

Bauaufsichtliche Einführung des Eurocode 3

Ein Erfahrungsbericht aus der Baupraxis

von Manuel Krahwinkel

Die FK Bautechnik der ARGEBAU hat den Bundesländern die bauaufsichtliche Einführung der Eurocodes mit Stichtagsregelung zum 1. Juli 2012 empfohlen, ohne Parallelgeltung von Eurocodes und nationalen Bemessungsregeln. Diese Vorgehensweise ist insbesondere für den Stahlbau problematisch, da nach Eurocode 3 bemessene Stahlkonstruktionen nur von Stahlbauunternehmen erstellt werden dürfen, deren Produktion bereits europäisch nach EN 1090-1 zertifiziert ist. Dies ist aktuell bei vielen, insbesondere kleinen Metallbaubetrieben noch nicht gegeben. Neben den rechtlichen Rahmenbedingungen stellen die technischen Neuerungen des Eurocode 3 eine Herausforderung für die Baupraxis dar. Der Beitrag stellt wesentliche Änderungen beim Übergang von DIN 18800 auf Eurocode 3 vor und wirft einen kritischen Blick auf die Anwenderfreundlichkeit der neuen Stahlbaunorm.

Bauaufsichtliche Einführung des Eurocode 3

Zur Erprobung des Eurocode 3 (Stahlbau) vor der bauaufsichtlichen Einführung wurden von der ARGEBAU und vom Deutschen Ausschuss für Stahlbau DASt Vergleichsberechnungen beauftragt und finanziert (ca. 115.000 €). Drei Ingenieurbüros berechneten verschiedene konkrete Bauprojekte, die bereits nach nationalen Normen bemessen waren, noch einmal nach Eurocode 3 (Stahlbau) und Eurocode 4 (Stahlverbundbau). Ein Softwarehersteller war ebenfalls in das Projekt eingebunden. Im Ergebnis wurden die Eurocodes 3 und 4 als problemlos anwendbar bewertet, wie im Oktober in Aachen auf dem Deutschen Stahlbautag 2012 berichtet wurde.

Vor der bauaufsichtlichen Einführung der Eurocodes Mitte 2012 hatten sich Industrie- und Ingenieurverbände mehrheitlich gegen eine lange Parallelgeltung ausgesprochen. Die daraufhin von der FK Bautechnik den Bundesländern empfohlene einheitliche Stichtagsregelung zum 1. Juli 2012 für die bauaufsichtliche Einführung der Eurocodes wurde von den Bundesländern sehr uneinheitlich umgesetzt. So haben sich z. B. Bremen und NRW für eine Parallelgeltung von DIN 18800 und Eurocode 3 entschieden, während es in Hamburg und Niedersachsen eine Stichtagsregelung ohne Parallelgeltung gibt.

Dementsprechend informierte die oberste Bauaufsicht in Hannover mit Schreiben vom

21. Juni 2012 die unteren Bauaufsichtsbehörden und die Prüfungsinstitute in Niedersachsen über die Einführung der neuen Liste der technischen Baubestimmungen zusammen mit der Neufassung der Niedersächsischen Bauordnung zum Stichtag 1. November 2012. Für die Bemessung von Stahlkonstruktionen gilt deshalb in Niedersachsen seit diesem Stichtag der Eurocode 3 anstelle der DIN 18800. Dass andere Bundesländer sich für die Parallelgeltung entschieden haben, hat gute Gründe, weil bei einer Bemessung nach europäischen Regelwerken zwingend auch die Bauausführung nach europäischen Regelwerken erfolgen muss.

Das Deutsche Institut für Bautechnik in Berlin DIBT informierte in seinem Newsletter vom 26. Juni 2012 über die Verlängerung der Koexistenzperiode von EN 1090-1 und den betroffenen nationalen technischen Regeln zur Ausführung von Stahlkonstruktionen bis zum 1. Juli 2014 wie folgt: „Erfolgt die Bemessung nach den Eurocodes 3, 4 und 9, so muss die Ausführung nach EN 1090-2 bzw. EN 1090-3 erfolgen. Die zugehörigen Bauteile aus Stahl und Aluminium benötigen eine CE-Kennzeichnung nach EN 1090-1. [...] Inzwischen hat der Ständige Ausschuss für das Bauwesen auf seiner Sitzung am 23./24.01.2012 eine Verlängerung der Koexistenzperiode von EN 1090-1 und den betroffenen nationalen technischen Regeln bis zum 01.07.2014 beschlossen. Ein wesentlicher Grund dafür ist die für die CE-Kennzeichnung zu zertifizierende werkseige-

