

Klaus Beer

Bewehren nach DIN 1045-1

Tabellen und Beispiele für
Bauzeichner und Konstrukteure



Teubner

Klaus Beer

**Bewehren nach
DIN 1045-1**

Klaus Beer

Bewehren nach DIN 1045-1

**Tabellen und Beispiele für
Bauzeichner und Konstrukteure**



Teubner

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.d-nb.de>> abrufbar.

Dipl.-Ing. Klaus Beer ist als selbstständiger Ingenieur mit langjähriger Erfahrung im Bereich Statik tätig.

Email: beerklaus@arcor.de

1. Auflage Mai 2007

Alle Rechte vorbehalten

© B.G. Teubner Verlag / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden 2007

Lektorat: Dipl.-Ing. Ralf Harms / Sabine Koch

Der B.G. Teubner Verlag ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media.

www.teubner.de



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Umschlaggestaltung: Ulrike Weigel, www.CorporateDesignGroup.de

Druck und buchbinderische Verarbeitung: Strauss Offsetdruck, Mörlenbach

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Printed in Germany

ISBN 978-3-8351-0124-1

Vorwort

Seit dem 1. Januar 2005 ist für die Konstruktion neuer Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton die DIN 1045-1 zwingend vorgeschrieben. Das vorliegende Werk setzt keinerlei Kenntnisse nach der DIN für Stahlbeton voraus, so das auch der Anfänger anhand vieler Beispiele und Erläuterungen mit der Konstruktion beginnen kann. So wird an vielen Beispielen gezeigt, wie mit einer Zeichnung und der nebenstehenden Tabelle, bzw. Erläuterung ohne großartige Rechnerei ein Bauwerk, Bauteil konstruiert werden kann. Unter anderem erfährt der Leser alles notwendige über die DIN 1045-1, die hier nur dem Lernenden, Studierenden und Konstrukteur eine Hilfe sein sollte. Auf unnötigen Ballast wird verzichtet. Wo immer es geht, gibt der Autor aus seiner Erfahrung Tipps, wie die Bewehrung und Konstruktion vereinfacht werden kann, ohne auf die notwendige Genauigkeit zu verzichten.

Zunehmend werden Fähigkeit und Motivation Lernender, sich selbstständig in neue Aufgaben einzuarbeiten, als ein wichtiges Ergebnis beruflicher Ausbildung und Fortbildung gesehen. Strukturierendes, planerisches Denken, handlungsorientiertes Lernen und damit verbunden, die Stoffbeherrschung, wird durch das Benutzen des Handbuches gefördert.

Ich war bemüht, gemäß den Lernzielen der beruflichen Bildung und Fortbildung die Aufarbeitung des Inhalts vorzunehmen und ein einsichtiges Nachschlagesystem zu schaffen. Den genannten methodischen Zielen ist ein ausgewogenes Verhältnis von Tabellen, erklärendem Text und sorgfältig ausgewählten Zeichnungen geschuldet. Mit Hilfe dieses Handbuchs kann systematisch Wissen erworben werden.

Praktische Aufgaben mit Lösungen zur Ver-

tiefung erworbener Kenntnisse runden die Möglichkeiten selbstständigen Wissenserwerbs ab.

Für den Auszubildenen und den Studierenden werden Tabellen nach der DIN 1045-1 geboten, die das Verständnis für die Konstruktion von Tragwerken sowie der Bewehrungsführung liefert. Dem Auszubildenen und Studierenden bietet das Handbuch beste Möglichkeiten um nachzuschlagen. Damit wird es zugleich auch zum wertvollen, unterstützenden Hilfsmittel bei der Vorbereitung von Prüfungen.

Ich spreche mit dem Handbuch auch den Lernenden an, der im Berufsleben steht, und sich durch Weiterbildung den Zugang zum richtigen Konstruieren nach der DIN 1045-1 erschließen will.

Für den Fachmann war ich bemüht, ein leicht handbares Nachschlagewerk zu schaffen, das den Zugang zur Lösung von Problemen am Bauwerk durch Tabellen, erklärenden Text und Beispiellösungen erschließen hilft.

An dieser Stelle richte ich meinen Dank an das

Institut für Stahlbeton
Bewehrung e. V.
Kaiserswerther Str. 137
40474 Düsseldorf

und an die
Ingenieurberatung
Pühl & Becker
Huyssenallee 86-88
45128 Essen

Klaus-Gerhard-Werner Beer
Essen, im Januar 2007

Inhaltsverzeichnis

1 Baustoffe

- 1.1 Beton..... 1
- 1.2 Betonstahl 500S (A)..... 2

Allgemeines

- 2.1 Formelzeichen und Abkürzungen 3
 - 2.1.1 Abkürzungen n. DIN 1045 3
- 2.2 Expositionsclassen..... 4
- 2.3 Brandschutz 5

3 Verankerung von Betonstahl

- 3.1 Grundmaß der Verankerung 7
- 3.2 Verankerung ü. d. Auflagern 8
 - Verankerung ü. d. Auflagern 9
 - 3.2.1 Verankerung ü. d. Auflagern .. 10
 - Verankerung ü. d. Auflagern 11
 - Verankerung im Feld 12
- 3.3 Übergreifungslängen 500S (A)..... 13
- 3.4 Biegen von Betonstählen 14
 - Verankerung von Bügeln 15
 - Schweißverbindungen 16

