

Tech-News 07/03 Fachgebiet: Stahlbeton

Von Dipl.-Ing. Rainer Wulle
Prüfingenieur für Baustatik VPI
und
Dipl.-Ing.(FH) Jochen Kazmaier
Bludenzer Straße 6
70469 Stuttgart

DIN 1045-1 Abschnitt 9.2 Betonstahl und ergänzende Hinweise

1. Einleitung:

Die DIN 1045: 1988, die DIN 4227 und andere technische Baubestimmungen gehen in bestimmten Fällen von einem ausreichenden Verformungsvermögen des Tragwerks aus und stellen somit Anforderungen an die Duktilität des Betonstahls.

Erwähnt seien hier in diesem Zusammenhang:

die 15% - Umlagerung der nach der E-Theorie ermittelten Biegemomente (DIN1045 [1], 15.1.2(3))

die Vernachlässigung von Torsionsmomenten, wo sie für das Gleichgewicht nicht notwendig sind ([1], 15.5(1))

die Wahl der Bügelneigung bei der Schubbemessung zwischen schrägen und lotrechten Bügeln ([1], 18.8.1(2))

die erforderliche Erhöhung der Feldbewehrung in Platten, wenn keine Drillbewehrung an den Ecken eingelegt wird ([1], 20.1.5(2))

stoßartige Beanspruchungen, z.B. Lastfall Gabelstapler, LKW, PKW (DIN 1055 T3, 7.4)

ausreichende Verformungsfähigkeit im Brandfall

ungenauere Bemessungsmodelle wie z.B. deckengleiche Träger

der Abbau von rechnerisch nicht erfassten Zwangsbeanspruchungen

Für Betonstähle nach DIN 488:1984 ist für die obigen genannten Fälle die erforderliche Verformbarkeit bzw. Duktilität in der Regel gegeben, ausgenommen sind Betonstahlmatten, welche zum Teil nicht die Anforderungen der Duktilitätsklasse A erfüllen.

2. DIN 1045-1 Neues Bemessungskonzept

Die neue DIN 1045-1, 2001-07 für die Bemessung und Konstruktion im Stahl- und Spannbetonbau legt in Abschnitt 9.2, Tabelle 11 bemessungsrelevante Eigenschaften bezüglich der Verformungsfähigkeit des Betonstahls neu fest.

Tabelle 1: Auszug aus Tab.11, DIN 1045-1

	1	2	3	4
1	Duktilitätsklasse	BSt 500 S (A) oder M (A) normal (A)	BSt 500 S(B) *) hoch(B)	Quantilwert p in %
2	Streckgrenze f_{yk} in N/mm ²	500	500	5
3	Verhältnis $(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,05$	$\geq 1,08$	10
4	Stahldehnung bei Höchstlast ε_{uk} in 0/00	25	50	10

*) siehe Erläuterungen Abschnitt 4

Der Hauptgrund für die neue Duktilitätsanforderung ist das neue Bemessungskonzept unter Anwendung der DIN 1055-100 [4] mit dem semi-probabilistischen Sicherheitskonzept, das durch den Einsatz nichtlinearer Berechnungsverfahren die gezielte Ausnutzung der plastischen Querschnittsreserven erlaubt.

Ein weiterer Grund liegt in der Gewährleistung eines ausreichenden Sicherheitsniveaus unter Berücksichtigung der eingangs erwähnten Kriterien. Weiterhin wird was die Umlagerung betrifft, eine neue Einteilung festgelegt, die nachfolgend noch erläutert wird (DIN 1045-1, 8.3(3)).

Außerdem soll durch das neue Duktilitätskriterium eine Harmonisierung der Bemessungsregeln für Bauwerke unter Erdbebenbeanspruchung erreicht werden, das voraussichtlich in den Eurocode 8 einfließen wird.

