

**Cevdet Kayali**

Berechnung und Bemessung eines mehrgeschossigen Wohnhauses nach DIN 1045-1 (07/2001) und Gegenüberstellung der Ergebnisse mit Berechnungen nach DIN 1045 (07/1988)

**Diplomarbeit**

# BEI GRIN MACHT SICH IHR WISSEN BEZAHLT



- Wir veröffentlichen Ihre Hausarbeit, Bachelor- und Masterarbeit
- Ihr eigenes eBook und Buch - weltweit in allen wichtigen Shops
- Verdienen Sie an jedem Verkauf

Jetzt bei [www.GRIN.com](http://www.GRIN.com) hochladen  
und kostenlos publizieren



UNIVERSITÄT

**D U I S B U R G**  
**E S S E N**

Fachbereich Bauwissenschaften . Institut für Massivbau

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martina Schnellenbach-Held

# Diplomarbeit

## Diplomarbeit

Studiengang: Bauingenieurwesen, Massivbau

Berechnung und Bemessung  
eines mehrgeschossigen Wohnhauses  
nach DIN 1045-1 (07.01) und  
Gegenüberstellung der Ergebnisse  
mit Berechnungen nach  
DIN 1045 (07.88)

Diplomarbeit-Bearbeiter **Cevdet Kayali**

Matrikulationsnummer **1069591**

Diplomarbeit-Betreuung **Dipl. Ing. S. Dewald**

Diplomarbeit-Abgabe **15.03.2005**

# Inhaltsverzeichnis

## TEIL I

### Bauobjektansicht

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Allgemeines	1
1.2	Wichtige Änderungen in der DIN 1045-1	2
<b>2</b>	<b>Erläuterungen zum Tragsystem und Hinweise für die Benutzung</b>	<b>3</b>
2.1	Tragsystem	3
2.2	Hinweise für die Benutzung	3
<b>3</b>	<b>Gegenüberstellung der Änderungen bei den verwendeten Berechnungsvorschriften</b>	<b>4</b>
3.1	Begriffe und Formelzeichen	4
3.2	Baustoffe	8
3.2.1	Beton	8
3.2.2	Betonstahl	10
3.3	Sicherstellung der Dauerhaftigkeit	12
3.4	Das neue Sicherheitskonzept	16
3.5	Schnittgrößenermittlung	22
3.6	Querkraftnachweis/Schubnachweis	23
3.6.1	Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung	24
3.6.2	Bauteile mit rechnerisch erforderlicher Querkraftbewehrung	25
3.7	Stützenberechnung	27
<b>4</b>	<b>Berechnung und Bemessung aller Positionen entsprechend der Positionspläne</b>	<b>32</b>
4.1	Erläuterungen und Hinweise	32
4.2	Berechnungen aller Tragelemente	33
Pos. 41	Stahlbetonsturz/Dachgaube	33
Pos. 42 bis Pos. 46		37
Pos. 47	Stahlstütze	38
Pos. 48	Fenstersturz	38
Pos. 49 bis Pos. 51	Fenstersturz/Giebelsturz	39
Pos. 52	Decke über dem DG	40
Pos. 53	Überzug (Decke DG)	45
Pos. 54	Überzug (Decke DG)	46

Pos. 55 Stahlstütze	48
Pos. 56 bis Pos. 70 Mauerwerksnachweise	48
Pos. 71 Treppenlauf	49
Pos. 72 Decke über dem OG	51
Pos. 72-1 DGL-Unterzug	52
Pos. 72-2 bis Pos. 72-4	52
Pos. 72-5 bis Pos. 72-9	52
Pos. 73 Zwischenpodest	53
Pos. 74 Unterzug	53
Pos. 75 Stahlbetonüberzug	54
Pos. 76 Stahlbetonüberzug	55
Pos. 77 Stahlbetonüberzug	55
Pos. 78 Stahlbetonüberzug	55
Pos. 79 Stahlbetonstütze	56
Pos. 80 Stahlstütze	58
Pos. 81 Stahlbetonstütze	58
Pos. 82 Stahlbetonstütze	58
Pos. 83 UZ-Rähm (Bereich Treppenhaus)	59
Pos. 84 UZ-Rähm	59
Pos. 85 bis Pos. 100	59
Pos. 101 Treppenlauf	59
Pos. 102 Decke über dem EG	60
Pos. 102-1 bis 102-8	61
Pos. 102-9 DGL-Unterzug	61
Pos. 102-10 Eckstütze (Bereich Balkon)	62
Pos. 103 Randunterzug	62
Pos. 105 Stahlbetonstütze	63
Pos. 106 Stahlbetonstütze	64
Pos. 107 Stahlbetonstütze	64
Pos. 108 bis Pos. 120	64
Pos. 121 Treppenlauf	65
Pos. 122 Treppenlauf	65
Pos. 123 Treppenlauf	66
Pos. 124 Decke über dem EG	67
Pos. 125 Stahlbetonunterzug	68
Pos. 126 Stahlbetonunterzug	69

