

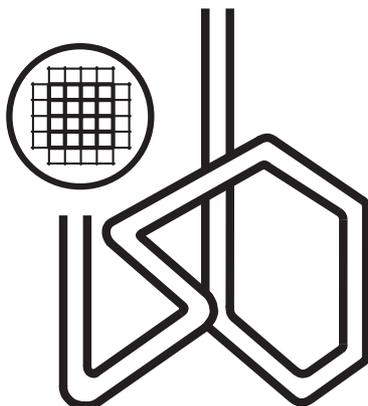
# Inhaltsverzeichnis

<b>Arbeitsblatt 1:</b>	<b>Kennzeichnung (Erkennung) von Betonstahl Lieferprogramme der Hersteller</b>	<b>5</b>
<b>Arbeitsblatt 2:</b>	<b>Beschreibung der Betonstähle Sorten, Lieferformen, Eigenschaften</b>	<b>17</b>
<b>Arbeitsblatt 3:</b>	<b>Grundlagen von DIN 1045-1 (Sicherheitskonzept, Nachweisverfahren, Schnittgrößenermittlung)</b>	<b>31</b>
<b>Arbeitsblatt 4:</b>	<b>Nachweise der Tragfähigkeit, Querschnittsbemessung</b>	<b>39</b>
<b>Arbeitsblatt 5:</b>	<b>Nachweise der Gebrauchstauglichkeit</b>	<b>59</b>
<b>Arbeitsblatt 6:</b>	<b>Sicherstellung der Dauerhaftigkeit</b>	<b>63</b>
<b>Arbeitsblatt 7:</b>	<b>Verbund, Verankerungen, Stöße</b>	<b>65</b>
<b>Arbeitsblatt 8:</b>	<b>Bewehrungs- und Konstruktionsregeln</b>	<b>79</b>
<b>Arbeitsblatt 9:</b>	<b>Nachweis gegen Ermüdung für Betonstahl</b>	<b>93</b>
<b>Arbeitsblatt 10:</b>	<b>Schweißen von Betonstahl</b>	<b>99</b>
<b>Arbeitsblatt 11:</b>	<b>Unterstützungen für die obere Bewehrung</b>	<b>105</b>
<b>Arbeitsblatt 12:</b>	<b>Mechanische Verbindungen</b>	<b>109</b>
<b>Arbeitsblatt 13:</b>	<b>Formelzeichen, Begriffe für die Bewehrung</b>	<b>117</b>

# Bewehren von Stahlbetontragwerken

nach  
DIN 1045-1: 2001-07

## Arbeitsblätter



**INSTITUT FÜR STAHLBETONBEWEHRUNG e.V.**

Idee und Konzeption:

D. Rußwurm

Ausarbeitung:

D. Rußwurm, E. Fabritius

Druckvorlagen:

A. Munde

© 2002 Institut für Stahlbetonbewehrung e.V.

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

In diesem Buch wiedergegebene Gebrauchsnamen, Handelsnamen und Warenbezeichnungen dürfen nicht als frei zur allgemeinen Benutzung im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung betrachtet werden.

## **Einführung**

Aufgrund des völlig neuen Konzeptes der DIN 1045-1 war es notwendig, für die Bewehrungsaufgaben im Rahmen dieser Norm ein gegenüber den bisherigen Bemessungstabellen des ISB wesentlich ausführlicheres Dokument zu erarbeiten.

Das ISB hat zu diesem Zweck Arbeitsblätter erstellt, die den praktisch tätigen Tragwerksplaner in das Konzept der neuen Norm einführen und für alle wesentlichen Bemessungsfälle sowie die Konstruktion die entsprechenden Hilfsmittel zur Verfügung stellen.

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>Arbeitsblatt 1:</b>	<b>Kennzeichnung (Erkennung) von Betonstahl Lieferprogramme der Hersteller</b>	<b>5</b>
<b>Arbeitsblatt 2:</b>	<b>Beschreibung der Betonstähle Sorten, Lieferformen, Eigenschaften</b>	<b>17</b>
<b>Arbeitsblatt 3:</b>	<b>Grundlagen von DIN 1045-1 (Sicherheitskonzept, Nachweisverfahren, Schnittgrößenermittlung)</b>	<b>31</b>
<b>Arbeitsblatt 4:</b>	<b>Nachweise der Tragfähigkeit, Querschnittsbemessung</b>	<b>39</b>
<b>Arbeitsblatt 5:</b>	<b>Nachweise der Gebrauchstauglichkeit</b>	<b>59</b>
<b>Arbeitsblatt 6:</b>	<b>Sicherstellung der Dauerhaftigkeit</b>	<b>63</b>
<b>Arbeitsblatt 7:</b>	<b>Verbund, Verankerungen, Stöße</b>	<b>65</b>
<b>Arbeitsblatt 8:</b>	<b>Bewehrungs- und Konstruktionsregeln</b>	<b>79</b>
<b>Arbeitsblatt 9:</b>	<b>Nachweis gegen Ermüdung für Betonstahl</b>	<b>93</b>
<b>Arbeitsblatt 10:</b>	<b>Schweißen von Betonstahl</b>	<b>99</b>
<b>Arbeitsblatt 11:</b>	<b>Unterstützungen für die obere Bewehrung</b>	<b>105</b>
<b>Arbeitsblatt 12:</b>	<b>Mechanische Verbindungen</b>	<b>109</b>
<b>Arbeitsblatt 13:</b>	<b>Formelzeichen, Begriffe für die Bewehrung</b>	<b>117</b>

## Kurze Angaben zu den Arbeitsblättern

Die **Arbeitsblätter 1 und 2** beinhalten eine ausführliche Darstellung zum Thema Betonstähle.

In **Arbeitsblatt 3** sind die Grundlagen des neuen Sicherheitskonzeptes, die Nachweisverfahren sowie die Verfahren zur Schnittgrößenermittlung enthalten.

Für die Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit (Querschnittsbemessung) sind im **Arbeitsblatt 4** die für die Bewehrung wesentlichen Sachverhalte zusammengestellt.

Das **Arbeitsblatt 5** befasst sich mit den Nachweisen der Gebrauchstauglichkeit.

Die Maßnahmen zur Sicherstellung der Gebrauchstauglichkeit enthält **Arbeitsblatt 6**.

Die für Verbund, Verankerungen und Stöße von Betonstählen geltenden Regeln sind in **Arbeitsblatt 7** aufgeführt. Dieses Arbeitsblatt enthält auch Tabellen für die Stoßlängen für alle Durchmesser (auch bei Stabbündeln anwendbar) und Betongütern, Verbundgütern und Stoßanteile.

In **Arbeitsblatt 8** sind die wesentlichen Bewehrungs- und Konstruktionsregeln enthalten; dazu gehören Angaben über Biegen (Rückbiegen) und Mindest-(Höchst-)Bewehrung.

Das **Arbeitsblatt 9** umfasst den Nachweis gegen Ermüdung. Dabei werden die notwendigen Erläuterungen zu den Wöhlerlinien und die Nachweisverfahren (Palmgreen-Miner) gegeben.

Das Schweißen von Betonstahl, bei dem die DIN 1045-1 auf DIN 4099-1 und 4099-2 Bezug nimmt, ist in **Arbeitsblatt 10** behandelt. Es werden auch Regeln für die Praxis angegeben.

Die Regeln für die Anwendung und den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit von Unterstützungen für die obere Bewehrung sind in **Arbeitsblatt 11** enthalten.

Das **Arbeitsblatt 12** enthält eine Auflistung der derzeit wichtigsten mechanischen Betonstahl-Verbindungen.

Das **Arbeitsblatt 13** enthält die wesentlichen Formelzeichen und Begriffe für die Bewehrung.

### Danksagungen:

Die Arbeitsblätter 3, 4, 5, 6 und 7 wurden von Univ.-Prof. Dr.-Ing. K. Zilch (Dipl.-Ing. Andreas Rogge) geprüft.

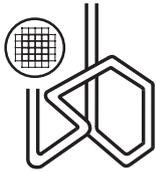
Die Abfassung des Arbeitsblattes 8 erfolgte durch das Ingenieurbüro Windels, Timm, Morgen, wobei Herr Dr. Timm und Herr Dr. Wollrab die wesentliche Arbeit übernahmen.

Das Arbeitsblatt 9 wurde in enger Abstimmung mit Univ.-Prof. Dr.-Ing. Graubner erstellt.

Das Arbeitsblatt 10 wurde in Zusammenarbeit mit der SLV Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt München (Dipl.-Ing. Vollprecht) erarbeitet.

Ein Arbeitskreis des ISB, bestehend aus den Herren Dr.-Ing. Michael Schwarzkopf, BDW, Dipl.-Ing. F. Schmitt, HD, Ralf Bartscheit, B-Tec, und Dipl.-Ing. J. Poulsen, WDI, stand für Diskussionen zum Arbeitsblatt 2 zur Verfügung.

Herrn Ministerialrat a.D. Dr.-Ing. Otto Wagner und Herrn Dipl.-Ing. J. Brodmeier wird für die Durchsicht des Manuskriptes herzlich gedankt.



Arbeitsblatt 1  
Ausgabe 2002-01

# Bewehren von Stahlbetontragwerken nach DIN 1045-1:2001-07

## Kennzeichnung (Erkennung) von Betonstahl Lieferprogramme der Hersteller

Gesamtherstellung und Herausgabe:  
Institut für Stahlbetonbewehrung e.V.

### 1 Allgemeines

Betonstähle, hergestellt nach DIN 488, Teil 1, 1984, oder einer gültigen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung haben ein einheitliches

#### Kennzeichnungssystem

Dieses ermöglicht das Erkennen

- ⇒ **der Stahlsorte**
- ⇒ **des Herstellwerks**

Die **Stahlsorte** ist über die **Oberflächengestalt** - Rippenform - zu identifizieren (Grundgedanke: grobsinnlich wahrnehmbar).

Das **Herstellwerk** ist festgelegt durch eine Abfolge des kennzeichnenden Prägemerkmals, wie

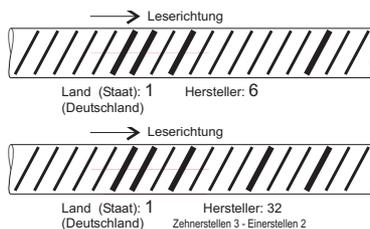
- dicke und normal breite Rippen
- kleine Rippen oder Punkte, die zwischen normal breiten Rippen angebracht werden
- weggelassene Rippen
- Punkte im Bereich der Eintiefungen bei der Tiefrippung

Der Anfang ist durch Verdoppelung des kennzeichnenden Prägemerkmals festgelegt.

Darauf folgt die Kennzahl für das Land (den Staat), in dem der Hersteller produziert, und anschließend die Kennzahl für den Hersteller.

Das Werkkennzeichen muss sich im Abstand von ca. 1 m wiederholen.

Beispiele:



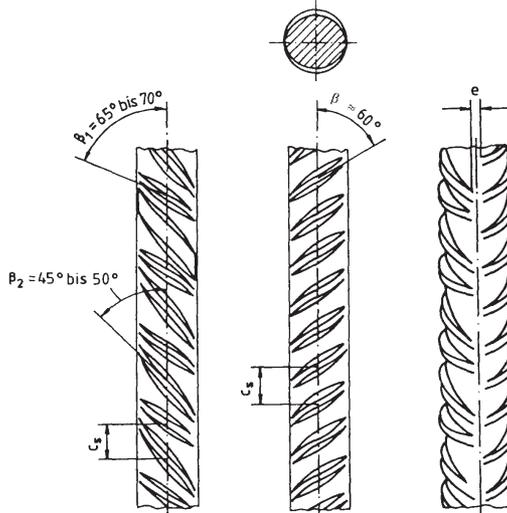
Dieses Arbeitsblatt enthält in Abschnitt 6 die Werkkennzeichen aller deutschen Betonstahlhersteller, die Mitglied im Institut für Stahlbetonbewehrung e.V. (ISB) sind.

## 2 Stahlsorten - Erkennung mittels der Oberflächengestalt

### 2.1 BSt 500 S (Betonstabstahl) nach DIN 488 ( $6,0 \text{ mm} \leq d_s \leq 28,0 \text{ mm}$ ) BSt 500 S gemäß allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung ( $d_s = 32 \text{ mm}; 40 \text{ mm}$ )

Der Betonstahl BSt 500 S weist zwei Reihen von Rippen auf.

Die Rippen einer Reihe haben unterschiedliche Neigung, die der zweiten sind parallel angeordnet.

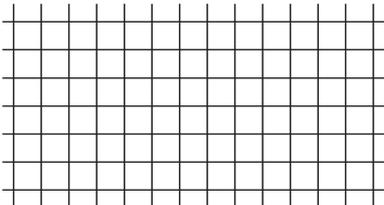


Hinweis:

BSt 500 S mit Gewinderippen gemäß bauaufsichtlicher Zulassung ist ein Betonstahl der Sorte BSt 500, dessen Schrägrippen ein Gewinde zur Herstellung von mechanischen Verbindungen und zur Anbringung von Verankerungen über aufgeschraubte Muffen/Ankerkörper bilden. Die Rippen bilden ein eingängiges Rechts- oder Linksgewinde.

### 2.2 BSt 500 M (Betonstahlmatte) nach DIN 488 und gemäß allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung

#### 2.2.1 Betonstahlmatte der Sorte BSt 500 M nach DIN 488 (BSt 500 M-dyn: siehe Arbeitsblatt 2, B.9.4)

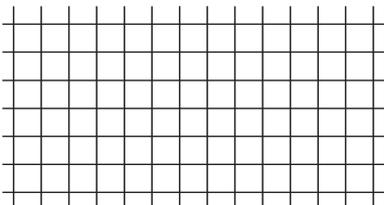


Unklare Duktilitätseigenschaften:  
entweder  $R_m/R_e \geq 1,03$   
oder  $R_m/R_e \geq 1,05$

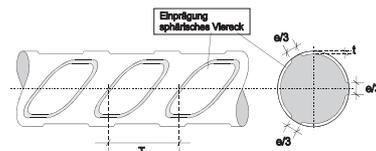


Die Stäbe der Betonstahlmatte besitzen drei Reihen von Schrägrippen. Eine Rippenreihe muss gegenläufig sein; die einzelnen Rippenreihen dürfen gegeneinander versetzt sein.

#### 2.2.2 Betonstahlmatte der Sorte BSt 500 M mit Tiefrippung gemäß allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung

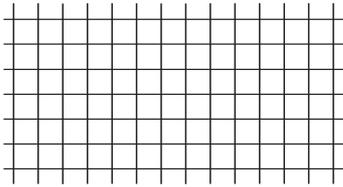


Duktilität entsprechend DIN 1045-1  
( $R_m/R_e \geq 1,05$ )

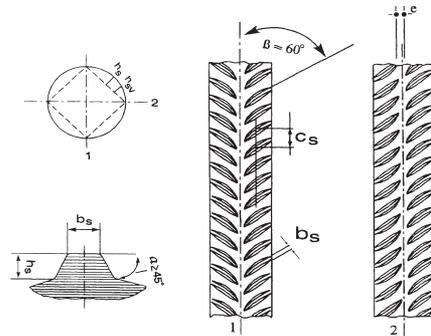


Die Stäbe der Betonstahlmatte besitzen drei Reihen von Vertiefungen (Tiefrippung). Eine Reihe von Vertiefungen muss gegenläufig sein; die einzelnen Reihen dürfen gegeneinander versetzt sein.

### 2.2.3 Betonstahlmatte der Sorte BSt 500 MW gemäß allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung



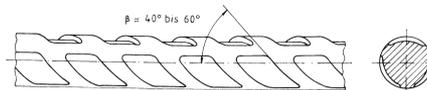
Die Drähte weisen zwei einander gegenüberliegende Reihen mit Schrägrippen auf, deren Enden in die Oberfläche auslaufen. Es dürfen keine ausgeprägten Längsrippen vorhanden sein.



Die Rippung entspricht BSt 500 S oder BSt 500 WR mit Sonderrippung.

### 2.3 Bewehrungsdraht BSt 500 G und BSt 500 P nach DIN 488

Bewehrungsdraht ist kein Betonstahl im Sinne von DIN 1045-1.



BSt 500 P

Der Bewehrungsdraht ist entweder glatt (G) oder profiliert (P).

### 2.4 Betonstahl in Ringen BSt 500 WR oder BSt 500 KR

Betonstahl in Ringen wird gemäß allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung in der Sorte BSt 500 hergestellt.

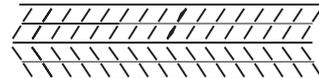
#### BSt 500 WR

Die Oberflächengestalt entspricht entweder BSt 500 S (siehe Bild in 2.1) oder es sind zwei oder vier Reihen mit Schrägrippen gleichen Abstandes und gleicher Neigung angeordnet.

Betonstähle der Sorte BSt 500 WR besitzen auf einer Rippenreihe ohne Werkkennzeichen ein zusätzliches Kennzeichen in Form einer verstärkten Rippe oder einen verfüllten Rippenzwischenraum, das sich in ca. 1 m Abstand wiederholt.



BSt 500 WR



BSt 500 WR (WRS) mit Sonderrippung

#### BSt 500 KR

Es handelt sich um kaltgewalzten Betonstahl. Die Oberflächengestalt entspricht der der Drähte, aus denen BSt 500 M hergestellt wird (siehe 2.2).

Die Kennzeichnung erfolgt über verbreiterte Rippen oder verfüllte Rippenabstände.



#### Hinweis:

Die Kennzeichnung ist für Lagermatten, Listenmatten und Betonstahlmatten gemäß allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung gleich.

### 2.5 Gitterträger

Gitterträger müssen sowohl das Kennzeichen des Herstellers (Verschweißerzeichen) als auch das des Herstellers des Gitterträgervormaterials tragen.

Verschweißerzeichen und Werkkennzeichen sind identisch bei Selbsterzeugern des Gitterträgervormaterials.

Bei Fremdbezug des Gitterträgervormaterials sind zwei unterschiedliche Werkkennzeichen vorhanden.

Das Verschweißerzeichen muss gut wahrnehmbar und witterungsbeständig sein und ist im Abstand von ca. 1 m zu wiederholen.

Neben der Angabe des Herstellers muss auf den Etiketten die Bezeichnung des Gitterträgers einschließlich Höhe, Stabdurchmesser und Stahlorten erkennbar sein.

### 3 Mögliche Arten der Anbringung des Werkkennzeichens

Beschreibung	Bild (schematisch)	Angewandt bei
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verdickte Rippen</li> </ul>		BSt 500 S BSt 500 WR
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zwischenrippen</li> <li>• Weglassen von Rippen</li> <li>• Punkte zwischen den Rippen</li> </ul>		BSt 500 M
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Punkte in den Vertiefungen</li> </ul>		BSt 500 M (tiefgerippt)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgefüllte Rippenzwischenräume</li> </ul>		BSt 500 KR (BSt 500 P)

### 4 Kennzeichnung des Weiterverarbeiters

#### Betonstahl in Ringen

Betriebe (Biegebetriebe), die die Eignung für das Weiterverarbeiten (Richten) nachgewiesen haben, müssen auf jedes der von ihnen gefertigten Einzelstücke (Fixlängen, Bügel) das ihnen verliehene Verarbeiterkennzeichen (in der Regel eine Nummer oder ein Buchstabe) dauerhaft anbringen. Dieses Kennzeichen wird meist auf eine Anflachung neben der Schnittstelle aufgebracht.

#### Hinweis:

Der Weiterverarbeiter von Betonstahl in Ringen (Biegebetrieb) muss einen gültigen bauaufsichtlichen Eignungsnachweis besitzen (Übereinstimmungszertifikat einer anerkannten Zertifizierungsstelle).

### 5 Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen) - Prüfbescheinigung

Das Übereinstimmungszeichen mit Angabe der vollständigen Bezeichnung des Betonstahls und mit der Angabe des Werkkennzeichens darf auch auf einer Anlage, die dem Lieferschein beizufügen ist, angebracht werden. Wird Betonstahl über den Handel an den Verwender geliefert, ist vom Händler durch Beifügung der mit dem Ü-Zeichen versehenen Anlage zu bestätigen, dass der Betonstahl überwacht ist. Bei Lieferung von Betonstahl mehrerer Hersteller dürfen diese Anlagen in eine Sammelbescheinigung übertragen werden.

Wird Betonstahl in Biegebetrieben weiterverarbeitet, so ist bei der Weiterverarbeitung gleicher Betonstäbe von mehreren Herstellern auch die Beifügung einer Sammelbescheinigung mit den betreffenden Ü-Zeichen und dazugehörigen Werkkennzeichen möglich.

Bei Betonstahl in Ringen ist eine Prüfbescheinigung nach DIN EN 10204:1995-08 der Lieferung beizufügen.

## 6 Verzeichnis der ISB-Mitglieder und ihrer Produkte (Herstellerangaben)

Mitgliedswerk	Betonstahlsorten (Kurzbezeichnungen: siehe Abschnitt 8)		Durchmesser	Werk- *) kenn- zeichen
<b>BADISCHE DRAHTWERKE GMBH</b>	Betonstahlmatte	BSt 500 M	E+D 4,0 - 12,0	1/58 (58)
Postfach 1160 • 77671 Kehl Weststr. 31 • 77694 Kehl Telefon 07851/83-0 Telefax 07851/83-594 E-mail: info@bdw-kehl.de Web: www.bdw-kehl.de	Betonstahlmatte mit Tiefrippung	BSt 500 M	E+D 5,0 - 12,0	
	Betonstahlmatte aus warmgewalzten Stäben	BSt 500 MW	5,0 - 12,0	
	Bewehrungsdraht, glatt	BSt 500 G	4,0 - 12,0	
	Bewehrungsdraht, profiliert Gitterträger nach Zulassung	BSt 500 P	4,0 - 12,0	
<b>BADISCHE STAHLWERKE GMBH</b>	Betonstabstahl	BSt 500 S	6,0 - 32,0	1/21
Postfach 1160 • 77671 Kehl Graudenzler Str. 45 • 77694 Kehl Telefon 07851/83-0 Telefax 07851/83-496 E-Mail: info@bsw-kehl.de Web: www.bsw-kehl.de	Betonstahl in Ringen	BSt 500 WR	6,0 - 14,0	
	<b>BAUSTAHLGEWEBE-GRUPPE</b>			
	<b>BAUSTAHLGEWEBE Produktionsgesellschaft mbH Aalen</b>	Betonstahlmatte	BSt 500 M	E+D 4,0 - 12,0
Düsseldorfer Str. 18 • 73431 Aalen Telefon 07361/9566-0 Telefax 07361/9566-99 E-mail: baustahlgewebe-aalen@t-online.de	Betonstahlmatte mit Tiefrippung	BSt 500 M	E+D 5,0 - 12,0	
	Betonstahlmatte aus warmgewalzten Stäben	BSt 500 MW	E+D 5,0 - 12,0	
	Sonderdyn-Matte	BSt 500 M-dyn	5,0 - 12,0	
<b>BAUSTAHLGEWEBE Produktionsgesellschaft mbH Lübbecke</b>	Betonstahlmatte	BSt 500 M	E+D 4,0 - 12,0	1/35 (35)
Postfach 1143 • 32291 Lübbecke Zur Rauhen Horst 7 • 32312 Lübbecke Telefon 05741/271-0 Telefax 05741/271-118	Betonstahlmatte aus warmgewalzten Stäben	BSt 500 MW	E+D 5,0 - 12,0	
	Sonderdyn-Matte	BSt 500 M-dyn	5,0 - 12,0	
<b>BBS BAYERISCHE BEWEHRUNGS- STAHL GMBH</b>	Betonstahlmatte	BSt 500 M	E+D 4,0 - 12,0	1/32 (32)
Siefenwangerstr. 35 86424 Dinkelscherben Telefon 08292/960-0 Telefax 08292/960-199 Geschäftsführung: Friedrichstr. 16 • 69412 Eberbach, Tel. 06271/9254-50 Fax 06271/9254-68	Betonstahlmatte mit Tiefrippung	BSt 500 M	E+D 5,0 - 12,0	
	Betonstahlmatte aus warmgewalzten Stäben	BSt 500 MW	E+D 5,0 - 12,0	
	Bewehrungsdraht, glatt	BSt 500 G	4,0 - 12,0	
	Bewehrungsdraht, profiliert	BSt 500 P	4,0 - 12,0	
<b>SBS SÄCHSISCHE BEWEHRUNGS- STAHL GMBH</b>	Betonstahlmatte	BSt 500 M	E+D 4,0 - 12,0	1/28 (28)
Industriestr. A • 01612 Glaubitz Telefon 035265/515-60 Telefax 035265/56897	Betonstahlmatte mit Tiefrippung	BSt 500 M	E+D 5,0 - 12,0	
	Betonstahlmatte aus warmgewalzten Stäben	BSt 500 MW	E+D 5,0 - 12,0	
	Sonderdyn-Matte	BSt 500 M-dyn	5,0 - 12,0	
	Bewehrungsdraht, glatt	BSt 500 G	4,0 - 12,0	
	Bewehrungsdraht, profiliert	BSt 500 P	4,0 - 12,0	
	Betonstahl in Ringen	BSt 500 KR	6,0 - 12,0	
<b>BESTA EISEN- UND STAHLHANDELS GMBH</b>	Betonstahlmatte	BSt 500 M	E+D 4,0 - 12,0	1/35 (35)
Postfach 1143 • 32291 Lübbecke Zur Rauhen Horst 7 • 32312 Lübbecke Telefon 05741/2710 Telefax 05741/5240	Betonstahlmatte mit Tiefrippung	BSt 500 M	E+D 5,0 - 12,0	
	Betonstahlmatte aus warmgewalzten Stäben	BSt 500 MW	E+D 5,0 - 12,0	
	Sonderdyn-Matte	BSt 500 M-dyn	5,0 - 12,0	
	Bewehrungsdraht, glatt	BSt 500 G	4,0 - 12,0	
	Bewehrungsdraht, profiliert	BSt 500 P	4,0 - 12,0	
	Betonstahl in Ringen	BSt 500 KR	6,0 - 12,0	

Mitgliedswerk	Betonstahlsorten (Kurzbezeichnungen: siehe Abschnitt 8)		Durchmesser	Werk- *) kenn- zeichen
<b>B.E.S. BRANDENBURGER ELEKTROSTAHLWERKE GMBH</b>	Betonstahl in Ringen	BSSt 500 WR	6,0 - 14,0	1/16
Postfach 1230 • 14732 Brandenburg Woltersdorfer Str. 40 • 14770 Brandenburg Telefon 03381/350-240 Telefax 03381/350-271	Betonstahlmatte Betonstahlmatte mit Tiefrippung	BSSt 500 M BSSt 500 M	E+D 4,0 - 10,0 E+D 5,0 - 12,0	1/70 (70)
<b>ESF ELBE-STAHLLWERKE FERALPI GMBH</b>	Betonstabstahl	BSSt 500 S	8,0 - 32,0	1/26
Gröbaer Str. 3 01591 Riesa Telefon 03525/749-0 Telefax 03525/749-109 Web: www.feralpi.de	Betonstahl in Ringen	BSSt 500 WR	6,0 - 16,0	1/26
	Betonstahlmatte	BSSt 500 M	5,0 - 12,0	1/6
	Betonstahlmatte mit Tiefrippung	BSSt 500 M	5,0 - 12,0	1/6
	Betonstahlmatte aus warmgewalzten Stäben Ringen (WR)	BSSt 500 MW	6,0 - 16,0 6,0 - 12,0	1/26 1/26
	Sonderdyn-Matte	BSSt 500 M-dyn	6,0 - 12,0	1/6
	Betonstahl in Ringen	BSSt 500 KR	6,0 - 12,0	1/6
	Stäbe bis 14 m Länge		6,0 - 12,0	1/6
<b>H.E.S. HENNINGSDORFER ELEKTROSTAHLWERKE GMBH</b>	Betonstabstahl	BSSt 500 S	10,0 - 40,0	1/9
Postfach 100145 • 16748 Hennigsdorf Wolfgang-Küntscher-Str. 18 16761 Hennigsdorf Telefon 03381/350-240 Telefax 03381/350-271				
<b>HOCHWALD-DRAHTWERK GMBH</b>	Betonstahlmatte Betonstahlmatte mit Tiefrippung	BSSt 500 M BSSt 500 M	E+D 4,0 - 12,0 E+D 5,0 - 12,0	1/66 (66)
Rass-Straße • 54497 Horath Telefon 06504/139-0 Telefax 06504/139-28 /139-60 /1799	Bewehrungsdraht, glatt Bewehrungsdraht, profiliert Betonstahl in Ringen Betonstahl in Stäben Gitterträger nach Zulassungen Schubträger	BSSt 500 G BSSt 500 P BSSt 500 KR BSSt 500 KR BSSt 500 M,P,G BSSt 500 M,P,G	4,0 - 12,0 4,0 - 12,0 6, 8, 10, 12 6, 8, 10, 12 5 - 14 5 - 7	
<b>LECH-STAHLLWERKE GMBH</b>	Betonstabstahl	BSSt 420 S BSSt 500 S	8,0 - 28,0 8,0 - 32,0	1/22
Industriestraße 1 • 86405 Meitingen Telefon 08271/82-300 Telefax 08271/82-456 E-mail: info@lech-stahlvertrieb.de				
<b>NECKAR DRAHTWERKE GMBH</b>	Bewehrungsdraht, glatt Bewehrungsdraht, profiliert	BSSt 500 G BSSt 500 P	4,0 - 12,0 4,0 - 12,0	1/13 (13)
Friedrichsdorfer Landstr. 54-58 69412 Eberbach Telefon 06271/82-0 Telefax 06271/82413				
<b>PHB DRAHTWERK GMBH</b>	Betonstahlmatte Betonstahlmatte mit Tiefrippung	BSSt 500 M BSSt 500 M	E+D 4,0 - 12,0 E+D 5,0 - 12,0	1/78 (78)
Nordseekai 37-39 • 73207 Plochingen Telefon 07153/70270 Telefax 07153/702750	Bewehrungsdraht, glatt	BSSt 500 G	4,0 - 12,0	
	Bewehrungsdraht, profiliert	BSSt 500 P	4,0 - 12,0	
<b>RIVA STAHL GMBH Werk Lampertheim</b>	Betonstahlmatte Betonstahlmatte mit Tiefrippung	BSSt 500 M BSSt 500 M	E+D 5,0 - 9,0 E+D 5,0 - 12,0	1/39 (39)
Postfach 1768 • 68607 Lampertheim Industriegebiet Nord • 68623 Lampertheim Telefon 06206/5004-0 Telefax 06206/5004-135 oder -138	Bewehrungsdraht, glatt Bewehrungsdraht, profiliert Betonstahl in Ringen Betonstahl in Stäben	BSSt 500 G BSSt 500 P BSSt 500 WR BSSt 500 WR	4,0 - 12,0 4,0 - 12,0 6,0 - 14,0 6,0 - 14,0	

Mitgliedswerk	Betonstahlsorten (Kurzbezeichnungen: siehe Abschnitt 8)		Durchmesser	Werk- *) kenn- zeichen
<b>STAHLWERK ANNAHÜTTE</b> <b>Max Aicher GmbH &amp; Co KG</b> 83404 Hammerau Telefon 08654/487-0 Telefax 08654/487-960 und -950 E-mail: Stahlwerk@Annahuette.com	Betonstabstahl Betonstabstahl mit Gewinderippen Stabstahl mit Gewinderippen Betonstahl für den kern- technischen Ingenieurbau Stabstahl mit Epoxidharzbeschichtung	BSSt 500 S BSSt 500 S mit Gewinderippen S 555/700 St 1100	8,0 - 40,0 12,0 - 50,0  63,5 16,0 - 28,0  12,0 - 63,5	1/12
<b>W D I BAUSTAHL GMBH</b> <b>Werk Salzgitter</b> Postfach 100166 • 38201 Salzgitter Museumstr. 64 • 38229 Salzgitter Telefon 05341/8887-0 Telefax 05341/8887-85	Betonstahlmatte Betonstahlmatte mit Tiefrippung Betonstahlmatte aus warmgewalzten Stäben Bewehrungsdraht, glatt Bewehrungsdraht, profiliert Betonstahl in Ringen	BSSt 500 M BSSt 500 M BSSt 500 MW  BSSt 500 G BSSt 500 P BSSt 500 KR	E+D 4,0 - 12,0 E+D 5,0 - 12,0 E+D 5,0 - 12,0  4,0 - 12,0 4,0 - 12,0 6,0 - 12,0	1/24 (24)
<b>W D I BAUSTAHL GMBH</b> <b>Werk Biebesheim am Rhein</b> Postfach 1208 • 64581 Biebesheim Hahnweg 17 • 64584 Biebesheim Telefon 06258/9823-0 Telefax 06258/9823-23	Betonstahlmatte Betonstahlmatte mit Tiefrippung Bewehrungsdraht, glatt Bewehrungsdraht, profiliert	BSSt 500 M BSSt 500 M BSSt 500 G BSSt 500 P	E+D 4,0 - 12,0 E+D 5,0 - 12,0 4,0 - 12,0 4,0 - 12,0	1/15 (15)
<b>W D I BAUSTAHL GMBH</b> <b>Werk Büdelsdorf</b> Postfach 225 • 24756 Rendsburg Am Ahlmannkai • 24782 Büdelsdorf Telefon 04331/3468-0 Telefax 04331/3468-32	Betonstahlmatte Betonstahlmatte mit Tiefrippung Sonderdyn-Matte Betonstahl in Ringen	BSSt 500 M BSSt 500 M BSSt 500 M-dyn BSSt 500 KR	E+D 4,0 - 12,0 E+D 5,0 - 12,0 5,0 - 12,0 6,0 - 12,0	1/86 (86)
<b>Werk</b> <b>Rothenburg/Saale</b> Westfälische Drahtindustrie GmbH Draht- und Seilwerke Rothenburg Friedensstr. 21 • 06420 Rothenburg/Saale Telefon 034691/41331 Telefax 034691/41332	Betonstahlmatte Betonstahlmatte mit Tiefrippung Bewehrungsdraht, glatt Bewehrungsdraht, profiliert Bewehrungsdraht, glatt und profiliert mit verzinkter Oberfläche	BSSt 500 M BSSt 500 M BSSt 500 G BSSt 500 P	E+D 4,0 - 9,0 E+D 5,0 - 12,0 4,0 - 12,0 4,0 - 12,0	1/29 (29)
<b>WILHELM SCHWARZ &amp; CO</b> <b>Bewehrungstechnik GmbH &amp; Co</b> Postfach 54 • 96130 Schlüsselfeld Debersdorfer Str. 2 • 96132 Schlüsselfeld Telefon 09552/9228-0 Telefax 09552/9228-35	Betonstahlmatte Betonstahlmatte mit Tiefrippung Bewehrungsdraht, glatt Bewehrungsdraht, profiliert	BSSt 500 M BSSt 500 M BSSt 500 G BSSt 500 P	E+D 4,0 - 12,0 E+D 5,0 - 12,0 4,0 - 12,0 4,0 - 12,0	1/65 (65)

\*) 1/65  
(65) = ursprünglich ohne Herstellland (-staat): 65  
Neu mit Herstellland (-staat): 1/65

Beim Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) in 10829 Berlin, Kolonnenstr. 30 (Tel.: 030/787.30-0) ist eine vollständige Auflistung aller Betonstahlhersteller und Weiterverarbeiter unter dem Titel "Betonstahlverzeichnisse" in der jeweils aktuellen Fassung erhältlich.

## 7 Zulassungen der ISB-Mitgliedswerke für andere Staaten (Herstellerangaben)

Herstellwerk	Zulassung für Staat	Betonstahlsorten	Bezeichnung / Norm	Durchmesser	WKZ
BADISCHE DRAHTWERKE GmbH Postfach 1160 77671 Kehl	Belgien	Betonstahl in Ringen, kaltverformt Betonstahlmatte Gitterträger	DE 500 BS DE 500 BS Type 1 und Type 2	6, 8, 10, 12 mm 5, 6, 8, 10 mm	
	Frankreich	Betonstahlmatte Bewehrungsdraht Gitterträger	TS HA BADEX FeE500-2 / BADEX FeE500-2 / BADEX PK KAISER KT 800, KTS	5 - 9 mm 4,0, 4,5 mm 5 - 12 mm 5 - 12 mm	
	Niederlande	Betonstahl in Ringen, kaltverformt Betonstahlmatte Gitterträger	FeB 500 HKN FeB 500 HKN Type 1	5,6,8,10,12 mm 5 - 8 mm	
	Österreich	Gitterträger			
	Schweiz	Betonstahl in Ringen, kaltverformt Betonstahlmatte	S 550 BADEX S 550 S 500	6 - 12 mm 4 - 10 mm 5 - 10 mm	
BADISCHE STAHLWERKE GmbH Postfach 1160 77671 Kehl	Belgien (gilt auch in Luxembourg)	Betonstabstahl Betonstahl im Ring	BE 500 S / NBN A 24-301/302, BE 500 S / NBN A 24-301/302,	6 - 32 mm 6 - 14 mm	
	Dänemark	Betonstabstahl	K 550 TS / DS 13080-1 b3	10 - 32 mm	
	Finnland	Betonstahl im Ring	A 500 HR (SFS 1215) STF	8 - 12 mm	
	Frankreich (gilt auch in Rumänien)	Betonstabstahl Betonstahl im Ring	FeE500-3 / NF A 35-016 FeE500-3 / NF A 35-016	6 - 32 mm 6 - 14 mm	
	Groß- britannien (gilt auch in Irland)	Betonstabstahl Betonstahl im Ring	Grade 460B / BS 4449 Grade 460B / BS 4449	6 - 32 mm 6 - 12 mm	
	Niederlande	Betonstabstahl Betonstahl im Ring	FeB 500 HWL / NEN 6008 FeB 500 HK / NEN 6008 FeB 500 HK / NEN 6008	10 - 32 mm 6 - 10 mm 6 - 14 mm	
	Österreich	Betonstabstahl	TC 550-BSW / B4200 BSt 550-BSW / B4200	10 - 32 mm 6 - 8 mm	
	Portugal	Betonstabstahl	A 500 NR / LNEC E 450	8 - 32 mm	
	Schweiz	Betonstabstahl Betonstahl im Ring	BSW Tempcore (500) / SIA 162 BIRI-S (500) / SIA 162 BSW-Super-Ring (500) / SIA 162	10 - 30 mm 6 - 10 mm 6 - 14 mm	
	Spanien	Betonstabstahl	AEH 500 S (B500S) /UNE 36-068	8 - 32 mm	
BAUSTAHLGEWEBE Produktionsgesell- schaft mbH Aalen Düsseldorfer Str. 18 73431 Aalen	Schweiz	Betonstahlmatte	S 550 / SIA 162	4,0 - 12,0 mm	
BAUSTAHLGEWEBE Produktionsgesell- schaft mbH Lübbecke Zur Rauhen Horst 7 32312 Lübbecke	Niederlande	Betonstahlmatte	FeB 500 HKN	5,0 - 12,0 mm	
	Norwegen	Betonstahlmatte	Klasse K NS 3576 NS 3575	5,0 - 12,0 mm	
	Dänemark	Betonstahlmatte	DS 13082	5,0 - 10,0 mm	135

Herstellwerk	Zulassung für Staat	Betonstahlsorten	Bezeichnung / Norm	Durchmesser	WKZ
BESTA Eisen- und Stahlhandelsges. mbH Zur Rauhen Horst 7 32312 Lübbecke	Niederlande	Betonstahlmatte	FeB 500 HKN	5,0 - 12,0 mm	
	Norwegen	Betonstahlmatte	Klasse K NS 3576 NS 3575	5,0 - 12,0 mm	
	Dänemark	Betonstahlmatte	DS 13082	5,0 - 10,0 mm	135
B.E.S. Brandenburger Elektro- stahlwerke GmbH Woltersdorfer Str.40 14770 Brandenburg	Frankreich	Betonstahl in Ringen	FeE 500-3 / NF A 35-016	6,0 - 14,0 mm	
	Tschechien	Betonstahl in Ringen Betonstahlmatte	BSt 500 WR / ZUS 07-8022 BSt 500 M / ZUS 07-8021	6,0 - 12,0 mm 4,0 - 12,0 mm	
ESF ELBE-STÄHLWERKE FERALPI GmbH Gröbaer Str. 3 01591 Riesa	Frankreich	Betonstahl in Stäben Betonstahl in Ringen		8,0 - 28,0 mm 8,0 - 16,0 mm	
	Niederlande	Betonstabstahl Betonstahl in Ringen	FeB 500 HWL FeB 500 HK	8,0 - 28,0 mm 8,0 - 16,0 mm	
	Schweden	Betonstabstahl	BSt 500 ST	8,0 - 25,0 mm	
H.E.S. Hennigsdorfer Elektrostahlwerke GmbH Wolfgang- Küntscher-Str. 18 16761 Hennigsdorf	Dänemark	Betonstabstahl	KS 550 TS / DS 13080	10,0 - 32,0 mm	
	Finnland	Betonstabstahl	A 500 HW / SFS 1200; 1201; 1202; 1215 und EO 361	10,0 - 32,0 mm	
	Hong Kong	Betonstabstahl	Grade 460 / BS 4449	10,0 - 40,0 mm	
	Italien	Betonstabstahl	FeB 44 k / D.M. .27/7/1985	10,0 - 25,0 mm	
	Niederlande	Betonstabstahl	FeB 500 HWL / NEN 6008	10,0 - 40,0 mm	
	Österreich	Betonstabstahl	BSt 550 / ÖN B 4200-7	10,0 - 32,0 mm	
	Polen	Betonstabstahl	BSt 500 S / ZETOM B/05/106/99	10,0 - 40,0 mm	
	Schweden	Betonstabstahl	B 500 BT / SS-ENV 10080 + NAD (S) + BBK 94/SBS A 1/004	10,0 - 32,0 mm	
	Tschechien	Betonstabstahl	BSt 500 S / ZUS 07-7555	10,0 - 40,0 mm	
HOCHWALD- DRAHTWERK GmbH Rass-Straße 54497 Horath	Belgien	Betonstahlmatte	DE 500 BS / NBN A 24-303	5,0 - 12,0 mm	1/66
	Frankreich	Betonstahlmatte Betonstahl in Ringen und Stäbe	FeE 500-2 / NF A 35-016 / NF A 35-021 / NF A 35-019-1/2	5,0 - 12,0 mm 4,0 und 4,5 mm 5,0 - 12,0 mm	1/66
	Niederlande	Betonstahlmatte Betonstahl in Ringen und Stäbe	FeB 500 HKN / NEN 6008	4,0 - 12,0 mm 6, 8, 10, 12 mm	1/66
	Norwegen	Betonstahlmatte	B 500 A / NS 3576	5,0 - 12,0 mm	1/66
	Österreich	Gitterträger	BSt 500 / ÖNorm 3360	4,0 - 14,0 mm	1/66
LECH- STÄHLWERKE GmbH Industriestraße 1 86405 Meitingen	Italien	Betonstabstahl	FeB44K	8,0 - 30,0 mm	1/22
	Österreich	Betonstabstahl	BSt 550 S / ÖN B4200-7	8,0 - 30,0 mm	31
	Schweiz	Betonstabstahl	S 500 c / SIA 162/1	8,0 - 32,0 mm	1/22
RIVA STAHL GMBH Werk Lampertheim Industriegebiet Nord 68623 Lampertheim	Italien	Betonstahl in Ringen	FeB 44 k	6,0 - 16,0 mm	

Herstellwerk	Zulassung für Staat	Betonstahlsorten	Bezeichnung / Norm	Durchmesser	WKZ
SBS SÄCHSISCHE BEWEHRUNGS-STAHL GMBH Industriestr. A 01612 Glaubitz	Schweden	Betonstahlmatte Betonstahl in Ringen und Stäbe Betonstahl in Ringen Betonstahl in Ringen WR Betonstahlmatte	Nps 500 Ps 500 B 500 BKR A1 / 012 NPS 500 warm	5,0 - 10,0 mm 5,0 - 10,0 mm 8,0 - 14,0 mm 8,0 - 14,0 mm	28 28
	Polen	Betonstahlmatte Betonstahl in Ringen Bewehrungsdraht Ringe und Stäbe Gitterträger	BSt 500 M, MW, M-dyn / AT-15-4610/2000 BSt 500 WR / AT-15-4607/2000 BSt 500 G, BSt 500 P, St-500-b / AT-15-4609/2000 KT 800, GT 100, KTS, KTW 200 / AT-15-3892/1999	E+D 4 - 12 mm 6,0 - 14,0 mm 4,0 - 12,0 mm	
STAHLWERK ANNAHÜTTE Max Aicher GmbH & Co KG 83404 Hammerau	Italien	Betonstabstahl mit Gewinderippen	Fe B 44 k	12 - 50 mm	
	Österreich	Betonstabstahl Betonstabstahl mit Gewinderrippen	ARI 55 / BSt 550 S ÖNORM B4200-7 ARI-G-55 / BSt 550 S ÖNORM B4200-7	8 - 50 mm 12 - 50 mm	1 1
	Schweiz	Betonstabstahl mit Gewinderrippen	BSt 500 S / SIA 162 Reg.Nr. 17.2	40 / 50 mm	
WDI BAUSTAHL GMBH Werk Biebesheim 64584 Biebesheim	Schweiz	Betonstahlmatte	S 550 / SIA 162	4,0 - 12,0 mm	
WDI BAUSTAHL GMBH Werk Büdelsdorf 24782 Büdelsdorf	Dänemark	Betonstahlmatte	DS 13082	5,0 - 12,0 mm	
	Niederlande	Betonstahlmatte	FeB 500 HKN	5,0 - 12,0 mm	
	Norwegen	Betonstahlmatte	Klasse K / NS 3578-1/4	5,0 - 12,0 mm	
	Schweden	Betonstahlmatte	NPS 500/700 PS 500/700	5,0 - 12,0 mm	

## 8 Erläuterung der Kurzbezeichnungen (zu 6)

Betonstabstahl:	Gerippter Betonstabstahl <b>BSt 500 S</b> (IV S) warmgewalzt und aus der Walzhitze wärmebehandelt oder ohne Nachbehandlung
Betonstahlmatte:	Geschweißte Betonstahlmatte aus kaltgewalzten Betonrippenstäben <b>BSt 500 M</b> (IV M) nach DIN 488
E+D:	Einfach- und Doppelstabmatte
Betonstahl in Ringen:	Warmgewalzter, gerippter Betonstahl in Ringen <b>BSt 500 WR</b> (IV WR) Warmgewalzter, gerippter Betonstahl in Ringen <b>BSt 500 WR</b> (IV WR) mit Sonderrippung Warmgewalzter, gerippter Betonstahl in Ringen <b>BSt 500 WRS</b> mit Sonderrippung Kaltverformter, gerippter Betonstahl in Ringen <b>BSt 500 KR</b> (IV KR)
Bewehrungsdraht, glatt:	Bewehrungsdraht nach DIN 488, glatt: <b>BSt 500 G</b> (IV G)
Bewehrungsdraht, profiliert:	Bewehrungsdraht nach DIN 488, profiliert: <b>BSt 500 P</b> (IV P)
Sonderdyn-Matte:	Geschweißte Betonstahlmatte <b>BSt 500 M-dyn</b> für erhöhte dynamische Beanspruchung in Bereichen ohne Schweißstellen
Betonstahlmatte mit Tiefrippung:	Geschweißte Betonstahlmatte <b>BSt 500 M mit Tiefrippung</b> aus kaltgewalzten Betonstäben
Betonstahlmatte aus warmgewalzten Stäben:	Geschweißte Betonstahlmatte <b>BSt 500 MW</b> aus warmgewalzten, gerippten Stäben
Betonstabstahl mit Gewinderippen:	Betonstabstahl <b>BSt 500 S mit Gewinderippen</b>
Betonstabstahl mit Epoxidharzbeschichtung:	Betonstabstähle <b>BSt 500 S</b> und <b>BSt 500 S mit Gewinderippen</b> mit Epoxidharz-Beschichtung
Betonstahl für den kern-technischen Ingenieurbau:	Betonstabstahl <b>BSt 1100 mit Gewinderippen</b> für den kerntechnischen Ingenieurbau

## 9 Lieferlängen, Gewichte

### 9.1 Lieferlängen und Bundgewichte bei Betonstabstahl

Betonstabstahl der Durchmesser 6 mm bis 40 mm wird in Lieferlängen von 12 m bis 15 m ausgeliefert. Es können auch kürzere oder größere Längen (bis zu 31 m) geliefert werden. Dies muss bei der Bestellung berücksichtigt werden.

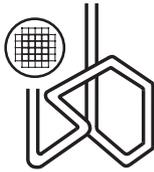
### 9.2 Lieferlängen bei Betonstahlmatten

Betonstahlmatten (Lagermatten) werden in Längen von 5 m und 6 m und in der Breite von 2,15 m (2,5 m) geliefert.  
Listenmatten werden auf Bestellung in Längen von 3 m bis 12 m (nach Vereinbarung bis zu 14 m) und in Breiten bis zu 3 m (nach Vereinbarung bis zu 3,20 m) geliefert.

### 9.3 Liefergewichte bei Betonstahl in Ringen

Betonstahl in Ringen wird mit Ringgewichten von 500 kg bis 3000 kg geliefert.





Arbeitsblatt 2  
Ausgabe 2002-01

# Bewehren von Stahlbetontragwerken nach DIN 1045-1:2001-07

## Beschreibung der Betonstähle Sorten, Lieferformen, Eigenschaften

Gesamtherstellung und Herausgabe:  
Institut für Stahlbetonbewehrung e.V.

### Allgemeine Angaben zum Betonstahl

#### Betonstahl macht Beton zum Stahlbeton

Eine hochwertige Bewehrung, die aus rechnerischer und konstruktiver Sicht in ausreichender Menge eingelegt ist, gibt der Stahlbetonkonstruktion ihre Sicherheit gegen die bei der Bemessung in Ansatz gebrachten, aber auch gegen außergewöhnliche Beanspruchungen.

Bei den Kosten ist es unrentabel, insbesondere in Relation zu den hohen Ingenieurkosten, die letzte, theoretisch mögliche Einsparung an Bewehrung zeitaufwendig herauszurechnen. Eine Konstruktion mit wohldurchdachter Bewehrungsführung dankt es dem Tragwerksplaner durch Dauerhaltbarkeit und die Aktivierung von zusätzlicher Sicherheit im nicht auszuschließenden Katastrophenfall.

Das Sparpotential liegt nicht bei der Bewehrung, sondern im Bauablauf.

Eine Bewehrung, die übersichtlich konstruiert ist, erleichtert dem Biegebetrieb das Arbeiten, erleichtert das Verlegen und verhindert Verwechslungen. Eine geringe Zahl von Positionen ist anzustreben. Dies trägt zur Kostenminimierung bei.

Die Kosten für die Bewehrung sind relativ zu den anderen Gewerken als niedrig einzustufen. Im Regelfall sind das 3 bis 5 %, nur im Extremfall ca. 10 % der Rohbaukosten.

#### Neue Normengeneration

Die Arbeitsblätter des ISB sind auf der Grundlage der neuen Bemessungs- und Konstruktionsnorm DIN 1045-1: 2001-07 erstellt. Aufgrund des allgemeinen Wunsches nach duktilen Konstruktionen und den geänderten Verfahren der Schnittgrößenermittlung mussten für die Anwendung gemäß DIN 1045-1 bei den Betonstählen die **Duktilitätseigenschaften** neu definiert werden.

Zur Definition der **Duktilität des Betonstahls** werden zwei Parameter benutzt:

**Verhältnis Zugfestigkeit zu Streckgrenze  $f_t/f_y$  ( $R_m/R_e$ )**

**Dehnung bei Höchstkraft  $\epsilon_{su}$  ( $A_{gt}$ )**

Durch Festlegung von Anforderungen hierfür wurden zwei Klassen gebildet:

Kategorie	$f_t/f_y$ ( $R_m/R_e$ ) [ - ]	$\epsilon_{su}$ ( $A_{gt}$ ) [ % ]
Normale Duktilität (A)	1,05	2,5
Hohe Duktilität (B)	1,08	5,0

Beide Parameter sind als 10 %-Quantil definiert.

**INSTITUT FÜR STAHLBETONBEWEHRUNG e.V.**

## Übergangsregelung

Derartige Anforderungen an die Duktilitätseigenschaften sind in DIN 488 nicht enthalten, lediglich in den neuen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen. Da zudem auch die Europäische Betonstahlnorm EN 10080 keine Stahlsorten enthalten wird, musste eine Übergangsregelung gefunden werden. Diese lautet:

Betonstabstähle nach DIN 488:		hochduktil (B)
Betonstahlmatten nach DIN 488:		Unklare Duktilitätseigenschaften: entweder $R_m/R_e \geq 1,03$ oder $R_m/R_e \geq 1,05$
Tiefgerippte Betonstahlmatten nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung Z-1.3-152:		normalduktil (A)
Betonstahl in Ringen	WR: KR:	hochduktil (B) normalduktil (A)
Betonstähle nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung:		Duktilitätsklasse in der Zulassung angegeben Falls keine Angabe: <b>normalduktil (A)</b>
Gitterträger:		normalduktil (A)

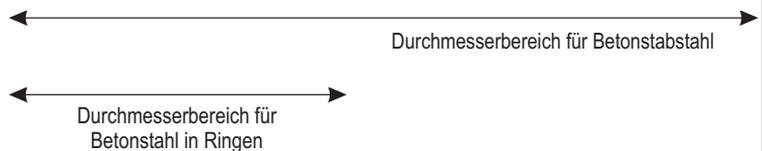
## Lieferformen

### A. Betonstabstahl und Betonstahl in Ringen

Betonstabstahl wird entweder als gerader Stab oder als Betonstahl in Ringen zum Richten geliefert. Die geraden Stäbe werden warmgewalzt in der Regel nach dem Tempcore-(Thermex-) Verfahren hergestellt. Betonstahl in Ringen wird entweder warmgewalzt und anschließend gereckt und auf kompakte Ringe umgespult oder aus Walzdraht kaltgewalzt und aufgespult. Den Endzustand als Bewehrung erreicht Betonstahl in Ringen durch Richten (Richtanlage) zum geraden Stab oder als Bügel (Bügelautomat). Ringmaterial wird üblicherweise bis  $d_s = 14$  mm hergestellt. Eine Tendenz zu größeren Durchmessern ist bei warmgewalzten Ringen festzustellen.

