

1 Einleitung

1.1 Vorbemerkungen

Für Stahlbetonquerschnitte unter einer Beanspruchung aus Biegung und/oder Längskraft ist wegen des nichtlinearen Materialverhaltens des Betons eine Ableitung von Bemessungsgleichungen in der Form, dass die Querschnittsfläche der Bewehrung in Abhängigkeit von der Größe der Einwirkungen, der Baustofffestigkeiten und der Querschnittsgeometrie direkt berechnet werden kann, in der Regel nicht möglich. Um einen iterativen Berechnungsgang zu vermeiden, sind daher bereits mit dem Aufkommen der Stahlbetonbauweise Bemessungshilfsmittel entwickelt worden, die eine schnelle und unkomplizierte Nachweisführung ermöglichen. Die Vielfältigkeit der zu verschiedensten Zeiten entwickelten Bemessungshilfsmittel wird z.B. aus dem Vergleich von [1 – 5] deutlich.

Im vorliegenden Buch werden Hilfsmittel für die Bemessung von Stahlbetonquerschnitten unter Biegung und Längskraft sowie für den rechnerischen Nachweis von Stahlbetondruckgliedern auf der Grundlage von DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1 NA bereitgestellt. Dabei soll nicht verkannt werden, dass, auch auf Grund des immer umfangreicher und komplizierter werdenden Normeninhaltes, rechnerische Nachweise in der Baupraxis inzwischen nahezu ausschließlich mit Hilfe einer geeigneten Software geführt werden. Dennoch besitzen die traditionellen Hilfsmittel für die Nachweisführung, die in Form von Tabellen und Diagrammen zur Verfügung gestellt werden, noch immer ihre Berechtigung. Zum einen müssen die Ergebnisse von Computerberechnungen zumindest überschläglich auf ihre Sinnhaftigkeit geprüft werden. Für diesen Zweck sollten einfache und übersichtliche Ersatzsysteme, die im Rahmen einer Handrechnung, also mit Hilfe von Taschenrechner und Bemessungshilfsmitteln behandelt werden können, bevorzugt werden. Zum anderen muss der Praktiker ebenso wie der Studierende natürlich wissen, welche Algorithmen sich hinter den genutzten Computerprogrammen verbergen, um die in der Regel vorhandenen Grenzen einer Software einschätzen zu können. Dabei sind die Kenntnis und das Verständnis von Bemessungshilfsmitteln von hohem Wert.

Bemessungshilfsmittel werden von den ihnen zu Grunde liegenden Normen beeinflusst. In Tabelle 1-1 wird kurz zusammengefasst, welche Regelungen sich bei den Novellierungen der Betonbaunorm innerhalb der letzten 40 Jahre geändert haben, soweit sie den Inhalt dieses Buches betreffen. Es wird deutlich, dass durch die Einführung von DIN EN 1992-1-1 / DIN EN 1992-1-1 NA lediglich die Interaktionsdiagramme für Stahlbetondruckglieder nach dem Verfahren mit Nennkrümmung sowie alle Bemessungshilfsmittel für hochfesten Beton einer Überarbeitung bedurften. Dennoch ist es sinnvoll, auch die bereits für vorhergehende Normengenerationen entwickelten, aber jetzt weiterhin anwendbaren Bemessungshilfsmittel in dieses Buch aufzunehmen, um die Übersichtlichkeit und Praktikabilität zu wahren. Andererseits sind inhaltliche Beschränkungen unumgänglich; die vollständige Berücksichtigung von hochfestem Beton in Verbindung mit der Vielzahl unterschiedlicher möglicher Kombinationen von Teilsicherheitsbeiwerten würde ansonsten den Umfang des Buches schnell sprengen. Aus dem

Tabelle 1-1 Entwicklung der Betonbaunorm mit den wichtigsten inhaltlichen Änderungen

