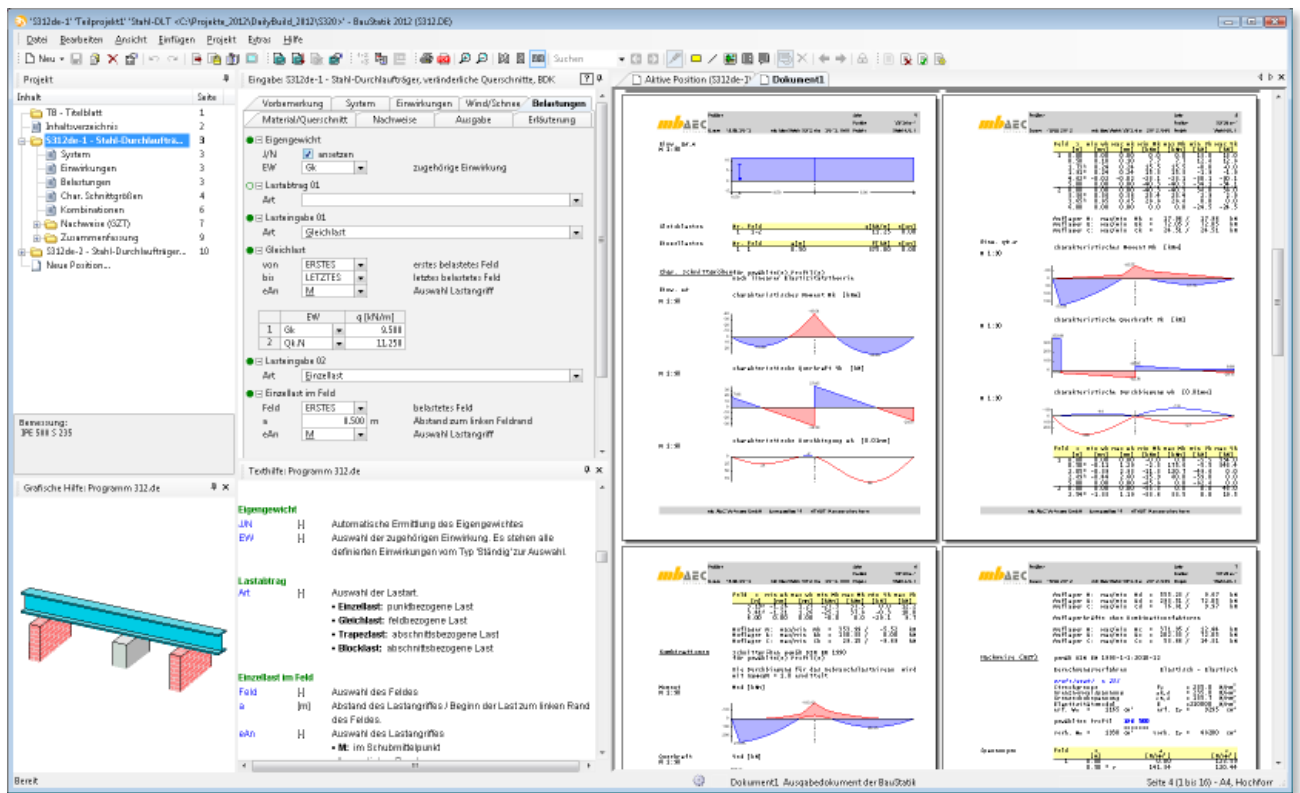


Dr.-Ing. Joachim Kretz

Stahl-Trägersysteme nach EC 3

Leistungsbeschreibung des BauStatik-Moduls S312.de Stahl-Durchlaufträger, BDK, veränderliche Querschnitte

Träger sind Bauteile, deren überwiegende Beanspruchung infolge von Kräften senkrecht zur Stabachse verursacht werden. Diese Beanspruchungen erzeugen Querkräfte und Biegemomente. Im Stahlhochbau werden als Trägerprofile vorwiegend Doppel-T-Profile eingesetzt, da deren Geometrie eine optimale Querschnittsform (Flächen in möglichst großem Abstand vom Schwerpunkt) zur Aufnahme von Biegebeanspruchungen darstellt. Als statische Systeme sind je nach Anforderung Einfeldträger, Gerberträger oder Durchlaufträger realisierbar.



System

Allgemeines

Im Kapitel „System“ werden alle erforderlichen Eingaben getroffen, die erforderlich sind, um das statische System des Bauteils zu definieren. Im Wesentlichen handelt es sich hierbei um den Positionstyp, die Feldlängen, die Lagerungsbedingungen und ggf. die Gelenkdefinitionen.

Positionstypen

Als Positionstypen sind „Balken“ und „Balkenlage“ wählbar.

Einfeld- und Durchlaufträger mit/ohne Kragarme

Das Modul S312.de erlaubt die Berechnung von bis zu 10-feldrigen Trägern mit maximal zwei Kragarmen. Die eingegebenen Feldlängen entsprechen den Stützweiten im statischen System.

