-Modul)
G	Schubmodul
v	Querdehnzahl, Stahl: $v = 0,3$
Index Ed	Bemessungswert/Einwirkung
Index Rd	Bemessungswert/Tragfähigkeit
Index k	charakteristischer Wert
Index el	elastisch
Index pl	plastisch
Index cr	critical (Eigenwert); früher: Index ki
N_{cr}	ideale Drucknormalkraft (kleinste Verzweigungslast, Eigenwert) nach der Elastizitätstheorie
$M_{cr,y}$	ideales Biegedrillknickmoment (kleinste Verzweigungslast, Eigenwert) nach der Elastizitätstheorie
L	Stablänge

¹⁾ Bezeichnungen nach DIN EN 1993-1-1

Werte in den Profiltabellen

A_w	Stegfläche $A_w = t_w \cdot (h - 2 \cdot t_f)$ A_w entspricht nicht der wirksamen Schubfläche A_v , die bei der Berechnung von $V_{pl,z}$ berücksichtigt wird.
A	Querschnittsfläche
Masse	Für genormte Profile sind die Massenangaben in den Profiltabellen die Werte der DIN-Normen, die häufig für die Gewichtsermittlung im Zusammenhang mit Abrechnungen benötigt werden (s. auch Abschnitt 16). Für nicht genormte Profile wurde die Masse mit der Querschnittsfläche und einer Wichte von $7,85 \text{ kg/dm}^3$ berechnet und mit drei Ziffern angegeben.
U	Gewichtskraft in kN/m : $0,01 \text{ kg/m}$
I_y, I_z	Mantelfläche
W_y, W_z	Hauptträgheitsmomente
i_y, i_z	Widerstandsmomente, berechnet mit $\max z$ bzw. $\max y$
$i_{r,z}$	Trägheitsradien
$\max S_y$	Trägheitsradius des druckbeanspruchten Flansches um die schwache Querschnittsachse unter Berücksichtigung von $\frac{1}{3}$ der Fläche des halben Steges
I_T	Statisches Moment des halben Querschnitts um die y-Achse
I_{ω}	Torsionsträgheitsmoment
$\max \omega$	Wölbwiderstand

Die Querschnittswerte I_T , I_{ω} und $\max \omega$ für IPE-, HEA-, HEB-, HEM-, I-, U-, UAP- und UPE-Profile, Winkel (nach DIN EN 10056), Z-Stähle sowie Kranbahnen basieren auf Berechnungen mit der FEM und sind die genauen Lösungen, s. [5] und [11]. Für die anderen Profilreihen sind Berechnungsmodelle nach [6], [7] und [10] verwendet worden.

KL Knicklinie nach DIN EN 1993-1-1 für Ausweichen rechtwinklig zur y- bzw. z-Achse

Schnittgrößen mit Index pl:

Plastische Grenzschnittgröße, d.h. maximale Schnittgröße bei **alleiniger** Wirkung dieser Schnittgröße. Die Werte gelten für $f_y = 23,5 \text{ kN/cm}^2$ ($t \leq 40 \text{ mm}$), $f_y = 21,5 \text{ kN/cm}^2$ ($40 < t \leq 100 \text{ mm}$) bzw. $f_y = 19,5 \text{ kN/cm}^2$ ($100 < t \leq 150 \text{ mm}$), s. auch DIN EN 10025-2. Für Profile mit anderen Streckgrenzen kann im Verhältnis der Streckgrenzen umgerechnet werden.

N_{pl} , $M_{pl,y}$, $M_{pl,z}$ und $M_{pl,\omega}$ werden auch angegeben, wenn ein Querschnitt den Klassen 3 oder 4 zuzuordnen ist. In diesem Fall werden die entsprechenden Grenzschnittgrößen in den Tabellen grau abgedruckt. In den Tabellen für UPE- und UAP-Profile wird auch das maximale Biegemoment $M_{u,y}$ angegeben. Es ist größer als $M_{pl,y}$. Sofern $M_y > M_{pl,y}$ ist, tritt Torsion auf.

Mit Ausnahme der Hohlprofile ist V_{pl} mit der wirksamen Schubfläche A_v gemäß DIN EN 1993-1-1 be-

rechnet werden. Für Hohlprofile werden die in Abschnitt 14 zusammengestellten genaueren Lösungen verwendet. Das Torsionsträgheitsmoment $M_{pl,x}$ der Reihen IPE, HEAA, HEA, HEB und HEM wurde auf Grundlage der Nadai-schen Sandhügelanalogie bestimmt [17]. Für die Hohlprofile werden die in Abschnitt 14 genannten Beziehungen genutzt. Plastische Widerstandsmomente werden nicht angegeben, da sie mit $W_{pl} = M_{pl} / f_y$ unmittelbar berechnet werden können.