4 Betonstahlmatten

- 4.1 Sorten und Einteilung 17
- 4.2 Lagermatten 18
 - 4.2.1 Darstellung d. Lagermatten..... 19
 - 4.2.2 Biegen von Lagermatten 20
- 4.3 Abstandhalter u. Unterstützungen
 - 4.3.1 Auswahl d. Abstandhalter 21
 - 4.3.2 Auswahl d. Unterstützung 22
- 4.4 Listenmatten 23
 - 4.4.1 Darstellung d. Listenmatten 24
 - 4.4.3 Mattenkörbe 26
 - 4.4.4 Sonderdymnatten 27

5 Gründung

- 5.1 Gründungsarten..... 28
- 5.2 Flächengründung 29
- 5.3 Einzelfundament 30
 - 5.3.1 Bewehrung zu Kapitel 5.3..... 31
 - 5.3.2 Einzelfundament 32
 - 5.3.3 Bewehrung zu Kapitel 5.3.2..... 33

- 5.3.4 Streifenfundament 34
- 5.3.5 Bewehrung zu Kapitel 5.3.4... 35
- 5.4 Blockfundament 36
 - 5.4.1 Bewehrung zu Kapitel 5.4..... 37
 - 5.4.2 Fundament m. Ankerbarren.... 38
 - 5.4.3 Bewehrung zu Kapitel 5.4.2... 39
- 5.5 Köcherfundament..... 40
 - 5.5.1 Köcherfundament Schalung.. 41
 - 5.5.2 Blockfundament m. Köcher ... 42
 - 5.5.3 Bewehrung zu Kapitel 5.5.2... 43
 - 5.5.4 Bewehrung zu Kapitel 5.5.1... 44
- 5.6 Fundament, Sonderformen..... 46
 - 5.6.1 Bewehrung zu Kapitel 5.6..... 47
- 5.7 Durchstanzbewehrung..... 48
 - 5.7.1 Durchstanzen, Bewehrung 49
- 5.8 Fundamentplatte 50
 - 5.8.1 Bewehrung zu Kapitel 5.8.... 51
- 5.9 Durchstanzbewehrung..... 52
- 5.10 Flachgründung 53
- 5.11 Tiefengründung..... 54
 - 5.11.1 Tiefengründung Details..... 55
 - 5.11.2 Berliner Verbau..... 56
 - 5.11.3 Beispiel Berliner Verbau..... 57
 - 5.11.4 Bohrpfahlbewehrung..... 58
 - 5.11.5 Bewehrung zum Bohrpfahl .. 59
 - 5.11.6 Wendelberechnung..... 60
 - 5.11.7 Bohrpfahl mit Balken 61
 - 5.11.8 Kopfbalken..... 62
 - 5.11.9 Kopfbalkenbewehrung 63
 - 5.11.10 Kopfbalken m. Wand 64
 - 5.11.11 Bohrpfahl m. Balkenrost 65
- 5.12 Die Deckelbauweise..... 66
 - 5.12.1 Details zur Deckelbauweise . 67

6 Bodenplatten

- 6.1 Die Bodenplatte..... 68
 - 6.1.1 Bodenplattenversprünge..... 69
 - 6.1.2 Bewehrung d. Bodenplatten ... 70
 - 6.1.3 Bewehrungsanordnung 71
 - 6.1.4 Rissbreitenbewehrung 72
 - 6.1.5 Rissbreitendetails 73
- 6.2 Erläuterung d. Bewehrungsdetails... 74
 - 6.2.1 Bewehrungsdetails 75
 - 6.2.2 Bewehrungsdetails 76

