

**Stahlzellenverbundkonstruktionen**  
**Technische Vorschrift**

**Teil A: Bauliche Durchbildung und Berechnung**

# Technische Vorschrift

für die bauliche Durchbildung,  
Berechnung, Ausführung und Abnahme  
von Stahlzellenverbundkonstruktionen

Teil A: Bauliche Durchbildung und Berechnung

Als Manuskript gedruckt

Bauakademie der Deutschen Demokratischen Republik  
Institut für Industriebau

Berlin, Mai 1975

Die Ausarbeitung der Technischen Vorschrift erfolgte im Rahmen der F/E - Aufgabe  
"KKW mit 440 MW DWR - Stahlzellenverbundbau"

Auftraggeber: VEB BMK Kohle und Energie  
KB Forschung und Projektierung Berlin  
Direktor: Obering. Zingler

Auftragnehmer: Bauakademie der DDR  
Institut für Industriebau  
Direktor: Professor Dipl.-Ing. Hafrang

Autorenkollektiv: Dr.-Ing. Thomasch (Leitung)  
Dipl.-Ing. Bader Dr.-Ing. Krüger  
Dr.-Ing. Bartel Dipl.-Ing. Menzel  
Schweißing. Freyer Bauing. Porkert  
Dipl.-Ing. Friedrich Dipl.-Ing. Reiche  
Dr.-Ing. Helmbach Dipl.-Ing. Walther  
Dipl.-Ing. König Dipl.-Ing. Wartenberg

Folgende Institutionen und Betriebe haben mitgearbeitet:

Bauakademie der DDR  
- Institut für Technologie und Mechanisierung  
  . FK Baumechanik  
  . Zentrallabor für Korrosionsschutz  
- Institut für Ingenieur- und Tiefbau  
  Abt. Versuchswesen  
  
VEB Metalleichtbaukombinat  
- Werk Magdeburg  
- Werk Industriemontagen Leipzig  
  
Institut für Stahlbeton des VEB Betonleichtbaukombinat Dresden  
  
Technische Universität Dresden  
  Sektion Architektur, Gebiet Tragsysteme und Tragkonstruktionen

Diese Bauweise ist zum Patent angemeldet (WP 97461 und andere).

Die Technische Vorschrift für die bauliche Durchbildung, Berechnung, Ausführung und  
Abnahme von Stahlzellenverbundkonstruktionen,  
Teil A: Bauliche Durchbildung und Berechnung,  
wird bestätigt. Sie ist gültig bis zum 30. 6. 1976

Ministerrat der DDR  
Ministerium für Bauwesen  
Staatliche Bauaufsicht

Berlin, den 30. 6. 1975

**gez. i. A. Elze**

Dipl.-Ing. Schütze  
- Der Leiter -

Die in der weiteren Bearbeitung dieser F/E - Aufgabe gewonnenen Erkenntnisse werden  
am 30. 6. 1976 als Nachtrag veröffentlicht.

I n h a l t

Seite

0.	Vorbemerkung	5
1.	Allgemeines	5
1.1.	Geltungsbereich	5
1.2.	Bauvorlagen	7
1.3.	Baustoffe	7
2.	Bauliche Durchbildung	8
2.1.	Abmessung der Zellen, Einordnung in den Raster	8
2.2.	Allgemeine konstruktive Ausbildung der Wände und Decken	8
2.3.	Blechbewehrung	8
2.4.	Blechaussteifung	10
2.5.	Stabilisierung der Stahlzelle	10
2.6.	Verbundmittel	10
2.7.	Konstruktive Besonderheiten bei Wand- und Deckenzellen	12
2.7.1.	Wandzellen	12
2.7.2.	Deckenzellen	13
2.8.	Wandzellen mit einseitiger Blechbewehrung	13
2.9.	Zusatzbewehrung aus Rundstahl	15
2.10.	Verbindung von Bauteilen	15
2.10.1.	Verbindung Wand - Fundament	15
2.10.1.1.	Überdeckungsstoß Rundstahl-Blechbewehrung	15
2.10.1.2.	Geschweißte Verbindung	15
2.10.2.	Verbindung von Wandzellen	15
2.10.3.	Verbindung von Wänden (Wanddecken)	18
2.10.4.	Verbindung Wand - Decke	20
2.10.5.	Stützenanschlüsse auf Wänden	20
2.11.	Verbindungselemente	24
2.11.1.	Verbindung Rundstahl-Blechbewehrung durch Überdeckung	24
2.11.2.	Schweißverbindung	24
2.11.2.1.	Verbindung Rundstahl-Stahlblech	27
2.11.2.2.	Verbindung von Rundstählen	29
2.11.2.3.	Verbindung von Stahlblechen	30
2.11.2.4.	Verbindung der Blechaussteifung mit dem Stahlblech	32
2.11.2.5.	Verbindung Rundstahldübel-Blechbewehrung	32
2.11.3.	Rundstahlverankerung im Beton	32
2.12.	Versatzteile	32
2.12.1.	Türen und Öffnungen	35
2.12.2.	Rohrdurchführungen	35
2.12.2.1.	Allgemeine Grundlagen	35
2.12.2.2.	Einzelrohre ohne Manschette	35
2.12.2.3.	Einzelrohre mit Manschette	36
2.12.2.4.	Durchführungen von Rohrgruppen	36
2.12.2.5.	Rohre als Fachwerkfüllstäbe	38
2.12.3.	Arbeitsöffnungen	38
2.12.4.	M-Versatzteile	39
2.12.5.	E-Versatzteile	39
2.12.6.	Rohrleitungen innerhalb der Stahlzellen	39
2.13.	Konsolen	40
2.14.	Arbeitsfugen	40
2.15.	Austenitstahlverkleidung	40
3.	Brandschutz	40
4.	Korrosionsschutz	41
4.1.	Allgemeines	41
4.2.	Korrosionsschutzmaßnahmen für die Stahlzellen	42
4.2.1.	Auf der betonzugewandten Seite	42
4.2.2.	Auf der betonabgewandten Seite	42
4.3.	Konstruktiver Korrosionsschutz	42

