

Der Eurocode für den Stahlbau

Dipl.-Ing. M. Deutscher (BAW)

Überblick über die Normenteile der DIN EN 1993

Der Eurocode 3 gilt für den Entwurf sowie für die Berechnung und Bemessung von Bauwerken aus Stahl und löst die bisher geltenden nationalen Regelwerke ab. Er behandelt die Anforderungen an die Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit, Dauerhaftigkeit und den Feuerwiderstand. Das Bemessungskonzept des Eurocode 3 beruht, wie auch bei der DIN 18800, auf einer Bemessung im Grenzzustand der Tragfähigkeit unter Berücksichtigung von Imperfektionen, Kombinationen von Einwirkungen und der Verwendung von Teilsicherheitsbeiwerten sowohl auf der Einwirkungsseite als auch auf der Widerstandsseite.

In Deutschland wird der Eurocode 3 unter DIN EN 1993 veröffentlicht mit Hinweisen an welchen Stellen des Normenwerks nationale Festlegungen getroffen werden können. Nationale Festlegungen werden in den Nationalen Anhängen festgeschrieben, die separat für jeden Teil der oben genannten Norm aufgestellt wurden. Die Anwendung des Eurocodes ist nur in Verbindung mit diesen Nationalen Anhängen möglich, die mittlerweile für alle Teile des Eurocodes 3 vorliegen. In den Nationalen Anhängen dürfen nur Parameter (z.B. Teilsicherheitsbeiwerte) festgelegt werden, die im Eurocode offen gelassen wurden und für die Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten erforderlich sind. Die Stellen, die für national festzulegende Parameter geöffnet wurden, werden im Vorwort als auch im Text der jeweiligen Normenteile gekennzeichnet. Die national festgelegten Parameter gelten für die Planung von Tragwerken in dem Land, in dem sie errichtet werden. Konsolidierte Fassungen, in denen Norm und nationaler Anhang zusammengefasst wurden, liegen für die DIN EN 1993 bereits vor und erleichtern deutlich die Lesbarkeit. Die sechs Hauptteile der europäischen Stahlbaunorm sind in Bild 1 dargestellt.

Die für den Stahlwasserbau maßgebenden Teile sind in der Grundnorm DIN EN 1993-1 enthalten, die wiederum aus 12 Teilen besteht, die jeweils spezielle Stahlbauteile, Grenzzustände oder Werkstoffe behandeln. Neben dieser Grundnorm für den Stahlbau enthält die DIN EN 1993 fünf weitere Anwendungsnormen, die sich auf spezielle Stahltragwerke wie Brücken, Türme, Silos, Spundwände und Kranbahnen beziehen.