Träger, die sich über mehrere Felder erstrecken, können einerseits als Kette von Einfeldträgern oder andererseits als Durchlaufträger ausgeführt werden. Die sinnvolle Wahl eines wirtschaftlichen Tragsystems hängt von verschiedenen Faktoren ab. Beim reinen Vergleich nur der statischen Werte stellt der Durchlaufträger auf Grund kleinerer Momente und Durchbiegungen gegenüber einer Einfeldträgerausbildung die günstigere Wahl dar. Die Kosten für die Gesamtkonstruktion sind jedoch nicht nur von der Profilgröße sondern im Wesentlichen von der Art der Anschlüsse und der Verbindungen abhängig.

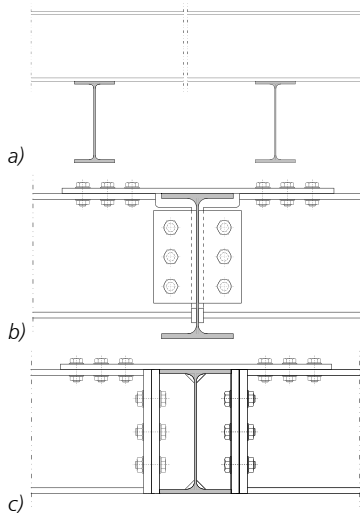


Bild 1. Auswahl möglicher Durchlaufträgerausbildungen
 a) gestapelte Trägerlage
 b) Anschluss mit Fahnenblech und Zuglasche
 c) Anschluss mit Kopfplatte und Zuglasche

Laufen die Träger über die unterstützenden Bauteile hinweg (Bild 1a), sind sowohl bei Einfeldträgern als auch bei Durchlaufträgern nur die Arretierungen erforderlich. Hier können die statischen Vorteile des Durchlaufträgers voll genutzt werden.

Muss die Durchlaufwirkung jedoch durch aufwändige Anschlusskonstruktionen (z. B. bei beschränkter Bauhöhe, Bilder 1b und c) erzeugt werden, kann ein entsprechender Einfeldträger trotz höheren Materialverbrauchs wirtschaftlicher sein.

Lagerungsbedingungen

Mit der Definition der Auflagerbreite kann für jedes Lager getrennt ermittelt werden wie groß dessen Aufstandsfläche und damit die vorhandene Flächenpressung ist. Für nachfolgende Detailmodule stehen diese Informationen zur Verfügung, aus denen z. B. für die Kraftausleitung die Anforderung von Auflagersteifen bestimmt werden kann.

Elastische Auflagerung

Ist das Bauteil nachgiebig gelagert, können die Lager auch durch Wegfedern abgebildet werden. Bei vertikaler Verschieblichkeit ist die Wegfedersteifigkeit aus der Steifigkeit des lagernden Bauteils abzuleiten.

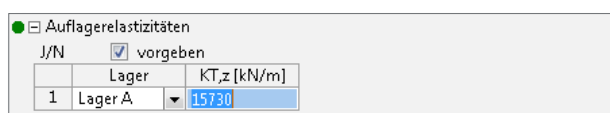


Bild 2. Eingabe Auflagerelastizitäten

Auflagerstäbe

Ist der Träger in eine Stütze oder Wand eingespannt, kann deren Drehfedersteifigkeit über die Eingabe von Auflagerstäben abgebildet werden. Es handelt sich dabei um in den Auflagern biegesteif angeschlossene Stäbe, deren einspannende Wirkung über die Steifigkeiten, Feldlängen und Lagerungsbedingungen definiert sind. Als Elastizitätsmodul wird der E-Modul des Trägers angenommen. Soll ein hiervon abweichender Wert berücksichtigt werden, muss das Trägheitsmoment wie folgt modifiziert werden:

$$I_{\text{mod}} = \frac{E_w}{E_0} \cdot I$$

Dabei ist

- E_w E-Modul des Auflagerstabes
- E_0 E-Modul des Trägers
- I Trägheitsmoment des Auflagerstabes

Auflagerstäbe

J/N vorgeben

	Lager	Ort	l [m]	E_end [%]	I [cm4]
1	Lager A	unten	3.000	46.0	118400.0
2	Lager A	oben	3.000	0.0	118400.0
3	Lager C	unten	3.000	46.0	118400.0

Bild 3. Eingabe der Auflagerstäbe

Prozentuale Einspannung

Die prozentuale Einspannung wird realisiert, indem an die Endauflager des statischen Systems fiktive unbelastete Felder angehängt werden, deren Feldlänge als Maß für den Grad der Einspannung dient. Prozentuale Einspannungen eignen sich besonders, um die Einspannung in ein weiteres Trägerfeld abzubilden, das nicht Teil der Bemessung sein soll.

Gelenke

Momentengelenke können in beliebiger Anzahl an beliebigen Stellen im Träger platziert werden. Kinematiken werden vom Programm erkannt und führen zu einem Berechnungsabbruch mit Fehlermeldung. U. a. können über die Gelenkdefinitionen die Gerberträgersysteme modelliert werden.

Einwirkungen

Einwirkungen und Kombinationsbeiwerte

Die Einwirkungstypen werden nach Eurocode 0, Tab. NA.A.1.1 [4] definiert. Anhand dieser Einwirkungstypen werden programmseitig automatisch die Kombinationsbeiwerte nach Eurocode 0, Tab. NA.A.1.1 [4] zugewiesen. Neben der automatischen Kombinationsbildung ermöglicht das Programm auch die Vorgabe von Lasten als Bemessungslasten mit entsprechender Kombinationszuordnung, d.h. die Bemessungswerte sind vom Anwender einer Grundkombination oder einer außergewöhnlichen Kombination zuzuordnen.