6.2.3 Anschlussdetails.....	77	9.6	Unterzug auf der Konsole	120
6.3 Bewehren einer Bodenplatte	78	9.6.1	Bewehrung z. Kapitel 9.6.....	121
6.3.1 Bewehrung zu Kapitel 6.3.....	79	9.7	Betonbalken gebogen	122
6.3.2 Bodenplatte mit Versprung	80	9.7.1	Bewehrung z. Kapitel 9.7.....	123
6.3.3 Bewehrung zu Kapitel 6.3.2.....	81	9.8	Indirektes Unterzugauflager.....	124
7 Die Weiße Wanne		9.8.1	Bewehrung z. Kapitel 9.8.....	125
7.1 Erläuterung d. Weißen Wanne.....	82	9.9	Deckengleiche Balken.....	126
7.1.1 Details zur. Weißen Wanne	83	9.9.1	Bewehrung d. Balkens	127
8 Stützen		9.9.2	Balken mit Torsion.....	128
8.1 Ortbetonstützen.....	84	9.9.3	Unterzug m. Öffnungen	129
8.1.1 Bewehrungsquerschnitte	85	9.9.4	Erläuterung zu 9.9.3	130
8.1.2 Übergreifungslänge.....	86	9.9.5	Balken b größer h.....	131
8.1.3 Übergreifungslänge.....	87	9.10	Unterzug mit Kragarm	132
8.2 Eine eingeschossige Stütze	88	9.10.1	Bewehrung z. Kragarm	133
8.2.1 Bewehrung zum Kapitel 8.2 ..	89	10 Rahmen		
8.3 Erläuterung z. Stütze m. Anschluss ..	90	10.1	Rahmentragwerke	134
8.3.1 Bewehrung z. Kapitel 8.3.....	91	10.1.1	Rahmenecke, Bewehrung....	135
8.4 Stütze 20/ 70	92	10.2	Rahmenecke und Mittelriegel	136
8.4.1 Bewehrung z. Kapitel 8.4.....	93	10.2.1	Bewehrung z. Kapitel 10.2..	137
8.5 Stütze; rund.....	94	10.3	Rahmenecke; Zug innen.....	138
8.5.1 Bewehrung z. Kapitel 8.5.....	95	10.3.1	Bewehrung z. Kapitel 10.3..	139
8.6 Stütze hoch bewehrt.....	96	10.4	Rahmeneckenausbildung.....	138
8.6.1 Bewehrung z. Kapitel 8.6.....	97	10.4.1	Bewehrung Zug innen	140
8.7 Stützenanschlüsse	98	10.4.2	Rahmeninnenknoten.....	141
8.7.1 Bewehrung z. Kapitel 8.7.....	99	10.5	Der Rahmen	142
8.8 Verbundstützen	100	10.5.1	Bewehrung d. Rahmens	143
8.8.1 Querschnitte	101	10.5.2	Erläuterung d. Rahmens	144
8.8.2 Konsolbewehrung	102	10.5.3	der Rahmen vergrößert.....	145
8.9 Wendelberechnung	103	11 Betonwände		
8.10 Stütze ü. zwei Geschosse.....	104	11.1	Betonwände, Einführung.....	146
8.10.1 Bewehrung z. Kapitel 8.10..	105	11.2	Eine Betonwand bewehren.....	147
9 Unterzüge		11.2.1	Bewehrung z. Kapitel 11.2..	149
9.1 Unterzüge; Einführung	106	11.3	Betonwand mit Stütze	150
9.1.1 Abkürzungen.....	107	11.3.1	Bewehrung z. Kapitel 11.3..	151
9.1.2 Querschnitte d. Unterzüge	108	11.4	Betonwand mit Rissbreite	152
9.1.3 Bewehrung z. Kapitel 9.1.2...	109	11.4.1	Bewehrung z. Kapitel 11.4..	153
9.1.4 Bewehrungsführung.....	110	11.5	Betonwand mit Erddruck	154
9.1.5 Bewehrung z. Kapitel 9.1.4...	111	11.5.1	Bewehrung z. Kapitel 11.5..	155
9.2 Bewehren eines Balkens	112	11.6	Betonwand mit Konsolen.....	156
9.2.1 Bewehrung z. Kapitel 9.2.....	113	11.6.1	Bewehrung d. Konsolen	157
9.3 Unterzug; Einfeldbalken	114	11.7	Betonwand auf zwei Stützen.....	158
9.3.1 Bewehrung z. Kapitel 9-3	115	11.7.1	Bewehrung z. Kapitel 11.7..	159
9.4 Überzug	116	11.8	Wand m eingehängter Last.....	160
9.4.1 Bewehrung z. Kapitel 9.4.....	117	11.8.1	Bewehrung z. Kapitel 11.8..	161
9.5 Unterzug; Zweifeldbalken	118	11.9	Betonwand mit Kragarm.....	162
9.5.1 Bewehrung z. Kapitel 9.5.....	119	11.9.1	Bewehrung z.Kapitel 11.9 ..	163
		11.10	Wand ü. e. mehrfaches Auflager....	164

11.10.1 Bewehr. z, Kapitel 11.10... 165
 11.11 Nachträglicher Einbau d. Wand..... 166
 11.11.1 Bewehrung der Wand 167
 11.11.2 Schalung der Wand..... 168
 11.12 Rissbreitenbewehrung..... 169
 11.13 Wand ü. e. mehrfaches Auflager.... 170
 11.13.1 Bewehrung der Wand 171
 11.13.2 Bewehrungsauszug 172

12 Decken

12.1 Decken; Einführung..... 173
 12.1.1 Andere Decken 174
 12.1.2 Ermittlung d. Stablängen 175
 12.2 Einfeldplatte m. Kragarm 176
 12.2.1 Bewehrung zur Decke..... 177
 12.3 Durchlaufplatte 178
 12.3.1 Bewehrung zur Deckel 179
 12.4 Vierseitiges Auflager 180
 12.4.1 Bewehrung zur Decke..... 181
 12.5 Decke dreiseitig gelagert 182
 12.5.1 Bewehrung zur Decke..... 183
 12.6 Flachdecke 184
 12.6.1 Bewehrung zur Decke..... 185

Durchstanzbewehrung

13.1 Durchstanzen in Decken 186
 13.1.1 Die kritische Fläche 187
 13.2 Durchstanzen in d. Ecke 188
 13.2.1 Bewehrung der Ecke 189
 13.2.2 Bewehrung am Rand..... 190
 13.3 Durchstanzbereiche..... 191
 13.4 Durchstanzen ü. d. Stütze 192
 13.4.1 Durchstanzbewehrung..... 193
 13.5 Durchstanzen m. Pilzkopf..... 194
 13.5.1 Pilzkopfbewehrung 195
 13.6 Deckenaufleger 196
 13.6.1 Auflagerbewehrung 197
 13.6.2 Decken- Details..... 198

14 Treppen

14.1 Treppen; Einführung..... 199
 14.2 Ortbetontreppe 200
 14.2.1 Bewehrung d. Treppe..... 201
 14.3 Treppe m. Schallentkoppelung 202