Löcher für Schrauben:

d_0 Lochdurchmesser

w Anreißmaße für die Löcher

Die Werte für d_0 sind die größtmöglichen Lochdurchmesser (abhängig von den größtmöglichen Schrauben) und für w die zugehörigen minimalen Anreißmaße. Ausführliche Hinweise zur Anordnung von Schrauben werden in Kapitel 18 „Lochdurchmesser und Anreißmaße“ gegeben. Für die Profilreihen IPE, HEAA, HEA, HEB und HEM wurden in den Profiltafeln die Werte der DIN SPEC 18085 (vgl. Kapitel 18) und für die übrigen Profilreihen die in der 3. Auflage von Stahlbau Kompakt enthaltenen Werte übernommen.

Querschnittsklassen:

Die Nachweismethoden nach DIN EN 1993-1-1 und die Nachweisführung sind in Tabelle 2.1 zusammengestellt. Voraussetzung für die Anwendung der Nachweismethoden ist die Zuordnung der Querschnitte zu Querschnittsklassen, siehe Abschnitt 4. In der **Spalte c/t** können die hierfür benötigten Abmessungsverhältnisse für die Gurte und Stege abgelesen werden. Mit den in den Profiltabellen angegebenen **Kennzahlen** können Profile darüber hinaus unmittelbar den Querschnittsklassen zugeordnet werden:

Kennzahl = 1: Querschnittsklasse 1

Kennzahl = 2: Querschnittsklasse 2

Kennzahl = 3: Querschnittsklasse 3

Kennzahl = 4: Querschnittsklasse 4

Bei den Angaben in den Profiltabellen entspricht die erste Kennzahl der Zuordnung bei Druckbeanspruchungen infolge N und die zweite bei Biegebeanspruchungen infolge M (M_y oder M_z).

Beispiel: 3-1

Bei planmäßig konstanten Druckspannungen im Querschnitt (nur N) ergibt sich die Querschnittsklasse 3 und es dürfen Spannungsnachweise geführt werden.

Für reine Biegung (nur M_y oder M_z) ergibt sich die Querschnittsklasse 1, so dass die plastische System- und Querschnittstragfähigkeit ausgenutzt werden dürfen. Es können aber auch Spannungsnachweise mit den Schnittgrößen nach der Elastizitätstheorie geführt werden.

Die Nachweismethoden im Zusammenhang mit den unterschiedlichen Querschnittsklassen werden in Tabelle 2.1 erläutert.

2 Nachweise und Teilsicherheitsbeiwerte

Grundlage für die Nachweise nach den Eurocodes sind bei Stahlkonstruktionen die folgenden Normen:

- DIN EN 1990: Grundlagen der Tragwerksplanung
- DIN EN 1991: Einwirkungen auf Tragwerke
- DIN EN 1993: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten

Für Tragwerke sind in statischen Berechnungen Nachweise zu erbringen, die die Anforderungen an die Tragfähigkeit (s. Tab. 2.1), Gebrauchstauglichkeit, Dauerhaftigkeit bzw. Ermüdungsfestigkeit und Lagesicherheit sicherstellen.

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Bedingung gemäß DIN EN 1990: $E_d \leq R_d$

mit: E_d Bemessungswert der Einwirkungen (Beanspruchungen)
 R_d Bemessungswert der Tragfähigkeit (Beanspruchbarkeiten)

Die Bemessungswerte der Einwirkungen sind nach DIN EN 1991 unter Berücksichtigung von Teilsicherheitsbeiwerten γ_F und Kombinationsbeiwerten ψ zu bestimmen, s. Tab. 2.4. Bei den Bemessungswerten der Beanspruchbarkeiten sind Teilsicherheitsbeiwerte γ_M zu berücksichtigen (s. Tab. 2.2 und 2.3), z. B. $f_{y,Rd} = f_y / \gamma_{M1}$.