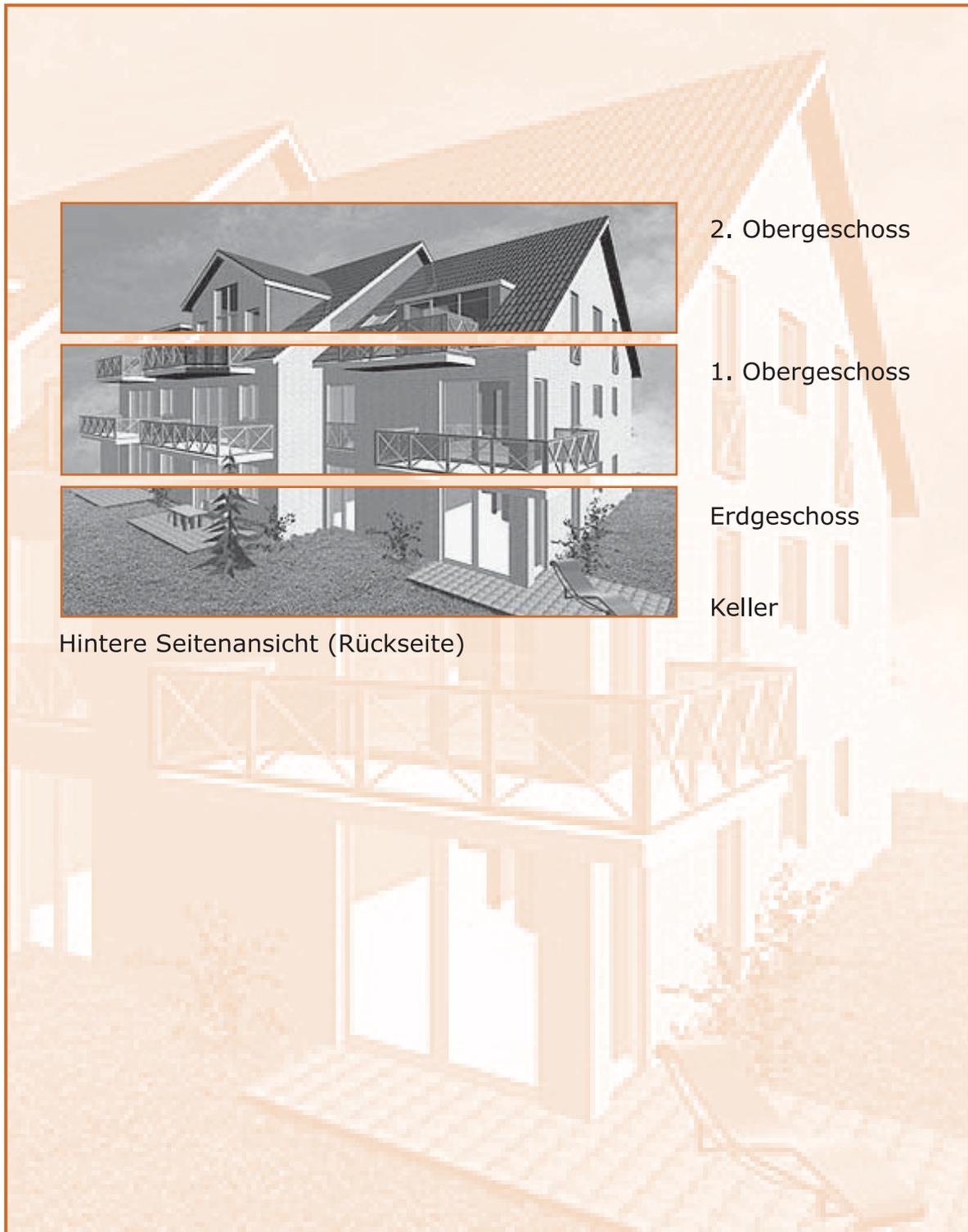
Pos. 127	Stahlbetonstütze	70
Pos. 128	Stahlbetonunterzug/-Überzug	70
Pos. 129	Stahlbetonstütze	71
Pos. 130	Stahlbetonstütze	71
Pos. 131	Stahlbetonunterzug	72
Pos. 132	Stahlbetonunterzug	73
Pos. 133	Kelleraußenwand	73
Pos. 134 bis Pos. 150		76
Pos. 151	Bodenplatte	80
<b>5</b>	<b>Schlusswort</b>	<b>79</b>
	<b>Anlagen I</b>	<b>82</b>
	Schalpläne/Positionspläne	83
	Bewehrungspläne	90
	<b>Gleichungenverzeichnis</b>	<b>95</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>96</b>
<b>TEIL II</b>		
	<b>Anlagen II (separater Ordner)</b>	<b>97</b>
	EDV-Ausdrucke und Zulagen	

# TEIL I

## Bauobjektansicht

### Mehrfamilienhaus

Eppinkstraße Haus-Nr. 89 in 46539 Dinslaken, I. Bauabschnitt



# 1 Einleitung



## 1.1 Allgemeines

Im Sommer 2001 wurde die neue DIN 1045-1 [Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 1: Bemessung und Konstruktion] bauaufsichtlich eingeführt und ist seitdem in Koexistenz mit der alten Norm DIN 1045 [2] gültig. Nach der Übergangsfrist Ende 2004 gilt dann nur noch die neue Norm und die alte Norm ist endgültig abgelöst.

Die neue DIN 1045-1 [1] bringt eine Reihe von grundlegenden Änderungen mit sich. Für den in der Praxis tätigen Ingenieur bedeutet dies, dass die Auseinandersetzung mit dem Thema unabdingbar ist.

Das Thema dieser Diplomarbeit ist es, die beiden Normen miteinander zu vergleichen. Dies soll zwischen den Berechnungsvorschriften sowohl in konstruktiver als auch in wirtschaftlicher Hinsicht erfolgen. Der Vergleich erfolgt daher nicht wie weit verbreitet über einzelne Beispielaufgaben, sondern über ein gesamtes Bauwerk, das bereits nach alter Norm berechnet und bemessen wurde. Dies bringt neben dem Aufzeigen der Änderungen (einzelne Beispielaufgaben) auch den Vorteil Aussagen über wirtschaftliche Auswirkungen machen zu können. Dazu wurde das Bauwerk nach der neuen DIN 1045-1 (07.01) komplett neu berechnet und bemessen. Als Berechnungsgrundlage diente das vom Ingenieurbüro „Tragwerksplanung Uwe Voigt“ nach alter Norm errechnete Mehrfamilienhaus auf der Eppinkstr. 89 in 46539 Dinslaken. Von der Richtigkeit der gelieferten Berechnungen und Bemessungen wird ausgegangen und somit nicht überprüft.

Im ersten Abschnitt erfolgt die Gegenüberstellung der wesentlichen Änderungen in der Theorie. Die wichtigsten Änderungen vorab miteinander zu vergleichen bringt den Vorteil, dass das Verständnis der Gegenüberstellung im praktischen Teil erleichtert wird.

Im Hauptteil (zweiten Abschnitt) werden dann einzelne Tragelemente des mehrgeschossigen Wohnhauses konstruiert und bemessen. Hier erfolgt die Bemessung der Tragelemente nach der neuen Norm DIN 1045-1, wobei die Ergebnisse der alten DIN 1045 an den maßgebenden Stellen zum direkten Vergleich mit angegeben werden. Somit wird erreicht, dass für den Leser eine

überschaubare Gegenüberstellung entsteht und durch die Dokumentationen (Auszüge aus der Norm) zusätzlich das Verständnis erleichtert wird. Im dritten Teil erfolgt eine abschließende Beurteilung mit Zusammenfassung der Ergebnisse bezüglich aus der theoretisch erwarteten und praktisch erreichten Einsparungen. 

Als Anhang werden dann im Einzelnen noch die

- Schalpläne
- Positionspläne
- Bewehrungspläne
- Stahllisten und Schneideskizzen
- EDV-Ausdrucke und Zulagen

der wichtigsten Tragelemente hinzugefügt.

## **1.2 Wichtige Änderungen in der DIN 1045-1**

- Stahlbeton und Spannbeton werden nun gemeinsam in der neuen Norm geregelt
- Hochfeste sowie Leichtbetone sind in der neuen Norm geregelt
- Viele Bezeichnungen haben sich geändert
- Die Begrenzung der Stahldehnung erhöht von 5 ‰ auf 25 ‰
- Neues Sicherheitskonzept mit Teilsicherheitsfaktoren
- Schubnachweis (Neu: Querkraftnachweis) erfolgt im Gegensatz zur alten Norm völlig anders
- Es sind neue Verbundbereiche mit neuen Verankerungs- und Stoßlängen definiert
- Neue Betonfestigkeitsklassen
- Neue Betondeckungen

## **2 Erläuterungen zum Tragsystem und Hinweise für die Benutzung**



### **2.1 Tragsystem**

Zu Bemessen ist ein unterkellertes Wohngebäude mit 8 Wohneinheiten, das als Gebäude mittlerer Höhe eingestuft wird. Das Gebäude besteht aus Keller, Erd- und Obergeschoss sowie einem ausgebauten Dachgeschoss (mit Gauben). Die Dachkonstruktion besteht aus einem 35° geneigten Pfettendach und ist mit Dachpfannen eingedeckt.