3. Duktilitätsklassen A und B

In der DIN 1045-1 sind zwei Duktilitätsklassen definiert:

- A = normalduktiler Stahl
- B = hochduktiler Stahl

Das Duktilitätsmerkmal ist festgelegt durch das Streckgrenzenverhältnis Zugfestigkeit / Streckgrenze $(f_t / f_y)_k$. Es muss für normalduktiler Stähle 1,05, für hochduktiler Betonstähle 1,08 betragen. Die ausführlichen Eigenschaften der Betonstähle sind in [2] Abschnitt 9.2 unter der bereits erwähnten Tabelle 11 aufgeführt.

Nach Absatz 11.1 sind in Zukunft beim Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit die Betonstahlzugspannung zu begrenzen nach [2] Abschnitt 11.1.3.

Dieser neue Nachweis darf für nicht vorgespannte Bauteile des üblichen Hochbaus im allgemeinen entfallen unter folgenden Voraussetzungen [2], 11.1.1 (2)

- Die Schnittgrößen wurden nach der E-theorie ermittelt und wurden im Grenzzustand der Tragfähigkeit nicht mehr als 15% umgelagert.
- Die bauliche Durchbildung des Bauteils wird nach Abschnitt [2], 13 ausgeführt, insbesondere die Forderung der Mindestbewehrung wird eingehalten.

4. Betonstahlnorm DIN 488: Stabstahl - Betonstahlmatten

Die neu geforderten stofflichen Anforderungen von DIN 1045-1 fehlen in der geltenden Betonstahlnorm DIN 488. Zur Zeit werden durch einen gemeinsamen Ausschuss des Fachnormen-Ausschusses Eisen und Stahl (FES) sowie durch den Normenausschuss Bauwesen (NABau) neue Stoffnormen im Rahmen der DIN 488 erarbeitet, wobei die neuen Anforderungen der DIN 1045-1 berücksichtigt werden.

Für Stabstähle sind diese neuen Anforderungen des Duktilitätsniveaus unproblematisch. Es ist bekannt, dass der Betonstabstahl BSt 500S unabhängig von den drei nach DIN 488 möglichen Herstellarten, also mikrolegiert, wärmebehandelt oder kaltverformt, stets die 10% Quantilwerte bei der Dehnung unter Höchstlast $A_{gt} \geq 5,0\%$ und $(f_t / f_y)_k \geq 1,08$ mühelos erreicht und somit als hochduktiler Stahl nach Klasse B eingeordnet werden kann.

Dieser Sachverhalt lässt sich nicht auf die Betonstahlmatten BSt 500M übertragen. Aufgrund der alten Herstellweise mit den unter hoher Kaltverformung aufgewalzten Rippen kann das angestrebte Duktilitätsniveau nicht erreicht werden. Darum wurde durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) über eine bauaufsichtliche Zulassung (Z- 1.3 –152) die Produktion der Mattenstäbe auf eine neue Tiefrippung umgestellt. Diese neue Profilierung entspricht weitgehend der alten Rippung in Bezug auf Verbundverhalten und Rissesicherung. Die Tiefenrippung ist optisch gut erkennbar und trägt zur Unterscheidung zwischen alten und neuen Lagermatten bei.

Durch das neue Herstellverfahren kann das Duktilitätsniveau normalduktil A erreicht werden. Die bisherigen Lagermatten werden nicht mehr hergestellt. Lagermatten BSt 500M aus Lagerbeständen dürfen bei linear-elastischer Berechnung mit Momentenumlagerung nicht eingebaut werden. Andererseits kann der neue Mattentyp BSt 500M(A) bei Anwendung der DIN 1045 :1988 verwendet werden.

Im Zuge der Einführung der Tiefenrippung wurde das allgemeine Lagermattenprogramm von 18 auf 10 Mattentypen reduziert. Folgende Lagermatten BSt 500M(A) werden geliefert:

R188 A, R257 A, R335 A, R377 A, R513 A und Q188 A, Q257 A, Q335 A, Q377 A, Q513 A

Bei Anwendung der DIN 1045-1 ist deshalb unbedingt die neue Mattenbezeichnung auf den Bewehrungsplänen anzugeben und es wird empfohlen in der Leistungsbeschreibung den Objektplaner auf die neue Mattenbezeichnung aufmerksam zu machen, damit sicher gestellt ist, dass im Leistungsverzeichnis die zutreffende Betonstahlsorte ausgeschrieben wird.