ne Produktionskontrolle einer Vielzahl von Metallbaubetrieben, die bis zum 01.07.2012 in vielen EU-Mitgliedsstaaten von den notifizierten Stellen schlichtweg nicht zu bewältigen ist. [...] Erfolgt die Ausführung von Bauteilen aus Stahl und Aluminium noch nach DIN 18800-7, DIN V 4113-3 oder den Normen der Reihe DIN 18807 bzw. nach der DASt-Richtlinie 016 und somit die Kennzeichnung ausnahmsweise bis zum 01.07.2014 mit dem Ü-Zeichen, so sind diese Bauteile auch nach den Normen der Reihen DIN 18800, DIN 4113 oder DIN 18807 bzw. nach der DASt-Richtlinie 016 zu bemessen.“

Da aktuell nur ein Teil der Metallbaubetriebe bereits nach EN 1090-1 europäisch zertifiziert ist, hat eine Bemessung von Stahlkonstruktionen nach Eurocode 3 faktisch eine starke Wettbewerbsbeschränkung für die Ausführung dieser Stahlkonstruktionen zur Folge, weil die nur national nach DIN 18807 zertifizierten Metallbaubetriebe eine zusätzliche zweite Genehmigungsstatik nach DIN 18800 erstellen müssten, um sich am Wettbewerb zu beteiligen.

Die Doppelberechnung nach Eurocode 3 und DIN 18800 ist aber weder technisch noch wirtschaftlich sinnvoll. Die drei Prüfungsinstitute der Ingenieurgesellschaft Eriksen in Oldenburg empfehlen deshalb in Abstimmung mit den unteren Bauaufsichten in Nord-West-Niedersachsen eine Bemessung nach DIN 18800 auch weiterhin bis zum Stichtag 1. Juli 2014 als gleichwertige Lösung zu den allgemein

anerkannten Regeln der Technik in Form der aktuellen Liste der technischen Baubestimmungen zu akzeptieren. Die Anwendung der DIN 18800 anstelle des Eurocode 3 sollte aber vom Aufsteller der statischen Berechnung mit

dem Bauherrn projektbezogen schriftlich vereinbart werden. Eine Datenbank mit einer Übersicht, welche Metallbaubetriebe bereits europäisch zertifiziert sind, findet man im Internet unter www.en1090.net.

Einen kurzen Überblick über wesentliche Unterschiede bei der Bemessung von Stahlbauten durch Einführung des Eurocode 3 gibt die Tabelle.