Die Kelleraußenwände und die Deckenplatten sind mit Filigranelementen erstellt worden. Die restlichen Bauteile wurden in Ortbeton hergestellt. Die Deckenplatten über Kellergeschoss und Dachgeschoss haben eine Stärke von  $h = 18$  cm. Die restlichen Deckenplatten sind bereichsweise unterschiedlicher Stärke ( $h = 18$  cm oder 25 cm).

Wegen der Grundwassersituation ist die Ausführung der Kelleraußenwände sowie der Bodenplatte aus WU-Beton als „Weiße Wanne“ erfolgt. Die Stärke der Bodenplatte und der Kelleraußenwände beträgt 30 cm. Die tragenden Innen- und Außenwände sind aus Kalksandsteinen mit KS12/II-1.6 und die tragenden Wohnungstrennwände aus KS12/II-2.0.

Es ist mit hoher Wahrscheinlichkeit kein chemischer Angriff auf Stahlbeton zu erwarten.

### **2.2 Hinweise für die Benutzung**

Die Bearbeitung dieser Diplomarbeit erfolgte in zwei Teilen, die sich folgendermaßen aufteilen:

Das zur Hand liegende Heft, ist das erste Teil und beinhaltet die einzelnen zu bearbeitenden Themen der Diplomarbeit. Die Ergebnisse dieser Arbeit beruhen jedoch auf den programmunterstützten Berechnungen der Tragelemente, die als EDV-Ausdrucke in einem zweiten Teil zusammengefasst sind. Dieses beinhaltet zusätzlich zu den Ergebnissen auch noch Zulagen bezüglich der Ermittlung der Einwirkungen sowie weitere Angaben.

### 3 Gegenüberstellung der Änderungen bei den verwendeten Berechnungsvorschriften

K3

#### 3.1 Begriffe und Formelzeichen

Die in der neuen DIN 1045-1 verwendeten Begriffe und Formelzeichen lehnen sich an die Bezeichnungsweise von EC2 an, die überwiegend aus der englischen Sprache kommen. Die wohl wichtigsten Änderungen bezüglich der Begriffe und Formelzeichen [11] sind die, die genau entgegengesetzt sind, wie z.B. die Bezeichnungen der Bauteilhöhe und der Nutzhöhe, sowie die Bezeichnungen der Zug- und Druckbewehrung. Die Querkraft wird nun mit V bezeichnet, die Verkehrslast mit Q, die Vorspannung mit P und Beton mit C!

**Tabelle 3-1** Lateinische Großbuchstaben

Lateinische Großbuchstaben		
DIN 1045-1	DIN 1045-alt	Beschreibung
A	A	Fläche
F	F	Kraft
Fc	Db	Betondruckkraft
Fs	Zs	Stahlzugkraft
G	G	Ständige Einwirkungen
M	M	Biegemoment
N	N	Längskraft
P	V	Vorspannkraft
Q	P	Veränderliche Einwirkung
R	-	Widerstand, Tragfähigkeit
S	S	Schnittgröße
V	Q	Querkraft
X	-	Wert der Materialeigenschaft

**Tabelle 3-2** Lateinische Kleinbuchstaben

Lateinische Kleinbuchstaben		
DIN 1045-1	DIN 1045-alt	Beschreibung
a	a	Abmessung
al	v	Versatzmaß
b	b	Breite
b <sub>eff</sub>	b <sub>w</sub>	mitwirkende Plattenbreite eines Plattenbalkens
c	c	Betondeckung
d	h	Nutzhöhe
f	β	Festigkeit des Materials
f <sub>bd</sub>	τ <sub>l</sub> · g	Verbundfestigkeit
f <sub>ck</sub>	β <sub>c</sub>	Zylinderdruckfestigkeit
f <sub>cm</sub>	-	mittlere Betonfestigkeit
f <sub>ct</sub>	β <sub>z</sub>	Betonzugfestigkeit
f <sub>yd</sub>	-	Bemessungswert der Streckgrenze des Betonstahls
f <sub>yk</sub>	β <sub>s</sub>	Streckgrenze des Betonstahls
g	g	verteilte ständige Last
h	d	Gesamthöhe
l	l	Stützweite
l <sub>b</sub>	l <sub>o</sub>	Grundmaß der Verankerungslänge
q	p	verteilte Verkehrslast
s	s	Bügelabstand
t	t	Zeit
v	T	Schubfluß
w	w	Rißbreite

K3

x	x	Höhe der Betondruckzone
z	z	Hebelarm der inneren Kräfte

K3

**Tabelle 3-3** Griechische Großbuchstaben

Griechische Großbuchstaben		
DIN 1045-1	DIN 1045-alt	Beschreibung
$\Delta h$	-	Vorhaltemaß
$\emptyset$	$d_s$	Durchmesser des Bewehrungsstabes
$\theta$	-	Neigungswinkel der Betondruckstreben

**Tabelle 3-4** Griechische Kleinbuchstaben

Griechische Kleinbuchstaben		
DIN 1045-1	DIN 1045-alt	Beschreibung
$\alpha$	$\beta$	Neigungswinkel der Bügel
$\alpha$	-	Beiwert; Verhältnis zwischen Dauerstand- und Kurzzeitfestigkeit
$\gamma$	$\gamma$	Sicherheitsbeiwert
$\varepsilon$	$\varepsilon$	Dehnung
$\varepsilon_c$	$\varepsilon_k$	Kriechdehnung
$\varepsilon_s$	$\varepsilon_s$	Schwinddehnung
$\mu$	$m$	bezogenes Biegemoment
$\mu$	-	Reibungsbeiwert
$\nu$	$n$	bezogene Längskraft
$\nu$	-	Wirksamkeitsfaktor (Abminderung der Betonfestigkeit in Druckstreben)
$\nu$	$\nu$	Querdehnzahl
$\rho$	$\mu$	geometrischer Bewehrungsgrad

$\psi$	-	Kombinationsfaktor
$\sigma$	$\sigma$	Längsspannung
$\sigma_{cp}$	-	mittlere Betonspannung infolge Längskraft
$\tau$	$\tau$	Schubspannung
$\tau_{Rd}$	-	Rechenwert der Bemessungsschubfestigkeit
$\omega$	$\omega$	mechanischer Bewehrungsgrad

K3

**Tabelle 3-5** Fußzeichen

<b>Fußzeichen</b>		
<b>DIN 1045-1</b>	<b>DIN 1045-alt</b>	<b>Beschreibung</b>
c	b	Beton
c	d	Druck
d	-	Bemessungswert (Rechen-)
eff	eff	wirksam
F	-	Einwirkung, Kraft
f	-	Flansch
g, G	g, G	ständig
ind	ind	mittelbar
j	-	Verbundfuge
k	-	charakteristischer Wert
M	-	Material-
nom	nom	Nenn-
p	v	Vorspannung
q, Q	p, P	Verkehrslast

s	s	Betonstahl
S	-	Schnittgröße
t	t	Zeit
t	Z	Zug
u	u	Bruchzustand
v	q	Querkraft
w	-	Steg
y	s	Streckgrenze

K3

## 3.2 Baustoffe

### 3.2.1 Beton

In DIN 1045-1 werden Normalbeton, Leichtbeton und hochfeste Betone zusammen geregelt ([6], S. 7f). Dabei werden Normalbeton und hochfestes Beton mit dem Buchstaben „C“ (concrete) und Leichtbeton mit den Buchstaben „LC“ (light concrete) bezeichnet. Es folgen dann zwei Zahlen, wobei die erste Zahl die Zylinderdruckfestigkeit und die zweite Zahl die Würfeldruckfestigkeit – beide in  $\text{N/mm}^2$  – angibt. Die maßgebende Zahl für die Bemessung ist die erste Zahl, die man charakteristische Festigkeit  $f_{ck}$  des Betons nennt.