Für Stahlbetonteile nach DIN 1045: 1988 und DIN 1045-1 dürfen nur Stähle nach DIN 488 oder mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung und mit **Übereinstimmungszertifikat (Ü)** verwendet werden. In der Regel bezieht der Rohbauunternehmer den Betonstahl vom Händler oder Biegebetrieb. Diese Lieferanten müssen auf dem Lieferschein bestätigen, dass sie den Betonstahl nur aus Herstellerwerken beziehen, die einer Überwachung nach DIN 488-6 unterliegen. Die leicht erkennbare Tiefenrippung und der Lieferschein sind Bestandteil der Kontrolle durch den Tragwerksplaner auf der Baustelle.

Neben den o.a. Betonstählen werden auch solche mit erhöhtem Korrosionswiderstand nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung eingesetzt, wie z.B. nichtrostende Stähle aus Edelstahl, epoxidharzbeschichtete Stähle oder PVC-beschichtete Betonstahlmatten. Bei Anwendung der DIN 1045 –1 wird empfohlen die Zulassung hinsichtlich der Duktilität (siehe Tabelle 11 der DIN 1045-1) genau zu überprüfen. Viele Zulassungen sind zur Zeit noch nicht auf die neue Normenreihe umgestellt.

Die Betonstähle sind also nach DIN 488 und nach allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen bei Bemessung und Konstruktion nach der neuen DIN 1045-1 in die Duktilitätsklassen A und B einzuordnen. Wird davon abgewichen, sind die Duktilitätswerte zu zertifizieren, siehe [3]

5. Weitere Festlegungen der DIN 1045-1 zum Stichwort Duktilität

In Abschnitt 5.3.2 [2] wird ein duktiles Bauteilverhalten gefordert, was ein Versagen des Bauteils bei Erstrissbildung ohne Vorankündigung ausschließen soll (Duktilitätskriterium). Dies wird bei Stahlbeton erreicht, wenn eine Mindestbewehrung nach 13.1.1 Absatz 1 [2] eingebaut wird (siehe ergänzende Hinweise Abschnitt 7c) und die dort beschriebenen Konstruktionsregeln beachtet werden (siehe besondere Tech-News - Bewehrungsregeln)

Bei der Methode der linear-elastischen Berechnung mit begrenzter Momentenumlagerung unterscheidet die neue DIN mehrere Fälle in Abhängigkeit von der Duktilitätsklasse A oder B. Die pauschale 15%-Umlagerung war bereits in [1] möglich. Der neue Ansatz der DIN 1045-1 findet sich hierzu in Abschnitt 8.3.(3). Es wird darauf hingewiesen, dass bei verschieblichen Rahmen keine Umlagerung zugelassen wird.

Für hochduktilen Stähle und einer Betonklasse bis C 50/60 ist eine Umlagerung bis zu 30% möglich. Für hochfesten Beton (ab C55/67) ist immerhin noch eine maximale Umlagerung von 20% möglich.

Demgegenüber sind bei normalduktilen Stählen Umlagerung bis zu 15% zulässig im Bereich der Betone bis C 50/60. Im hochfesten Bereich hingegen ist keine Umlagerung mehr möglich.

Nachfolgend werden die Festlegungen in [2] Abschnitt 8.3 kurz aufgezeigt:

hochduktiler Stahl (B) - Grenzwerte		normalduktiler Stahl (A) - Grenzwerte	
$\delta \geq 0,64 + 0,8 x_d / d \geq 0,70$	bis C 50/60	$\delta \geq 0,64 + 0,8 x_d / d \geq 0,85$	bis C 50/60
$\delta \geq 0,72 + 0,8 x_d / d \geq 0,8$	ab C 55/67	$\delta = 1,0$ (keine Umlagerung)	Ab C 55/67

Tab 3: Umlagerungsgrenzen in Abhängigkeit der Duktilitätsklasse

Bezeichnungen der Tabelle 3 :

- x_d/d die bezogene Druckzonenhöhe im Grenzzustand der Tragfähigkeit nach Umlagerung
- d statische Nutzhöhe
- x_d Höhe der Druckzone, Index d : Bemessungswert
- δ Umlagerung, das Verhältnis des umgelagerten Moments zum Ausgangsmoment

Für Eckknoten unverschieblicher Rahmen ist die Umlagerung auf $\delta > 0,9$ begrenzt.