Norm	Ausgabe	Neue oder veränderte Inhalte
DIN 1045	01.1972	Einführung des Traglastverfahrens
DIN 1045	12.1978	Einführung der Bewehrungsrichtlinien
DIN 1045	07.1988	Neufassung der Nachweise der Rissbreitenbeschränkung und Mindestbewehrung
DIN 1045-1	07.2001	Einführung des Sicherheitskonzeptes mit Teilsicherheitsbeiwerten Zusammenfassen von unbewehrtem Beton, Stahlbeton und Spannbeton innerhalb einer Norm Berücksichtigung von Leichtbeton und hochfestem Beton Schnittgrößenberechnung auf Grundlage der Plastizitätstheorie und nichtlinearer Verfahren Geänderte Nachweiskonzepte für Querkraft, Durchstanzen und Torsion
DIN 1045-1	08.2008	Berücksichtigung der Kriechauswirkungen des Betons im Modellstützenverfahren Einführung der Mindestquerkrafttragfähigkeit von Bauteilen ohne Querkraftbewehrung Geändertes Nachweiskonzept für die Schubkraftübertragung in Fugen Modifizierung des Nachweises gegen Durchstanzen Veränderte Ermüdungseigenschaften von Betonstahl Mindestbewehrung bei dicken Bauteilen
DIN EN 1992-1-1	01.2011	Völlig neu zusammengestellter Normentext Zahlreiche neue oder veränderte Nachweiskonzepte, z.B. Heißbemessung, Durchstanzen, Stabilität von Druckgliedern, Begrenzung der Biegeschlankheit usw. Veränderte Baustoffkennwerte für hochfesten Beton

gleichen Grund konnten auch Leichtbeton und unbewehrter Beton nicht berücksichtigt werden.

In den folgenden Kapiteln 2 bis 6 werden die für die Anwendung und das Verständnis der Bemessungshilfsmittel notwendigen Grundlagen der aktuellen Betonbaunorm DIN EN 1992-1-1 (in diesem Buch kurz mit EC2 bezeichnet) und des zugehörigen nationalen Anhangs DIN EN 1992-1-1 NA (nachfolgend mit EC2 NA bezeichnet) in stark gestraffter Form dargestellt. Erläuterungen zu den Bemessungshilfsmitteln sind in Kapitel 7 enthalten, Anwendungsbeispiele in Kapitel 8. Im Kapitel 9 finden sich Bemessungshilfsmittel für normalfesten Beton C12/15 bis C50/60; in den daran anschließenden Kapiteln die Bemessungshilfsmittel für hochfeste Betone.

Eine Gesamtübersicht zu den abgedruckten Bemessungshilfsmitteln wird auf den Seiten 51 bis 53 gegeben.

1.2 Bezeichnungen

Schnittgrößen, Einwirkungen, Ausmitten

Besondere Aufmerksamkeit ist beim Ansatz von Längskräften N_{Ed} geboten, da diese nach EC2 als Druckkraft mit positivem Vorzeichen in die Berechnungsformeln einzusetzen sind. Gegebenenfalls werden daher im Folgenden entsprechende Hinweise zum Vorzeichen von N_{Ed} gegeben.

F_{cd}	Resultierende der Druckspannung der Betondruckzone
F_{sd}	Resultierende der Druck- oder Zugspannung der Bewehrung
M, m	Biegemoment, bezogenes Biegemoment
M^I	Moment nach Theorie I. Ordnung
M^{II}	Moment nach Theorie II. Ordnung
M_{Ed}	Bemessungswert des einwirkenden Biegemoments
M_{Eds}	Bemessungswert des einwirkenden Biegemoments bezogen auf die Zugbewehrungslage
N, n	Normalkraft, bezogene Normalkraft
N_{Ed}	Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft (Zug oder Druck)
μ_{Ed}	bezogener Bemessungswert des einwirkenden Biegemoments
μ_{Eds}	bezogener Bemessungswert des einwirkenden Biegemoments bezogen auf die Zugbewehrungslage
ν_{Ed}	bezogener Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft (Zug oder Druck)
e_0	planmäßige Lastausmitte
e_{tot}	Gesamtausmitte
e_i	ungewollte Ausmitte
e_1	Summe aus planmäßiger und zusätzlicher Lastausmitte
e_2	zusätzliche Lastausmitte (nach Theorie II. Ordnung)

Teilsicherheitsbeiwerte

γ_C	Teilsicherheitsbeiwert für Beton
γ_S	Teilsicherheitsbeiwert für Betonstahl
γ_G	Teilsicherheitsbeiwert für eine ständige Einwirkung
γ_Q	Teilsicherheitsbeiwert für eine veränderliche Einwirkung

Materialkennwerte

Beton:

f_{ck}	charakteristischer Wert der Zylinderdruckfestigkeit des Betons nach 28 Tagen
$f_{ck,cube}$	charakteristischer Wert der Würfeldruckfestigkeit des Betons nach 28 Tagen
f_{cm}	Mittelwert der Betondruckfestigkeit
f_{cd}	Bemessungswert der Betondruckfestigkeit
f_{ct}	Betonzugfestigkeit
$f_{ctk,0,05}$	charakteristischer Wert des 5%-Quantils der Betonzugfestigkeit
$f_{ctk,0,95}$	charakteristischer Wert des 95%-Quantils der Betonzugfestigkeit
f_{ctm}	Mittelwert der zentrischen Betonzugfestigkeit
$f_{ctm,fl}$	Mittelwert der Biegezugfestigkeit
E_c	Elastizitätsmodul des Betons (Tangentenmodul)
E_{cm}	mittlerer Sekantenmodul