15 Schachtbewehrung 203

16 Sonderbauteile

16.1 Spaltzugbewehrung 204
 16.2 Hoch bewehrte Wand..... 204

Formeln 205

Tabelle 2.1 Expositionsklassen..... 206
 Tabelle 2.2 Mindestbetondeckung 207
 Erläuterung z. Tabelle 2.2... 208
 Tabelle 3.1 Beiwert α_a 209
 Tabelle 3.2 Grundmaß d. Verankerung..... 210
 Tabelle 3.3 Übergreifungslänge $\alpha_1=1,2$ 210
 Tabelle 3.4 Übergreifungslänge $\alpha_1=1,4$ 211
 Tabelle 3.5 Übergreifungslänge $\alpha_1=2,0$ 211
 Tabelle 3.6 Beiwerte α_1 211
 Tabelle 3.7 Nenngewicht 211
 Tabelle 3.8 Flächenquerschnitte 212
 Tabelle 3.9 Balkenquerschnitte..... 212
 Tabelle 3.10 Biegerollendurchmesser
 zum Rückbiegeversuch 14
 Tabelle 3.11 Biegerollendurchmesser..... 213
 Tabelle 3.12 Biegerollendurchmesser..... 214
 Tabelle 3.13 Biegerollendurchmesser
 nach dem Schweißen 214
 Tabelle 3.14 Größte Längs- und Quer-
 Abstände von Bügeln..... 214
 Tabelle 4.1 Lagermattenprogramm..... 215
 Tabelle 4.2 Übergreifungslänge..... 216
 Tabelle 4.3 Übergreifungslänge 216
 Tabelle 4.4 Maschenregel..... 217
 Tabelle 4.5 Maschenregel..... 217
 Tabelle 4.6 Biegerollendurchmesser
 Für gebogene Matten 218
 Tabelle 4.7 Übergreifungslänge der
 Querbewehrung..... 218
 Tabelle 4.8 Mindestwanddicken 218
 Tabelle 4.9 Mindestbewehrung
 der Wände..... 218
 Tabelle 4.10 Rissbreitentabellen..... 219
 Tabelle 4.11 Listenmatten 220
 Tabelle 4.12 Verschweißbarkeit von
 Stäben untereinander..... 220
 Tabelle 4.13 Unterstützungen 221
 Tabelle 4.14 Abstandhalter 222
 Tabelle 4.15 Abstandhalter 222

Sachwortverzeichnis 223

1 Baustoffe

1.1 Beton

Der Beton ist in der europäischen Norm EN 206-1 geregelt. Sie ist mit der nationalen Anwendungsregel, der DIN 1045-2 zu verwenden.

Beton besteht aus einer Mischung von

- Zement,
- Gesteinskörnung,
- Wasser und
- evtl. Zusatzmitteln, Zusatzstoffen.

Der Zement sollte nach der Verwendungsart, den Bauteilabmessungen, den Umgebungsbedingungen und der Wärmeentwicklung des Betons im Bauwerk gewählt werden.

Die Gesteinskörnung besteht aus natürlichen oder künstlich gebrochenen, mineralischen Stoffen. Auch Recyclingmaterial kann verwendet werden. Für Normalbetone werden Korngrößen verwendet, die kleiner oder gleich 32 mm sind. Zu beachten ist, dass die Korngröße immer 5 mm kleiner als der lichte Abstand der Bewehrungsstäbe sein sollte.

Der Wasserzementwert richtet sich nach den Umgebungsbedingungen und den Anforderungen, die an den Beton gestellt werden. Die Anteile an **Wasser** sind in der **EN 206-1** geregelt.

Zusatzmittel, Zusatzstoffe werden dem Beton zugegeben, wenn an ihn erhöhte Anforderungen gestellt werden, z.B. beim Betonieren um die Frostgrenze, bei Unterwasserbetonen und beim Einsatz von WU-Betonen.

Bei der Bauabnahme kann man anhand von Lieferscheinen bzw. Aufschriften auf dem Zementsack erkennen, welcher Beton eingebaut wird. Ihnen entnimmt man Zementart, Festigkeitsklasse, das Lieferwerk und das Gewicht sowie die Kennzeichnung für die Güteüberwachung und die Bezeichnung für besondere Eigenschaften.

Für unsere Zwecke reicht die Aufteilung der Betonsorten nach den Expositionsklassen. Alle anderen Anforderungen und Zuschläge sind in den verschiedenen Normen geregelt und dort nachzulesen.

Beton der Güte C8/10 wird nur für die Sauberkeitsschicht verwendet. Eine Sauberkeitsschicht von 5 bis 10 cm sollte immer unter einem Gründungsbauteil eingebaut werden. Diese verhindert einen direkten Kontakt des Betons mit dem aggressiven Erdreich. Beton wird mit dem Buchstaben C aus dem Englischen „concrete“ und Leichtbeton mit den Buchstaben LC für „lightconcrete“ geschrieben.

Normalbeton ist ein C12/15; C16/20; C20/25; C25/30; C30/37; C35/45; C40/50; C45/55 und ein C50/60.

Hochfester Beton ist ein C55/67; C60/75; C70/85; C80/95; C90/105; C100/115.

Die Betongüte C8/10 wird nur für die Sauberkeitsschicht verwendet. Die erste Zahl gibt die charakteristische Betondruckfestigkeit.

Leichtbetone werden in den Sorten LC8/9; LC12/13; LC16/18; LC20/22; LC25/28; LC30/33; LC35/38; LC40/44; LC45/50; LC50/55; LC55/60 und LC60/66 unterteilt.

Wasserundurchlässiger Beton ist in der DIN 1045-2 Absatz 5.5.3 und DIN EN 206-1 geregelt. Zur Ausführung muss mindestens ein Beton C25/30 vorgesehen werden.

Beton für hohe Gebrauchstemperaturen bis 250° C ist in der DIN 1045-2, 5.3.6 beschrieben.

Unterwasserbeton ist nach DIN 1045-2 Absatz 5.3.4 auszuführen.

Hochfester Beton ist in der DIN EN 206-1 Absatz 3.1.10 geregelt.