Wenn die Werte x_d/d den Wert 0,45 für Betone der Qualität bis C50 / 60 übersteigen, wird i.A. Druckbewehrung im Querschnitt notwendig. Weiterhin verlangt die DIN Maßnahmen zur Sicherstellung einer ausreichenden Duktilität in Form der Umschnürung der Biegedruckzone mit Bügeln [2], 13.1.1(5). Dieser Zusammenhang der Forderung einer ausreichenden

Verformungsfähigkeit in Abhängigkeit der Querschnittsausnutzung(x_d/d) findet sich in Abschnitt 8.2.(3) der DIN 1045-1.

Für Betone ab der Festigkeitsklasse C55/67 wird der Wert von 0,45 auf 0,35 reduziert.

6. Beispiel für ein 25 % umgelagertes Stützenmoment

Gegeben: Stahlbetonplatte $h = 20$ cm, $d = 17,5$ cm, C30/37 XC1, $L_1 = L_2 = 5,0$ m,
Auflager direkt Beton, $b = 30$ cm, $q_d = 7,5$ kN/m², $g_d = 6,5$ kN/m²
Betonstahl BSt 500S(B)

$$M_B = - (1,35 * 6,5 + 1,5 * 7,5) * 25 / 8 = - 62,58 \text{ kNm/m} , \delta = 0,75$$

$$\Delta M = 0,25 (-62,58) = -15,64 \text{ kNm/m}$$

$$M_{B,cal} = -62,58 + 15,64 = -46,94 \text{ kNm/m} \Rightarrow x/d = 0,12$$

$$\delta_{lim} > 0,64 + 0,8 * 0,12 = 0,736 , \delta = 1 - 0,25 = 0,75 > 0,736$$

Hinweis:

Bei einer Momentenumlagerung > 15 % entfallen die Erleichterungen im Abschnitt 11.1.1 (3); d.h. die Spannungsnachweise für die Betondruckspannungen und die Betonstahlspannungen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit sind zu erbringen. Es sind nicht nur aufwändige Spannungsnachweise zu erstellen, sondern es müssen auch noch die Lastfälle der seltenen Einwirkungskombination ermittelt werden. Für den üblichen Hochbau ist es deshalb empfehlenswert ,nur eine Lastumlagerung von höchstens 15 % vorzunehmen. Viele EDV-Programme haben deshalb eine Begrenzung auf 15% eingeführt. Am Rande sei bemerkt, dass die o.a. Stahlbetonplatte nicht mit Betonstahlmatten bewehrt werden kann.

Die Schnittgrößen müssen gemäß DIN 1045-1, 8.3 (1) auch nach der Umlagerung im Gleichgewicht stehen.

Die sonstigen Vereinfachungen nach DIN 1045-1, 7.3.2 wie die Ausrundung des Stützmoments oder bei monolithischer Verbindung von Platte und Auflager die Bemessung am Auflagerrand sind unabhängig vom Rechenverfahren, also auch nach der Momentenumlagerung zusätzlich anwendbar.

7. Ergänzende Hinweise

a) Schweißen von Betonstahl

In der DIN1045-1 Tabelle 12 werden die zulässigen Schweißverfahren und die Anwendungsfälle angegeben.

Betonstähle, die nach DIN 488 hergestellt werden, sind generell schweißbar. Sofern Stähle gemäß allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen produziert werden, ist die Schweißeignung dort geregelt. Es wird empfohlen ,sich auf jeden Fall, vor allem in der Übergangsphase von DIN 1045:1988 zur DIN 1045-1, die neueste Zulassung zu besorgen. Die zugelassenen Betonstähle BSt 500M(A, Tiefenrippung) sind schweißgeeignet.