#### Beispiel: Betonbezeichnung

Die Bezeichnung C20/25 gibt im Einzelnen an:

- C (Concrete) für Normalbeton
- 20  $\text{N/mm}^2$  Zylinderdruckfestigkeit gleichzeitig die charakteristische Festigkeit dieses Betons
- 25  $\text{N/mm}^2$  Würfeldruckfestigkeit

Die Würfeldruckfestigkeiten werden an Würfeln mit der Kantenlänge 15 cm, die Zylinderdruckfestigkeiten an Zylindern mit 15 cm Durchmesser und 30 cm Höhe ermittelt. Die erhärteten Proben werden bis zur Prüfung unter Wasser gelagert, wobei der gesamte Prüfvorgang insgesamt 28 Tage dauert. Nach der alten DIN 1045 wurden die Proben nach einem Tag in der Form, sechs Tage im Wasser und anschließend 21 Tage luftgelagert.

Für eine Umrechnung von alten Betonklassen auf die neuen Betonklassen kann man vereinfachend folgende Formel benutzen:

$$0,77 \cdot \beta_{WN} = f_{ck} \quad (\text{für } \beta_{WN} \leq 15 \text{ N/mm}^2) \quad (\text{Gl. 3-1})$$

$$0,82 \cdot \beta_{WN} = f_{ck} \quad (\text{für } \beta_{WN} > 15 \text{ N/mm}^2)$$



**vereinfacht auch**

$0,8 \cdot b_{WN} = f_{ck}$

**Beispiel: Umrechnung der Festigkeitsklassen**

Ein B25 (alte Norm) ergibt demnach:

$$25 \cdot 0,77 = 19,25 \approx 20$$

=> **C20/25** (neue Norm)

Insgesamt werden in der DIN 1045-1 26 Betone geregelt, wobei 15 davon Normalbetone und hochfeste Betone sind und der Rest Leichtbetone. Nach einer Mitteilung des Instituts für Bautechnik kann man die neuen Betonklassen folgenderweise an die alten Betonklassen zuordnen:

**Tabelle 3-6** Normalbetone

Normalbetone						
B5	B10	B15	B25	B35	B45	B55
C8/10	C8/10	C12/15	C20/25	C30/37	C35/45	C45/55

**Tabelle 3-7** Hochfeste Betone

Hochfeste Betone					
B65	B75	B85	B95	B105	B115
C55/67	C60/75	C70/85	C80/95	C90/105	C100/115

**Tabelle 3-8** Leichtbetone

Leichtbetone						
LB8	LB10	LB15	LB25	LB35	LB45	LB55
LC8/9	LC12/13	LC16/18	LC25/28	LC35/38	LC45/50	LC50/55

Das bekannte Parabel-Rechteck-Diagramm wird in der neuen Norm für die ersten neun Betonfestigkeitsklassen verwendet. Dies betrifft die Klassen C12 bis C50, wobei in der alten Norm dasselbe Diagramm für B5 bis B55 also insgesamt für 7 Klassen galt. Für höhere Festigkeitsklassen als C50 ändert sich die Form des Diagramms insofern, daß der Rechteckanteil geringer wird. Den Bemessungswert  $f_{cd}$ , der für die Bemessungen und Berechnungen maßgebend ist, erhält man, indem man den charakteristischen Festigkeitswert  $f_{ck}$  mit dem Abminderungsfaktor  $\alpha$  multipliziert und durch den Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_c$  dividiert.

Der  $\alpha$ -Wert ist gewöhnlich 0,85 ( $\leq 1$  bei Kurzzeitbelastungen) und berücksichtigt die Langzeiteinwirkung auf die Druckfestigkeit. Der Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_c$  ist je nach Bemessungssituation unterschiedlich:

- ständige oder vorübergehende Bemessungssit.  $\gamma_c = 1,50$
- außergewöhnliche Bemessungssit.  $\gamma_c = 1,30$

### **Beispiel: Bemessungswerte der Betonfestigkeit**

Die Ermittlung des Bemessungswertes der Betonfestigkeit  $f_{cd}$  für z.B. die Festigkeitsklasse C25/30 und für verschiedene Bemessungssituationen sieht wie folgt aus:

- außergewöhnliche Bemessungssituation  $f_{cd} = 0,85 \cdot \frac{25}{1,3} = 16,35 \text{ N/mm}^2$
- ständige u. vorübergehende Bemessungssituation  $f_{cd} = 0,85 \cdot \frac{25}{1,5} = 14,17 \text{ N/mm}^2$

### **3.2.2 Betonstahl**

Für Betonstahl BSt 500 (schweißgeeignet und gerippt) gilt die charakteristische Streckgrenze von  $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$  und als Elastizitätsmodul von  $E_s = 200.000 \text{ N/mm}^2$  im elastischen Bereich. Dieser charakteristische Wert dividiert durch den Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_s$  liefert den Bemessungswert  $f_{yd}$ , der in den Berechnungen benötigt wird. Je nach Bemessungssituation sind auch hier für  $\gamma_s$  unterschiedliche Beiwerte maßgebend:

- für ständige und vorübergehende Bemessungssit.  $\gamma_s = 1,15$
- für außergewöhnliche Bemessungssit.  $\gamma_s = 1,00$

Setzt man die aus den verschiedenen Bemessungssituationen die unterschiedlichen Teilsicherheitsbeiwerte in Verhältnis, bekommt man den Wert 1,15 (0,87). Dieses Verhältnis herrscht ebenso auch bei Beton zwischen den Bemessungssituationen. Das bringt den Vorteil, dass bei einer Stahlbetonbemessung eine einfache Umrechnung zwischen den Bemessungssituationen mit dem Faktor 1,15 erfolgen kann ([6], S. 10f).