Betonstahl:

f_{yk}	charakteristischer Wert der Streckgrenze
f_{yd}	Bemessungswert der Streckgrenze
f_{tk}	charakteristischer Wert der Zugfestigkeit
$f_{tk,cal}$	charakteristischer Wert der Zugfestigkeit für die Bemessung
E_s	Elastizitätsmodul des Betonstahls

Spannungen, Dehnungen

ε_c	Betondehnung
ε_{cc}	Kriechdehnung des Betons
ε_{cu}	rechnerische Bruchdehnung des Betons
ε_s	Dehnung des Betonstahls
σ_c	Betonspannung
σ_s	Spannung im Betonstahl

Abmessungen/geometrische Größen

b	Querschnittsbreite
b_{eff}	mitwirkende Plattenbreite
b_w	Stegbreite eines Plattenbalkens

d	statische Nutzhöhe
h	Gesamthöhe des Bauteils
h_{ges}	Gesamtdicke des Bauteils
h_f	Gurtplattendicke
l_{eff}	Stützweite
l_n	lichte Stützweite
l_0	Ersatzlänge bei Druckgliedern
r	Radius
$1/r$	Krümmung
x	Druckzonenhöhe ($x = \xi \cdot d$)
z	Hebelarm der inneren Kräfte ($z = \zeta \cdot d$)
z_s	Abstand der Zug- oder Druckbewehrung vom Querschnittsschwerpunkt
λ	Schlankheit von Druckgliedern

Querschnittswerte

A	Querschnittsfläche
A_c	Betonquerschnittsfläche
A_i	ideelle Querschnittsfläche
W	Widerstandsmoment
I	Flächenmoment 2. Grades
i	Trägheitsradius

Bewehrungsgrößen

A_s, a_s	Querschnittsfläche der Längsbewehrung
\emptyset	Stabdurchmesser
s	Stababstand der Längsbewehrungsstäbe
s_{max}	maximal zulässiger Stababstand
a_{min}	Mindestabstand gleichlaufender Bewehrungsstäbe
ω	mechanischer Bewehrungsgrad

Bewehrungskonstruktion

c_{min}	Mindestbetondeckung
c_{nom}	Nennmaß der Betondeckung

- c_{dev} Vorhaltemaß
- c_v Verlegemaß der Betondeckung

Abkürzungen

- GZG Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit
- GZT Grenzzustände der Tragfähigkeit
- EC0 DIN EN 1990
- EC2 DIN EN 1992-1-1
- EC2 NA DIN EN 1992-1-1 NA

Die maßgebenden Bezeichnung nach DIN EN 1992-1-1 / DIN EN 1992-1-1 NA, welche für die Bemessung von Stahlbetonquerschnitten verwendet werden, sind in den Bildern 1-1 und 1-2 dargestellt.

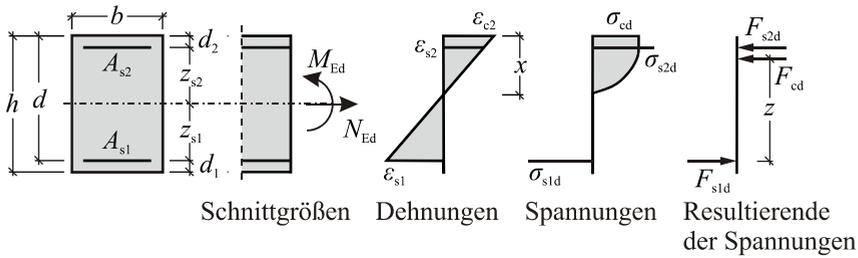


Bild 1-1 Bezeichnungen am Rechteckquerschnitt

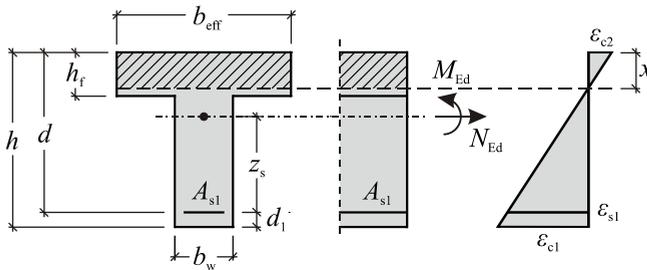


Bild 1-2 Bezeichnungen am Plattenbalkenquerschnitt