Die Durchführung der Schweißarbeiten für Betonstahl ist durch DIN 4099-1 geregelt. Tragende und nichttragende Verbindungen werden nicht nach DIN 18 800 rechnerisch bemessen, sondern die DIN 4099-1 regelt in den Bildern 1 – 11 die Dimensionierung der Schweißnähte.

Die zwei nachfolgende Bilder aus der DIN 4099 zeigen den Überlappungsstoß und einen Ankerplattenstoß. Die Schweißnahtlänge und die Schweißnahtdicke sind in Abhängigkeit des Betonstahldurchmessers angegeben.

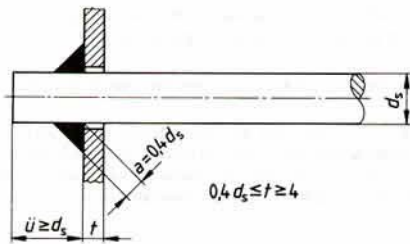
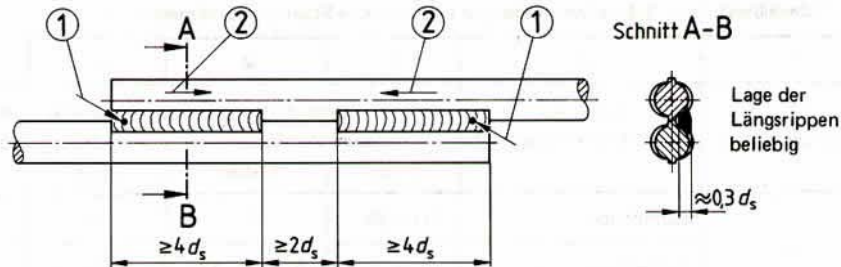


Bild 9. Stirnkehlnaht am durchgeführten Stab

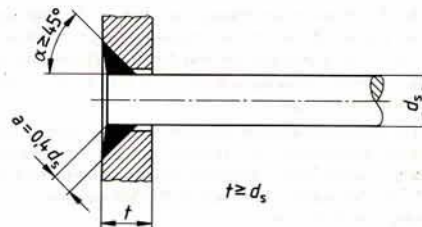
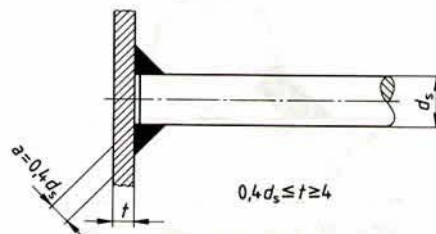


Bild 10. Stirnkehlnaht am versenkten Stab



Die Gütesicherung der Schweißarbeiten ist in der DIN 4099-2 geregelt. Es wird dringend angeraten, auf den Ausführungszeichnungen folgende Hinweise aufzuführen:

- Die Schweißarbeiten dürfen nur von Betrieben ausgeführt werden, die einen Eignungsnachweis nach DIN 4099-2 besitzen.

Ergänzend ist zu beachten:

- Der Schweißbetrieb muss eine Schweißaufsicht (Schweißfachmann) besitzen.
- Die Schweißarbeiten dürfen nur von geprüften Schweißern (EN 287-1, DVS-Richtlinie 1146) vorgenommen werden.

Bei der Bauüberwachung ist dieser Eignungsnachweis anzufordern. In vielen Fällen, vor allem bei Ankerplattenanschlüssen, werden in der Praxis die Schweißarbeiten von Betrieben ausgeführt, die zwar den kleinen oder großen Eignungsnachweis zum Schweißen nach DIN 18800 Teil 7 vorlegen können, aber der Eignungsnachweis nach DIN 4099-2 fehlt. Diese Bauteile dürfen nicht eingebaut werden.

Copyright Landesvereinigung der Prüferingenieure für Baustatik in Baden-Württemberg e.V.