Wind/Schnee

Für Wind- und Schneelasten steht eine Übernahmefunktion aus dem Modul S031.de zur Verfügung. Dort kann das Bauteil im Baukörper mit seinen Einzugsflächen definiert werden. Die Lastanteile aus Wind und Schnee werden dann automatisch an S312.de übergeben.

Belastungen

Lasteingabe

Es stehen alle im Hochbau üblichen Lasten zur Eingabe zur Verfügung. Im Einzelnen sind dies:

- Einzelkräfte und Momente
- Gleichlasten, Blocklasten und Trapezlasten
- Deckenlasten
- Temperaturlasten
- Auflagerverschiebungen

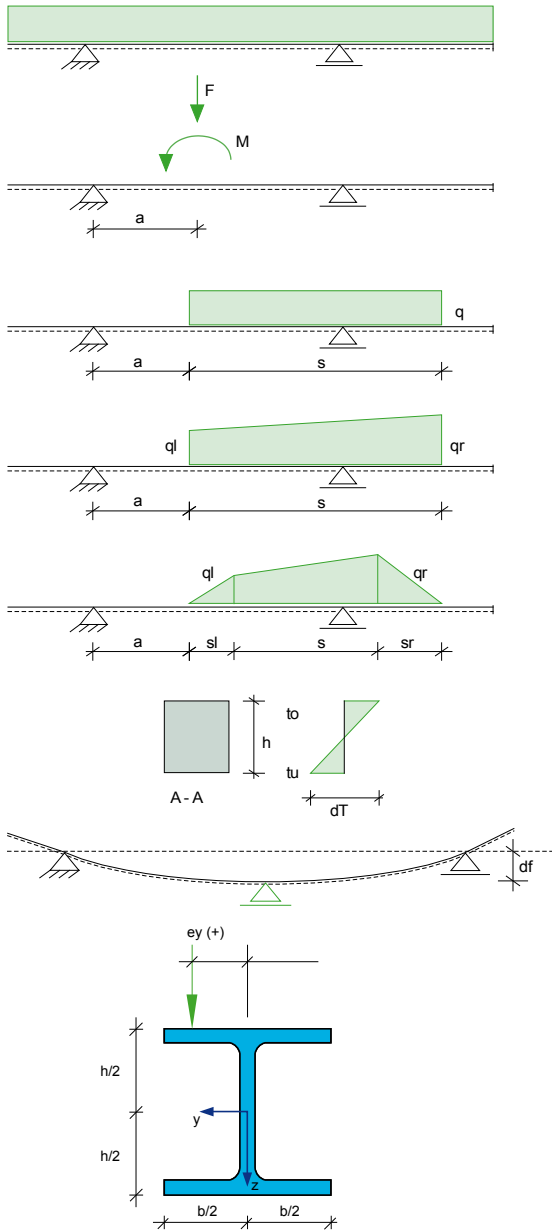


Bild 4. Lastarten und Lastexzentrizitäten

Der Lastangriff der definierten Lasten ist vom Anwender festzulegen. Als mögliche Lastangriffsstellen stehen folgende Stellen zu Auswahl:

- Schubmittelpunkt
- Linker Rand
- Rechter Rand
- Profilschwerpunkt
- Eingabe des Abstandes zum Schubmittelpunkt

Die aus dem Angriffspunkt der Last resultierende Zusatzbeanspruchung (Torsion) wird programmseitig automatisch berücksichtigt.

Lastabtrag

Zusätzlich können aus allen Modulen, die Lasten für den Lastabtrag zur Verfügung stellen, gezielt einzelne Lastkomponenten übernommen werden.

Innerhalb dieser Funktionalität müssen keine Einwirkungen ausgewählt werden, da sie automatisch von der liefernden Position übernommen werden, sofern man sich für das Arbeiten mit dem Modul S030.de entschieden hat. Dies hat den Vorteil, dass mit einer Eingabe, die Lasten aller Einwirkungen übernommen werden und eine automatische Korrekturverfolgung durchgeführt wird.

Material/Querschnitt

Festigkeitsklasse

Die Materialeigenschaften (Festigkeiten, Duktilität, ...) der Baustähle sind entsprechend Tabelle 3.1 [1] festgelegt. Die dort definierten Stahlgüten stehen für die Bemessung zur Verfügung. Darüber hinaus ist es möglich, in den Stammdaten eigene Materialien anzulegen, um abweichende Materialfestigkeiten zu berücksichtigen.

Querschnitt - Auswahl über Profilvereihe

Als Querschnitte stehen die in Bild 4 angegebenen Querschnittsformen sowie mögliche Komplexprofile zur Verfügung. Die Stabilitätsnachweise (Biegedrillknicken) sind jedoch auf die Profilformen Doppel-T-Profil und U-Profil beschränkt.