Tabelle 2.1 Tragfähigkeitsnachweise nach DIN EN 1993-1-1 in Abhängigkeit von den Querschnittsklassen und Hinweise zur Durchführung

Nachweis-methode	Tragwerksberechnung ⇒ E_d	Querschnittsausnutzung ⇒ R_d	Durchführung der Nachweise
NW 1 Querschnitte der Klassen 1 bis 3	nach der Elastizitätstheorie ⇒ Schnittgrößen N, M_y usw.	nach der Elastizitätstheorie ⇒ Bemessungswert der Streckgrenze $f_{y,Rd}$	mit Spannungen und der Streckgrenze bzw. dem Fließkriterium
NW 2 Querschnitte der Klassen 1 und 2	nach der Elastizitätstheorie ⇒ Schnittgrößen N, M_y usw.	nach der Plastizitätstheorie ⇒ Ausnutzung der plast. Querschnittstragfähigkeit	mit plastischen Grenzschnittgrößen bzw. Interaktionsbeziehungen
NW 3 Querschnitte der Klasse 1	nach der Plastizitätstheorie ⇒ Schnittgrößen nach der Fließgelenk- oder Fließzonentheorie	nach der Plastizitätstheorie ⇒ Ausnutzung der plast. Querschnittstragfähigkeit	nach der Fließgelenktheorie oder nach der Fließzonentheorie mit EDV-Programmen
NW 4 Querschnitte der Klasse 4	nach der Elastizitätstheorie ⇒ Schnittgrößen N, M_y usw.	nach der Elastizitätstheorie unter Berücksichtigung des Beulens	mit Spannungen unter Berücksichtigung des Beulens

Die Querschnittsklassen (Klassen 1 bis 4) und zugehörigen c/t-Verhältnisse sind in Kapitel 4 erläutert.

Tabelle 2.2 Teilsicherheitsbeiwerte γ_M für die Beanspruchbarkeiten von Bauteilen und Querschnitten nach DIN EN 1993-1-1 und dem nationalen Anhang für Deutschland

Beanspruchungsfall	Bemessungssituation	
	Allgemein	Außergewöhnlich
Beanspruchbarkeit von Querschnitten (unabhängig von der Querschnittsklasse)	$\gamma_{M0} = 1,0$	$\gamma_{M0} = 1,0$
Beanspruchbarkeit von Bauteilen bei Stabilitätsversagen (bei Anwendung von Bauteilnachweisen)	$\gamma_{M1} = 1,1$	$\gamma_{M1} = 1,0$
Beanspruchbarkeit von Querschnitten bei Bruchversagen infolge Zugbeanspruchung	$\gamma_{M2} = 1,25$	$\gamma_{M2} = 1,15$

Tabelle 2.3 Teilsicherheitsbeiwerte γ_M für die Beanspruchbarkeiten von Anschlüssen nach DIN EN 1993-1-8 und dem nationalen Anhang für Deutschland

Beanspruchungsfall	Teilsicherheitsbeiwerte
Beanspruchbarkeit von Schrauben, Nieten, Bolzen, Schweißnähten und Blechen auf Lochleibung	$\gamma_{M2} = 1,25$
Gleitfestigkeit im Grenzzustand der Tragfähigkeit (Kategorie C)	$\gamma_{M3} = 1,25$
Gleitfestigkeit im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (Kategorie B)	$\gamma_{M3,ser} = 1,1$
Vorspannung hochfester Schrauben	$\gamma_{M7} = 1,1$

Tabelle 2.4 Einwirkungskombinationen nach DIN EN 1990

Bemessungssituation	Einwirkungskombination
Einwirkungskombinationen für Grenzzustände der Tragfähigkeit	
Ständige oder vorübergehende Kombination (P/T, Grundkombination):	$E_d = E \left\{ \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} \oplus \gamma_P \cdot P \oplus \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \right\}$
Außergewöhnliche Kombination (A), im Allgemeinen:	$E_d = E \left\{ \sum_{j \geq 1} G_{k,j} \oplus P \oplus A_d \oplus \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right\}$
Kombination bei Erdbeben (E):	$E_d = E \left\{ \sum_{j \geq 1} G_{k,j} \oplus P \oplus A_{Ed} \oplus \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right\}$
Einwirkungskombinationen für Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	
Charakteristische Kombination:	$E_d = E \left\{ \sum_{j \geq 1} G_{k,j} \oplus P \oplus Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \right\}$
Nicht-häufige Kombination (Anwendung im Brückenbau):	$E_d = E \left\{ \sum_{j \geq 1} G_{k,j} \oplus P \oplus \psi_{1,inf,q} \cdot Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \psi_{1,i} \cdot Q_{k,i} \right\}$
Häufige Kombination:	$E_d = E \left\{ \sum_{j \geq 1} G_{k,j} \oplus P \oplus \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right\}$
Quasi-ständige Kombination:	$E_d = E \left\{ \sum_{j \geq 1} G_{k,j} \oplus P \oplus \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right\}$
$\gamma_{G,j}, G_{k,j}$	Teilsicherheitsbeiwert und charakteristischer Wert einer ständigen Einwirkung j
γ_P, P	Teilsicherheitsbeiwert und maßgebender repräsentativer Wert einer Vorspannung
$\gamma_{Q,1}, Q_{k,1}$	Teilsicherheitsbeiwert und charakteristischer Wert einer maßgebenden veränderlichen Einwirkung 1 (Leiteinwirkung)
$\gamma_{Q,i}, Q_{k,i}$	Teilsicherheitsbeiwert und charakteristischer Wert einer nicht maßgebenden veränderlichen Einwirkung i (Begleiteinwirkung)
A_d	Bemessungswert einer außergewöhnlichen Einwirkung
A_{Ed}	Bemessungswert einer Einwirkung infolge Erdbeben
ψ_0, ψ_1, ψ_2	Kombinationsbeiwerte (s. Tab. 2.6 und für Brückenbau s. DIN EN 1990 + NA)
$\psi_{inf,q}$	Kombinationsbeiwerte bei „nicht häufigen“ Kombinationen im Brückenbau (s. DIN EN 1990 + NA)
\oplus	„ist zu kombinieren“
	\sum „gemeinsame Wirkung von“