K3

Für einen Betonstahl BSt 500 z.B. und für die ständige Bemessungssituation ergibt sich folgender Bemessungswert:

**Bemessungswert**

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15}$$

$$= 435 \text{ N/mm}^2$$

(Gl. 3-2)

**zugehörige Stahldehnung**

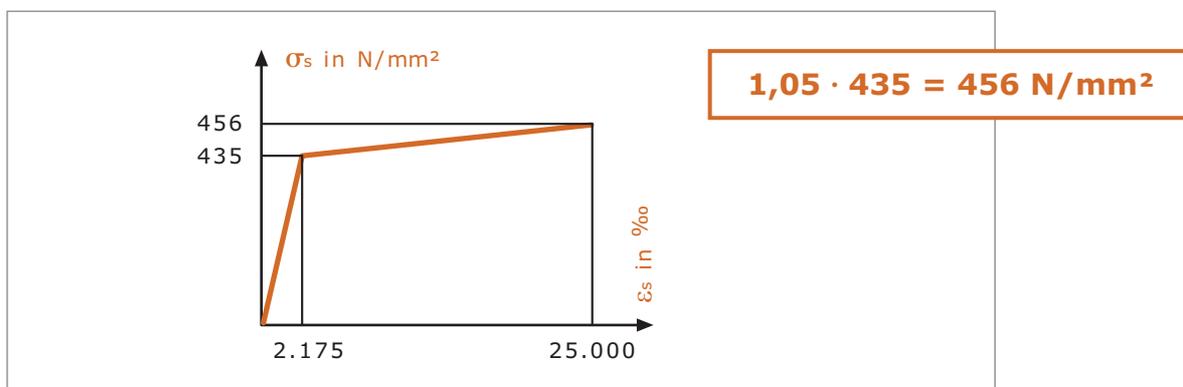
$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{435}{200.000}$$

$$= 2,175 \text{ ‰}$$

(Gl. 3-3)

Nach dem neuen Normenwerk darf nun die Betonstahldehnung bis 25 ‰ ausgenutzt werden (bisher: 5 ‰). Setzt man diese neue Stahldehnungsgrenze als linear ansteigend an, erhält man den unten dargestellten Verlauf. Die Ausnutzung dieses Astes ist zulässig jedoch nicht zwingend notwendig. Es darf auch weiterhin mit dem nicht ansteigenden Verlauf gerechnet werden.

**Bild 3-1** Betonstahl-Stoffgesetz für die Bemessung im Grenzzustand der Tragfähigkeit; BSt 500



Als neues Unterscheidungsmerkmal kommt die Duktilität (Verformbarkeit) des Stahls hinzu. Es wird zwischen einer normalen Duktilität (A) und einer hohen Duktilität (B) unterschieden. Bei Anwendung hoher Duktilität besteht eine größere Umlagerungsmöglichkeit der Schnittgößen, was auf gutes plastisches Verhalten oberhalb der Fließgrenze zurückzuführen ist.

**K3**

### 3.3 Sicherstellung der Dauerhaftigkeit

Auch in der alten Norm wurde die Mindestbetondeckung in Abhängigkeit von den Umweltbedingungen und dem Stabdurchmesser ermittelt, wie es in dem neuen Normenwerk nun gilt. Jedoch wurden Expositionsklassen eingeführt, die die Umweltbedingungen weiter unterteilt und genauer beschreibt. Mindestbetonfestigkeiten sind einerseits nach Bewehrungskorrosion und andererseits nach Betonangriff für die jeweilige Umweltbedingung zu ermitteln. Für ein Stahlbetonbauteil können somit zwei Expositionsklassen und damit auch zwei Festigkeitsklassen ergeben. Die höchste sich ergebende Mindestbetonklasse ist dann maßgebend.

**Tabelle 3-9** Expositionsklassen, aus ([1], S. 26f)

<b>Expositionsklassen</b>			
<b>Klassen</b>	<b>Beschreibung der Umgebung</b>	<b>Beisp. für die Zuordnung von Expositionsklassen</b>	<b>Mindestbetonfestigkeitsklasse</b>
<b>kein Korrosions- oder Angriffsrisiko</b>			
<b>X0</b>	kein Angriffsrisiko	Bauteil ohne Bewehrung in nicht betonangreifender Umgebung, z.B. Innenbauteile ohne Bewehrung	<b>C12/15 LC12/13</b>
<b>Korrosion, ausgelöst durch Karbonatisierung</b>			
<b>XC1</b>	trocken oder ständig nass	Beton in Gebäuden mit normaler Luftfeuchtigkeit. Beton, der ständig unter Wasser ist.	<b>C16/20 LC16/18</b>
<b>XC2</b>	nass, selten trocken	Langzeitig wasserbenetzte Oberflächen; Gründungsbauteile	<b>C16/20 LC16/18</b>
<b>XC3</b>	mäßige Feuchte	Beton in Gebäuden mit mäßiger oder hoher Luftfeuchtigkeit; vor Regen geschützter Beton im Freien	<b>C20/25 LC20/22</b>
<b>XC4</b>	wechselnd nass und trocken	Wasserbenetzte Oberflächen, die nicht der Klasse XC2 zuzuordnen sind	<b>C25/30 LC25/28</b>

### Korrosion, ausgelöst durch Chloride, ausgenommen Meerwasser

<b>XD1</b>	mäßige Feuchte	Betonoberflächen, die chloridhaltigen Sprühnebeln ausgesetzt sind	<b>C30/37 c</b> <b>LC30/33</b>
<b>XD2</b>	nass, selten trocken	Schwimmbäder; Beton, der chloridhaltigen Industrieabwässern ausgesetzt ist	<b>C35/45 c</b> <b>LC35/38</b>
<b>XD3</b>	wechselnd nass und trocken	Teile von Brücken, die chloridhaltigen Spritzwassern ausgesetzt sind, Parkdecks; Fahrbahndecken	<b>C35/45 c</b> <b>LC35/38</b>

### Korrosion, ausgelöst durch Chloride aus Meerwasser

<b>XS1</b>	salzhaltige Luft, kein direkter Kontakt mit Wasser	Außenbauteile im Küstenbereich	<b>C30/37 c</b> <b>LC30/33</b>
<b>XS2</b>	im Wasser	Bauteile, die ständig im/unter Wasser liegen	<b>C35/45 c</b> <b>LC35/38</b>
<b>XS3</b>	Tidebereiche, Spritzwasser- und Sprühnebelbereiche	Kaimauern in Hafenanlagen	<b>C35/45 c</b> <b>LC35/38</b>

### Frostangriff mit und ohne Taumittel

<b>XF1</b>	mäßige Wassersättigung, ohne Taumittel	Senkrechte Betonoberflächen, die Regen und Frost ausgesetzt sind	<b>C25/30</b> <b>LC25/28</b>
<b>XF2</b>	mäßige Wassersättigung, mit Taumittel	Senkrechte Betonoberflächen von Strassenbauwerken, die taumittelhaltigen Sprühnebeln ausgesetzt sind	<b>C25/30</b> <b>LC25/28</b>
<b>XF3</b>	hohe Wassersättigung, ohne Taumittel	Waagrechte Betonoberflächen, die Regen und Frost ausgesetzt sind	<b>C25/30</b> <b>LC25/28</b>
<b>XF4</b>	hohe Wassersättigung, mit Taumittel oder Meerwasser	Straßendecken und Brückenplatten, die Taumitteln ausgesetzt sind; senkrechte Betonoberflächen die taumittelhaltigen Sprühnebeln und Frost ausgesetzt sind	<b>C30/37</b> <b>LC30/33</b>