Fließbeton ist nach der DIN 1045-2, 3.1.5 auszuführen.

Beton nimmt ohne Stahleinlagen keine größeren Druck- und Zugkräfte auf.

1.2 Betonstahl

Betonstahlsorten und Eigenschaften werden auch nach Einführung der DIN 1045-1 in der DIN 488 geregelt. Betonstahl kann als Stabstahl, vom Ring und als Betonstahlmatten zur Bewehrung von Betonbauteilen verwendet werden. Es wird in folgende Betonstahlsorten unterschieden,

Bst 500S (A). Das ist der sogenannte Stabstahl mit normaler Duktilität.

Bst 500S (B). Das ist der Stabstahl mit hoher Duktilität.

Gebräuchlich ist der Stabstahl im Handel in den Durchmessern von 6 bis 28 mm. Die Lagerlänge ist bis zum Durchmesser 12 mm auf 12 m begrenzt. Ab dem Durchmesser 14 mm, beträgt die lieferbare Lagerlänge 14 m. Auf Anfrage können auch längere Betonstähle geliefert werden, nur ist das Eisen dann nicht so gut zu händeln. Hergestellt wird der Stabstahl noch in den Durchmessern von 32 bis 40 mm. Diese Durchmesser finden aber selten ihre Anwendung im Betonbau.

Zur Bewehrung von großflächigen Bauteilen werden Betonstahlmatten vorwiegend eingebaut. Betonstahlmatten werden unterschieden in:

Bst 500M (A). Das M steht für die Matte, dass A für die normale Duktilität.

Bst 500M (B). Das B steht für hohe Duktilität.

Die Bezeichnung 500 ist die Stahlstreckgrenze $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$.

Der Stahldurchmesser ist der Nenndurchmesser, ohne die Rippen. Dieser Nenndurchmesser ist in allen Tabellen und Plänen maßgebend. Wichtig ist der Außendurchmesser, über die Rippen gemessen, für die Verlegung der Eisen bei geringen Stababständen im Bauteil.

Der wirkliche Stabdurchmesser, über die Rippen gemessen, ist nach der Formel

$$d_A = 1,15 \cdot d_s \text{ zu ermitteln.}$$

d_A = Außendurchmesser über die Rippen gemessen.

d_s = Nenndurchmesser ohne die Rippen.

Durch den guten Verbund der Rippenstäbe mit dem Beton, kann ein Bauwerk langfristig seine Standsicherheit behalten. Die Voraussetzung ist aber, eine gute Vorplanung mit richtig dimensionierten Bauteilen. Entstehen Risse in der Betonoberfläche, hat die Luft ungehindert Zugang zum Betonstahl. Der Stahl beginnt nun zu rosten.

Durch eine gute Umhüllung des Betons, bzw. der Betondeckung, bleibt der Betonstahl ohne jegliche Korrosion erhalten. Ist aber die Betondeckung nicht ausreichend, die Bewehrung falsch verlegt, kann der Beton abplatzen. Aufwendige und teure Sanierungsmaßnahmen sind die Folge.

Hier liegt nun die ganze Verantwortung in der Hand des Konstrukteurs, mit der richtigen Konstruktion und der Bewehrungsführung, ein Bauwerk dauerhaft zu gestalten.

2 Allgemeines

2.1 Formelzeichen und Abkürzungen

A ist die Fläche eines Betonquerschnittes.
Bei einer Wand oder Decke ist A die Querschnittsfläche auf 1,00 m Länge.

b ist die Bauteilbreite eine Unterzuges oder Stütze.

h ist die Höhe eines Bauteilquerschnittes.
In der alten Norm noch mit d benannt.

d ist die statische Höhe eines Bauteils im Querschnitt. Gemessen von der Unterkante eines Bauteils bis zur Mitte des oberen Eisens. In der alten Norm noch h.

c steht für Beton, aus dem Englischen „concrete“.

s ist der Betonstahl nach DIN 488 mit der Bezeichnung, Bst 500S (A) oder (B) = Stabstahl. Oder Bst 500M (A) oder (B) für Betonstahlmatten. A steht hier für normale Duktilität und B für hohe Duktilität.

l_b ist die Abkürzung für das Grundmaß der Verankerungslänge. Mit ihr werden alle Verankerungs- und Auflagerlängen errechnet.

α_1 und α_2 sind Beiwerte, die mit dem Grundwert der Verankerungslänge multipliziert, die Übergreifungslänge l_s ergeben.

l_s ist die Übergreifungslänge zweier Bewehrungsstäbe, bzw. die Überlappung einer tragenden Stoßverbindung bei Matten.

$A_{s,erf}$ ist die Abkürzung für die erforderliche Bewehrung aus der Statik.

$A_{s,vorh}$ ist die Abkürzung für die vorhandene, wirklich eingelegte Bewehrung.

V_{Ed} gleich Querkraft, mit der die Schubbewehrung, Bügelbewehrung und die Auflagerkraft zur Endverankerung der Eisen ermittelt wird.
Alle anderen Abkürzungen werden in den jeweiligen Kapiteln ausführlich erläutert.