Tabelle 2.5 Teilsicherheitsbeiwerte γ_f im Hochbau nach DIN EN 1990/NA (Grenzzustand STR³⁾)

Einwirkung	Symbol	Bemessungssituation P/T ¹⁾	Bemessungssituation A/E ²⁾
unabhängige ständige Einwirkungen	— Auswirkung ungünstig	1,35	1,0
	— Auswirkung günstig	1,0	1,0
unabhängige veränderliche Einwirkungen	— Auswirkung ungünstig	1,5	1,0
	— Auswirkung günstig	0,0	0,0
Außergewöhnliche Einwirkungen	γ_A	—	1,0

¹⁾ P/T: ständig/vorübergehend²⁾ A/E: außergewöhnlich/Erdbeben³⁾ STR: Versagen des Tragwerks oder seiner Teile, wobei die Tragfähigkeit von Baustoffen oder Bauteilen entscheidend ist.

Tabelle 2.6 Kombinationsbeiwerte im Hochbau nach DIN EN 1990/NA

Einwirkung	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Nutzlasten, s. DIN EN 1991-1-1	— Kategorie A, B: Wohn- und Aufenthaltsräume, Büros	0,7	0,5
	— Kategorie C, D: Versammlungsräume und Verkaufsräume	0,7	0,7
	— Kategorie E: Lagerräume	1,0	0,9
	— Kategorie F: Verkehrsflächen, Fahrzeuglast ≤ 30 kN	0,7	0,7
	— Kategorie G: Verkehrsflächen, $30 \leq$ Fahrzeuglast ≤ 160 kN	0,7	0,5
	— Kategorie H: Dächer	0	0
Schnee- und Eislästen, s. DIN EN 1991-1-3	— Orte bis zu NN +1000 m	0,5	0,2
	— Orte über NN +1000 m	0,7	0,5
Windlasten, s. DIN EN 1991-1-4	0,6	0,2	0
Temperatureinwirkungen (nicht Brand), s. DIN EN 1991-1-5	0,6	0,5	0
Baugrundsetzungen, s. DIN EN 1991-1-7	1,0	1,0	1,0
Sonstige Einwirkungen (ergänzende Hinweise s. DIN EN 1090 + NA)	0,8	0,7	0,5

3 Werkstoff Stahl

Die Bezeichnungen für Stähle sind in der DIN EN 10027 Teil 1 (10/05) und Teil 2 (09/92 und Entwurf 09/13) geregelt. In Bild 3.1 sind die wichtigsten Bezeichnungssymbole für Baustähle zusammengestellt. Tabelle 3.2 gibt einen Überblick über eine Auswahl von Stählen einschließlich der jeweiligen Werkstoffnummer.

Hauptssymbole		Stahl, Anwendungsbereich	Zeichen	Eigenschaft	Zusatzsymbole für S (Gruppe 1)			Kerbschlagarbeit	°C
		Stähle für den Stahlbau	S ¹⁾	Mindeststreckgrenze [N/mm ²]				27 J	40 J
		Druckbehälterstähle	P ¹⁾	Mindeststreckgrenze [N/mm ²]				60 J	Prüft.
		Stähle für Leitungsröhre	L	Mindeststreckgrenze [N/mm ²]			JR	KR	LR
		Maschinenbaustähle	E ¹⁾	Mindeststreckgrenze [N/mm ²]			J0	K0	L0
		Betonstähle	B	Charakt. Streckgrenze [N/mm ²]			J2	K2	L2
		Spannstähle	Y	Nennwert Zugfestigkeit [N/mm ²]			J3	K3	L3
		Stähle für Schienen	R	Mindesthärte nach Brinell			J4	K4	L4
		Unlegierte Stähle (Kohlenstoff)	C ¹⁾	Kohlenstoffgehalt			J5	K5	L5
							J6	K6	L6

¹⁾ Für Stahlguss ist der Buchstabe G vorzunehmen.