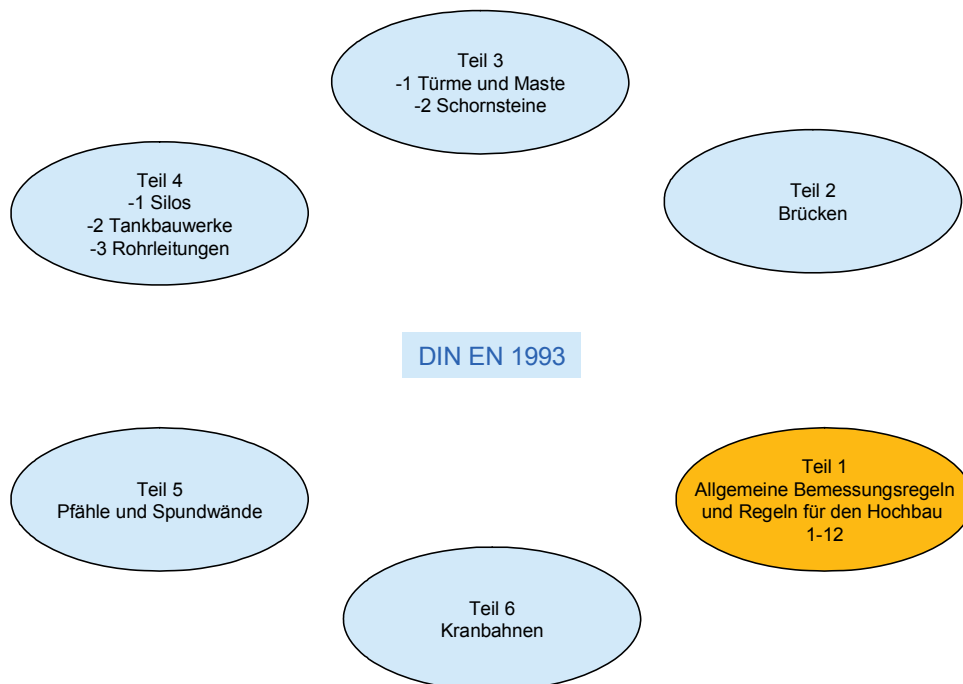


Bild 1: Übersicht über die Teile der europäischen Stahlbaunorm DIN EN 1993

Der Eurocode 3 *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten* besteht aus insgesamt 20 Teilen. Zusammen mit den jeweiligen Nationalen Anhängen (NA) beinhaltet der Eurocode 3 ca. 1700 Seiten Normtext (siehe Tabelle 1) und bildet somit etwa ein Fünftel des Gesamtumfangs des Eurocodes.

| Normenbezeichnung | Titel | Seiten Norm | Seiten NA |
|-------------------|--|-------------|------------|
| DIN EN 1993-1-1 | Allgemeine Bemessungsregel und Regeln für den Hochbau | 107 | 12 |
| DIN EN 1993-1-2 | Allgemeine Regeln-Tragwerksbemessung für den Brandfall | 88 | 8 |
| DIN EN 1993-1-3 | Allgemeine Regeln-Ergänzende Regeln für kaltgeformte Bauteile und Bleche | 147 | 10 |
| DIN EN 1993-1-4 | Allgemeine Regeln-Ergänzende Regeln für nichtrostende Stähle | 41 | 4 |
| DIN EN 1993-1-5 | Plattenförmige Bauteile | 70 | 8 |
| DIN EN 1993-1-6 | Festigkeit und Stabilität von Schalen | 107 | 11 |
| DIN EN 1993-1-7 | Plattenförmige Bauteile mit Querbelastung | 45 | 2 |
| DIN EN 1993-1-8 | Bemessung von Anschlüssen | 150 | 20 |
| DIN EN 1993-1-9 | Ermüdung | 43 | 6 |
| DIN EN 1993-1-10 | Stahlsortenauswahl | 22 | 5 |
| DIN EN 1993-1-11 | Bemessung und Konstruktion von Tragwerken mit Zuggliedern aus Stahl | 45 | 8 |
| DIN EN 1993-1-12 | Zusätzliche Regeln zur Erweiterung von EN 1993 auf Stahlgüten bis S700 | 12 | 5 |
| DIN EN 1993-2 | Stahlbrücken | 127 | 62 |
| DIN EN 1993-3-1 | Türme und Maste | 93 | 43 |
| DIN EN 1993-3-2 | Schornsteine | 34 | 10 |
| DIN EN 1993-4-1 | Silos | 118 | 8 |
| DIN EN 1993-4-2 | Tankbauwerke | 58 | 6 |
| DIN EN 1993-4-3 | Rohrleitungen | 43 | 4 |
| DIN EN 1993-5 | Pfähle und Spundwände | 94 | 12 |
| DIN EN 1993-6 | Kranbahnen | 47 | 9 |
| Gesamt: | | 1491 | 253 |

Tabelle 1: Seitenumfang des Eurocode 3 (Norm) und der Nationalen Anhänge (NA)

Mit der Ausgabe der *Wasserstraßenspezifischen Liste Technischer Baubestimmungen (WLTB)* im September 2012 wurden die wesentlichen Teile der DIN EN 1993 mit ihren Nationalen Anhängen im Geschäftsbereich der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) eingeführt. Dies betrifft die Teile DIN EN 1993-1 (Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau) ohne den Teil DIN EN 1993-1-4 (Nichtrostende Stähle), sowie die Teile DIN EN 1993-4-1 (Silos), DIN EN 1993-5 (Pfähle und Spundwände) und DIN EN 1993-6 (Kranbahnen). Für Brücken sind die Regelungen des jeweiligen Verkehrsträgers im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) maßgebend. Momentan ist die DIN EN 1993-2 (Stahlbrücken) jedoch noch nicht eingeführt. Dies soll voraussichtlich zum 01.12.2012 erfolgen. Den wesentlichen Inhalt spiegelt bereits der eingeführte DIN Fachbericht 103 wieder. Die DIN EN 1993-1-4 (Nichtrostende Stähle) ist ebenfalls noch nicht eingeführt. Hier sei auf die Änderung der bauaufsichtlichen Zulassung Z-30.3-6 vom April 2009 mit dem Titel *Erzeugnisse, Verbindungsmittel und Bauteile aus nichtrostenden Stählen* verwiesen.