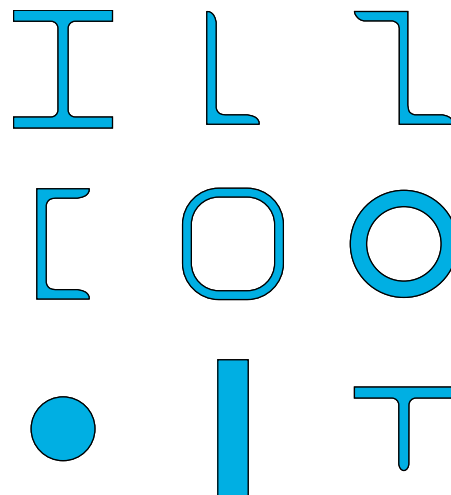


Bild 5. Profilvereihe

Lage des Querschnitts

Profile werden standardmäßig in ihrer Normlage (bei Doppel-T-Profilen beispielsweise um die starke Achse) in der Berechnung berücksichtigt. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit die Lage der Profile um 90° zu drehen. Eine weitere Eingabe betrifft die Halterung der Profile. Darüber hinaus kann die seitliche Verschieblichkeit des Querschnitts (frei oder fest) festgelegt werden.

Nachweise

Grundlagen

Die DIN EN 1990 [3] „Grundlagen der Tragwerksplanung“, die DIN EN 1991 [5] „Einwirkungen auf Tragwerke“ und die DIN EN 1993 [1] „Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten“ bilden zusammen mit dem jeweiligen Nationalen Anhang die Grundlage der Bemessung und Konstruktion für Stahlbauten.

Querschnittsklassifizierung

Die Einstufung der Stahlprofile in die Querschnittsklassen ist entscheidend für das Vorgehen beim Führen der Querschnitts- und Bauteilnachweise. Bei druckbeanspruchten Querschnitten mit dünnwandigen Querschnittsteilen ist immer ein Nachweis einer ausreichenden Beultragfähigkeit erforderlich. Es muss sichergestellt sein, dass vor Erreichen der Grenztragfähigkeit kein vorzeitiges Versagen durch örtliches Beulen der Querschnittsteile erfolgt. Mit der Klassifizierung der Querschnitte wird die Begrenzung der Beanspruchbarkeit durch lokales Beulen von Querschnittsteilen nach DIN EN 1993 Tabelle 5.2 „Maximales c/t -Verhältnis druckbeanspruchter Querschnittsteile“ festgestellt. Für jedes Querschnittsteil (z. B. Flansch, Steg, ...) kann damit eine Klassifizierung erfolgen. Die höchste Klasse der Querschnittsteile bestimmt die Querschnittsklasse des Gesamtquerschnitts.

Es werden folgende Querschnittsklassen nach 5.5.2 [1] unterschieden:

- Querschnitte der **Klasse 1** können plastische Gelenke oder Fließzonen mit ausreichender plastischer Momententragfähigkeit und Rotationskapazität für die plastischen Berechnungen ausbilden.
- Querschnitte der **Klasse 2** können die plastische Momententragfähigkeit entwickeln, haben aber aufgrund örtlichen Beulens nur eine begrenzte Rotationskapazität.
- Querschnitte der **Klasse 3** erreichen für eine elastische Spannungsverteilung die Streckgrenze in der ungünstigsten Querschnittsfaser, können aber wegen örtlichen Beulens die plastische Momententragfähigkeit nicht entwickeln.
- Querschnitte der **Klasse 4** sind solche, bei denen örtliches Beulen vor Erreichen der Streckgrenze in einem oder mehreren Teilen des Querschnitts auftritt.

Im Modul S312.de werden die Querschnittsklassen 1 bis 3 analysiert und entsprechend dem für die vorhandene Querschnittsklasse zulässigen Nachweisverfahren berechnet. Für diese Querschnittsklassen gilt folgende Nachweisführung:

$$\text{vorh } c/t \leq \max c/t$$

Zusätzlich ist der Nachweis gegen **Schubbeulen** für unausgesteifte Stegbleche nach DIN EN 1993-1-5, Abschnitt 5 zu führen, wenn nachfolgende Bedingung eintritt:

$$\frac{h_w}{t_w} > 72 \cdot \varepsilon \text{ mit } \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} \text{ und } h_w = h - 2 \cdot t_w$$

Grenzzustände der Tragfähigkeit

Berechnungsmethoden

Nach DIN EN 1993 stehen zum Nachweis eines Bauteils oder Tragwerks zwei Berechnungsmethoden zur Verfügung:

- Elastische Tragwerksberechnung
- Plastische Tragwerksberechnung

Die in Abhängigkeit der Querschnittsklasse mögliche Berechnungsmethode ist in der nachfolgenden Tabelle 1 dargestellt.