↓ ↓ ↓ ↓ ↓

S 235 J0 W +Z15

²⁾ Für Feinkornbaustähle ³⁾ Nach DIN EN 10025 (2005) entfallen die Gütebezeichnungen G1 bis G4.

Bild 3.1 Zur Bezeichnung von Stählen nach DIN EN 10027-1

In Tabelle 3.1 sind die im **allgemeinen Stahlbau** einsetzbaren Werkstoffe gemäß DIN EN 1993-1-1 zusammengestellt. Die Anwendung der DIN EN 1993-1-1 ist gemäß Nationalem Anhang auf diese Stahlsorten beschränkt, wobei die Verwendung weiterer Stahlsorten (z. B. höherfeste Stähle) in DIN EN 1993-1-12 geregelt ist. Generell dürfen nur solche Werkstoffe verwendet werden, die in den bauaufsichtlich eingeführten Regeln genannt sind, oder wenn eine Zustimmung im Einzelfall bzw. entsprechende Zulassungen vorliegen. Die Landesbauordnungen unterscheiden in diesem Zusammenhang zwischen geregelten, nicht geregelten und sonstigen Bauprodukten.

Bauprodukte, für die es allgemein anerkannte technische Regeln gibt und die in der Bauregelliste A (BRL A) Teil 1 genannt sind sowie solche, die in Bauregelliste B (BRL B) zusammengestellt und aufgrund harmonisierter europäische Vorschriften in den Verkehr gebracht werden dürfen, werden als **geregelte Bauprodukte** bezeichnet. Geregelte Bauprodukte können aufgrund der Übereinstimmung mit den bekannt gemachten technischen Regeln verwendet werden. Gibt es zu einem Bauprodukt allgemein anerkannte technische Regeln und sind diese nicht in der Bauregelliste aufgeführt, spricht man von **sonstigen Bauprodukten**. Für sonstige Bauprodukte ist kein Verwendbarkeitsnachweis erforderlich.

Bauprodukte, für die es **keine** allgemein anerkannten technischen Regeln gibt oder die wesentlich von den technischen Regeln geregelter Bauprodukte abweichen, werden als **nicht geregelte Bauprodukte** bezeichnet. Nicht geregelte Bauprodukte können aufgrund der Übereinstimmung mit einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung, einem allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnis oder einer Zustimmung im Einzelfall verwendet werden. Sofern Bauprodukte (Bauarten) in BRL A Teil 2 bzw. Teil 3 genannt sind, genügt in diesem Zusammenhang ein bauaufsichtliches Prüfzeugnis. Für Produkte der BRL C ist darüber hinaus kein Verwendbarkeits- bzw. Übereinstimmungsnachweis erforderlich.

Tabelle 3.1 Für den allgemeinen Hochbau einsetzbare Werkstoffe gemäß DIN EN 1993-1-1

Werkstoffe	Norm
Unlegierte Baustähle: S235..., S275..., S355..., S450...	DIN EN 10025-2
Normalgeglühte/normalisierende gewalzte schweißgeeignete	
Feinkornbaustähle: S275N/NL, S355N/NL, S420N/NL, S460N/NL	DIN EN 10025-3
Thermomechanisch gewalzte schweißgeeignete	
Feinkornbaustähle: S275M/ML, S355M/ML, S420M/ML, S460M/ML	DIN EN 10025-4
Wetterfeste Baustähle: S235...W, S355...W	DIN EN 10025-5
Flacherzeugnisse aus Stählen mit höherer Streckgrenze im vergüteten Zustand: S460Q/QL/QL1	DIN EN 10025-6
Warmgefärtigte Hohlprofile aus unlegierten Baustählen und Feinkornbaustählen: S235...H, S275...H, S355...H, S275NH/NLH, S355NH/NLH, S420NH/NLH, S460NH/NLH	DIN EN 10210-1
Kaltgefärtigte geschweißte Hohlprofile aus unlegierten Baustählen und Feinkornbaustählen: S235...H, S275...H, S355...H, S275NH/NLH, S355NH/NLH, S460NH/NLH, S275MH/MLH, S355MH/MLH, S420MH/MLH, S460MH/MLH	DIN EN 10219-1

Für **spezielle Anwendungen** gemäß **Fachnormen** sind weitere Stahlsorten einsetzbar. Eine Auflistung von im bauaufsichtlich geregelten Bereich einsetzbaren Stahlsorten befindet sich in [1]. Das Merkblatt DVS 1705 enthält ebenfalls eine Auflistung von Walzstählen und Stahlgusswerkstoffen, die in bauaufsichtlichen Regelwerken und Zulassungen aufgeführt werden. Angaben zu **nichtrostenden Stählen** finden sich in DIN EN 1993-1-4 sowie in