Viele der bekannten nationalen Regelungen finden sich in den technischen Regelungen des Eurocodes 3 wieder. Der Eurocode 3 darf nicht mit der nationalen Norm DIN 18800 vermischt werden. Sonderregelungen gibt es, z.B. für Bauteile mit Typenprüfungen und allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen, die auf Grundlage von nationalen Regelwerken (z.B. DIN 18800) entstanden sind und ein klar abgegrenztes Teiltragwerk in einem Gesamttragwerk darstellen.

Die für den Entwurf und die Bemessung von Tragwerken des Stahlwasserbaus ebenfalls maßgebende DIN 19704 liegt als Entwurf vor und wird im folgenden Beitrag vorgestellt. DIN EN 1090-1 und DIN EN 1090-2, in der die Ausführung von Stahltragwerken geregelt wird, wurden ebenfalls im September 2012 eingeführt und ersetzen die DIN 18800-7. Die DIN EN 1090-1 und DIN EN 1090-2 wird ebenfalls in einem der folgenden Beiträge vorgestellt.

Informationen zu den Eurocodes und zum Stand der Umsetzung kann unter www.eurocode-online.de eingesehen werden. Hintergrundinformationen, z. B. zur Verlängerung der Koexistenzperiode zwischen der EN 1090-1 und den nationalen Regelwerken werden unter anderem in den DIBt-Newslettern unter www.dibt.de gegeben. Für den Bereich des Verkehrswasserbaus wird auf die Wasserstraßenspezifischen Liste Technischer Baubestimmungen und den Einföhrungserlass des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) vom 15.09.2012 hingewiesen.

DIN EN 1993-1-1 Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau

In diesem Normenteil sind die allgemeinen Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau aufgeführt. Als mitgeltendes Regelwerk wird unter anderem die Ausführungsnorm DIN EN 1090 genannt, in der technische Anforderungen an die Herstellung und Errichtung von Stahlbauten geregelt sind. Nur durch Beachtung dieser „Ausführungsnorm“ kann die in DIN EN 1993 geforderte Zuverlässigkeit des Tragwerks erreicht werden.

Festzustellen ist, dass sich im Vergleich zu den nationalen Normen einige Formelzeichen ändern. Ein kleiner Auszug ist in Tabelle 2 dargestellt.

| | DIN EN 1993 | DIN 18800 |
|--|-------------|------------|
| Stegdicke: | t_w | t_s |
| Gurtdicke: | t_f | t_g |
| Knicklänge: | L_{cr} | s_k |
| Abminderungsbeiwert für Biegedrillknicken: | χ_{LT} | κ_M |
| Abminderungsbeiwert für Knicken: | χ | κ |
| Höhe des geraden Stegteils: | d | $h - 2c$ |

Tabelle 2: Gegenüberstellung der Formelzeichen

Weiter ist zu bemerken, dass der Anwendungsbereich dieses Normenteils für eine Werkstückdicke ab $t > 3\text{mm}$ gilt. Bei geringeren Bauteildicken, die im Stahlwasserbau in der Regel nicht vorkommen, ist DIN EN 1993-1-3 zu beachten.

Nennwerte der Werkstoffeigenschaften sind in der Regel als charakteristische Werte anzunehmen. Leichte Änderungen der Nennwerte von Streckgrenze und Zugfestigkeit sind im Vergleich zur DIN 18800 vorgenommen worden (siehe Tabelle 3). Bei einer Bauteildicke $t \leq 40\text{mm}$ ist z. B. bei der Stahlsorte S235 eine Streckgrenze von $f_{yk} = 235\text{N/mm}^2$ statt bisher $f_{yk} = 240\text{N/mm}^2$ anzusetzen.

| Werkstoffnorm und Stahlsorte | Erzeugnisdicke t mm | | | |
|---------------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| | $t \leq 40\text{ mm}$ | | $40\text{ mm} < t \leq 80\text{ mm}$ | |
| | f_y N/mm ² | f_u N/mm ² | f_y N/mm ² | f_u N/mm ² |
| EN 10025-2 | | | | |
| S 235 | 235 | 360 | 215 | 360 |
| S 275 | 275 | 430 | 255 | 410 |
| S 355 | 355 | 490 | 335 | 470 |
| S 450 | 440 | 550 | 410 | 550 |
| EN 10025-3 | | | | |
| S 275 N/NL | 275 | 390 | 255 | 370 |
| S 355 N/NL | 355 | 490 | 335 | 470 |
| S 420 N/NL | 420 | 520 | 390 | 520 |
| S 460 N/NL | 460 | 540 | 430 | 540 |