Änderungen	Hinweise
Neue und verschiedene Bemessungswerte der Streckgrenze und der Zugfestigkeit von Baustahl	Für die Bemessung dürfen alternativ zu den Zahlenwerten aus Eurocode 3 Teil 1-1 die Nennwerte für Streckgrenze und Zugfestigkeit aus den Produktnormen verwendet werden.
Neue Material-Teilsicherheitsbeiwerte	Nach EC 3 gelten verschiedene Teilsicherheitsbeiwerte für unterschiedliche Nachweise, z.B. Querschnittsnachweise, Stabilitätsnachweise oder Nachweise von Verbindungsmitteln wie Schrauben und Schweißnähte.
Neue Interaktionsbeziehungen für vollplastische Querschnittsnachweise	Nach Untersuchungen von Prof. Kindmann (Ruhr-Universität Bochum) liegen diese teilweise deutlich auf der unsicheren Seite, wodurch ihre Anwendbarkeit in Frage gestellt ist.
Neues Nachweisformat für geschweißte Kehlnahtverbindungen	Die Spannungskomponenten in der Schweißnaht werden in einem anderen Schnitt berechnet, heißen aber genauso wie früher, was leicht zu Verwechslungen führen kann.
Neue Bezugsgrößen für die Bemessung von geschweißten und geschraubten Verbindungen	Für Nachweise von Schweißnähten und für Lochleibungsnachweise von geschraubten Verbindungen wird nach EC 3 die Zugfestigkeit und nicht mehr die Streckgrenze des Grundwerkstoffes verwendet.
Erhebliche Verschärfung des Umfangs zerstörungsfreier Prüfungen für einige Schweißnahtarten	Einige Schweißnähte müssen durch zerstörungsfreie Prüfungen zusätzlich getestet werden: Zugbeanspruchte Stumpfnähte mit einem statischen Ausnutzungsgrad größer 50 %, zug- oder scherbeanspruchte Kehlnähte mit Nahtdicke $a > 12$ mm oder mit Anschluss an Bleche $t > 20$ mm (vgl. DIN EN 1090-2, Tab. 24).
Neu: Verbindungen mit nicht vorge-spannten zugbeanspruchten Schrauben der Festigkeitsklassen 4.6 bis 10.9	Die Nachgiebigkeit dieser Verbindungen muss insbesondere beim Nachweis stabilitätsgefährdeter Konstruktionen beachtet werden.
Neue Ersatzstabnachweise für Bauteile unter Druck und Biegung	Diese sind für Handrechnungen teilweise zu umfangreich und zu unübersichtlich, um in der täglichen Bemessungspraxis fehlerfrei angewendet zu werden.
Zwei neue und alternativ anwendbare Ersatzstabnachweise für biegedrill-knickgefährdete Bauteile unter Biegung	Die beiden neuen Ersatzstabnachweise verwenden unterschiedliche Zuordnungen der Stahlprofile zu den Knicklinien, was leicht zu Verwechslungen führen kann.
Berechnung von Schnittgrößen nach Theorie II. Ordnung gemäß EC 3 mit charakteristischen Steifigkeiten	Die Tatsache, dass die Steifigkeiten jetzt nicht mehr mit einem Material-Teilsicherheitsbeiwert abgemindert werden müssen, wird im EC 3 mit keiner Silbe erwähnt. (Für Berechnungen nach Theorie II. Ordnung im Holzbau nach EC 5 sind die Steifigkeiten nach wie vor mit materialteilsicherheitsbeiwerten abzumindern.)
Plastische Querschnittsnachweise stabilitätsgefährdeter Bauteile mit Schnittgrößen nach Theorie II. Ordnung ausschließlich unter Verwendung linearer Querschnitts-Interaktionsbedingungen	Dies stellt eine große Einschränkung für wirtschaftliche Nachweise mit dem Ersatzimperfektionsverfahren dar.
Zwei neue Nachweisformate für beulgefährdete Querschnitte	Die neuen Nachweisformate zur Methode der wirksamen Querschnitte und zur Methode der reduzierten Spannungen sind häufig wirtschaftlicher als das alte Nachweisformat zur Methode der reduzierten Spannungen für Beulnachweise.
Neue Bemessungsmethoden zur „Heißbemessung“ ungeschützter Stahlprofile	In vielen baupraktischen Fällen können Stahlprofile mit der erforderlichen Feuerwiderstandsdauer R30 ohne Brandschutzmaßnahmen wie Anstriche, Putzummantelungen oder Promat-Verkleidungen ausgeführt werden.

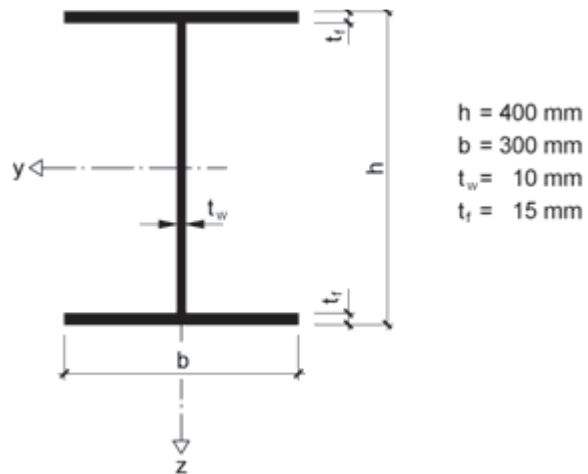


▲ Typische Stahlbausituation
Foto: Krahwinkel

Anwenderfreundlichkeit des Eurocode 3

Der Eurocode 3 stellt in vielen Fällen eine Erweiterung der technischen Möglichkeiten bei der Bemessung von Stahlbauten im Vergleich zur DIN 18800 dar. Insbesondere die neuen Möglichkeiten zur „Heißbemessung“ ungeschützter Stahlprofile sind sehr zu begrüßen, ausführlich dargestellt vom Verfasser dieses Beitrags im November-Heft 2012 der Zeitschrift „Stahlbau“ unter der Überschrift „Bemessungshilfen für die Heißbemessung ungeschützter Stahlprofile auf der Basis des Eurocode 3 Teil1-2“.