### A.1 Nenndurchmesser

Nenndurchmesser $d_s$ [mm]	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	20,0	25,0	28,0	32,0	40,0
Nennquerschnittsfläche $A_s$ [cm <sup>2</sup> ]	0,283	0,503	0,785	1,131	1,54	2,01	3,14	4,91	6,16	8,04	12,57
Nenngewicht $g$ [kg/m]	0,222	0,395	0,617	0,888	1,21	1,58	2,47	3,85	4,83	6,31	9,86



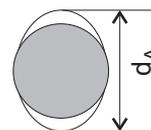
Länge der Betonstabstähle: 12 bis 15 m, Sonderlängen auf Anfrage (6 m bis 31 m)

Gewicht der kompakten Ringe: 0,5 bis 3,0 t

#### Hinweis:

Für verschiedene Zwecke wird bei Betonstählen der Außendurchmesser  $d_A$  über die Rippen benötigt.

Dieser beträgt ca.  $d_A \approx 1,15 \cdot d_s$ .



A.2 Querschnitte von Flächenbewehrungen (z.B. Wände) $A_s$ [cm <sup>2</sup> /m]												
Stababstand [cm]	Durchmesser $d_s$ [mm]											Stäbe pro m
	6	8	10	12	14	16	20	25	28	32	40	
5,0	5,65	10,05	15,71	22,62	30,79	40,21	62,83	98,17	-	-	-	20,00
6,0	4,71	8,38	13,09	18,85	25,66	33,51	52,36	81,81	102,63	-	-	16,67
7,0	4,04	7,18	11,22	16,16	21,99	28,72	44,88	70,12	87,96	114,89	-	14,29
7,5	3,77	6,70	10,47	15,08	20,53	26,81	41,89	65,45	82,10	107,23	-	13,33
8,0	3,53	6,28	9,82	14,14	19,24	25,13	39,27	61,36	76,97	100,53	157,10	12,50
9,0	3,14	5,59	8,73	12,57	17,10	22,34	34,91	54,54	68,42	89,36	139,61	11,11
10,0	2,83	5,03	7,85	11,31	15,39	20,11	31,42	49,09	61,58	80,42	125,66	10,00
12,5	2,26	4,02	6,28	9,05	12,32	16,08	25,13	39,27	49,26	64,34	100,53	8,00
15,0	1,88	3,35	5,24	7,54	10,26	13,40	20,94	32,72	41,05	53,62	83,82	6,67
20,0	1,41	2,51	3,93	5,65	7,70	10,05	15,71	24,54	30,79	40,21	62,83	5,00
25,0	1,13	2,01	3,14	4,52	6,16	8,04	12,57	19,63	24,63	32,17	50,26	4,00

A.3 Querschnitte von Balkenbewehrungen $A_s$ [cm <sup>2</sup> ]											
Stabdurchmesser $d_s$ [mm]	Anzahl der Stäbe										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
6	0,28	0,57	0,85	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,54	2,83	
8	0,50	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,52	5,03	
10	0,79	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07	7,85	
12	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,2	11,3	
14	1,54	3,08	4,62	6,16	7,7	9,24	10,8	12,3	13,9	15,4	
16	2,01	4,02	6,03	8,04	10,1	12,1	14,1	16,1	18,1	20,1	
20	3,14	6,28	9,42	12,6	15,7	18,8	22,0	25,1	28,3	31,4	
25	4,91	9,82	14,7	19,6	24,5	29,5	34,4	39,3	44,2	49,1	
28	6,16	12,3	18,5	24,6	30,8	36,9	43,1	49,3	55,4	61,6	
32	8,04	16,1	24,1	32,2	40,2	48,3	56,3	64,3	72,4	80,4	
40	12,57	25,1	37,7	50,3	62,8	75,4	88,0	100,5	113,1	125,7	

A.4 Zweischnittige Bügel: Querschnittswerte je Längeneinheit [cm <sup>2</sup> /m]								
Maximale Bügelabstände für Balken	Abstand $s_{b\ddot{u}}$ [cm]	Bügeldurchmesser $d_s$ [mm]						Bügel pro m
		6	8	10	12	14	16	
Gemäß DIN 1045-1 Tabelle 31, Spalte 1 und 2	6,0	9,42	16,76	26,18	37,70	51,31	67,02	16,7
	7,0	8,08	14,36	22,44	32,31	43,98	57,45	14,3
	7,5	7,54	13,40	20,94	30,16	41,05	53,62	13,3
	8,0	7,07	12,57	19,63	28,27	38,48	50,27	12,5
	9,0	6,28	11,17	17,45	25,13	34,21	44,68	11,1
	10,0	5,65	10,05	15,71	22,62	30,79	40,21	10,0
	11,0	5,14	9,14	14,28	20,56	27,99	36,56	9,1
	12,0	4,71	8,38	13,09	18,85	25,66	33,51	8,3
	12,5	4,52	8,04	12,57	18,10	24,63	32,17	8,0
	15,0	3,77	6,70	10,47	15,08	20,53	26,81	6,7
	20,0	2,83	5,03	7,85	11,31	15,39	20,11	5,0
	25,0	2,26	4,02	6,28	9,05	12,32	16,08	4,0
	30,0	1,86	3,35	5,24	7,54	10,26	13,40	3,3

**A.5 Größte Zahl (n) von Stäben in einer Lage bei Balken**

Hinweis:  
Randstäbe im Scheitel der Biegung des Bügels

**Berechnung der maximalen Zahl "n" der Stäbe im Balkenquerschnitt:**

Fall a: Stababstand  $s = d_s$ ;  $d_{br,b\ddot{u}} = 4$  oder  $7 \cdot d_{s,b\ddot{u}}$       Fall b: Stababstand  $s = 20$  mm;  $d_{br,b\ddot{u}} = 4$  oder  $7 \cdot d_{s,b\ddot{u}}$

$$x = \frac{b - 2 \cdot c_{nom} - 2 \cdot d_{s,b\ddot{u}} - \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 4(7) \cdot d_{s,b\ddot{u}} + d_s \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} (2 \cdot \sqrt{2} + 1)}{2 \cdot d_s}$$

$$x = \frac{b - 2 \cdot c_{nom} - 2 \cdot d_{s,b\ddot{u}} - 4(7) \cdot \frac{d_{s,b\ddot{u}}}{\sqrt{2}} + d_s \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{2}} + 1 \right)}{(d_s + 20)}$$

**n = int x**

## B. Betonstahlmatte

### B.1 Grundsätzliches

Betonstahlmatten sind eine werksmäßig vorgefertigte flächige Bewehrung. Sie sind die vorzugsweise benutzte Bewehrung für flächige Bauteile.

Betonstahlmatten bestehen aus zwei rechtwinklig sich kreuzenden Drahtscharen, die mittels elektrischer Widerstandspunktschweißung scherfest miteinander verbunden sind und daher während Transport und Verlegen stets ihre Position beibehalten.

Der Aufbau der Betonstahlmatten ist in Übereinstimmung mit den bewehrungsspezifischen Aspekten von DIN 488 und DIN 1045-1 festgelegt.

Die Stabdurchmesser liegen im Bereich von 6,0 (5,0) bis 12,0 mm.

Doppelstäbe (parallel liegende Stäbe) sind nur in Längsrichtung möglich.

### B.2 Bautechnik

Für die Bewehrung von Platten gilt bei Betonstahlmatten für den Drahtabstand  $s$  in Abhängigkeit der Plattendicke:

- Rechnerisch in Ansatz gebrachte Bewehrung:  $h \geq 25 \text{ cm: } s_L \leq 25 \text{ cm}$   
(Zwischenwerte sind linear zu interpolieren)  $h \leq 15 \text{ cm: } s_L \leq 15 \text{ cm}$
- Querbewehrung oder Bewehrung in minderbeanspruchter Richtung für alle  $h: s_L \leq 25 \text{ cm}$

Bei zweiachsig gespannten Platten muss die Bewehrung der minderbeanspruchten Richtung mindestens 20 % der höher beanspruchten Richtung betragen.

Die Querbewehrung einachsig gespannter Platten muss ebenfalls mindestens 20 % der Zugbewehrung in Spannrichtung betragen.

Minstdurchmesser 5,0 mm bei Betonstahlmatten

### B.3 Typen von Betonstahlmatten

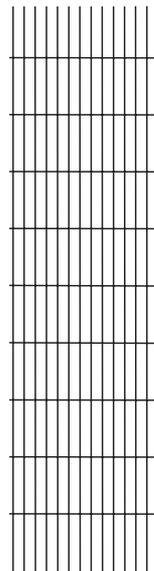
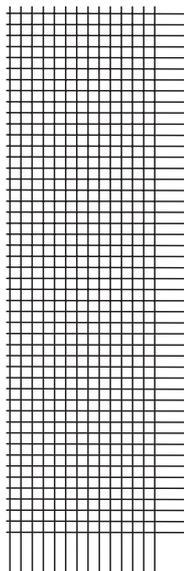
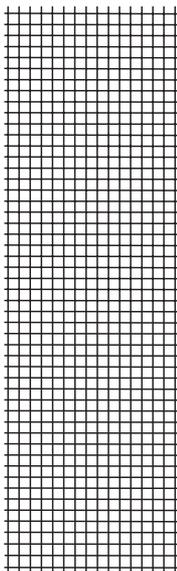
Bei den Betonstahlmatten unterscheidet man zwischen zwei Typen:

#### Lagermatten und Listenmatten

**Lagermatten** werden nach einem fest vorgegebenen Typenprogramm in Längen von 5,0 und 6,0 m bei einer Breite von 2,15 m mit Stahlquerschnitten von 1,88 cm<sup>2</sup>/m bis zu 5,13 cm<sup>2</sup>/m hergestellt.

**Listenmatten** sind Betonstahlmatten, deren Aufbau vom Konstrukteur gewählt und an Bewehrungsaufgaben angepasst wird.

### B.4 Aufbau von Betonstahlmatten - schematische Darstellung



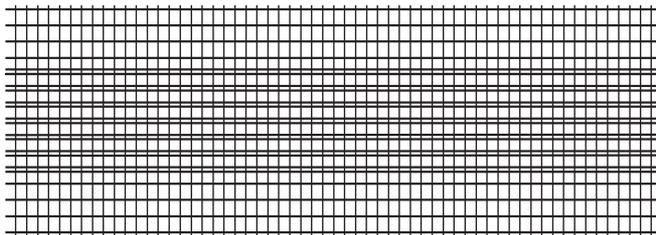
## B.5 Lagermattenprogramm

Die Kennzeichnung der Typen des Lagermattenprogramms erfolgt durch:

- Art der Lagermatten, R- und Q-Matten
- Angabe der Stahlquerschnittsfläche je Meter in  $\text{mm}^2/\text{m}$
- Angabe der Duktilitätsklasse

Mattenbezeichnung	Länge Breite	Mattenaufbau in Längsrichtung und Querrichtung				Querschnitte		Gewicht		Details Randausbildung Querschnitt -Angaben zur seitlichen Darstellung eines Mattenrands	
		Stababstände	Stabdurchmesser		Anzahl der Längsrandstäbe (Randeinsparung)		längs	quer	je Matte		$\text{m}^2$
			Innenbereich	Randbereich	links	rechts	$\text{cm}^2 / \text{m}$		kg	kg	
Q 188 A	5,00 2,15	150	· 6,0				1,88	1,88	32,4	3,01	keine Randeinsparung
Q 257 A		150	· 7,0				2,57	2,57	44,1	4,10	keine Randeinsparung
Q 335 A		150	· 8,0				3,35	3,35	57,7	5,37	keine Randeinsparung
Q 377 A	6,00	150	· 6,0d	/ 6,0	- 4	/ 4	3,77	3,85	67,6	5,24	Randeinsparung
Q 513 A	2,15	150	· 7,0d	/ 7,0	- 4	/ 4	5,13	5,03	90,0	6,98	Randeinsparung
R 188 A	5,00 2,15	150	· 6,0				1,88	1,13	26,2	2,44	keine Randeinsparung
R 257 A		150	· 7,0				2,57	1,13	32,2	3,00	keine Randeinsparung
R 335 A		150	· 8,0				3,35	1,13	39,2	3,65	keine Randeinsparung
R 377 A	6,00	150	· 6,0d	/ 6,0	- 2	/ 2	3,77	1,13	46,1	3,57	Randeinsparung
R 513 A	2,15	150	· 7,0d	/ 7,0	- 2	/ 2	5,13	1,13	58,6	4,54	Randeinsparung

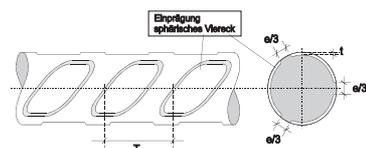
### Typisches Aussehen einer Lagermatte mit Randeinsparung:



### B.5.1 Wichtige Hinweise für Lagermatten

Lagermatten BSt 500 M werden aus gerippten Stäben nach DIN 488 und aus tiefgerippten Stäben nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung Z-1.3-152 hergestellt.

Die Oberfläche der tiefgerippten Stäbe weist Vertiefungen in Form von sphärischen Vierecken auf. Sie sind dadurch von Stäben mit erhabener Rippung leicht zu unterscheiden.



### B.5.1.1 Systeme

#### Lagermatten

werden vorzugsweise zur Bewehrung von Platten und Wänden herangezogen. Platten können einachsig oder zweiachsig gespannt sein, worauf der Aufbau der Lagermatten abgestimmt ist.

#### R-Matten

dienen zur einachsigen Lastabtragung. Die Haupttragrichtung ist dabei die Richtung der größeren Länge. In Querrichtung sind mindestens 20 % der Längsbewehrung vorhanden. Diese ist nach DIN 1045-1 als Quer-(Verteiler-)Bewehrung gefordert. Sie kann aber auch rechnerisch in Ansatz gebracht werden, wenn der Stoß in dieser Richtung (Querrichtung) als Tragstoß ausgebildet wird (siehe Stoßlängen im ISB-Arbeitsblatt Nr. 7).

#### Q-Matten

werden zumeist für die zweiachsige Lastabtragung verwendet, wenn die Lastabtragung in beiden Richtungen näherungsweise gleich ist.

Beide Mattensysteme (R-Matten und Q-Matten) lassen sich einlagig oder mehrlagig verlegen, um auf den erforderlichen Stahlquerschnitt zu kommen.

Bei mehreren Lagen an einer Stelle (besonders im Stoßbereich) ist auf die Einhaltung der zeichnungsgemäßen Lage im Bauteil zu achten.

Betonstahlmatten werden als untere und obere Bewehrung verwendet.

Betonstahlmatten können nicht nur in ihrer Liefergröße eingesetzt, sondern auch geteilt (geschnitten) werden. Durch die Schweißung jedes Knotens ergeben sich auch bei kleinsten Elementen noch steife, transportfähige und verlegeleichte Mattenabschnitte.

### B.5.1.2 Randsparmatten

Lagermatten werden in der Regel gestoßen, um größere Flächen abzudecken. Bei dem häufigeren Stoß in Querrichtung kommt es im Stoßbereich zu Querschnittsanhäufungen, die zur Lastabtragung nicht mitgerechnet (gemittelt) werden dürfen. Um die nicht anrechenbaren Querschnittsverstärkungen zu vermeiden, werden - in Haupttragrichtung gesehen - die Randstäbe geschwächt. Dies geschieht bei Doppelstahlmatten durch Verwendung des Einzelstabes gleichen Durchmessers. Die Randschwächung wird üblicherweise in einem Bereich vorgenommen, der dem üblichen Tragstoß (Q-Matten) oder Verteilerstoß (R-Matten) entspricht.

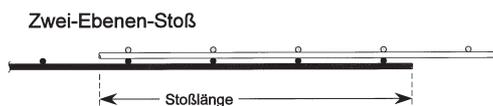
Der volle Stahlquerschnitt der Matten mit Randeinsparung ist nur dann vorhanden, wenn der Stoß die gesamte Randschwächung erfasst. Bei Matten in Randlage oder einzeln liegenden Matten muss - abhängig vom rechnerisch erforderlichen Stahlquerschnitt - über Zulagen der nötige Stahlquerschnitt erreicht werden.

## B.6 Biegen von Betonstahlmatten (siehe auch Arbeitsblatt 8)

Ein Abstand von  $4 d_s$  zwischen nächstliegender Schweißstelle und Anfang der Abbiegung muss eingehalten werden, ansonsten gelten die Mindestwerte nach DIN 1045-1, Tabelle 24.

## B.7 Stöße

Der hauptsächlich bei Lagermatten angewendeten Stoß ist der



Die Stoßlängen (Übergreifungslängen) sind in Arbeitsblatt 7, Abschnitt 3.2 enthalten.

## B.8 Wichtige Hinweise für Listenmatten

### B.8.1 Aufbau

Vom Aufbau her sind folgende Vorgaben zu beachten:

- Mattenlänge von 3,0 m bis 12,0 m
- Mattenbreite von 1,85 m bis 3,0 m
- Längsstäbe als Einzel- und/oder Doppelstäbe möglich
- Längsstäbe, maximal zwei unterschiedliche Durchmesser
- Längsstäbe staffelbar (Feldspareffekt)
- Querstäbe nur als Einzelstäbe möglich
- Querstäbe, keine unterschiedlichen Durchmesser
- Querstäbe nicht staffelbar
- Wählbare Längstabdurchmesser und Abstände siehe Tab. B.8.2
- Wählbare Querstabdurchmesser und Abstände siehe Tab. B.8.2
- Minimale Mattenüberstände  $\bar{u}_1$  bis  $\bar{u}_4 = 25$  mm
- Maximale Mattenüberstände  $\bar{u}_1$  bis  $\bar{u}_4 = 100$  d<sub>s</sub>

### B.8.2 Mögliche Durchmesserkombinationen und Stahlquerschnitte (Listenmatten)

Gewicht eines Stabes	Längstabdurchmesser	Querschnitt eines Stabes	Querschnitt der Längsstäbe $a_{s \text{ längs}}$														Verschweißbarkeit			
			vorrangig verwendete Querschnitte unterlegt														Einfachlängsstäbe	verschweißbar mit Einfachquerstäben	Doppellängsstäbe	verschweißbar mit Einfachquerstäben
			Längstababstand in mm																	
			50	-	100	-	150	-	200	-	250	-	300	-	-	Ø	Ø von - bis	Ø	Ø von - bis	
kg/m	mm	cm <sup>2</sup>	100 d*	150 d*	200 d*											mm	mm	mm	mm	
			cm <sup>2</sup> /m																	
0,222	<b>6,0</b>	0,283	5,65	3,77	2,82	2,26	1,88	1,62	1,41	1,26	1,13	1,03	0,94	0,87	0,81	<b>6,0</b>	6,0 - 8,0	<b>6,0 d</b>	6,0 - 8,0	
0,302	<b>7,0</b>	0,385	7,70	5,13	3,85	3,08	2,57	2,20	1,92	1,71	1,54	1,40	1,28	1,18	1,10	<b>7,0</b>	6,0-10,0	<b>7,0 d</b>	6,0-10,0	
0,395	<b>8,0</b>	0,503	10,05	6,70	5,03	4,02	3,35	2,87	2,51	2,23	2,01	1,83	1,67	1,55	1,44	<b>8,0</b>	6,0-11,0	<b>8,0 d</b>	7,0-11,0	
0,499	<b>9,0</b>	0,636	12,72	8,48	6,36	5,09	4,24	3,63	3,18	2,83	2,54	2,31	2,12	1,96	1,82	<b>9,0</b>	7,0-12,0	<b>9,0 d</b>	8,0-12,0	
0,617	<b>10,0</b>	0,785	15,71	10,47	7,85	6,28	5,24	4,49	3,92	3,49	3,14	2,85	2,61	2,42	2,24	<b>10,0</b>	7,0-12,0	<b>10,0 d</b>	8,0-12,0	
0,746	<b>11,0</b>	0,950	19,01	12,67	9,50	7,60	6,34	5,43	4,74	4,22	3,80	3,45	3,16	2,92	2,71	<b>11,0</b>	8,0-12,0	<b>11,0 d</b>	9,0-12,0	
0,888	<b>12,0</b>	1,131	22,62	15,08	11,31	9,04	7,54	6,46	5,66	5,02	4,52	4,11	3,76	3,48	3,23	<b>12,0</b>	9,0-12,0	<b>12,0 d</b>	10,0-12,0	
kg/m	mm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup> /m																	
			50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350					
			Querstababstand in mm																	
			vorrangig verwendete Querschnitte unterlegt																	
			Querschnitt der Querstäbe $a_{s \text{ quer}}$																	

\* Doppelstäbe nur als Längsstäbe

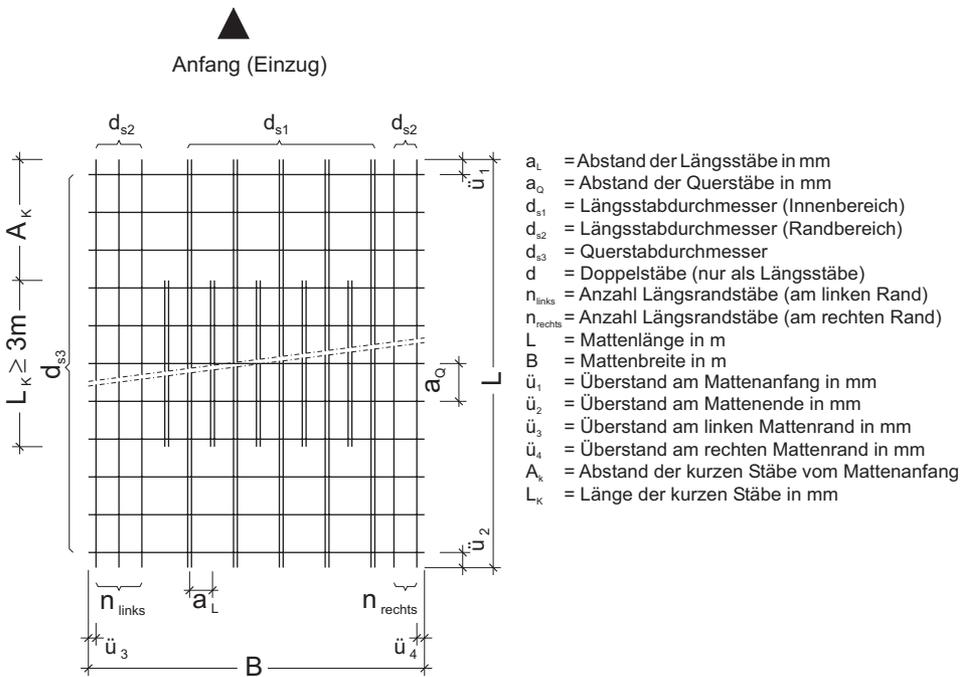
Gewichtsermittlung Das Gewicht ergibt sich als Summe der Gewichte der einzelnen Stäbe

### B.8.3 Beschreibung (Darstellung) der Listensmatten bei Bestellungen

Listensmatten können bei regelmäßigem Mattenaufbau in Tabellenform beschrieben werden.

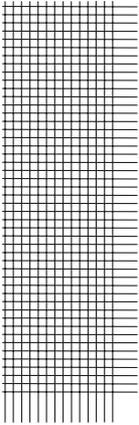
	Mattenaufbau				Umriß		Überstände		Feldspareffekt	
	Stab- abstand	Stabdurchmesser Innen	Stabdurchmesser Rand	Stabanzahl am Rand links	rechts	Länge Breite	Anfang links	Ende rechts	Anfang der kurzen Stäbe	Länge der kurzen Stäbe
Längsrichtung	$a_l \cdot d_{s1} / d_{s2} - n_{links} / n_{rechts}$				L	$\ddot{u}_1$	$\ddot{u}_2$	$A_K$	$L_K$	
Querrichtung	$a_Q \cdot d_{s3}$				B	$\ddot{u}_3$	$\ddot{u}_4$			

Beispiel	Mattenaufbau				Umriß		Überstände		Feldspareffekt	
	Stab- abstand	Stabdurchmesser Innen	Stabdurchmesser Rand	Stabanzahl am Rand links	rechts	Länge Breite	Anfang links	Ende rechts	Anfang der kurzen Stäbe	Länge der kurzen Stäbe
	150	10,0d	8,0d	4	4	7,50	75	625	2,00	3,50
	100	9,0				2,45	25	625		



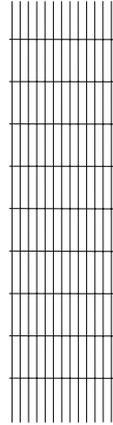
## B.9 Gebräuchliche Arten von Listenmatten

### B.9.1 Matte für Ein-Ebenen-Stoß



- **Besonderheit:**  
Beim Übergreifungsstoß kommen die Matten in einer Ebene zum Liegen. Die Stabüberstände entsprechen der erforderlichen Übergreifungslänge.
- **Anwendung:**  
In flächigen Bauteilen mit geringen Konstruktionshöhen. Als obere Bewehrung zur Sicherung der Betondeckung.

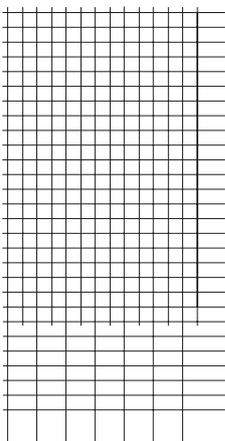
### B.9.2 Einachsmatte (Streifenmatte)



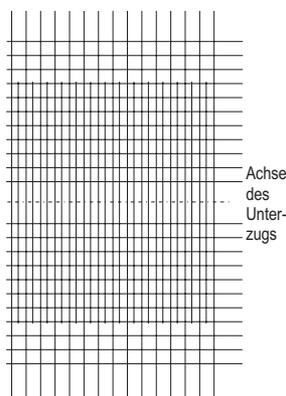
- **Besonderheit:**  
Matten mit statisch erforderlicher Bewehrung nur in einer Richtung. Bewehrung in Querrichtung (nur aus Montagestäben) nicht anrechenbar.
- **Anwendung:**  
Bewehrung einer Platte mit je einer Mattenlage aus Einachsmatten je lastabtragender Richtung und als Zulagematten.

### B.9.3 Matten mit Staffelung der Bewehrung

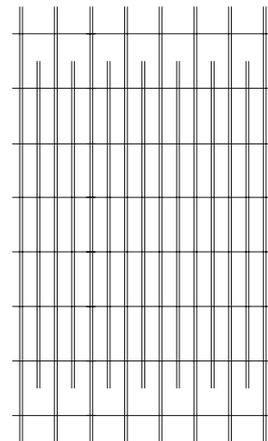
a) Einfachstabmatte mit einseitiger Staffelung



b) Matte mit gestaffelter Bewehrung über einem Unterzug



c) Doppelstabmatte mit zweiseitiger Staffelung

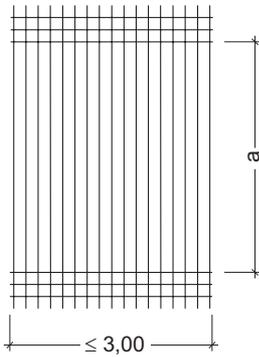


- **Besonderheit:**  
Die Staffelung der Bewehrung erfolgt durch Variation des Stababstandes, des Stabdurchmessers und Doppelstäben.

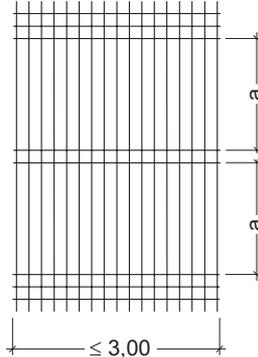
### B.9.4 Matten für nicht vorwiegend ruhende Belastung - BSt 500 M-dyn (Sonderdyn)

Listenmatten mit Bereichen ohne Schweißstellen, in denen nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung erhöhte dynamische Beanspruchung  $\Delta\sigma_{Rs} \leq 180 \text{ N/mm}^2$  erlaubt ist.

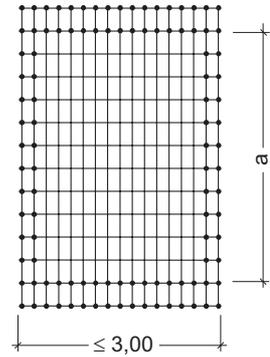
a)



b)



c)



$a \leq 4,00 \text{ m}$

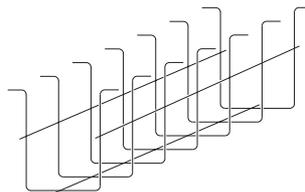
Alle Kreuzungsstellen verschweißt.  
An 2 Rändern mindestens je 3,  
im Innenbereich mindestens 2 Stäbe anordnen.

Nicht alle Kreuzungsstellen  
verschweißt.

• : Schweißstelle

Für die tragenden Stäbe werden große Stabdurchmesser und Einfach- statt Doppelstäbe empfohlen. Für die nichttragenden Querstäbe (Montagestäbe) sollten Stabdurchmesser gewählt werden, die an der oberen Grenze der zulässigen Verschweißbarkeitsverhältnisse (Empfehlung  $d_{sL}/d_{sQ} = 1,0$ ).

### B.9.5 Bügelmatte für Schubbewehrung (Querkraftbewehrung)



- **Besonderheit:**  
Aufwand beim händischen Zusammenbau von Einzelbügel wird durch Bügelmatte wesentlich verringert
- **Anwendung:**  
Bügelkörbe aus einachsigen Listenmatten  
für Schubbewehrung von Plattenbalken, Unterzüge, Stützen

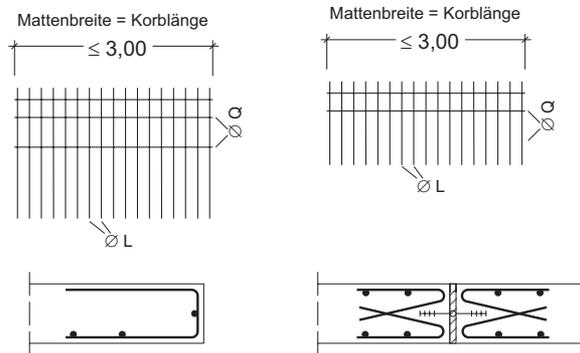
### B.9.6 Listenmatten für Randbereiche von Flächentragwerken

Einsatzbereiche: Bügelkörbe für Einfassungen an Plattenrändern, Fugen u.ä.: Anschlussbewehrung Wand/Wand, Wand/Boden u.ä.

- Listenmatten:
- Zur Anwendung kommen vorwiegend einachsige Listenmatten
  - In der Regel:
    - Bügelstäbe gleich Mattenlängsstäbe
    - Montagestäbe (Länge der Körbe) gleich Mattenquerstäbe  $\leq 3,00$  m
    - Durchmesser  $\varnothing_L$  und Stababstände der Bügelstäbe
    - Durchmesser  $\varnothing_Q$  und Anordnung der Montagestäbe (=Querstäbe) nach konstruktiven Gesichtspunkten festlegen (Stabilität, Einbau der Körbe (Durchdringungen, Stapelfähigkeit).

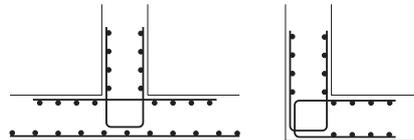
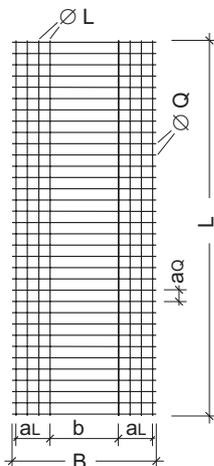
Biegeformen: Biegeformen und Biegerolldurchmesser  $d_{br}$  können weitgehend nach den statisch-konstruktiven Anforderungen festgelegt werden. Möglichst einfache, stapelfähige Formen wählen.

Anordnung: Bügelkörbe werden normalerweise in Korblänge auf Lücke gelegt und stumpf gestoßen.



### B.9.7 Standardisierte Listenmatten (HS-Matten)

Für Durchdringungen und Eckverbindungen / hier: Biegestäbe gleich Querstäbe / Korblänge = 5m



Kurzbezeichnung	Länge L m	Breite B m	Abstand			Stabdurchmesser längs/quer mm	Querschnitte quer cm <sup>2</sup> /m	Gewicht kg
			Längsstäbe a <sub>L</sub> mm	b mm	Querstäbe a <sub>Q</sub> mm			
HS 1	5,00	1,25	3 x 100	600	150	6,0/6,0	1,88	18,315
HS 2	5,00	1,85	3 x 150	900	150	6,0/6,0	1,88	22,844
HS 3	5,00	1,85	3 x 150	900	150	8,0/8,0	3,35	40,646

## B.10 Hinweise für den Konstrukteur zur Anwendung von Betonstahlmatten

- Maximaler Stahlquerschnitt in einer Mattenlage: 22,62 cm<sup>2</sup>/m
- Verhältnis der statisch wirksamen Stahlquerschnitte längs zu quer: 1:1 bis 1:0,2
- **Einfachstäbe sind Doppelstäben vorzuziehen**
- Aufteilung des Grundrisses in "Mattenflächen" entsprechend Geometrie und Tragsystem
- Nutzung von Symmetrien und Rastern
- Verwendung von möglichst vielen Matten gleichen Aufbaus
- Nutzung möglicher Doppelfunktionen der Bewehrung (z.B. Unterstützungskorb als Querkraftbewehrung (Querkraftbewehrung) und Unterstützung der oberen Bewehrung)
- Wahl von langen Überständen für Einebenenstöße, Verankerungen bei Durchdringungen
- Lange Überstände besonders in Querrichtung (einseitig) empfehlenswert
- Staffelung der Bewehrung lohnend ab  $a_s$  von ca. 5,0 cm<sup>2</sup>/m und Mattenlänge > 5,0 m

Das Institut für Stahlbetonbewehrung e.V. (Fachverband Betonstahlmatten e.V.) empfiehlt:

### **Listenmattenprogramm LIMACAD-1045**

Das neue CAD-Standardprogramm zur schnellen Erstellung von Verlegeplänen mit Listenmatten.

Direkt und vollautomatisch aus FEM-Berechnung oder auch mit manueller  $A_s$ -Vorgabe. Durchgängig einsetzbar unter jedem CAD-Programm als sinnvolle Ergänzung.

Wahlweise nach neuer DIN 1045-1, EC 2 oder DIN 1045, 1988.

GLASER -isb cad-, Am Waldwinkel 21, 30974 Wennigsen, Tel. 05105/58920, Fax 05105/82943  
www.isbcad.de, info@isbcad.de

## C. Bewehrungsdraht

Bewehrungsdraht gilt nicht als Bewehrung mit hohem Verbund und darf daher nur für Sonderzwecke (z.B. Bewehrungen nach DIN 4035 oder DIN 4223) eingesetzt werden.

Bewehrungsdraht wird in Ringen geliefert.

Bewehrungsdrähte sind glatt (G) oder profiliert (P).

Bewehrungsdraht ist unmittelbar vom Herstellwerk an den Verbraucher zu liefern.

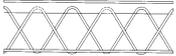
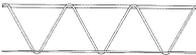
Er wird in den Durchmessern 6 mm bis 12 mm hergestellt. Die Festigkeitseigenschaften entsprechen BSt 500 M.

## D. Gitterträger

### Systeme

Gitterträger sind zwei oder dreidimensionale, industriell vorgefertigte Bewehrungselemente. Sie bestehen aus einem Obergurt und einem (mehreren) Untergurt(en) sowie kontinuierlich verlaufenden oder unterbrochenen Diagonalen. Diese sind durch Schweißen mit den Gurten verbunden.

Einige Beispiele sind nachstehend schematisch dargestellt und die üblichen Abmessungen angegeben:

Querschnitt	Ansicht	Abmessungen	Anwendung	Anmerkung
		Höhe: 100 - 200 mm OG: Blechprofil UG: 2 Ø 6 mm Diag: 2 Ø 7 - 8 mm	Fertigplatten mit statisch mitwirkender Ortbetonschicht nach DIN 1045-1, Abschnitt 13.4.3	Vorgefertigte Stahlbetonplatte für unterstützungsfreie Montagespannweiten bis 5,25 m. (System MONTAQUICK®)
		Höhe: 70 - 300 mm OG: Ø 8 - 16 mm UG: 2 Ø 5 - 16 mm Diag: 2 Ø 5 - 8 mm	Fertigplatten mit statisch mitwirkender Ortbetonschicht nach DIN 1045-1, Abschnitt 13.4.3	Die nun schon klassische Teilfertigdecke, millionenfach bewährt. Kein Schalen, kein Bewehren, kein Verputzen. Spezieller, besonders wirtschaftlicher Gitterträger für die Aufnahme von Schubkräften in Teilfertigdecken. Zulässig auch für nicht vorwiegend ruhende Belastung.
		Höhe: 80 - 300 mm OG: Ø 5 mm UG: 2 Ø 5 mm Diag: 2 Ø 6 - 7 mm		
		Höhe: 110 - 290 mm OG: Ø 8 mm UG: 2 Ø 5 - 14 mm Diag: 2 Ø 5 - 6 mm	Balken-, Rippen- und Plattenbalkendecken mit Betonfußleisten oder Fertigplatten nach DIN 1045-1	Die wirtschaftliche Deckenkonstruktion besonders für den selbsttätigen Eigenheimbauer. Hohlkörper aus Beton oder Ziegeln.
		Höhe: 150 - 300 mm OG: Ø 8 mm UG: 2 Ø 5 mm Diag: 2 Ø 5 - 6 mm	Wände nach DIN 1045-1 Abschnitt 13.7.1 und Abschnitt 13.6	Vorgefertigte Stahlbeton-Plattenwand, die auf der Baustelle mit Ortbeton ausgegossen wird. Bemessung erfolgt für den Gesamtquerschnitt so, als ob er in einem Guss hergestellt wäre. Zulässig für nicht vorwiegend ruhende Verkehrslasten.
		Höhe: 140 - 400 mm OG: Ø 8 mm UG: 2 Ø 6 mm Diag: 2 Ø 6 - 7 mm		

OG: Obergurt  
UG: Untergurt  
Diag.: Diagonale

### Verwendungszweck:

Gitterträger dienen im wesentlichen als Verbund-/Schubbewehrung von Fertigplatten mit statisch mitwirkender Ortbetonschicht. Sie können ferner zur Erzielung einer ausreichenden Montagesteifigkeit von Fertigplatten im Bauzustand benutzt werden. Bei besonders großen Montagestützweiten ( $> 5 \text{ m}$ ) wird der Obergurt durch ein Blech ersetzt.

Bei punktförmig gestützten Platten können sie als Durchstanzbewehrung eingesetzt werden.

In vorgefertigten Stahlbeton-Plattenwänden, die auf der Baustelle mit Beton verfüllt werden, kann der Gitterträger alle in Frage kommenden Bewehrungsaufgaben übernehmen.

Je nach Zulassungsbescheid können Gitterträger auch für nicht vorwiegend ruhende Belastung eingesetzt werden.

### Regelung

Gitterträger werden in Deutschland nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung hergestellt.

## E. Werkstoffkennwerte für Betonstähle aller Lieferformen

<b>Streckgrenze:</b>	<b>500 N/mm<sup>2</sup></b>		
<b>E-Modul:</b>	<b>200.000 N/mm<sup>2</sup></b>		
<b>Verbund:</b>	<b>alle Betonstähle (Ausnahme: Bewehrungsdraht) sind Stähle mit hohem Verbund</b>		
<b>Biegefähigkeit:</b>	<b>alle Betonstähle gestatten Biegungen gemäß DIN 1045-1, 13.2 (siehe ISB-Arbeitsblatt 8)</b>		
<b>Schweißeignung:</b>	<b>alle Betonstähle sind schweißgeeignet (siehe ISB-Arbeitsblatt 10)</b>		
<b>Dauerschwingfestigkeit:</b>	<b>alle Betonstähle können auf Ermüdung bemessen werden (siehe DIN 1045-1, Abschnitt 9.8 und ISB-Arbeitsblatt 9)</b>		
<b>Duktilität:</b>			
<b>Normale Duktilität</b>	<b>(A):</b>	<b><math>R_m/R_e \geq 1,05</math> [ - ]</b>	<b><math>A_{gt} \geq 2,5</math> %</b>
<b>Hohe Duktilität</b>	<b>(B):</b>	<b><math>R_m/R_e \geq 1,08</math> [ - ]</b>	<b><math>A_{gt} \geq 5,0</math> %</b>
<b>Dichte:</b>	<b>7,85 t/m<sup>3</sup></b>		
<b>Wärmeausdehnungskoeffizient (Näherung):</b>	<b><math>10 \cdot 10^{-6}</math> 1/K</b>		
<b>Spezifische Wärme (Näherung):</b>	<b>600 J/kgK</b>		
<b>Thermische Leitfähigkeit (Näherung):</b>	<b>45 W/mK</b>		



Arbeitsblatt 3  
Ausgabe 2002-01

# Bewehren von Stahlbetontragwerken nach DIN 1045-1:2001-07

## Grundlagen von DIN 1045-1 Sicherheitskonzept, Nachweisverfahren, Schnittgrößenermittlung

Gesamtherstellung und Herausgabe:  
Institut für Stahlbetonbewehrung e.V.

Prüfung: Univ.-Prof. Dr.-Ing. K. Zilch  
(Dipl.-Ing. Andreas Rogge)

### 1 Allgemeines

Ein Tragwerk muss Einwirkungen (**Grenzzustände der Tragfähigkeit**) standhalten, eine ausreichende **Dauerhaftigkeit** aufweisen und Gebrauchseigenschaften (**Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit**) erfüllen.

Je nach Art des Tragwerks sowie dessen Funktion oder Bauverfahren wird die Bemessung entweder durch den Grenzzustand der Tragfähigkeit oder den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit bestimmt. Eine ausreichende Dauerhaftigkeit ist stets sicherzustellen.

In DIN 1045-1 wird das **Konzept der Teilsicherheitsbeiwerte** verwendet, bei dem im Gegensatz zur alten DIN 1045, bei der ein globaler Sicherheitsbeiwert angewendet wurde, sowohl auf der Einwirkungsseite wie auf der Widerstandsseite je nach Einwirkungs- und Beanspruchungsart Teilsicherheitsbeiwerte definiert sind.

Die Bestimmung der für den jeweiligen Nachweis und für das Bauteil maßgebenden Einwirkungskombination erfolgt durch Multiplikation der unabhängigen **Einwirkungen mit Kombinationsbeiwerten**.

### 2 Unabhängige Einwirkungen für Hochbauten (DIN 1055-100, Tabelle A1.1)

Ständige Einwirkungen	Veränderliche Einwirkungen $Q_{k,i}$	Außergewöhnliche Einwirkungen	Einwirkungen infolge Erdbeben
<ul style="list-style-type: none"> <li>Eigenlasten <math>G_k</math></li> <li>Vorspannung <math>P_k</math></li> <li>Erddruck <math>G_{k,E}</math></li> <li>Ständiger Flüssigkeitsdruck <math>G_{k,H}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verkehrs- und Nutzlasten <math>Q_{k,N}</math></li> <li>Schnee- und Eislasten <math>Q_{k,S}</math></li> <li>Windlasten <math>Q_{k,W}</math></li> <li>Temperatureinwirkungen <math>Q_{k,T}</math></li> <li>Wasserdruck <math>Q_{k,H}</math></li> <li>Baugrundsetzung <math>Q_{k,\Delta}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anpralllasten <math>A_{d,1}</math></li> <li>Explosionslasten <math>A_{d,2}</math></li> <li>Bergsenkungen <math>A_{d,3}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erdbebenwirkungen <math>A_{Ed}</math></li> </ul>

#### 2.1 Kombinationsbeiwerte $\psi_i$ für Einwirkungen auf Hochbauten (DIN 1055-100, Tabelle A1.2)

Veränderliche Einwirkungen	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Nutzlasten $Q_{k,N}$ :			
Kategorie A: Wohn- und Aufenthaltsräume	0,7	0,5	0,3
Kategorie B: Büros	0,7	0,5	0,3
Kategorie C: Versammlungsräume	0,7	0,7	0,6
Kategorie D: Verkaufsräume	0,7	0,7	0,6
Kategorie E: Lagerräume	1,0	0,9	0,8
Verkehrslasten $Q_{k,V}$			
Kategorie F: Fahrzeuggewicht $\leq 30$ kN	0,7	0,7	0,6
Kategorie G: $30\text{kN} < \text{Fahrzeuggewicht} \leq 160$ kN:	0,7	0,5	0,3
Kategorie H: Dächer	0	0	0
Schnee- und Eislasten $Q_{k,S}$			
für Orte bis zu NN + 1000 m	0,5	0,2	0
für Orte über NN + 1000 m	0,7	0,5	0,2
Windlasten für Hochbauten $Q_{k,W}$	0,6	0,5	0
Baugrundsetzung $Q_{k,\Delta}$	1,0	1,0	1,0
Sonstige Einwirkungen	0,8	0,7	0,5

**INSTITUT FÜR STAHLBETONBEWEHRUNG e.V.**

### 3 Grenzzustände der Tragfähigkeit (DIN 1045-1, 10)

Im Gegensatz zur bisherigen DIN 1045, Ausgabe 1988, nach der mit einem globalen Sicherheitsbeiwert zu rechnen war, erfolgt der Nachweis der Tragfähigkeit unter Verwendung von Teilsicherheitsbeiwerten auf der Einwirkungsseite ( $E_d$ ) wie auch auf der Widerstandsseite ( $R_d$ ).

Folgende Beanspruchungen sind zu untersuchen:

- Biegung mit und ohne Längskraft
- Querkraft
- Torsion
- Durchstanzen
- Teilflächenbelastung
- Ermüdung

Nachweisformat:	$E_d$ Bemessungswert der Einwirkung (Schnittgröße, Spannung, Verformung), errechnet sich aus den charakteristischen Werten der Einwirkungen bzw. Einwirkungskombinationen und den dazugehörigen Teilsicherheitsbeiwerten
$E_d \leq R_d$	$R_d$ Bemessungswert des Tragwiderstands, errechnet sich aus den charakteristischen Werten der Materialfestigkeiten (Nennwerten) und den dazugehörigen Teilsicherheitsbeiwerten

#### 3.1 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen auf Tragwerke (DIN 1045-1 u. 1055-100)

Ständige Einwirkungen				Veränderliche Einwirkungen $G_{k,i}$ 1), 2),		Außergewöhnliche Einwirkungen $A_{k,i}$	
Eigenlasten $G_{k,1}$ 1), 3), 4),		Vorspannung $P_k$		ungünstig	günstig	ungünstig	günstig
ungünstig	günstig	ungünstig	günstig	ungünstig	günstig	ungünstig	günstig
$\gamma_G=1,35$	$\gamma_G=1,0$	$\gamma_P=1,0$	$\gamma_P=1,0$	$\gamma_Q=1,5$	-	$\gamma_A=1,0$	-
1) Ermüdung: $\gamma_{F,fat} = 1,0$ für ständige und veränderliche Einwirkungen							
2) Zwang: $\gamma_Q = 1,0$ für linear-elastische Schnittgrößenermittlung mit Steifigkeiten des ungerissenen Querschnitts mit dem mittleren Elastizitätsmodul $E_{cm}$							
3) Fertigteile: $\gamma_G = \gamma_Q = 1,15$ für Bauzustände im Grenzzustand der Tragfähigkeit für Biegung							
4) bei außergewöhnlichen Einwirkungen Berücksichtigung der Eigenlasten mit $\gamma_{GA} = 1,0$							

#### 3.2 Einwirkungskombinationen für Grenzzustände der Tragfähigkeit (siehe DIN 1055-100, 9.4)

Bemessungssituation für	Einwirkungskombination
Ständige und vorübergehende Beanspruchung $E_d$	$\Sigma \gamma_{G,i} G_{k,i} \oplus \gamma_P P_k \oplus \gamma_Q Q_{k,j} \oplus \Sigma \gamma_{Q,0,i} Q_{k,i}$
Außergewöhnliche Beanspruchung $E_{dA}$	$\Sigma \gamma_{GA,i} G_{k,i} \oplus \gamma_P P_k \oplus A_d \oplus \psi_{1,j} Q_{k,j} \oplus \Sigma \psi_{2,i} Q_{k,i}$
Bemessungssituation infolge Erdbeben $E_{dAE}$	$\Sigma G_{k,i} \oplus P_k \oplus \gamma_I A_{Ed} \oplus \Sigma \psi_{2,i} Q_{k,i}$
	$\oplus$ bedeutet : in Kombination mit j: maßgebende veränderliche Einwirkung; $\gamma_I$ : Wichtungsfaktor für Erdbebeneinwirkungen nach DIN 4149-1

#### 3.3 Der Bemessungswert des Tragwiderstands $R_d$ wird mit den charakteristischen Werten der Materialfestigkeiten und den dazugehörigen Teilsicherheitsbeiwerten ermittelt.

##### Teilsicherheitsbeiwerte zur Bestimmung des Tragwiderstands (DIN 1045-1, Tabelle 2)

Bemessungssituation	$\gamma_c$ 1)	$\gamma_s, \gamma_P$	$\gamma_R$
	Beton und Leichtbeton	Betonstahl, Spannstahl	Systemwiderstand bei nichtlinearem Verfahren der Schnittgrößenermittlung
Ständige und vorübergehende Bemessungssituation	1,5 2) (1,8) 3)	1,15	1,3
Außergewöhnliche Bemessungssituation	1,3 (1,55) 3)	1,0	1,1
Nachweis gegen Ermüdung	1,5	1,15	-

1) Für Beton ab der Festigkeitsklasse C 55/67 sind die Tabellenwerte für  $\gamma_c$  mit dem Faktor  $\gamma_c' = 1 / (1,1 - 0,002 f_{ck}) \geq 1$  zu multiplizieren.

2)  $\gamma_c=1,35$ ; wenn Fertigteile werkmäßig und ständig überwacht hergestellt werden und durch Überprüfung der Betonfestigkeit am fertigen Bauteil sichergestellt ist, dass Fertigteile mit zu geringer Betonfestigkeit ausgesondert werden.

3) Werte in Klammern gelten für unbewehrten Beton.

#### 4 Dauerhaftigkeit (siehe ISB-Arbeitsblatt 6) (DIN 1045-1, 6)

Die Dauerhaftigkeit wird beeinträchtigt durch Bewehrungskorrosion und Betonangriff infolge chemischer und physikalischer Einwirkungen

Für **Bewehrungskorrosion** sind Expositionsklassen in Abhängigkeit von der Korrosionsart definiert (DIN 1045-1, Tabelle 3)

- Karbonatisierungsinduzierte Korrosion  
Klassen XC1 bis XC4
- Chloridinduzierte Korrosion  
Klassen XD1 bis XD3
- Chloridinduzierte Korrosion aus Meerwasser  
Klassen XS1 bis XS3

Für **Betonangriff** sind Expositionsklassen in Abhängigkeit von den Einwirkungen definiert (DIN 1045-1, Tabelle 3)

- Angriff durch aggressive chemische Umgebung  
Klassen XA1 bis XA3
- Frost mit und ohne Taumittel  
Klassen XF1 bis XF4
- Verschleißangriff  
Klassen XM1 bis XM3

Der Nachweis des Schutzes vor Bewehrungskorrosion für Betonstahl und Spannstahl erfolgt durch:

- Mindestbetonfestigkeitsklassen in Abhängigkeit von der Expositionsklasse und
- Einhaltung von Mindestwerten der Betondeckung in Abhängigkeit von der Expositionsklasse (siehe auch ISB-Arbeitsblatt 6)

#### 5 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (DIN 1045-1, 11, siehe auch ISB-Arbeitsblatt 5)

Die Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit umfassen:

**Spannungsbegrenzung, Begrenzung der Rissbreiten, Begrenzung der Verformung.**

Die einzuhaltenden Grenzwerte sind in Abhängigkeit von der Bauart, der Einwirkungskombination und den Expositionsklassen festgelegt.

Nachweisformat

$$E_d \leq C_d$$

$E_d$  Bemessungswert der Beanspruchung auf Grundlage der Kombinationsregeln in Tafel 5.1 (siehe auch DIN 1055-100)

$C_d$  Bemessungswert des Gebrauchstauglichkeitskriteriums (z. B. zulässige Spannung, Verformung, Rissbreiten)

#### Einwirkungskombinationen für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit nach DIN 1055-100, Abschnitt 10.4

Bemessungssituation für	Einwirkungskombination
seltene Kombination der Einwirkungen $E_{d,rare}$	$\Sigma G_{k,i} \oplus P_k \oplus Q_{k,j} \oplus \Sigma \psi_{0,i} Q_{k,i}$
häufige Kombination der Einwirkungen $E_{d,frequ}$	$\Sigma G_{k,i} \oplus P_k \oplus \psi_{1,j} Q_{k,j} \oplus \Sigma \psi_{2,i} Q_{k,i}$
quasi-ständige Kombination der Einwirkungen $E_{d,perm}$	$\Sigma G_{k,i} \oplus P_k \oplus \Sigma \psi_{2,i} Q_{k,i}$
	$\oplus$ bedeutet : in Kombination mit j: maßgebende veränderliche Einwirkung

## 6 Verfahren der Schnittgrößenermittlung nach DIN 1045-1, 8

### 6.1 Allgemeines

In DIN 1045-1 sind vier Verfahren zur Schnittgrößenermittlung aufgeführt:

- Linear-elastisches Verfahren (Elastizitätstheorie)
- Linear-elastisches Verfahren mit Momentenumlagerung
- Verfahren nach der Plastizitätstheorie
- Nichtlineares Verfahren

Für die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) können die Schnittgrößen mit allen vier Verfahren bestimmt werden.