2.1.1 Abkürzungen nach DIN 1045-1

Fläche:	A
Breite:	b
Querschnittshöhe:	h
Statische Höhe:	d
Stegbreite:	b_w
Eigengewicht:	G
Zugbewehrungsfläche:	A_{s1}
Druckbewehrungsfläche:	A_{s2}
Beton, Druck:	c
Zug:	t
Betonstahl:	s
Steg, Wand:	w
Charakteristisch:	k
Verkehrslast:	Q
Torsionsmoment:	T
Grundmaß der Verankerungslänge:	l_b
Erforderliche Verankerungslänge:	$l_{b,net}$
Beiwert für die Verankerungsart:	α_a
Übergreifungslänge:	l_s
Beiwert Übergreifungslänge Stab:	α_1
Beiwert Übergreifungslänge Matte:	α_2
Erforderliche Bewehrung:	$A_{s,erf}$
Vorhandene Bewehrung:	$A_{s,vorh}$
Versatzmaß:	α_I
Vorhaltemaß:	Δc
Grenzabmaß:	Δl
Spannstahl:	p
Normalkraft:	N_{Ed}
Biegemoment:	M_{Ed}
Querkraft:	V_{Ed}
Betondruckkraft:	F_{cd}
Stahlzugkraft:	F_{sd}

Alle weiteren, für den Konstrukteur nicht relevanten Abkürzungen, sind in der DIN 1045-1 beschrieben.

2.2 Expositionsklassen und Betondeckung

Mit der Einführung der DIN 1045-1 wurde die Betondeckung neu geregelt. Die Expositionsklassen wurden eingeführt.

Diese Expositionsklassen regeln anhand der Umgebungsbedingungen die Wahl der Betondeckung und des Betons. Sofern keine höheren Anforderungen an den Beton gestellt werden, sind diese Regeln bindend.

Korrosion ist eine von der Oberfläche ausgehende Zerstörung des Betonstahls, die durch chemische oder elektrolytische Reaktion mit dem Umfeld hervorgerufen wird. Der Stahl beginnt durch Korrosion zu rosten. Querschnitt und die Festigkeit der Stahleinlagen verringern sich. Die gleichzeitige Gegenwart von Sauerstoff und Wasser lösen den Rostprozess aus.

In der Vergangenheit hat sich immer wieder gezeigt, dass Bauwerksschäden durch mangelhafte Betondeckung, zu schlanken Bauteilen und damit verbunden zu großen Bewehrungsdurchmessern entstanden sind. Bauwerkssanierungen und Instandhaltungsarbeiten sind aufwendig und teuer. Nur der Konstrukteur kann durch die richtige Konstruktion die Fehler aus Architektur und Statik vermeiden. Er muss die richtigen Bauteilabmessungen, die Expositionsklasse, die Betondeckung und die richtige Bewehrung bestimmen. Es dürfen nicht zu große Bewehrungsdurchmesser eingebaut werden.

Besonders beim Einbau von Einbauteilen (Stahlplatten), ist auf die Betondeckung zwischen Betonstahl und Einbauteil zu achten. Hier treten sehr schnell Roststellen und Rostpocken auf, die ein Abplatzen des Betons beschleunigen. Der Betonstahl kommt nun ohne Betondeckung mit der Luft in Berührung und fängt an zu rosten.

Die Betondeckung errechnet sich aus dem Vorhaltemaß, der Mindestbetondeckung und dem Stabdurchmesser. Bei der Expositionsklasse XC1, ist beispielsweise der Stabdurchmesser 12 mm maßgebend. Bis zur Expositionsklasse XC4 ist eines zu beachten: Ist der Stabdurchmesser größer als die Mindestbewehrung, so ist für die Mindestbetondeckung der Stabdurchmesser maßgebend!

2.3 Brandschutz

Die Brandschutzanforderungen für Betonbauteile sind in der DIN 4102-2, 4102-4 und der DIN V ENV 1992-1-2 geregelt. Zur Betondeckung, die sich nach den Expositionsklassen richtet und zur Wahl der Bauteilabmessungen ist der Brandschutz zu beachten. Bauteile, die den Brandschutzanforderungen unterliegen sind in der Norm beschrieben. Baustoffe werden nach Brennbarkeit in Klassen eingeteilt:

- Brennbarkeitsklasse A: nicht brennbar
- B: brennbar
- B1: schwer entflammbar
- B2: normal entflammbar
- B3: leicht entflammbar.

Die Feuerwiderstandsklassen werden in F30A/ F60A/ F90A/ F120A und F180A eingeteilt. Für unseren Baustoff Beton bedeutet dies, mit einer Feuerwiderstandsklasse F90A F = Feuerwiderstandsklasse, 90 = 90 Minuten bleibt das Tragverhalten nach der statischen Berechnung bestehen. A = nicht brennbar.

Ab einer Bauwerkshöhe von 22 m beginnt die Brandschutzanforderung für Hochhäuser
Brandschutzanforderungen an Hochhäuser:

Hochhäuser mit einer Höhe	Tragende Wände, Stützen und Decken	Flurwände tragend	Flurwände nicht tragend	Treppen
Bis 60 m	F90A	F90A	F90A	F90A
> 60 bis 200	F120A	F120A	F90A	F90A
> 200 m	F180A	F120A*	F90A	F90A

*= in besonderen Fällen können höhere Anforderungen gestellt werden.

Stützen:

Die Mindestabmessungen einer Stütze ist in der DIN 1045-1 mit einer Seitenlänge von 20,0 cm gefordert. Darunter liegende Abmessungen brauchen nicht beachtet werden. Zu beachten ist: Die Betondeckung wird in der Brandschutz-DIN mit dem Maß u bis zur Mitte des Längseisens angegeben.

Für die Feuerwiderstandsklasse F30A und F60A ist die kleinste Seitenlänge der Stütze

20 cm und das Maß u = 20 bis 35 mm. Wird von diesen 35 mm noch der halbe Längsstadurchmesser und der Bügeldurchmesser abgezogen, so ist für die Betondeckung die Expositionsklasse maßgebend.