Tabelle 3: Nennwerte der Streckgrenze und der Zugfestigkeit für warmgewalzten Baustahl, Auszug aus DIN EN 1993-1-1

Die im Eurocode 3 angegebenen Faktoren und Parameter, die die Zuverlässigkeit regeln, sind Empfehlungen. Das Sicherheitsniveau und somit die Vorgabe der Teilsicherheitsbeiwerte obliegen den einzelnen Mitgliedsländern und werden in den jeweiligen Nationalen Anhängen geregelt. Dabei können auf nationaler Ebene unterschiedliche Teilsicherheitsbeiwerte für das gleiche Nachweiskriterium bei gleicher Bezeichnung in den Nationalen Anhängen der Normenteile festgelegt werden. Beispielhaft werden die Teilsicherheitsbeiwerte für die Beanspruchbarkeiten „fließen im Querschnitt“ und „Stabilitätsversagen“ in Tabelle 4 dargestellt. Festzustellen ist, dass Deutschland bei Stabilitätsnachweisen der europäischen Empfehlung nicht gefolgt ist. In der E DIN 19704 wird für beide Nachweiskriterien auf der Widerstandsseite ein Teilsicherheitsbeiwert von $\gamma_M = 1,1$ gefordert. Zu bemerken ist, dass bei Querschnittsnachweisen mit Schnittgrößen nach Theorie II-Ordnung, die als Stabilitätsnachweise zu verstehen sind, der Teilsicherheitsbeiwert γ_{M1} zu verwenden ist.

| | | DIN EN 1993-1-1 | DIN EN 1993-1-1/NA | DIN EN 1993-2 | DIN EN 1993-2/NA | E DIN 19704 |
|------------------------|---------------|-----------------|--------------------|---------------|------------------|-------------|
| Fließen im Querschnitt | γ_{MO} | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,1 |
| Stabilitätsverlust | γ_{M1} | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 |

Tabelle 4: Teilsicherheitsbeiwerte der Beanspruchbarkeit

Bei Stahlwasserbauwerken wird ein elastischer Querschnittsnachweis in den maßgebenden Querschnittspunkten nach der unten dargestellten Formel geführt. Bei diesem „konservativen Interaktionsnachweis“ bleiben plastische Querschnittsreserven gänzlich unberücksichtigt.

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

Zu bemerken ist, dass es sich hierbei um keine Vergleichsspannung handelt und somit keine Angabe des Auslastungsgrades, wie nach DIN 18800 mit dem bekannten Wurzelausdruck möglich, vorgenommen werden kann.

Zusammenfassend sind im Vergleich mit DIN 18800 viele Nachweisformate in der DIN EN 1993 sehr ähnlich oder auch gleich. Einige Änderungen resultieren aus einem neuen Kenntnisstand oder wurden aus Bemessungsnormen anderer Mitgliedsländer übertragen.

DIN EN 1993-1-8 Anschlüsse

Im Unterschied zur DIN 18800-1, in der die Nachweise für Bauteile und Anschlüsse gemeinsam abgehandelt werden, erhalten die Anschlüsse mit DIN EN 1993-1-8 einen eigenen Normenteil. Nach DIN EN 1993-1-8 sind die in Tabelle 5 aufgeführten Schraubenfestigkeitsklassen zugelassen. Der Nationale Anhang schließt jedoch die Verwendung der Festigkeitsklassen 4.8, 5.8, und 6.8 aus.

| Festigkeitsklasse | 4.6 | 4.8 | 5.6 | 5.8 | 6.8 | 8.8 | 10.9 |
|-------------------|-----|----------------|-----|----------------|----------------|-----|------|
| f_{yb} | 240 | 320 | 300 | 400 | 480 | 640 | 900 |
| f_{ub} | 400 | 400 | 500 | 500 | 600 | 800 | 1000 |

Tabelle 5: Streckgrenze und Zugfestigkeit von Schrauben

Im Vergleich zur DIN 18800, wird jetzt bei zugbeanspruchten Schraubenverbindungen ein Durchstanznachweis (siehe unten) für die anzuschließenden Bauteile verlangt. Nachgewiesen werden muss, dass der Schraubenkopf bzw. die Schraubenmutter nicht durch die Kopfplatte stantzt. Die Bemessungsregeln dürfen ab einer Blechdicke von $t = 3$ mm angewendet werden.