Zur Ermittlung der Schnittgrößen für die Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) sind nur das linear-elastische Verfahren (Elastizitätstheorie) und nichtlineare Verfahren erlaubt.

Es ist zu beachten, dass bei Anwendung der Verfahren zur Berechnung der Schnittgrößen hinsichtlich der Duktilität von Betonstahl Unterschiede zu berücksichtigen sind.

Die für die unterschiedlichen Verfahren der Schnittgrößenermittlung anwendbaren Betonstahlsorten zeigt zusammenfassend folgende Tabelle:

Verfahren der Schnittgrößenermittlung	Betonstahl
Linear-elastische Berechnung (Elastizitätstheorie)	Keine Unterscheidung hinsichtlich Duktilität
Linear-elastische Berechnung mit Momentenumlagerung *  max. 15 % Momentenumlagerung ( $\delta \geq 0,85$ )	Duktilitätsklasse A BSt 500 KR und BSt 500 M nach DIN 488 und tiefgerippt nach Zulassung
max. 30 % Momentenumlagerung ( $\delta \geq 0,70$ )	Duktilitätsklasse B BSt 500 S nach DIN 488 BSt 500 WR und BSt 500 MW nach Zulassung
Verfahren nach der Plastizitätstheorie	Duktilitätsklasse B BSt 500 S nach DIN 488 BSt 500 WR und BSt 500 MW nach Zulassung
Nichtlineare Verfahren *	Duktilitätsklasse A und B BSt 500 S nach DIN 488 BSt 500 WR und BSt 500 KR nach Zulassung BSt 500 MW und BSt 500 M nach DIN 488 und tiefgerippt nach Zulassung

\* **Warnvermerk:** BSt 500 M nach DIN 488-84 erfüllt wegen der in dieser Norm (Teil 1, Tabelle 1, Fußnote 6) enthaltenen Regelung zum Teil nicht die Anforderung von Duktilitätsklasse A.

### 6.2 Linear-elastisches Verfahren (Elastizitätstheorie) (DIN 1045-1, 8.2)

Die Ermittlung der Schnittgrößenverläufe im Grenzzustand der Tragfähigkeit und im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit nach dem linear-elastischen Verfahren (Elastizitätstheorie) erfolgt im allgemeinen mit den Steifigkeiten des ungerissenen Querschnitts (Zustand I).

Wenn Zwangseinwirkungen zu berücksichtigen sind, erfolgt die Ermittlung der Schnittgrößen mit einem reduzierten Teilsicherheitsbeiwert für Zwang  $\gamma_{Q,Zwang} = 1,0$ .

Die Verformungsfähigkeit wird nicht geprüft; sie ist in der Regel gegeben, wenn die Mindestbewehrung vorhanden ist und sehr hohe Bewehrungsgrade vermieden werden.

In Durchlaufträgern mit  $0,5 < l_{eff,1}/l_{eff,2} < 2,0$  für benachbarte Felder mit annähernd gleichen Steifigkeiten, in Riegeln von Rahmen und in Bauteilen, die vorwiegend auf Biegung beansprucht sind, einschließlich durchlaufender, kontinuierlich gestützter Platten, ist  $x/d \leq 0,45$  für Beton bis C 50/60 bzw.  $x/d \leq 0,35$  für Beton ab C 55/67 und für Leichtbeton einzuhalten, sofern die Biegedruckzone nicht zusätzlich umschnürt.

Als konstruktiv geeignete Maßnahme gilt die Umschnürung mit einer Querbewehrung nach DIN 1045-1, 13.1.1(5).

Bei nicht vorgespannten Durchlaufträgern und -platten muss die Bemessungssituation mit günstigen ständigen Einwirkungen nicht berücksichtigt werden, wenn die Regeln für die Mindestbewehrung eingehalten werden (Ausnahme: Nachweis der Lagesicherheit nach DIN 1055-100).

### 6.3 Linear-elastisches Verfahren mit Momentenumlagerung (DIN 1045-1, 8.3)

Die nach 6.2 ermittelten Größtmomente im Grenzzustand der Tragfähigkeit  $M_{ET}$  dürfen unter Wahrung des Kräftegleichgewichts in weniger beanspruchte Bereiche umgelagert werden.

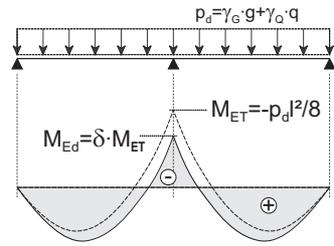
Die Auswirkung einer Momentenumlagerung ist zu berücksichtigen bei:

- Biegung mit und ohne Längskraft
- Querkraftbemessung
- Bewehrungsführung
- Verankerungslängen

Für Eckknoten unverschieblicher Rahmen beträgt die max. Umlagerung 10 % ( $\delta \geq 0,9$ ).

Bei verschieblichen Rahmen ist keine Umlagerung erlaubt.

Bei Platten dürfen die Querkräfte, Drillmomente und Auflagerreaktionen entsprechend dem Momentenverlauf **nach** Umlagerung durch Interpolation zwischen den Auflagersituationen volle Einspannung und gelenkige Lagerung ermittelt werden.



$M_{ET}$  - Moment nach Elastizitätstheorie  
 $\delta$  - Momentendeckungsgrad ( $= M_{Ed} / M_{ET}$ )  
 $M_{Ed}$  - Bemessungsmoment nach Umlagerung

#### Grenzwerte der Umlagerungen

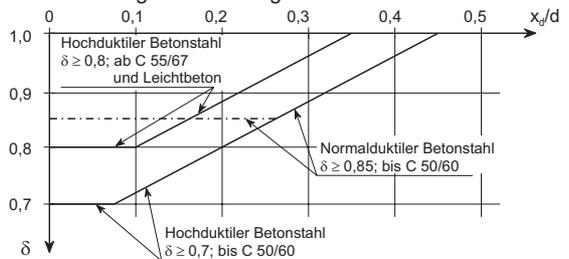
gelten für  $0,5 < l_{eff,1} / l_{eff,2} < 2,0$  benachbarter Felder mit annähernd gleichen Steifigkeiten

#### Hochduktiler Betonstahl (Klasse B):

bis C 50/60:  $\delta \geq 0,64 + 0,8 \cdot x_d / d$  und  $\delta \geq 0,7$   
 ab C 55/67:  $\delta \geq 0,72 + 0,8 \cdot x_d / d$  und  $\delta \geq 0,8$  und Leichtbeton

#### Normalduktiler Betonstahl (Klasse A):

bis C 50/60:  $\delta \geq 0,64 + 0,8 \cdot x_d / d$  und  $\delta \geq 0,85$   
 ab C 55/67:  $\delta = 1,0$  (keine Umlagerung erlaubt) und Leichtbeton



### 6.4 Verfahren nach der Plastizitätstheorie (DIN 1045-1, 8.4)

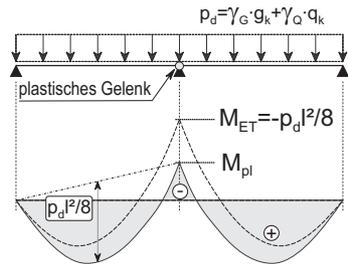
Die Schnittkraftermittlung nach der Plastizitätstheorie ist erlaubt für überwiegend auf Biegung beanspruchte Bauteile (plastische Gelenke), die mit Betonstahl mit hoher Duktilität bewehrt sind.

Für Bauteile aus Leichtbeton sollten diese Verfahren nicht angewendet werden.

Die Verformungsfähigkeit plastischer Gelenke, die mögliche plastische Rotation, ist grundsätzlich nachzuweisen.

Ein Nachweis kann entfallen:

- für stabförmige Bauteile und einachsig gespannte Platten, die eine hohe Verformungsfähigkeit aufweisen (z. B. wenn  $0,5 < l_{eff,1} / l_{eff,2} < 2,0$ ,  $x / d \leq 0,15$  und  $M_{pl} / M_{ET} \geq 0,8$ ).
- für zweiachsig gespannte Platten, wenn  $x / d \leq 0,25$  für Beton bis C 50/60 bzw.  $x / d \leq 0,15$  für Beton ab C 55/67 und wenn das Verhältnis Stützmoment zu Feldmoment zwischen 0,5 und 2,0 liegt.



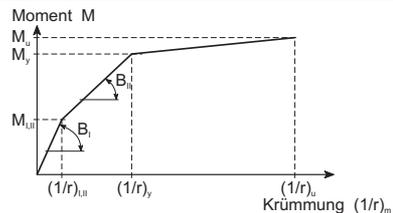
$M_{pl}$  - plastisches Moment, entspricht dem Bemessungsmoment  $M_{sd}$   
 $M_{ET}$  - Moment nach Elastizitätstheorie

#### 6.4.1 Vereinfachter Nachweis der plastischen Rotation

$$\theta_E \leq \theta_{pl,d}$$

$\theta_E$  vorhandene plastische Rotation; wird durch Integration des Krümmungsverlaufs unter folgenden Bedingungen errechnet:

- Bemessungswerte der Einwirkungen
- mittlere Werte der Vorspannung
- Mittelwerte der Baustofffestigkeiten nach DIN 1045-1, 8.5.1 (4)
- Momenten-Krümmungsbeziehung nach DIN 1045-1, Bild 10



$B_I$  - Biegesteifigkeit im ungerissenen Zustand I  
 $B_{II}$  - Biegesteifigkeit im gerissenen Zustand II  
 $M_{u,II}$  - Moment beim Übergang von Zustand I in Zustand II (Rissmoment)  
 $M_v$  - Fließmoment (entspricht  $M_{pl}$ )  
 $M_b$  - Bruchmoment

$\theta_{pl,d}$  **Bemessungswert der zulässigen plastischen Rotation für hochduktilen Betonstahl**  
ergibt sich aus folgenden Bedingungen und ist grafisch dargestellt in DIN 1045-1, Bild 9

- für Beton bis C 50/60 :  $\left(\frac{x}{d}\right)_{max} = 0,45$

$$0 \leq \frac{x_d}{d} \leq 0,155 : \quad \theta_{pl,d} = 7,0 + 45,8 \frac{x_d}{d} \text{ [mrad]}$$

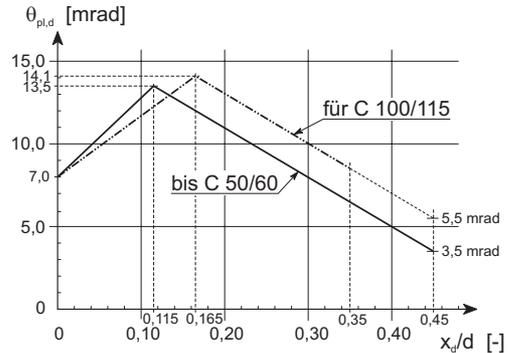
$$0,155 \leq \frac{x_d}{d} \leq 0,45 : \quad \theta_{pl,d} = 18,6 - 29,2 \frac{x_d}{d} \text{ [mrad]}$$

- für Beton C 100/115 :  $\left(\frac{x}{d}\right)_{max} = 0,35$

$$0 \leq \frac{x_d}{d} \leq 0,108 : \quad \theta_{pl,d} = 7,0 + 62,0 \frac{x_d}{d} \text{ [mrad]}$$

$$0,108 \leq \frac{x_d}{d} \leq 0,35 : \quad \theta_{pl,d} = 16,9 - 29,8 \frac{x_d}{d} \text{ [mrad]}$$

- für Betonklassen zwischen C 50/60 und C 100/115: lineare Interpolation  $\left(\left(\frac{x}{d}\right)_{max} = 0,35\right)$
- Die Beziehungen gelten für die Schubschlankheit  $\lambda = M_{Ed} / (V_{Ed} \cdot d) = 3$ ;  
für andere Werte von  $\lambda$  ist  $\theta_{pl,d}$  mit  $k_x = (\lambda/3)^{1/2}$  zu multiplizieren.



## 6.5 Nichtlineare Verfahren (DIN 1045-1, 8.5)

Nichtlineare Verfahren sind zur Schnittgrößenermittlung in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit und der Tragfähigkeit erlaubt.

Die Gleichgewichts- und Verträglichkeitsbedingungen sind zu erfüllen.

Für die Berechnung werden folgende Spannungs-Dehnungslinien verwendet:

- für Beton nach DIN 1045-1, Bild 22
- für Betonstahl nach DIN 1045-1, Bild 26
- für Spannstahl nach DIN 1045-1, Bild 28

Bei Ansatz der folgenden **rechnerischen Mittelwerte** kann ein einheitlicher Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_R$  für die Baustofffestigkeiten verwendet werden:

- für Betonklassen bis C 50/60:  $f_{cR} = 0,85 \cdot \alpha \cdot f_{ck}$
- für Betonklassen ab C 55/67:  $f_{cR} = 0,85 \cdot \alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c'$  (mit  $\gamma_c' = 1 / (1,1 - 0,002f_{ck}) \geq 1$ )
- für Normalbeton:  $\alpha = 0,85$
- für Leichtbeton:  $\alpha = 0,80$
- für Betonstahl: normalduktil:  $f_{yR} = 1,1 \cdot f_{yk}; \quad f_{tR} = 1,05 \cdot f_{yR}$
- hochduktil:  $f_{yR} = 1,1 \cdot f_{yk}; \quad f_{tR} = 1,08 \cdot f_{yR}$

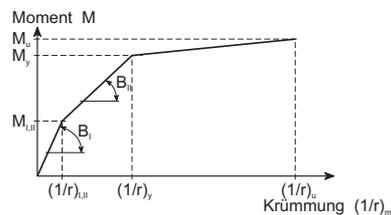
**Einheitlicher Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_R$**  für die Baustofffestigkeiten zur Bestimmung des Bemessungswerts des Tragwiderstandes:

- für Grundkombination und Nachweis gegen Ermüdung:  $\gamma_R = 1,3$
- für außergewöhnliche Bemessungssituationen:  $\gamma_R = 1,1$

Der Grenzzustand der Tragfähigkeit ist wie folgt definiert:

- Erreichen der kritischen Stahldehnung: Für beide Duktilitätsklassen gilt als kritischer Wert  $\epsilon_{su} = 2,5 \%$ .
- Erreichen der kritischen Betondehnung  $\epsilon_{c1u}$  nach DIN 1045-1, Tabelle 9 für Normalbeton bzw. Tabelle 10 für Leichtbeton
- Erreichen eines kinematischen Zustandes

Die Mitwirkung des Betons auf Zug zwischen den Rissen darf vernachlässigt werden, wenn die Ergebnisse auf der sicheren Seite liegen. Für stabförmige Bauteile und für einachsigt gespannte Platten darf für numerische Verfahren die Momenten-Krümmungsbeziehung nach DIN 1045-1, Bild 10 angesetzt werden.



- $B_I$  - Biegesteifigkeit im ungerissenen Zustand I
- $B_{II}$  - Biegesteifigkeit im gerissenen Zustand II
- $M_{II}$  - Moment beim Übergang von Zustand I in Zustand II (Rissmoment)
- $M_y$  - Fließmoment (entspricht  $M_{pl}$ )
- $M_u$  - Bruchmoment

## 7 Grundlagen der Schnittgrößenermittlung (DIN 1045-1, 7)

### 7.1 Allgemeines, Anforderungen

Gleichgewicht muss immer erfüllt sein und wird im allgemeinen am nicht verformten Tragwerk nachgewiesen (Theorie I. Ordnung).

Wenn die Verformungen zu einem wesentlichen Anstieg der Schnittgrößen führen, ist der Gleichgewichtszustand am verformten Tragwerk zu überprüfen.

Für den allgemeinen Hochbau gilt folgende Vereinfachung:

- Auswirkungen nach der Theorie II. Ordnung dürfen vernachlässigt werden, wenn sie die Tragfähigkeit um weniger als 10 % verringern,
- wenn der Anstieg der Verformungen nach Theorie II. Ordnung kleiner als 10 % ist.

Wenn Verträglichkeitsbedingungen nicht direkt überprüft werden, muss sichergestellt sein, dass ein Tragwerk:

- im Grenzzustand der Tragfähigkeit ausreichend verformungsfähig ist und
- im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit keine unzulässigen Verformungen aufweist.

Zeitabhängige Wirkungen (Kriechen, Schwinden, Relaxation) müssen berücksichtigt werden, wenn sie von Bedeutung sind.

Der Einfluss der Belastungsgeschichte darf im allgemeinen vernachlässigt werden.

### 7.2 Idealisierungen und Vereinfachungen

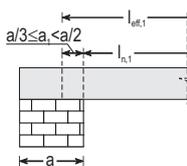
#### 7.2.1 Wirksame Stützweite, mitwirkende Plattenbreite, Lastausbreitung

##### Wirksame Stützweite

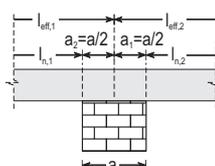


- $l_{eff,1}, l_{eff,2}$  wirksame Stützweiten  
 $l_{eff,i} = l_{n,i} + a_1 + a_2$   
 $l_{n,1}, l_{n,2}$  lichte Abstände  
 $a$  Auflagerbreite  
 $a_1, a_2$  Abstand von Auflagervorderkante zur rech. Auflagerlinie

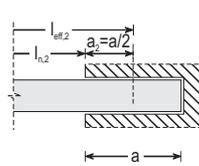
##### Frei drehbares Endauflager



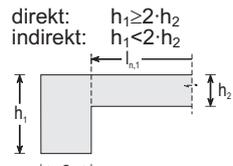
##### Durchlaufender Balken bzw. Platte



##### Eingespannter Balken bzw. Platte



##### Lagerart bei monolithischer Verbindung



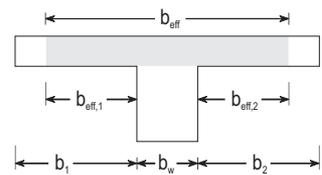
##### Mitwirkende Plattenbreite $b_{eff}$

a) Mitwirkende Plattenbreite  $b_{eff}$  nach nebenstehendem Bild:

$$b_{eff} = \Sigma b_{eff,i} + b_w$$

mit  $b_{eff,i} = 0,2 \cdot b_i + 0,1 \cdot l_0$   
 $\leq 0,2 \cdot l_0$   
 $\leq b_i$

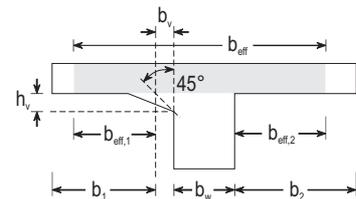
$b_w$  Stegbreite  
 $b_i$  tatsächlich vorhandene Gurtbreite  
 $l_0$  Abstand der Momentennullpunkte



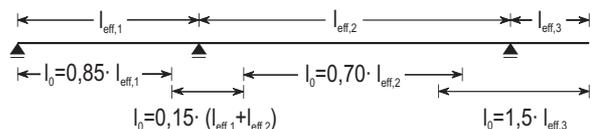
b) Für Platten mit veränderlicher Dicke gilt:

$$b_{eff} = \Sigma b_{eff,i} + b_w + b_v$$

mit  $b_v = h_v$   
 $h_v$  Höhe der Voute (Stützkopfverstärkung)  
 Neigung der Voute zur Horizontalen  $< 45^\circ$   
 $b_w$  Stegbreite



c) Der Abstand der Momentennullpunkte  $l_0$  kann bei annähernd gleichen Steifigkeitsverhältnissen nach nebenstehendem Bild ermittelt werden.



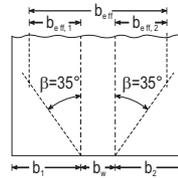
## Lastausbreitung

Die Ausbreitungszone konzentriert angreifender Einzellasten kann unter Ansatz eines Ausbreitungswinkels der Kräfte  $\beta = 35^\circ$  ermittelt werden.

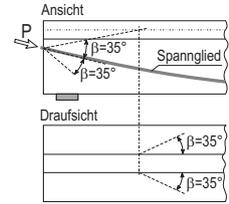
Der Ausbreitungswinkel  $\beta = 35^\circ$  darf auch für Verankerungskräfte bei Vorspannung ohne und mit nachträglichem Verbund angesetzt werden.

Eine genauere Bestimmung der Lastausbreitungszone kann auch auf der Grundlage der Elastizitätstheorie erfolgen.

konzentriert angreifende Einzellast



Verankerungskräfte infolge Vorspannung



## 7.2.2 Sonstige Vereinfachungen

Die **Momente** durchlaufender Platten und Balken dürfen unter der Annahme frei drehbarer Lagerung ermittelt werden.

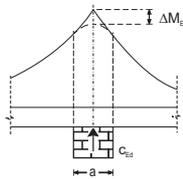
### Momentenausrundung

Reduktion des Stützmomentes bei frei drehbarer Lagerung

Stützweite entspricht dem Abstand zwischen den Auflagermitten

$$\Delta M_{Ed} = C_{Ed} \cdot a / 8$$

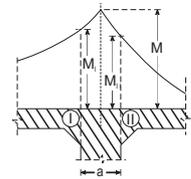
mit  $C_{Ed}$  Bemessungswert der Auflagerreaktion  
a Auflageriefe



### Stützmoment bei monolithischer Verbindung

Bei biegesteifem Anschluss von Platten und Balken an die frei drehbar angenommene Unterstützung gilt:

Für die Bemessung sind die Momente am Anschnitt  $M_I$  und  $M_{II}$  maßgebend.  
Bedingung:  
Die Anschnittmomente  $M_I$  und  $M_{II}$  dürfen nicht kleiner sein als 65 % des Moments bei Annahme voller Einspannung.



Die **Auflagerkräfte** einachsig gespannter Platten und Balken dürfen für den üblichen Hochbau unter der Annahme frei drehbarer Lagerung ermittelt werden unter Vernachlässigung der Durchlaufwirkung. Die Durchlaufwirkung ist jedoch stets zu berücksichtigen:

- beim ersten Innenaufleger
- bei Innenauflägern mit benachbarten Feldern ungleicher Steifigkeit oder wenn das Stützweitenverhältnis  $0,5 < l_{eff,1}/l_{eff,2} < 2,0$  nicht eingehalten ist.

Die **maßgebenden Querkräfte** dürfen für den üblichen Hochbau unter Vollbelastung aller Felder ermittelt werden, wenn für das Stützweitenverhältnis benachbarter Felder annähernd gleicher Steifigkeit gilt:  $0,5 < l_{eff,1}/l_{eff,2} < 2,0$ .

Bei **rahmenartigen Tragwerken** des üblichen Hochbaus dürfen bei **Innenstützen**, die biegesteif mit Balken und Platten verbunden sind, die **Biegemomente aus Rahmenwirkung** vernachlässigt werden, wenn:

- alle horizontalen Kräfte von aussteifenden Scheiben abgetragen werden
- das Stützweitenverhältnis benachbarter Felder  $0,5 < l_{eff,1}/l_{eff,2} < 2,0$  beträgt.

Die **Randstützen** von rahmenartigen Tragwerken sind stets in biegeester Verbindung mit Balken, Platten oder Plattenbalken zu berechnen. Dies gilt auch für Stahlbetonwände in Verbindung mit Platten.

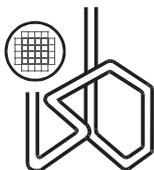
**Rippen- oder Kassetendecken** dürfen für die Schnittgrößenermittlung nach dem linearen Verfahren ohne und mit nachträglicher Momentenumlagerung als **Vollplatten** betrachtet werden, wenn die Gurtplatte mit den Rippen ausreichend torsionssteif ist; bei Einhaltung folgender Bedingungen ist das erfüllt:

- Rippenabstand  $\leq 1500$  mm
- Verhältnis Rippenhöhe unter Gurtplatte zu Rippenbreite  $\leq 4$
- Dicke der Gurtplatten  $\geq 50$  mm und  $\geq 10$  % des lichten Rippenabstandes
- Querrippen mit lichtigem Abstand  $\leq 10$ -faches der Deckendicke

### Decken aus Rippen und Zwischenbauteilen ohne Aufbeton

dürfen für die Schnittgrößenermittlung nach dem linearen Verfahren und nach dem linearen Verfahren mit nachträglicher Momentenumlagerung als **Vollplatten** angesehen werden, wenn Querrippen angeordnet werden, deren **Querrippenabstand  $s_T$**  die Werte nach nebenstehender Tabelle nicht überschreitet.

	1	2	3
1	<b>Gebäudeart</b>	<b>Größter Querrippenabstand <math>s_T</math></b>	
		für $s_L \leq l_{eff} / 8$	für $s_L \leq l_{eff} / 8$
2	Wohngebäude	-	<b>12 · h</b>
3	andere Gebäude	<b>10 · h</b>	<b>8 · h</b>
	mit $s_L$ Abstand der Längsrippen $l_{eff}$ effektive Stützweite der Längsrippe h Gesamthöhe der Rippendecke		



Arbeitsblatt 4  
Ausgabe 2002-01

# Bewehren von Stahlbetontragwerken nach DIN 1045-1:2001-07

## Nachweise der Tragfähigkeit - Querschnittsbemessung -

Gesamtherstellung und Herausgabe:  
Institut für Stahlbetonbewehrung e.V.

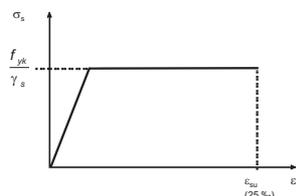
Prüfung: Univ.-Prof. Dr.-Ing. K. Zilch  
(Dipl.-Ing. Andreas Rogge)

### 1 Bemessung für Biegung und Längskraft (DIN 1045-1, 10.2)

Für die Biegebemessung werden in der Norm zwei Möglichkeiten angeboten

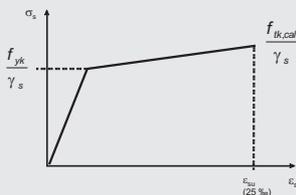
- Annahme eines horizontalen Verlaufs der Spannungs-Dehnungslinie nach Überschreiten der Streckgrenze des Betonstahls ( $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$ ) bis zu  $\epsilon_{su} = 25 \text{ ‰}$ .

⇒ Tabellen 3.1 ff



- Berücksichtigung der Verfestigung des Betonstahls nach Überschreitung der Streckgrenze ( $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$ ) bis zu einer rechnerischen Zugfestigkeit von  $f_{tk,cal} = 525 \text{ N/mm}^2$ , die bei  $\epsilon_{su} = 25 \text{ ‰}$  erreicht wird. Für kleinere Stahldehnung  $\epsilon_s < \epsilon_{su}$  ist der Bemessungswert der Stahlspannung  $\sigma_{sd}$  mit DIN 1045-1, Bild 27, zu ermitteln.

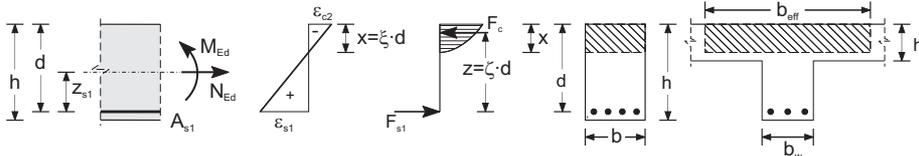
⇒ Tabellen 3.2 ff



### 2 Grundsätzliches

#### 2.1 $\omega$ -Verfahren ohne Druckbewehrung ( $\sigma_{sd} \leq f_{yd}$ )

Die optimale Bewehrungsmenge ergibt sich bei Rechteckquerschnitten in der Regel, wenn nur eine Biegezugbewehrung  $A_{s1}$  angeordnet wird.



Auf die Lage der Zugbewehrung bezogenes Moment  $M_{Eds}$ :

$$M_{Eds} = M_{Ed} - N_{Ed} \cdot z_{s1}$$

mit  $M_{Ed}$  Bemessungsmoment  
 $N_{Ed}$  Bemessungswert der Normalkraft  
 $z_{s1}$  Abstand Schwerlinie zu Biegezugbewehrung  $A_{s1}$

$F_{s1} = f_{yd} \cdot A_{s1}$ ; Zuggurkraft (Biegezugbewehrung)

$F_c = \alpha_R \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \xi \cdot d$ ; Druckgurkraft (Betondruckzone)

mit  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$ ; Bemessungswert der Betonstahlstreckgrenze

$\gamma_s = 1,15$ ; Materialteilsicherheitsbeiwert für Betonstahl

$f_{cd} = \alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c$ ; Bemessungswert der Betondruckfestigkeit

$\alpha$  Abminderungsfaktor für Langzeiteinwirkung

= 0,85 für Normalbeton; = 0,80 für Leichtbeton

$\gamma_c$  Materialteilsicherheitsbeiwert für Beton = 1,5 für Beton bis C 50/60

$\alpha_R = |\sigma_{cm}| / f_{cd}$ ; Völligkeitsbeiwert

$\xi = x/d$ ; bezogene Druckzonenhöhe

$b, b_{eff}$  Breite bzw. mitwirkende Breite

$d$  statische Höhe

INSTITUT FÜR STAHLBETONBEWEHRUNG e.V.

## 2.2 Anordnung einer Biegedruckbewehrung $A_{s2}$

Eine Biegedruckbewehrung  $A_{s2}$  ist zur Sicherstellung ausreichender Verformungsfähigkeit für folgende Grenzwerte der bezogenen Druckzonenhöhe  $\xi_{lim}=(x/d)_{lim}$  erforderlich:

$\xi_{lim} = (x/d)_{lim} = 0,617$  für Beton bis C 50/60

Dehnung der Zugbewehrung erreicht  $\epsilon_{yd} = f_{yd}/E_s$

$\xi_{lim} = (x/d)_{lim} = 0,45$  für Beton bis C 50/60  
 $\xi_{lim} = (x/d)_{lim} = 0,35$  für Beton ab C 55/67  
 und für Leichtbeton

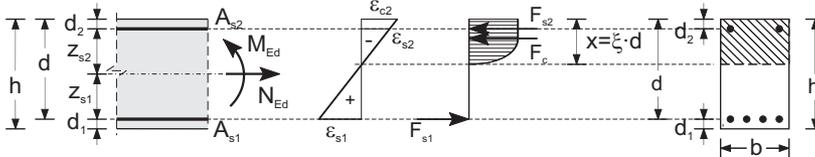
Bei linear-elastischem Verfahren der Schnittgrößenermittlung ohne geeignete Umschnürung der Biegedruckzone. Eine geeignete Umschnürung kann angenommen werden bei Einhaltung der Regeln der Bewehrung in DIN 1045-1, 13.1.1 (5).

$\xi_{lim} = (x/d)_{lim} = 0,25$  für Beton bis C 50/60

Bei Berechnung zweiachsig gespannter Platten nach der Plastizitätstheorie ohne Nachweis der Rotationsfähigkeit.

$\xi_{lim} = (x/d)_{lim} = 0,15$  für Beton ab C 55/67

## 2.3 $\omega$ -Verfahren mit Druckbewehrung ( $\sigma_{sd} \leq f_{yd}$ )



Auf die Lage der Zugbewehrung bezogenes Moment  $M_{Eds}$ :

$$M_{Eds} = M_{Ed} - N_{Ed} \cdot z_{s1}$$

mit  $M_{Ed}$  Bemessungsmoment

$N_{Ed}$  Bemessungswert der Normalkraft

$z_{s1}$  Abstand Schwerlinie zu Biegezugbewehrung  $A_{s1}$

$F_{s1} = f_{yd} \cdot A_{s1}$ ; Zuggurkraft (Biegezugbewehrung)

$F_{s2} = \sigma_{s2d} \cdot A_{s2}$ ; Druckgurkraft (Biegedruckbewehrung)

$F_c = \alpha_R \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \xi \cdot d$ ; Druckgurkraft (Betondruckzone)

mit  $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s$ ; Bemessungswert der Betonstahlstreckgrenze

$\gamma_s = 1,15$ ; Materialteilsicherheitsbeiwert für Betonstahl

$f_{cd} = \alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c$ ; Bemessungswert der Betondruckfestigkeit

$\alpha$  Abminderungsfaktor für Langzeiteinwirkung  
 = 0,85 für Normalbeton; = 0,80 für Leichtbeton

$\gamma_c$  Materialteilsicherheitsbeiwert für Beton = 1,5 für Beton bis C 50/60

$\alpha_R = |\sigma_{cm}|/f_{cd}$ ; Völligkeitsbeiwert; = 0,81 für  $\epsilon_{cu} = -3,5 \%$  und Beton bis C 50/60

$b$  Breite

$d$  statische Höhe

bezogenes Moment  $\mu_{Eds}$ :

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{M_{Ed} - N_{Ed} \cdot z_{s1}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$$

erf. Biegezugbewehrung  $A_{s1}$ :

$$A_{s1} = \omega_1 \cdot \frac{b \cdot d}{f_{yd}/f_{cd}} + \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}$$

erf. Biegedruckbewehrung  $A_{s2}$ :

$$A_{s2} = \omega_2 \cdot \frac{b \cdot d}{f_{yd}/f_{cd}}$$

## 2.4 Ermittlung der maßgebenden Breiten

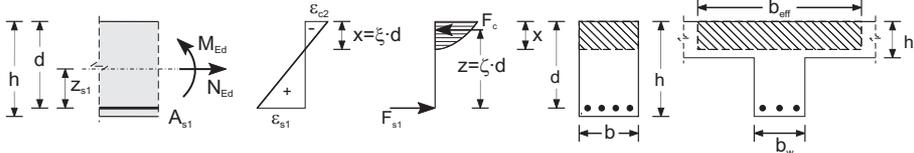
Bemessungsquerschnitt	Nulllinie	Maßg. Breite	Bemerkung
	-	$b$	bezogenes Moment $\mu_{Eds}$ : $\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{M_{Ed} - N_{Ed} \cdot z_{s1}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$
	$x \leq h_f$	$b = b_{eff}$	mech. Bewehrungsgrad: $\omega_1 = \frac{A_s^* \cdot f_{yd}}{b \cdot d \cdot f_{cd}}; A_s^* = A_{s1} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}$ Ermittlung von $b_{eff}$ nach ⇒ Arbeitsblatt 3, 7.2.1
	$x > h_f$	$b = b_i$	erf. Bewehrungsquerschnitt: $A_{s1} = \omega_1 \cdot \frac{b \cdot d}{f_{yd}/f_{cd}} + \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}$ Berechnung von $b_i$ siehe DAfStb-Heft 220
	$x > h_f$	$b = b_f$	erf. Bewehrungsquerschnitt: $A_{s1} = \frac{1}{f_{yd}} \cdot \left( \frac{M_{Eds}}{d - h_f/2} + N_{Ed} \right)$ Nachweis der Druckspannung erforderlich

2.5 Rechengrößen für Betonstahl BSt 500 mit $f_{yk}=500 \text{ N/mm}^2$ und für Beton bis C 50/60									
Beton	C 12/15	C 16/20	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50	C 45/55	C 50/60
$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	6,8	9,1	11,3	14,2	17,0	19,8	22,7	25,5	28,3
$f_{yd}/f_{cd}$	63,9	50,0	38,4	30,7	25,6	21,9	19,2	17,1	15,3

### 3 Bemessungstabellen für die Verfahren nach 1 (Bemessung für Biegung und Längskraft (DIN 1045-1, 10.2))

#### 3.1 Horizontaler Verlauf der Spannungs-Dehnungslinie des Betonstahls (ohne Verfestigung)

##### 3.1.1 $\omega$ - Tabellen, ohne Druckbewehrung, für Beton bis C 50/60 ( $\sigma_{sd} \leq f_{yd}$ )



$N_{Ed}$  ist als Druckkraft negativ!

$a^*$ : Abstand des Schwerpunktes der Betondruckspannungen vom oberen Rand des Querschnittes

bezogenes Moment  $\mu_{Eds}$ :

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{M_{Ed} - N_{Ed} \cdot z_{s1}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$$

erf. Biegezugbewehrung  $A_{s1}$ :

$$A_{s1} = \omega_1 \cdot \frac{b \cdot d}{f_{yd}/f_{cd}} + \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}$$

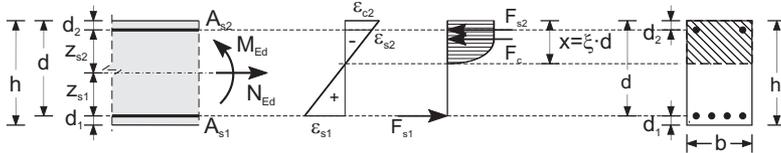
mech. Bewehrungsgrad  $\omega_1$ :

$$\omega_1 = \frac{A_s^*}{b \cdot d} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}; A_s^* = A_{s1} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}$$

$\mu_{Eds}$ [-]	$\omega_1$ [-]	$\xi = x/d$ [-]	$\zeta = z/d$ [-]	$\epsilon_{c2}$ [‰]	$\epsilon_{s1}$ [‰]	$\sigma_{sd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\alpha_R$ [-]	$k_a = a^*/x$ [-]
0,01	0,0101	0,030	0,990	-0,77	25	434,8	0,337	0,346
0,02	0,0203	0,044	0,985	-1,15	25	434,8	0,464	0,353
0,03	0,0306	0,055	0,980	-1,46	25	434,8	0,553	0,360
0,04	0,0410	0,066	0,976	-1,76	25	434,8	0,622	0,368
0,05	0,0515	0,076	0,971	-2,06	25	434,8	0,676	0,377
0,06	0,0621	0,086	0,967	-2,37	25	434,8	0,718	0,387
0,07	0,0728	0,097	0,962	-2,68	25	434,8	0,751	0,396
0,08	0,0836	0,107	0,956	-3,01	25	434,8	0,778	0,405
0,09	0,0946	0,118	0,951	-3,35	25	434,8	0,801	0,413
0,10	0,1057	0,131	0,946	-3,5	23,29	434,8	0,810	0,416
0,11	0,1170	0,145	0,940	-3,5	20,71	434,8	0,810	0,416
0,12	0,1285	0,159	0,934	-3,5	18,55	434,8	0,810	0,416
0,13	0,1401	0,173	0,928	-3,5	16,73	434,8	0,810	0,416
0,14	0,1518	0,188	0,922	-3,5	15,16	434,8	0,810	0,416
0,15	0,1638	0,202	0,916	-3,5	13,80	434,8	0,810	0,416
0,16	0,1759	0,217	0,910	-3,5	12,61	434,8	0,810	0,416
0,17	0,1882	0,232	0,903	-3,5	11,55	434,8	0,810	0,416
0,18	0,2007	0,248	0,897	-3,5	10,62	434,8	0,810	0,416
0,18	0,2024	0,250	0,896	-3,5	10,50	434,8	0,810	0,416
0,19	0,2134	0,264	0,890	-3,5	9,78	434,8	0,810	0,416
0,20	0,2263	0,280	0,884	-3,5	9,02	434,8	0,810	0,416
0,21	0,2395	0,296	0,877	-3,5	8,33	434,8	0,810	0,416
0,22	0,2529	0,312	0,870	-3,5	7,71	434,8	0,810	0,416
0,23	0,2665	0,329	0,863	-3,5	7,13	434,8	0,810	0,416
0,24	0,2804	0,346	0,856	-3,5	6,60	434,8	0,810	0,416
0,25	0,2946	0,364	0,849	-3,5	6,12	434,8	0,810	0,416
0,26	0,3091	0,382	0,841	-3,5	5,67	434,8	0,810	0,416
0,27	0,3239	0,400	0,834	-3,5	5,25	434,8	0,810	0,416
0,28	0,3391	0,419	0,826	-3,5	4,86	434,8	0,810	0,416
0,29	0,3546	0,438	0,818	-3,5	4,49	434,8	0,810	0,416
0,296	0,3643	0,450	0,813	-3,5	4,28	434,8	0,810	0,416
0,30	0,3706	0,458	0,810	-3,5	4,15	434,8	0,810	0,416
0,31	0,3869	0,478	0,801	-3,5	3,82	434,8	0,810	0,416
0,32	0,4038	0,499	0,793	-3,5	3,52	434,8	0,810	0,416
0,33	0,4211	0,520	0,784	-3,5	3,23	434,8	0,810	0,416
0,34	0,4391	0,542	0,774	-3,5	2,95	434,8	0,810	0,416
0,35	0,4576	0,565	0,765	-3,5	2,69	434,8	0,810	0,416
0,36	0,4768	0,589	0,755	-3,5	2,44	434,8	0,810	0,416
0,37	0,4968	0,614	0,745	-3,5	2,20	434,8	0,810	0,416
0,371	0,4994	0,617	0,743	-3,5	2,174	434,8	0,810	0,416

### 3.1.2 $\omega$ - Tafeln, mit Druckbewehrung, für $\zeta_{lim}=(x/d)_{lim}=0,617$ , für Beton bis C 50/60 ( $\sigma_{sd} \leq f_{yd}$ )

$\mu_{Eds,lim}$ [-]	$\omega_1$ [-]	$\zeta=x/d$ [-]	$\zeta=z/d$ [-]	$\varepsilon_{c2}$ [‰]	$\varepsilon_{s1,lim}$ [‰]	$\sigma_{sd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\alpha_R$ [-]	$k_a=a^*/x$ [-]
0,3712	0,4994	<b>0,617</b>	0,743	-3,5	<b>2,174</b>	434,8	0,810	0,416



$N_{Ed}$  ist als Druckkraft negativ!

$a^*$ : Abstand des Schwerpunktes der Betondruckspannungen vom oberen Rand des Querschnittes

bezogenes Moment $\mu_{Eds}$ : $\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{M_{Ed} - N_{Ed} \cdot z_{s1}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$	erf. Biegezugbewehrung $A_{s1}$ : $A_{s1} = \omega_1 \cdot \frac{b \cdot d}{f_{yd}/f_{cd}} + \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}$	erf. Biegedruckbewehrung $A_{s2}$ : $A_{s2} = \omega_2 \cdot \frac{b \cdot d}{f_{yd}/f_{cd}}$
--	--	--

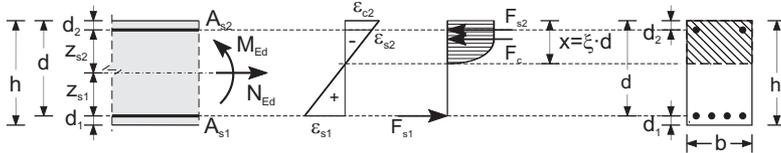
Beton	C 12/15	C 16/20	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50	C 45/55	C 50/60
$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	6,8	9,1	11,3	14,2	17,0	19,8	22,7	25,5	28,3
$f_{yd}/f_{cd}$	63,9	50,0	38,4	30,7	25,6	21,9	19,2	17,1	15,3

	$d_2/d=0,05$	$d_2/d=0,10$	$d_2/d=0,15$	$d_2/d=0,20$
	$\varepsilon_{s2,lim} = -3,22$ ‰	$\varepsilon_{s2,lim} = -2,93$ ‰	$\varepsilon_{s2,lim} = -2,65$ ‰	$\varepsilon_{s2,lim} = -2,37$ ‰

$\mu_{Eds}$	$\omega_1$	$\omega_2$	$\omega_1$	$\omega_2$	$\omega_1$	$\omega_2$	$\omega_1$	$\omega_2$
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
0,38	0,5086	0,0092	0,5091	0,0097	0,5097	0,0103	0,5103	0,0110
0,39	0,5191	0,0198	0,5202	0,0209	0,5214	0,0221	0,5228	0,0235
0,40	0,5296	0,0303	0,5313	0,0320	0,5332	0,0339	0,5353	0,0360
0,41	0,5402	0,0408	0,5424	0,0431	0,5450	0,0456	0,5478	0,0485
0,42	0,5507	0,0513	0,5535	0,0542	0,5567	0,0574	0,5603	0,0610
0,43	0,5612	0,0619	0,5647	0,0653	0,5685	0,0691	0,5728	0,0735
0,44	0,5717	0,0724	0,5758	0,0764	0,5803	0,0809	0,5853	0,0860
0,45	0,5823	0,0829	0,5869	0,0875	0,5920	0,0927	0,5978	0,0985
0,46	0,5928	0,0934	0,5980	0,0986	0,6038	0,1044	0,6103	0,1110
0,47	0,6033	0,1040	0,6091	0,1097	0,6156	0,1162	0,6228	0,1235
0,48	0,6139	0,1145	0,6202	0,1209	0,6273	0,1280	0,6353	0,1360
0,49	0,6244	0,1250	0,6313	0,1320	0,6391	0,1397	0,6478	0,1485
0,50	0,6349	0,1356	0,6424	0,1431	0,6509	0,1515	0,6603	0,1610
0,51	0,6454	0,1461	0,6535	0,1542	0,6626	0,1633	0,6728	0,1735
0,52	0,6560	0,1566	0,6647	0,1653	0,6744	0,1750	0,6853	0,1860
0,53	0,6665	0,1671	0,6758	0,1764	0,6861	0,1868	0,6978	0,1985
0,54	0,6770	0,1777	0,6869	0,1875	0,6979	0,1986	0,7103	0,2110
0,55	0,6875	0,1882	0,6980	0,1986	0,7097	0,2103	0,7228	0,2235

### 3.1.3 $\omega$ - Tafeln, mit Druckbewehrung, für $\xi_{lim}=(x/d)_{lim}=0,45$ , für Beton bis C 50/60 ( $\sigma_{sd} \leq f_{yd}$ )

$\mu_{Eds}$ [-]	$\omega_1$ [-]	$\xi=x/d$ [-]	$\zeta=z/d$ [-]	$\varepsilon_{c2}$ [‰]	$\varepsilon_{s1,lim}$ [‰]	$\sigma_{sd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\alpha_R$ [-]	$k_a=a^*/x$ [-]
0,2961	0,3643	<b>0,450</b>	0,813	-3,5	<b>4,278</b>	434,8	0,810	0,416



$N_{Ed}$  ist als Druckkraft negativ!

$a^*$ : Abstand des Schwerpunktes der Betondruckspannungen vom oberen Rand des Querschnittes

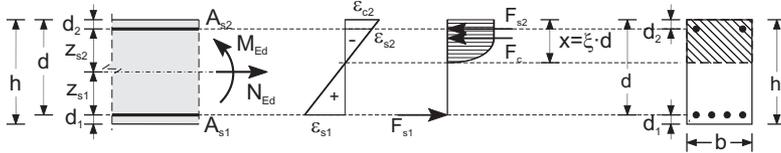
bezogenes Moment $\mu_{Eds}$ :	erf. Biegezugbewehrung $A_{s1}$ :	erf. Biegedruckbewehrung $A_{s2}$ :
$\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{M_{Ed} - N_{Ed} \cdot z_{s1}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$	$A_{s1} = \omega_1 \cdot \frac{b \cdot d}{f_{yd}/f_{cd}} + \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}$	$A_{s2} = \omega_2 \cdot \frac{b \cdot d}{f_{yd}/f_{cd}}$

Beton	C 12/15	C 16/20	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50	C 45/55	C 50/60
$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	6,8	9,1	11,3	14,2	17,0	19,8	22,7	25,5	28,3
$f_{yd}/f_{cd}$	63,9	50,0	38,4	30,7	25,6	21,9	19,2	17,1	15,3

$\mu_{Eds}$ [-]	$d_2/d=0,05$		$d_2/d=0,10$		$d_2/d=0,15$		$d_2/d=0,20$	
	$\omega_1$ [-]	$\omega_2$ [-]	$\omega_1$ [-]	$\omega_2$ [-]	$\omega_1$ [-]	$\omega_2$ [-]	$\omega_1$ [-]	$\omega_2$ [-]
	$\varepsilon_{s2,lim} = -3,11$ ‰		$\varepsilon_{s2,lim} = -2,72$ ‰		$\varepsilon_{s2,lim} = -2,33$ ‰		$\varepsilon_{s2,lim} = -1,94$ ‰	
0,30	0,3684	0,0041	0,3686	0,0043	0,3689	0,0046	0,3692	0,0055
0,31	0,3789	0,0146	0,3797	0,0154	0,3806	0,0164	0,3817	0,0194
0,32	0,3894	0,0252	0,3908	0,0266	0,3924	0,0281	0,3942	0,0334
0,33	0,4000	0,0357	0,4020	0,0377	0,4042	0,0399	0,4067	0,0474
0,34	0,4105	0,0462	0,4131	0,0488	0,4159	0,0517	0,4192	0,0614
0,35	0,4210	0,0567	0,4242	0,0599	0,4277	0,0634	0,4317	0,0753
0,36	0,4316	0,0673	0,4353	0,0710	0,4395	0,0752	0,4442	0,0893
0,37	0,4421	0,0778	0,4464	0,0821	0,4512	0,0869	0,4567	0,1033
0,38	0,4526	0,0883	0,4575	0,0932	0,4630	0,0987	0,4692	0,1173
0,39	0,4631	0,0988	0,4686	0,1043	0,4748	0,1105	0,4817	0,1312
0,40	0,4737	0,1094	0,4797	0,1154	0,4865	0,1222	0,4942	0,1452
0,41	0,4842	0,1199	0,4908	0,1266	0,4983	0,1340	0,5067	0,1592
0,42	0,4947	0,1304	0,5020	0,1377	0,5101	0,1458	0,5192	0,1732
0,43	0,5052	0,1410	0,5131	0,1488	0,5218	0,1575	0,5317	0,1871
0,44	0,5158	0,1515	0,5242	0,1599	0,5336	0,1693	0,5442	0,2011
0,45	0,5263	0,1620	0,5353	0,1710	0,5453	0,1811	0,5567	0,2151
0,46	0,5368	0,1725	0,5464	0,1821	0,5571	0,1928	0,5692	0,2291
0,47	0,5473	0,1831	0,5575	0,1932	0,5689	0,2046	0,5817	0,2430
0,48	0,5579	0,1936	0,5686	0,2043	0,5806	0,2164	0,5942	0,2570
0,49	0,5684	0,2041	0,5797	0,2154	0,5924	0,2281	0,6067	0,2710
0,50	0,5789	0,2146	0,5908	0,2266	0,6042	0,2399	0,6192	0,2850
0,51	0,5894	0,2252	0,6020	0,2377	0,6159	0,2517	0,6317	0,2989
0,52	0,6000	0,2357	0,6131	0,2488	0,6277	0,2634	0,6442	0,3129
0,53	0,6105	0,2462	0,6242	0,2599	0,6395	0,2752	0,6567	0,3269
0,54	0,6210	0,2567	0,6353	0,2710	0,6512	0,2869	0,6692	0,3409
0,55	0,6316	0,2673	0,6464	0,2821	0,6630	0,2987	0,6817	0,3548

### 3.1.4 $\omega$ - Tafeln, mit Druckbewehrung, für $\xi_{lim}=(x/d)_{lim}=0,25$ , für Beton bis C 50/60 ( $\sigma_{sd} \leq f_{yd}$ )

$\mu_{Eds}$ [-]	$\omega_1$ [-]	$\xi=x/d$ [-]	$\zeta=z/d$ [-]	$\varepsilon_{c2}$ [‰]	$\varepsilon_{s1,lim}$ [‰]	$\sigma_{sd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\alpha_R$ [-]	$k_a=a^*/x$ [-]
0,1813	0,2024	<b>0,250</b>	0,896	-3,5	<b>10,500</b>	435	0,810	0,416



$N_{Ed}$  ist als Druckkraft negativ!