Für die Feuerwiderstandsklasse **F90A** ist die kleinste Seitenlänge bzw. der Durchmesser der Stütze 24 cm, das Maß u = 45 mm. So ist die Betondeckung 45 mm minus dem halben Längsstadurchmesser und minus dem Bügeldurchmesser. Die Betondeckung bis zum Bügel sollte 30 mm nicht unterschreiten. Für die Feuerwiderstandsklasse **F120A** ist die kleinste Seitenlänge bzw. der Durchmesser der Stütze = 28 cm, dass Maß u bis zur Mitte des Längsstabes = 55 mm. Die Betondeckung bis zum Bügel ist 35 mm. Für die Feuerwiderstandsklasse **F180A** ist die kleinste Seitenlänge bzw. der Durchmesser der Stütze = 36 cm. Das Maß u bis zur Mitte des Längseisens beträgt je nach Seitenlänge von 36 cm = 83 mm und bei 60 cm ist das Maß u = 70 mm. Hier wird die Stütze sicher mit den Abmessungen von 50/50 cm eingebaut. Das Maß u ist dann 75 mm und die Betondeckung bis zum Bügel beträgt 55 mm. Hier ist keine Zusatzbewehrung erforderlich. Betone ab einem C55/67 neigen bei Brandeinwirkung schnell in den Randbereichen zu Betonabplatzungen. Hier sind besondere betontechnologische Maßnahmen erforderlich.

Wände (Brandwände)

Wände aus Beton eignen sich besonders für den Brandschutz als Brandwände. Brandwände bzw. Brandabschnitte sollten einen Abstand von 40 m haben und durch alle Geschosse bis über das Dach geführt werden. Dieser Überstand muss mindestens 50 cm bis zur Dachhaut betragen. Ist das nicht möglich und die Wand endet unter oder in der Dachhaut, muss beidseitig ein 5 m Streifen aus harter Bedachung (Beton) eingebaut werden. Öffnungen im Dach sollen 5 m von der Brandwand entfernt liegen. Ist die äußere Wand nur 2,50 m oder weniger vom Nachbargebäude entfernt, muss sie als Brandwand ausgeführt werden.

Tragende Stahlbetonwände sind in den Feuerwiderstandsklassen:

F30A mindestens 12 cm stark.

F60A mindestens 14 cm stark.

F90A mindestens 17 cm stark.

Bei diesen Brandklassen ist die Expositions-klasse zur Bestimmung der Betondeckung maßgebend.

Tragende Wände mit der Feuerwiderstandsklasse F120A und dem Ausnutzungsfaktor 1,0 müssen 22 cm stark ausgeführt werden. Hierbei ist das Betondeckungsmaß u bis zum 1. vertikalen Stab = 35 mm. Liegt die Querbewehrung außen oder wird eine Betonstahlmatte eingebaut, ist das Maß u auch hier bis zum vertikalen Stab = 35 mm.

In der Feuerwiderstandsklasse F180A muss die Wand mindestens 30 cm stark und das Maß $u = 55$ mm sein. Von der Betonkante bis zur Mitte des 1. vertikalen Stabes gemessen ist das Maß u .

Im Wangenbereich von Durchbrüchen, Türen und Fenstern muss ebenfalls auf die erhöhte Betondeckung geachtet werden. Bei 1-seitiger Brandbeanspruchung ist die Betondeckung und das Maß u gleich den obigen Maßen.

Unterzüge (Betonbalken):

Unterzüge mit Decken werden 3-seitig beansprucht. Auch Betonrähme die auf Mauerwerk aufliegen, haben eine 3-seitige Brandbeanspruchung. Betonbalken sind von 4 Seiten beflammbar.

Die Mindestbreite b das Betondeckungsmaß u und die Mindestanzahl der Bewehrungsstäbe in der unteren Lage bei 3-seitiger Beanspruchung und statisch bestimmt gelagerten Unterzügen betragen:

Für die Feuerwiderstandsklasse **F30A** ist die Mindestbreite b 8 cm. Bemerkung: Unter 15 cm sollte kein Unterzug geplant werden.

Die Expositions-klasse ist zur Bestimmung der Betondeckung maßgebend. Bei einer Breite von größer oder gleich 20 cm müssen 3 Stäbe eingebaut werden. Darunter reichen zwei Stäbe.

Für die Feuerwiderstandsklasse **F60A** ist die Mindestbreite $b = 12$ cm. Nicht unter 15 cm planen. Die Betondeckung ist nach der Expositions-klasse zu bestimmen. Bis zu einer

Unterzugbreite von 19 cm reichen in der unteren Lage zwei Stäbe. Ab 20 cm müssen 3 Stäbe eingebaut werden. Ist der Unterzug größer oder gleich 30 cm müssen vier Bewehrungsstäbe eingelegt werden.

Für die Feuerwiderstandsklasse **F90A** muss die Bauteilbreite mindestens 15 cm sein. Hier sollten zwei Stäbe in der unteren Lage eingebaut werden. Mit der hohen Betondeckung ist es unmöglich zwei Eisen mit dem Durchmesser 20 mm einzubauen. Das Mindestmaß b sollte bei einer Betondeckung von 3,5 cm bis zum Bügel nicht unter 20 cm liegen. In der unteren Lage müssen 3 Stäbe vorgesehen werden.

Ab einer Breite b von 25 cm müssen 4 Eisen eingebaut werden und über einer Breite von 40 cm müssen 5 Eisen eingebaut werden.