Berechnungsmethoden	Berechnung der Beanspruchungen E_d	Beanspruchbarkeit des Querschnitts R_d	Erforderliche Querschnittsklasse
Elastische Berechnung	Elastisch	Elastisch	1, 2, 3
Elastische Berechnung	Elastisch	Plastisch	1, 2
Plastische Berechnung	Plastisch	Plastisch	1

Tabelle 1: Berechnungsmethoden nach DIN EN 1993

Mit dem Modul S312.de ist die Nachweisführung auf der Grundlage einer „Elastischen Tragwerksberechnung“ nach Kapitel 6 der DIN EN 1993 möglich. Unterstützt werden die Verfahren:

- Elastisch-Elastisch (E-E)
- Elastisch-Plastisch (E-P)

Bild 6. Menü „Nachweise“

Beim Verfahren **Elastisch-Elastisch** werden die Beanspruchungen nach der Elastizitätstheorie ermittelt und der Beanspruchbarkeit des Querschnitts gegenübergestellt (Spannungsnachweis). Grenzzustand der Tragfähigkeit ist der Fließbeginn an der ungünstigsten Stelle des Querschnitts.

Bei einachsiger Biegung erzeugen die Biegemomente Normalspannungen und die Querkräfte bzw. ggf. vorhandene Torsionsmomente aus exzentrischem Lastangriff, Schubspannungen im Querschnitt. Der Tragfähigkeitsnachweis ist erbracht, wenn die vorhandene Spannung keiner gleich der Vergleichsspannung ist, die aus der Fließbedingung nach Mises-Huber-Hencky für den einachsigen Spannungszustand bestimmt wird.

Nachweise (GZT) gemäß DIN EN 1993-1-1:2010-12

Berechnungsverfahren: Elastisch - Elastisch

Profilstahl S 235

Streckgrenze $f_y = 235.0 \text{ N/mm}^2$

Grenznormalspannung $\sigma_{R,d} = 235.0 \text{ N/mm}^2$

Grenzschubspannung $\tau_{R,d} = 135.7 \text{ N/mm}^2$

Elastizitätsmodul $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

erf. $W_y = 1165 \text{ cm}^3$ erf. $I_y = 9295 \text{ cm}^4$

gewähltes Profil **IPE 500**

vorh. $W_y = 1930 \text{ cm}^3$ vorh. $I_y = 48200 \text{ cm}^4$

Spannungen

Feld	x [m]	σ [N/mm ²]	τ [N/mm ²]
1	0.00	0.00	123.89
	0.50 * v	141.84	120.44
	2.05 *	104.30	17.62
	5.00	94.89	37.98
2	0.00	94.89	27.51
	3.24 *	48.81	5.14
	3.54 *	49.41	3.59
	6.00	0.00	17.14

v - Vergleichsspannungsnachweis erforderlich

Feld	x [m]	Punkt	zug σ [N/mm ²]	zug τ [N/mm ²]	σ_v [N/mm ²]
1	0.50	6	0.00	120.44	208.61

Tragsicherheitsnachweis

Feld	1	Normalspannung	141.8 / 235.0 = 0.604 < 1
Maßgebende Lastkombination:	1	Einw. Werte	1.50 1
	2	Einw. Werte	1.35 alle
Schubspannung	1	123.9 / 135.7 = 0.913 < 1	
	2	Einw. Werte	1.50 1
Vergleichsspannung	1	208.6 / 235.0 = 0.888 < 1	
	2	Einw. Werte	1.35 alle

Bild 7. Nachweise (GZT) nach Verfahren Elastisch-Elastisch

Alternativ darf der Tragfähigkeitsnachweis des Querschnitts auch mit elastischen Schnittgrößen gemäß Abschnitt 6.2 Gleichung (6.2) erfolgen.

Beim Verfahren **Elastisch-Plastisch** werden die Beanspruchungen nach der Elastizitätstheorie ermittelt und mit der plastischen Beanspruchbarkeit des Querschnitts verglichen. Dabei werden die plastischen Querschnittsreserven genutzt.

Bei einachsiger Biegung mit Querkraft sind die Tragfähigkeitsnachweise nach Kapitel 6.2.5 (Biegebeanspruchung) und Kapitel 6.2.6 (Querkraftbeanspruchung) zu führen. Bei Biegung mit Querkraftbeanspruchung ist in der Regel der Einfluss der Querkraft zu berücksichtigen. Unterschreitet der Bemessungswert der Querkraft die Hälfte des Bemessungswertes der Querkrafttragfähigkeit, dann kann die Abminderung des Bemessungswertes der Momententragfähigkeit vernachlässigt werden, außer wenn die Querschnitttragfähigkeit durch Schubbeulen reduziert wird.

Interaktion Moment - Querkraft

In Fällen, in denen die Momenten-Querkraft-Interaktion zu berücksichtigen ist ($V_{Ed} \geq 0.5 V_{pl,Rd}$), ist die Abminderung des Bemessungswertes der Momententragfähigkeit in der Regel dadurch zu berücksichtigen, dass für die schubbeanspruchten Querschnittsteile eine abgeminderte Streckgrenze nach Kapitel 6.2.8 angesetzt wird.