$a^*$ : Abstand des Schwerpunktes der Betondruckspannungen vom oberen Rand des Querschnittes

bezogenes Moment $\mu_{Eds}$ : $\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{M_{Ed} - N_{Ed} \cdot z_{s1}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$	erf. Biegezugbewehrung $A_{s1}$ : $A_{s1} = \omega_1 \cdot \frac{b \cdot d}{f_{yd}/f_{cd}} + \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}$	erf. Biegedruckbewehrung $A_{s2}$ : $A_{s2} = \omega_2 \cdot \frac{b \cdot d}{f_{yd}/f_{cd}}$
--	--	--

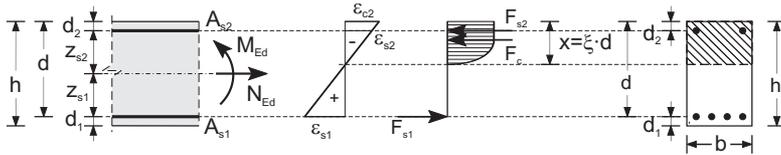
Beton	C 12/15	C 16/20	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50	C 45/55	C 50/60
$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	6,8	9,1	11,3	14,2	17,0	19,8	22,7	25,5	28,3
$f_{yd}/f_{cd}$	63,9	50,0	38,4	30,7	25,6	21,9	19,2	17,1	15,3

$\mu_{Eds}$ [-]	$d_2/d=0,05$		$d_2/d=0,10$		$d_2/d=0,15$		$d_2/d=0,20$	
	$\omega_1$ [-]	$\omega_2$ [-]	$\omega_1$ [-]	$\omega_2$ [-]	$\omega_1$ [-]	$\omega_2$ [-]	$\omega_1$ [-]	$\omega_2$ [-]
0,19	0,2115	0,0091	0,2120	0,0100	0,2126	0,0158	0,2132	0,0336
0,20	0,2220	0,0196	0,2231	0,0215	0,2243	0,0341	0,2257	0,0725
0,21	0,2326	0,0302	0,2342	0,0330	0,2361	0,0524	0,2382	0,1113
0,22	0,2431	0,0407	0,2453	0,0445	0,2479	0,0706	0,2507	0,1501
0,23	0,2536	0,0512	0,2565	0,0560	0,2596	0,0889	0,2632	0,1889
0,24	0,2641	0,0618	0,2676	0,0675	0,2714	0,1072	0,2757	0,2277
0,25	0,2747	0,0723	0,2787	0,0790	0,2832	0,1254	0,2882	0,2666
0,26	0,2852	0,0828	0,2898	0,0905	0,2949	0,1437	0,3007	0,3054
0,27	0,2957	0,0933	0,3009	0,1020	0,3067	0,1620	0,3132	0,3442
0,28	0,3062	0,1039	0,3120	0,1135	0,3185	0,1802	0,3257	0,3830
0,29	0,3168	0,1144	0,3231	0,1250	0,3302	0,1985	0,3382	0,4218
0,30	0,3273	0,1249	0,3342	0,1365	0,3420	0,2168	0,3507	0,4607
0,31	0,3378	0,1354	0,3453	0,1480	0,3538	0,2350	0,3632	0,4995
0,32	0,3483	0,1460	0,3565	0,1595	0,3655	0,2533	0,3757	0,5383
0,33	0,3589	0,1565	0,3676	0,1710	0,3773	0,2716	0,3882	0,5771
0,34	0,3694	0,1670	0,3787	0,1825	0,3890	0,2899	0,4007	0,6159
0,35	0,3799	0,1775	0,3898	0,1940	0,4008	0,3081	0,4132	0,6548
0,36	0,3904	0,1881	0,4009	0,2055	0,4126	0,3264	0,4257	0,6936
0,37	0,4010	0,1986	0,4120	0,2170	0,4243	0,3447	0,4382	0,7324
0,38	0,4115	0,2091	0,4231	0,2285	0,4361	0,3629	0,4507	0,7712
0,39	0,4220	0,2196	0,4342	0,2400	0,4479	0,3812	0,4632	0,8100
0,40	0,4326	0,2302	0,4453	0,2515	0,4596	0,3995	0,4757	0,8489
0,41	0,4431	0,2407	0,4565	0,2630	0,4714	0,4177	0,4882	0,8877
0,42	0,4536	0,2512	0,4676	0,2745	0,4832	0,4360	0,5007	0,9265
0,43	0,4641	0,2618	0,4787	0,2860	0,4949	0,4543	0,5132	0,9653
0,44	0,4747	0,2723	0,4898	0,2975	0,5067	0,4725	0,5257	1,0041
0,45	0,4852	0,2828	0,5009	0,3090	0,5185	0,4908	0,5382	1,0430
0,46	0,4957	0,2933	0,5120	0,3205	0,5302	0,5091	0,5507	1,0818
0,47	0,5062	0,3039	0,5231	0,3320	0,5420	0,5273	0,5632	1,1206
0,48	0,5168	0,3144	0,5342	0,3435	0,5538	0,5456	0,5757	1,1594
0,49	0,5273	0,3249	0,5453	0,3550	0,5655	0,5639	0,5882	1,1982
0,50	0,5378	0,3354	0,5565	0,3665	0,5773	0,5821	0,6007	1,2371
0,51	0,5483	0,3460	0,5676	0,3780	0,5890	0,6004	0,6132	1,2759
0,52	0,5589	0,3565	0,5787	0,3895	0,6008	0,6187	0,6257	1,3147
0,53	0,5694	0,3670	0,5898	0,4010	0,6126	0,6369	0,6382	1,3535
0,54	0,5799	0,3775	0,6009	0,4125	0,6243	0,6552	0,6507	1,3923
0,55	0,5904	0,3881	0,6120	0,4240	0,6361	0,6735	0,6632	1,4312



**3.2.2  $\omega$ -Tafel mit Druckbewehrung für  $\chi_{lim} = (\chi/d)_{lim} = 0,617$ , für Beton bis C50/60 mit  $\sigma_{sd} \leq f_{td,cal}$**   
 (Spannungs-Dehnungslinie des Betonstahls mit Verfestigung)

$\mu_{Eds}$ [-]	$\omega_1$ [-]	$\xi = x/d$ [-]	$\zeta = z/d$ [-]	$\varepsilon_{c2}$ [‰]	$\varepsilon_{s1}$ [‰]	$\sigma_{s1d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\alpha_R$ [-]	$k_a = a^*/x$ [-]
0,371	0,4994	0,617	0,743	-3,50	2,174	434,8	0,810	0,416



$N_{Ed}$  ist als Druckkraft negativ!

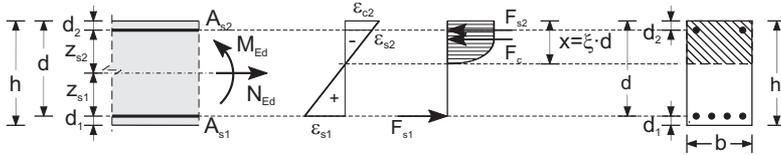
$a^*$ : Abstand des Schwerpunktes der Betondruckspannungen vom oberen Rand des Querschnittes

bezogenes Moment $\mu_{Eds}$ : $\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{M_{Ed} - N_{Ed} \cdot z_{s1}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$	erf. Biegezugbewehrung $A_{s1}$ : $A_{s1} = \omega_1 \cdot \frac{b \cdot d}{\sigma_{s1d} / f_{cd}} + \frac{N_{Ed}}{\sigma_{s1d}}$	mech. Bewehrungsgrad $\omega_1$ : $A_{s2} = \omega_2 \cdot \frac{b \cdot d}{\sigma_{s2d} / f_{cd}}$
--	--	--

$\mu_{Eds}$ [-]	$d_2/d = 0,05$ $\sigma_{s2d} = -435,8 \text{ MN/m}^2$		$d_2/d = 0,10$ $\sigma_{s2d} = -435,5 \text{ MN/m}^2$		$d_2/d = 0,15$ $\sigma_{s2d} = -435,2 \text{ MN/m}^2$		$d_2/d = 0,20$ $\sigma_{s2d} = -435,0 \text{ MN/m}^2$	
	$\omega_1$ [-]	$\omega_2$ [-]	$\omega_1$ [-]	$\omega_2$ [-]	$\omega_1$ [-]	$\omega_2$ [-]	$\omega_1$ [-]	$\omega_2$ [-]
0,38	0,5087	0,0092	0,5092	0,0097	0,5097	0,0103	0,5104	0,0109
0,39	0,5192	0,0197	0,5203	0,0208	0,5215	0,0220	0,5229	0,0234
0,40	0,5297	0,0302	0,5314	0,0319	0,5333	0,0338	0,5354	0,0359
0,41	0,5402	0,0408	0,5425	0,0430	0,5450	0,0456	0,5479	0,0484
0,42	0,5508	0,0513	0,5536	0,0541	0,5568	0,0573	0,5604	0,0609
0,43	0,5613	0,0618	0,5647	0,0652	0,5686	0,0691	0,5729	0,0734
0,44	0,5718	0,0723	0,5758	0,0764	0,5803	0,0808	0,5854	0,0859
0,45	0,5823	0,0829	0,5869	0,0875	0,5921	0,0926	0,5979	0,0984
0,46	0,5929	0,0934	0,5981	0,0986	0,6039	0,1044	0,6104	0,1109
0,47	0,6034	0,1039	0,6092	0,1097	0,6156	0,1161	0,6229	0,1234
0,48	0,6139	0,1144	0,6203	0,1208	0,6274	0,1279	0,6354	0,1359
0,49	0,6244	0,1250	0,6314	0,1319	0,6391	0,1397	0,6479	0,1484
0,50	0,6350	0,1355	0,6425	0,1430	0,6509	0,1514	0,6604	0,1609
0,51	0,6455	0,1460	0,6536	0,1541	0,6627	0,1632	0,6729	0,1734
0,52	0,6560	0,1565	0,6647	0,1652	0,6744	0,1750	0,6854	0,1859
0,53	0,6665	0,1671	0,6758	0,1764	0,6862	0,1867	0,6979	0,1984
0,54	0,6771	0,1776	0,6869	0,1875	0,6980	0,1985	0,7104	0,2109
0,55	0,6876	0,1881	0,6981	0,1986	0,7097	0,2103	0,7229	0,2234

**3.2.3  $\omega_1$ -Tafel mit Druckbewehrung für  $\chi_{lim} = (\chi/d)_{lim} = 0,45$ , für Beton bis C50/60 mit  $\sigma_{sd} \leq f_{td,cal}$**   
 (Spannungs-Dehnungslinie des Betonstahls mit Verfestigung)

$\mu_{Eds}$ [-]	$\omega_1$ [-]	$\xi = x/d$ [-]	$\zeta = z/d$ [-]	$\epsilon_{c2}$ [‰]	$\epsilon_{s1}$ [‰]	$\sigma_{s1d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\alpha_R$ [-]	$k_a = a^*/x$ [-]
0,296	0,3643	0,450	0,813	-3,50	4,28	436,8	0,810	0,416



$N_{Ed}$  ist als Druckkraft negativ!

$a^*$ : Abstand des Schwerpunktes der Betondruckspannungen vom oberen Rand des Querschnittes

bezogenes Moment  $\mu_{Eds}$ :

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{M_{Ed} - N_{Ed} \cdot z_{s1}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$$

erf. Biegezugbewehrung  $A_{s1}$ :

$$A_{s1} = \omega_1 \cdot \frac{b \cdot d}{\sigma_{s1d} / f_{cd}} + \frac{N_{Ed}}{\sigma_{s1d}}$$

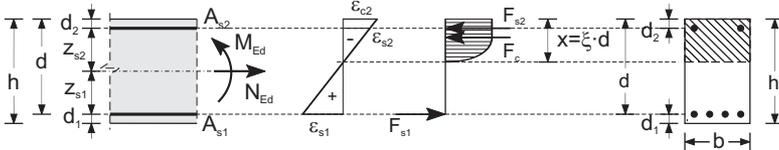
mech. Bewehrungsgrad  $\omega_1$ :

$$A_{s2} = \omega_2 \cdot \frac{b \cdot d}{\sigma_{s2d} / f_{cd}}$$

$\mu_{Eds}$ [-]	$d_2/d = 0,05$ $\sigma_{s2d} = -435,7 \text{ MN/m}^2$		$d_2/d = 0,10$ $\sigma_{s2d} = -435,3 \text{ MN/m}^2$		$d_2/d = 0,15$ $\sigma_{s2d} = -434,9 \text{ MN/m}^2$		$d_2/d = 0,20$ $\sigma_{s2d} = -388,9 \text{ MN/m}^2$	
	$\omega_1$ [-]	$\omega_2$ [-]	$\omega_1$ [-]	$\omega_2$ [-]	$\omega_1$ [-]	$\omega_2$ [-]	$\omega_1$ [-]	$\omega_2$ [-]
0,30	0,3684	0,0041	0,3686	0,0043	0,3689	0,0046	0,3692	0,0049
0,31	0,3789	0,0146	0,3797	0,0155	0,3806	0,0164	0,3817	0,0174
0,32	0,3895	0,0252	0,3908	0,0266	0,3924	0,0281	0,3942	0,0299
0,33	0,4000	0,0357	0,4020	0,0377	0,4042	0,0399	0,4067	0,0424
0,34	0,4105	0,0462	0,4131	0,0488	0,4159	0,0517	0,4192	0,0549
0,35	0,4210	0,0567	0,4242	0,0599	0,4277	0,0634	0,4317	0,0674
0,36	0,4316	0,0673	0,4353	0,0710	0,4395	0,0752	0,4442	0,0799
0,37	0,4421	0,0778	0,4464	0,0821	0,4512	0,0869	0,4567	0,0924
0,38	0,4526	0,0883	0,4575	0,0932	0,4630	0,0987	0,4692	0,1049
0,39	0,4631	0,0989	0,4686	0,1043	0,4748	0,1105	0,4817	0,1174
0,40	0,4737	0,1094	0,4797	0,1155	0,4865	0,1222	0,4942	0,1299
0,41	0,4842	0,1199	0,4908	0,1266	0,4983	0,1340	0,5067	0,1424
0,42	0,4947	0,1304	0,5020	0,1377	0,5101	0,1458	0,5192	0,1549
0,43	0,5052	0,1410	0,5131	0,1488	0,5218	0,1575	0,5317	0,1674
0,44	0,5158	0,1515	0,5242	0,1599	0,5336	0,1693	0,5442	0,1799
0,45	0,5263	0,1620	0,5353	0,1710	0,5454	0,1811	0,5567	0,1924
0,46	0,5368	0,1725	0,5464	0,1821	0,5571	0,1928	0,5692	0,2049
0,47	0,5473	0,1831	0,5575	0,1932	0,5689	0,2046	0,5817	0,2174
0,48	0,5579	0,1936	0,5686	0,2043	0,5806	0,2164	0,5942	0,2299
0,49	0,5684	0,2041	0,5797	0,2155	0,5924	0,2281	0,6067	0,2424
0,50	0,5789	0,2146	0,5908	0,2266	0,6042	0,2399	0,6192	0,2549
0,51	0,5895	0,2252	0,6020	0,2377	0,6159	0,2517	0,6317	0,2674
0,52	0,6000	0,2357	0,6131	0,2488	0,6277	0,2634	0,6442	0,2799
0,53	0,6105	0,2462	0,6242	0,2599	0,6395	0,2752	0,6567	0,2924
0,54	0,6210	0,2567	0,6353	0,2710	0,6512	0,2869	0,6692	0,3049
0,55	0,6316	0,2673	0,6464	0,2821	0,6630	0,2987	0,6817	0,3174

**3.2.4  $\omega$ -Tafel mit Druckbewehrung für  $x_{lim} = (x/d)_{lim} = 0,25$ , für Beton bis C50/60 mit  $\sigma_{sd} \leq f_{td,cal}$**   
 (Spannungs-Dehnungslinie des Betonstahls mit Verfestigung)

$\mu_{Eds}$ [-]	$\omega_1$ [-]	$\xi = x/d$ [-]	$\zeta = z/d$ [-]	$\epsilon_{c2}$ [‰]	$\epsilon_{s1}$ [‰]	$\sigma_{s1d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\alpha_R$ [-]	$k_a = a^*/x$ [-]
0,181	0,2024	0,250	0,896	-3,50	10,50	442,7	0,810	0,416



$N_{Ed}$  ist als Druckkraft negativ!

$a^*$ : Abstand des Schwerpunktes der Betondruckspannungen vom oberen Rand des Querschnittes

bezogenes Moment $\mu_{Eds}$ : $\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{M_{Ed} - N_{Ed} \cdot z_{s1}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$	erf. Biegezugbewehrung $A_{s1}$ : $A_{s1} = \omega_1 \cdot \frac{b \cdot d}{\sigma_{s1d} / f_{cd}} + \frac{N_{Ed}}{\sigma_{s1d}}$	mech. Bewehrungsgrad $\omega_1$ : $A_{s2} = \omega_2 \cdot \frac{b \cdot d}{\sigma_{s2d} / f_{cd}}$
--	--	--

$\mu_{Eds}$ [-]	$d_2/d = 0,05$ $\sigma_{s2d} = -435,4 \text{ MN/m}^2$		$d_2/d = 0,10$ $\sigma_{s2d} = -420,0 \text{ MN/m}^2$		$d_2/d = 0,15$ $\sigma_{s2d} = -280,0 \text{ MN/m}^2$		$d_2/d = 0,20$ $\sigma_{s2d} = -140,0 \text{ MN/m}^2$	
	$\omega_1$ [-]	$\omega_2$ [-]	$\omega_1$ [-]	$\omega_2$ [-]	$\omega_1$ [-]	$\omega_2$ [-]	$\omega_1$ [-]	$\omega_2$ [-]
0,19	0,2115	0,0091	0,2120	0,0096	0,2126	0,0102	0,2132	0,0108
0,20	0,2220	0,0197	0,2231	0,0207	0,2243	0,0220	0,2257	0,0233
0,21	0,2326	0,0302	0,2342	0,0319	0,2361	0,0337	0,2382	0,0358
0,22	0,2431	0,0407	0,2453	0,0430	0,2479	0,0455	0,2507	0,0483
0,23	0,2536	0,0512	0,2565	0,0541	0,2596	0,0573	0,2632	0,0608
0,24	0,2641	0,0618	0,2676	0,0652	0,2714	0,0690	0,2757	0,0733
0,25	0,2747	0,0723	0,2787	0,0763	0,2832	0,0808	0,2882	0,0858
0,26	0,2852	0,0828	0,2898	0,0874	0,2949	0,0926	0,3007	0,0983
0,27	0,2957	0,0933	0,3009	0,0985	0,3067	0,1043	0,3132	0,1108
0,28	0,3062	0,1039	0,3120	0,1096	0,3185	0,1161	0,3257	0,1233
0,29	0,3168	0,1144	0,3231	0,1207	0,3302	0,1278	0,3382	0,1358
0,30	0,3273	0,1249	0,3342	0,1319	0,3420	0,1396	0,3507	0,1483
0,31	0,3378	0,1354	0,3453	0,1430	0,3538	0,1514	0,3632	0,1608
0,32	0,3483	0,1460	0,3565	0,1541	0,3655	0,1631	0,3757	0,1733
0,33	0,3589	0,1565	0,3676	0,1652	0,3773	0,1749	0,3882	0,1858
0,34	0,3694	0,1670	0,3787	0,1763	0,3891	0,1867	0,4007	0,1983
0,35	0,3799	0,1775	0,3898	0,1874	0,4008	0,1984	0,4132	0,2108
0,36	0,3905	0,1881	0,4009	0,1985	0,4126	0,2102	0,4257	0,2233
0,37	0,4010	0,1986	0,4120	0,2096	0,4243	0,2220	0,4382	0,2358
0,38	0,4115	0,2091	0,4231	0,2207	0,4361	0,2337	0,4507	0,2483
0,39	0,4220	0,2197	0,4342	0,2319	0,4479	0,2455	0,4632	0,2608
0,40	0,4326	0,2302	0,4453	0,2430	0,4596	0,2573	0,4757	0,2733
0,41	0,4431	0,2407	0,4565	0,2541	0,4714	0,2690	0,4882	0,2858
0,42	0,4536	0,2512	0,4676	0,2652	0,4832	0,2808	0,5007	0,2983
0,43	0,4641	0,2618	0,4787	0,2763	0,4949	0,2926	0,5132	0,3108
0,44	0,4747	0,2723	0,4898	0,2874	0,5067	0,3043	0,5257	0,3233
0,45	0,4852	0,2828	0,5009	0,2985	0,5185	0,3161	0,5382	0,3358
0,46	0,4957	0,2933	0,5120	0,3096	0,5302	0,3278	0,5507	0,3483
0,47	0,5062	0,3039	0,5231	0,3207	0,5420	0,3396	0,5632	0,3608
0,48	0,5168	0,3144	0,5342	0,3319	0,5538	0,3514	0,5757	0,3733
0,49	0,5273	0,3249	0,5453	0,3430	0,5655	0,3631	0,5882	0,3858
0,50	0,5378	0,3354	0,5565	0,3541	0,5773	0,3749	0,6007	0,3983
0,51	0,5483	0,3460	0,5676	0,3652	0,5891	0,3867	0,6132	0,4108
0,52	0,5589	0,3565	0,5787	0,3763	0,6008	0,3984	0,6257	0,4233
0,53	0,5694	0,3670	0,5898	0,3874	0,6126	0,4102	0,6382	0,4358
0,54	0,5799	0,3775	0,6009	0,3985	0,6243	0,4220	0,6507	0,4483
0,55	0,5905	0,3881	0,6120	0,4096	0,6361	0,4337	0,6632	0,4608

#### 4 Bemessung für Zug mit geringer Ausmitte und zentrischen Zug

Zug mit geringer Ausmitte	Zentrischer Zug
	<p>Für <math>z_{s1}=z_{s2}</math> gilt:</p> $A_{s2} = \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} \cdot \frac{z_{s1} - e}{z_{s1} + z_{s2}}$ $A_{s1} = \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} \cdot \frac{z_{s2} + e}{z_{s1} + z_{s2}}$
	$A_{s1} = A_{s2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}$

#### 5 Bemessung für Querkraft (DIN 1045-1, 10.3)

##### 5.1 Bemessungswert der einwirkenden Querkraft $V_{Ed}$ (DIN 1045-1, 10.3.2)

Die **maßgebende Querkraft  $V_{Ed}$**  ist bei gleichmäßig verteilter Last und direkter Auflagerung im **Abstand  $d$**  vom Auflagertrand zu ermitteln.

Bei **auflagernahen Einzellasten  $Q$**  mit einem Abstand  $x \leq 2,5 \cdot d$  und direkter Auflagerung darf der Querkraftanteil für die Ermittlung der Querkraftbewehrung um den Faktor  $\beta = x / (2,5 \cdot d)$  abgemindert werden.

$$\Delta V_Q = V_Q(1 - \beta)$$

Bei **Bauteilen mit veränderlicher Nutzhöhe** ergibt sich der **Bemessungswert der Querkraft  $V_{Ed}$**  wie folgt (siehe DIN 1045-1, Bild 31):

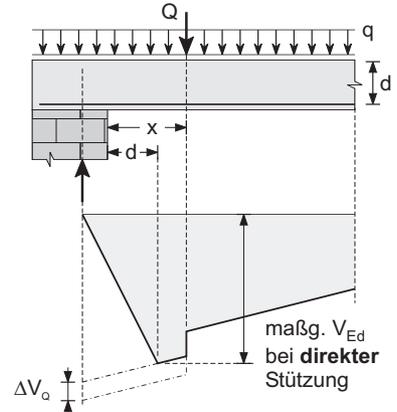
$$V_{Ed} = V_{Ed,0} - V_{ccd} - V_{td} - V_{pd}$$

$V_{Ed,0}$  Grundbemessungswert der auf den Querschnitt einwirkenden Querkraft

$V_{ccd}$  Bemessungswert der Querkraftkomponente in der Druckzone

$V_{td}$  Bemessungswert der Querkraftkomponente der Stahllastkraft

$V_{pd}$  Querkraftkomponente der Spannstahlkraft im Grenzzustand der Tragfähigkeit ( $P_m \leq A_p \cdot f_{p0,1k} / \gamma_s$ )



bei **indirekter** Stützung ist die Querkraft am Auflagertrand maßgebend

##### 5.2 Bemessungswerte der aufnehmbaren Querkraft $V_{Rd,i}$

Bemessungswerte bei unterschiedlichen Versagensmechanismen:

$V_{Rd,ct}$  aufnehmbare Querkraft eines Bauteils ohne Querkraftbewehrung

$V_{Rd,sy}$  aufnehmbare Querkraft bei Fließen der Querkraftbewehrung

$V_{Rd,max}$  aufnehmbare Querkraft bei Erreichen der Druckstrebenfestigkeit

##### 5.3 Nachweisbedingungen

$V_{Rd,ct} \geq V_{Ed}$  rechnerisch keine Querkraftbewehrung erforderlich

$V_{Rd,ct} < V_{Ed}$  Querkraftbewehrung erforderlich mit  $V_{Rd,sy} \geq V_{Ed}$

$V_{Rd,max} \geq V_{Ed}$  der Bemessungswert der einwirkenden Querkraft darf in keinem Querschnitt des Bauteils den Wert  $V_{Rd,max}$  überschreiten

## 5.4 Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung: $V_{Rd,ct} \geq V_{Ed}$ (DIN 1045-1, 10.3.3)

### Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,ct}$

$$V_{Rd,ct} = \left[ 0,10 \cdot \kappa \cdot \eta_1 \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} - 0,12 \cdot \sigma_{cd} \right] \cdot b_w \cdot d$$

mit  $b_w$  kleinste Querschnittsbreite innerhalb der Zugzone

$\eta_1$  Tragfähigkeitsbeiwert = 1,0 für Normalbeton; für Leichtbeton siehe DIN 1045-1, Tabelle 10

$\kappa = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2,0$   $d$  in [mm] einzusetzen; Beiwert für den Einfluss der Bauteilhöhe

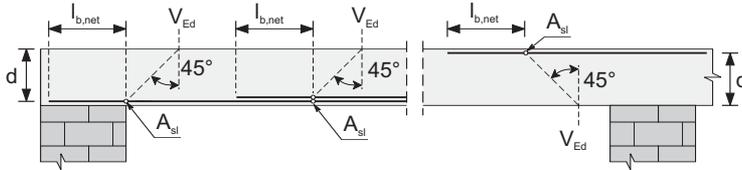
$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d) \leq 0,02$  Längsbewehrungsgrad

$A_{sl}$  Querschnittsfläche der Zugbewehrung, die mindestens um das Maß  $d$  über den betrachteten Querschnitt hinaus geführt und dort wirksam verankert wird. Bei Vorspannung mit sofortigem Verbund darf die Spannstahlfläche voll auf  $A_{sl}$  angerechnet werden.

$f_{ck}$  charakteristischer Wert der Betondruckfestigkeit; in [N/mm<sup>2</sup>]

$\sigma_{cd}$  Betonlängsspannung in Höhe des Schwerpunktes des Querschnitts =  $N_{Ed} / A_c$ ; in [N/mm<sup>2</sup>]

$N_{Ed}$  Längskraft infolge äußerer Einwirkung oder Vorspannung ( $N_{Ed} < 0$  für Druck)



In Sonderfällen, z. B. bei vorgespannten Fertigteilen mit sofortigem Verbund, wenn

- vorwiegend ruhende Belastung vorherrscht und

- $f_{ctk;0,05} / \gamma_c > \sigma_c$  mit  $\gamma_c = 1,8$

kann der Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit  $V_{Rd,ct}$  alternativ ermittelt werden:

$$V_{Rd,ct} = \frac{I \cdot b_w}{S} \cdot \sqrt{\left( \frac{f_{ctk;0,05}}{\gamma_c} \right)^2 - \alpha_1 \cdot \sigma_{cd} \cdot \frac{f_{ctk;0,05}}{\gamma_c}}$$

mit  $I$  Flächenmoment 2. Grades des Querschnitts (Trägheitsmoment)

$S$  Flächenmoment 1. Grades des Querschnitts (Statisches Moment)

$\alpha_1 = l_x / l_{bpd} \leq 1,0$  bei Vorspannung mit sofortigem Verbund

= 1 in den übrigen Fällen

$l_x$  Abstand des betrachteten Querschnitts vom Beginn der Verankerungslänge

$l_{bpd}$  oberer Bemessungswert der Übertragungslänge des Spannglieds nach DIN 1045-1, 8.7.6

$f_{ctk;0,05}$  5%-Quantilwert der Betonzugfestigkeit nach DIN 1045-1, Tab. 9 oder 10, jedoch  $f_{ctk;0,05} \leq 2,7$  N/mm<sup>2</sup>

$\gamma_c$  Teilsicherheitsbeiwert für unbewehrten Beton nach DIN 1045-1, 5.3.3 (8)

## 5.5 Bauteile mit rechnerisch erforderlicher Querkraftbewehrung: $V_{Rd,ct} < V_{Ed}$ (DIN 1045-1, 10.3.4)

Bügel rechtwinklig zur Bauteilachse:

$$V_{Rd,sy} = \frac{A_{sw}}{s_w} \cdot f_{yd} \cdot z \cdot \cot \theta$$

Querkraftbewehrung um Winkel  $\alpha$  geneigt:

$$V_{Rd,sy} = \frac{A_{sw}}{s_w} \cdot f_{yd} \cdot z \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha$$

mit  $A_{sw}$  Querschnittsfläche der Querkraftbewehrung (Bügel)

$s_w$  Abstand der Bügel in Richtung der Biegezugbewehrung

$f_{yd}$  Bemessungswert der Betonstahlstreckgrenze

$z = 0,9 \cdot d$ , innerer Hebelarm

$d = 2 \cdot c_{nom}$ ;  $c_{nom}$  nach DIN 1045-1, 6.3; wenn die Bügel die Druckzone nicht umschließen

$\theta$  Neigung der Druckstreben  $\leq 60^\circ$

$$0,58 \leq \cot \theta \leq \begin{cases} 1,2 - 1,4 \sigma_{cd} / f_{cd} & \leq 3,0 \text{ Normalbeton} \\ 1 - V_{Rd,c} / V_{Ed} & \leq 2,0 \text{ Leichtbeton} \end{cases}$$

für Normalbeton  $\theta \geq 18,5^\circ$

für Leichtbeton  $\theta \geq 26,5^\circ$

$$\text{mit } V_{Rd,c} = \left[ \beta_{xt} \cdot \eta_1 \cdot 0,10 \cdot f_{ck}^{1/3} \cdot \left( 1 + 1,2 \cdot \frac{\sigma_{cd}}{f_{cd}} \right) \right] \cdot b_w \cdot z$$

$\beta_{ct} = 2,4$

$\eta_1 = 1,0$  für Normalbeton; für Leichtbeton nach DIN 1045-1, Tabelle 10

$\sigma_{cd}$  Betonlängsspannung in Höhe des Schwerpunktes des Querschnitts =  $N_{Ed} / A_c$ ; in [N/mm<sup>2</sup>]

$N_{Ed}$  Längskraft infolge äußerer Einwirkung oder Vorspannung ( $N_{Ed} < 0$  für Druck)

$f_{ck}$  charakteristische Betondruckfestigkeit; in [N/mm<sup>2</sup>]

Näherungsweise kann angenommen werden:

$\cot \theta = 1,2$  für reine Biegung

= 1,2 für Biegung mit Längsdruckkraft

= 1,0 für Biegung mit Längszugkraft

## 5.6 Maximale Querkrafttragfähigkeit bei Bauteilen mit Querkraftbewehrung: $V_{Rd,max} \geq V_{Ed}$ (DIN 1045-1, 10.3.4 (6))

Bügel rechtwinklig zur Bauteilachse:

$$V_{Rd,max} = \frac{b_w \cdot z \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}}{\cot\theta + \tan\theta}$$

Querkraftbewehrung um Winkel  $\alpha$  geneigt:

$$V_{Rd,max} = b_w \cdot z \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot \frac{\cot\theta + \cot\alpha}{1 + \cot^2\theta}$$

mit  $\alpha_c = 0,75 \cdot \eta_1$

$\eta_1 = 1,0$  für Normalbeton; für Leichtbeton  $\eta_1$  nach DIN 1045-1, Tabelle 10

Bei Spanngliedern im Steg und wenn  $\Sigma d_h > b_w/8$  ( $d_h$  = Hüllrohrdurchmesser) ist der Nachweis  $V_{Rd,max}$  mit  $b_{w,nom}$  zu führen, dabei gilt:

Für verpresste Spannglieder:

$$b_{w,nom} = b_w - 0,5 \cdot \Sigma d_h \text{ für Beton bis C 50/60 bzw. LC 50/55}$$

$$b_{w,nom} = b_w - 1,0 \cdot \Sigma d_h \text{ für Beton ab C 55/67 bzw. LC 55/60}$$

Für nicht verpresste Spannglieder und Spannglieder ohne Verbund:

$$b_{w,nom} = b_w - 1,3 \cdot \Sigma d_h$$

## 6 Bemessung für Schubkräfte zwischen Balkensteg und Gurt (DIN 1045-1, 10.3.5)

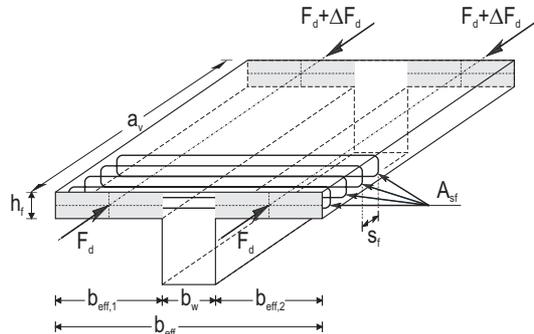
Mittlerer aufzunehmender Längsschub je Längeneinheit  $v_{Ed}$ :

$$v_{Ed} = \frac{\Delta F_d}{a_v}$$

mit:  $\Delta F_d$  Längskraftdifferenz über die Länge  $a_v$  des betrachteten Gurtabchnitts

$a_v$  Abstand, in dem  $\Delta F_d$  als konstant angenommen werden kann, dabei gilt:

- höchstens der halbe Abstand zwischen Momentennullpunkt und Momentenmaximum
- bei nennenswerten Einzellasten sollten die Abschnitte  $a_v$  nicht über die Querkraftsprünge hinausgehen



**Erforderliche Querbewehrung im Gurt:**

$$a_{sf} = \frac{A_{sf}}{s_f} = \frac{\Delta F_d}{f_{yd} \cdot a_v \cdot \cot\theta}$$

$$\frac{\Delta F_d}{a_v} \leq \frac{\alpha_c \cdot f_{cd} \cdot h_f}{\cot\theta + \tan\theta} = \frac{h_f}{2} \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \quad \text{beim Zuggurt}$$

$$= \frac{h_f}{2,03} \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \quad \text{beim Druckgurt}$$

mit  $\cot\theta = 1,0$  bei Zuggurten  
 $= 1,2$  bei Druckgurten

$\alpha_c = 0,75 \cdot \eta_1$

$\eta_1 = 1,0$  für Normalbeton; für Leichtbeton nach DIN 1045-1, Tabelle 10

$h_f$  Höhe des Gurtes

Die Begrenzung von  $a_{sf}$  erfolgt zur Vermeidung des Druckstrebenversagens.

Die Querbewehrung  $a_{sf}$  ist über die Höhe des Gurtes  $h_f$  verteilt anzuordnen (oben und unten).

Bei kombinierter Beanspruchung aus Schub zwischen Gurt und Steg und aus Querbiegung ist der jeweils größere Stahlquerschnitt anzuordnen.

Dabei sind Plattenoberseite und -unterseite (bzw. Zug- und Druckzone) getrennt unter Ansatz jeweils der halben Querkraftbewehrung zu betrachten.

## 7 Schubkraftübertragung in Verbundfugen (DIN 1045-1, 10.3.6)

### 7.1 Allgemeines, Nachweis

In der Verbundfuge erfolgt die Schubkraftübertragung aufgrund der Rauigkeit und der Oberflächenbeschaffenheit der Fuge zwischen:

- nebeneinanderliegenden Fertigteilen
- Ortbeton und einem Fertigteil
- nacheinander betonierten Ortbetonabschnitten

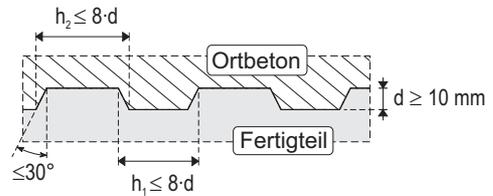
Die **Fugenausbildung** ist:

**sehr glatt** • die Oberfläche wird gegen Stahl oder glatte Holzschalung betoniert

**glatt** • die Oberfläche wird abgezogen oder  
 • die Oberfläche wird im Gleit- bzw. Extruderverfahren hergestellt oder  
 • die Oberfläche bleibt nach dem Verdichten ohne weitere Behandlung

**rau** • die Oberfläche weist eine definierte Rauigkeit auf (siehe DAfStb-Heft 525)

**verzahnt** • die Geometrie der Oberfläche entspricht nebenstehendem Bild, oder  
 • das Korngerüst ist freigelegt



**Nachweis:**

$$V_{Edj} \leq V_{Rdj}$$

mit  $V_{Edj}$  in der Fuge zu übertragende Schubkraft je Längeneinheit  
 $V_{Rdj}$  Bemessungswert der aufnehmbaren Schubkraft

### 7.2 Zu übertragende Schubkraft $v_{Edj}$ je Längeneinheit (DIN 1045-1, 10.3.6 (2))

$$v_{Edj} = \frac{F_{cdj}}{F_{cd}} \cdot \frac{V_{Ed}}{z}$$

mit  $F_{cd} = M_{Ed}/z$ , Gurtlängskraft aus Biegung im betrachteten Querschnitt

$F_{cdj}$  Längskraftanteil im nachträglich ergänzten Querschnittsteil

$z$  innerer Hebelarm

$V_{Ed}$  Bemessungswert der im betrachteten Querschnitt wirkenden Querkraft

## 7.3 Bemessungswerte der aufnehmbaren Schubkraft $v_{Rdj}$ je Längeneinheit

### 7.3.1 Bemessungswert der aufnehmbaren Schubkraft $v_{Rdj,ct}$ ohne Verbundbewehrung (DIN 1045-1, 10.3.6 (3))

$$v_{Rdj,ct} = \left( 0,042 \cdot \eta_1 \cdot \beta_{ct} \cdot f_{ck}^{1/3} - \mu \cdot \sigma_{Nd} \right) \cdot b$$

mit  $b$  Breite der Kontaktfläche

$\eta_1$  Tragfähigkeitsbeiwert  
= 1,0 für Normalbeton  
für Leichtbeton nach DIN 1045-1, Tabelle 10

$\beta_{ct}$  Beiwert nach nebenstehender Tabelle

$f_{ck}$  charakteristischer Wert der Betondruckfestigkeit des Ortbetons oder des Fertigteils, der kleinere Wert ist maßgebend (in N/mm<sup>2</sup>)

$\mu$  Reibungsbeiwert nach nebenstehender Tabelle

$\sigma_{Nd}$  Normalspannung infolge der äußeren Last senkrecht zur Fugenfläche =  $n_{Ed} / b \geq -0,6 \cdot f_{cd}$  ( $\sigma_{Nd} < 0$  für Druckspannung)

$n_{Ed}$  Bemessungswert der Normalkraft senkrecht zur Fuge je Längeneinheit

Oberflächenbeschaffenheit	$\beta_{ct}$	$\mu$
verzahnt	2,4	1,0
rau	2,0 <sup>*)</sup>	0,7
glatt	1,4 <sup>*)</sup>	0,6
sehr glatt	0	0,5

<sup>\*)</sup> steht die Fuge senkrecht zur Fugenfläche unter Zug, dann  $\beta_{ct} = 0$

### 7.3.2 Bemessungswert der aufnehmbaren Schubkraft $v_{Rdj,sy}$ mit Verbundbewehrung (DIN 1045-1, 10.3.6 (5))

$$v_{Rdj,sy} = a_{sj} \cdot f_{yd} \cdot (\cot\theta + \cot\alpha) \cdot \sin\alpha - \mu \cdot \sigma_{Nd} \cdot b$$

mit  $a_{sj}$  Querschnitt der die Fuge kreuzenden Bewehrung je Längeneinheit

$f_{yd}$  Bemessungswert der Betonstahlstreckgrenze der die Fuge kreuzenden Bewehrung

$\alpha$  Neigungswinkel der die Fuge kreuzenden Bewehrung  $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$

$\theta$  Neigung der Druckstreben, hier gilt

$$\cot\theta \leq \frac{1,2 - 1,4 \cdot \mu \cdot \sigma_{cd} / f_{cd}}{1 - v_{Rdj,ct} / v_{Ed}}; \cot\theta \geq 1,0 \Rightarrow \theta \leq 45^\circ$$

$$\cot\theta \leq 3,0 \Leftrightarrow \theta \geq 18,5^\circ \quad \text{für Normalbeton}$$

$$\cot\theta \leq 2,0 \Leftrightarrow \theta \geq 26,5^\circ \quad \text{für Leichtbeton}$$

$\sigma_{cd}$  Bemessungswert der Längsspannung im anzuschließenden Querschnittsteil, für Betondruckspannung  $\sigma_{cd} < 0$

$\sigma_{Nd}$  Normalspannung infolge der äußeren Last senkrecht zur Fugenfläche =  $n_{Ed} / b \geq -0,6 \cdot f_{cd}$  ( $\sigma_{Nd} < 0$  für Druck)

$n_{Ed}$  Bemessungswert der Normalkraft senkrecht zur Fuge je Längeneinheit

$b$  Breite der Kontaktfläche (z. B. Breite einer Horizontalfuge)

#### Berechnung des Bewehrungsquerschnitts $a_{sj}$ :

$$a_{sj} = \left( \frac{v_{Ed}}{z} \cdot \frac{F_{cdj}}{F_{cd}} + \mu \cdot \sigma_{Nd} \cdot b \right) \cdot \frac{1}{(\cot\theta + \cot\alpha) \cdot \sin\alpha} \cdot \frac{1}{f_{yd}}$$

#### Vereinfachte Berechnung von $a_{sj}$ :

$$a_{sj} = \frac{v_{Ed}}{z} \cdot \frac{1}{f_{yd}};$$

- mit
- Vernachlässigung von  $\sigma_{Nd}$  infolge äußerer Lasten
  - Anschluss der gesamten Druckgurkraft:  $F_{cdj} = F_{cd}$
  - Neigung der Druckstreben:  $\theta = 45^\circ$
  - Neigung der die Fuge kreuzenden Bewehrung:  $\alpha = 90^\circ$

#### Abstufung der Fugenverbundbewehrung

Bei biegebeanspruchten Bauteilen darf die Fugenverbundbewehrung abgestuft werden, dabei gilt:

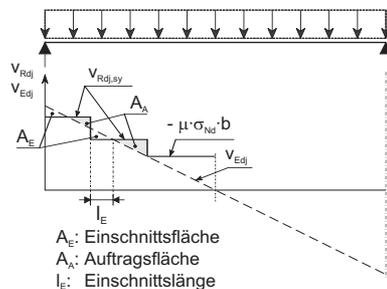
- $l_E \leq d$
- $A_{A,E} \geq A_E$

#### Verankerung

Die Schubbewehrung der Fuge muss auf beiden Seiten der Kontaktfläche verankert sein.

#### Angehängte Lasten

Wenn an Platten Lasten angehängt werden, ist die Verbundsicherung im Lasteinleitungsbereich immer nachzuweisen.



$A_E$ : Einschnittsfläche  
 $A_A$ : Auftragsfläche  
 $l_E$ : Einschnittslänge

## 8 Bemessung für Torsion (DIN 1045-1, 10.4)

### 8.1 Allgemeines, Nachweise

Eine Bemessung für Torsion ist durchzuführen, wenn sie zur Einhaltung des Gleichgewichts erforderlich ist (Gleichgewichtstorsion).

Verträglichkeitstorsion muss rechnerisch nicht erfasst werden, gleichwohl sollte hierfür eine konstruktive Bewehrung angeordnet werden, um eine übermäßige Rissbildung zu vermeiden.

**Keine Querkraft- und Torsionsbewehrung erforderlich, wenn:**

$$T_{Ed} \leq \frac{V_{Ed} \cdot b_w}{4,5} \quad \text{und} \quad V_{Ed} \cdot \left(1 + \frac{4,5 \cdot T_{Ed}}{V_{Ed} \cdot b_w}\right) \leq V_{Rd,ct}$$

**Schubkraft  $V_{Ed,T}$  infolge eines Torsionsmoments  $T_{Ed}$ :**

$$V_{Ed,T} = \frac{T_{Ed} \cdot z}{2A_k}$$

**Schubkraft  $V_{Ed,T+V}$  infolge Querkraft und Torsion:**

$$V_{Ed,T+V} = V_{Ed,T} + \frac{V_{Ed} \cdot t_{eff}}{b_w}$$

mit  $T_{Ed}$  Bemessungswert des einwirkenden Torsionsmoments

$V_{Ed}$  Bemessungswert der einwirkenden Querkraft

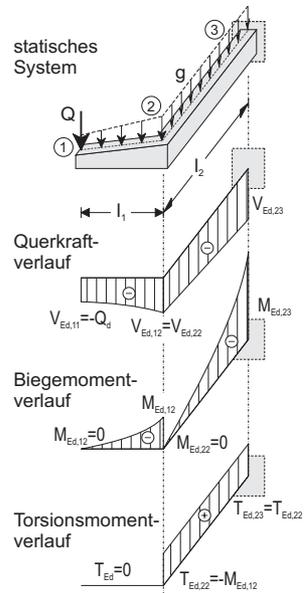
$V_{Rd,ct}$  Bemessungswert der aufnehmbaren Querkraft eines Bauteils ohne Querkraftbewehrung (siehe 7.3.1)

$b_w$  Stegbreite

$A_k$  durch die Bewehrungsschwerelinie eingeschlossene Fläche; die Bewehrungsschwerelinien sind durch die Achsen der Längsstäbe in den Ecken definiert

$z$  Höhe einer Wand

$t_{eff}$  effektive Dicke einer Wand; gleich dem doppelten Abstand der Bewehrungsschwerelinie zur Außenfläche, aber nicht größer als die vorhandene Wanddicke



### 8.2 Erforderliche Torsionsbewehrung (DIN 1045-1, 10.4.2)

Bügelbewehrung:  $a_{sw} = \frac{A_{sw}}{s_w} = \frac{T_{Ed}}{2A_k} \cdot \tan \theta \cdot \frac{1}{f_{yd}}$

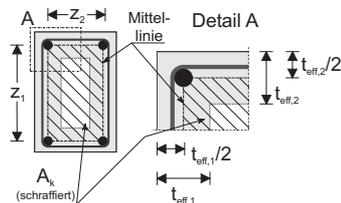
Längsbewehrung:  $a_{sl} = \frac{A_{sl}}{u_k} = \frac{T_{Ed}}{2A_k} \cdot \cot \theta \cdot \frac{1}{f_{yd}}$

mit  $u_k$  Umfang der Fläche  $A_k$   
 $T_{Ed}$  einwirkendes Torsionsmoment  
 $s_w$  Abstand der Bügel

$f_{yd}$  Bemessungswert der Streckgrenze des Betonstahls

$\theta$  Ermittlung der Mindestdruckstrebenneigung min.  $\theta$  nach 5.5.

Für Torsions- und Querkrafteinwirkung ist dabei für  $V_{Ed}$   $V_{Ed,T+V} = V_{Ed,T} + V_{Ed} \cdot (t_{eff} / b_w)$  und für  $b_w = t_{eff}$  einzusetzen; vereinfachend darf die Bewehrung für Torsion allein für  $\theta = 45^\circ$  ermittelt und zu der nach 5.5 ermittelten Querkraftbewehrung addiert werden.



### 8.3 Maximal aufnehmbare Torsionsmomente (DIN 1045-1, 10.4)

Bemessungswert des maximal aufnehmbaren Torsionsmoments  $T_{Rd,max}$ :

$$T_{Rd,max} = 2 \cdot \alpha_{c,red} \cdot f_{cd} \cdot A_k \cdot t_{eff} \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta$$

mit  $\alpha_{c,red} = 0,7 \cdot \alpha_c$ , allgemein

$= \alpha_c = 0,75 \cdot \eta_1$  bei Kastenquerschnitten mit Bewehrung an den Innen- und Außenseiten

$\eta_1 = 1,0$  für Normalbeton; für Leichtbeton nach DIN 1045-1, Tabelle 10

Bei gleichzeitig auftretender Torsions- und Querkrafteinwirkung sind, um die maximale Tragfähigkeit nicht zu überschreiten, folgende Bedingungen einzuhalten:

Für Kompaktquerschnitte:

$$\left(\frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}}\right)^2 + \left(\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}}\right)^2 \leq 1$$

Für Hohlkastenquerschnitte

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} \leq 1$$

mit  $V_{Rd,max}$  Bemessungswert der aufnehmbaren Querkraft

## 9 Bemessung für Durchstanzen (DIN 1045-1, 10.5)

### 9.1 Bezeichnungen und Nachweisschnitte

Die Durchstanznachweise gelten für:

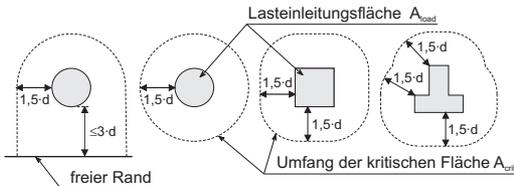
- Platten
- Fundamente
- Rippendecken mit Vollquerschnitt im Bereich der Lasteinleitungsfläche und  $r_{\text{Vollquerschnitt}} = r_{\text{crit}} + 1,5 \cdot d$

Die Regelungen gelten für folgende **Lasteinleitungsflächen  $A_{\text{load}}$** :

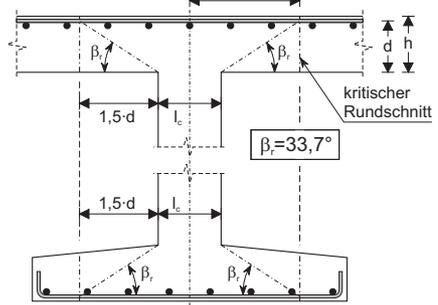
- kreisförmiger Querschnitt:  $l_c = 2 \cdot r_c \leq 3,5 \cdot d$
- rechteckiger Querschnitt:  $U_c \leq 11 \cdot d$ ;  $0,5 \leq l_x/l_y \leq 2,0$

mit  $d$  mittlere Nutzhöhe  
 $l_c$  Durchmesser der Lasteinleitungsfläche  
 $l_x, l_y$  Seitenlängen  
 $r_c$  Radius der Lasteinleitungsfläche  
 $U_c$  Umfang der Lasteinleitungsfläche

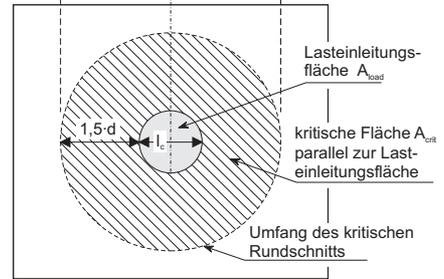
Die **kritische Fläche  $A_{\text{crit}}$**  ist die Fläche innerhalb des kritischen Rundschnittes und umgibt die Lasteinleitungsfläche  $A_{\text{load}}$  in einem Abstand von  $1,5 \cdot d$ .



Querschnitt



Aufsicht



### 9.2 Stützen mit abgestuften oder schrägen Stützenkopferstärkungen

$l_H \leq 1,5 \cdot h_H$ : Nachweis nur im kritischen Rundschnitt außerhalb der Verstärkung

Lasteinleitungsfläche ist die Fläche der Stützenkopferstärkung

Rundstützen:  $r_{\text{crit}} = 1,5 \cdot d + l_H + 0,5 \cdot l_c$

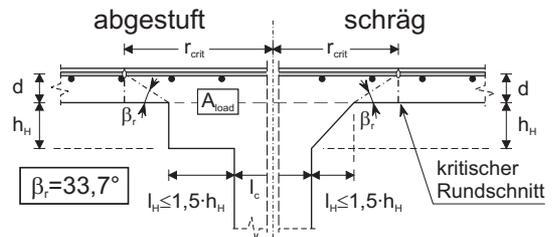
Rechteckstützen:  $r_{\text{crit}} = 1,5 \cdot d + 0,56 \cdot \sqrt{b_c \cdot h_c}$

$r_{\text{crit}} = 1,5 \cdot d + 0,64 \cdot b_c$   
 kleineres  $r_{\text{crit}}$  maßgebend

mit  $l_H$  Abstand zwischen Stützenrand und Rand der Stützenkopferstärkung

$l_c$  Durchmesser einer runden Stütze

$b_c, h_c$  Seiten einer rechteckigen Stütze ( $b_c \leq h_c$ )



$l_H > 1,5 \cdot h_H$ : Nachweis in kritischen Rundschnitten außer- und innerhalb der Verstärkung

**innerhalb:**

$$r_{\text{crit,in}} = 1,5 \cdot (d + h_H) + 0,5 \cdot l_c$$

Die Lasteinleitungsfläche  $A_{\text{load}}$  ist die Fläche der Stütze

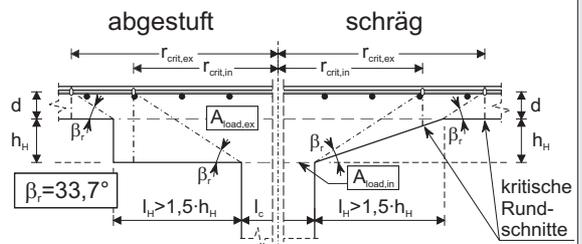
**außerhalb:**

$$r_{\text{crit,ex}} = 1,5 \cdot d + l_H + 0,5 \cdot l_c$$

Die Lasteinleitungsfläche  $A_{\text{load}}$  ist die Fläche der Stützenkopferstärkung

mit  $l_H$  Abstand Stützenrand vom Rand der Stützenkopferstärkung

$l_c$  Durchmesser einer runden Stütze



### 9.3 Bemessungswert der einwirkenden Querkraft $v_{Ed}$ je Längeneinheit im maßgebenden Rundschnitt (DIN 1045-1, 10.5.3 (2))

Die **maßgebende Querkraft**  $v_{Ed}$  je Längeneinheit im maßgebenden Rundschnitt beträgt:

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u}$$

$V_{Ed}$  Bemessungswert der gesamten aufzunehmenden Querkraft (Stützenkraft)

$u$  Umfang des maßgebenden Rundschnitts

$\beta$  Beiwert zur Berücksichtigung der Auswirkung von Momenten in der Lasteinleitungsfläche

= 1,0 wenn keine Lastausmitte vorhanden ist und kein Moment angreift

= 1,5 bei Eckstützen

= 1,4 bei Randstützen

= 1,05 bei Innenstützen

Eine Reduktion von  $V_{Ed}$  infolge auflagnaher Einzellasten ist nicht erlaubt.

Bei Fundamentplatten ist die Reduktion von  $V_{Ed}$  infolge günstig wirkender Bodenpressung unter Ansatz von  $0,5 \cdot A_{crit}$  möglich.

Die Querkraftkomponente geneigter Spannglieder  $V_{pd}$  darf berücksichtigt werden.