Der Eurocode 3 ist aber mit seiner Vielzahl an Normteilen und Querverweisen und der über großen Seitenanzahl Normtext zu umfangreich und zu unübersichtlich geworden, als dass man damit problemlos arbeiten könn-



Material:	S 235
Schnittgrößen:	$N_{Ed} = 500 \text{ kN}$
	$V_{z,Ed} = 300 \text{ kN}$
	$M_{y,Ed} = 350 \text{ kNm}$

Aufgabe: Nachweis der plastischen Querschnittstragfähigkeit nach DIN 18800 (2008-11) und nach DIN EN 1993-1-1 (2010-12)

▲ Beispiel zur plastischen Querschnittstragfähigkeit

Plastische Grenzschnittgrößen nach DIN 18800

$$N_{pl,d} = A \cdot f_{y,k} / \gamma_{M0} = 127 \cdot 24 \cdot 1,1 = 2771 \text{ kN}$$

$$M_{pl,y,d} = \left(2 \cdot 1,5 \cdot 30 \cdot \left(\frac{40-1,5}{2} \right) + 2 \cdot 1,0 \cdot \frac{37}{2} \cdot \frac{37}{4} \right) \cdot \frac{24,0}{1,1} \cdot \frac{1}{100} = 452,6 \text{ kNm}$$

$$V_{pl,z,d} = A_{Steg} \cdot \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 38,5 \cdot \frac{24}{\sqrt{3} \cdot 1,1} = 485,0 \text{ kN}$$

Interaktionsbedingung nach DIN 18800 Teil 1, Tab. 16

$$\left. \begin{array}{l} \frac{N}{N_{pl,d}} = \frac{500}{2771} = 0,180 > 0,1 \\ < 1,0 \end{array} \right\} \Rightarrow \text{Interaktion M,N erforderlich}$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{V_z}{V_{pl,z,d}} = \frac{300}{485} = 0,619 > 0,33 \\ < 0,90 \end{array} \right\} \Rightarrow \text{Interaktion M,V erforderlich}$$

$$\begin{aligned} \text{N-M-V - Interaktion: } & 0,8 \cdot \frac{M_y}{M_{pl,y,d}} + 0,89 \cdot \frac{N}{N_{pl,d}} + 0,33 \cdot \frac{V_z}{V_{pl,z,d}} \leq 1 \\ & 0,8 \cdot \frac{350}{452,6} + 0,89 \cdot 0,180 + 0,33 \cdot 0,619 = 0,983 \leq 1 \end{aligned}$$

▲ Nachweisführung gemäß DIN 18800

Plastische Grenzschnittgrößen nach Eurocode 3

$$N_{pl,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} = 127 \cdot 23,5 / 1,0 = 2984 \text{ kN}$$

$$M_{pl,y,Rd} = \left(2 \cdot 1,5 \cdot 30 \cdot \left(\frac{40-1,5}{2} \right) + 2 \cdot 1,0 \cdot \frac{37}{2} \cdot \frac{37}{4} \right) \cdot \frac{23,5}{1,0} \cdot \frac{1}{100} = 487,6 \text{ kNm}$$

$$V_{pl,z,Rd} = A_v \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 37 \cdot \frac{23,5}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 502,0 \text{ kN}$$

Interaktion gemäß DIN EN 1993-1-1 Abs. 6.2.10

Abminderung der Streckgrenze in schubbeanspruchten Querschnittsteilen um ρ falls

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,z,Rd}} \geq 0,5 \Rightarrow \rho = \left(2 \cdot \frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,z,Rd}} - 1 \right)^2 \quad \text{Gl. (6.29) bzw. Gl. (6.45)}$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,z,Rd}} = \frac{300}{502} = 0,598 > 0,5 \\ < 1,0 \end{array} \right\} \Rightarrow \rho = \left(2 \cdot \frac{300}{502} - 1 \right)^2 = 0,038$$

$$M_{y,V,Rd} = \frac{\left(W_{pl} - \frac{\rho \cdot A_w}{4 \cdot t_w} \right) \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = M_{pl,y,Rd} - \frac{\rho \cdot t_w \cdot h_w^2 \cdot f_y}{4 \cdot \gamma_{M0}} \quad \text{Gl. (6.30)}$$