Grenzdurchstanzkraft:
$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M_2}}$$

Sowohl für die Schrauben, als auch für die zu verbindenden Bauteile werden die Nachweise einheitlich auf f_u -Niveau (Zugfestigkeit) geführt. Der Doppelnachweis wie in DIN18800 gefordert, bei dem gegen die Streckgrenze und die Zugfestigkeit nachgewiesen werden muss, wird in DIN EN 1993-1-8 nicht gefordert. Da der Nachweis gegen die Streckgrenze bei Schrauben mit geringerer Festigkeitsklasse in der Regel maßgebend wurde, wird nach dem europäischen Regelwerk eine vergleichsweise höhere Grenztragfähigkeit ermittelt. Bei hochfesten Schrauben wird eine Erhöhung der Grenztragfähigkeit nicht erwartet.

In der Literatur wird im Vergleich zur DIN 18800 eine ca. 20% höhere Lochleibungstragfähigkeit bei der Verwendung des DIN EN 1993-1-8 festgestellt. Bei der Abschertragfähigkeit (ausgenommen Festigkeitsklasse 10.9) wird aufgrund des größeren Teilsicherheitsbeiwertes von $\gamma_{M_2} = 1,25$ zukünftig eine geringere Grenztragfähigkeit erwartet. Bei kombinierten Zug- und Abscherbeanspruchungen gehen die einzelnen Anteile nicht mehr wie nach DIN 18800 zu gleichen Anteilen in die Interaktionsgleichung ein.

In DIN EN 1993-1-8 werden verschiedene Kategorien von Schraubenverbindungen aufgeführt. Zu bemerken ist, dass gleitfeste Schraubenverbindungen im Stahlwasserbau nicht zulässig sind. Werden für scherbeanspruchte Verbindungen Passschrauben eingesetzt, darf das Gewinde nicht in der Scherfuge liegen. Das zulässige Lochspiel ist im Vergleich zur DIN 18800 bei Passschrauben kleiner geworden. Wird von der geforderten Lochform abgewichen, sind die Beanspruchbarkeiten durch Reduktionsfaktoren abzumindern.

Bei der Angabe von Grenzwerten für Loch- und Randabstände wird in DIN EN 1993-1-8 eine Differenzierung nach Umgebungsbedingungen (korrosive Einflüsse) und Stahlsorten vorgenommen. Zusätzlich sind für Bolzenverbindungen Bemessungsregeln für austauschbare Bolzen angegeben. Die Lochleibungsspannung ist im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit zu begrenzen

Auch bei geschweißten Anschlüssen wird, wie bei Schrauben, die Zugfestigkeit als Basisgröße in den Nachweisformaten verwendet. Dies hat zur Folge, dass der Tragwerksplaner den Stahl vollständig beschreiben muss, da die Zugfestigkeit bei gleicher Stahlsorte in Abhängigkeit des Herstellungsverfahrens unterschiedlich ist. Bei Kehlnahtverbindungen können die Nachweise entweder nach einem vereinfachten Nachweisverfahren oder nach dem Richtungsverfahren nachgewiesen werden. Das vereinfachte Nachweisverfahren entspricht im Wesentlichen dem der DIN 18800. Mit dem Richtungsverfahren kann im Vergleich zum Vereinfachten Verfahren häufig eine größere Tragfähigkeit ermittelt werden.

DIN EN 1993-1-9 Ermüdung

Verschlussorgane im Stahlwasserbau gelten in der Regel als nicht vorwiegend ruhend belastet, sodass für die Stahlbauteile ein Ermüdungsnachweis zu führen ist. Ermüdungsnachweise sind mit den maximalen Spannungsschwingbreiten zu führen, die sich in der ständigen Bemessungssituation aus den ermüdungswirksamen Einwirkungen ergeben. Der Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkungen ist mit $\gamma_{Ff} = 1,0$ festgelegt. Abgrenzungskriterien wie nach DIN 18800, Element 741 (siehe unten), bei denen bei geringen Spannungsschwingbreiten bzw. Lastspielzahlen auf einen Ermüdungsnachweis verzichtet werden, sind im aktuellen Regelwerk für Stahlwasserbauteile nicht enthalten.

$$\Delta\sigma < 26N/mm^2$$

$$n < 5 \cdot 10^6 \cdot (26/\Delta\sigma)^3 \quad \text{DIN 18800}$$

Das Abgrenzungskriterium gilt für Spannungsschwingbreiten, die aus den Bemessungswerten ermittelt wurden. Hinweise für anzunehmende Lastspielzahlen werden im Anhang A der E DIN 19704-1 gegeben. Demnach sind beispielsweise für ein Schleusentor mindestens 10 Lastspiele pro Tag bei 300 Betriebstagen im Jahr anzusetzen. In der Regel sind die Lastspielzahlen projektspezifisch und unter Berücksichtigung der Verkehrsprognose festzulegen.