### 9.4 Bemessungswert der aufnehmbaren Querkraft $v_{Rd,i}$ je Längeneinheit (DIN 1045-1, 10.5.3 (1))

Bemessungswerte einer Platte bei unterschiedlichen Versagensmechanismen:

$V_{Rd,ct}$  Querkrafttragfähigkeit **ohne Querkraftbewehrung** längs des kritischen Rundschnitts

$V_{Rd,ct,a}$  Querkrafttragfähigkeit **mit Querkraftbewehrung** längs des äußeren Rundschnitts außerhalb des durchstanzbewehrten Bereichs

$V_{Rd,sy}$  Querkrafttragfähigkeit längs innerer Rundschnitte bei Fließen der Querkraftbewehrung (Durchstanzbewehrung)

$V_{Rd,max}$  Querkrafttragfähigkeit längs des kritischen Rundschnitts bei Erreichen der Druckstrebenfestigkeit

### 9.5 Nachweisbedingungen

$V_{Rd,ct} \geq V_{Ed}$  keine Durchstanzbewehrung erforderlich

$V_{Rd,ct} < V_{Ed}$  Durchstanzbewehrung erforderlich mit  $V_{Rd,sy} \geq V_{Ed}$

$V_{Rd,max} \geq V_{Ed}$  Querkrafttragfähigkeit längs des kritischen Rundschnitts bei Erreichen der Druckstrebenfestigkeit darf nicht überschritten werden

### 9.6 Platten oder Fundamente ohne Durchstanzbewehrung: $v_{Rd,ct} \geq V_{Ed}$ (DIN 1045-1, 10.5.4)

**Nachweis:**  $V_{Rd,ct} \geq V_{Ed}$

$$v_{Rd,ct} = \left[ 0,14 \cdot \eta_1 \cdot \kappa \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} - 0,12 \cdot \sigma_{cd} \right] \cdot d$$

mit  $d$  mittlere Nutzhöhe

$$= (d_x + d_y) / 2$$

$d_x, d_y$  Nutzhöhen der Platte in x- bzw. y-Richtung im kritischen Rundschnitt

$\eta_1$  Tragfähigkeitsbeiwert

= 1,0 für Normalbeton; für Leichtbeton siehe  $\Rightarrow$  Din 1045-1, Tabelle 10

$\kappa = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2,0$ ;  $d$  in [mm] einzusetzen; Beiwert für den Einfluss der Bauteilhöhe

$\rho_1 = \sqrt{\rho_{lx} \cdot \rho_{ly}}$ ; Längsbewehrungsgrad innerhalb des kritischen Rundschnitts

$$\leq 0,40 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \text{ und } \leq 0,02$$

$\rho_{lx}, \rho_{ly}$  Bewehrungsgrade der Biegezugbewehrung in x- und y-Richtung, die innerhalb des betrachteten Rundschnitts liegt und außerhalb verankert ist.

$$\sigma_{cd} = \frac{\sigma_{cd,x} + \sigma_{cd,y}}{2} \text{ [N/mm}^2\text{]; Betonnormalspannung innerhalb des kritischen Rundschnitts}$$

$$\sigma_{cd,x} = N_{Ed,x} / A_{c,x} \text{ [N/mm}^2\text{]; Betonnormalspannungen in x-Richtung}$$

$$\sigma_{cd,y} = N_{Ed,y} / A_{c,y} \text{ [N/mm}^2\text{]; Betonnormalspannungen in y-Richtung}$$

$$N_{Ed,x}, N_{Ed,y} \text{ mittlere Längskraft infolge äußerer Einwirkung oder Vorspannung}$$

## 9.7 Platten und Fundamente mit Durchstanzbewehrung: $v_{Rd,ct} < v_{Ed}$ (DIN 1045-1, 10.5.5)

### 9.7.1 Nachweis: $v_{Rd,sy} \geq v_{Ed}$

Die erste Bewehrungsreihe ist im Abstand von  $0,5 \cdot d$  vom Stützenrand anzuordnen (innerer Rundschnitt). Es gilt:

$$v_{Rd,sy} = v_{Rd,c} + \frac{\kappa_s \cdot A_{sw} \cdot f_{yd}}{u}$$

Für weitere Bewehrungsreihen im Abstand  $s_w \leq 0,75 \cdot d$  gilt:

$$v_{Rd,sy} = v_{Rd,c} + \frac{\kappa_s \cdot A_{sw} \cdot f_{yd} \cdot d}{u \cdot s_w}$$

mit  $v_{Rd,c}$  Betontraganteil; es darf  $v_{Rd,c} = v_{Rd,ct}$  angenommen werden

$\kappa_s \cdot A_{sw} \cdot f_{yd}$  Bemessungswert der Zugkraft in der Durchstanzbewehrung in Richtung der aufzunehmenden Querkraft für jede Reihe der Bewehrung

$A_{sw}$  Querschnittsfläche der Durchstanzbewehrung einer Reihe

$f_{yd}$  Bemessungswert der Betonstahlstreckgrenze

$\kappa_s$  Beiwert zur Berücksichtigung der Plattenhöhe

$$= 0,7 + 0,3 \cdot \frac{d - 400}{400} \geq 0,7 \text{ und } \leq 1,0, \text{ mit } d \text{ in [mm]}$$

$d$  mittlere Nutzhöhe

$u$  Umfang der betrachteten Reihe

$s_w$  wirksame Breite einer Reihe der Durchstanzbewehrung  $\leq 0,75 \cdot d$

Für Schrägstäbe als Durchstanzbewehrung gilt im Rundschnitt im Abstand  $0,5 \cdot d$  vom Stützenrand:

$$v_{Rd,sy} = v_{Rd,c} + \frac{1,3 \cdot A_s \cdot \sin \alpha \cdot f_{yd}}{u}$$

mit  $1,3 \cdot A_s \cdot \sin \alpha \cdot f_{yd}$  Bemessungskraft der Zugkraft in der Durchstanzbewehrung in Richtung der aufzunehmenden Querkraft

(der wirksame Bewehrungsquerschnitt ergibt sich zu:  $\kappa_s \cdot A_{sw} = 1,3 \cdot A_s \cdot \sin \alpha$ )

$\alpha$  Winkel der geneigten Durchstanzbewehrung gegen die Plattenebene  $45^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$

Besteht die Durchstanzbewehrung nur aus Schrägstäben, so dürfen diese nur im Bereich des kritischen Rundschnitts angeordnet werden (DIN 1045-1, Bild 72)

Mindestwert der Durchstanzbewehrung der inneren Rundschnitte:  $\rho_w = \frac{A_{sw}}{s_w \cdot u} \geq \min \rho_w$

Mindestwert der Durchstanzbewehrung bei Schrägstäben:  $\rho_w = \frac{A_s \cdot \sin \alpha}{s_w \cdot u} \geq \min \rho_w$

$\min \rho_w$ : Mindestquerbewehrungsgrad nach DIN 1045-1, 13.2.3 (5)

### 9.7.2 Nachweis der Quertragfähigkeit am äußeren Rundschnitt: $v_{Rd,ct,a} \geq v_{Ed}$ (DIN 1045-1, 10.5.5 (4))

Der äußere Rundschnitt liegt im Abstand von  $1,5 \cdot d$  von der letzten Bewehrungsreihe.

Die Quertragfähigkeit am äußeren Rundschnitt errechnet sich zu:

$$v_{Rd,ct,a} = \kappa_a \cdot v_{Rd,ct}$$

$$\text{mit } \kappa_a = 1 - \frac{0,29 \cdot l_w}{3,5 \cdot d} \geq 0,71$$

$l_w$  Breite des Bereichs mit Durchstanzbewehrung außerhalb der Lasteinleitungsfläche (DIN 1045-1, Bild 45)

### 9.7.3 Nachweis am kritischen Rundschnitt: $v_{Ed} \leq v_{Rd,max}$ (DIN 1045-1, 10.5.5 (1))

Maximale Querkräfttragfähigkeit bei Erreichen der Druckstrebenfestigkeit

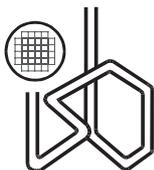
$$v_{Rd,max} = 1,5 \cdot v_{Rd,ct}$$

mit  $v_{Rd,ct}$  Querkräfttragfähigkeit ohne Durchstanzbewehrung im kritischen Rundschnitt

### 9.7.4 Mindestmomente

Siehe DIN 1045-1, 10.5.6





Arbeitsblatt 5  
Ausgabe 2002-01

# Bewehren von Stahlbetontragwerken nach DIN 1045-1:2001-07

## Nachweise der Gebrauchstauglichkeit

Gesamtherstellung und Herausgabe:  
Institut für Stahlbetonbewehrung e.V.

Prüfung: Univ.-Prof. Dr.-Ing. K. Zilch  
(Dipl.-Ing. Andreas Rogge)

### 1 Allgemeines (DIN 1045-1, 11)

Um ein nutzungsgerechtes und dauerhaftes Verhalten eines Bauwerks zu gewährleisten, sind im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit folgende Nachweise zu führen:

- Spannungsbegrenzung
- Begrenzung der Rissbreiten
- Begrenzung der Verformungen, z.B. Durchbiegung

### 2 Spannungsbegrenzung (DIN 1045-1, 11.1)

Zur Vermeidung der Schädigung des Betongefüges und nichtelastischer Verformungen von Beton- und Spannstahl sind die unten aufgeführten Spannungsnachweise zu führen.

Bei nicht vorgespannten Bauteilen können die Spannungsnachweise für Beton und Betonstahl entfallen, sofern:

- bei der Schnittgrößenermittlung im Grenzzustand der Tragfähigkeit eine Momentenumlagerung angesetzt wurde, die nicht größer als 15 % ist ( $\delta \geq 0,85$ )
- die bauliche Durchbildung - insbesondere die Mindestbewehrung - nach DIN 1045-1, Abschnitt 13 erfolgt

#### 2.1 Spannungsnachweise (DIN 1045-1, 11.1)

Nachweisbedingung	Zur Vermeidung von	Einwirkungs- kombination	Anmerkung
<b>Betondruckspannung</b>			
$ \sigma_c  \leq 0,6 \cdot f_{ck}$	Längsrissen bei randnaher Bewehrung	selten	Gilt für Umgebungsklassen XD 1 bis XD 3, XF 1 bis XF 4, XS 1 bis XS 3 und wenn keine anderen Maßnahmen getroffen werden <sup>1)</sup>
$ \sigma_c  \leq 0,45 \cdot f_{ck}$	überproportionalen Kriechverformungen	quasi-ständig	
<b>Betonstahlspannung</b>			
$\sigma_s \leq 0,8 \cdot f_{yk}$	nichtelastischen Verformungen	selten	Last- und Zwangeinwirkung
$\sigma_s \leq 1,0 \cdot f_{yk}$			Ausschließlich Zwangeinwirkung

<sup>1)</sup> Andere Maßnahmen sind z. B. eine Erhöhung der Betondeckung in der Biegedruckzone oder eine Umschnürung der Druckzone durch Querbewehrung.

### 3 Begrenzung der Rissbreite (DIN 1045-1, 11.2)

Die Anforderungen an die Dauerhaftigkeit und das Erscheinungsbild üblicher Stahlbetonbauteile gelten als erfüllt, wenn die Rechenwerte der Rissbreite  $w_k$  nicht überschritten werden.

Die Begrenzung der Rissbreite umfasst die Nachweise:

- Nachweis der Mindestbewehrung
- Nachweis der Begrenzung der Rissbreite unter der maßgebenden Einwirkungskombination

**INSTITUT FÜR STAHLBETONBEWEHRUNG e.V.**

### 3.1 Rechenwerte der Rissbreite $w_k$ bei Stahlbetonbauteilen

Expositionsklasse für Bewehrungskorrosion	Anforderungs-klasse	Einwirkungs-kombination	Rechenwert der Rissbreite <sup>1)</sup> $w_k$ [mm]
XC 1 <sup>2)</sup>	F	quasi-ständig	0,4
XC 2, XC 3, XC 4 XD 1, XD 2, XD 3 <sup>3)</sup> , XS 1, XS 2, XS 3	E		0,3

1) Für Bauteile mit besonderen Anforderungen (z. B. Wasserbehälter) können kleinere Rechenwerte der Rissbreite erforderlich sein

2) Bei auf Biegung ohne wesentlichen Zug beanspruchten Platten der Expositionsklasse XC 1 kann auf einen Rissbreitennachweis verzichtet werden, wenn:

- die Plattendicke  $h \leq 200$  mm ist
- die bauliche Durchbildung der Platten nach DIN 1045-1, 13.3 erfolgt
- keine strengeren Anforderungen an die Rissbreiten, z. B. wie nach Fußnote 1) bestehen

3) Zusätzliche besondere Maßnahmen für den Korrosionsschutz können im Einzelfall erforderlich sein

### 3.2 Mindestbewehrung $A_s$ zur Aufnahme von Zwangseinwirkungen und Eigenspannungen und dazugehöriger Stabdurchmesser $d_{s,max}$ zur Begrenzung der Rissbreite

- Bemessung erfolgt für Schnittgrößenkombination, die Erstrissbildung verursacht
- Ist die nachgewiesene Zwangsschnittgröße kleiner als die Risschnittgröße, darf die Bemessung der Mindestbewehrung für die Zwangsschnittgröße erfolgen
- Bei profilierten Querschnitten ist  $A_s$  für jeden Teilquerschnitt (Gurte, Stege) nachzuweisen
- $A_s$  ist in der Zugzone überwiegend am Querschnittsrand anzuordnen; zur Vermeidung von Sammelrissen ist ein angemessener Teil von  $A_s$  über die Zugzone zu verteilen
- Der Rissbreitennachweis erfolgt durch die Begrenzung des Stabdurchmessers auf  $d_{s,max}$

$$A_s = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot \frac{A_{ct}}{\sigma_s}$$

$$d_{s,max} = d_s^* \cdot \frac{k_c \cdot k \cdot h_t}{4 \cdot (h - d)} \cdot \frac{f_{ct,eff}}{f_{ct,0}} \geq d_s^* \cdot \frac{f_{ct,eff}}{f_{ct,0}}$$

mit  $\sigma_s$  zulässige Betonstahlspannung zur Begrenzung der Rissbildung, abhängig von  $d_s^*$  nach Tabelle 3.3

$A_{ct}$  Fläche der Betonzugzone im ungerissenen Querschnitt

$k_c$  Beiwert zur Berücksichtigung der Spannungsverteilung und der Änderung des inneren Hebelarms  $z$  beim Übergang von Zustand I in Zustand II

$$= 0,4 \cdot \left[ 1 + \frac{\sigma_c}{k_1 \cdot f_{ct,eff}} \right] \leq 1,0$$

$\sigma_c$  Betonspannung in Höhe der Schwerlinie des Querschnitts im Zustand I ( $\sigma_c < 0$  bei Druck)

$k_1 = 1,5 \cdot h/h'$  für Drucknormalkraft  
 $= 2/3$  für Zugnormalkraft

$h$  Höhe des Querschnitts

$h' = h$  für  $h < 1$  m  
 $= 1$  m für  $h \geq 1$  m

$h_t$  Höhe der Zugzone im Zustand I

$d$  statische Nutzhöhe

$k$  Beiwert zur Berücksichtigung nichtlinear verteilter Eigenspannungen bei Zugspannungen infolge innerem Zwang (z. B. Abfließen der Hydratationswärme; Zwischenwerte interpolieren):

$= 0,8$  bei  $h \leq 300$  mm

$= 0,5$  bei  $h \geq 800$  mm

$= 1,0$  bei Zugspannungen infolge äußerem Zwang (z. B. Stützensenkung)

$f_{ct,eff}$  wirksame Betonzugfestigkeit zum Risszeitpunkt  
 $= f_{ctm}$  der Betonfestigkeitsklasse bei Auftreten der Risse

$= f_{ctm} / 2$  der 28-Tage-Festigkeit, wenn Risse in den ersten 3 bis 5 Tagen auftreten

$\geq 3$  N/mm<sup>2</sup> (bzw. 2,5 N/mm<sup>2</sup> bei Leichtbeton), wenn Erstrissbildung nach 28 Tagen auftritt

$f_{ct,0} = 3$  N/mm<sup>2</sup> Zugfestigkeit des Betons, mit der Tabelle 3.3 abgeleitet wurde

$d_s^*$  Grenzdurchmesser nach Tabelle 3.3

### 3.3 Nachweis der Rissbreitenbegrenzung ohne direkte Berechnung (DIN 1045-1, 11.2.3)

- Der Nachweis erfolgt bei der maßgebenden Stahlspannung über die Einhaltung maximaler Stabdurchmesser  $d_{s,max}$  oder maximaler Stababstände
- Die maßgebenden Spannungen sind für den gerissenen Querschnitt und mit der maßgebenden Einwirkungskombination (siehe 3.1) zu ermitteln.
- Bei überwiegender Zwangbeanspruchung (indirekte Einwirkungen) erfolgt der Nachweis über die Grenzdurchmesser nach Tabelle 3.3, Spalten 2 bis 4 (DIN 1045-1, Tabelle 20).
- Bei überwiegender Lastbeanspruchung (direkte Einwirkungen) erfolgt der Nachweis über die Grenzdurchmesser nach Tabelle 3.3, Spalten 2 bis 4 (DIN 1045-1, Tabelle 20) oder über die Höchstwerte der Stababstände nach Tabelle 3.3, Spalten 5 bis 7 (DIN 1045-1, Tabelle 21).
- Der Grenzdurchmesser  $d_s^*$  nach Tabelle 3.3, Spalten 2 bis 4 darf abhängig von der Bauteildicke und muss abhängig von der wirksamen Betonzugfestigkeit  $f_{ct,eff}$  modifiziert werden.

$$d_{s,max} = d_s' \cdot \frac{\sigma_s \cdot A_s}{4 \cdot b \cdot (h - d) \cdot f_{ct,0}} \geq d_s' \cdot \frac{f_{ct,eff}}{f_{ct,0}}$$

mit  $\sigma_s$  Stahlspannung im Zustand II  
 $h$  Höhe des Querschnitts  
 $d$  statische Nutzhöhe  
 $b$  Breite der Zugzone

$A_s$  Querschnittsfläche der Zugbewehrung  
 $d_s^*$  Grenzdurchmesser nach Tabelle 3.3, Spalten 2, 3 und 4  
 $f_{ct,0} = 3,0 \text{ N/mm}^2$ , Zugfestigkeit des Betons, mit der Tabelle 3.3 abgeleitet wurde

**Tabelle 3.3: Begrenzung der Rissbreite ohne rechnerischen Nachweis**

1	Stahlspannung $\sigma_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Theoretischer Grenzdurchmesser <sup>1), 2), 3)</sup> $d_s^*$ [mm] für Rechenwert der Rissbreite			Höchstwert der Stababstände [mm] für Rechenwert der Rissbreite		
		$w_k=0,4 \text{ mm}$	$w_k=0,3 \text{ mm}$	$w_k=0,2 \text{ mm}$	$w_k=0,4 \text{ mm}$	$w_k=0,3 \text{ mm}$	$w_k=0,2 \text{ mm}$
2	160	56	42	28	300	300	200
3	200	36	28	18	300	250	150
4	240	25	19	13	250	200	100
5	280	18	14	9	200	150	50
6	320	14	11	7	150	100	-
7	360	11	8	6	100	50	-
8	400	9	7	5	-	-	-
9	450	7	5	4	-	-	-
entspricht Tabelle 20 in DIN 1045-1				entspricht Tabelle 21 in DIN 1045-1			

- 1) Bei unterschiedlichen Durchmessern im Querschnitt darf der Mittelwert  $d_{sm} = \sum d_{s,i}^2 / \sum d_{s,i}$  angesetzt werden.
- 2) Bei Stabbündeln ist anstelle des Einzelstabdurchmessers der Vergleichsdurchmesser  $d_{sv} = \sqrt{n} \cdot d_s$  anzusetzen.
- 3) Bei Betonstahlmatten mit Doppelstäben darf der Durchmesser des Einzelstabes angesetzt werden.

### 3.4 Ermittlung des Rechenwerts der Rissbreite $w_k$ (DIN 1045-1, 11.2.4)

$$w_k = (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \cdot s_{r,max}$$

mit  $(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \varepsilon_s - 0,4 \cdot \frac{f_{ct,eff}}{E_s \cdot \text{eff}\rho} \cdot (1 + \text{eff}\rho \cdot \frac{E_s}{E_{cm}}) \geq 0,6 \cdot \varepsilon_s$

$$s_{r,max} = \frac{d_s}{3,6 \cdot \text{eff}\rho} \leq \frac{\sigma_s \cdot d_s}{3,6 \cdot f_{ct,eff}}; \text{ bei Schrägrissen mit } \theta > 15^\circ: s_{r,max} = 1 / \left( \frac{\cos \theta}{s_{r,max,x}} + \frac{\sin \theta}{s_{r,max,y}} \right)$$

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$  Differenz der mittleren Dehnungen von Betonstahl  $\varepsilon_{sm}$  und Beton  $\varepsilon_{cm}$   
 $s_{r,max}$  maximaler Rissabstand bei abgeschlossenem Rissbild  
 $\varepsilon_s$  Betonstahldehnung im Zustand II  
 $\sigma_s$  Betonstahlspannung im Zustand II  
 $E_s$  Elastizitätsmodul des Betonstahls  
 $E_{cm}$  mittlerer Elastizitätsmodul des Betons  
 $d_s$  Durchmesser des Betonstahls  
 $\text{eff}\rho$  effektiver Bewehrungsgrad  
 $= A_s / A_{c,eff}$  für Betonstahl

$A_s$  Querschnittsfläche der Zugbewehrung  
 $A_{c,eff}$  Wirkungsbereich der Zugbewehrung (DIN 1045-1, Bild 53)  
 $f_{ct,eff}$  wirksame Betonzugfestigkeit, siehe Abschnitt 3.2  
 $\theta$  bei orthogonal bewehrten Bauteilen: Winkel zwischen Bewehrung in x-Richtung und Richtung der Hauptzugspannungen  
 $s_{r,max,x}, s_{r,max,y}$  maximale Rissabstände in x- und y-Richtung nach obiger Gleichung

## 4 Begrenzung der Verformung in vertikaler Richtung (Durchbiegung) (DIN 1045-1, 11.3)

Durchhang:	Vertikale Bauteilverformung bezogen auf die Verbindungslinie der Unterstützungspunkte
Durchbiegung:	Vertikale Verformung bezogen auf die Systemlinie des Bauteils, d.h. bei Schalungsüberhöhung bezogen auf die überhöhte Lage

### 4.1 Erlaubte Verformung in vertikaler Richtung

Unter der quasi-ständigen Einwirkungskombination gilt:

Durchhang	$\leq l/250$
Schalungsüberhöhung	$\leq l/250$ (max. Durchbiegung $l/125$ )
Durchbiegung nach Einbau angrenzender Bauteile	$\leq l/500$

### 4.2 Vereinfachter Nachweis mit Begrenzung der Biegeschlankheit $l_i/d$

Bei Decken des üblichen Hochbaus ist nachzuweisen:

Normale Anforderungen an die Begrenzung der Durchbiegung	$\frac{l_i}{d} \leq 35^{2)}$	Höhere Anforderungen an die Begrenzung der Durchbiegung (z.B. zur Vermeidung von Rissen in Trennwänden)	$\frac{l_i}{d} \leq \frac{150^{1),2)}}{l_i}$
--	------------------------------	---	--

mit  $\frac{l_i}{d}$  Biegeschlankheit, ermittelt mit der Ersatzstützweite  $l_i$

$l_i$  Ersatzstützweite, entspricht dem Abstand der Momentennullpunkte im Feld =  $\alpha \cdot l$

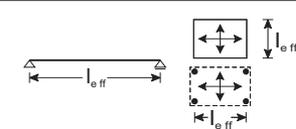
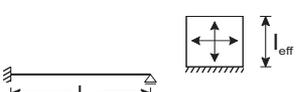
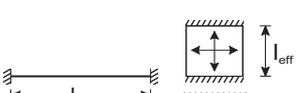
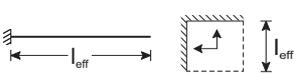
$\alpha$  Beiwert zur Berücksichtigung des statischen Systems bei Ermittlung der Ersatzstützweite; für häufig vorkommende Anwendungsfälle können Zahlenwerte der folgenden Tabelle entnommen werden

$d$  statische Nutzhöhe

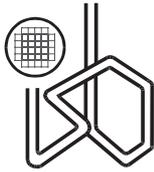
1)  $l_i$  und  $d$  sind in [m] einzusetzen

2) bei Leichtbeton sind die Werte um den Faktor  $\eta_E^{0,15}$  abzumindern;  $\eta_E$  nach Tabelle 10 in DIN 1045-1

#### 4.2.1 Beiwerte $\alpha$ zur Bestimmung der Ersatzstützweite $l_i$

	Statisches System	$\alpha = l_i / l_{eff}$
1	 <p>Bei vierseitig linienartig gelagerten Platten ist die kleinere der beiden Ersatzstützweiten, bei punktiert gelagerten Platten (Flachdecken) die größere maßgebend. Bei dreiseitig gelagerten Platten ist die Ersatzstützweite parallel zum freien Rand maßgebend.</p>	1,0
2a	 <p>Endfeld</p>	0,8
2b	 <p><math>0,8 &lt; l_{eff,2} / l_{eff,1} &lt; 1,25</math></p>	0,9 <sup>1)</sup>
3a	 <p>Innenfeld</p>	0,6
3b	 <p><math>0,8 &lt; l_{eff,2} / l_{eff,1} &lt; 1,25</math></p>	0,7 <sup>1)</sup>
4	 <p>auskragender Balken auskragende Platte</p>	2,4

1) bei Platten mit Beton ab der Festigkeitsklasse C 30/37 dürfen diese Werte um 0,1 abgemindert werden



Arbeitsblatt 6  
Ausgabe 2002-01

# Bewehren von Stahlbetontragwerken nach DIN 1045-1:2001-07 Sicherstellung der Dauerhaftigkeit

Gesamtherstellung und Herausgabe:  
Institut für Stahlbetonbewehrung e.V.

Prüfung: Univ.-Prof. Dr.-Ing. K. Zilch  
(Dipl.-Ing. Andreas Rogge)

## Dauerhaftigkeit , Umgebungsbedingungen (DIN 1045-1, 6)

Stahlbeton- und Spannbetonbauteile müssen dauerhaft sein gegen chemische und physikalische Einflüsse. Diese sind in Umgebungsbedingungen klassifiziert, wobei zwischen zwei Hauptgruppen unterschieden wird:

- Bewehrungskorrosion auslösende Einflüsse
- Betonangriff verursachende Einflüsse.

Zur Gewährleistung der Dauerhaftigkeit sind je nach Expositionsklasse Mindestbetonfestigkeitsklassen und Mindestwerte der Betondeckung gefordert.

## Betondeckung

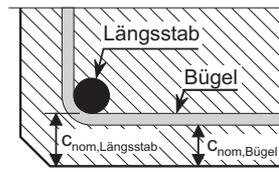
Eine ausreichende Betondeckung gewährleistet Korrosionsschutz, Verbundtragfähigkeit und Brandschutz (sofern die dafür geltenden speziellen Regeln eingehalten werden).

Für jedes einzelne Bewehrungselement ist das Nennmaß der Betondeckung  $c_{nom}$  wie folgt zu ermitteln und einzuhalten.

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c$$

mit  $c_{min}$  Mindestbetondeckung

$\Delta c$  Vorhaltemaß, berücksichtigt unplanmäßige Abweichungen



Das **Verlegemaß der Bewehrung**  $c_v$  ist so festzulegen, dass das Nennmaß der Betondeckung  $c_{nom}$  für alle Bewehrungselemente eingehalten ist ( $c_v \geq c_{nom}$ ).

Das **Verlegemaß**  $c_v$  ist für die Ermittlung der statischen Nutzhöhe maßgebend.

## Betonstahl

Für **Betonstahl** ist die Dauerhaftigkeit durch die Betondeckung gewährleistet. Die Anforderungen an die Betondeckung sind in umseitiger Tabelle festgelegt, in der die Tabellen 3 und 4 aus DIN 1045-1 zusammengefasst sind.

## Spannstahl

Für **Spannstahl** sind in der umseitigen Tabelle die Mindestwerte der Betondeckung  $c_{min}$  um 10 mm zu erhöhen; ansonsten gelten die Angaben sinngemäß. Darüber hinaus ist zu beachten:

- Die Angaben zur Betondeckung beziehen sich auf die Oberfläche des Hüllrohres
- Bei Vorspannung mit sofortigem Verbund gelten zur Sicherstellung des Verbundes bei:  
 Litzen:  $c_{min} \geq 2,5 \cdot d_{p,Litze}$  ( $d_{p,Litze}$  Nenndurchmesser der Litze)  
 gerippten Drähten:  $c_{min} \geq 3 \cdot d_{p,gerippt}$  ( $d_{p,gerippt}$  Nenndurchmesser des gerippten Drahtes)
- Bei Vorspannung mit nachträglichem Verbund gilt:  
 $c_{min} \geq 1,0 \cdot d_{HR}$  ( $d_{HR}$  Außendurchmesser des Hüllrohres)

**INSTITUT FÜR STAHLBETONBEWEHRUNG e.V.**

## Dauerhaftigkeit beim Bewehren mit Betonstahl

Korrosionsart	Expositionsklasse <sup>2)</sup>		Beispiele	Betondeckung [mm] <sup>4),5),6),7),8)</sup>			Mindestfestigkeitsklasse des Betons <sup>9)</sup>
				$c_{min}$	$\Delta c$	$c_{nom}$	
1	2	3	4	5	6	7	8
Karbonatisierungsinduzierte Korrosion <sup>1)</sup>	XC 1	Trocken oder ständig nass	Innenräume mit normaler Luftfeuchte; Bauteile, ständig unter Wasser	10	10	20	C 16/20 LC 16/18
	XC 2	Nass, selten trocken	Teile von Wasserbehältern, Gründungsbauteile	20	15	35	
	XC 3	Mäßige Luftfeuchte	Offene Hallen, Garagen, Innenräume mit hoher Luftfeuchte				25
	XC 4	Wechselnd nass und trocken	Beregnete Außenbauteile, Bauteile in Wasserwechselzonen	C 25/30 LC 25/28			
Chloridinduzierte Korrosion <sup>1)</sup>	XD 1	Mäßige Feuchte	Bauteile im Sprühnebelbereich von Verkehrsflächen; Einzelgaragen	40	15	55	C 30/37 LC 30/33
	XD 2	Nass, selten trocken	Schwimmbecken und Solebäder; Bauteile, die chloridhaltigen Industrierwässern ausgesetzt sind				C 35/45 LC 35/38
	XD 3	Wechselnd nass und trocken	Bauteile im Spritzwasserbereich von taumittelbehandelten Straßen, direkt befahrene Parkdecks <sup>3)</sup>				
Chloridinduzierte Korrosion aus Meerwasser <sup>1)</sup>	XS 1	Salzhaltige Luft, kein unmittelbarer Kontakt mit Meerwasser	Außenbauteile in Küstennähe	40	15	55	C 30/37 LC 30/33
	XS 2	Unter Wasser	Bauteile in Hafenbecken, ständig unter Wasser				C 35/45 LC 35/38
	XS 3	Gezeitenzonen, Spritz- und Sprühwasserzonen	Kaimauern in Hafenanlagen				
<sup>1)</sup> Bei gleichzeitigem Betonangriff durch Verschleiß (ohne betontechnische Maßnahmen)	XM 1	Mäßiger Verschleiß	Direkt befahrene Bauteile mit mäßigem Verkehr	Erhöhung von $c_{min}$ um 5 mm			C 30/37 LC 30/33
	XM 2	Schwerer Verschleiß	Durch schwere Gabelstapler direkt befahrene Bauteile, direkt beanspruchte Bauteile in Industrieanlagen, Silos	Erhöhung von $c_{min}$ um 10 mm			
	XM 3	Extremer Verschleiß	Durch Kettenfahrzeuge häufig direkt befahrene Bauteile	Erhöhung von $c_{min}$ um 15 mm			C 35/45 LC 35/38

<sup>2)</sup> Für Betondeckung und Mindestbetonfestigkeit ist die Expositionsklasse mit der höchsten Anforderung maßgebend.

<sup>3)</sup> Zusätzlicher Oberflächenschutz für direkt befahrene Parkdecks notwendig, z. B. Beschichtung

<sup>4)</sup>  $c_{min}$  darf um 5 mm verringert werden, wenn die Betonfestigkeitsklasse um 2 Klassen höher ist als die Mindestbetonfestigkeitsklasse; für Bauteile in der Umgebungsklasse XC 1 ist diese Abminderung unzulässig.

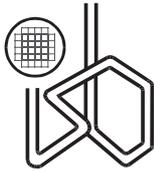
<sup>5)</sup> Zur Sicherstellung des Verbundes gilt:  $c_{min} \geq d_s$  bzw.  $d_{sV}$  ( $d_{sV}$  - Vergleichsdurchmesser eines Stabbündels)

<sup>6)</sup> Bei kraftschlüssiger Verbindung von Ortbeton mit einem Fertigteil gilt für die Mindestwerte  $c_{min}$  an den der Fuge zugewandten Rändern: Ortbeton  $c_{min} = 10$  mm; Fertigteil  $c_{min} = 5$  mm. Die Bedingungen zur Sicherstellung des Verbundes nach Fußnote <sup>5)</sup> sind bei Ausnutzung der Bewehrung im Bauzustand zu beachten.

<sup>7)</sup> Bei Leichtbeton gilt zusätzlich - außer für Expositionsklasse XC 1:  $c_{min} \geq d_{gl} + 5$  mm ( $d_{gl}$  - Größtkorndurchmesser der leichten Gesteinskörnung). Die Bedingung nach Fußnote <sup>5)</sup> ist einzuhalten.

<sup>8)</sup> Beim Betonieren gegen unebene Flächen ist  $\Delta c$  um das Differenzmaß der Unebenheit, jedoch mindestens um 20 mm zu erhöhen; beim Betonieren unmittelbar auf den Baugrund um 50 mm.

<sup>9)</sup> Soweit sich aus den Expositionsklassen für Betonangriff keine höheren Werte ergeben.



Arbeitsblatt 7  
Ausgabe 2002-01

# Bewehren von Stahlbetontragwerken nach DIN 1045-1:2001-07 Verbund, Verankerungen, Stöße

Gesamtherstellung und Herausgabe:  
Institut für Stahlbetonbewehrung e.V.

Prüfung: Univ.-Prof. Dr.-Ing. K. Zilch  
(Dipl.-Ing. Andreas Rogge)

## 1 Verbund (DIN 1045-1, 12.4)

Die Qualität des Verbundes hängt ab von:

- der Oberflächengestalt des Betonstahls
- den Abmessungen des Bauteils
- Lage und Neigungswinkel der Bewehrung während des Betonierens (Verbundbedingungen)

### 1.1 Verbundbedingungen (DIN 1045-1, 12.4)

#### 1.1.1 Gute Verbundbedingungen - Verbundbereich I (VB I)

Stäbe mit $\alpha \geq 45^\circ$	Stäbe mit $\alpha < 45^\circ$ während des Betonierens bei Bauteilen mit		
	<p><math>h \leq 300</math> mm alle Stäbe</p> <p><math>h \leq 300</math> mm</p>	<p><math>300 &lt; h \leq 600</math> mm Stäbe höchstens 300 mm über der Unterkante</p> <p><math>h &gt; 300</math> mm</p>	<p><math>h \geq 600</math> mm Stäbe mindestens 300 mm unter der Oberkante</p> <p><math>h &gt; 600</math> mm</p>

Liegend gefertigte Bauteile bei Verdichtung mit Außenrüttlern und  $h \leq 500$  mm

#### 1.1.2 Mäßige Verbundbedingungen - Verbundbereich II (VB II)

- In allen Fällen, die nicht den guten Verbundbedingungen zuzuordnen sind (schrattierte Bereiche in den Bildern von 1.1.1)
- Bei Bauteilen, die in Gleitbauweise erstellt werden, für alle Stäbe.

### 1.2 Bemessungswerte der Verbundspannung $f_{bd}$ [N/mm<sup>2</sup>] - für Stäbe mit $d_s \leq 32$ mm<sup>1), 2)</sup>

Beton C <sup>3)</sup>	12/15	16/20	20/25	25/30	30/37	35/45	40/50	45/55	50/60	55/67	60/75	70/85	80/95	90/105	100/115
$\gamma_c$	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,52	1,53	1,56	1,60	1,63	1,67
$f_{bd}$ (VB I)	1,6	2,0	2,3	2,7	3,0	3,4	3,7	4,0	4,3	4,4	4,5	4,7	4,8	4,9	4,9
$f_{bd}$ (VB II) <sup>4)</sup>	1,1	1,4	1,6	1,9	2,1	2,4	2,6	2,8	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,4	3,4

<sup>1)</sup> für  $d_s > 32$  mm sind die Werte  $f_{bd}$  mit dem Faktor  $(132-d_s)/100$  zu vermindern ( $d_s$  in mm)

$d_s = 40$  mm:  $(132 - 40) / 100 = 0,92$

$d_s = 50$  mm:  $(132 - 50) / 100 = 0,82$

<sup>2)</sup> eine Erhöhung der Werte  $f_{bd}$  darf nach einer der beiden Möglichkeiten erfolgen:

- bei Querdruck rechtwinklig zur Bewehrungsebene mit dem Faktor  $1 / (1 - 0,04 \cdot \rho) \leq 1,5$ ;  $\rho$  in N/mm<sup>2</sup>
- bei allseitiger, durch Bewehrung gesicherter Betondeckung  $\geq 10 \cdot d_s$ : Erhöhung um 50 %

<sup>3)</sup> bei Leichtbeton LC ist  $f_{bd}$  um den Faktor  $\eta_1 = 0,4 + 0,6 \cdot \rho / 2200$  zu vermindern ( $\rho$  - Dichte des Leichtbetons in kg/m<sup>3</sup>)

<sup>4)</sup> im VB II betragen die Bemessungswerte der Verbundspannung 70 % der Werte im VB I

INSTITUT FÜR STAHLBETONBEWEHRUNG e.V.

## 2 Verankerungen (DIN 1045-1, 12.6)

### 2.1 Grundmaß der Verankerungslänge $l_b$ (DIN 1045-1, 12.6.2 (2)) ( $d_s \leq 32$ mm)

$l_b = \frac{d_s \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}}$	mit $d_s$ Stabdurchmesser $f_{yd}$ Bemessungswert der Streckgrenze des Betonstahls $f_{bd}$ Bemessungswert der Verbundspannung (siehe 1.2)
---	--

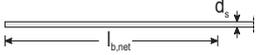
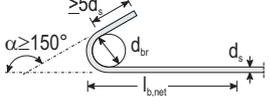
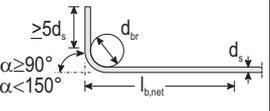
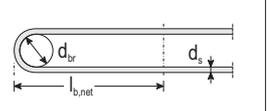
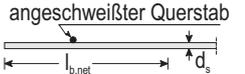
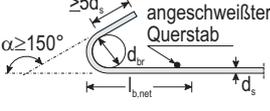
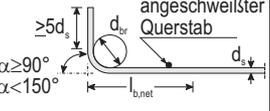
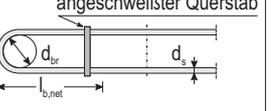
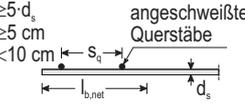
### Grundmaße der Verankerungslänge bezogen auf den Stabdurchmesser: $l_b / d_s$ ( $d_s \leq 32$ mm)

Beton C	12/15	16/20	20/25	25/30	30/37	35/45	40/50	45/55	50/60	55/67	60/75	70/85	80/95	90/105	100/115
$l_b / d_s$ (VB I)	66	54	47	40	36	32	30	27	25	25	24	23	23	22	22
$l_b / d_s$ (VB II)	94	78	67	58	51	46	42	39	36	35	35	33	33	32	31

### 2.2 Erforderliche Verankerungslänge $l_{b,net}$ (DIN 1045-1, 12.6.2 (3))

$l_{b,net} = \alpha_a \cdot l_b \cdot \frac{A_{s,erf}}{A_{s,vorh}} \geq l_{b,min}$	mit $\alpha_a$ Beiwert zur Berücksichtigung der Verankerungsart (siehe 2.3) $l_b$ Grundmaß der Verankerungslänge $A_{s,erf}, A_{s,vorh}$ erforderliche und vorhandene Querschnittsfläche der zu verankernden Bewehrung $l_{b,min}$ Mindestwert der Verankerungslänge = $0,3 \cdot \alpha_a \cdot l_b \geq 10 \cdot d_s$ für Verankerungen von Zugstäben = $0,6 \cdot l_b \geq 10 \cdot d_s$ für Verankerungen von Druckstäben
--	--

### 2.3 Zulässige Verankerungsarten von Betonstahl und dazugehörige Beiwerte $\alpha_a$ (DIN 1045-1, Tabelle 26)

Verankerungsarten		Beiwert $\alpha_a$	
		Zugstäbe <sup>1)</sup>	Druckstäbe
1	Gerade Stabenden 	1,0	1,0
2	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Haken</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Winkelhaken</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Schlaufen</p>  </div> </div>	0,7 <sup>2)</sup> (1,0)	-
3	Gerade Stabenden mit mindestens einem angeschweißten Querstab innerhalb von $l_{b,net}$ 	0,7	0,7
4	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Haken</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Winkelhaken</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Schleife</p>  </div> </div> <p>mit mindestens einem angeschweißten Querstab innerhalb von <math>l_{b,net}</math></p>	0,5 (0,7)	-
5	Gerade Stabenden mit mindestens zwei angeschweißten Querstäben innerhalb von $l_{b,net}$ Nur bei Einzelstäben mit $d_s \leq 16$ mm und bei Doppelstäben mit $d_s \leq 12$ mm erlaubt 	0,5	0,5

<sup>1)</sup> Die angegebenen Werte in Klammern gelten wenn:

- Betondeckung im Krümmungsbereich senkrecht zur Krümmungsebene  $< 3 \cdot d_s$  oder
- kein Querdruck vorhanden ist oder
- keine enge Verbügelung vorhanden ist

<sup>2)</sup> Bei Schlaufenverankerung mit Biegerolldurchmesser  $d_{br} \geq 15 \cdot d_s$  darf  $\alpha_a$  auf 0,5 reduziert werden.

## 2.4 Erforderliche Querbewehrung im Verankerungsbereich (DIN 1045-1, 12.6.3)

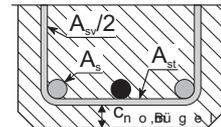
Im Verankerungsbereich müssen örtliche Querzugspannungen aufgenommen werden, um ein Spalten des Betons infolge Sprengwirkung zu verhindern. Dies gilt als erfüllt, wenn:

- konstruktive Maßnahmen oder andere günstige Einflüsse (z. B. Querdruck) ein Spalten des Betons verhindern
- bei Balken und bei Stützen die Bügel und bei Platten oder Wänden die Querbewehrung nach DIN 1045-1, 13, angeordnet werden

Bei Stabdurchmessern mit  $d_s > 32$  mm und ohne Querdruck im Verankerungsbereich ist zusätzlich mindestens folgende Querbewehrung erforderlich:

- parallel zur Bauteilunterseite:  $A_{st} = n_1 \cdot 0,25 \cdot A_s$
- rechtwinklig zur Bauteilunterseite:  $A_{sv} = n_2 \cdot 0,25 \cdot A_s$

mit  $A_s$  Querschnittsfläche eines verankerten Stabes  
 $n_1$  Anzahl der zu verankernden Bewehrungslagen  
 $n_2$  Anzahl der zu verankernden Stäbe je Lage



- verankerte Stäbe
- durchgehende Stäbe

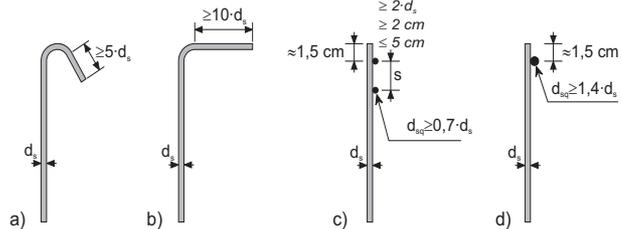
- Die Querbewehrung ist gleichmäßig über den Verankerungsbereich zu verteilen. Der Verlegeabstand soll etwa dem 5-fachen Durchmesser des zu verankernden Stabes entsprechen.

## 2.5 Verankerung von Bügeln und Querkraftbewehrung (DIN 1045-1, 12.7)

Die Verankerung von Bügeln und Querkraftbewehrung erfolgt durch:

- Haken (a)
- Winkelhaken (b)
- aufgeschweißte Querstäbe (c, d)

In der **Druckzone** erfolgt die Verankerung (a, b, c, d) zwischen dem Schwerpunkt der Druckzonenfläche und dem Druckrand; bei Querbewehrung über die ganze Höhe gilt diese Bedingung als erfüllt.

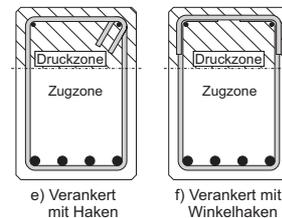


In der **Zugzone** erfolgt die Anordnung der Verankerungselemente möglichst nahe am Zugrand. Bügel müssen die Biegezugbewehrung umschließen.

Bei Verankerungselementen mit **aufgeschweißten Querstäben** (c, d) ist zusätzlich eine seitliche Betondeckung erforderlich:

$$c_{\min} \geq 3 \cdot d_s \quad (d_s - \text{Bügeldurchmesser})$$

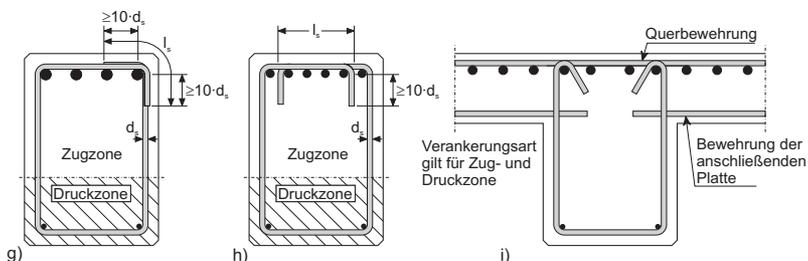
$$\geq 5 \text{ cm}$$



Bei **Balken** sind die Bügel wie folgt zu schließen:

- Druckzone: nach Bild e und f
- Zugzone: nach Bild g und h

Bei **Plattenbalken** erfolgt das Schließen der Bügel mit Querbewehrung nach Bild i, wenn  $V_{Ed} \leq 2/3 \cdot V_{Rd, \max}$  eingehalten wird.



### 3 Stöße (DIN 1045-1, 12.8)

#### Übergreifungsstöße

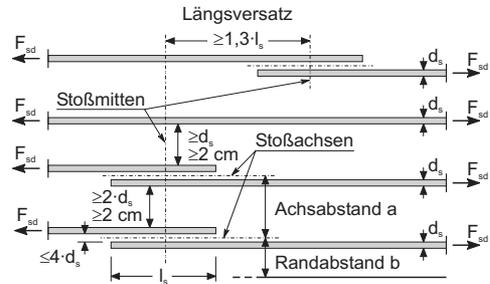
- Kraftübertragung von einem Stab zum anderen ist sicherzustellen
- Betonabplatzungen sind zu vermeiden
- Übergreifungsstöße mit  $d_s > 32$  mm nur bei Bauteilen mit überwiegender Biegung zulässig

**Mechanische Stöße** sind durch bauaufsichtliche Zulassungen geregelt.

**Geschweißte Stöße** werden nach DIN 4099-1 ausgeführt; siehe auch ISB-Arbeitsblatt Nr. 10.

#### 3.1 Übergreifungsstöße von Stabstahl

- Vollstöße sollen nicht in hochbeanspruchten Bereichen liegen
- Bei Schnittkraftermittlung nach der Plastizitätstheorie (DIN 1045-1, 8.4) und nach nichtlinearen Verfahren (DIN 1045-1, 8.5) dürfen Übergreifungsstöße nicht in den plastischen Bereichen angeordnet werden.
- Die Übergreifungsstöße sollen möglichst längsversetzt, das heißt mit einem Längsversatz zweier Stöße  $\geq 1,3 \cdot l_s$  angeordnet werden. Die erforderlichen Abmessungen zeigt nebenstehendes Bild.



#### 3.1.1 Übergreifungslänge $l_s$ (DIN 1045-1, 12.8.2)

$l_s = l_{b,net} \cdot \alpha_1 \geq l_{s,min}$ $l_{b,net} = \alpha_a \cdot l_b \cdot \frac{A_{s,erf}}{A_{s,vorh}} \geq l_{b,min}$	$l_{b,net}$	Verankerungslänge nach 2.2
	$l_{s,min}$	Mindestwert der Übergreifungslänge = $0,3 \cdot \alpha_a \cdot \alpha_1 \cdot l_b \geq 15 \cdot d_s$ und $\geq 200$ mm
	$\alpha_1$	Beiwert zur Berücksichtigung des Stoßanteils nach 3.1.2
	$\alpha_a$	Beiwert zur Berücksichtigung der Verankerungsart nach 2.3, <b>aber</b> : Einfluss angeschweißter Querstäbe darf <b>nicht</b> angesetzt werden
	$l_b$	Grundmaß der Verankerungslänge nach 2.1
	$A_{s,erf}$	erforderliche Querschnittsfläche der zu verankernden Bewehrung
	$A_{s,vorh}$	vorhandene Querschnittsfläche der zu verankernden Bewehrung
Ist der lichte Abstand gestoßener Stäbe $\geq 4 \cdot d_s$ (siehe Bild in 3.1), ist die Übergreifungslänge um die Überschreitung zu vergrößern.		

#### 3.1.2 Beiwert $\alpha_1$ zur Berücksichtigung des Stoßanteils (DIN 1045-1, Tabelle 27)

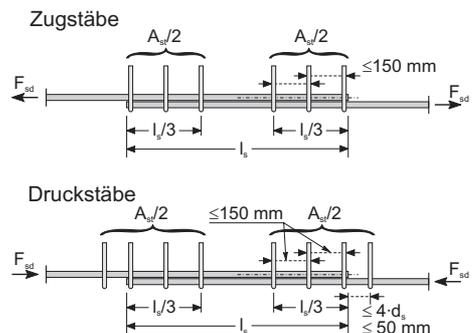
		Beiwert $\alpha_1$	
1	Anteil der ohne Längsversatz gestoßenen Stäbe je Lage	$\leq 30\%$	$> 30\%$
2	Stoß in der Zugzone $d_s < 16$ mm	1,2 <sup>1)</sup>	1,4 <sup>1)</sup>
3	Stoß in der Zugzone $d_s \geq 16$ mm	1,4 <sup>1)</sup>	2,0 <sup>2)</sup>
4	Stoß in der Druckzone	1,0	1,0

○ gestoßene Stäbe  
● durchgehender Stab

1) Falls  $s \geq 10 \cdot d_s$  und  $s_0 \geq 5 \cdot d_s$ :  $\alpha_1=1,0$   
 2) Falls  $s \geq 10 \cdot d_s$  und  $s_0 \geq 5 \cdot d_s$ :  $\alpha_1=1,4$

#### 3.1.3 Querbewehrung $A_{st}$ bei Übergreifungsstößen (DIN 1045-1, 12.8.3)

- erforderliche Querbewehrung:  $A_{st} \geq 1,0 \cdot A_s$  mit  $A_s$  Querschnittsfläche eines gestoßenen Stabs, der größte Wert ist maßgebend
- die Querbewehrung muß Längsstäbe umschließen; falls:  $s < 12 \cdot d_s$ : Bügel erforderlich  
 $s \geq 12 \cdot d_s$ : Querbewehrung darf gerade sein
- Querkraftbewehrung nach DIN 1045-1, 13 ausreichend, wenn:  $d_s < 16$  mm bis Beton C 55/67 und LC 45/50  
 $d_s < 12$  mm ab Beton C 60/75 und LC 50/55  
Anteil der gestoßenen Stäbe  $< 20\%$
- Für Beton ab C 70/85 bzw. bei mehrlagiger Bewehrung und Stoßanteil  $> 50\%$  je Lage gilt: erforderliche Querbewehrung mit Bügeln:  $A_{st} \geq \Sigma A_s$  mit  $\Sigma A_s$  Querschnittsfläche aller gestoßenen Stäbe



### 3.1.4 Übergreifungslängen $l_s$ für alle Betonfestigkeitsklassen und Stabdurchmesser

#### 3.1.4 a Übergreifungslängen $l_s$ für Betonfestigkeitsklassen C12/15, C16/20, C20/25 und C25/30

In den Tabellen des Abschnittes 3.1.4 gilt:  $\frac{a_{s,erf}}{a_{s,vorh}} = 1,0$

$l_{s,min}$  (siehe 3.1.1) beachten!