Trotz sorgfältiger Zusammenstellung der Informationen und Texte kann für fehlerhafte Angaben und deren Folgen keine Haftung von der Landesvereinigung und deren Autoren übernommen werden.

b) Mechanische Betonstahl-Verbindungen

Von großer Bedeutung sind mechanische Verbindungen von Betonstählen zur Herstellung von axialen Stöße. Die Anwendbarkeit dieser Verbindungen wird durch bauaufsichtliche Zulassungen geregelt. Auch hier ist der Hinweis auf die neuen Zulassungen im Zuge der DIN 1045-1 für hochduktilen Betonstahl wichtig.

Man unterscheidet folgende Systeme:

- Verbindungen mit Spezialstahl
- Verbindungen ohne Anarbeitung der Betonstähle im Stossbereich
- Verbindungen mit Anarbeitung der Betonstähle im Stossbereich

Unter der Internetadresse www.isb-ev.de Abschnitt Anwendungshilfen kann man insgesamt 13 Arbeitsblätter unter dem Titel : Bewehren von Stahlbeton-Tragwerken nach DIN 1045-1 herunterladen. Im Arbeitsblatt 3 wird unter anderem die Duktilität, im Arbeitsblatt 10 Schweißen von Betonstahl und im Arbeitsblatt 12 Mechanische Verbindungen abgehandelt.

c) Mindestbewehrung zur Sicherstellung eines duktilen Bauteilverhaltens

In der DIN 1045-1 wird zwischen Mindestbewehrung zur Sicherstellung eines duktilen Bauteilverhaltens (Abschnitt 13.1.1) und der Mindestbewehrung für die Begrenzung der Rissbreite (Abschnitt 11.2.2) unterschieden. Für den Abschnitt 11.2.2 wird ein eigene Tech-News vorbereitet.

Die Mindestbewehrung zur Sicherstellung eines duktilen Bauteilverhaltens wird nach folgender Formel ermittelt:

Rissmoment:
$$m_{cr} = f_{ctm} * W$$

W ist das Widerstandsmoment des ungerissenen Querschnitts,
z.B. für Rechteckquerschnitt $W = b * h^2 / 6$
und f_{ctm} nach DIN 1045-1 Tab. 9

$$\min a_s = m_{cr} / (f_{yk} * z)$$

wobei $z = d - x/3$

für die Ermittlung der Druckzonenhöhe x im Zustand II werden die Formeln für die Fälle ohne und mit Druckbewehrung, für Rechteckquerschnitte oder Plattenbalken in [5] Abschnitt D Seite 46 angegeben. Der Zustand II ist von $A_{s,min}$ abhängig und somit kann die genaue Ermittlung von $A_{s,min}$ nur iterativ erfolgen. In [5] Abschnitt E Seite 31ff kann man durch die dort dargestellten Tabellen die Mindestbewehrung einfach und schnell ermitteln.

Diese Mindestbewehrung muss unabhängig von der Zugkraftdeckung von Auflager zu Auflager geführt werden. Dies ist vor allem zu beachten, wenn Stäbe zur Schubkraftdeckung hochgeführt werden, diese Stäbe können dann nicht mehr berücksichtigt werden. Die obere Mindestbewehrung ist in beiden anschließenden Feldern mindestens über eine Länge von einem Viertel der Stützweite einzulegen.

Bei der Ermittlung der Druckzonenhöhe x ist unbedingt zu beachten, dass für den Beton der E-Modul $E_{c,eff}$ einzusetzen ist.

d) Grenzdehnungen und Spannungs – Dehnungslinie für den Betonstahl

In der DIN 1045-1 gelten andere Festlegungen bezüglich der Begrenzung der Dehnung des Betonstahls als in der ENV 1992-1-1 oder in der DIN 1045:1988. Auf der Zugseite sind in der DIN 1045-1 Dehnungen bis zu 25 ‰ zugelassen, nach Eurocode in Verbindung mit der DAfStb – Richtlinie dürfen die Dehnungen 20 ‰ betragen und nach DIN 1045:1988 sind die Stahldehnungen auf 5 ‰ begrenzt. Die Auswirkungen der unterschiedlichen Grenzwerte der Dehnungen auf die Bemessungsergebnisse sind gering. Lediglich im Bereich geringer Beanspruchung sind geringfügige Abweichungen vorhanden, die jedoch im Rahmen einer üblichen Rechengenauigkeit liegen.