In der DIN EN 1993-1-9 werden zwei Sicherheits- und Zuverlässigkeitskonzepte aufgeführt:

- Konzept der Schadenstoleranz
- Konzept der sicheren Lebensdauer

Das Konzept der Schadenstoleranz akzeptiert Ermüdungsrisse. Voraussetzung für dieses Konzept ist ein verbindliches Inspektions- und Wartungsprogramm und eine Konstruktion, die bei einem Ermüdungsschaden ein ausreichendes Lastumlagerungsvermögen besitzt, sodass ein Systemkollaps vermieden wird. Ein weiteres Kriterium für die Anwendbarkeit dieses Konzeptes ist die Zugänglichkeit, um geschädigte Bauteile instand setzen oder austauschen zu können.

Können Ermüdungsrisse zum Versagen wesentlicher Tragwerksteile führen oder ist eine Schadenserkennung und Schadensbehebung nicht ohne weiteres möglich, ist das Konzept der sicheren Lebensdauer anzuwenden. Bei diesem Konzept sollen Ermüdungsrisse von vornherein ausgeschlossen werden. Wie Tabelle 6 zeigt, verwenden die beiden Konzepte unterschiedliche Teilsicherheitsbeiwerte auf der Widerstandsseite.

| Zuverlässigkeitskonzept | Schadensfolge | |
|----------------------------------|---------------|------|
| | niedrig | hoch |
| Konzept der Schadenstoleranz | 1,0 | 1,15 |
| Konzept der sicheren Lebensdauer | 1,15 | 1,35 |

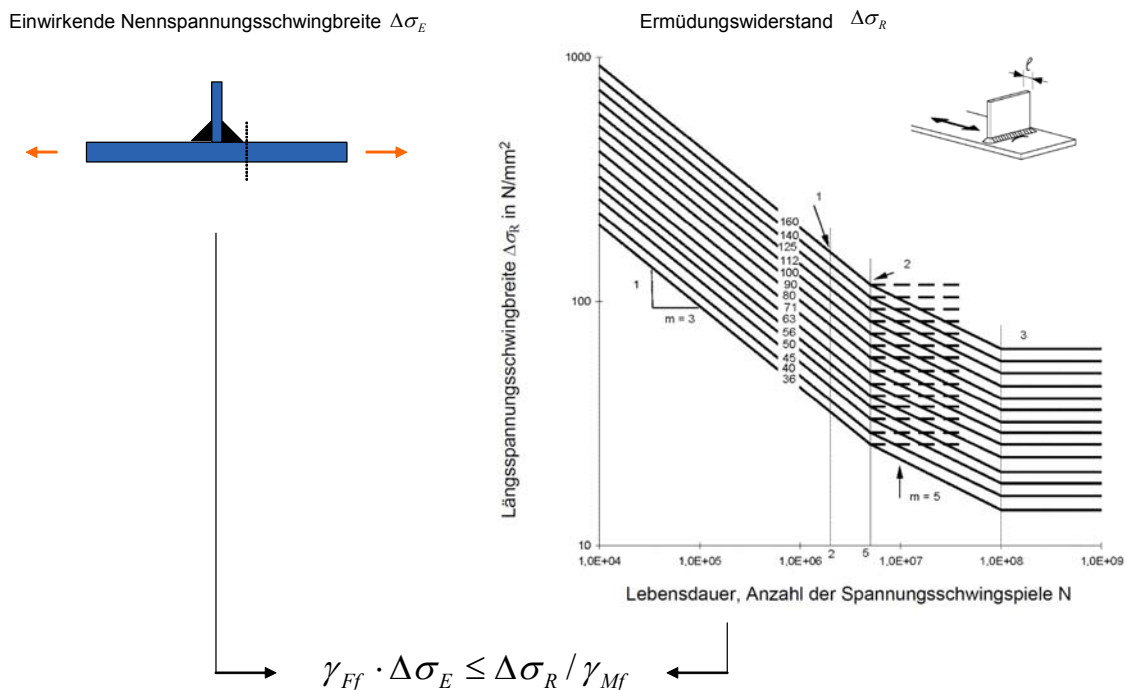
Tabelle 6: γ_{Mf} – Faktoren für die Ermüdungsfestigkeit

Für Ermüdungsnachweise von Stahlwasserbauten wird in der E DIN 19704-1 ein Teilsicherheitsbeiwert auf der Widerstandsseite von $\gamma_{Mf} = 1,35$ vorgegeben. Beim Ermüdungsnachweis von Stauwandblechen darf der Teilsicherheitsbeiwert auf $\gamma_{Mf} = 1,15$ reduziert werden, wenn die Normalspannungen im Druckschwellbereich liegen.