### Chemischer Angriff der Umgebung

<b>XA1</b>	chemisch schwach angreifende Umgebung	Kläranlagenbehälter und Güllebehälter	<b>C25/30</b> <b>LC25/28</b>
<b>XA2</b>	chemisch mäßig angreifende Umgebung und Meeresbauwerke	Bauteile im Kontakt mit Meereswasser und in betonangreifenden Böden	<b>C35/45 c</b> <b>LC35/38</b>
<b>XA3</b>	chemisch stark angreifende Umgebung	Industrieabwasseranlagen, Gär-futtersilos und Futtertische, Kühltürme mit Rauchgasableitung	<b>C35/45 c</b> <b>LC35/38</b>

<b>Verschleißbeanspruchung</b>			
<b>XM1</b>	mäßige Verschleißbeanspruchung	Bauteile von Industrieanlagen mit Beanspruchung durch luftbereifte Fahrzeuge	<b>C30/37 C</b> <b>LC30/33</b>
<b>XM2</b>	schwere Verschleißbeanspruchung	Bauteile mit Beanspruchung durch luft- und gummibereifte Fahrzeuge	<b>C30/37C</b> <b>LC30/33</b>
<b>XM3</b>	sehr starke Verschleißbeanspruchung	Bauteile von Industrieanlagen mit Beanspruchung durch elastomer- oder stahlrollenbereifte Gabelstapler; Wasserbauwerke in geschiebelasteten Gewässern, z.B. Tosbecken; Bauteile, die häufig im Kettenfahrzeugen befahren werden	<b>C35/45 C</b> <b>LC35/38</b>

**K3**

### Betondeckung

Der kleinste Abstand zwischen der Betonoberfläche und der Oberfläche des nächsten Bewehrungsstahls nennt man die Betondeckung  $c_{nom}$ . Die Betondeckung ergibt sich durch Addition der Mindestbetondeckung  $c_{min}$  und des Vorhaltemaßes  $\Delta c$ .

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c \quad (\text{Gl. 3-4})$$

In der **DIN 1045-1 Tab. 4** sind jeder Expositionsklasse die dazugehörige Mindestbetondeckung und das Vorhaltemaß angegeben. Zur Sicherstellung des Verbundes und somit zur Gewährleistung der Annahmen und Grundsätze die für die Bemessung im Grenzzustand der Tragfähigkeit gelten, muss die Mindestbetondeckung  $c_{min}$  mindestens gleich dem Stabdurchmesser  $d_s$  sein.

**Tabelle 3-10** Mindestbetondeckung und Vorhaltemaß, aus ([1], S. 29f)

<b>Mindestbetondeckung <math>c_{min}</math> und Vorhaltemaß <math>\Delta c</math></b>							
<b>Klasse</b>	<b>Betonstahl</b>	<b>Spannglieder</b>	<b>Vorhaltemaß <math>\Delta c</math> mm</b>	<b>Klasse</b>	<b>Betonstahl</b>	<b>Spannglieder</b>	<b>Vorhaltemaß <math>\Delta c</math> mm</b>
<b>XC1</b>	10	20	10	<b>XD2</b>	40	50	15
<b>XC2</b>	20	30	15	<b>XD3</b>	40	50	15
<b>XC3</b>	20	30	15	<b>XS1</b>	40	50	15
<b>XC4</b>	25	35	15	<b>XS2</b>	40	50	15
<b>XD1</b>	40	50	15	<b>XS3</b>	40	50	15

Erläuterungen zu Tabelle 4 [1]:

- $c_{min}$  darf um 5 mm vermindert werden, wenn für Betonfestigkeit zwei Festigkeitsklassen höher gewählt wurde, als nach Expositionstabelle erforderlich. Für Bauteile der Expositionsklasse XC1 ist diese Abminderung jedoch nicht zulässig.
- $\Delta c$  sollte grundsätzlich erhöht werden, wenn gegen unebene Flächen betoniert wird. Eine Erhöhung um das Differenzmaß der Unebenheit oder mindestens 20 mm sollte erfolgen. Bei Herstellung unmittelbar auf den Baugrund sogar eine Erhöhung um 50 mm.

**K3**

### **Beispiel: Zur Bestimmung der Mindestfestigkeitsklasse und der Betondeckung**

Zu Bemessen wäre ein Köcherfundament für eine Stahlbetonstütze, hergestellt auf einer Sauberkeitsschicht, unter der Annahme, dass kein Betonangriff zu erwarten ist.

Expositionsklasse für Bewehrungskorrosion infolge Karbonatisierung:

- => XC2 (DIN 1045-1, Tab.3: Expositionsklassen)
- => XC2 Nass, selten Trocken (Gründungsbauteile)

Mindestfestigkeitsklasse für Beton:

- => C16/20

Expositionsklasse für Betonangriff:

- => Keine

### **Gewählt C25/30 XC2**

(Beachte: Gewählt sind 2 Klassen höher als erforderlich; und die maßgebende Expositionsklasse ist nicht XC1)

- => somit darf  $c_{min}$  um 5mm abgemindert werden

## Ermittlung der Betondeckung

**Nach DIN 1045-1, Tab.4** Mindestbetondeckung  $c_{min}$  und Vorhaltemaß  $\Delta c$  in Abhängigkeit von der Expositionsklasse:

**K3**

=> Mindestbetondeckung	$c_{min} = 20 \text{ mm}$
=> Abminderung wegen C25/30	$\Delta c_{min} = - 5 \text{ mm}$
+ Vorhaltemaß	$\Delta c = 15 \text{ mm}$
=> Nennmaß der Betondeckung	$c_{nom} = 30 \text{ mm}$

Zur Sicherstellung des Verbundes muss die Mindestbetondeckung  $c_{min}$  mindestens gleich oder höher als der Stabdurchmesser sein:

Längsbewehrung  $y \text{ } \varnothing 10$ :  $c_{min} = 15 \text{ mm}$   $\Delta c = 15 \text{ mm}$   $c_{nom} = 30 \text{ mm}$

Längsbewehrung  $x \text{ } \varnothing 20$ :  $c_{min} = 20 \text{ mm}$   $\Delta c = 15 \text{ mm}$   $c_{nom} = 35 \text{ mm}$

Zum Vergleich hier die maßgebenden Zuordnungen und Ergebnisse, die nach **DIN 1045, 13.2 Betondeckung, Tab. 10** Zeile 2 sich ergeben würden. Allerdings sind die Mindest- und Nennmaße der Tabellenwerte in der alten Norm ebenso an verschiedenen Kriterien (13.2.2) gebunden und bedürfen der Beachtung. Diese berücksichtigen im Allgemeinen z.B. den Größtkorn, den Brandschutz oder aber auch die durch starken Verschleiß beanspruchten Flächen.