Betonfestigkeitsklasse	Durchmesser $d_s$ [mm]	Erforderliche Übergreifungslänge $l_s$ für Stabstahl [cm]							
		Anteil der gestoßenen Stäbe $\leq 30\%$				Anteil der gestoßenen Stäbe $>30\%$			
		$s \geq 10 d_s$ und $s_0 \geq 5 d_s$		$s < 10 d_s$ oder $s_0 < 5 d_s$		$s \geq 10 d_s$ und $s_0 \geq 5 d_s$		$s < 10 d_s$ oder $s_0 < 5 d_s$	
		VB I	VB II	VB I	VB II	VB I	VB II	VB I	VB II
C 12/15	6	41	59	49	71	41	59	57	83
	8	54	79	65	95	54	79	76	111
	10	68	99	82	119	68	99	95	138
	12	82	119	98	142	82	119	114	166
	14	95	138	114	166	95	138	133	194
	16	109	158	152	221	152	221	217	316
	20	136	198	190	277	190	277	272	395
	25	170	247	238	346	238	346	340	494
	28	190	277	266	387	266	387	380	553
	32	217	316	304	443	304	443	435	632
	40	295	430	414	602	414	602	591	859
50	414	603	580	844	580	844	829	1205	
C 16/20	6	33	47	39	56	33	47	46	65
	8	43	62	52	75	43	62	61	87
	10	54	78	65	93	54	78	76	109
	12	65	93	78	112	65	93	91	130
	14	76	109	91	130	76	109	107	152
	16	87	124	122	174	122	174	174	248
	20	109	155	152	217	152	217	217	311
	25	136	194	190	272	190	272	272	388
	28	152	217	213	304	213	304	304	435
	32	174	248	243	348	243	348	348	497
	40	236	338	331	473	331	473	473	675
50	331	473	464	663	464	663	663	947	
C 20/25	6	28	41	34	49	28	41	40	57
	8	38	54	45	65	38	54	53	76
	10	47	68	57	82	47	68	66	95
	12	57	82	68	98	57	82	79	114
	14	66	95	79	114	66	95	93	133
	16	76	109	106	152	106	152	151	217
	20	95	136	132	190	132	190	189	272
	25	118	170	165	238	165	238	236	340
	28	132	190	185	266	185	266	265	380
	32	151	217	212	304	212	304	302	435
	40	205	295	288	414	288	414	411	591
50	288	414	403	580	403	580	576	829	
C 25/30	6	24	34	29	41	24	34	34	48
	8	32	46	39	55	32	46	45	64
	10	40	57	48	69	40	57	56	80
	12	48	69	58	82	48	69	68	96
	14	56	80	68	96	56	80	79	112
	16	64	92	90	128	90	128	129	183
	20	81	114	113	160	113	160	161	229
	25	101	143	141	200	141	200	201	286
	28	113	160	158	224	158	224	225	320
	32	129	183	180	256	180	256	258	366
	40	175	249	245	348	245	348	350	497
50	245	349	344	488	344	488	491	698	

### 3.1.4 b Übergreifungslängen $l_s$ für Betonfestigkeitsklassen C30/37, C35/45, C40/50 und C45/55

In den Tabellen des Abschnittes 3.1.4 gilt:  $\frac{a_{s,erf}}{a_{s,vorh}} = 1,0$

$l_{s,min}$  (siehe 3.1.1) beachten!

Betonfestigkeitsklasse	Durchmesser $d_s$ [mm]	Erforderliche Übergreifungslänge $l_s$ für Stabstahl [cm]							
		Anteil der gestoßenen Stäbe $\leq 30\%$				Anteil der gestoßenen Stäbe $>30\%$			
		$s \geq 10 d_s$ und $s_0 \geq 5 d_s$		$s < 10 d_s$ oder $s_0 < 5 d_s$		$s \geq 10 d_s$ und $s_0 \geq 5 d_s$		$s < 10 d_s$ oder $s_0 < 5 d_s$	
		VB I	VB II	VB I	VB II	VB I	VB II	VB I	VB II
C 30/37	6	22	31	26	37	22	31	30	43
	8	29	41	35	50	29	41	41	58
	10	36	52	43	62	36	52	51	72
	12	43	62	52	75	43	62	61	87
	14	51	72	61	87	51	72	71	101
	16	58	83	81	116	81	116	116	166
	20	72	104	101	145	101	145	145	207
	25	91	129	127	181	127	181	181	259
	28	101	145	142	203	142	203	203	290
	32	116	166	162	232	162	232	232	331
	40	158	225	221	315	221	315	315	450
50	221	316	309	442	309	442	442	631	
C 35/45	6	19	27	23	33	19	27	27	38
	8	26	36	31	43	26	36	36	51
	10	32	45	38	54	32	45	45	63
	12	38	54	46	65	38	54	54	76
	14	45	63	54	76	45	63	63	89
	16	51	72	72	101	72	101	102	145
	20	64	91	90	127	90	127	128	181
	25	80	113	112	159	112	159	160	226
	28	90	127	125	178	125	178	179	254
	32	102	145	143	203	143	203	205	290
	40	139	197	195	276	195	276	278	394
50	195	276	273	387	273	387	390	552	
C 40/50	6	18	25	21	30	18	25	25	35
	8	24	33	28	40	24	33	33	47
	10	29	42	35	50	29	42	41	59
	12	35	50	42	60	35	50	49	70
	14	41	59	49	70	41	59	58	82
	16	47	67	66	94	66	94	94	134
	20	59	84	82	117	82	117	118	167
	25	73	105	103	146	103	146	147	209
	28	82	117	115	164	115	164	165	234
	32	94	134	132	187	132	187	188	268
	40	128	182	179	254	179	254	255	364
50	179	255	251	357	251	357	358	510	
C 45/55	6	16	23	20	28	16	23	23	33
	8	22	31	26	37	22	31	30	43
	10	27	39	33	47	27	39	38	54
	12	33	47	39	56	33	47	46	65
	14	38	54	46	65	38	54	53	76
	16	43	62	61	87	61	87	87	124
	20	54	78	76	109	76	109	109	155
	25	68	97	95	136	95	136	136	194
	28	76	109	107	152	107	152	152	217
	32	87	124	122	174	122	174	174	248
	40	118	169	165	236	165	236	236	338
50	166	237	232	331	232	331	331	473	

### 3.1.4 c Übergreifungslängen $l_s$ für Betonfestigkeitsklassen C50/60, C55/67, C60/75 und C70/85

In den Tabellen des Abschnittes 3.1.4 gilt:  $\frac{a_{s,erf}}{a_{s,wohl}} = 1,0$

$l_{s,min}$  (siehe 3.1.1) beachten!

Betonfestigkeitsklasse	Durchmesser $d_s$ [mm]	Erforderliche Übergreifungslänge $l_s$ für Stabstahl [cm]							
		Anteil der gestoßenen Stäbe $\leq 30\%$				Anteil der gestoßenen Stäbe $>30\%$			
		$s \geq 10 d_s$ und $s_0 \geq 5 d_s$		$s < 10 d_s$ oder $s_0 < 5 d_s$		$s \geq 10 d_s$ und $s_0 \geq 5 d_s$		$s < 10 d_s$ oder $s_0 < 5 d_s$	
		VB I	VB II	VB I	VB II	VB I	VB II	VB I	VB II
C 50/60	6	15	22	18	26	15	22	21	30
	8	20	29	24	35	20	29	28	41
	10	25	36	30	43	25	36	35	51
	12	30	43	36	52	30	43	42	61
	14	35	51	42	61	35	51	50	71
	16	40	58	57	81	57	81	81	116
	20	51	72	71	101	71	101	101	145
	25	63	91	88	127	88	127	126	181
	28	71	101	99	142	99	142	142	203
	32	81	116	113	162	113	162	162	232
	40	110	158	154	221	154	221	220	315
50	154	221	216	309	216	309	308	442	
C 55/67	6	15	21	18	25	15	21	21	29
	8	20	28	24	34	20	28	28	39
	10	25	35	30	42	25	35	35	49
	12	30	42	36	50	30	42	42	59
	14	35	49	42	59	35	49	48	69
	16	40	56	55	79	55	79	79	112
	20	49	70	69	98	69	98	99	140
	25	62	88	86	123	86	123	124	175
	28	69	98	97	137	97	137	138	196
	32	79	112	111	157	111	157	158	224
	40	107	152	150	213	150	213	215	305
50	151	214	211	299	211	299	301	428	
C 60/75	6	14	20	17	24	14	20	20	29
	8	19	27	23	33	19	27	27	38
	10	24	34	29	41	24	34	34	48
	12	29	41	35	49	29	41	41	57
	14	34	48	41	57	34	48	47	67
	16	39	54	54	76	54	76	77	109
	20	48	68	68	95	68	95	97	136
	25	60	85	85	119	85	119	121	170
	28	68	95	95	133	95	133	135	190
	32	77	109	108	152	108	152	15	217
	40	105	148	147	207	147	207	210	295
50	147	207	206	290	206	290	295	414	
C 70/85	6	14	20	17	24	14	20	19	28
	8	19	26	22	32	19	26	26	37
	10	23	33	28	40	23	33	32	46
	12	28	40	33	47	28	40	39	55
	14	32	46	39	55	32	46	45	65
	16	37	53	52	74	52	74	74	105
	20	46	66	65	92	65	92	93	132
	25	58	82	81	115	81	115	116	165
	28	65	92	91	129	91	129	130	184
	32	74	105	104	148	104	148	148	211
	40	101	143	141	201	141	201	201	286
50	141	201	197	281	197	281	282	402	

### 3.1.4 d Übergreifungslängen $l_s$ für Betonfestigkeitsklassen C80/95, C90/105 und C100/115

In den Tabellen des Abschnittes 3.1.4 gilt:  $\frac{a_{s,erf}}{a_{s,vorh}} = 1,0$

$l_{s,min}$  (siehe 3.1.1) beachten!

Betonfestigkeitsklasse	Durchmesser $d_s$ [mm]	Erforderliche Übergreifungslänge $l_s$ für Stabstahl [cm]							
		Anteil der gestoßenen Stäbe $\leq 30\%$				Anteil der gestoßenen Stäbe $>30\%$			
		$s \geq 10 d_s$ und $s_0 \geq 5 d_s$		$s < 10 d_s$ oder $s_0 < 5 d_s$		$s \geq 10 d_s$ und $s_0 \geq 5 d_s$		$s < 10 d_s$ oder $s_0 < 5 d_s$	
		VB I	VB II	VB I	VB II	VB I	VB II	VB I	VB II
C 80/95	6	14	19	16	23	14	19	19	27
	8	18	26	22	31	18	26	25	36
	10	23	32	27	38	23	32	32	45
	12	27	38	33	46	27	38	38	54
	14	32	45	38	54	32	45	44	63
	16	36	51	51	72	51	72	72	102
	20	45	64	63	90	63	90	91	128
	25	57	80	79	112	79	112	113	160
	28	63	90	89	125	89	125	127	179
	32	72	102	101	143	101	143	145	205
	40	98	139	138	195	138	195	197	278
50	138	195	193	273	193	273	276	390	
C 90/105	6	13	19	16	23	13	19	19	27
	8	18	26	21	31	18	26	25	36
	10	22	32	27	38	22	32	31	45
	12	27	38	32	46	27	38	37	54
	14	31	45	37	54	31	45	43	63
	16	35	51	50	72	50	72	71	102
	20	44	64	62	90	62	90	89	128
	25	55	80	78	112	78	112	111	160
	28	62	90	87	125	87	125	124	179
	32	71	102	99	143	99	143	142	205
	40	96	139	135	195	135	195	193	278
50	135	195	189	273	189	273	271	390	
C 100/115	6	13	19	16	23	13	19	19	27
	8	18	26	21	31	18	26	25	36
	10	22	32	27	38	22	32	31	45
	12	27	38	32	46	27	38	37	54
	14	31	45	37	54	31	45	43	63
	16	35	51	50	72	50	72	71	102
	20	44	64	62	90	62	90	89	128
	25	55	80	78	112	78	112	111	160
	28	62	90	87	125	87	125	124	179
	32	71	102	99	143	99	143	142	205
	40	96	139	135	195	135	195	193	278
50	135	195	189	273	189	273	271	390	

### 3.1.5 Übergreifungslängen bei Stabbündeln (DIN 1045-1, 12.9)

#### Grundsätzlich

- a) Stoßlänge zu ermitteln mit  $d_{sv}$   
(Durchmesser eines mit dem Bündel flächengleichen Einzelstabes):

$$d_{sv} = d_s \cdot \sqrt{n}$$

- b)  $d_{sv} \leq 36$  mm (Bauteile mit überwiegend Zug)

$$d_{sv} \leq 28$$
 mm (ab C 70/85)

Bei Leichtbeton:  $d_s$  (Einzelstab)  $\leq 20$  mm

- c) Kombinationen von  $d_s$  (n gleiche Stabdurchmesser)

n = 2		n = 3	
$d_s$ mm	$d_{sv}$ mm	$d_s$ mm	$d_{sv}$ mm
28	39,6	28	48,5
25	35,4	25	43,3
20	28,3	20	34,6
16	22,6	16	27,7
14	19,8	14	24,2
12	17,0	12	20,8
10	14,1	10	17,3

- d) Stabbündel aus zwei Stäben mit  $d_{sv} \leq 28$  mm dürfen ohne Längsversatz der Einzelstäbe gestoßen werden; für die Berechnung von  $l_s$  ist dann  $d_{sv}$  zugrunde zu legen.

- e) Bei Stabbündeln aus zwei Stäben mit  $d_{sv} > 28$  mm und bei Stabbündeln aus drei Stäben sind die Einzelstäbe stets um mindestens  $1,3 l_s$  in Längsrichtung versetzt zu stoßen, wobei jedoch in jedem Schnitt eines gestoßenen Bündels höchstens vier Stäbe vorhanden sein dürfen; für die Berechnung von  $l_s$  ist dann der Durchmesser des Einzelstabes einzusetzen.

#### Ausbildung von Verankerungen

siehe DIN 1045-1, 12.9, Bilder 62 und 63

#### Berechnung der Übergreifungslängen

Grundlagen:	Tabellen 3.1.4 a, b, c, d
Vorgehen:	<p>a) Entsprechend Betongüte, Verbundgüte und Anteil der gestoßenen Stäbe <b>nächst kleineren</b> Durchmesser aussuchen und <math>l_s</math> entnehmen.</p> <p>b) Wert von <math>l_s</math> durch den entsprechenden Durchmesser dividieren und mit <math>d_{sv}</math> multiplizieren.</p>
Beispiel:	<p>Stabbündel aus 2 · 16 mm  <math>d_{sv} = 22,6</math> mm            C40/50, VB I, <math>\leq 30</math> % gestoßen, <math>s &lt; 10 d_s</math>  <math>l_{s20} = 82</math> cm (aus Tabelle)  <math>l_{s22,6} = 82 \cdot \frac{22,6}{20} \approx 93</math> cm</p>

### 3.2 Übergreifungsstöße von Betonstahlmatten (DIN 1045-1, 12.8.4)

#### 3.2.1 Arten von Stößen

In DIN 1045-1, 12.8.4 ist nur der übliche Stoß von Betonstahlmatten in **zwei Ebenen** enthalten.

#### Zwei-Ebenen-Stoß (Regelstoß)

- Vollstoß bei Betonstahlmatten: mit  $a_s \leq 12 \text{ cm}^2/\text{m}$  erlaubt
- Betonstahlmatten mit  $a_s > 12 \text{ cm}^2/\text{m}$  dürfen nur gestoßen werden:

- als innere Lage bei mehrlagiger Bewehrung

- wenn der Anteil der gestoßenen Matten  $\leq 60 \%$  der erforderlichen Bewehrung beträgt.

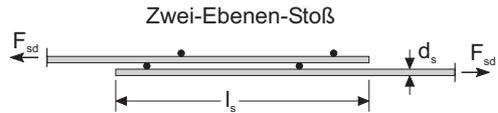
- Bei mehrlagiger Mattenbewehrung sind die Stöße der einzelnen Mattenlagen um mindestens  $1,3 \cdot l_s$  zu versetzen
- Eine zusätzliche Querbewehrung im Stoßbereich ist nicht erforderlich
- Ist an der Stoßstelle von Betonstahlmatten ein Rissbreitennachweis zu führen, ist hierfür eine um 25 % höhere Stahlspannung anzusetzen
- Für Übergreifungslängen von Druckstößen gilt:  $l_s \geq l_b$  ( $l_b$  nach 3.1.1)

Grundsätzlich sind auch andere Stöße möglich, bei denen allerdings die Stoßlängen nach den Stoßregeln für Betonstähle ohne Berücksichtigung der im Stoßbereich vorhandenen angeschweißten Querstäbe bemessen werden. Es handelt sich um folgende Stöße:

- Ein-Ebenen-Stoß mit gewendeten Matten (Tragstäbe in einer Ebene),
- Ein-Ebenen-Stoß mit Überständen, die  $l_s$  entsprechen (speziell bei Listenmatten)

Hinweis:

Theoretisch ist auch, wie in DIN 1045, Ausgabe 1988 enthalten, ein Zwei-Ebenen-Stoß mit bügelartiger Umfassung der Bewehrung möglich



#### 3.2.2 Übergreifungslänge $l_s$ von Betonstahlmatten mit Zwei-Ebenen-Stoß (DIN 1045-1, 12.8.4 (2))

$$l_s = l_b \cdot \alpha_2 \cdot \frac{a_{s, \text{erf}}}{a_{s, \text{vorh}}} \geq l_{s, \text{min}}$$

$l_b$  Grundmaß der Verankerungslänge nach 2.1

$\alpha_2$  Beiwert zur Berücksichtigung des Mattenquerschnitts  
 $= 0,4 + a_{s, \text{vorh}}/8 \geq 1,0$   
 $\leq 2,0$

$a_{s, \text{erf}}, a_{s, \text{vorh}}$  erforderliche und vorhandene Querschnittsfläche im Stoßquerschnitt in  $\text{cm}^2/\text{m}$

$l_{s, \text{min}}$  Mindestwert der Übergreifungslänge  
 $= 0,3 \cdot \alpha_2 \cdot l_b \geq s_q$   
 $\geq 200 \text{ mm}$

$s_q$  Abstand der (angeschweißten) Querstäbe

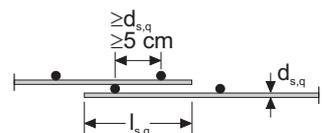
#### 3.2.3 Übergreifungslänge der angeschweißten Querstäbe (Verteilerstoß; DIN 1045-1, 12.8.4 (5))

- Die statisch nicht erforderliche Querbewehrung von Betonstahlmatten darf bei Platten und Wänden an einer Stelle gestoßen werden.
- Innerhalb der Übergreifungslänge  $l_{s, q}$  müssen mindestens zwei Längsstäbe liegen.
- Für den Mindestwert der Übergreifungslänge  $l_{s, q}$  gilt abhängig vom Stabdurchmesser:

6 mm	<	$d_s \leq 6 \text{ mm}$ :	$l_{s, q} \geq 150 \text{ mm}$ und $\geq s_l$
8,5 mm	<	$d_s \leq 8,5 \text{ mm}$ :	$l_{s, q} \geq 250 \text{ mm}$ und $\geq s_l$
	<	$d_s \leq 12 \text{ mm}$ :	$l_{s, q} \geq 350 \text{ mm}$ und $\geq s_l$
	<	$d_s > 12 \text{ mm}$ :	$l_{s, q} \geq 500 \text{ mm}$ und $\geq s_l$

$s_l$ : Stababstand der Längsstäbe

Verteilerstoß der Querbewehrung



### 3.2.4 a Übergreifungslängen I\* von Tragstößen als Zwei-Ebenen-Stoß für C 12/15 bis C 30/37

In den Tabellen des Abschnittes 3.2.4 gilt:  $\frac{a_{s,erf}}{a_{s,vorh}} = 1,0$

$l_{s,min}$  (siehe 3.1.1) beachten!

Q - Matten	I* im Verbundbereich I										I* im Verbundbereich II									
	Tragstoß Längsrichtung					Tragstoß Querrichtung					Tragstoß Längsrichtung					Tragstoß Querrichtung				
	C12	C16	C20	C25	C30	C12	C16	C20	C25	C30	C12	C16	C20	C25	C30	C12	C16	C20	C25	C30
Q 188 A	40	33	29	25	22	40	33	29	25	22	57	47	41	35	31	57	47	41	35	31
Q 257 A	47	39	33	29	26	47	39	33	29	26	66	55	47	41	36	66	55	47	41	36
Q 335 A	53	44	38	33	29	53	44	38	33	29	76	63	54	47	41	76	63	54	47	41
Q 377 A	56	47	40	35	31	50	50	50	50	50	80	66	57	49	44	66	55	50	50	50
Q 513 A	68	57	49	42	37	55	50	50	50	50	97	80	69	60	53	78	64	56	50	50

R - Matten	I* im Verbundbereich I										I* im Verbundbereich II									
	Tragstoß Längsrichtung					Tragstoß Querrichtung					Tragstoß Längsrichtung					Tragstoß Querrichtung				
	C12	C16	C20	C25	C30	C12	C16	C20	C25	C30	C12	C16	C20	C25	C30	C12	C16	C20	C25	C30
R 188 A	40	33	29	25	25	40	33	29	25	22	57	47	41	35	31	57	47	41	35	31
R 257 A	47	39	33	29	26	40	33	29	25	22	66	55	47	41	36	57	47	41	35	31
R 335 A	53	44	38	33	29	40	33	29	25	22	76	63	54	47	41	57	47	41	35	31
R 377 A	56	47	40	35	31	40	33	29	25	22	80	66	57	49	44	57	47	41	35	31
R 513 A	68	57	49	42	37	40	33	29	25	22	97	80	69	60	53	57	47	41	35	31

### 3.2.4 Maschenregel für Zwei-Ebenen-Stoß (gilt für ungeschnittene Matten nach Lieferprogramm)

Q - Matten	Maschenanzahl im Verbundbereich I										Maschenanzahl im Verbundbereich II									
	Tragstoß Längsrichtung					Tragstoß Querrichtung					Tragstoß Längsrichtung					Tragstoß Querrichtung				
	C12	C16	C20	C25	C30	C12	C16	C20	C25	C30	C12	C16	C20	C25	C30	C12	C16	C20	C25	C30
Q 188 A	2	1	1	1	1	3	2	2	2	2	3	2	2	1	1	4	3	3	2	2
Q 257 A	2	2	1	1	1	3	3	2	2	2	3	3	2	2	1	4	4	3	3	3
Q 335 A	3	2	2	1	1	4	3	3	2	2	4	3	3	2	2	5	4	4	3	3
Q 377 A	4	3	2	2	1	3	3	3	3	3	6	5	4	3	3	4	4	3	3	3
Q 513 A	5	4	3	3	2	4	3	3	3	3	8	6	5	4	4	5	4	4	3	3

R - Matten	Maschenanzahl im Verbundbereich I										Maschenanzahl im Verbundbereich II									
	Tragstoß Längsrichtung					Verteilerstoß Querrichtung					Tragstoß Längsrichtung					Verteilerstoß Querrichtung				
	C12	C16	C20	C25	C30	C12	C16	C20	C25	C30	C12	C16	C20	C25	C30	C12	C16	C20	C25	C30
R 188 A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
R 257 A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
R 335 A	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
R 377 A	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1
R 513 A	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1

### 3.2.4 b Übergreifungslängen l\* von Tragstößen als Zwei-Ebenen-Stoß für C 35/45 bis C 55/67

In den Tabellen des Abschnittes 3.2.4 gilt:  $\frac{a_{s,erf}}{a_{s,vorh}} = 1,0$

$l_{s,min}$  (siehe 3.1.1) beachten!

Q - Matten	l* im Verbundbereich I										l* im Verbundbereich II									
	Tragstoß Längsrichtung					Tragstoß Querrichtung					Tragstoß Längsrichtung					Tragstoß Querrichtung				
	C35	C40	C45	C50	C55	C35	C40	C45	C50	C55	C35	C40	C45	C50	C55	C35	C40	C45	C50	C55
Q 188 A	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	28	26	24	22	22	28	26	24	22	22
Q 257 A	23	21	20	20	20	23	21	20	20	20	33	30	28	26	25	33	30	28	26	25
Q 335 A	26	24	22	21	20	26	24	22	21	20	37	34	32	30	29	37	34	32	30	29
Q 377 A	28	26	24	22	22	50	50	50	50	50	40	36	34	31	31	50	50	50	50	50
Q 513 A	34	31	29	27	26	50	50	50	50	50	48	44	41	38	37	50	50	50	50	50

R - Matten	l* im Verbundbereich I										l* im Verbundbereich II									
	Tragstoß Längsrichtung					Tragstoß Querrichtung					Tragstoß Längsrichtung					Tragstoß Querrichtung				
	C35	C40	C45	C50	C55	C35	C40	C45	C50	C55	C35	C40	C45	C50	C55	C35	C40	C45	C50	C55
R 188 A	25	25	25	25	25	20	20	20	20	20	28	26	25	25	25	28	26	24	22	22
R 257 A	25	25	25	25	25	20	20	20	20	20	33	30	28	26	25	28	26	24	22	22
R 335 A	26	25	25	25	25	20	20	20	20	20	37	34	32	30	29	28	26	24	22	22
R 377 A	28	26	25	25	25	20	20	20	20	20	40	36	34	31	31	28	26	24	22	22
R 513 A	34	31	29	27	26	20	20	20	20	20	48	44	41	38	37	28	26	24	22	22

### 3.2.4 Maschenregel für Zwei-Ebenen-Stoß (gilt für ungeschnittene Matten nach Lieferprogramm)

Q - Matten	Maschenanzahl im Verbundbereich I										Maschenanzahl im Verbundbereich II									
	Tragstoß Längsrichtung					Tragstoß Querrichtung					Tragstoß Längsrichtung					Tragstoß Querrichtung				
	C35	C40	C45	C50	C55	C35	C40	C45	C50	C55	C35	C40	C45	C50	C55	C35	C40	C45	C50	C55
Q 188 A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Q 257 A	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Q 335 A	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	3	2	2	2	2
Q 377 A	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	3	3	3	3	3
Q 513 A	2	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3

R - Matten	Maschenanzahl im Verbundbereich I										Maschenanzahl im Verbundbereich II									
	Tragstoß Längsrichtung					Verteilerstoß Querrichtung					Tragstoß Längsrichtung					Verteilerstoß Querrichtung				
	C35	C40	C45	C50	C55	C35	C40	C45	C50	C55	C35	C40	C45	C50	C55	C35	C40	C45	C50	C55
R 188 A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
R 257 A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
R 335 A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
R 377 A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
R 513 A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

### 3.2.4 c Übergreifungslängen l\* von Tragstoßen als Zwei-Ebenen-Stoß für C 60/75 bis C 100/115

In den Tabellen des Abschnittes 3.2.4 gilt:  $\frac{a_{s,erf}}{a_{s,vorh}} = 1,0$

l<sub>s,min</sub> (siehe 3.1.1) beachten!

Q - Matten	l* im Verbundbereich I										l* im Verbundbereich II									
	Tragstoß Längsrichtung					Tragstoß Querrichtung					Tragstoß Längsrichtung					Tragstoß Querrichtung				
	C60	C70	C80	C90	c100	C60	C70	C80	C90	c100	C60	C70	C80	C90	c100	C60	C70	C80	C90	c100
Q 188 A	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	21	21	20	20	20	21	21	20	20	20
Q 257 A	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	25	24	23	23	22	25	24	23	23	22
Q 335 A	20	20	20	20	21	20	20	20	20	20	28	27	27	26	26	28	27	27	26	26
Q 377 A	21	20	20	20	22	50	50	50	50	50	30	29	28	28	27	50	50	50	50	50
Q 513 A	26	25	24	23	23	50	50	50	50	50	36	35	34	33	33	50	50	50	50	50

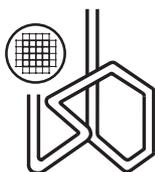
R - Matten	l* im Verbundbereich I										l* im Verbundbereich II									
	Tragstoß Längsrichtung					Tragstoß Querrichtung					Tragstoß Längsrichtung					Tragstoß Querrichtung				
	C60	C70	C80	C90	c100	C60	C70	C80	C90	c100	C60	C70	C80	C90	c100	C60	C70	C80	C90	c100
R 188 A	25	25	25	25	25	20	20	20	20	20	25	25	25	25	25	21	21	20	20	20
R 257 A	25	25	25	25	25	20	20	20	20	20	25	25	25	25	25	21	21	20	20	20
R 335 A	25	25	25	25	25	20	20	20	20	20	28	27	27	26	26	21	21	20	20	20
R 377 A	25	25	25	25	25	20	20	20	20	20	30	29	28	28	27	21	21	20	20	20
R 513 A	26	25	25	25	25	20	20	20	20	20	36	35	34	33	33	21	21	20	20	20

### 3.2.4 Maschenregel für Zwei-Ebenen-Stoß (gilt für ungeschnittene Matten nach Lieferprogramm)

Q - Matten	Maschenanzahl im Verbundbereich I										Maschenanzahl im Verbundbereich II									
	Tragstoß Längsrichtung					Tragstoß Querrichtung					Tragstoß Längsrichtung					Tragstoß Querrichtung				
	C60	C70	C80	C90	c100	C60	C70	C80	C90	c100	C60	C70	C80	C90	c100	C60	C70	C80	C90	c100
Q 188 A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q 257 A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1
Q 335 A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Q 377 A	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3
Q 513 A	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3

R - Matten	Maschenanzahl im Verbundbereich I										Maschenanzahl im Verbundbereich II									
	Tragstoß Längsrichtung					Verteilerstoß Querrichtung					Tragstoß Längsrichtung					Verteilerstoß Querrichtung				
	C60	C70	C80	C90	c100	C60	C70	C80	C90	c100	C60	C70	C80	C90	c100	C60	C70	C80	C90	c100
R 188 A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
R 257 A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
R 335 A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
R 377 A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
R 513 A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1





Arbeitsblatt 8  
Ausgabe 2002-01

# Bewehren von Stahlbetontragwerken nach DIN 1045-1:2001-07

## Bewehrungs- und Konstruktionsregeln

Herausgabe:  
Institut für Stahlbetonbewehrung e.V.

Herstellung:  
Ingenieurbüro Windels, Timm, Morgen (Hamburg)

### 1 Vorbemerkungen

Zur Sicherstellung der ausreichenden Zuverlässigkeit sind Stahlbetonbauteile in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit nachzuweisen und entsprechend den Anforderungen an die Dauerhaftigkeit auszubilden. Darüber hinaus sind bei der Ausbildung von Stahlbetonbauteilen diverse bauteilspezifische **Bewehrungs- und Konstruktionsregeln** zu beachten.

Im Abschnitt 2 dieses Arbeitsblattes sind die **allgemeinen Bewehrungsregeln** hinsichtlich **Grenzstabdurchmessern, lichten Mindeststababständen** und Regelungen über das **Biegen von Betonstählen** zusammengefasst. Weiterführende Regelungen zu Verbundbedingungen, Verankerungslängen und Bewehrungsstößen in Stahlbetonbauteilen sind dem ISB - Arbeitsblatt 7 zu entnehmen.

Die übrigen Abschnitte dieses Arbeitsblattes fassen die **bauteilspezifischen Konstruktionsregeln** für überwiegend auf Biegung beanspruchte Bauteile (Balken, Plattenbalken und Platten), Stützen, Wände und wandartige Träger und Fertigteile zusammen. Die Einhaltung der Konstruktionsregeln und der besonderen Bestimmungen des Abschnittes 8 dieses Arbeitsblattes sind u.a. zur Vermeidung von Bauteilversagen bei Erstrissbildung ohne Vorankündigung (Duktilitätskriterium), der Sicherstellung einer angemessenen Dauerhaftigkeit der Bauteile und zur Aufnahme von lokalen, rechnerisch nicht erfassten Querzugspannungen erforderlich.

Analog zur DIN 1045-1 werden in diesem Arbeitsblatt die Prinzipien (gerade Schreibweise) von den *Anwendungsregeln und Hinweisen (kursive Schreibweise)* unterschieden.

### 2 Allgemeine Bewehrungsrichtlinien (DIN 1045-1, 12)

#### 2.1 Grenzstabdurchmesser, $d_s$ , und lichte Mindestabstände, $a$ (horizontal und vertikal), zwischen parallelen Einzelstäben oder Lagen außerhalb von Stoßbereichen <sup>a)</sup>

	Betonstabstahl	Betonstahlmatten <sup>b)</sup>		Stabbündel <sup>c)</sup>
	Einzelstäbe  [mm]	Einzelstäbe in Längs- und in Querrichtung  [mm]	Doppelstäbe <u>nur</u> in Längsrichtung  [mm]	Gebündelte Einzelstäbe ( $n \leq 3$ )  [mm]
$d_s$	$\geq 6$ $\leq 40$ $\leq 32$ : nur wenn Bauteildicke $\geq 15d_s$ )	$\geq 5$ $\leq 12$		$\leq 28$ (Normalbeton) $\leq 20$ (Leichtbeton)
$d_{sv} = d_s \sqrt{n}$		-		$\leq 36$ (bei überwiegender Zugbeanspruchung) $\leq 28$ ( $\geq C70/85$ )
$a$	$\geq 20$ $\geq d_s$ ( $d_{sv}$ )	bzw. $d_g + 5$ mm (für $d_g \geq 16$ mm)		

<sup>a)</sup> Für lichte Mindeststababstände in Stoßbereichen siehe ISB - Arbeitsblatt 7.

<sup>b)</sup> Im allgemeinen sind Doppelstäbe in Betonstahlmatten wie Stabbündel zu behandeln. Bei der Begrenzung der Rissbreite ohne direkte Berechnung sind die Regelungen der DIN 1045-1, 11.2.3 (8) zu beachten.

<sup>c)</sup> In Leichtbeton sollten Stabbündel nur auf der Grundlage von Erfahrungen oder Versuchsergebnissen verwendet werden.

**INSTITUT FÜR STAHLBETONBEWEHRUNG e.V.**

<b>2.2 Biegen von Betonstäben (DIN 1045-1, 12.3)</b>
<b>2.2.1 Allgemeine Hinweise / Abgrenzungskriterien</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Betonstäbe aller Lieferformen sind für das <b>Biegen</b> geeignet.</li> <li>• Das Biegen des Bewehrungsstahls muss mit dafür geeigneten Vorrichtungen erfolgen. Der Stahl sollte beim <b>Kaltbiegen</b> eine Temperatur von mindestens 0°C haben (–5°C bei angemessen reduzierter Biegegeschwindigkeit).</li> <li>• Das <b>Warmbiegen</b> (Temperatur <math>\geq 500^\circ\text{C}</math> oder Rotglut) darf nur unter kontrollierter Erwärmung (Temperaturmessung), nicht mit dem Schneidbrenner und ohne örtliches Aufschmelzen stattfinden. Abkühlen stets in ruhiger Luft, kein Abschrecken mit Wasser.</li> <li>• Das <b>Hin- und Zurückbiegen</b> stellt für den Betonstahl eine zusätzliche Beanspruchung dar. Da exakte Rückbiegebedingungen meist nicht eingehalten werden, treten starke Kaltverformungen, evtl. sogar Anrisse am Rippenfuß auf. Knickstellen oder gar mechanische Verletzungen sind in jedem Fall zu vermeiden.</li> <li>• Die Begrenzung des Biegerollendurchmessers ist erforderlich, um Betonabplatzungen oder Zerstörungen des Betongefüges im Bereich der Biegung und Risse im Stab infolge des Biegens auszuschließen.</li> </ul>

<b>2.2.2 Mindestwerte der Biegerollendurchmesser bei einmaligem Biegen (DIN 1045-1, Tabelle 23)</b>					
	Haken, Winkelhaken, Schlaufen [d <sub>br1</sub> ]		Schrägstäbe oder andere gebogene Stäbe [d <sub>br2</sub> ]		
	Stabdurchmesser d <sub>s</sub>		Mindestwerte der Betondeckung rechtwinklig zur Biegeebene		
	< 20 mm	$\geq 20$ mm	> 100 mm > 7 d <sub>s</sub>	> 50 mm > 3 d <sub>s</sub>	$\leq 50$ mm $\leq 3$ d <sub>s</sub>
Normalbeton	4 d <sub>s</sub>	7 d <sub>s</sub>	10 d <sub>s</sub>	15 d <sub>s</sub>	20 d <sub>s</sub>
Leichtbeton	5 d <sub>s</sub>	9 d <sub>s</sub>	13 d <sub>s</sub>	20 d <sub>s</sub>	26 d <sub>s</sub>

<b>2.2.3 Mindestwerte der Biegerollendurchmesser d<sub>br</sub> für nach dem Schweißen gebogene Bewehrung bei einmaligem Biegen (DIN 1045-1, Tabelle 24)</b>				
	Vorwiegend ruhende Einwirkungen		Nicht vorwiegend ruhende Einwirkungen	
	Schweißung außerhalb des Biegebereiches	Schweißung innerhalb des Biegebereiches	Schweißung auf der Außenseite der Biegung	Schweißung auf der Innenseite der Biegung
für a < 4 d <sub>s</sub>	20 d <sub>s</sub>		100 d <sub>s</sub>	500 d <sub>s</sub>
für a $\geq 4$ d <sub>s</sub>	Werte nach Tabelle 2.2.2	20 d <sub>s</sub>	100 d <sub>s</sub>	500 d <sub>s</sub>

<b>2.2.4 Hin- und Zurückbiegen von Betonstabstählen und Betonstahlmatten a)</b>				
Bedingungen / Parameter		Kaltbiegen		Warmbiegen
		Hin- und Zurückbiegen	Mehrfachbiegen an derselben Stelle	Hin- und Zurückbiegen
Vorwiegend ruhende Einwirkungen	d <sub>s</sub>	$\leq 14$ mm	<b>Nicht zulässig!</b>	-
	d <sub>br</sub>	$\geq 6$ d <sub>s</sub>		-
	f <sub>yd</sub>	$\leq 0,8$ f <sub>yk</sub> /γ <sub>s</sub> b)		$\leq 220$ N/mm <sup>2</sup>
	V <sub>Ed</sub>	$\leq 0,6$ V <sub>Rd, max</sub>		-
Nicht vorwiegend ruhende Einwirkungen	d <sub>s</sub>	$\leq 14$ mm		-
	d <sub>br</sub>	$\geq 15$ d <sub>s</sub>		-
	f <sub>yd</sub>	$\leq 0,8$ f <sub>yk</sub> /γ <sub>s</sub> b)		$\leq 220$ N/mm <sup>2</sup>
	Δσ <sub>R</sub>	$\leq 50$ N/mm <sup>2</sup>		$\leq 50$ N/mm <sup>2</sup>
	V <sub>Ed</sub>	$\leq 0,6$ V <sub>Rd, max</sub>	-	

a) Einzelheiten zur technischen Ausführung sind z.B. im DBV-Merkblatt „Rückbiegen von Betonstahl und Anforderungen an Verwahrkästen“ enthalten.

b) Gültig bei linear-elastischer Berechnung der Schnittgrößen nach DIN 1045-1, 8.2 und 8.3. Bei nicht-linearen Verfahren der Schnittgrößenermittlung gilt f<sub>yd</sub>  $\leq 0,8$  f<sub>yR</sub>/γ<sub>R</sub> gemäß DIN 1045-1, 8.5.1.

### 3 Konstruktionsregeln für Balken und Plattenbalken (DIN 1045-1, 13.2)

#### 3.1 Allgemeine Hinweise / Abgrenzungskriterien

- Breite Balken mit Rechteckquerschnitten  $b > 4h$  dürfen wie Vollplatten behandelt werden (DIN 1045-1, 13.3).
- Bei indirekter Lagerung ist stets eine Aufhängebewehrung anzuordnen (siehe DIN 1045-1, 13.11).
- Die konstruktiven Regeln gewährleisten eine bauliche Durchbildung, bei der rechnerisch nicht erfasste Einspannungen an den Endauflagern berücksichtigt werden.

#### 3.2 Bewehrung in Balken und Plattenbalken / Mindest- und Höchstwerte

	Konstruktive Regeln	Mindestwert	Höchstwert
Längs- / Biegezugbewehrung	siehe Abschnitt 3.3	$A_{sl} \geq f_{ctm} W_c / (f_{yk} z)^a$	$A_{sl} \leq 0,08 A_c^b$
Querkraftbewehrung	siehe Abschnitt 3.4	$A_{sw} \geq \rho s_w b_w \sin \alpha^c$	-
Torsionsbewehrung	siehe Abschnitt 3.5		-
Oberflächenbewehrung	siehe Abschnitt 3.6	1,88 cm <sup>2</sup> /m	-

a)  $W_c$  = Widerstandsmoment des ungerissenen Querschnitts

b) Maßgebend auch im Querschnittsbereich mit Übergreifungsstößen

c) Für hochbewehrte Balken siehe DIN 1045-1, 13.1.1 (5)

#### 3.2.1 Grundwerte für die Ermittlung der Mindestbewehrung

$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100
$\rho$ [‰] <sup>a)</sup>	0,51	0,61	0,70	0,83	0,93	1,02	1,12	1,21	1,31	1,34	1,41	1,47	1,54	1,60	1,66

a) Diese Werte ergeben sich aus  $\rho = 0,16 f_{ctm}/f_{yk}$ . Bei Leichtbeton sind die Werte mit  $\eta_1$  nach DIN 1045-1, Tabelle 10, zu multiplizieren.

#### 3.3 Längs- / Biegezugbewehrung

- Die untere Mindestbewehrung im Feld ist zwischen den Endauflagern durchzuführen. Über Innenauflagern ist die obere Mindestbewehrung in beiden anschließenden Feldern über eine Länge von mindestens einem Viertel der Stützweite einzulegen. Bei Kragarmen muss die Mindestbewehrung über die gesamte Kragarmlänge durchlaufen. Die Mindestbewehrung ist gleichmäßig über die Breite sowie anteilmäßig über die Höhe der Zugzone zu verteilen.
- Die Zugkraftdeckung ist in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit und der Tragfähigkeit nachzuweisen. Bei Ermittlung der Schnittgrößen mit linear-elastischen Verfahren, mit und ohne Umlagerung der Momente, kann auf den Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit verzichtet werden.
- Bei Annahme frei drehbarer Lagerung muss die Bemessung der Querschnitte am Endauflager für ein Stützmoment  $M_s \geq 0,25 M_r$  erfolgen. Die Bewehrung muss, vom Auflagerstand gemessen, mindestens über die 0,25-fache Länge des Endfeldes eingelegt werden.

#### 3.3.1 Anordnung der Längsbewehrung entlang der Bauteilachse (Zugkraftdeckungslinie)

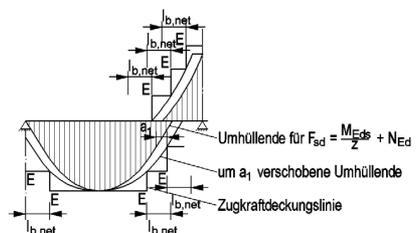
- Die abzudeckende Zugkraftlinie darf durch eine Verschiebung der für Biegung und Normalkraft ermittelten  $F_{sd}$ -Linie um das Versatzmaß  $a_1$  bestimmt werden:

$$a_1 = z/2 (\cot \theta - \cot \alpha) \geq 0$$

$\theta$  Winkel zwischen Betondruckstreben und Bauteilachse

$\alpha$  Winkel zwischen Querkraftbewehrung und Bauteilachse

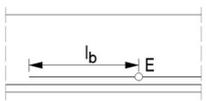
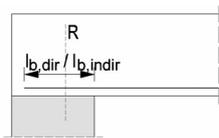
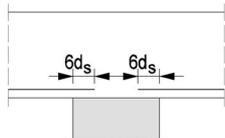
- Die Zugbewehrung darf bei Plattenbalken- und Hohlkastenquerschnitten in der Platte höchstens auf einer Breite entsprechend der halben mitwirkenden Plattenbreite nach DIN 1045-1, 7.3.1 angeordnet werden. Bei Anordnung der Zugbewehrung außerhalb des Steges erhöht sich  $a_1$  jeweils um den Abstand der einzelnen Stäbe vom Steganschnitt.



Zugkraftdeckungslinie

### 3.3.2 Verankerungslängen

- Die Verankerungslängen am End- und Innenaufleger gelten auch für die Mindestbewehrung. Stöße der Mindestbewehrung sind für die volle Zugkraft auszubilden.

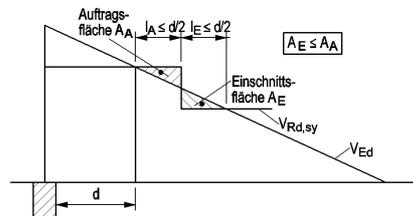
<p>Feld</p> 	$l_b \geq l_{b,net}$	$l_{b,net}$ nach DIN 1045-1, 12.6.2.
<p>Endauflager</p> 	$l_{b,dir} \geq 2/3 l_{b,net}$ $\geq 6 d_s$	Am Endauflager ist die Kraft $F_{sd} = V_{Ed} a_l / z + N_{Ed} \geq V_{Ed}/2$ zu verankern, jedoch mindestens $1/4$ der max. Feldbewehrung. Die Bewehrung ist in allen Fällen über die rechnerische Auflagerlinie R zu führen.
<p>Zwischenaufleger</p> 	$l_b \geq 6 d_s$	Zusätzlich sollte die unten liegende Bewehrung so ausgeführt werden, dass sie positive Momente infolge außergewöhnlicher Beanspruchungen aufnehmen kann (Auflagersetzungen, Explosion usw.).

### 3.4 Querkraftbewehrung

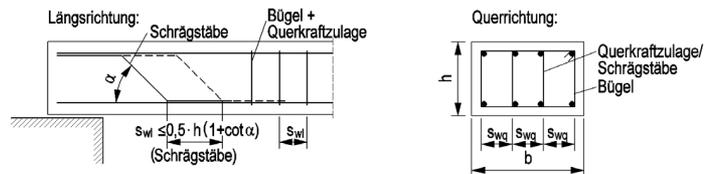
- Die Querkraftbewehrung sollte mit der Bauteilschwerachse einen Winkel von  $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$  bilden und darf aus einer Kombination von **Bügeln**, die die Längszugbewehrung und die Druckzone umfassen, **Schrägstäben** und **Querkraftzulagen**, als Körbe, Leitern usw., ohne Umschließung der Längsbewehrung (siehe DIN 1045-1, Bild 67), bestehen.
- Schrägstäbe und Querkraftzulagen dürfen als Querkraftbewehrung nur gleichzeitig mit Bügeln verwendet werden. Mindestens 50% der aufzunehmenden Querkraft müssen durch Bügel abgedeckt sein.

#### 3.4.1 Anordnung der Querkraftbewehrung entlang der Bauteilachse (Querkraftdeckungslinie)

- Die Querkraftbewehrung ist entlang der Bauteilachse so anzuordnen, daß an jeder Stelle die Bemessungskraft abgedeckt ist.
- Bei Tragwerken des üblichen Hochbaus darf die Querkraftdeckungslinie nach nebenstehendem Bild abgestuft abgedeckt werden.



#### 3.4.2 Größte Längs- und Querabstände von Bügelschenkeln, Querkraftzulagen und Schrägstäben



Querkraftausnutzung	Längsabstand <sup>a)</sup> [mm]		Querabstand [mm]	
	≤ C 50/60 ≤ LC 50/55	> C 50/60 > LC 50/55	≤ C 50/60 ≤ LC 50/55	> C 50/60 > LC 50/55
$V_{Ed} \leq 0,30 V_{Rd,max}$	0,7 h bzw. 300	0,7 h bzw. 200	h bzw. 800	h bzw. 600
$0,30 V_{Rd,max} < V_{Ed} \leq 0,60 V_{Rd,max}$	0,5 h bzw. 300	0,5 h bzw. 200	h bzw. 600	h bzw. 400
$V_{Ed} > 0,60 V_{Rd,max}$	0,25 h bzw. 200			

<sup>a)</sup>  $V_{Ed}$  und  $V_{Rd,max}$  nach DIN 1045-1, 10.3.2 und 10.3.4. Näherungsweise darf  $V_{Rd,max}$  mit  $\theta = 40^\circ$  ermittelt werden.

### 3.5 Torsionsbewehrung

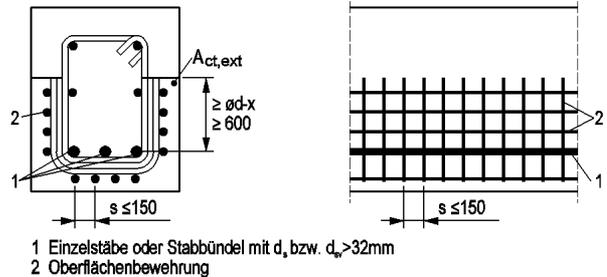
- Als Torsionsbewehrung ist ein rechtwinkliges Bewehrungsnetz aus Bügeln und Längsstäben vorzusehen. Bügel sind in Balken und in Stegen von Plattenbalken nach DIN 1045-1, Bilder 56g) und h) zu schließen. Die Längsstäbe sind im allgemeinen gleichmäßig über den Umfang innerhalb der Bügel zu verteilen.

#### 3.5.1 Obere Grenzwerte der Bügel- ( $s_w$ ) und Längstababstände ( $s_l$ )

$s_w$	$\leq$ Werte Tabelle 3.4.2 $\leq u_k/8$	$s_l \leq 35$ cm	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rechteckig (allgemein) und für polygonal umrandete Querschnitte gilt zudem mindestens 1 Längsstab je Ecke.</li> </ul>
-------	--	------------------	--

### 3.6 Oberflächenbewehrung bei großen Stabdurchmessern ( $d_s$ bzw. $d_{sv} \geq 32$ mm)

- Zur Vermeidung von Betonabplatzungen und zur Begrenzung der Rissbreiten ist bei Bauteilen mit Stabdurchmessern  $d_s$  bzw.  $d_{sv} \geq 32$  mm eine Oberflächenbewehrung erforderlich.
- Die Oberflächenbewehrung ist als Netzbewehrung aus Betonstahlmatten oder Stäben mit  $d_s \leq 10$  mm und außerhalb der Bügel liegend anzuordnen (siehe nebenstehendes Bild).
- Mindestbetondeckung siehe DIN 1045-1, 6.3.



- Die Netzbewehrung ist auf die statisch erforderliche Bewehrung anrechenbar, wenn die Regelungen für die Anordnung und Verankerung dieser Bewehrung erfüllt sind.

## 4 Konstruktionsregeln für Vollplatten aus Ortbeton (DIN 1045-1, 13.3)

### 4.1 Allgemeine Hinweise / Abgrenzungskriterien

- Bei indirekter Lagerung ist stets eine Aufhängebewehrung anzuordnen (siehe DIN 1045-1, 13.11).
- Die konstruktiven Regeln berücksichtigen rechnerisch nicht erfasste Einspannungen an den Endauflagern.

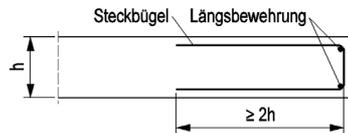
#### 4.1.1 Mindestdicken für Vollplatten aus Ortbeton

ohne Querkraftbewehrung	mit Querkraftbewehrung (aufgebogenen)	mit (Bügeln) oder Durchstanzbewehrung
$\geq 70$ mm	$\geq 160$ mm	$\geq 200$ mm

4.2 Bewehrung in Platten / Mindest- und Höchstwerte					
		Konstruktive Regeln	Mindestwert	Höchstwert	
Längs-(Haupt-)bewehrung		siehe Abschnitt 4.3	$A_{sl}$	$\geq f_{ctm} W_c / (f_{yk} z)$	$A_{sl} \leq 0,08 A_c$
Querbewehrung			$A_{sq}$	$\geq 0,2$ erf. $A_{sl}$ <sup>a)</sup>	-
Querkraftbewehrung	$V_{Ed} \leq V_{Rd,ct}$ und $b/h > 5$	keine Querkraftbewehrung erforderlich!			
	$V_{Ed} \leq V_{Rd,ct}$ und $5 \geq b/h \geq 4$	siehe Abschnitt 4.4	$A_{sw}$	$\geq 0$ $\leq \rho s_w b_w \sin \alpha$ <sup>b)</sup>	-
	$V_{Ed} > V_{Rd,ct}$ und $5 \geq b/h \geq 4$		$A_{sw}$	$\geq 0,6 \rho s_w b_w \sin \alpha$ $\leq \rho s_w b_w \sin \alpha$ <sup>b)</sup>	-
Drillbewehrung		siehe Abschnitt 4.5	-		
Durchstanzbewehrung	$V_{Ed} \leq V_{Rd,ct}$	keine Durchstanzbewehrung erforderlich!			
	$V_{Ed} > V_{Rd,ct}$	siehe Abschnitt 4.6	-		

a) In zweiachsig gespannten Platten darf die Bewehrung in der minderbeanspruchten Richtung nicht weniger als 20% der statisch erforderlichen Bewehrung in der höher beanspruchten Richtung betragen.  
b) Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.

4.3 Längs- und Querbewehrung
<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Prinzipien und Anwendungsregeln des Abschnittes 3.3 gelten sinngemäß für ein- und zweiachsig gespannte und punktförmig gestützte Platten, sofern nicht im folgenden Abweichungen festgelegt sind.</li> <li>Entlang eines freien (ungestützten) Randes ist eine Längs- und Querbewehrung anzuordnen (siehe nebenstehendes Bild). Bei Fundamenten und innenliegenden Bauteilen des üblichen Hochbaus kann diese Bewehrung entfallen.</li> </ul>



4.3.1 Anordnung der Längsbewehrung entlang der Bauteilachse (Zugkraftdeckungslinie)
<ul style="list-style-type: none"> <li>Das Versatzmaß bei Platten ohne Querkraftbewehrung beträgt stets <math>a_1 = 1,0 d</math>.</li> </ul>

4.3.2 Verankerungslängen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Am Endauflager ist mindestens 50% der maximalen Feldbewehrung zu verankern.</li> <li>Bei punktförmig gestützten Platten ist im Bereich von Innen- und Randstützen ein Teil der Feldbewehrung hinwegzuführen bzw. zu verankern. Die erforderliche Querschnittsfläche der Bewehrung beträgt <math>A_s = V_{Ed}/f_{yk}</math>.</li> </ul>

4.3.3 Größte Stababstände der Längs- und Querbewehrung		
Plattendicke	Längsbewehrung $s_{l,max}$ [mm] <sup>a)</sup>	Querbewehrung $s_{q,max}$ [mm]
$h \geq 250$ mm	250	250
$h \leq 150$ mm	150	

a) Zwischenwerte sind linear zu interpolieren.