Zulassung Z-30.3-6. Die dort aufgeführten Werkstoffe und Materialeigenschaften beziehen sich auf Konstruktionsstähle gemäß DIN EN 10088. Eine Zusammenstellung über die im Bauwesen einsetzbaren nichtrostenden Stähle mit Angaben über lieferbare Profile kann bei der Informationsstelle Edelstahl Rostfrei, Düsseldorf bezogen werden. Für **Blech und Band** sowie **Kalzprofile** sind ergänzende Hinweise gemäß Kapitel 15 zu berücksichtigen.

Tabelle 3.2 Baustähle (Auswahl) – aktuelle und alte Bezeichnungen

		Bezeichnungen nach DIN EN 10025-2 ^a (04/2005)		DIN EN 10025 (1990) + A1 (1993)	DIN (12/1987)	Bezeichnungen nach DIN EN 10025-3 (02/05)		DIN 17102
Unlegierte Baustähle	S235JR	1.0038	S235JR	1.0037	St 37-2	S275NL	1.0490	StE 285
	S235J0	1.0114	S235JRG1	1.0036	USt 37-2	S275NL	1.0491	T StE 285
	S235J2+N	1.0117+N	S235JRG2	1.0038	RSI 37-2	S355N	1.0545	StE 355
	S235J2	1.0117	S235J0	1.0114	St 37-3 U	S355NL	1.0546	T StE 355
	S275JR	1.0044	S235J2G3	1.0116	St 37-3 N	S460N	1.8901	StE 460
	S275J0	1.0143	S275J2G4	1.0117	-	S460NL	1.8903	T StE 460
	S275J2+N	1.0145+N	S275J0	1.0143	St 44-3 U	Bezeichnungen nach DIN EN 10210-1 und DIN EN 10219-1		
	S275J2	1.0145	S275J2G3	1.0144	St 44-3 N	S235JRH	1.0039	St 37-2
	S355JR	1.0045	S355JR	1.0045	-	S275J0H	1.0149	St 44-3U
	S355J0	1.0553	S355J0	1.0553	St 52-3 U	S275J2H	1.0138	St 44-3N
	S355J2+N	1.0577+N	S355J2G3	1.0570	St 52-3 N	S355J0H	1.0547	St 52-3U
	S355J2	1.0577	S355J2G4	1.0577	-	S355J2H	1.0576	St 52-3N
	S355K2+N	1.0596+N	S355K2G3	1.0595	-	S275NH	1.0493	StE 285 N
	S355K2	1.0596	S355K2G4	1.0596	-	S275NLH	1.0497	T StE 285 N
	E295	1.0050	E 295	1.0050	St 50-2	S355NH	1.0539	StE 355 N
	E335	1.0060	E 335	1.0060	St 60-2	S355NLH	1.0549	T StE 355 N
	E360	1.0070	E 360	1.0070	St 70-2	S460NH	1.8953	StE 460 N
						S460NLH	1.8956	T StE 460 N

^a Wenn ein Erzeugnis im normalgeglühten Zustand geliefert wird, ist +N an die Bezeichnung (auch Werkstoff-Nr.) anzufügen. Der Lieferzustand im Walzstand wird mit +AR (as rolled) abgekürzt.

^b Die Werkstoffnummer der alten Baustähle entspricht nicht der Nummer der aktuellen Stähle