$$M_{y,V,Rd} = 487,6 - \left(\frac{0,038 \cdot 1,0 \cdot 37^2 \cdot 23,5}{4} \right) \cdot \frac{1}{100} = 484,5 \text{ kNm}$$

$$N_{V,Rd} = N_{pl,Rd} \cdot \left(1 - \frac{\rho \cdot A_w}{A} \right) = 2984 \cdot \left(1 - \frac{0,038 \cdot 37}{127} \right) = 2951 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} \leq 0,25 \cdot N_{V,Rd} \quad \text{Gl. (6.33)} \quad \text{und} \quad N_{Ed} \leq \frac{0,5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y \cdot (1-\rho)}{\gamma_{M0}} \quad \text{Gl. (6.34)}$$

$$500 \text{ kN} \leq 0,25 \cdot 2951 = 737,8 \text{ kN} \quad \checkmark \quad 500 \text{ kN} \leq \frac{0,5 \cdot 37 \cdot 1 \cdot 23,5 \cdot (1-0,038)}{1,0} = 418,2 \text{ kN} \quad \checkmark$$

\Rightarrow Normalkraft muss berücksichtigt werden!

$$M_{y,N,Rd} = M_{pl,y,Rd} \cdot \frac{1-n}{1-0,5 \cdot a} \quad \text{Gl. (6.36)}$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{V,Rd}} \quad A_{red} = A - h_w \cdot t_w \cdot \rho \quad a = \frac{A_{red} - 2 \cdot b \cdot t_f}{A_{red}} \leq 0,5$$

$$n = \frac{500}{2951} = 0,169 \quad A_{red} = 127 - 37 \cdot 1 \cdot 0,038 = 125,6 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{125,6 - 2 \cdot 30 \cdot 1,5}{125,6} = 0,283 \leq 0,5$$

$$M_{y,NV,Rd} = M_{y,V,Rd} \cdot \frac{1-n}{1-0,5 \cdot a} = 484,5 \cdot \frac{1-0,169}{1-0,5 \cdot 0,283} = 484,5 \cdot 0,968 = 469,0 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,NV,Rd}} = \frac{350}{469} = 0,746 \leq 1 \quad \text{Nachweis erbracht}$$

▲ Nachweisführung gemäß Eurocode 3

te. Will man eine einfache Stahlhalle nach Eurocode 3 bemessen, so liegen auf dem Schreibtisch des Ingenieurs schnell mal 5 Normteile, die wechselseitig aufeinander verweisen (Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsgrundlagen und Regeln für den Hochbau, Teil 1-3: Ergänzende Regeln für kaltgeformte dünnwandige Bauteile und Bleche, Teil 1-5: Plattenartige Bauteile, Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen, Teil 1-10: Stahlsortenwahl im Hinblick auf die Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung). Nicht zu vergessen sind die Nationalen Anhänge NA zu allen Normteilen, die die Anzahl der zu sichtenden Normdokumente auf 10 ansteigen lässt.

Ein weiterer Kritikpunkt ist die Ausgestaltung einer Vielzahl von Nachweisformaten im Eurocode 3, die im Vergleich zur DIN 18800 stark aufgebläht und dadurch unübersichtlicher und fehleranfälliger geworden sind. Meine Erfahrungen in der Lehre im Fach Stahlbau an der HafenCity Universität Hamburg zeigen, dass Studenten die Bemessungspraxis im Stahlbau nach Eurocode 3 sehr viel schwerer zu vermitteln ist, als das zu Zeiten der DIN 18800 der Fall war. Ich sehe die Ursache hierfür eher in der neuen Norm und weniger in der neuen Generation von Bauingenieurstudenten.

Exemplarisch aber durchaus typisch für die Unterschiede in der Anwenderfreundlichkeit zwischen DIN 18800 und Eurocode 3 ist das hier vorgestellte Bemessungsbeispiel. Behandelt wird ein plastischer Querschnittsnachweis für ein geschweißtes Stahlprofil mit H-Querschnitt und Beanspruchung durch Normkraft, Querkraft und Biegung um die starke Achse. Die Gegenüberstellung der Nachweisführung nach Eurocode 3 und DIN 18800 sagt mehr als tausend Worte und verdeutlicht das Verbesserungspotenzial des Eurocode 3 sehr anschaulich.

Autor:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Manuel Krahwinkel
Prüfingenieur für Baustatik VPI (Stahlbau)
Ingenieurgesellschaft Eriksen Oldenburg