#### 4.4 Querkraftbewehrung

- Die Prinzipien und Anwendungsregeln des Abschnittes 3.4 gelten sinngemäß für ein- und zweiachsig gespannte und punktförmig gestützte Platten, sofern nicht im folgenden Abweichungen festgelegt sind.
- In Platten mit  $V_{Ed} < 0,3 V_{Rd,max}$  dürfen Schrägstäbe und Querkraftzulagen ohne Bügel verwendet werden.

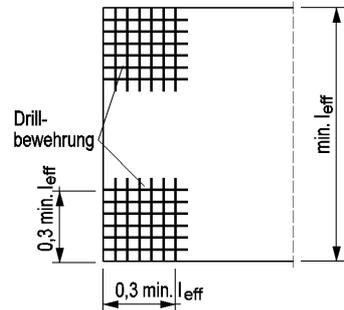
##### 4.4.1 Größte Längs- und Querabstände von Bügelschenkeln, Querkraftzulagen und Schrägstäben

Querkraftausnutzung	Längsabstand $s_{wl,max}$ [mm] <sup>a)</sup>	Querabstand $s_{wq,max}$ [mm]
$V_{Ed} \leq 0,30 V_{Rd,max}$	0,7 h	h
$0,30 V_{Rd,max} < V_{Ed} \leq 0,60 V_{Rd,max}$	0,5 h	
$V_{Ed} > 0,60 V_{Rd,max}$	0,25 h	

a) Der Längsabstand für Schrägstäbe darf h nicht überschreiten.

#### 4.5 Drillbewehrung

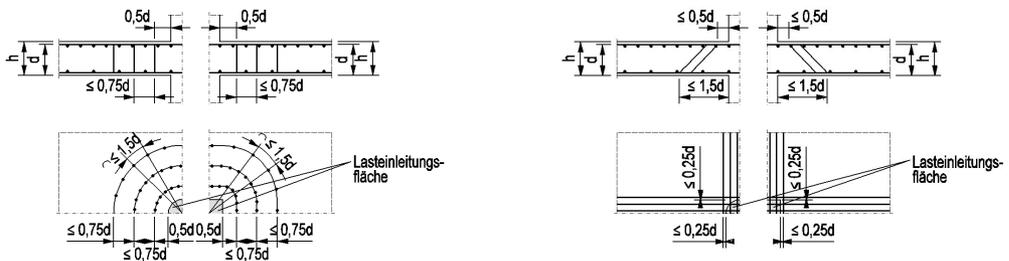
- Werden die Schnittgrößen in einer Platte unter Ansatz der Drillsteifigkeit ermittelt, so ist die Bewehrung in den Plattenecken unter Berücksichtigung des Drillmoments zu bemessen.
- Die Drillbewehrung darf durch eine parallel zu den Seiten verlaufende obere und untere Netzbewehrung in den Plattenecken ersetzt werden, die in jeder Richtung die gleiche Querschnittsfläche wie die Feldbewehrung und mindestens eine Länge von  $0,3 \min l_{eff}$  hat (siehe nebenstehendes Bild).
- In Plattenecken in denen ein frei aufliegender und ein eingespannter Rand zusammenstoßen, sollte 50 % der vorgeannten Netzbewehrung rechtwinklig zum freien Rand eingelegt werden.
- In Plattenecken von vierseitig gelagerten Platten, deren Schnittgrößen als einachsig gespannt oder unter Vernachlässigung der Drillsteifigkeit ermittelt wurden, sollte 100 % der vorgeannten Netzbewehrung eingelegt werden.
- In Platten mit Randbalken oder benachbarten, biegefest verbundenen Deckenfeldern brauchen die zugehörigen Drillmomente nicht nachgewiesen und keine Drillbewehrung angeordnet werden.



Rechtwinklige Eckbewehrung auf der Ober- und Unterseite von Platten

#### 4.6 Durchstanzbewehrung

- Die Regelungen zur Anordnung einer Durchstanzbewehrung mit vertikalen Bügelschenkeln und Schrägstäben ist dem nachfolgenden Bild zu entnehmen.



Durchstanzbewehrung mit vertikalen Bügelschenkeln

Durchstanzbewehrung mit Schrägstäben

- Die Stabdurchmesser einer Durchstanzbewehrung sind nach DIN 1045-1, Gleichung 154, auf die vorhandene mittlere statische Nutzhöhe  $d$  der Platte abzustimmen mit:  $d_s \leq 0,05 d$ .
- Ist bei Bügeln als Durchstanzbewehrung rechnerisch nur eine Bewehrungsreihe erforderlich, so ist stets eine zweite Reihe mit der Mindestbewehrung nach DIN 1045-1, Gleichung 114, vorzusehen. Dabei ist  $s_w = 0,75 d$  anzunehmen.

## 5 Konstruktionsregeln für Stützen (DIN 1045-1, 13.5)

### 5.1 Allgemeine Hinweise / Abgrenzungskriterien

- Eine Unterscheidung zwischen Stützen und Wänden anhand von Mindestabmessungen wird in der DIN 1045-1 nicht getroffen. Als Abgrenzungskriterium empfiehlt sich jedoch die Regelung aus der DIN-1045 (07.88), wonach stabförmige Druckglieder mit  $b \leq 5 h$  als Stützen gelten und  $b \geq h$  ist.

#### 5.1.1 Mindestabmessungen für Stützen mit Vollquerschnitt

Stehend betonierte Ortbetonstützen	$h \geq 200 \text{ mm}$
Liegend betonierte Fertigteilstützen	$h \geq 120 \text{ mm}$

### 5.2 Bewehrung in Stützen / Mindest- und Höchstwerte

	Konstruktive Regeln	Mindestwert	Höchstwert
Längsbewehrung	siehe Abschnitt 5.3	$A_{sl} \geq 0,15  N_{Ed}  / f_{yd}$	$A_{sl} \leq 0,09 A_c$ <sup>a)</sup>
Querbewehrung		-	-

a) Maßgebend auch im Querschnittsbereich von Übergreifungsstößen.

### 5.3 Längs- und Querbewehrung

- Die Längsbewehrung in Stützen muss durch Querbewehrung umschlossen werden. Die Querbewehrung ist ausreichend zu verankern. Für Bügel gilt DIN 1045-1, Bild 56e.

#### 5.3.1 Grenzstabdurchmesser

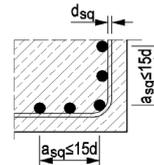
	Längsbewehrung	Querbewehrung (Bügel, Schlaufen oder Wendel)
	$\min d_{sl} \geq 12 \text{ mm}$	$\min d_{sq}^{\text{a)}$

a) Bei Verwendung von Betonstahlmatten als Bügelbewehrung muss  $d_{sq} \geq 5 \text{ mm}$  und bei Verwendung von Stabbündeln ( $d_{sv} \geq 28 \text{ mm}$ ) als Druckbewehrung muss  $d_{sq} \geq 12 \text{ mm}$  betragen.

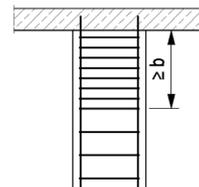
#### 5.3.2 Mindeststababstände

Stützenquerschnitte	Längsbewehrung	Querbewehrung (Bügel, Schlaufen oder Wendel)
rechteckig (allgemein) / polygonal	$s \leq 300 \text{ mm}$ und mind. 1 Stab je Ecke	$\leq 12 \min d_{sl}$
rechteckig ( $b \leq 400 \text{ mm}$ )	mind. 1 Stab je Ecke	$s_w \leq h_{\min}$
kreisförmig	$s \leq 300 \text{ mm}$ und mind. 6 Stäbe	$\leq 300 \text{ mm}$

- Je Ecke dürfen bis zu 5 Stäbe durch einen Bügel gegen Knicken gesichert werden (siehe nebenstehendes Bild). Weitere Längsstäbe und solche, deren Abstand vom Eckbereich  $\geq 15 d_{sq}$  überschreitet, sind durch eine zusätzliche Querbewehrung zu sichern, die höchstens im doppelten Abstand von  $s_w$  des Regelbereichs angeordnet sein darf.



- Unmittelbar über und unter Balken oder Platten auf einer Höhe gleich der größeren Stützenabmessung und bei Übergreifungsstößen der Längsstäbe mit  $d_{sl} > 14 \text{ mm}$  ist  $s_w$  mit dem Faktor 0,6 zu vermindern (siehe nebenstehendes Bild).



## 6 Konstruktionsregeln für tragende Stahlbetonwände, unbewehrte Wände, wandartige Träger und Sandwichtafeln (DIN 1045-1, 13.6 und 13.7)

### 6.1 Allgemeine Hinweise / Abgrenzungskriterien

- Die Konstruktionsregeln gelten für **tragende Stahlbetonwände**, bei denen die Bewehrung im Grenzzustand der Tragfähigkeit berücksichtigt wird. *Eine Unterscheidung zwischen Stützen und Wänden anhand von Mindestabmessungen wird in der DIN 1045-1 nicht getroffen. Als Abgrenzungskriterium empfiehlt sich jedoch die Regelung aus der DIN-1045 (07.88), wonach Druckglieder mit  $b > 5 h$  als Wände gelten und  $b \geq h$  ist.* Für Wände mit überwiegender Biegung senkrecht zu ihrer Ebene gelten die Regeln für Platten (DIN 1045-1, 13.3).
- Für **Halbfertigteile** gelten die allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen.
- Bei der Bemessung von **Sandwichtafeln** müssen die Einflüsse von Temperatur, Feuchtigkeit, Austrocknen und Schwinden in ihrem zeitlichen Verlauf berücksichtigt werden. In Sandwichtafeln sind ausschließlich bauaufsichtlich zugelassene, korrosionsbeständige Werkstoffe für die Verbindung der einzelnen Schichten zu verwenden.
- Unbewehrte Wände sind nach DIN 1045-1, 10.2 (2) zu bemessen. Aussparungen, Schlitzte, Durchbrüche und Hohlräume sind bei der Bemessung der Wände zu berücksichtigen, mit Ausnahme von lotrechten Schlitzten sowie lotrechten Aussparungen und Schlitzten von Wandanschlüssen, die Regelungen für Einstemmen genügen (siehe DIN 1045-1, 13.7.4 (3)).

#### 6.1.1 Mindestwanddicken [in Zentimeter] (DIN 1045-1, Tabelle 32)

Festigkeitsklasse des Betons	Herstellung	Unbewehrter Beton		Stahlbeton	
		Decken über Wänden		Decken über Wänden	
		Nicht durchlaufend	Durchlaufend	Nicht durchlaufend	Durchlaufend
C12/15 oder LC 12/13	Ortbeton	20	14	-	-
ab C 16/20 oder LC 16/18	Ortbeton	14	12	12	10
	Fertigteile <sup>a)</sup>	12	10	10	8

a) Mindestdicke für Trag- und Vorsatzschicht von Sandwichtafeln  $\geq 7$  cm.

### 6.2 Bewehrungen in Wänden, wandartigen Trägern und Sandwichtafeln /Mindest- und Höchstwerte

		Wände		Wandartige Träger	Sandwichtafeln (tragende Schicht) <sup>b)</sup>	
		Allgemein	$ N_{Ed}  \geq 0,3 f_{cd} A_c$ bzw. schlanke Wände nach DIN 1045-1, 8.6.3			
Lotrechte Bewehrung	(siehe 6.3)	Mindestwerte <sup>a)</sup>	$0,0015 A_c$	$0,003 A_c$	$1,5 \text{ cm}^2/\text{m}$ bzw. $0,00075 A_c$	$\geq 1,3 \text{ cm}^2/\text{m}$
		Höchstwerte <sup>a)</sup>	$0,04 A_c$		-	-
Horizontale Bewehrung <sup>2)</sup>		Mindestwerte <sup>a)</sup>	$0,2 A_{sl, \min}$	$0,5 A_{sl, \min}$	$1,5 \text{ cm}^2/\text{m}$ bzw. $0,00075 A_c$	$\geq 1,3 \text{ cm}^2/\text{m}$
Querbewehrung (siehe 6.4)		$A_{sl} \leq 0,02 A_c$	Verbindung der außenliegenden Bewehrungsstäbe, z.B. durch S-Hacken		-	-
		$A_{sl} > 0,02 A_c$	Bügel nach DIN 1045-1, 13.5.3		-	-
Randbewehrung		$A_{sl} < 0,003 A_c$	-		Im allgemeinen nicht erforderlich	
		$A_{sl} \geq 0,003 A_c$	an freien Rändern Sicherung der Eckstäbe durch Steckbügel.			

a) Querschnittsflächen der Bewehrungen je Wandseite.

b) In der Vorsatzschicht einer Sandwichtafel darf die Bewehrung einlagig angeordnet werden.

### 6.3 Lotrechte und horizontale Bewehrung

- Die waagerechte, parallel zu den Wandaußenseiten und zu den freien Kanten verlaufende Bewehrung sollten außenliegend vorgesehen werden.

6.3.1 Grenzstabdurchmesser		
	Lotrechte Bewehrung	Horizontale Bewehrung
Allgemein	-	min $d_{sq}$ $\geq 0,25$ max $d_{sl}$

6.3.2 Mindeststababstände		
	Lotrechte Bewehrung	Horizontale Bewehrung
Wände bis C70/85	-	$\leq 350$ mm
Wände ab C70/85	$\leq 2 h$ bzw. $\leq 300$ mm	
Wandartige Träger	$\leq 2 h$ bzw. $\leq 300$ mm	

6.4 Querbewehrung
<ul style="list-style-type: none"> <li>Die außenliegenden Bewehrungsstäbe beider Wandseiten sind je <math>m^2</math> Wandfläche an mindestens vier versetzt angeordneten Stellen zu verbinden, z.B. durch S-Haken.</li> <li>Bei dicken Wänden müssen die außenliegenden Bewehrungsstäbe an mindestens vier versetzt angeordneten Stellen je <math>m^2</math> Wandfläche im inneren der Wand verankert werden, wobei die freien Bügelenden die Verankerungslänge <math>0,5 l_b</math> (<math>l_b</math> nach DIN 1045-1, 12.6.2) haben müssen.</li> <li>S-Haken dürfen bei Tragstäben mit <math>d_s \leq 16</math> mm entfallen, wenn deren Betondeckung mindestens <math>2 d_s</math> beträgt; in diesem Fall und stets bei Betonstahlmatten dürfen die druckbeanspruchten Stäbe außen liegen.</li> </ul>

## 7 Konstruktionsregeln für vorgefertigte Bauteile

### 7.1 Allgemeine Hinweise / Abgrenzungskriterien

- Für allgemeine Konstruktionsregeln zu Fertigteilstützen siehe Abschnitt 5 dieses Arbeitsblatts.
- Für allgemeine Konstruktionsregeln zu Fertigteilwänden siehe Abschnitt 6 dieses Arbeitsblatts.

### 7.2 Vorgefertigte Deckensysteme (DIN 1045-1, 13.4)

- Für vorgefertigte Deckenplatten gelten die Regelungen der DIN 1045-1, 13.3 (siehe Abschnitt 4 dieses Arbeitsblatts) sofern im folgenden nicht abweichend festgelegt. Ziegeldecken sind in DIN 1045-100 geregelt.

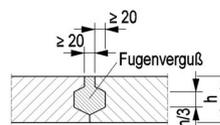
#### 7.2.1 Querverteilung der Lasten

- Die Querverteilung der Lasten zwischen nebeneinander liegenden Deckenelementen muss durch geeignete Verbindungen zur Querkraftübertragung gesichert sein, z.B.:

- ausbetonierte Fugen mit oder ohne Querbewehrung
- Schweiß- oder Bolzenverbindungen
- bewehrter Aufbeton

- Die Querverteilung von Punkt- oder Linienlasten ist durch Berechnung oder Versuche nachzuweisen.

- In Fertigteilplatten mit einer Breite  $b \leq 1,20$  m darf die Querbewehrung nach DIN 1045-1, 13.3.2 (2) entfallen.



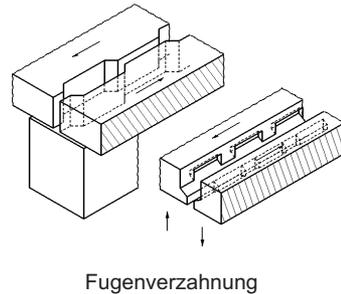
a) verzahnte Vergußfuge

b) verschweißte Fuge

Deckenverbindungen zur Querkraftübertragung

## 7.2.2 Scheibenwirkung

- Eine aus Fertigteilen zusammengesetzte Decke gilt als tragfähige Scheibe, wenn sie im endgültigen Zustand eine zusammenhängende, ebene Fläche bildet, die Einzelteile der Decke in Fugen druckfest miteinander verbunden sind und wenn in der Scheibenebene wirkende Beanspruchung (z.B. aus Stützenschiefstellung und Windeinwirkung) durch Bogen oder Fachwerkwirkung zusammen mit den dafür bewehrten Randgliedern (Ringankern, siehe DIN 1045-1, 13.12.2) und Zugankern aufgenommen werden können.
- Die zur Fachwerkwirkung erforderlichen Zuganker müssen durch Bewehrungen gebildet werden, die in den Fugen zwischen den Fertigteilen oder gegebenenfalls in der Ortbetonerfüllung verlegt und in den Randgliedern nach DIN 1045-1, 12.6 verankert und nach 12.8 gestoßen werden. Die Bewehrung der Randglieder und Zuganker ist rechnerisch nachzuweisen.
- Fugen, die von Druckstreben des Ersatztragwerks (Bogen oder Fachwerk) gekreuzt werden, müssen nach DIN 1045-1, 10.3.6 nachgewiesen werden. Wird aufgrund der Bemessung eine Verzahnung in Scheibenebene erforderlich, so kann diese nach nebenstehendem Bild ausgeführt werden.

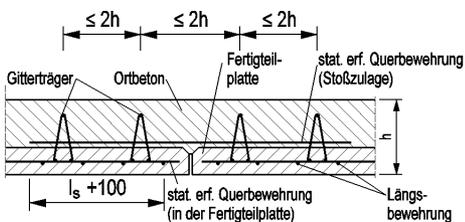


## 7.3 Nachträglich mit Ortbeton ergänzte Deckenplatten

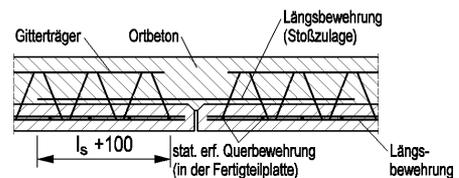
- Für nachträglich mit Ortbeton ergänzte Deckenplatten gelten die Regelungen des Abschnittes 4. Werden die Fertigteile als Verbundbauteile nach DIN 1045-1, 10.3.6, hergestellt, muss die Ortbetonschicht mindestens eine Dicke von 50 mm aufweisen. Die Querbewehrung darf entweder in den Fertigteilen oder im Beton liegen. Bei einer Querbewehrung im Ortbeton ist DIN 1045-1, 8.2 (6) zu beachten.

### 7.3.1 Querverteilung der Lasten

- Bei zweiachsig gespannten Platten darf für die Beanspruchung rechtwinklig zur Fuge nur die Bewehrung berücksichtigt werden, die durchläuft oder entsprechend nachfolgendem Bild gestoßen ist. Voraussetzung hierfür ist, dass der Durchmesser der Bewehrungsstäbe  $d_s \leq 14$  mm, der Bewehrungsquerschnitt  $a_s \leq 10$  cm<sup>2</sup>/m und der Bemessungswert der Querkraft  $V_{Ed} \leq 0,5 V_{Rd,max}$  ist. Darüber hinaus ist der Stoß durch biegesteife Bewehrung (z.B. Gitterträger) im Abstand höchstens der zweifachen Deckendicke zu sichern. Der Betonstahlquerschnitt dieser Bewehrung im fugenseitigen Stoßbereich ist dabei für die Zugkraft der gestoßenen Längsbewehrung zu bemessen.



Stoß der Querbewehrung



Stoß der Längsbewehrung

## 7.3.2 Scheibenwirkung

- Entsprechend den Regelungen im Abschnitt 7.2.2.

### 7.3.3 Drillbewehrung

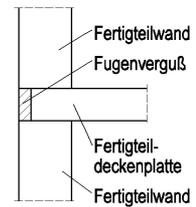
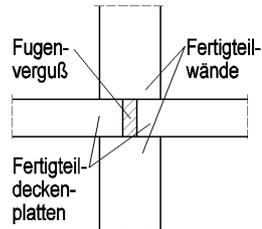
- Die günstige Wirkung der Drillsteifigkeit darf bei der Schnittgrößenermittlung nur berücksichtigt werden, wenn sich innerhalb des Drillbereichs von 0,3l ab der Ecke keine Stoßfuge der Fertigteilplatten befindet oder wenn die Verbundbewehrung im Abstand von höchstens 100 mm vom Fugenrand gesichert wird. Die Aufnahme der Drillmomente ist nachzuweisen.
- In Platten mit Randbalken oder benachbarten, biegefest verbundenen Deckenfeldern, brauchen die zugehörigen Drillmomente nicht nachgewiesen und keine Drillbewehrung angeordnet werden.
- Bei Endauflagern ohne Wandaufkast ist eine Verbund sicherungsbewehrung von mindestens 6 cm<sup>2</sup>/m entlang der Auflagerlinie anzuordnen. Diese sollte auf einer Breite von 0,75 m angeordnet werden.

## 7.4 Verbindung und Auflagerung von Fertigteilen (DIN 1045-1, 13.8)

- Verbindungen müssen so bemessen werden um allen Einwirkungen zu widerstehen, wobei die Annahmen zu berücksichtigen sind, die für die Schnittgrößenermittlung des Tragwerkes und für die Bemessung der einzelnen, zu verbindenden Bauteile getroffen wurden. Die Bemessung muss sicherstellen, dass die Verbindung zur Aufnahme der relativen Verschiebung so dimensioniert ist, dass der Tragwiderstand aktiviert und ein robustes Tragwerksverhalten sichergestellt ist.
- *Der Einfluss von Imperfektionen infolge der Bauausführung sollte berücksichtigt werden.*
- Die Verbindungen müssen weiterhin so bemessen werden, daß ein vorzeitiges Reißen oder Abplatzen des Betons an den Enden der Bauteile vermieden wird.
- *Verbindungen sollten unter Beachtung von Toleranzen, Anforderungen an die Montage, einfache Ausführ- und Überprüfbarkeit geplant werden.*

### 7.4.1 Wand-Decken-Verbindungen

- Wird eine Fertigteilwand auf einer Fuge zwischen zwei Deckenplatten oder auf einer Deckenplatte angeordnet, die vollständig mit einer Außenwand verbunden ist (siehe nebenstehendes Bild), und fehlen andere wirksame Maßnahmen, sind höchstens 50 % des lastabtragenden Querschnitts der Wand für die Bemessung als mitwirkend anzusetzen. Die Verbindung ist in geeigneter Weise auszubilden.
- 60 % des lastabtragenden Querschnitts dürfen in Rechnung gestellt werden wenn die Festlegungen nach DIN 1045-1, 13.7.2 (2) eingehalten werden.



a) Mittelaufleger                      b) Randaufleger  
Auflagerung von Deckenplatten auf Fertigteilwänden

### 7.4.2 Sonstige Regelungen

- Druckfugen siehe DIN 1045-1, 13.8.2
- Biegesteife und zugfeste Verbindungen siehe DIN 1045-1, 13.8.3
- Lagerungsbereiche DIN 1045-1, 13.8.4

## 8 Besondere Bestimmungen

### 8.1 Krafteinleitungsbereiche (DIN 1045-1, 13.9)

#### 8.1.1 Druckkräfte

- Wenn eine oder mehrere konzentrierte Kräfte in ein Bauteil eingeleitet werden, ist eine örtliche Zusatzbewehrung vorzusehen, welche die durch diese Kräfte hervorgerufenen Spaltzugkräfte aufnimmt.
- Diese Zusatzbewehrung darf aus Bügeln oder aus Bewehrungslagen in Form von sogenannten „Haarnadeln“ bestehen; bei ausgedehnten Wänden auch aus geraden Stäben mit ausreichender Länge.

#### 8.1.2 Zugkräfte

- Bei Zugkräften sind die Rückverankerungen aus Betonstahl mit der erforderlichen Verankerungslänge  $l_{b,net}$ , gegebenenfalls unter Beachtung von DIN 1045-1, 12.5 (6) nach 12.6.2 im lastabgewandten Querschnittsteil zu verankern oder nach DIN 1045-1, 12.8 zu stoßen.

### 8.2 Umlenkkräfte (DIN 1045-1, 13.10)

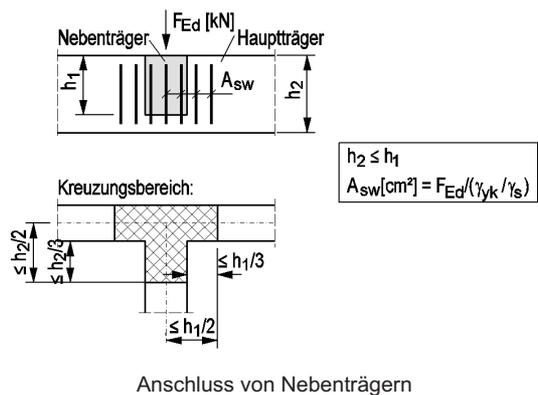
- In Bereichen mit Richtungsänderungen von inneren Zug- oder Druckkräften muss die Aufnahme der entstehenden Umlenkkräfte sichergestellt werden.
- Für die Bewehrungsführung in Rahmenecken wird auf DAfStb Heft 400, S. 118ff verwiesen.

### 8.3 Indirekte Auflagerungen (DIN 1045-1, 13.11)

- Bei indirekter Auflagerung eines Bauteils muss im Kreuzungsbereich der Bauteile eine Aufhängebewehrung vorgesehen werden, die die wechselseitigen Auflagerreaktionen vollständig aufnehmen kann.
- Die Aufhängebewehrung sollte vorzugsweise aus Bügeln bestehen, die die Hauptbewehrung des unterstützenden Bauteils umfassen.

Einige dieser Bügel dürfen außerhalb des unmittelbaren Kreuzungsbereichs beider Bauteile angeordnet werden (siehe nebenstehendes Bild), wenn eine über die Höhe verteilte Horizontalbewehrung angeordnet ist, deren Gesamtquerschnittsfläche dem Gesamtquerschnitt dieser Bügel entspricht.

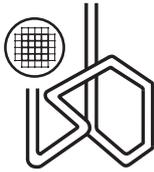
- Bei sehr breiten stützenden Trägern oder bei stützenden Platten sollte die in diesen Trägern oder Platten angeordnete Aufhängebewehrung nicht über eine Länge angeordnet werden, die größer als die Nutzhöhe des gestützten Trägers ist.



### 8.4 Schadensbegrenzung bei außergewöhnlichen Ereignissen (DIN 1045-1, 13.12)

- Bei außergewöhnlichen Ereignissen ist eine Schädigung des Tragwerks in einem zur ursprünglichen Ursache unverhältnismäßig großen Ausmaß zu vermeiden (siehe DIN 1055-100). Werden neben den sonstigen Regeln der DIN 1045-1 die konstruktiven Regeln dieses Abschnittes erfüllt, darf angenommen werden, dass der zufällige Ausfall eines einzelnen Bauteils oder eines begrenzten Teils des Tragwerks oder das Auftreten hinnehmbarer örtlicher Schädigungen nicht zum Versagen des Gesamttragwerks führt.
- Bei Bauwerken des üblichen Hochbaus dürfen zur Schadensbegrenzung bei außergewöhnlichen Einwirkungen Ringanker (Regelungen siehe DIN 1045-1, 13.12.2) verwendet werden.
- Im Fertigteilbau dürfen zur Schadensbegrenzung bei außergewöhnlichen Einwirkungen zusätzlich innenliegende Zuganker (Regelungen siehe DIN 1045-1, 13.12.3) und horizontale Stützen- und Wandzuganker (Regelungen siehe DIN 1045-1, 13.12.4) verwendet werden.





Arbeitsblatt 9  
Ausgabe 2002-01

# Bewehren von Stahlbetontragwerken nach DIN 1045-1:2001-07

## Nachweis gegen Ermüdung für Betonstahl

Herstellung und Herausgabe:  
Institut für Stahlbetonbewehrung e.V.

Prüfung:  
Prof. Dr. C.-A. Graubner

### Nachweis gegen Ermüdung für Betonstahl (DIN 1045-1, 10.8)

#### 1 Grundsätzliches

Der Nachweis gegen Ermüdung ist ein Nachweis für den Grenzzustand der Tragfähigkeit, der jedoch unter eigens definierten Einwirkungskombinationen des Grenzzustands der Gebrauchstauglichkeit zu führen ist. Grundsätzlich ist ein hinreichender Widerstand gegen Ermüdung für Beton und Bewehrung getrennt nachzuweisen. Die Ermüdungsbeanspruchung des Betonstahls ist nur im Bereich von Zugspannungen zu überprüfen.

Kein Nachweis gegen Ermüdung ist bei folgenden Bauwerken und Bauteilen erforderlich:

- Bauwerke des üblichen Hochbaus unter vorwiegend ruhender Belastung
- Bauwerke, welche die Bedingungen der Anforderungsklassen A und B nach DIN 1045-1, Tabelle 18 erfüllen
- Geh- und Radwegbrücken
- Bogen- und Rahmentragwerke mit einer Erdüberschüttung  $\geq 1,0$  m (Straßenbrücken) bzw.  $\geq 1,5$  m (Eisenbahnbrücken)
- Fundamente von Straßen- und Eisenbahnbrücken
- Straßenbrücken
  - Widerlager, Pfeiler und Stützen, die nicht biegesteif mit dem Überbau verbunden sind
  - Stützwände (außer Platten und Wände von Hohlwiderlagern)
- Eisenbahnbrücken
  - Pfeiler und Stützen, die nicht biegesteif mit dem Überbau verbunden sind

*Hinweis:*

*Diese Aufzählung ist in DIN 1045-1: 2001-07 nicht mehr enthalten, sondern nur noch im DIN-Fachbericht 102 und gilt damit formal eigentlich nur für Brücken.*

#### 2 Einwirkungskombinationen

##### Vereinfachter Nachweis nach Abschnitt 4.3:

- Häufige Einwirkungskombination nach DIN 1055-100

##### Genauere Nachweise nach Abschnitt 4.1 und 4.2:

- Ständige Einwirkungen
- Maßgebender charakteristischer Wert der Vorspannung
- Wahrscheinlicher Wert der Setzungen, sofern ungünstig wirkend
- Häufiger Wert der Temperatureinwirkung, sofern ungünstig wirkend
- Maßgebliche Einwirkungen aus Nutzlasten

**INSTITUT FÜR STAHLBETONBEWEHRUNG e.V.**

<b>3 Werkstoffdaten</b>	
<b>3.1 Wöhlerlinie</b>	<b>3.2 Darstellung der Wöhlerlinie</b>
<p>Die Ermüdungsfestigkeit des Werkstoffes wird durch die Wöhlerlinie beschrieben. Sie besteht aus Abschnitten mit unterschiedlicher Neigung innerhalb derer folgender Zusammenhang zwischen Schwingbreite und Lastspielzahl gilt.</p> $(\Delta\sigma)^m \cdot N = const$	

**3.3 Charakteristische Werte der Wöhlerlinie**

Die in nachstehender Tabelle grau hinterlegten charakteristischen Werte der Wöhlerlinie wurden DIN 1045-1, Tabelle 16 entnommen und auf den Bereich zwischen  $10^5$  und  $10^{10}$  Lastspielzahlen ergänzt. Die Norm erlaubt Abweichungen (allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, Zustimmung im Einzelfall, Prüfzeugnis).

Betonstahl	N*	Spannungs-exponent m		$\Delta\sigma_{Rsk} (N/mm^2)$							
		$k_1$	$k_2$	$10^5$	$10^6$	$2 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^6$	$10^7$	$10^8$	$10^9$	$10^{10}$
Gerade Stäbe und gebogene Stäbe <sup>a)</sup>	$10^6$	5	9 <sup>d)</sup>	309	195	180	163	150	117	90	70
			5	309	195	170	141	123	77	49	31
Geschweißte Stäbe einschließlich Heft- und Stumpfstoßverbindungen; Kopplungen <sup>b) c)</sup>	$10^7$	3	5	269	125	99	73	58	36	23	14
Mechanische Verbindungen		3	5								

- a) Für  $d_{br} < 25 d_s$  ist  $\Delta\sigma_{Rsk}$  mit dem Reduktionsfaktor  $\xi = 0,35 + 0,026 d_{br} / d_s$  zu multiplizieren. Dabei ist  $d_s$  der Stabdurchmesser und  $d_{br}$  der Biegerollendurchmesser.
- b) Sofern nicht andere Wöhlerlinien durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder Zustimmung im Einzelfall nachgewiesen werden können.
- c) Die Wöhlerlinie für geschweißte Stäbe und Kopplungen gilt bis zu einer Spannungs-Schwingbreite  $\Delta\sigma_{Rsk} = 380 N/mm^2$  ( $N^* = 0,036 \cdot 10^6$ ). Darüber gilt die Linie für gerade und gebogene Stäbe.
- d) Wert gilt für nicht korrosionsfördernde Umgebung (DIN 1045-1, Tabelle 3, Klasse XC1); in allen anderen Fällen ist  $k_2 = 5$  zu setzen.

<b>3.4 Bemessungswerte der Wöhlerlinie</b>
<p>Die Bemessungswöhlerlinie erhält man durch Division der Spannungen der charakteristischen Wöhlerlinie durch den Teilsicherheitsbeiwert <math>\gamma_{s,fat}</math> nach Tabelle 2 von DIN 1045-1. Für den Knickpunkt der Bemessungswöhlerlinie gilt:</p> $\Delta\sigma_{Rsd}(N^*) = \Delta\sigma_{Rsk}(N^*) / \gamma_{s,fat}$ <p>Im Regelfall beträgt der Teilsicherheitsbeiwert für den Bauteilwiderstand <math>\gamma_{s,fat} = 1,15</math>. Werden die der Spannungsschwingbreite der Einwirkungen zugrunde liegenden Schnittgrößen jedoch mit nichtlinearen Berechnungsverfahren nach DIN 1045-1, 8.5.1 berechnet, so ist ein Teilsicherheitsbeiwert von <math>\gamma_{s,fat} = 1,3</math> anzunehmen.</p>

## 4 Nachweisverfahren für Betonstahl

### 4.1 Betriebsfestigkeitsnachweis nach Palmgren-Miner (DIN 1045-1, 10.8.3)

Bei bekanntem Spannungskollektiv ist nachzuweisen, daß die Schädigungssumme  $D_{Ed} \leq 1$  ist. Für die Bestimmung von  $D_{Ed}$  gilt:

$$D_{Ed} = \sum_{i=1}^{i=\max} \frac{n_i}{N_{i,d}} = \sum_{i=1}^{i=\max} \frac{n_i}{N^*} \cdot \left[ \frac{\Delta\sigma_{s,i}}{\Delta\sigma_{Rsd}(N^*)} \right]^k \quad N_{i,d} = N^* \cdot \left[ \frac{\Delta\sigma_{Rsd}(N^*)}{\Delta\sigma_{s,i}} \right]^k$$

Die jeweiligen Spannungsschwingbreiten  $\Delta\sigma_{s,i}$  sind unter der maßgebenden Einwirkungskombination nach Abschnitt 2 zu bestimmen. Der Wert  $n_i$  bezeichnet die zugehörige Lastspielzahl. Für  $\Delta\sigma_{s,i} > \Delta\sigma_{Rsd}(N^*)$  gilt  $k=k_1$ , anderenfalls muss  $k=k_2$  angenommen werden.

### 4.2 Nachweis über die schädigungsäquivalente Spannungsschwingbreite

Anstelle des Betriebsfestigkeitsnachweises nach Palmgren-Miner (siehe 4.3) darf der Nachweis ausreichender Ermüdungsfestigkeit über eine schädigungsäquivalente Spannungsschwingbreite  $\Delta\sigma_{s,equ}$  erfolgen. Der Nachweis ist erbracht, wenn gilt:

$$\gamma_{F,fat} \cdot \gamma_{Ed,fat} \cdot \Delta\sigma_{s,equ} \leq \Delta\sigma_{Rsd}(N^*) = \Delta\sigma_{Rsk}(N^*) / \gamma_{s,fat}$$

$$\text{mit: } \gamma_{F,fat} = \gamma_{Ed,fat} = 1,0; \gamma_{s,fat} = 1,15$$

Bei bekanntem Beanspruchungskollektiv ergibt sich  $\Delta\sigma_{s,equ}$  für  $N = N^*$  zu:

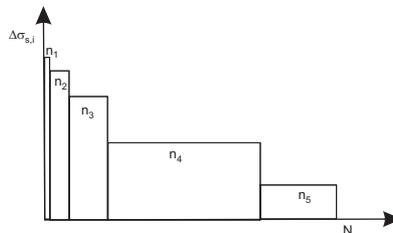
$$\Delta\sigma_{s,equ}(N^*) = \sqrt[k_2]{\frac{[\Delta\sigma_{Rsd}(N^*)]^{k_2-k_1} \cdot \sum n_i \cdot \sigma_{s,i} + \sum n_j \cdot \Delta\sigma_{s,j}}{N^*}}$$

mit:  $k_1, k_2, N^*$  und  $\Delta\sigma_{Rsk}(N^*)$  nach Tabelle in Abschnitt 3.3  
 $n_i$ : Anzahl Lastwechsel mit Spannung  $\Delta\sigma_{s,i} \geq \Delta\sigma_{Rsd}(N^*)$   
 $n_j$ : Anzahl Lastwechsel mit Spannung  $\Delta\sigma_{s,j} < \Delta\sigma_{Rsd}(N^*)$

Bei unbekanntem Spannungskollektiv kann die schadensäquivalente Spannungsschwingbreite näherungsweise angenommen werden zu:

- $\Delta\sigma_{s,equ} = \max \Delta\sigma_s$  bei üblichen Hochbauten unter nichtruhender Belastung.  
 $\max \Delta\sigma_s$  ist unter der maßgebenden Einwirkungskombination nach 2 zu berechnen.
- $\Delta\sigma_{s,equ}$  bei Brücken nach DIN-Fachbericht 102, Anhang 106 bzw. den entsprechenden Bemessungsnormen

**Beispiel eines Kollektivs aus 5 ( $i = 1 \div 5$ ) Belastungsgruppen ( $\Delta\sigma_{s,i}; n_i$ )**



### 4.3 Vereinfachter Nachweis

Bei ungeschweißten, geraden Stäben ohne Korrosionsgefahr unter Zugbeanspruchung ist ausreichender Widerstand gegen Ermüdung gegeben, wenn unter der häufigen Einwirkungskombination gilt:

$$\Delta\sigma_s \leq 70 \text{ N/mm}^2$$

Im Bereich von Schweißverbindungen und mechanischen Kopplungen ist kein Nachweis der Ermüdungsfestigkeit erforderlich, wenn der Betonquerschnitt im betreffenden Bereich vollständig unter Druckspannungen steht.

## 5 Weitere Regelungen in DIN 1045-1

### 5.1 Schweißen (DIN 1045-1, Tabelle 12)

Verbindungen und Schweißverfahren unterteilt nach Belastungsarten (vorwiegend ruhend, Zeile 1 bis 6; nicht vorwiegend ruhend, Zeile 7 bis 9).

### 5.2 Hin- und Zurückbiegen (DIN 1045-1, 12.3.2)

Kaltbiegen: Bei nicht vorwiegend ruhender Beanspruchung gilt für den Biegedorndurchmesser beim Hinbiegen:  $d_{br} \geq 15 d_s$   
 $\Delta\sigma_s = 50 \text{ N/mm}^2$  (Bemessungswert)

Warmbiegen,  
 Warmzurückbiegen:  $\Delta\sigma_s = 50 \text{ N/mm}^2$  (Bemessungswert)

## 6 Beispiele

### 6.1 Ertragbare Lastspielzahl bei Einstufenkollektiv mit vorgegebener Schwingbreite

Für eine vorgegebene Schwingbreite von  $\Delta\sigma_s = 250 \text{ N/mm}^2$  errechnet sich für einen ungeschweißten Betonstahl ohne Korrosionsgefahr die ertragbare Lastspielzahl  $N_L$  zu:

$$N_L = \left( \frac{\Delta\sigma_{Rsd}(N^*)}{\Delta\sigma_s} \right)^k \cdot N^* = \left( \frac{195}{1,15 \cdot 250} \right)^5 \cdot 10^6 = 0,14 \cdot 10^6$$

Der Exponent k beträgt im vorliegenden Fall  $k = 5$ , da  $\Delta\sigma_s = 250 \text{ N/mm}^2 > \Delta\sigma_{Rsd} = 169,6 \text{ N/mm}^2$  ist.

### 6.2 Näherungsnachweis mit schadensäquivalenter Schwingbreite

Als Beispiel sei das im Bild in 4.2 dargestellte Spannungskollektiv vorgegeben. Die zugehörigen Schwingbreiten sowie die Lastspielzahlen enthält nachstehende Tabelle. Es wird wiederum von einem geraden, ungeschweißten Betonstahl ohne Korrosionsgefahr ausgegangen.

i =	1	2	3	4	5
$n_i$ (*10 <sup>6</sup> )	0,01	0,05	0,1	0,8	0,2
$\sigma_{s,i}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	250	220	200	170	140

Für die schadensäquivalente Schwingbreite ergibt sich:

$$\Delta\sigma_{s, equ}(N^*) = \sqrt[9]{\left( \frac{195}{1,15} \right)^4 \cdot [0,01 \cdot 250^5 + 0,05 \cdot 220^5 + 0,1 \cdot 200^5 + 0,8 \cdot 170^5] + [0,2 \cdot 140^9]}$$

$$= 175 \text{ N/mm}^2$$

Die schadensäquivalente Spannungsschwingbreite ist also geringfügig größer als der zulässige Wert von  $\Delta\sigma_{Rsd} = 169,6 \text{ N/mm}^2$ . Der Nachweis ist demnach **nicht** erfüllt.

### 6.3 Nachweis der Betriebsfestigkeit nach Palmgren-Miner

Für das in der Tabelle in Abschnitt 6.2 angegebene Spannungskollektiv ergibt sich eine Schädigungssumme von  $D_{Ed} = 1,33 > 1$ . Der Nachweis ist somit **nicht** erfüllt.

i =	1	2	3	4	5	
$n_i$ (*10 <sup>6</sup> )	0,01	0,05	0,1	0,8	0,2	
$\sigma_{s,i}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	250	220	200	170	140	
k	5	5	5	5	9	
$N_{i,d}$ [*10 <sup>6</sup> ]	0,144	0,272	0,438	0,987	5,609	$D_{Ed} =$
$n_i/N_{i,d}$	0,070	0,184	0,228	0,810	0,036	<b>1,33</b>

Tabellarische Darstellung des Betriebsfestigkeitsnachweises nach Palmgren-Miner

### 6.4 Abschätzung der Lastzyklen je Lebensdauer im Hochbau

$$n_{ges} = \text{Jahre} \cdot \frac{\text{Arbeitstage oder Betriebstage}}{\text{Jahr}} \cdot \frac{\text{Betriebsstunden}}{\text{Tag}} \cdot \frac{\text{Lastzyklen}}{\text{Stunde}}$$

Beispiel: Lagerhalle 30 Jahre Lebensdauer  
 250 Betriebstage/Jahr  
 16 Stunden/Tag (2 Schichten)  
 60 Zyklen/Stunde  
 $n_{ges} = 7,2 \cdot 10^6$

## 7 Anmerkungen (nicht normative Empfehlungen)

**7.1** Bei den in DIN 1045-1, 8, Tabelle 16 angegebenen Werten der Wöhlerlinien handelt es sich um charakteristische Werkstoffwerte, die (wahrscheinlich) dem 10 % - Quantil der Bruchlastverteilungen der angegebenen Schwingbreiten entsprechen.

**7.2** Beim Vergleich dieser Werte mit den Angaben von DIN 1045-1, Tabelle 11 fällt auf, dass die Werte für geschweißte Stäbe etc. konsistent sind, während die Werte für gerade (gebogene) Stäbe nicht übereinstimmen.  
Es erscheint angebracht, die Werte von Tabelle 16 für Bemessungen zugrunde zu legen.

**7.3** Anders als die bisherige DIN 1045:1988 sieht DIN 1045-1:2001-07 keine Dauerschwingfestigkeit bei mehr als  $2 \cdot 10^6$  Lastwechseln vor.  
Die Wöhlerlinie weist somit einen Zeitfestigkeits- und einen Dauerfestigkeitsbereich auf, in dem unterschiedliche Neigungen vorhanden sind.  
Die Berechnung des Spannungsexponenten  $k_2$  aus  $k_1$  über  $k_2 = 2 k_1 - 1$  ist für Betonstahl nicht nachgewiesen (siehe 7.5).

**7.4** Bei ungeschweißten Bewehrungsstählen wird die Neigung  $k_2$  zudem von den Umweltbedingungen abhängig gemacht.  
Nur bei nichtkorrosionsfördernder Umgebung (Umweltklasse XC1) gilt der günstige Wert von  $k_2 = 9$ , in allen anderen Fällen ist  $k_2 = 5$  anzunehmen.  
Diese Regelung trägt der Tatsache Rechnung, dass bei verstärkter Bewehrungskorrosion, z. B. ausgelöst durch Chloride, Lochfraß eintreten kann, wodurch der Widerstand gegen Ermüdung abgemindert werden kann.  
Liegen die Umweltklassen XC2 – XC4 (mögliche Bewehrungskorrosion infolge Karbonatisierung der Betonüberdeckung) vor, so wird empfohlen, den Beginn der Korrosion aufgrund von Lebensdauerbetrachtungen (Karbonatisierungsfortschritt, Betongüte, Betondeckung) abzuschätzen und den Nachweis mit zwei Teilkollektiven und zwei Bemessungswöhlerlinien (jeweils mit und ohne Korrosionseinfluss) zu führen.

**7.5** DIN 1045-1, Tabelle 16, Fußnote b erlaubt die Benutzung anderer Wöhlerlinien für die Bemessung, sofern gesicherte Versuchsergebnisse (allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, Zustimmung im Einzelfall) vorliegen.

Am ISB vorliegende Versuchsergebnisse scheinen folgende Annahmen für die Wöhlerlinie zu rechtfertigen:

- Spannungsexponenten für

Betonstabstahl	$k_2 = 15$ (Umweltbedingung XC 1)
Betonstahlmatten	$k_2 = 9$ (Umweltbedingung XC 1)

Mit den angegebenen Spannungsexponenten ergeben sich für den vereinfachten Nachweis nach 4.1 dieses Arbeitsblattes folgende Werte:

Betonstabstahl:	$\Delta\sigma_N \leq 105 \text{ N/mm}^2$
Betonstahlmatten:	$\Delta\sigma_N \leq 30 \text{ N/mm}^2$

### 7.6 Maximale Spannungsschwingbreite für den Zeitfestigkeitsbereich

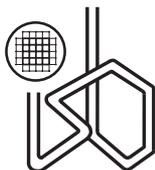
DIN 1045-1 definiert keine Obergrenze für den Zeitfestigkeitsbereich bei kleinen Lastspielzahlen. Diesbezüglich wird empfohlen, den Zeitfestigkeitsbereich auf Lastspielzahlen  $N > 5 \cdot 10^4$  zu begrenzen. Hieraus ergibt sich bei ungeschweißten, geraden Betonstählen eine ertragbare Schwingbreite  $\max \Delta\sigma_{sk} \approx 350 \text{ N/mm}^2$ . Für geschweißte Matten und mechanische Verbindungen sollte  $\max \Delta\sigma_{sk} = 280 \text{ N/mm}^2$  nicht überschreiten.

### 7.7 Besonderheiten bei der Bestimmung der schädigungsäquivalenten Schwingbreite

Die in 4.2 angegebene Beziehung zur Bestimmung der schadensäquivalenten Schwingbreite  $\Delta\sigma_{s, \text{equ}}$  geht von einer Bezugslastspielzahl  $N = N^* (1 \cdot 10^6 \text{ bzw. } 1 \cdot 10^7)$  aus.

Der DIN Fachbericht 102, Anhang 106 bezieht sich bei der Bestimmung von  $\Delta\sigma_{s, \text{equ}}$  dagegen bei Straßenbrücken auf eine Lastspielzahl  $N = 2 \cdot 10^6$ . Dies bedeutet, dass bei Verwendung der schadensäquivalenten Schwingbreite nach DIN Fachbericht 102 für den Nachweis nach 4.2 die Rechenwerte für  $N$  und  $\Delta\sigma_{sk}(N)$  entsprechend anzupassen sind (Werte für  $\Delta\sigma_{sk}$  für  $N = 2 \cdot 10^6$  siehe Tabelle in 3.3).





Arbeitsblatt 10  
Ausgabe 2002-01

# Bewehren von Stahlbetontragwerken nach DIN 1045-1:2001-07

## Schweißen von Betonstahl

Arbeitsblatt erstellt in Zusammenarbeit mit der Schweißtechnischen Lehr- und Versuchsanstalt, München  
Herausgabe: Institut für Stahlbetonbewehrung e.V.

### 1 Durchführung der Schweißarbeiten / Überwachung

Die Durchführung der Schweißarbeiten ist durch DIN 4099-1 geregelt. Die damit verbundenen Regeln für die Überwachung sind in DIN 4099-2 enthalten.

### 2 Eignung zum Schweißen

Betonstähle, hergestellt nach DIN 488 (1984), sind generell schweißgeeignet.