Der Nachweis der Ermüdungsfestigkeit wird häufig mit dem so genannten Nennspannungskonzept geführt, das auf der Einwirkungsseite bei der Ermittlung der Spannungsschwingbreite keinen Ein-

fluss der Kerbschärfe berücksichtigt. Bei der Ermittlung des Ermüdungswiderstandes wird die zulässige Schwingbreite in Abhängigkeit der Kerbschärfe des Konstruktionsdetails und der Lastspielzahl mit Hilfe von Wöhlerlinien bestimmt. Für häufig vorkommende Konstruktionsdetails stellt die DIN EN 1993-1-9 einen Kerbfallkatalog zur Verfügung, aus dem die Kerbschärfe (Kerbfall), die mögliche Anrissstelle und die Anforderungen an die Detailausbildung hervorgehen.

Nennspannungskonzept



Die Nachweisformate des Normenteils DIN EN 1993-1-9 setzen voraus, dass das Tragwerk nach DIN EN 1090 ausgeführt wurde und einen ausreichenden Korrosionsschutz während der gesamten Lebensdauer besitzt. Die Anwendung dieses Normenteils gilt zudem nur für Werkstoffe, die die Zähigkeitsanforderungen nach DIN EN 1993-1-10 erfüllen und einen stabiles Risswachstum erwarten lassen.

DIN EN 1993-1-10 Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung

Die Stahlsortenauswahl nach DIN EN 1993-1-10 ist zur Vermeidung von Spröd- und Terrassenbrüchen bei Neukonstruktionen durchzuführen. Die Regelungen der DIN EN 1993-1-10 zu Sprödbrüchen ist nahezu identisch mit denen der DAST-Richtlinie 009. Die Auswahl der Stahlsorte im Hinblick auf die Bruchzähigkeit kann nach drei Methoden erfolgen:

- Tabelle (Regelfall)
- Bruchmechanische Methode (Spezialisten)
- Experimenteller Nachweis

Die Aussagegenauigkeit steigt von der ersten zur dritten Methode. Bei der Stahlsortenauswahl anhand der dargestellten Tabelle 7 wird eine Korrelation zwischen der Bruchzähigkeit im eingebauten Zustand zu den in der Produktnorm angegebenen Kerbschlagzähigkeitsanforderungen vorgenommen. Die Regelungen gelten für geschweißte und ungeschweißte Bauteile unter Zug-, Druck- oder Ermüdungsbeanspruchung. Bei ausschließlicher Druckbeanspruchung ist das Spannungsniveau $\sigma_{Ed} = 0,25 f_y(t)$ gemäß des Nationalen Anhangs anzuwenden. Bei Zugbeanspruchungen kann auf der sicheren Seite liegend immer $\sigma_{Ed} = 0,75 f_y(t)$ angesetzt werden. Bei Anwendung der folgenden Tabelle darf linear interpoliert werden.