Nachweise (GZT) gemäß DIN EN 1993-1-1:2010-12

Berechnungsverfahren: Elastisch - Plastisch

Profilstahl S 235

Streckgrenze $f_y = 235.0 \text{ N/mm}^2$

Grenznormalspannung $\sigma_{R,d} = 235.0 \text{ N/mm}^2$

Grenzschubspannung $\tau_{R,d} = 135.7 \text{ N/mm}^2$

Elastizitätsmodul $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

erf. $W_y = 582.2 \text{ cm}^3$ erf. $I_y = 9286 \text{ cm}^4$

gewähltes Profil **IPE 450**

vorh. $W_y = 851.0 \text{ cm}^3$ vorh. $I_y = 33740 \text{ cm}^4$

Bemessungswerte

Feld	x [m]	V_{Ed} [kN]	$V_{plv,Rd}$ [kN]	M_{Ed} [kNm]	$M_{plv,Rd}$ [kNm]
1	0.00 a	554.9	689.6	0.0	400.0
	0.50 *	539.5	689.6	273.6	400.0
	2.05 *	78.9	689.6	201.0	400.0
	5.00 a	169.6	689.6	182.4	400.0
2	0.00 a	122.6	689.6	182.4	400.0
	3.24 *	23.0	689.6	93.7	400.0
	3.54 *	16.1	689.6	94.8	400.0
	6.00 a	76.4	689.6	0.0	400.0

Tragsicherheitsnachweis

Feld	1	Querkraft	554.9 / 689.6 = 0.805 < 1
Maßgebende Lastkombination:	1	Einw. Werte	1.50 1
	2	Einw. Werte	1.35 alle
Biegemoment	1	273.6 / 368.8 = 0.752 < 1	
	2	Einw. Werte	1.50 1
Maßgebende Lastkombination:	1	1.35 alle	
	2	1.50 1	
Feld 2	Querkraft	122.6 / 689.6 = 0.178 < 1	
	Maßgebende Lastkombination:	Einw. Werte	1.50 1
Biegemoment	1	182.4 / 400.0 = 0.456 < 1	
	Maßgebende Lastkombination:	Einw. Werte	1.50 1
Maßgebende Lastkombination:	1	1.35 alle	
	2	1.50 1	

Bild 8. Nachweise (GZT) nach Verfahren Elastisch-Plastisch

Biegedrillknicken

Allgemeines

Beim **Stabilitätsproblem Biegedrillknicken** treten seitliche Verschiebungen v_y und Verdrehungen ϑ um die Stablängsachse auf. Hervorgerufen werden diese Verdrehungen in der Regel durch Biegemomente (M_y), so dass biegebeanspruchte Stäbe generell biegedrillknickgefährdet sind. Bereits durch geringe Störungen des Gleichgewichtes entstehen am verformten System Torsionsmomente sowie Biegemomente um die schwache Achse. Biegedrillknicken ist im wesentlichen ein Torsionsproblem. Bei der Bauteilauslegung ist deshalb darauf zu achten, dass die entstehende Torsion aufgenommen und an anschließende Konstruktionen weitergeleitet werden kann.

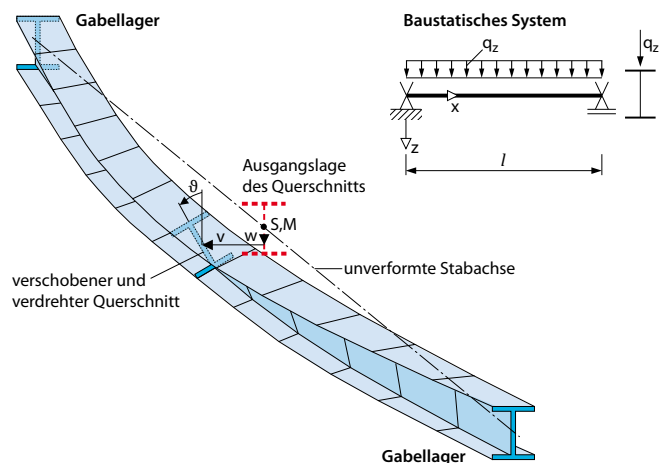


Bild 9. Prinzipdarstellung der Eigenform beim Biegedrillknicken

Das Biegedrillknicken wird dann i. d. R. nicht maßgebend, wenn nur geringe Zusatzbeanspruchungen im baustatischen System entstehen, z. B. bei:

- Stäben mit Hohlprofilen (große Torsionssteifigkeit)
- Stäben, deren Verdrehung oder seitliche Verschiebung behindert ist.

Wenn gedrückte Querschnittsteile durch konstruktive Maßnahmen **ausreichend** gehalten sind, besteht keine Biegedrillknickgefahr. Der Nachweis einer ausreichenden Halterung ist zu erbringen.

Als seitliche Halterungen von druckbeanspruchten Querschnittsteilen können punktuelle Abstützungen oder scheibenartige Aussteifungen verwendet werden.

Angriffspunkt der Last

Einen wesentlichen Einfluss auf die Größe des Biegedrillknickmomentes ist durch den Lastangriffspunkt bestimmt. Greift die Last im Schubmittelpunkt an, hat dies keine Auswirkungen auf $M_{ki,y}$. Sofern die Last in einem Anstand vom Schubmittelpunkt angreift, beispielsweise am Obergurt, so entsteht eine zusätzliche Torsionsbelastung um den Schubmittelpunkt. Damit wird die Verdrehung ϑ größer, die Biegedrillknickgefahr wächst.