Zu beachten ist hier und bei allen brandbeanspruchten Unterzügen und Balken, dass die angegebene Anzahl der Bewehrungsstäbe durchlaufend über die Auflager geführt werden.

Decken:

Liegt in der oberen Lage eine vollflächige Bewehrung, braucht auf den Brandschutz nicht geachtet werden. Eine Betondeckung von 35 mm wird erforderlich, wenn keine obere, vollflächige Bewehrung vorgesehen wird. Ebenso ist in diesem Fall die Stützbe-wehrung beidseitig um 25% zu verlängern.

Verbundträger-Decken: Dabei handelt es sich um Decken aus Stahlträgern, im Verbund mit einer Betonplatte. Diese Decken kommen in verschiedenen Ausführungen zur Anwendung. Die Brandschutzanforderungen an die Betonplatte mit der Betondeckung ist den Decken zu entnehmen. Die Stahlträger müssen vor der Brandeinwirkung geschützt werden. Hier kommen Materialien wie Mineralfaser, Spritzputz, Brandschutzplatten aus Mineralfaser oder auch ein feuerfester Anstrich zur Anwendung. Bei Kappendecken braucht nur die Unterseite der Stahlträger vor Brandbeanspruchung geschützt werden.

3 Verankerung von Betonstahl

3.1 Grundmaß der Verankerungslänge

Mit Betonstahl ist hier der Einzelstab nach DIN 488 und den Stabdurchmessern von 6 bis 28 mm gemeint. Die Stabdurchmesser 32 und 40 mm werden nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung geregelt. Bst 500S ist die Abkürzung für Betonstahl, 500 ist der Wert für die Streckgrenze des Stahles in N/mm^2 . Das Kürzel S ist als Einzelstab definiert.

Betonstahl Bst 500S wird in Deutschland nach DIN 488 mit hohen Duktilitätseigenschaften hergestellt. Der Stahl ist warmgewalzt und nachbehandelt und ist deshalb in hochduktil (B) einzustufen.

Betonstahl ist in den Lagerlängen von 12 bis 16 m vorrätig. Bis zu einem Stabdurchmesser von 12 mm beträgt die Lagerlänge 12 m. Die lieferbare Lagerlänge ab dem Stabdurchmesser 14 mm beträgt 14 bis 16 m. Es ist durchaus möglich, den Stabstahl bis zu einer Länge von 31 m herzustellen

Dieser Bewehrungsstab muss nun in einem Biegebetrieb auf die gewünschte Länge und Form gebracht werden. Die Angaben über Länge, Durchmesser der Bewehrung und die Biegeform liefert der Konstrukteur mittels Eisen- und Biegelisten.

Um nun die genaue Länge eines Bewehrungsstabes zu ermitteln, muss der Konstrukteur die Auflagerlänge, zum Beispiel eines Unterzuges kennen. Der Bewehrungsstab sollte 3 bis 4 cm kürzer als die Auflagerlänge sein. Das ist die Verankerungslänge eines Betonstabes.

Die Verankerungslängen werden nun in drei Bereiche unterschieden. Das ist die Verankerung über dem Auflager, die Verankerung des Eisens im Feld und die Übergreifungslänge zweier Stäbe. Zu beachten ist hier die unterschiedliche Verankerungslänge in der oberen und unteren Lage der Bewehrung. Alle Verankerungslängen werden von dem

Grundmaß der Verankerungslänge abgeleitet. Das Kürzel für das Grundmaß ist l_b und errechnet sich aus dem Stabdurchmesser geteilt durch 4. Dieser Wert, multipliziert mit dem Faktor aus der Streckgrenze des Betonstabes geteilt durch die Verbundspannung, ist das Grundmaß der Verankerungslänge.

Der Bemessungswert der Streckgrenze des Betonstabes wird mit f_{yd} bezeichnet.

Der Bemessungswert der Verbundspannung wird mit f_{bd} bezeichnet. In der **Tabelle 3.2** sind die Werte für das Grundmaß der Verankerung angegeben.

Das Grundmaß der Verankerung ist gleichzeitig die Verankerungslänge für Druckstützen. Für die Verankerungslänge über den Auflagern ist der Beiwert in der **Tabelle 3.1** zu beachten. Mit diesem Beiwert und der dargestellten Biegeform, kann die Verankerungslänge multipliziert werden und wird kürzer. Reicht die Verankerungslänge nicht aus, ist eine Schlaufenform dem aufgebogenen Eisen bei der Endverankerung vorzuziehen. Denn durch ein aufgebogenes Eisen, mit dem großen Biegerollendurchmesser, befände sich im unteren Bereich des Auflagers keine Bewehrung. Schlaufenformen hingegen werden als Zulagen liegend eingebaut. Ihre Anzahl errechnet sich aus der erforderlichen Bewehrung am Endauflager. Die verschiedenen Bereiche der Endverankerung sind auf **Seite 9** dargestellt.

Es ist nicht erforderlich, alle Bewehrungsstäbe bis zum Endauflager zu führen. Hier ist dann die Verankerung im Feld mit dem Grundmaß, dem Versatzmaß und dem Beiwert aus **Tabelle 3.1** zu ermitteln. Die genauen Verankerungslängen sind in den einzelnen Abschnitten, Erläuterungen und zeichnerischen Darstellungen angegeben.

Bewehrungsstäbe oder Baustahlmatten, die in der oberen Lage nur aus konstruktiven Gründen durchlaufen, können mit dem Grundmaß l_b übergreifen. Ist aber eine Druckbewehrung einzulegen, so müssen die Bewehrungsstäbe oben mit der erforderlichen Übergreifungslänge gestoßen werden.