- Bauteile, die ständig unter Wasser oder im Boden verbleiben
- Stabdurchmesser bis  $d_s = 20\text{mm}$
- $c_{nom} = 30\text{mm}$

### 3.4 Das neue Sicherheitskonzept

Die Basis des neuen Sicherheitskonzeptes der DIN 1055-100 und somit auch der DIN 1045-1 ist die Gewährleistung einer genügenden Tragfähigkeit, eine ausreichende Gebrauchstauglichkeit und angemessene Beständigkeit gegen physikalische und chemische Einwirkungen (Dauerhaftigkeit). Um ein Tragwerk entsprechend den genannten Anforderungen auszubilden, werden zunächst einmal die Einwirkungen auf das Tragwerk erfasst. Als nächstes erfolgt die Wahl eines geeigneten Tragwerksmodells (statisches System). Dann erst erfolgt mit passendem Berechnungsverfahren für einzelne Tragelemente, mit richtigen Ansätzen bezüglich wirklichkeitsnaher Werte für die Festigkeiten und das Verformungsverhalten der Baustoffe, die Tragfähigkeitsermittlung. In jedem Abschnitt

werden unvermeidlich Annahmen getroffen, die mehr oder weniger Unsicherheiten enthalten.

In der alten DIN 1045 benutzte man einen globalen Sicherheitsbeiwert von 1,75 (bis 2,10) mit der man komplett alle Unsicherheiten erfasst hat. Mit diesem globalen Sicherheitsbeiwert war es einfacher umzugehen, zumal sie in die Bemessungstabellen schon eingearbeitet war. Das neue Sicherheitskonzept ist hinsichtlich des Verständnisses im Vergleich zu der alten Norm komplizierter. Die neue DIN 1045-1 erfasst die Unsicherheiten an den jeweiligen Stellen an denen sie auftreten und benutzt für diese Unsicherheiten unterschiedliche Sicherheitsbeiwerte ([6], S. 21f).

- Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_F$  für die Einwirkungen (z.B.  $\gamma_G$  für ständige Lasten,  $\gamma_Q$  für Nutzlasten,  $\gamma_P$  für Vorspannung, die je nachdem ob günstig oder ungünstig auch unterschiedlich sind)
- Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_M$  für die Materialkenngrößen ( $\gamma_C$  für Beton,  $\gamma_S$  für Stahl)

Es ist zu erkennen, dass in dem neuen Normenwerk die Unsicherheiten sowohl auf der Einwirkungsseite als auch auf der Widerstandsseite berücksichtigt werden. Mit  $\gamma_F$  werden also die in den Annahmen für die Einwirkungen (Lastenzusammenstellung, Setzungen,...) und auch die in der Ermittlung der Schnittgrößen gemachten Fehler abgedeckt. Mit  $\gamma_M$  hingegen werden die in der Baustoffherstellung sowie in den Festigkeits- und den Formänderungsannahmen gemachten Fehler eliminiert.

Die Nachweise der Bemessungselemente werden mit den zugehörigen Teilsicherheitsbeiwerten in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit durchgeführt.

### **Definition der Grenzzustände der Tragfähigkeit**

nach **DIN 1045-1, 5.3 (1)**:

Grenzzustände der Tragfähigkeit sind diejenigen Zustände, bei deren Überschreitung rechnerisch der Einsturz oder andere Formen des Tragwerksversagens eintreten.

### **Definition der Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit**

nach **DIN 1045-1, 5.4 (1)**:

Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit entsprechen Bedingungen, bei deren

Überschreitung die festgelegten Nutzungsanforderungen eines Tragwerks oder eines Tragwerkteils nicht mehr erfüllt sind oder eine dauerhafte Tragfähigkeit im Sinne dieser Norm nicht mehr sichergestellt ist.

K3

Die Nachweise in den beiden Grenzzuständen sehen gleich aus. Es werden nämlich in beiden Fällen die Größen der Einwirkungen den Größen der Widerstände gegenübergestellt.

$$Ed < Rd$$

Beanspruchung < Beanspruchbarkeit

Die Einwirkungen auf ein Bauteil, die sich aus mehreren Einzeleinwirkungen zusammensetzen, werden gemäß DIN 1055-100 zusammenaddiert. Dabei werden verschiedene Sicherheitsbeiwerte für die jeweils ständigen bzw. veränderlichen Einwirkungen benutzt. Hinzukommt, dass bei mehreren veränderlichen Einwirkungen diese nicht zu gleicher Zeit wirken oder mit ihrer Maximalwert auftreten. Um es zu verdeutlichen: Die Wahrscheinlichkeit, dass bei Annahme maximaler Schneelast gleichzeitig auch maximale Windlasten auftreten, ist nicht realitätsnah. Um diese Wahrscheinlichkeiten zu berücksichtigen wurden in der DIN 1055-100 die Kombinationsbeiwerte  $\psi$  geregelt.

**Tabelle 3-11** Kombinationsbeiwerte, aus [3]

Kombinationsbeiwerte			
Einwirkungen	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Nutzlasten a), d)			
- Wohnräume, Büroräume	0,70	0,50	0,30
- Versammlungsräume, Verkaufsräume	0,70	0,70	0,60
- Lagerräume	1,00	0,90	0,80
Verkehrslasten			
- Fahrzeuge bis 30 kN	0,70	0,70	0,60
- Fahrzeuge bis 160 kN	0,70	0,50	0,30
- Dachlasten	0,00	0,00	0,00

Schneelast			
- bis NN + 1000 m	0,50	0,20	0,00
- über NN + 1000m	0,70	0,50	0,20
Windlasten	0,60	0,50	0,00
Temperatur <sup>b)</sup>	0,60	0,50	0,00
Baugrundsetzungen	1,00	1,00	1,00
Sonstige Einwirkungen <sup>c)</sup>	0,80	0,70	0,50

K3

a) Abminderungsbeiwerte für Nutzlasten in mehrgeschossigen Hochbauten siehe DIN 1055-3

b) Siehe DIN 1055-7

c)  $\psi$ -Beiwerte für Flüssigkeitsdruck sind standortbedingt festzulegen

d)  $\psi$ -Beiwerte für Maschinenlasten sind betriebsbedingt festzulegen

## Grenzzustände der Tragfähigkeit

Im Einzelnen gehören zu den Nachweisen in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit:

- Nachweis auf Biegung ohne und mit Längskraft
- Nachweis für Querkraft
- Nachweise für Torsion und Durchstanzen
- Nachweise für Stabilitätsversagen, Zugkraftdeckung und Verankerungen

Es ist für die Ermittlung des Bemessungswertes  $E_d$  die Kombinationsregeln nach DIN 1055-100 zu beachten. Die Genaue Kombinationsregel für ständige und vorübergehende Bemessungssituation lautet:

$$E_d = \sum ( \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} ) + \gamma_{G,j} \cdot Q_{k,1} + \sum ( \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,I} ) \quad (\text{Gl. 3-5})$$

$\sum ( \gamma_{G,j} G_{k,j} ) \quad \Rightarrow$  Berücksichtigt die ständigen Einwirkungen