	Seite	<u>0.</u>
5.	Nachweise für den Bauzustand	43 Die
5.1.	Allgemeine Grundlagen	43 Abr
5.2.	Besonderheiten bei Wänden	45 Teil
5.3.	Besonderheiten bei Decken	46 Teil
5.3.1.	Lastannahmen	46 Teil
5.3.2.	Statisches System	46 Teil
5.3.3.	Nachweise	46 Teil
6.	Grundlagen zur Ermittlung der Schnittgrößen für die Verbundquerschnitte	47 Teil
6.1.	Lastannahmen	47 Teil
6.2.	Schnittgrößen infolge Lasten	47 1.
6.3.	Schnittgrößen infolge von Zwängungen	48 1.
7.	Grundlagen zur Ermittlung der Formänderungen für die Verbundquerschnitte	48
7.1.	Stahl	48
7.2.	Beton	48
7.3.	Einfluß der punktweisen Verdübelung	48
7.4.	Temperaturänderungen	49
7.5.	Temperaturabhängige Kriech- und Schwindbeiwerte	49
7.5.1.	Kriechen	49
7.5.2.	Schwinden	49
8.	Bemessung des Verbundquerschnittes	50
8.1.	Allgemeine Grundlagen	51
8.2.	Bemessung für Biegung und Biegung mit Längskraft im Stadium II	52
8.2.1.	Erforderliche Nachweise	52
8.2.2.	Einfluß der Temperatur auf die Betoneigenschaften	52
8.2.3.	Rechenfestigkeit des Stahls	53
8.3.	Zusätzliche Anforderungen bei Bemessung für Druck und Nachweis der Knicksicherheit	55
8.3.1.	Berechnung	55
8.3.2.	Zusätzliche konstruktive Anforderungen	56
8.3.2.1.	Bezogene Außermittigkeit $m_a < 3$	56
8.3.2.2.	Bezogene Außermittigkeit $3 \leq m_a \leq 15$	56
8.3.3.	Ermittlung der Ausweichzahlen $\omega$	57
8.3.3.1.	Knicklängen	57
8.3.3.2.	$\omega$ bei Einhaltung der konstruktiven Anforderungen nach Abschnitt 8.3.2.	57
8.3.3.3.	$\omega$ bei Nichteinhaltung der konstruktiven Anforderungen nach Abschnitt 8.3.2.	57
8.4.	Bemessung für Querkraft	58
8.5.	Dübelaufteilung	59
8.6.	Dübelberechnung	60
8.6.1.	Kopfbolzendübel	60
8.6.1.1.	Kopfbolzendübel mit Scherbeanspruchung	60
8.6.1.2.	Kopfbolzendübel mit Scher- und Zugbeanspruchung	61
8.6.2.	Winkeldübel	62
8.6.3.	Starre Enddübel	62
8.7.	Endverankerung der Feldbewehrung	63
8.8.	Beschränkung der Durchbiegung unter Gebrauchslast	63

## 0. Vorbemerkung

Die "Technische Vorschrift für die bauliche Durchbildung, Berechnung, Ausführung und Abnahme von Stahlzellenverbundkonstruktionen" besteht aus folgenden Teilen:

Teil A: Bauliche Durchbildung und Berechnung

Teil B: Fertigung

Teil C: Versandtransport

Teil D: Montage und Lagerung

Teil E: Meßtechnische Aufgaben

Teil F: Betonieren

Teil G: Kontrolle und Abnahme

### 1. Allgemeines

#### 1.1. Geltungsbereich

Diese Vorschrift gilt für die Berechnung und bauliche Durchbildung von Wand- und Deckenkonstruktionen aus stahlblechbewehrtem Beton. Dabei ist das Stahlblech durch geeignete Verbindungsmittel mit dem Beton derart verbunden, daß sich beide Baustoffe an der Übertragung von Kräften beteiligen. In der Regel ist die Stahlblechbewehrung, die im Bauzustand auch die Funktion der Schalung übernimmt, in Form montagefähiger Zellen vorgefertigt und mit funktionell erforderlichen Einbauten und Versatzteilen komplettiert.

Dieses Prinzip wird im folgenden als "Stahlzellenverbundmontagebauweise" bezeichnet (Kurzbezeichnung: Stahlzellenbauweise).

Die Anwendung der Stahlzellenbauweise beschränkt sich auf Bauteile mit tragendem Rechteckquerschnitt im Temperaturbereich  $t \leq 150^{\circ}\text{C}$  und Ausführungsgruppe C nach TGL 13 500 [18] bei Einhaltung der Schlankheitsbegrenzungen nach Abschnitt 8.3.1. und 8.8. Werden die Bauteile einer dauernden Temperaturbeanspruchung von  $t \geq 90^{\circ}\text{C}$  ausgesetzt, so ist durch geeignete konstruktive Maßnahmen für eine Dampfdruckentspannung zu sorgen.

Soweit nachfolgend nichts anderes festgelegt oder durch Theorie oder Versuche nachgewiesen wird, gelten für die Stahlzellenbauweise die nachfolgenden Vorschriften mit:

- |       |                   |                     |                            |  |
|-------|-------------------|---------------------|----------------------------|--|
| [ 1 ] | TGL 0-1045        |                     | Ausg. 4.73                 | Bauwerke aus Stahlbeton; Projektierung und Ausführung  |
| [ 2 ] | TGL 21 093        | Bl. 1...3<br>Bl. 4  | Ausg. 12.69<br>Ausg. 12.70 | Prüfung des Frischbetons   |
| [ 3 ] | TGL 21 094        | Bl. 1...9<br>Bl. 10 | Ausg. 12.69<br>Ausg. 7.70  | Prüfung des erhärteten Betons  |
| [ 4 ] | DAMW-VW 968       |                     | Ausg. 9.69                 | Nachweis der Druckfestigkeit von Beton   |
| [ 5 ] | TGL 28 101/01, 02 |                     | Ausg. 1.74                 | Zemente  |
| [ 6 ] | TGL 6545          |                     | Ausg. 2.63                 | Nietstähle, warm gewalzt, Technische Lieferbedingungen   |
| [ 7 ] | TGL 0-4227        |                     | Ausg. 5.63                 | Spannbeton; Berechnung und Ausführung (Berichtigung AO Nr. 419 vom 21.3.1966 und AO Nr. 430 vom 6.6.1966)                                    |
| [ 8 ] | TGL 7960          |                     | Ausg. 11.67                | Allgemeine Baustähle; Stahlmarken, Allgemeine technische Forderungen (Berichtigung AO Nr. 583 vom 6.10.1969)                                 |
| [ 9 ] | TGL 10 685        | Bl. 1 u. 3          | Ausg. 12.63                | Bautechnischer Brandschutz   |
| [10]  | TGL 10 712        | Bl. 1               | Ausg. 5.63                 | Lastannahmen für Bauten; Rohwichte und Reibungswinkel von Erdstoffen (Berichtigung AO Nr. 315 vom 17.2.1964, Standardisierung 4/64 1. Ausg.) |
| [11]  | TGL 11 422        |                     | Ausg. 3.64                 | Bauwerke und Fertigteile aus Beton und Stahlbeton; Berechnungsgrundlagen, Traglastverfahren  |
| [12]  | TGL 11 776        | Bl. 1               | Ausg. 9.66                 | Ausführungsklassen für Schweißverbindungen; Schmelzschiessen von Stahl   |
| [13]  | TGL 12 530        | Bl. 1 u. 2          | Ausg. 12.72                | Stähle für den Stahlbetonbau; Betonstahl, warm gewalzt   |