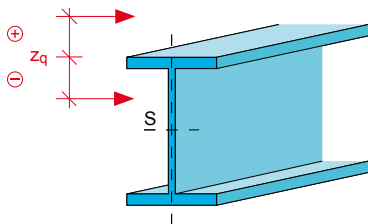


Bild 10. Angriffspunkt der Last

Punktuelle seitliche Stützung

Das Biegedrillknickmoment wird durch eine punktuelle seitliche Halterung des gedrückten Bauteils erhöht. In Abhängigkeit der Steifigkeit der Punkthalterung wird die seitliche Verschieblichkeit verringert oder bei starrer Stützung null. Sofern der Träger an beiden Gurten seitlich gehalten ist, wird dadurch auch die Verdrehung ϑ verhindert. An dieser Stelle darf dann ein **Gabellager** angenommen werden.

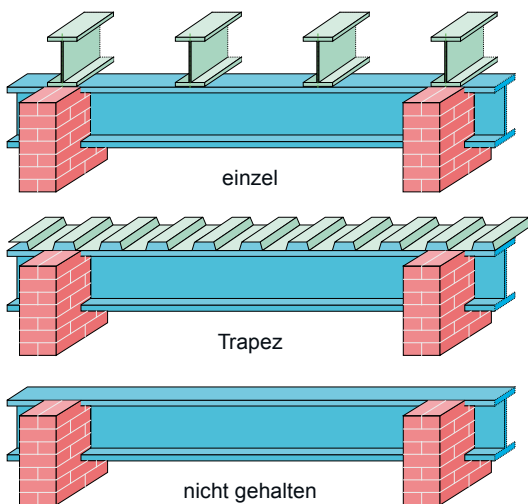


Bild 11. Mögliche Stabilisierungsmaßnahmen

Scheibenartige Aussteifung

Mit Hilfe von scheibenartig ausgebildeten Bauteilen und Schubfeldern können seitliche Verschiebungen von Druckgurten behindert werden. Als Bedingung für eine unver-schiebliche Halterung wird nach DIN EN 1993-1-1, Anhang BB.2 gefordert:

$$S \geq \left(EI_w \frac{\pi^2}{L^2} + GI_T + EI_z \frac{\pi^2}{L^2} \cdot 0.25 h^2 \right) \frac{70}{h^2}$$

mit

S	Schubfeldsteifigkeit der Bleche (je Längeneinheit Trägerlänge) im Hinblick auf die Verformungen des Trägers in der Blechebene
I_w	Wölbflächenmoment des Trägers
I_T	Torsionsflächenmoment des Trägers
I_z	Flächenmoment des Trägers um die schwache Querschnittsachse
L	Länge des Trägers
h	Höhe des Trägers

Die Trapezbleche müssen dabei in **jeder** Profilrippe und auf allen **vier** Seiten an den Trägern bzw. an der Unterkonstruktion befestigt werden.

Falls das Blech lediglich in jeder zweiten Rippe mit dem Träger bzw. der Unterkonstruktion verbunden ist, sollte S durch $0.2 \cdot S$ ersetzt werden.

Kontinuierliche Drehbettung

Ein abstützendes Bauteil wirkt wie eine drehelastische Bettung, wenn eine kontinuierliche Stützung vorliegt. Nach DIN EN 1993-1-1, Anhang BB.2.2 darf ein Träger als ausreichend gegen Verdrehung gestützt angesehen werden, wenn das nachfolgende Kriterium erfüllt wird:

$$C_{\vartheta,k} > \frac{M_{pl,k}^2}{EI_z} \cdot K_{\vartheta} \cdot K_v$$

mit

$C_{\vartheta,k}$	Verdrehsteifigkeit (je Längeneinheit Trägerlänge), die durch das stabilisierende Bauteil (z. B. Profilblech) und die Verbindung mit dem Träger wirksam ist
$K_v = 0.35$	für die elastische Berechnung
$K_v = 1.00$	für die plastische Berechnung
K_{ϑ}	Faktor zur Berücksichtigung des Momentenverlaufes und der Art der Verdrehbarkeit des drehbehindert gestützten Trägers
$M_{pl,k}$	charakteristischer Wert der plastischen Momententragfähigkeit des Trägers

Die Nachweise des Biegedrillknickens von einachsig um die starke Achse beanspruchten Biegeträgern sind nach DIN EN 1993 Abschnitt 6.3.2 einschließlich des informativen Anhangs BB zu führen.

Das Modul S312.de ermöglicht sowohl die Ermittlung der Biegedrillknicksicherheit ohne seitliche Halterung (falls ausreichend), mit seitlichen punktuellen Aussteifungen oder durch scheibenartig ausgebildete Bauteile (vgl. Nachweiststeuerung gemäß Bild 5).

Biegedrillknicken Nachweis nach DIN EN 1993-1-1:2010-12

Der Druckgurt wird seitlich durch Trapezprofile gehalten. Sie sind nach DIN EN 1993-1-3 angeschlossen.

Trapezprofil FISCHER FI200/375-0.88

Statisches System 3 - Feldträger
 Profil - Lage positiv
 Befestigung jede zweite Profilrippe
 Schrauben im Untergurt

max. Stützweite a = 2.00 m
 Trägheitsmoment I_{eff,y} = 826.00 cm⁴/m
 Schubfeldlänge L_s = 3.00 m
 auszusteiende Träger n = 4 Stück
 Hilfwert K₁ = 0.28 m/kN
 Hilfwert K₂ = 131.96 m²/kN
 Schubmodul G_s = 225.9 kN/m
 vorh. Schubsteifigkeit vorh. S = 90.4 kN

Angriffspunkt der Belastung Z_{0,2} = -25.0 cm
 Knicklinie (6.60) KL = C
 Knicklinie (6.54) KL = C

Bei ausreichender Drehbettung kann der Tragsicherheitsnachweis entfallen.