Abweichungen im Bemessungsergebnis ergeben sich vor allem aus den unterschiedlichen Sicherheitskonzepten. Die Teilsicherheitsbeiwerte nach DIN 1055-100 bzw. DIN 1045-1 sind für die geringeren Bewehrungsgrade verantwortlich. Für den Fall des auf Biegung ohne Normalkraft beanspruchten Querschnitts mit nur einer veränderlichen Nutzlast erhält man ca. 7% weniger Bewehrung als nach DIN 1045:1988.

Für die Bemessung im Querschnitt sind zwei Spannungs-Dehnungslinien in der DIN 1045-1 vorgegeben. Die Begrenzung der Stahlspannung erfolgt entweder auf $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s$ (horizontaler Ast der σ - ε Linie) oder auf $f_{td,cal} = f_{tk,cal} / \gamma_s$ (geneigter Ast der σ - ε Linie). Die Bemessungstafeln z.B. Schneider-Bautabellen für Ingenieure weisen darauf hin, welche Begrenzung vorgenommen wurde. Für die dimensionsgebundenen Bemessungsverfahren k_d -Verfahren (nach DIN 1045:1988 das sog. k_h -Verfahren) wird aus Vereinfachungsgründen der horizontale Ast der σ - ε Linie genommen. Der Einfluss auf die Bemessungsergebnisse ist gering.

e) physikalische Eigenschaften des Betonstahls

Elastizitätsmodul $E_s = 200\,000\text{ N/mm}^2$

Wärmedehnzahl $\alpha = 10^{-5}$

Diese Werte gelten im Temperaturbereich von -60°C bis $+200^\circ\text{C}$

8. Zusammenfassung

Betonstähle nach der geltenden DIN 488 und den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen werden nach der neuen DIN 1045-1 in die Duktilitätsklassen A und B eingeteilt.

Die Duktilität ist über den Quotienten aus Zugfestigkeit / Streckgrenze (f_t / f_y) definiert. Der Betonstahl kann in die Duktilitätsklasse B (hochduktil) eingeordnet werden, während die Betonstahlmatten mit Tiefrippung in Klasse A eingestuft werden können. Das DIBt hat hierzu eine bauaufsichtliche Zulassung für das neue Herstellverfahren erlassen.

In der neuen DIN 1045-1 wird ein duktiles Bauteilverhalten gefordert (Duktilitätskriterium),

das bei Stahlbeton durch eine Mindestbewehrung und entsprechende Konstruktionsregeln erreicht wird. Die DIN macht hierzu konkrete Angaben. Weiterhin werden Umlagerungsgrenzen bei der linear-elastischen Berechnung aufgezeigt in Abhängigkeit der beiden Duktilitätsklassen.

Die Kosten für den Betonstahl liegen im üblichen Hochbau bei 3 – 5 % der Rohbaukosten. Durch die neuen Normenreihe DIN 1045-1 in Verbindung mit 1055-100 wird eine Stahlersparnis von ca. 7% erreicht. Das bedeutet, dass die Kostenersparnis für den Rohbau bei ca. 0,35 % liegt. Hierin ist jedoch nicht berücksichtigt, dass ein Teil der Bewehrung konstruktiv angeordnet wird und somit der Stahlverbrauch zusätzlich auch anderen Kriterien unterliegt. Hierzu müssen noch Erfahrungswerte in den nächsten Jahren gesammelt werden.

Allg. Literaturhinweise:

- [1] DIN 1045: 07-1988
- [2] DIN 1045-1: 07-2001
- [3] H. Riedinger, Technischer Bericht, Bauingenieur Band 78 Febr. 2003,
- [4] DIN 1055-100: 03-2001 Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln
- [5] Avak und Goris , Stahlbetonbau aktuell, Praxishandbuch 2003,