Tabelle 3.3 Werkstoffkennwerte für Baustähle nach DIN EN 1993-1-1

Erzeugnisdicke	t ≤ 40 mm		40 < t ≤ 80 ¹⁾ mm		Erzeugnisdicke	t ≤ 40 mm		40 < t ≤ 80 ¹⁾ mm	
	Stahl	f _y N/mm ²	f _u N/mm ²	Stahl	f _y N/mm ²	f _u N/mm ²	Stahl	f _y N/mm ²	f _u N/mm ²
Baustahl							Baustähle für Hohlprofile		
S235	235	360	215	360	S235H	235	360	215 ²⁾	340 ²⁾
S275	275	430	255	410	S275H	275	430	255 ²⁾	410 ²⁾
S355	355	490	335	470	S355H	355	510	335 ²⁾	490 ²⁾
S450	440	550	410	550					
Feinkornbaustahl							Feinkornbaustähle für Hohlprofile		
S275N/NL	275	390	255	370	S275NH/NLH	275	390/370 ³⁾	255 ²⁾	370 ²⁾
S355N/NL	355	490	335	470	S355NH/NLH	355	490/470 ³⁾	335 ²⁾	470 ²⁾
S420N/NL	420	520	390	520	S420NH/NLH ²⁾	420 ²⁾	540 ²⁾	390 ²⁾	520 ²⁾
S460N/NL	460	540	430	540	S460NH/NLH	460	560/550 ³⁾	430 ²⁾	550 ²⁾
S275M/ML	275	370	255	360	S275MH/MLH ⁴⁾	275 ⁴⁾	360 ⁴⁾		
S355M/ML	355	470	335	450	S355MH/MLH ⁴⁾	355 ⁴⁾	470 ⁴⁾		
S420M/ML	420	520	390	500	S420MH/MLH ⁴⁾	420 ⁴⁾	500 ⁴⁾		
S460M/ML	460	540	430	530	S460MH/MLH ⁴⁾	460 ⁴⁾	530 ⁴⁾		
Wetterfeste Stähle									
S235W	235	360	215	340					
S355W	355	490	335	490					
Vergütete Stähle									
S460Q/QL/QL1	460	570	440	550					

Bezeichnungen und Bemessungswerte der Materialkonstanten:

f_y Streckgrenze

f_u Zugfestigkeit

E Elastizitätsmodul = 210 000 N/mm²

G Schubmodul ≈ 81 000 N/mm²

v Poissonsche Zahl = 0,3

α Wärmeausdehnungskoeffizient = 12 · 10⁻⁶ je K (für T ≤ 100°C)

Anforderungen an die Mindestduktilität:

f_u / f_y ≥ 1,10; ε_u ≥ 15 · ε_y = 15 · f_y / E

Bruchdehnung ≥ 15 %, bez. auf eine Messlänge von 5,65 · √A₀

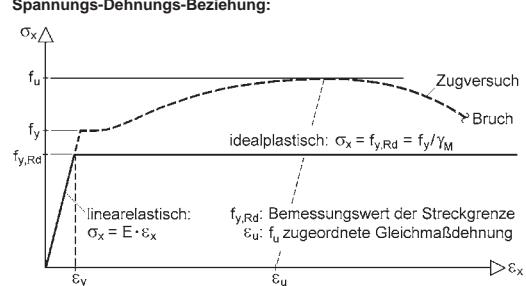


Tabelle 3.4 Größte zulässige Erzeugnisdicken t in mm gemäß DIN EN 1993-1-10 und DIN EN 1993-2/NA

Stahlsorte	Kerbschlagarbeit KV bei T_{Ed} in J	Stahltragwerke im Hochbau				Stahl- und Verbundbrücken			
		Innenbauteile ($T_{\text{Ed}} = 0^{\circ}\text{C}$)		Außenbauteile ($T_{\text{Ed}} = -30^{\circ}\text{C}$)		Straßenbrücken ⁴⁾ ($T_{\text{Ed}} = -30^{\circ}\text{C}$)		Eisenbahnbrücken ⁵⁾	
		$\sigma_{\text{Ed}} = 0,75 \cdot f_y(t)$	$\sigma_{\text{Ed}} = 0,50 \cdot f_y(t)$	$\sigma_{\text{Ed}} = 0,75 \cdot f_y(t)$	$\sigma_{\text{Ed}} = 0,50 \cdot f_y(t)$	Zug ¹⁾	Druck ³⁾	Zug ²⁾	Druck ³⁾
S 235	JR	20	27	50	75	30	45	45 (30)	75
	J0	0	27	75	105	40	65	65 (30,65) ⁶⁾	100
	J2	-20	27	105	145	60	90	90 (30,90) ⁶⁾	135
S 275	JR	20	27	45	70	25	40	-	-
	J0	0	27	65	95	35	55	55 (30)	95
	J2	-20	27	95	130	55	80	80 (30)	125
	M, N	-20	40	110	155	65	95	95 (80)	145
	ML, NL	-50	27	160	200	95	130	130 (100)	190
S 355	JR	20	27	35	55	15	30	-	-
	J0	0	27	50	80	25	45	45 (30)	80
	J2	-20	27	75	110	40	65	65 (30)	110
	K2	-20	40	90	135	50	80	80 (30)	130
	M, N	-20	40	90	135	50	80	80 (80)	130
S 420	ML, NL	-50	27	130	180	75	110	110 (100)	175
	M, N	-20	40	80	120	45	70	70	120
	ML, NL	-50	27	115	165	65	100	100	160
S 460	Q	-20	30	60	95	30	55	55	-
	M, N	-20	40	70	110	40	65	65	115
	QL	-40	30	90	130	50	75	75	-
	ML, NL	-50	27	105	155	60	95	95	155
	QL1	-60	30	125	180	70	110	110	-

¹⁾ Bei Straßenbrücken entsprechen die zulässigen Erzeugnisdicken in Zugbereichen den Angaben der DIN EN 1993-1-10 für $\sigma_{\text{Ed}} = 0,5 \cdot f_y(t)$, s. DIN EN 1993-2/NA. Für die Stahlsorten S 235, S 275 und S 355 ist bei Dicken ≥ 30 mm gemäß DIN EN 1993-2/NA ein Aufschweißbiegeversuch erforderlich. Bei Anwendung der Klammerwerte kann der Aufschweißbiegeversuch entfallen.