$\gamma_{G,j} \cdot Q_{k,1} \quad \Rightarrow$  Berücksichtigt die vorherrschende veränderliche Einwirkung

$\sum ( \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,I} ) \quad \Rightarrow$  Berücksichtigt andere veränderliche Einwirkung

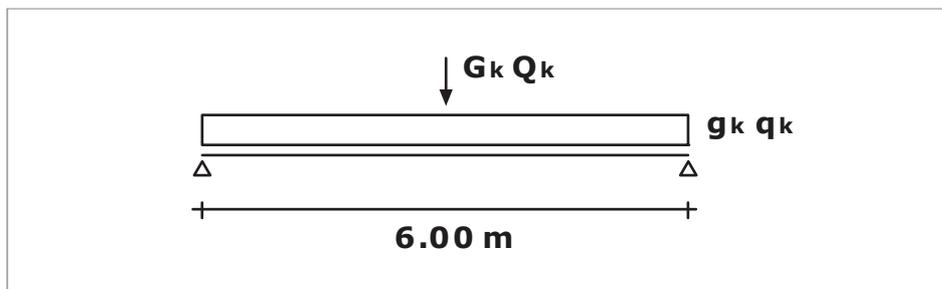
Die Kombinationsbeiwerte sind maßgebend oder haben ihre Wirkung erst dann, wenn mehrere veränderliche Einwirkungen voneinander unabhängig wirken. Unabhängige veränderliche Einwirkungen wären z.B. Nutzlasten und Verkehrslasten, Schnee- und Eislasten, Wind, Baugrundsetzungen, Erddruck und Wasserdruck.

**K3**

Wenn aus der gegebenen Statik nicht vorab zu ersehen ist, welche der veränderlichen Einwirkungen als vorherrschende einzusetzen ist um somit den Größtwert der Schnittgröße  $E_d$  zu erhalten, müssen alle Möglichkeiten bis zur Erreichung des Größtwertes ausprobiert werden.

**Beispiel: Ermittlung der Bemessungswerte**

System      Einfeldträger



Gleichlast:

$$g_k = 40 \text{ kN/m}$$

$$q_k = 30 \text{ kN/m}$$

Einzellast:

$$G_k = 130 \text{ kN}$$

$$Q_k = 150 \text{ kN}$$

Infolge der charakteristischen Einwirkungen entstehen für:

$$g_k \text{ und } G_k \Rightarrow A = B = 185 \text{ kN} \qquad \max M = 375 \text{ kNm}$$

$$q_k \Rightarrow A = B = 90 \text{ kN} \qquad \max M = 135 \text{ kNm}$$

$$Q_k \Rightarrow A = B = 75 \text{ kN} \qquad \max M = 225 \text{ kNm}$$

Annahme: Die Einzellast  $Q_k$  und die Gleichlast  $q_k$  sind beide aus Nutzlast Büroraum. In diesem Fall würde man die Einwirkungen zusammenfassen und als „vorherrschende“ wirken lassen.

$$A_d = B_d = 1,35 \cdot 185 + 1,5 \cdot (90 + 75) = 498 \text{ kN}$$

$$M_{d,\max} = 1,35 \cdot 375 + 1,5 \cdot (135 + 225) = 1046 \text{ kNm}$$

Annahme: Die Einwirkungen werden unabhängig voneinander also als jeweilige Einwirkung betrachtet. Für die Gleichlast gilt weiterhin Nutzlast Büroraum und für die Einzellast  $Q$  gilt Schneelast.

Somit sind zwei voneinander unabhängige veränderliche Einwirkungen wirksam. Diese müssen nun mit den zugehörigen Kombinationsbeiwerten berücksichtigt werden.

**K3**

Die genaue Variante ergibt:

**Kombination 1**

$$A_d = B_d = 1,35 \cdot 185 + 1,5 \cdot 90 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 75 = 441 \text{ kN}$$

$$M_{d,\max} = 1,35 \cdot 375 + 1,5 \cdot 135 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 225 = 878 \text{ kNm}$$

**Kombination 2**

$$A_d = B_d = 1,35 \cdot 185 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 90 + 1,5 \cdot 75 = \mathbf{456 \text{ kN}} \text{ (maßg.)}$$

$$M_{d,\max} = 1,35 \cdot 375 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 135 + 1,5 \cdot 225 = \mathbf{986 \text{ kNm}} \text{ (maßg.)}$$

Die Kombination 2 liefert hier die für die Bemessung erforderlichen maßgebenden Ergebnisse. In diesem Beispiel sind sowohl für die Auflagerkräfte als auch für das Feldmoment, die maßgebenden Ergebnisse in Kombination 2 enthalten. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, dass die maßgebenden Bemessungswerte sich aus den beiden Kombinationen zusammensetzen.

**Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit**

Im Einzelnen gehören zu den Nachweisen in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit:

- Spannungsbegrenzungen
- Begrenzung der Rissbreiten
- Begrenzung der Verformungen

In der DIN 1045-1 werden für die einzelnen Nachweise angegeben, nach welcher Kombinationsregel die Bemessungswerte  $E_d$  ermittelt werden sollen.

- Seltene Kombination  $E_d = \sum \cdot G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \cdot \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$
- Häufige Kombination  $E_d = \sum \cdot G_{k,j} + \gamma_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \cdot \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$
- Quasi-ständige Kombination  $E_d = \sum \cdot G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \cdot \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$

Für die Ermittlung der Werte für die Baustoffeigenschaften werden die Sicherheitsbeiwerte im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit nicht angesetzt. Im Grenzzustand der Tragfähigkeit gelten die in der folgenden Tabelle angegebenen Werte ([6], S.28).

**K3**

**Tabelle 3-12** Teilsicherheitsbeiwerte zur Bestimmung des Tragwiderstandes

<b>Tragsicherheitswerte</b>			
Bemessungssituation	Stahlbeton $\gamma_c$ 1) 2)	Beton- oder Spannstahl $\gamma_s$	Unbewehrter Beton $\gamma_c$
Ständige und vorübergehende Bemessungssituation	1,50	1,15	1,80
Außergewöhnliche Bemessungssituation	1,30	1,00	1,55
Ermüdung	1,50	1,15	–

1) Für Beton ab C55/67 ist  $\gamma_c$  zu vergrößern mit dem Faktor  $\gamma_c = 1/(1-f_{ck}/500) \geq 1,0$

2) Für Fertigteile siehe DIN 1045-1, 5.3.3

### 3.5 Schnittgrößenermittlung

In der DIN 1045-1 sind die nachfolgenden 4 Verfahren zur Schnittgrößenermittlung beschrieben und erlaubt:

- linear elastische Berechnung
- linear elastische Berechnung mit Umlagerung
- Berechnungen nach der Plastizitätstheorie
- nichtlineare Berechnungen

In der alten DIN 1045 sind nur die linear elastische Berechnung und linear elastische Berechnung mit bis zu 15% Umlagerung als mögliche anwendbare Verfahren angegeben.