| Stahlsorte | | AC K1 AC | | Bezugstemperatur T_{Ed} °C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------------------|------------|-----------|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------------------|-----|-----|--|--|--|
| | | bei T °C | J_{min} | 10 | 0 | -10 | -20 | -30 | -40 | -50 | 10 | 0 | -10 | -20 | -30 | -40 | -50 | 10 | 0 | -10 | -20 | -30 | -40 | -50 | | | |
| Stahl-sorte | Stahl-güte-gruppe | | | $\sigma_{Ed} = 0,75 f_y(t)$ | | | | | | | | | $\sigma_{Ed} = 0,50 f_y(t)$ | | | | | | | | | $\sigma_{Ed} = 0,25 f_y(t)$ | | | | | |
| S235 | JR | 20 | 27 | 60 | 50 | 40 | 35 | 30 | 25 | 20 | 90 | 75 | 65 | 55 | 45 | 40 | 35 | 135 | 115 | 100 | 85 | 75 | 65 | 60 | | | |
| | J0 | 0 | 27 | 90 | 75 | 60 | 50 | 40 | 35 | 30 | 125 | 105 | 90 | 75 | 65 | 55 | 45 | 175 | 155 | 135 | 115 | 100 | 85 | 75 | | | |
| | J2 | -20 | 27 | 125 | 105 | 90 | 75 | 60 | 50 | 40 | 170 | 145 | 125 | 105 | 90 | 75 | 65 | 200 | 200 | 175 | 155 | 135 | 115 | 100 | | | |
| S275 | JR | 20 | 27 | 55 | 45 | 35 | 30 | 25 | 20 | 15 | 80 | 70 | 55 | 50 | 40 | 35 | 30 | 125 | 110 | 95 | 80 | 70 | 60 | 55 | | | |
| | J0 | 0 | 27 | 75 | 65 | 55 | 45 | 35 | 30 | 25 | 115 | 95 | 80 | 70 | 55 | 50 | 40 | 165 | 145 | 125 | 110 | 95 | 80 | 70 | | | |
| | J2 | -20 | 27 | 110 | 95 | 75 | 65 | 55 | 45 | 35 | 155 | 130 | 115 | 95 | 80 | 70 | 55 | 200 | 190 | 165 | 145 | 125 | 110 | 95 | | | |
| | M,N | -20 | 40 | 135 | 110 | 95 | 75 | 65 | 55 | 45 | 180 | 155 | 130 | 115 | 95 | 80 | 70 | 200 | 200 | 190 | 165 | 145 | 125 | 110 | | | |
| | ML,NL | -50 | 27 | 185 | 160 | 135 | 110 | 95 | 75 | 65 | 200 | 200 | 180 | 155 | 130 | 115 | 95 | 230 | 200 | 200 | 200 | 190 | 165 | 145 | | | |
| S355 | JR | 20 | 27 | 40 | 35 | 25 | 20 | 15 | 15 | 10 | 65 | 55 | 45 | 40 | 30 | 25 | 25 | 110 | 95 | 80 | 70 | 60 | 55 | 45 | | | |
| | J0 | 0 | 27 | 60 | 50 | 40 | 35 | 25 | 20 | 15 | 95 | 80 | 65 | 55 | 45 | 40 | 30 | 150 | 130 | 110 | 95 | 80 | 70 | 60 | | | |
| | J2 | -20 | 27 | 90 | 75 | 60 | 50 | 40 | 35 | 25 | 135 | 110 | 95 | 80 | 65 | 55 | 45 | 200 | 175 | 150 | 130 | 110 | 95 | 80 | | | |
| | K2,M,N | -20 | 40 | 110 | 90 | 75 | 60 | 50 | 40 | 35 | 155 | 135 | 110 | 95 | 80 | 65 | 55 | 200 | 200 | 175 | 150 | 130 | 110 | 95 | | | |
| | ML,NL | -50 | 27 | 155 | 130 | 110 | 90 | 75 | 60 | 50 | 200 | 180 | 155 | 135 | 110 | 95 | 80 | 210 | 200 | 200 | 200 | 175 | 150 | 130 | | | |

Tabelle 7: Auszug aus DIN EN 1993-1-10, Tab. 2.1,
Größe zulässige Erzeugnisdicken t in mm

Als Eingangsgröße ist die Bezugstemperatur T_{Ed} zu bestimmen. Im Regelfall entspricht die Bezugstemperatur T_{Ed} der Einsatztemperatur T_{mdr} gemäß Tabelle 8, wenn keine erhöhten Dehngeschwindigkeiten oder Kaltumformungsgrade zu berücksichtigen sind.

| | | |
|----------|--|-----|
| 4 | Stahlwasserbau | |
| 4a | Verschlusskörper, die zeitweilig ganz oder zu einem großen Teil aus dem Wasser herausgenommen werden | -30 |
| 4b | Einseitig von Wasser benetzte Verschlusskörper | -15 |
| 4c | Beidseitig teilweise von Wasser benetzte Verschlusskörper | -15 |
| 4d | Verschlusskörper, die sich vollständig unter Wasser befinden | -5 |

Tabelle 8: Auszug aus DIN EN 1993-1-10/NA,
Einsatztemperaturen $T_{m,dr}$ Stahlwasserbauteile

Beispielhaft darf ein Stahlblech eines einseitig benetzten Verschlusskörpers unter Zugbeanspruchung mit einer Stahlsorte S355 J0 nicht dicker als 37mm ausgebildet werden, um eine ausreichende Bruchzähigkeit zu gewährleisten.

Ausblick

Auf europäischer Ebene sind so genannte „Evolution Groups“ mit dem Ziel gebildet worden, die Teile des Eurocodes inhaltlich und redaktionell zu verbessern und fehlende Regelungen zu ergänzen. Als Überarbeitungsintervall der Norm ist ein Zeitraum von ca. fünf Jahren vorgesehen.