Sofern Betonstähle gemäß allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen produziert werden, ist die Schweiß-  
eignung dort geregelt. Von den "zugelassenen" Betonstählen sind folgende generell schweißgeeignet:

BSt 500 S-GEWI

Betonstahlmatten: BSt 500 M (Tiefrippung)

Betonstahl in Ringen:

BSt 500 WR

BSt 500 WM (warme Matte)

BSt 500 KR

Gitterträger

### 3 Schweißverfahren, Schweißverbindungen und zulässige Stabnennendurchmesser

Schweißverfahren (Verfahren-Nr.)	Arten der Schweißverbindungen	Bereich der Stabnennendurchmesser in mm <sup>1)</sup>	
		Tragende Verbindung	Nichttragende Verbindung
Lichtbogenhand- schweißen (111) Metall-Lichtbogen- schweißen mit Füll- drahtelektrode ohne Schutzgas (114)	Stumpfstoß	20 - 40	3)
	Laschenstoß	6 - 40	3)
	Überlappstoß (Übergreifungsstoß)	6 - 40	3)
	Kreuzungsstoß	6 - 16	3)
	Verbindung mit anderen Stahlteilen	6 - 40	3)
Reibschweißen (42)	Stumpfstoß	6 - 40	3)
	Verbindung mit anderen Stahlteilen	6 - 40	3)
Abbrennstumpf- schweißen (24)	Stumpfstoß	6 - 40 <sup>1)</sup>	3)
Buckelschweißen (23)	Überlappstoß (Übergreifungsstoß)	6 - 28	6 - 40
	Kreuzungsstoß	6 - 28 <sup>2)</sup>	6 - 40
Metall- Aktivgas- schweißen (135) bzw. (136)	Stumpfstoß	20 - 40	3)
	Überlappstoß	6 - 40	3)
	Laschenstoß	6 - 40	3)
	Kreuzungsstoß	6 - 16	6 - 40
	Verbindung mit anderen Stahlteilen	6 - 40	3)

<sup>1)</sup> Es dürfen gleiche Stabnennendurchmesser miteinander verbunden werden sowie benachbarte Stabdurchmesser

<sup>2)</sup> Zulässiges Verhältnis der Nennendurchmesser sich kreuzender Stäbe  $\geq 0,57$ , siehe auch DIN 4099-1, 4.1.3

<sup>3)</sup> Sofern der Stoß als nichttragend ausgeführt wird, gilt Spalte "Tragende Verbindung"

**INSTITUT FÜR  
STAHLBETONBEWEHRUNG e.V.**



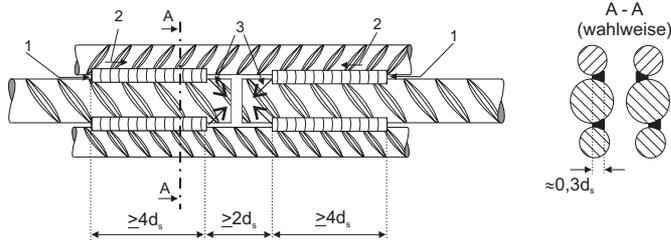
Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt,  
SLV München  
Niederlassung der GSI mbH  
Schachenmeierstr. 37  
80636 München  
Tel. 089/126802-0  
Fax 089/181643

4 Anwendungsfälle (DIN 1045-1, Tabelle 12)				
Belastungsart	Schweißverfahren mit Kurzbezeichnung und Nummer des Schweißprozesses nach EN 24063		Zugstäbe	Druckstäbe
	Vorwiegend ruhend	Abtrennstumpfschweißen (RA)	24	Stumpfstoß
Lichtbogenhandschweißen (E) und Metall-Lichtbogenschweißen (MF)		111	Stumpfstoß mit $d_s \geq 20$ mm, Laschenstoß, Überlappstoß, Kreuzungsstoß <sup>3)</sup> , Verbindung mit anderen Stahlteilen	
		114		
Metall-Aktivgasschweißen (MAG) <sup>2)</sup>		135	Laschenstoß, Überlappstoß, Kreuzungsstoß <sup>3)</sup> , Verbindung mit anderen Stahlteilen	
		136		
Reibschweißen (FR)		42	Stumpfstoß, Verbindung mit anderen Stahlteilen	
Widerstandspunktschweißen (RP) (mit Einpunktschweißmaschine)	21	Überlappstoß <sup>4)</sup> , Kreuzungsstoß <sup>2) 4)</sup>		
Nicht vorwiegend ruhend	Abtrennstumpfschweißen (RA)	24	Stumpfstoß	
	Lichtbogenhandschweißen (E)	111	-	Stumpfstoß mit $d_s \geq 14$ mm
	Metall-Aktivgasschweißen (MAG)	135 136	-	Stumpfstoß mit $d_s \geq 14$ mm

1) Es dürfen gleiche Stabnennendurchmesser verbunden werden sowie benachbarte Stabdurchmesser.  
2) Zulässiges Verhältnis der Stabnennendurchmesser sich kreuzender Stäbe  $\geq 0,57$ .  
3) Für tragende Verbindungen  $d_s \leq 16$  mm  
4) Für tragende Verbindungen  $d_s \leq 28$  mm

5 Details zu den Verbindungen (Bemessung)	
<b>5.1 Allgemeines</b>	
Tragende und nichttragende Verbindungen werden <u>nicht</u> rechnerisch bemessen: DIN 4099-1 regelt in den Bildern 1 bis 11 die Dimensionierung der Schweißungen.	
Stumpfstoße (nur tragende Verbindung)	<p>a) D-V-Naht</p>
	<p>b) V-Naht</p>
	<p>c) D-HV-Naht</p>
	<p>d) Stumpfstoß mit Badsicherung (auch andere Badsicherungsausbildung ist möglich)</p>
Maße in Millimeter	

Überlappstoß (tragende Verbindung)	
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Stabelektrode zünden; die Zündstelle muss in der Fuge liegen, die später überschweißt wird</li> <li>2 Schweißrichtungen bei waagrecht oder annähernd waagrecht Stabachse; bei senkrechter Stabachse ist von unten nach oben (steigend) zu schweißen <math>d_s</math>: Nennendurchmesser des gegebenenfalls dünneren der gestoßenen Stäbe</li> </ol>



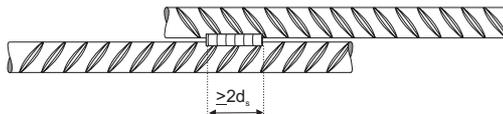
Laschenstoß  
(tragende  
Verbindung)

- 1 Stabelektrode zünden; die Zündstelle muss in der Fuge liegen, die später überschweißt wird
  - 2 Schweißrichtungen bei Stabachse waagrecht oder annähernd waagrecht; bei senkrechter Stabachse ist von unten nach oben (steigend) zu schweißen
  - 3 Stabelektrode abheben
- $d_s$ : Nenndurchmesser des gegebenenfalls dünneren der gestoßenen Stäbe

Kreuzungsstoß



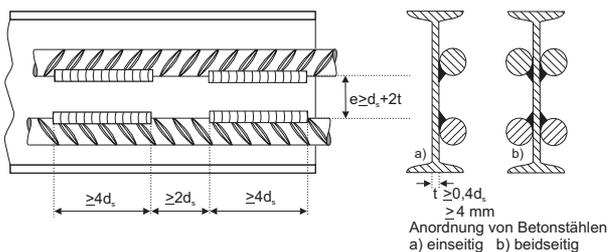
Überlappstoß  
(nichttragende  
Verbindung)



$d_s$ : Nenndurchmesser des gegebenenfalls dünneren der gestoßenen Stäbe

Beispiele von  
Verbindungen mit  
einseitigen  
Flankennähten

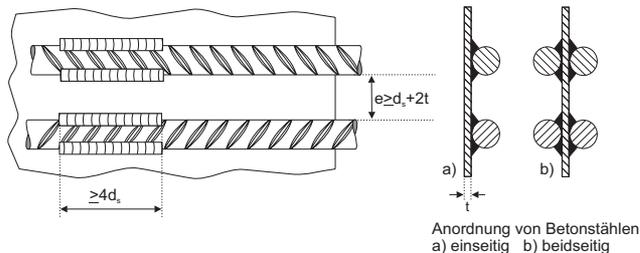
(Verbindung mit  
anderen  
Stahlteilen)



Anordnung von Betonstählen  
a) einseitig b) beidseitig

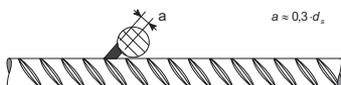
Beispiele von  
Verbindungen mit  
beidseitigen  
Flankennähten

(Verbindung mit  
anderen  
Stahlteilen)

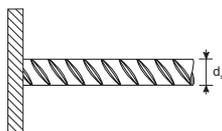


Anordnung von Betonstählen  
a) einseitig b) beidseitig

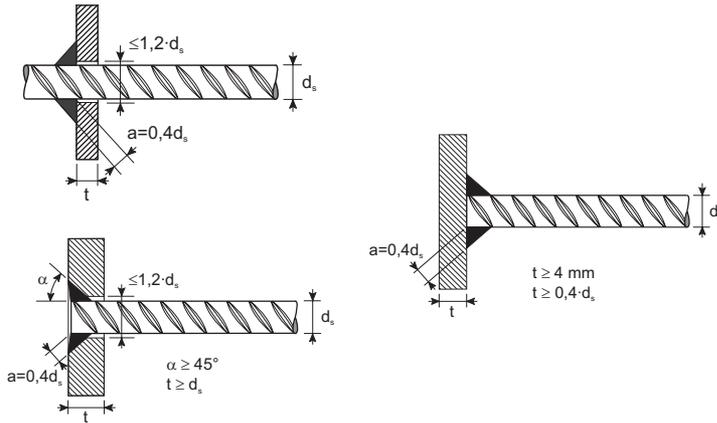
Nahtausbildung  
bei  
Flankennähten



Stumpfnah mit  
Reibschweißen



Ausführungs-  
formen für  
Stirkehlnähte an  
Ankerplatten



## 6 Wichtige Hinweise für das Schweißen von Betonstählen

- Vor Aufnahme der Schweißarbeiten ist das Werkkennzeichen des Betonstahls zu prüfen.
- Beim Schweißen von Betonstählen mit anderen Stählen ist deren Schweißseignung zu beachten (DIN 4099-1, Anhang A).
- Betonstähle dürfen mit nichtrostenden Stählen geschweißt werden, sofern deren Eignung gegeben ist (siehe DIN 4099-1, Anhang A).
- Es wird unterschieden zwischen tragenden und nichttragenden Verbindungen. Erstere können mit dem vollen Querschnitt in Rechnung gestellt werden. Letztere sind nur für Heftverbindungen vorgesehen.
- Tragende und nichttragende Betonstahlverbindungen sind mit der gleichen Sorgfalt herzustellen.
- Es darf nur nach anerkannten Schweißanweisungen der Normenreihe DIN EN 288 gearbeitet werden, die am Arbeitsplatz vorhanden sein müssen.
- Die Ausführung von Betonstahlschweißarbeiten muss mindestens die Anforderungen der Bewertungsgruppe C nach DIN EN 25817 erfüllen.  
Ein rechnerischer Nachweis für die Schweißnähte ist nicht erforderlich. Die Bemessung ist nach DIN 4099-1 vorzunehmen (unter Bezug auf den Stabdurchmesser  $d_s$ ).
- Verbindungen, die nicht der DIN 4099-1 entsprechen, können hergestellt werden, müssen aber nach anerkannten Regeln der Schweißtechnik gestaltet sein.
- Vorgebogene Stäbe dürfen geschweißt werden. Nachträglich darf an der Schweißstelle gebogen werden, wenn die Anforderungen in DIN 1045-1, Tabelle 24, eingehalten werden.
- Keine der zulässigen Verbindungen stellt bei korrekter Ausführung im Schweißbereich eine Gefahr hinsichtlich Spröbruchversagen oder Entfestigung dar.  
In beschränktem Umfang dürfen Stäbe unterschiedlichen Durchmessers geschweißt werden:
  - bei Längsstößen die benachbarten Abmessungen,
  - bei Kreuzungsstößen sind bestimmte Verhältnisse der Nenndurchmesser einzuhalten.
- Durch das Schweißen wird im Schweißbereich tragender oder nichttragender Verbindungen die Dauerschwingfestigkeit des Stabes abgemindert.
- Betonstahlschweißarbeiten dürfen nur von qualifizierten Schweißern und Bedienern von Schweißanlagen durchgeführt werden.
- Schweißer und Schweißverbindungen müssen angemessen gegen direkte Witterungseinflüsse, wie Wind, Regen und Schnee, geschützt werden. Von den Oberflächen im Schweißbereich und den Berührungsflächen sind Schmutz, Fette, Öle, Feuchtigkeit, Rost und Zunder sowie Beschichtungen, soweit diese die Schweißnahtgüte ungünstig beeinflussen, zu entfernen.
- Die zu schweißenden Stäbe müssen im Bereich der Schweißstelle vor schnellem Abkühlen geschützt werden. Bei niedrigen Temperaturen müssen geeignete Maßnahmen in der Schweißanweisung niedergelegt werden.
- Bei Anwendung der Schweißverfahren 135 und 136 müssen die Schweißbereiche vor Wind und anderen Luftbewegungen geschützt werden.
- Bei Betonstabstählen  $d_s > 32$  mm empfiehlt sich ein Vorwärmen der Betonstähle auf  $80\text{ °C} \leq \vartheta_v \leq 120\text{ °C}$

## 7 Schweißen bei Sanierungen, Ergänzungen

Im Zusammenhang mit Sanierungen oder Erneuerungen von Bauten ist das Schweißen meist das einzige anwendbare Fügeverfahren.

In diesem Fall ist wie folgt vorzugehen:

- Einschalten einer geeigneten fachkundigen Stelle (z.B. SLV, Prüflingenieur)
- Durchführung von Prüfungen zur Beurteilung der Schweißseignung des alten, eingebauten Betonstahls
- Erstellung der Schweißanweisung
- Einholung einer Zustimmung im Einzelfall bei der zuständigen Obersten Bauaufsichtsbehörde des jeweiligen Bundeslandes
- Durchführung und Prüfung von fertigungsbezogenen, vorgezogenen Arbeitsproben (meist Mischverbindung "Altbewehrung" und BSt 500)
- Ausführung der Schweißarbeiten durch einen Betrieb mit Eignungsnachweis nach DIN 4099-2

## 8 Die Gütesicherung der Schweißarbeiten ist nach DIN 4099-2 wie folgt geregelt:

- Die Schweißarbeiten dürfen nur von Betrieben ausgeführt werden, die einen Eignungsnachweis nach DIN 4099-2 besitzen.
- Wegen des Eignungsnachweises wenden Sie sich zweckmäßigerweise an die nächstliegende Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt.
- Der Schweißbetrieb muss eine Schweißaufsicht besitzen (Schweißfachmann).
- Die Schweißarbeiten dürfen nur von geprüften Schweißern (EN 287-1, DVS-Richtlinie 1146) vorgenommen werden.
- Vor bzw. während der Schweißarbeiten sind Arbeitsprüfungen nach DIN 4099-2, Tabelle 2 durchzuführen.
- Arbeitsproben müssen stets fertigungsbezogen hergestellt werden:  
Lage der Stabachse - Schweißposition - Zugänglichkeit.  
Arbeitsproben müssen immer in der schwierigsten Position geschweißt werden, die in der Fertigung vorkommt.

### Hinweis:

Bei den Schweißtechnischen Lehr- und Versuchsanstalten existiert eine Richtlinie für den Eignungsnachweis für das Schweißen von Betonstählen.

### Titel:

"Merkblatt über Voraussetzungen und Ablauf der Betriebszulassung für den Eignungsnachweis nach DIN 4099 - Schweißen von Betonstahl".

## 9 Praktische Hinweise für die am häufigsten eingesetzten Schweißverfahren

### 9.1 Abbrennstumpfschweißen

Verbindungen: Tragende Stumpfstoße gleicher oder benachbarter Durchmesser

Geräte: Anschlusswert  $> 0,025 \text{ kVA/mm}$   
Stauchkraft  $\geq 60 \text{ N/mm}^2$

Ausführung: keine spezielle Vorbereitung der Stabendenden  
Spannkraft  $> 1,5 \cdot \text{Stauchkraft}$   
Einspannlänge  $\approx 1,7 \cdot d_s$   
Abtrennweg  $\approx 1,7 \cdot d_s$  (insgesamt)  
Stauchweg 5 - 7 mm  
Schweißzeit  $\approx 0,05 \text{ s/mm}^2$

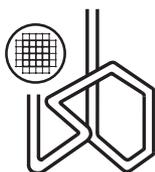
*Hinweis: Schmorstellen an Einspannbacken vermeiden*

9.2 Metall-Aktivgasschweißen und Lichtbogenhandschweißen				
Verbindungen:	Ausführung	Durchmesser	tragend	nichttragend (Heftverbindung)
Überlappstoß	einseitig (oder beidseitig), nach DIN 4099-1 geschweißt	6 mm bis 28 mm (40 mm)	x	
Laschenstoß			x	x
Stumpfstoß D-V-(X)-Naht	meist mit 6 bis 9 Lagen: zwischen den Schweißlagen abkühlen lassen	20 mm bis 28 mm (40 mm)	x	
Verbindung mit anderen Stahlteilen	Stirnehltnähte Sicherstellung der erforderlichen Nahtdicke $a = 0,4 \cdot d_s$	alle Durchmesser	x	
Kreuzungsstoß (gerade Stäbe)	zügig schweißen; nicht zuviel Schweißgut aufbringen	$d_{s1} / d_{s2} \geq 0,28$	x	x
Kreuzungsstoß (1 Stab vorgebogen)		$d_{s1} \geq d_{s2}$	x	x

9.3 Drahtelektroden (EN 440) - Schutzgase (EN 439)				
Empfehlung für Drahtelektrode: G4S; 1 (SG3); Empfehlung für Schutzgas: M 21				
Durchmesser der Drahtelektroden und Schweißdaten				
Betonstahldurchmesser $d_s$	[mm]	$\geq 6$	$\geq 12$	$\geq 20$
Drahtelektrode	[mm]	0,8	1,0	1,2
Drahtvorschub	[m/min]	7,1 - 7,3	3,2 - 8,3	3,2 - 9,0
Schweißstrom	[A]	(100 - 105)	(135 - 205)	(135 - 290)
Schweißspannung	[V]	19 - 20	18 - 22	18 - 28
Beachte: Aufgrund des Streckgrenzenwertes von 500 N/mm <sup>2</sup> des BSt 500 S ist für Stumpfstoß und Stirnehltnähte die Draht-Gas-Kombination SG 3 / M 2.1 anzuwenden.				

9.4 Stabelektroden (EN 499)				
Empfehlung:	E 38 2 RB 12 E 38 3 RB 12 E 42 4 B 12 H 5	}	Für Stumpfstoß anwenden - Festigkeit, dünnflüssige Schlacke, Handhabung in Zwangsposition	
Durchmesser der Stabelektroden und Schweißstromstärke				
Betonstahldurchmesser $d_s$ [mm]	Durchmesser der Stabelektroden [mm]			Empfohlene Schweißstromstärke [A]
	einlagig	mehrlagig		
6	2,0	2,0		40 - 60
8 - 12	2,0 - 2,5	2,0 - 2,5		60 - 90
12 - 16	2,5	2,5		80 - 110
16 - 22	3,2	Wurzellige Decklage	3,2 4,0	100 - 150
22 - 28	3,2 - 4,0	Wurzellige Decklage	2,5 3,2	120 - 160
Beachte: Bei der Herstellung von Kreuzungsstößen richtet sich der Elektrodendurchmesser bei $d_{s1} > 12$ nach dem größeren und bei $d_{s1} < 12$ nach dem kleineren Durchmesser der Kombination.				

10 Symbolische Darstellung der Verbindungsarten				
<u>Tragende Verbindungen</u>	Stumpfstoß		Laschenstoß	
	Überlappstoß		Kreuzungsstoß	
<u>Nichttragende Verbindungen</u>	Überlappstoß		Kreuzungsstoß	



Arbeitsblatt 11  
Ausgabe 2002-01

# Bewehren von Stahlbetontragwerken nach DIN 1045-3:2001-07

## Unterstützungen für die obere Bewehrung

Gesamtherstellung und Herausgabe:  
Institut für Stahlbetonbewehrung e.V.

Kurzfassung des  
DBV-Merkblattes "Unterstützungen"

### 1 Allgemeines

Der Deutsche Beton- und Bautechnik-Verein e.V. hat ein Merkblatt herausgegeben: \*)

#### Unterstützungen (für die obere Bewehrung) - Fassung November 1998

Dies geschah auf Anregung des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton, um auf diesem Gebiet das Fehlen von Regeln zu beheben.

Auf dieses Merkblatt wird in DIN 1045-3, 6.4 (5) "Einbau der Bewehrung" Bezug genommen. Damit ist der Inhalt dieses Merkblattes als Stand der Technik anzusehen.

Die wesentlichen Inhalte sind

- Anforderungen an die Tragfähigkeit und die Abmessungen
- Vorschrift für die Durchführung der Prüfungen
- Verlegevorschrift

Das ISB hat an diesem Merkblatt mitgearbeitet.

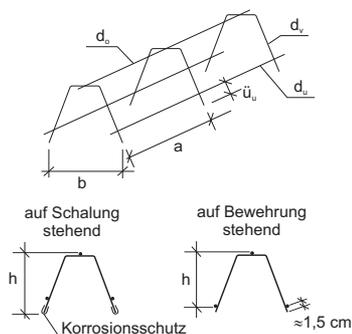
Die für die Verarbeiter von Betonstahl wichtigen Inhalte sind in diesem Arbeitsblatt zusammengestellt.

Grundsätzlich gilt:

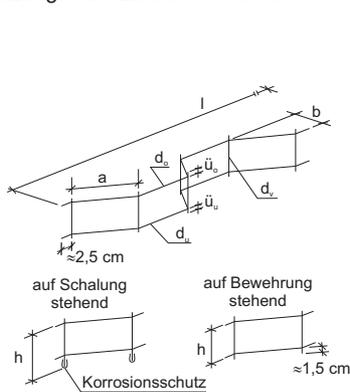
- Es gibt Unterstützungen, die hinsichtlich ihrer Tragfähigkeit geprüft sind; diese sind erkennbar durch den Hinweis auf das DBV-Merkblatt "Unterstützungen" und Hersteller-Nummern auf den Etiketten.

### 2 Arten von Unterstützungen

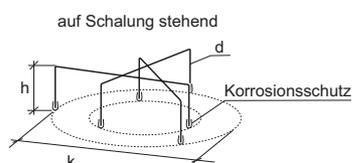
Es werden alle Formen von Unterstützungen bis zu einer Höhe von 40 cm erfasst.



Unterstützkörbe



Unterstützungschlangen



Unterstützungsbocke

\*) zu erhalten über:

Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.  
Postfach 110512 • 10835 Berlin • Tel. 030/236096-0 • Fax 030/236096-23

**INSTITUT FÜR STAHLBETONBEWEHRUNG e.V.**

### 3. Anforderungen

#### 3.1 Generell

Zum Zeitpunkt des Einbaus müssen die Unterstützungen:

- ausreichend steif und tragfähig sein, um sowohl die Lasten der aufliegenden Bewehrung als auch vorübergehende zusätzliche Belastungen im Bauzustand unter vernachlässigbar kleiner Verformung zu ertragen
- standsicher sein (kein Kippen)
- sich - soweit nötig - sicher befestigen lassen
- mit Korrosionsschutz (Füßchen) versehen sein, wenn sie auf der Schalung stehen.

#### 3.2 Tragfähigkeit

Um die in 2.1 erwähnte Tragfähigkeit nachzuweisen, müssen die Unterstützungen einer im DBV-Merkblatt definierten Prüfung unterworfen werden. Dabei wird die wirkliche Beanspruchung im Baubetrieb simuliert.

Die Prüfung gilt als bestanden, wenn bei Entlastung - nach vorheriger Belastung auf 2 kN/m bei linienförmigen und auf 1,5 kN/Bock bei punktförmigen Unterstützungen - auf eine Verformung von 4 mm ein Mindestwert der aufnehmbaren Lasten eingehalten wird.

Daraus ergeben sich folgende zulässigen Beanspruchungen

linienförmige Unterstützungen:  $P_{zul} = 0,67 \text{ kN/m}$

punktförmige Unterstützungen:  $P_{zul} = 0,50 \text{ kN/Bock}$

## 4 Regeln für die Anwendung von Unterstützungen

### 4.1 Allgemeines

Es dürfen nur Unterstützungen verwendet werden, die die Anforderungen des DBV-Merkblattes „Unterstützungen“ erfüllen und mit „DBV“ gekennzeichnet sind (siehe 1 „Allgemeines“).

Bei Verwendung von Unterstützungen, die auf der unteren Bewehrung stehen, ist der Verlegeabstand dieser Unterstützungen mit dem Verlegeabstand der Abstandhalter für die untere Bewehrung aufeinander abzustimmen. Die Unterstützungslinien müssen übereinander liegen, dabei ist die strengere Forderung für den Verlegeabstand maßgebend.

### 4.2. Verlegeabstand

#### 4.2.1 Festlegung ohne rechnerischen Nachweis

Ohne rechnerischen Nachweis ist der Verlegeabstand nach folgender Tabelle zu wählen. Diese Verlegeabstände sind für Platten mit Dicken bis zu 50 cm maßgebend.

Durchmesser $d_s$ der unterstützten Stäbe	Verlegeabstand 1)	
	Linienförmige Unterstützungen 2)	Punktförmige Unterstützungen 3)
$d_s \leq 6,5 \text{ mm}$	$s = 50 \text{ cm}$	$s = 50 \text{ cm}$
$6,5 \text{ mm} < d_s \leq 12 \text{ mm}$	$s = 70 \text{ cm}$	$s = 70 \text{ cm}$
$d_s > 12 \text{ mm}$	$s = 70 \text{ cm}^4)$	$s = 70 \text{ cm}^4)$

1) Der Verlegeabstand ist als Achsabstand zu verstehen.

2) Linienförmige Unterstützungen sind in ihrer Längsrichtung lückenlos anzuordnen.

3) Die Angaben gelten für beide Richtungen.

4) Alternativ:

Berechnung der Verlegeabstände nach Abschnitt 5.2.3 des DBV-Merkblattes erlaubt (siehe 4.2.2)

#### 4.2.2 Festlegung des Verlegeabstands mit rechnerischem Nachweis

Bei einem Durchmesser der unterstützten Stäbe von  $d_s > 12 \text{ mm}$  (obere Bewehrung) kann ein rechnerischer Nachweis des Verlegeabstands durchgeführt werden. Der Nachweis erfolgt unter Berücksichtigung des Gewichts der oberen Bewehrung und der zulässigen Belastung der Unterstützungen.

### 4.3 Regeln für Korrosionswiderstand

Unterstützungen, die auf der Schalung stehen, müssen an den Füßchen mit einem Korrosionsschutz versehen sein, der eine Mindesthöhe von 15 mm aufweist. Beim Einbau der Unterstützungen muss der Korrosionsschutz an allen Füßchen funktionstüchtig sein.

Grundsätzlich dürfen Unterstützungen, die auf der Schalung aufstehen, nur für Bauteile verwendet werden, die nach DIN 1045, Tabelle 10 den Umweltbedingungen 1 und 2 zuzuordnen sind.

Für Bauteile, die nach DIN 1045, Tabelle 10 den Umweltbedingungen 3 und 4 zuzuordnen sind, dürfen nur Unterstützungen verwendet werden, die auf der unteren Bewehrung stehen.

Beim Betonieren gegen eine Sauberkeitsschicht oder gegen eine Betonoberfläche können auf der Schalung stehende Unterstützungen, die die Anforderungen an den Korrosionsschutz nach diesem Arbeitsblatt erfüllen, bei allen Umweltbedingungen verwendet werden.

**Anmerkung:**

*Das Arbeitsblatt bezieht sich auf DIN 1045, Ausgabe 1988.*

*Die Umweltbedingungen 1 bis 4 entsprechen folgenden Umgebungsklassen der DIN 1045-1:*

*1 ≙ XC1, 2 ≙ XC3/XC2, 3 ≙ XC4, 4 ≙ XD1-XD4/XS1-XS3*

### 4.4 Betonieren gegen nachgiebige Schichten

Beim Betonieren gegen nachgiebige Schichten (z.B. Dämmstoffe) sind immer Unterstützungen zu verwenden, die auf der unteren Bewehrungslage stehen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die untere Bewehrungslage auf der nachgiebigen Schicht durch geeignete Abstandhalter in der vorgesehenen Lage bleibt, z.B. durch Abstandhalter mit großer Aufstandsfläche.

## 5 Bezeichnungen

Neben der Bezeichnung der Unterstützungen ist auf der Bewehrungszeichnung auch der Verlegeabstand (z.B. s = 50 cm) anzugeben.

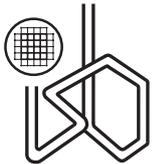
**Beispiel: DBV 18 S L (50)**

DBV	18	S	L	(50)
geprüfte Unterstützung	Höhe 18 cm	Steht auf Schalung	Linienförmig	Verlegeabstand in cm

**Beispiel: DBV 20 B P (70)**

DBV	20	B	P	(70)
geprüfte Unterstützung	Höhe 20 cm	Steht auf Bewehrung	Punktförmig	Verlegeabstand in cm





Arbeitsblatt 12  
Ausgabe 2002-01

# Bewehren von Stahlbetontragwerken nach DIN 1045-1:2001-07

## Mechanische Verbindungen (gemäß allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung)

Gesamtherstellung und Herausgabe:  
Institut für Stahlbetonbewehrung e.V.

### Mechanische Verbindungen von Betonstählen

#### 1 Vorbemerkung

**Stöße von Betonstählen sind gemäß DIN 1045-1, Abschnitt 12.8 durch mechanische Verbindungen (direkter Stoß oder Schweißen) oder indirekt durch Übergreifen auszubilden.**

Zweifellos ist der klassische Betonstahlstoß der Übergreifungsstoß. In vielen Fällen führt er aber zu konstruktiv mangelhaften Lösungen oder die von ihm ausgehenden Zusatzbeanspruchungen auf den Beton können nur durch zusätzliche Bewehrung aufgefangen werden.

**So bildet sich mehr und mehr eine klare Tendenz zur Verwendung von direkten Stößen durch mechanische Verbindungen heraus.**

#### 2 Gründe für Betonstahlverbindungen

Generell:

Keine Bemessungsarbeit (Berechnung der Stoßlängen aus Durchmesser, Betongüte, Verbundgüte, Stoßanteil, Stab- und Randabstand, Versatz, Zusatzbewehrung)

Im einzelnen:

- Unabhängigkeit von der Betongüte, Verbundbereich
- Vermeidung von Stabanhäufungen
- Kein Stoßversatz
- Alle Stäbe können im selben Querschnitt gestoßen werden
- Vermeidung von zusätzlichen Beanspruchungen auf den Beton
- Vermeidung von Querbewehrung aus Platz- und Kostengründen
- Vermeidung von Betoniermängeln durch Stabanhäufung im Stoßbereich
- Vermeidung großer Stoßlängen

#### 3 Bei der Auswahl der optimalen Betonstahlverbindung sind folgende Aspekte zu beachten

##### 3.1 Konstruktive Aspekte

- Findet die Kraftübertragung ohne oder mit Zusatzbeanspruchung auf den Beton statt?
- Ist die Betondeckung und der lichte Stababstand am gestoßenen Stab oder am Verbindungsmittel zu bemessen?
- Welche Länge und welche Durchmesser hat das Verbindungsmittel (dehnungsbehinderte Zone)?
- Besteht eine Abhängigkeit von der Stahlsorte (benötigt man einen Sonderstahl, dürfen Stähle mancher Stahlherstellungsarten nicht Verwendung finden)?
- Ist die Verbindung auf Ermüdung beanspruchbar?  
Wie hoch ist die Dauerschwingfestigkeit?
- Ist der Stoß gegen Anprall (hohe Belastungsgeschwindigkeit) unempfindlich?
- Ist der Stoß elektrisch leitfähig (Kurzschluss, Fremdstrom)?

**INSTITUT FÜR STAHLBETONBEWEHRUNG e.V.**

### 3.2 Herstellbarkeit

- Kann an beliebigen Stellen des Stabes gestoßen werden?
- Kann vorgefertigt werden?
- Sind Spezialkräfte erforderlich?
- Kann in der Schalung gearbeitet werden?
- Müssen die Stäbe gedreht werden?
- Muss eine Konterung aufgebracht werden?
- Wie groß ist der Platzbedarf für den Zusammenbau?
- Benötigt man Spezialwerkzeug?
- Wie empfindlich ist die Verbindung gegen allfällige Verschmutzung oder mechanische Verletzung?
- Wie kann man die Güte der Ausführung kontrollieren?
- Wie sensibel ist die Verbindung auf Positionsfehler (Achsabweichung etc.)?

### 3.3 Kosten für Stöße ergeben sich aus

- Material (z.B. spezieller Stahl)
- Anarbeitung (z.B. Gewindeschneiden, Schweißvorbereitung)
- Verbindungsmittel, Kontermuttern
- Geräte für die Herstellung der Verbindung
- Personal und Zeitaufwand für die Herstellung
- Überprüfung (Prüfung der Verbindung)
- Konstruktionsbedingte Kosten (Zusatzbewehrung etc.)

### 3.4 System

Werden Lösungen für die verschiedenen Bauaufgaben (komplettes System) angeboten, wie:

- Stoß unterschiedlicher Durchmesser
- Stoß ohne Drehen (z.B. abgebogener Stäbe)
- Stoß bei Stabzwischenräumen
- Verankerungen
- Verfügbarkeit von Lösungen für Reparatur- und Sanierungsarbeiten

### 3.5 Marktbetreuung

- Steht für Beratung und Betreuung geschultes Personal zur Verfügung?
- Liegen langjährige Erfahrungen vor?

## 4 Auf dem Markt befindliche Systeme:

Voraussetzung: Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung

### Systeme von mechanischen Verbindungen Kurzbeschreibung

#### Verbindungen mit Spezialstahl (siehe 4.1)

Sofern Spezialstähle mit schraubenförmigen Rippen eingesetzt werden, ist es möglich, mittels Schraubmuffen Verbindungen herzustellen. Diese müssen gekontert werden.

#### Verbindungen ohne Anarbeitung der Betonstähe im Stoßbereich (siehe 4.2)

Hier sind zwei Verfahren im Einsatz:

- hydraulisch aufgepresste Muffen
- Muffen mit Scherbolzen und Zahnleisten

#### Verbindungen mit Anarbeitung der Betonstähe im Stoßbereich (siehe 4.3)

Es werden zwei Ausführungen angeboten:

- Muffen mit konischem Gewinde
- Muffen mit zylindrischem Gewinde

#### Kombinationssysteme (siehe 4.4)

Diese können aus

- Gewindehülsen mit Koppelbolzen
- aufgepressten Muffen mit Koppelbolzen o.ä. bestehen

#### Spezielle Ausführungen (in den Tabellen 4.1 bis 4.4 mit V, R, A, S bezeichnet)

Für den Ausgleich des Längsversatzes von zu stoßenden Betonstähen sowie zum nachträglichen Einsetzen (Verbinden) der Bewehrung in Aussparungen im Beton werden von einigen Herstellern Sonderausführungen angeboten.

Zum Übergang auf einen benachbarten Durchmesser werden sogenannten Reduziermuffen angeboten.

Solche Lösungen existieren auch für Verbindungen, bei denen ein Stab gedreht werden müsste und aus technischen Gründen nicht gedreht werden kann (Aufbiegungen).

Für Reparaturarbeiten sind Rechts-Links-Gewinde verfügbar bzw. es können mit instationär betriebenen Werkzeugen nachträglich die Stoßenden angearbeitet werden.

**Mechanische Verbindungen für Betonstahlmatten sind unüblich.**

#### 4.1 Systeme mit Spezialstahl (Stand: Dezember 2001)

Anbieter	Zulassung Nr.	Durchmesserbereich  mm	Anwendungsbereich Z: Zug D: Druck V: Verankerung R: Reduktionsmuffe A: Anschweißmuffe S: Spannmuffe	Spezialwerkzeug	Anarbeitung des Stahls nötig	Spezialstahl  Stähle mit Gewinderippen	Konterung nötig	Platzbedarf	Ermüdungsfestigkeit  N/mm <sup>2</sup>
Dyckerhoff & Widmann AG	Z-1.5-76	12 ÷ 32	Z, D, V, R, A, S	Kontergerät	nein	BSt 500 S *)	ja	groß	100 ÷ 140
	Z-1.5-149	40, 50	Z, D, V, R, A, S	Kontergerät	nein	BSt 500 S *)	ja	groß	60 ÷ 80
	Z-1.5-2	63,5	Z, D, V	Kontergerät	nein	S 555/700 *)	ja	groß	-
	Z-1.5-4	20, 26, 28	Z, D, V, R	Kontergerät	nein	BSt 1100 *)	ja	groß	-
SAS Stahlwerk Annahütte Systemtechnik	Z-1.5-174	12 ÷ 32	Z, D, V	Kontergerät	nein	BSt 500 S **)	ja	groß	80 ÷ 100
	Z-1.5-173	40, 50	Z, D, V	Kontergerät	nein	BSt 500 S **)	ja	groß	60
	Z-1.5-175	63,5	Z, D, V (nur für Verpresspfähle, Bodenver-nagelungen)	Kontergerät	nein	S 555/700 **)	ja	groß	60
*) linksgängig **) rechtsgängig									

Anbieter	Zulassung Nr.	Durchmesserbereich  mm	Charakteristische Maße der Standardmuffen		Kontermoment Anzugsmoment kNM
			$\frac{L_M}{d_s}$	$\frac{D_A}{d_s}$	
			L <sub>M</sub> : Gesamtlänge	D <sub>A</sub> : Außendurchmesser	
Dyckerhoff & Widmann AG	Z-1.5-76	12 ÷ 32	4,4 ÷ 5,0	1,6 ÷ 1,8	4,4 ÷ 1,6
	Z-1.5-149	40, 50	4,0	1,6	2,9 ÷ 8,0
SAS Stahlwerk Annahütte Systemtechnik	Z-1.5-174	12 ÷ 32	1,8 ÷ 2,1	1,7 ÷ 1,8	0,20 ÷ 1,60
	Z-1.5-173	40, 50	1,7	1,6	2,9 ÷ 8,0
	Z-1.5-175	63,5	6,5	1,6	12

## 4.2 Systeme ohne Anarbeitung des Betonstahls (Stand: Dezember 2001)

Anbieter	Zulassung Nr.	Durchmesserbereich mm	Anwendungsbereich Z: Zug D: Druck V: Verankerung R: Reduktionsmuffe L: Längenausgleich A: Anschweißmuffe	Spezialwerkzeug	Anarbeitung des Stahls nötig	Spezialstahl	Konterung nötig	Platzbedarf	Ermüdungsfestigkeit N/mm <sup>2</sup>
Eberspächer GmbH	Z-1.5-23	10 ÷ 28	Z, D, R	Preßwerkzeug	nein	nein	nein	groß	90
Dyckerhoff & Wüldemann AG	Z-1.5-150	16 ÷ 32	Z, D, R	Preßwerkzeug	nein	nein	nein	groß	80 ÷ 120
DEHA Ankersysteme GmbH & Co KG	Z-1.5-10	8 ÷ 28	Z, D	Schraubenschlüssel	nein	nein	nein	klein	80
Dextra Manufacturing Co Ltd, Bangkok	Z-1.5-133	12 ÷ 40	Z, D, R	nein	nein	nein	Anzugsdrehmoment	klein	80

Anbieter	Zulassung Nr.	Durchmesserbereich mm	Charakteristische Maße der Standardmuffen		Kontermoment Anzugsmoment kNM
			$\frac{L_M}{d_s}$ L <sub>M</sub> : Gesamtlänge	$\frac{D_A}{d_s}$ D <sub>A</sub> : Außendurchmesser	
Eberspächer GmbH	Z-1.5-23	10 ÷ 28	8,4 ÷ 9,0 <sup>1)</sup>	1,75 ÷ 3,0 <sup>1)</sup>	-
Dyckerhoff & Wüldemann AG	Z-1.5-150	16 ÷ 32	7,1 ÷ 8,1 <sup>1)</sup>	1,75 ÷ 1,81 <sup>1)</sup>	-
DEHA Ankersysteme GmbH & Co KG	Z-1.5-10	8 ÷ 28	8,0 ÷ 11,1	2,3 ÷ 4,1	-
Dextra Manufacturing Co., Ltd.	Z-1.5-133	12 ÷ 40	6,5 ÷ 9,2	1,7 ÷ 1,9	-

<sup>1)</sup> Vor dem Verpressen

### 4.3 Systeme mit Anarbeitung des Betonstahls (Stand: Dezember 2001)

Anbieter	Zulassung Nr.	Durchmesserbereich mm	Anwendungsbereich Z: Zug D: Druck V: Verankerung R: Reduktionsmuffe L: Längenausgleich A: Anschweißmuffe	Spezialwerkzeug	Anarbeitung des Stahls nötig	Spezialstahl	Konterung nötig	Platzbedarf	Ermüdungsfestigkeit N/mm <sup>2</sup>
Erico GmbH Schwanenmühle	Z-1.5-148	10 ÷ 32	Z, D, V, R, L, A	nein	ja	nein	Anzugsmoment	klein	80 (70)
	Z-1.5-77	40	Z, D, V, R, L, A	nein	ja	nein	Anzugsmoment	klein	70
Max Frank GmbH & Co KG Leiblfing	Z-1.5-100	12 ÷ 28	Z, D	Schraubenschlüssel	ja	nein	Anzugsmoment	klein	70
Wayss & Freytag AG	Z-1.5-74	10 ÷ 32	Z, D	nein	ja	nein	festschrauben mit Rohratsche	klein	80 (nur 10 ÷ 28)
	Z-1.5-75	10 ÷ 20	Z, D	nein	ja	speziell für nicht rostenden Stahl	festschrauben mit Rohratsche	klein	-

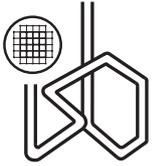
Anbieter	Zulassung Nr.	Durchmesserbereich mm	Charakteristische Maße der Standardmuffen		Kontermoment Anzugsmoment kNm
			$\frac{L_M}{d_s}$ L <sub>M</sub> : Gesamtlänge	$\frac{D_A}{d_s}$ D <sub>A</sub> : Außendurchmesser	
Erico GmbH Schwanenmühle	Z-1.5-148	10 ÷ 32	3,3 ÷ 4,8	1,3 ÷ 1,7	0,04 ÷ 0,30
	Z-1.5-77	40	3,3	1,3	0,34
Max Frank GmbH & Co KG Leiblfing	Z-1.5-100	12 ÷ 28	2,3 ÷ 3,3	1,6 ÷ 1,8	0,06 ÷ 0,28
Wayss & Freytag AG	Z-1.5-74	10 ÷ 32	3,0	1,8 ÷ 1,96	-
	Z-1.5-75	10 ÷ 20	3,0	1,5 ÷ 1,7	-

#### 4.4 Kombinationssysteme (Stand: Dezember 2001)

Anbieter	Zulassung Nr.	Durchmesserbereich mm	Anwendungsbereich Z: Zug D: Druck V: Verankerung R: Reduktionsmuffe A: Anschweißmuffe L: Längenausgleich S: Spannmuffe	Spezialwerkzeug	Anarbeitung des Stahls nötig	Spezialstahl	Kontierung nötig	Platzbedarf	Ermüdungsfestigkeit N/mm <sup>2</sup>
Pfeifer Seil- und Hebeteknik GmbH & Co KG	Z-1.5-81	8 ÷ 32	Z, D	nein	nein	nein	Anzugdrehmoment	klein	60
	Z-1.5-96	12 ÷ 28	Z, D	nein	ja	nein	Anzugdrehmoment	klein	-
Halfen GmbH & Co KG	Z-1.5-103	12 ÷ 28	Z, D	nein	ja	nein	Anzugdrehmoment	klein	100
Schöck Bauteile GmbH	Z-1.5-177	10 ÷ 32	Z, D, R, L	nein	nein	nein	nein	klein	≤ 20 mm: 80 25 mm: 70 32 mm: 70
DEMU Metaal-industrie BV Utrecht	Z-1.5-139	12 ÷ 32	Z, D	nein	ja	nein	Anzugdrehmoment	klein	80

Anbieter	Zulassung Nr.	Durchmesserbereich mm	Charakteristische Maße der Standardmuffen		Kontermoment Anzugsmoment kNM
			$\frac{L_M}{d_s}$ L <sub>M</sub> : Gesamtlänge	$\frac{D_A}{d_s}$ D <sub>A</sub> : Außendurchmesser	
Pfeifer Seil- und Hebeteknik GmbH & Co KG	Z-1.5-81	8 ÷ 32			
	Z-1.5-96	12 ÷ 28	8,5 ÷ 10,0	1,74 ÷ 2,0	0,02 ÷ 0,18
Halfen GmbH & Co KG	Z-1.5-103	12 ÷ 28	2,8 ÷ 2,9	1,6	0,03 ÷ 0,14
Schöck Bauteile GmbH	Z-1.5-177	8 ÷ 32	9,0 ÷ 10,2	1,6 ÷ 1,7	-
DEMU Metaal-industrie BV Utrecht	Z-1.5-139	12 ÷ 32	3,6 ÷ 3,75	1,6 ÷ 1,75	0,04 ÷ 0,14





Arbeitsblatt 13  
Ausgabe 2002-01

# Bewehren von Stahlbetontragwerken nach DIN 1045-1:2001-07

## Formelzeichen, Begriffe für die Bewehrung

Gesamtherstellung und Herausgabe:  
Institut für Stahlbetonbewehrung e.V.

### Betonstahl / Bewehrung

$d_s$	Nenndurchmesser des Betonstahls
$d_{sv}$	Vergleichsdurchmesser
$d_g$	Größtkorndurchmesser der Gesteinskörnung
$d_{br}$	Biegerollendurchmesser
$f_{yk}$	charakteristischer Wert der Streckgrenze ( $f_{0,2k}$ bei nicht ausgeprägter Streckgrenze)
$f_{yd}$	Bemessungswert der Streckgrenze
$f_{tk}$	charakteristischer Wert der Zugfestigkeit
$f_{tk}^*$	525 N/mm <sup>2</sup> , Stahlspannung bei $\epsilon_s = 0,025$ %
$f_{yR}$	rechnerischer Mittelwert der Streckgrenze ( $=1,1 f_{yR}$ )
$f_{tR}$	rechnerischer Mittelwert der Zugfestigkeit $\left(\frac{f_t}{f_y}\right)_k \cdot f_{yR}$
$\epsilon_{uk}$	charakteristischer Wert der Betonstahldehnung unter Höchstlast
$\epsilon_{su}$	rechnerische Dehnung bei Höchstlast
$\epsilon_s$	Dehnung des Betonstahls
$\epsilon_{yd}$	Bemessungswert der Dehnung des Betonstahls an der Streckgrenze
$E_s$	Elastizitätsmodul des Betonstahls
$\alpha_e$	Verhältnis der E-Moduli von Betonstahl zu Beton
$\gamma_s$	Teilsicherheitsbeiwert für Betonstahl (vorwiegend ruhend)
$\gamma_{s,fat}$	Teilsicherheitsbeiwert für Betonstahl (Ermüdungsnachweis)
$d_{br}$	Biegerollendurchmesser
$A_s$	Querschnittsfläche des Betonstahls
$A_{sw}$	Querschnittsfläche der Bügel
$\rho$	geometrisches Bewehrungsverhältnis
$f_R$	bezogene Rippenfläche

**INSTITUT FÜR STAHLBETONBEWEHRUNG e.V.**

## Verbund

$f_{bd}$	Bemessungswert der Verbundfestigkeit
$\zeta$	Verhältnis der Verbundfestigkeit von Spanngliedern im Einpressmörtel zur Verbundfestigkeit von Betonstahl
$l_b$	Grundmaß der Verankerungslänge
$l_{b,min}$	Mindestwert der Verankerungslänge
$l_{b,net}$	Verankerungslänge
$l_s$	Stoßlänge (Übergreifungslänge)
$l_{s,min}$	Kleinstwert von $l_s$
$\alpha_1$	Beiwert nach DIN 1045-1, Tabelle 27
$\alpha_2$	Beiwert Berücksichtigung des Mattenquerschnittes
$\alpha_a$	Beiwert nach DIN 1045-1, Tabelle 26
$l_{b,dir}$	Verankerungslänge bei direkter Auflagerung
$l_{b,ind}$	Verankerungslänge bei indirekter Auflagerung

## Bemessung

$A_c$	Gesamtfläche des Betonquerschnitts
$A_s$	Querschnittsfläche des Betonstahls
$A_{sw}$	Querschnittsfläche der Querkraft und Torsionsbewehrung
$F_{sd}$	Zugkraft des Betonstahls
$s$	Stababstand
$a$	Abstand
$a^*$	Abstand des Schwerpunktes der Betondruckspannungen vom oberen Rand des Querschnitts
$b$	Breite
$b_{eff}$	mitwirkende Plattenbreite
$b_w$	Stegbreite
$a_l$	Versatzmaß der Zugkraftdeckungslinie
$d$	statische Nutzhöhe
$h$	Höhe, Bauteildicke
$x$	Höhe der Druckzone
$z$	Hebelarm der inneren Kräfte
$s_o$	Randabstand der Bewehrung
$\sigma$	Normalspannung
$\sigma_s$	Spannung im Betonstahl
$\Theta$	Druckstrebenwinkel, Rotation
$l$	Länge, Stützweite
$\alpha$	Winkel der Querkraftbewehrung zur Bauteilachse
$V_{Rd,Sy}$	Bemessungswert der durch das Fließen der Querkraftbewehrung begrenzten Querkkräfte
$V_{td}$	Bemessungswert der Querkraftkomponente der Betonstahlzugkraft
$D_{sd}$	Schädigungssumme beim Ermüdungsnachweis

$\Delta\sigma_R$	Spannungsschwingbreite
$\Delta\sigma_{s, \text{equ}}$	schädigungsäquivalente Spannungsschwingbreite
$N_{Ed}$	Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft (bei Druck: negativ!)
$M_{Eds}$	Bemessungswert der einwirkenden Querkraft bezogen auf die Schwereachse der Bewehrung
$M_{Ed}$	Bemessungswert des einwirkenden Biegemoments
$V_{Ed}$	einwirkende Querkraft
$A_{Sc}$	Querschnittsfläche der Biegezugbewehrung
$A_{sw}$	Querschnittsfläche der Querkraftbewehrung

### Dauerhaftigkeit

$c$	Betondeckung
$c_{\min}$	Mindestmaß der Betondeckung
$c_{\text{nom}}$	Nennmaß der Betondeckung
$c_v$	Verlegemaß der Betondeckung
$\Delta c$	Vorhaltemaß der Betondeckung

### Begriffe zur Bewehrung mit Betonstahl, den Abschnitten der DIN 1045-1 zugeordnet

Mindestbewehrung (5.3.2)	Bewehrung zur Sicherstellung des Duktilitätskriteriums
Duktilitätskriterium (5.3.2)	(Im Rahmen von DIN 1045-1): Vermeidung eines Bauteilversagens ohne Vorankündigung bei Erstrissbildung
Biegezugbewehrung (10.2 (8))	Bewehrung in der Biegezugzone
Querkraftbewehrung (10.3. / 12.2.3)	Bügel, Querkraftzulagen, Schrägstäbe
Verbundbewehrung (10.3.6 (4) / 13.4.3. (3))	Bewehrung in Fugen von Verbundbauteilen
Schubbewehrung (10.3.6 (7))	Bewehrung in der Fuge zur Schubkraftübertragung
Ringanker-/Pfostenbewehrung (10.3.6 (9))	Bewehrung in Scheiben
Torsionsbewehrung (10.4.1 (6))	Zusätzlich zur Mindestbewehrung bei Torsion erforderliche Bewehrung
Bügelbewehrung (10.4.2 (2))	Bügelbewehrung aus Torsionsbeanspruchung
Bügelbewehrung für Torsion (10.4.2 (3))	Bügelbewehrung aus Torsionsbeanspruchung
Längsbewehrung für Torsion (10.4.2 (4))	Längsbewehrung aus Torsionsbeanspruchung
Längsbewehrung (10.4.2 (4) / 10.3.4 (9))	Bewehrung zur Aufnahme der Zugkraft
Durchstanzbewehrung (10.5.3 (6) (7) / 10.5.4 / 10.5.5)	Bewehrung zur Verhinderung des Durchstanzens

Mindestbewehrung (11.2.2)	Bewehrung zur Begrenzung der Rissbreite
Betonstahlbewehrung (11.2.2 (5))	Bewehrung in der Zugzone
Querbewehrung (12.8.3)	Bewehrung im Bereich von Übergreifungsstößen
Längsbewehrung (12.8.4)	Haupttragbewehrung bei Betonstahlmatten
Höchstbewehrung (13.1.1 (4))	Maximale Bewehrung eines Querschnitts
Mindestbügelbewehrung (13.1.1(5))	Bewehrung zur Umschnürung der Biegedruckzone
Oberflächenbewehrung (13.1.2)	Bewehrung bei Bauteilen mit Vorspannung
Gurtbewehrung (13.2.2 (4))	Bewehrung im Gurt von z.B. Plattenbalken
Oberflächenbewehrung (13.2.5)	Zusatzbewehrung bei großen Stabdurchmessern
Querbewehrung (13.3.2 (2))	Mindestbewehrung für einachsig gespannte Platten
Querbewehrung bei Stützen (15.5.3 (1))	Bügel, Schlaufen, Wendel
Eckbewehrung (13.3.2 (6))	Spezielle Bewehrungen bei Vollplatten aus Ortbeton
Netzbewehrung (13.3.2 (6))	
Feldbewehrung (13.3.2 (6))	
Verbundsicherungsbewehrung (13.3.2 (6))	
Aufhängebewehrung (13.11 (1))	Bügel am indirekten Auflager
Aufhängebewehrung (13.11 (2))	Bewehrung im Kreuzungsbereich bei indirekter Auflagerung
Ringanker, Zuganker, Stützen- und Wandzuganker, Zugglieder (13.12)	Bewehrung zur Schadensbegrenzung und Stabilitätssicherung bei außergewöhnlichen Ereignissen

## Bauaufsichtliche Einführung des neuen Normenwerks für Stahlbeton

### 1 Allgemeines

*Die zuständigen Gremien der ARGEBAU haben die bauaufsichtliche Einführung des neuen Normenwerks im Betonbau beschlossen. Dieses besteht aus den Teilen 1 bis 4 von DIN 1045 sowie DIN EN 206. Alle genannten Normen tragen das Ausgabedatum Juli 2001. Wegen der umfangreichen Verweise in DIN 1045-1 ist die seit März 2001 als Weißdruck vorliegende Norm DIN 1055-100 Voraussetzung für die Anwendung des neuen Normenwerks.*

### 2 Übergangsfrist

*Während einer **Übergangsfrist bis 31.12.2004** dürfen altes und neues Normenwerk alternativ angewendet werden, wobei ein **Mischungsverbot** zu beachten ist.*

*Während der festgelegten Übergangsfrist dürfen bauliche Anlagen entweder nach altem oder nach neuem Normenwerk geplant und ausgeführt werden. Nach Ablauf der Frist ist die Planung nur noch nach neuem Normenwerk möglich. Da zwischen Planung und Ausführung in vielen Fällen ein größerer Zeitraum liegt, darf die Ausführung nach Ablauf der Übergangsfrist noch nach den alten Normen DIN 1045, DIN 4227 bzw. DIN 4219 erfolgen, wenn die Planung auf diesen Normen basierte.*

### 3 Konzept der DIN 1045 - neu -

*Die DIN 1045 - neu - entspricht der deutschen Stellungnahme zum Eurocode 2 und damit weitgehend der zukünftigen nationalen Fassung von EN 1992.*

*Aufgrund des unterschiedlichen Bemessungskonzepts von altem und neuem Normenwerk ist ein **Mischungsverbot** erforderlich: Regelungen nach dem neuen Normenwerk dürfen nicht mit denen nach dem alten Normenwerk verknüpft werden mit einer Ausnahme: Die Bemessung von Fertigteilen und vergleichbaren Bauteilen nach einem anderen Normenwerk ist möglich, wenn die betreffenden Bauteile mit dem Gesamttragwerk nicht monolithisch verbunden sind und die Übertragung der Schnittgrößen innerhalb des Gesamttragwerks sowie die Gesamtstabilität nicht berührt werden.*

### 4 Hinweis

Die hier abgedruckte Darstellung ist eine

Kurzfassung

eines von Herrn Dr. U. Hartz verfassten Artikels in den DIBt-Mitteilungen 1/2002.

In diesem Artikel wird ausführlich auf den Beschluss der ARGEBAU-Gremien eingegangen und ein Überblick über das neue Normenwerk DIN 1045-1, -2, -3, -4 und DIN 1055-100 gegeben.

Die offizielle bauaufsichtliche Einführung ist dann vollzogen, wenn mindestens ein Bundesland die Norm eingeführt hat. Das wird in Kürze geschehen.



**Autoren:**

D. Rußwurm

Studium	TU München
Promotion	TU Braunschweig
Habilitation	Universität Stuttgart

E. Fabritius

Studium	Universität Stuttgart
Promotion	Universität Stuttgart
	DSI DYWIDAG Systems International GmbH, München

## Notizen

## Notizen

## Notizen

## Notizen

## Notizen

**Institut für Stahlbetonbewehrung e.V.**  
**Kaiserswerther Str. 137**  
**40474 Düsseldorf**  
**Telefon: 0211/4564-256/255**  
**Telefax: 0211/4564-218**  
[www.isb-ev.de](http://www.isb-ev.de)  
[mail@isb-ev.de](mailto:mail@isb-ev.de)