Bedingung: vorh. C₀ >= erf. C₀

vorh. Drehbettung aus:
 - abstützendem Bauteil C_{0,c} = 3469.20 kNm/m
 - Anschlußverformung C_{0,a} = 6.54 kNm/m
 - Profilverformung C_{0,s} = 116.41 kNm/m
 wirksame vorh. Drehbettung vorh. C₀ = 6.18 kNm/m

Beiwert Berechnungsverf. K_v = 0.35

Feld	erf. S [kN]	Drehachse	K _s	erf. C _{0,k} [kNm/m]
1	61981.3	frei	2.06	42.67
2	61981.3	frei	3.41	70.68

Tragsicherheitsnachweis mit M_{cr} nach 6.3.2.1 Biegedrillknicken

Bedingung: (6.54) <= 1

Feld	Absch. [cm ²]	C ₁	N _{cr,z} [kN]	M _{cr} [kNm]	C ₁	λ _{LT}
1	1080.44	1774.16	626.36	1.558	0.907	
2	1354.87	1232.06	1204.99	3.708	0.654	

Feld	Absch. f	max Me _d [kNm]	z _{LT,mod}	M _{pl,y,rd} [kNm]	G ₁ (6.54)
1	0.90	273.75	0.7712	468.72	0.76
2	0.77	183.13	1.0000	468.72	0.39

Bild 12. Biegedrillknickuntersuchung mit aussteifendem Trapezprofilblech



Bild 13. Punktueller und scheibenartige seitliche Aussteifung

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Vertikale Durchbiegung

Nach DIN EN 1990, Anhang A1.4 sollen die Grenzwerte der vertikalen Durchbiegung für jedes Projekt bestimmt und mit dem Auftraggeber abgestimmt werden. Die empfohlenen Werte der Verformungen sind programmseitig vorgelegt. Die Werte können aber durch eigene Verformungsrestriktionen ersetzt werden. Beim Gebrauchstauglichkeitsnachweis werden die vorhandenen vertikalen Durchbiegungen den zulässigen Werten (gemäß Verformungsrestriktion) gegenübergestellt.

Gebrauchstauglichkeitsnachweis

Feld	x [m]	vorh. I [cm ⁴]	max w [mm]	min w [mm]	zul. w [mm]
1	2.05	48200	3.21	0.15 < 1/300	16.67
2	3.24	48200	2.12	0.39 < 1/300	20.00

Bild 14. Gebrauchstauglichkeitsnachweis - Verformungen

Ausgabe

Nahezu alle in den vorangegangenen Kapiteln erwähnten Optionen zur Nachweisführung können nach Bedarf zu- oder abgeschaltet werden, um möglichst flexibel den unterschiedlichsten Anforderungen gerecht zu werden.

Dr.-Ing. Joachim Kretz
 mb AEC Software GmbH
 mb-news@mbaec.de

Literatur

- [1] DIN EN 1993-1-1:2010-12, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau.
- [2] DIN EN 1993-1-1/NA:2010-12, Eurocode 3: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter - Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau.
- [3] DIN EN 1990:2012-12, Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung EN1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010.
- [4] DIN EN 1990/ NA:2012-12, Eurocode 0: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Grundlagen der Tragwerksplanung
- [5] DIN EN 1991:2010-12, Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke; Deutsche Fassung EN1991:2002 + AC:2009.
- [6] DIN EN 1991/ NA:2010-12, Eurocode 1: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Einwirkungen auf Tragwerke.
- [7] Wagenknecht, G.: Stahlbau-Praxis nach Eurocode 3, Beuth Verlag, Berlin 2011.
- [8] Kahlmeyer, E; Hebestreit, K.; Vogt, W.: Stahlbau nach EC 3, Werner Verlag, Leipzig 2012.

mbAEC Aktuelle Angebote

S312.de Stahl-Durchlaufträger, BDK, veränderliche Querschnitte – EC 3, DIN EN 1993-1-1 **390,- EUR**

Leistungsbeschreibung siehe nebenstehenden Fachartikel

BauStatik 5er-Paket **890,- EUR**
 bestehend aus

5 BauStatik-Modulen deutscher Norm nach freier Wahl

(ausgenommen: S018, S030, S407, S408, S409, S469, S755, S756, S928, S403.de, S410.de, S411.de, S412.de)

Es gelten unsere Allg. Geschäftsbedingungen. Änderungen und Irrtümer vorbehalten.
 Alle Preise zzgl. Versandkosten (7,50 EUR) und ges. MwSt. Hardlock für Einzelplatzlizenzen, je Arbeitsplatz erforderlich (95,- EUR), Handbücher auf DVD. Betriebssystem Windows XP (32), SP3 / Windows Vista (32/64), SP2 / Windows 7 (32/64) – Stand: August 2012

Preisliste siehe www.mbaec.de