²⁾ Bei Eisenbahnbrücken entsprechen die zulässigen Erzeugnisdicken in Zugbereichen den Angaben der DIN EN 1993-1-10 für $\sigma_{\text{Ed}} = 0,6 \cdot f_y(t)$, s. DIN EN 1993-2/NA. Für die Stahlsorten S 235, S 275 und S 355 ist bei Dicken ≥ 30 mm gemäß DIN EN 1993-2/NA ein Aufschweißbiegeversuch erforderlich. Bei Anwendung der Klammerwerte kann der Aufschweißbiegeversuch entfallen.

³⁾ Die zulässigen Erzeugnisdicken in Druckbereichen entsprechen den Angaben der DIN EN 1993-1-10 für $\sigma_{\text{Ed}} = 0,25 \cdot f_y(t)$, s. DIN EN 1993-2/NA.

⁴⁾ Für Straßenbrücken sind zusätzlich die Ausführungen der ZTV-ING zu berücksichtigen.

⁵⁾ Gemäß DIN EN 1993-2/NA sind Dicken > 100 mm nur mit Zustimmung im Einzelfall erlaubt. Für Eisenbahnbrücken sind zusätzlich die Ausführungen der RIL 804 zu berücksichtigen.

⁶⁾ Der zweite Klammerwert gilt bei der Wahl von Erzeugnissen aus Stählen im normalgeglühten Zustand (+N).

Tabelle 3.4 gibt Hinweise zu den größten zulässigen Erzeugnisdicken in Abhängigkeit von der Stahlsorte, des Spannungszustandes σ_{Ed} sowie der Bezugstemperatur T_{Ed} . Während für Brücken der zu beachtende Spannungszustand σ_{Ed} in DIN EN 1993-2/NA als feste Größe definiert wird (s. auch Fußnoten zu Tabelle 3.4), muss er im allgemeinen Hochbau aus folgender Einwirkungskombination bestimmt werden (vgl. auch Tabellen 2.4 und 2.6):

$$E_d = E \left\{ A[T_{\text{Ed}}] \oplus \sum G_k \oplus \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} \oplus \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right\}$$

mit: A Leiteinwirkung bzw. Einwirkung durch Wirkung der Bezugstemperatur T_{Ed}

G_k Ständige Einwirkungen

$Q_{k,1}$ maßgebende unabhängige veränderliche Einwirkung

$Q_{k,i}$ Sonstige unabhängige veränderliche Einwirkungen (Begleiteinwirkungen)

Auf der sicheren Seite können die größten zulässigen Erzeugnisdicken mit $\sigma_{\text{Ed}} = 0,75 \cdot f_y(t)$ ermittelt werden. Die Bezugstemperatur T_{Ed} entspricht in vielen Fällen der Einsatztemperatur T_{mdr} . Gemäß DIN EN 1993-1-10/NA ist für Stahl- und Verbundbrücken sowie für außenliegende Bauteile (von Stahltragwerken im Hochbau und Kranbahnen) $T_{\text{mdr}} = -30^{\circ}\text{C}$. Bei innenliegenden Bauteilen von Stahltragwerken im Hochbau ist $T_{\text{mdr}} = 0^{\circ}\text{C}$. Im Hinblick auf die Bezugstemperatur ist für die folgenden Fälle die Einsatztemperatur allerdings um einen Wert ΔT abzumindern (zu tieferen Temperaturen hin):

- Bei Beanspruchungen, die mit einer erhöhten Dehngeschwindigkeit ($> 4 \cdot 10^{-4} / \text{s}$) verbunden sind (z. B. bei Stoßeinwirkungen; für dynamische Effekte, die in üblichen kurzzeitigen oder langzeitigen Bemessungssituationen auftreten können, ist keine Abminderung von T_{Ed} erforderlich).
- Bei Werkstoffen, die einer Kaltumformung unterliegen.

Die Bestimmung der entsprechenden ΔT -Werte sowie Erzeugnisdicken für weitere Bezugstemperaturen T_{Ed} sind in DIN EN 1993-1-10 enthalten.