0. Vorbemerkung

Die "Technische Vorschrift für die bauliche Durchbildung, Berechnung, Ausführung und Abnahme von Stahlzellenverbundkonstruktionen" besteht aus folgenden Teilen:

- Teil A: Bauliche Durchbildung und Berechnung
- Teil B: Fertigung
- Teil C: Versandtransport
- Teil D: Montage und Lagerung
- Teil E: Meßtechnische Aufgaben
- Teil F: Betonieren
- Teil G: Kontrolle und Abnahme

1. Allgemeines

1.1. Geltungsbereich

- 10a -

Ergänzung zu Abschnitt 2.4. Blechsaussteifungen

An der Innenseite von Druckräumen sind Blechsaussteifungen mit folgenden Mindestabmessungen zu verwenden:

- Stahlblech St 38: L 50 . 5
  - Stahlblech St 52
  - s < 6 mm : L 50 . 5
  - s ≥ 6 mm : L 60 . 6
- (s Blechdicke)

Ergänzung zu Abschnitt 2.6. Verbundmittel

Die erforderliche Verankerungslänge  $l_z$  für Kopfbolzendübel mit  $d \geq 16$  mm ist nachfolgender Tabelle zu entnehmen.

Tabelle: Erforderliche Verankerungslänge  $l_z$  [mm]

Blechdicke s [mm]	$l_z$ [mm]
4	90
6	110
8	130
10	150

Änderung auf Seite 11

Bild 4, Anschlüsse von Kopfbolzendübeln, ist durch nachfolgende Darstellung zu ersetzen.

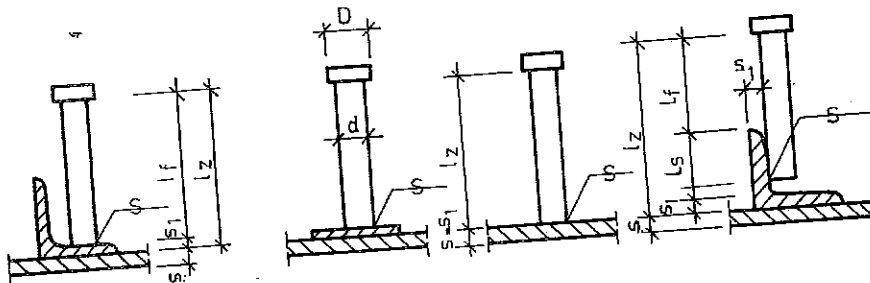


Bild 4: Anschlüsse von Kopfbolzendübeln

and- und Decken-  
 durch geeignete Ver-  
 in der Übertragung  
 Bauzustand auch  
 ertigt und mit  
 bezeichnet (Kurz-  
 gendem  
 nach TGL 13 500 [18]  
 Werden die Bau-  
 list durch geeignete

the nachgewiesen  
 :  
 ierung und

Beton

the Liefer-

ung  
 1966

Allgemeine  
 969)

und Reibungs-  
 )64, Standar-

nd Stahl-  
 stverfahren

dungen;

zahl, warm



Auf folgende Literatur wurde Bezug genommen:

- [38] Rabich, R.: Beitrag zur Berechnung der Formänderungen von Stahlbetonbauteilen unter Berücksichtigung der Ribbildung (I) (II)  
Bauplanung - Bautechnik 23 (1969) 4, S. 184...187; 5, S. 234...236, 249
- [39] Drigert, K.A.; Schröder, K.:  
Zur Ermittlung der elastischen und plastischen Verformung biegebeanspruchter Stahlbetonträger  
Bauplanung - Bautechnik 18 (1964) 1, S. 26...30
- [40] Frieberg, G.; Kurch, K.:  
Lastaufnahmemittel, Deutsche Bauenzzyklopädie Berlin, Febr. 1967

#### Anlagen:

- [41] Anlage 1: Stahlzellenverbundkonstruktionen - Projektgrundlagen
- [42] Anlage 2: Stahlzellenverbundkonstruktionen - Bemessungstabellen für den Bauzustand
- [43] Anlage 3: Stahlzellenverbundkonstruktionen - Tabellen zur Ermittlung der Biegemomente von rechteckigen Einfeldplatten
- [44] Anlage 4: Stahlzellenverbundkonstruktionen - Bemessungstabellen für Stahlzellenverbundquerschnitte

#### 1.2. Bauvorlagen

Nach Form, Inhalt und Umfang müssen die für den Prüfbescheid vorzulegenden Zeichnungen und Festigkeitsnachweise den Forderungen für Stahlbeton- und Stahlbauten unter Beachtung der in dieser Vorschrift getroffenen Festlegungen entsprechen. Dabei sind alle für die konstruktive Durchbildung maßgebenden Lastfälle im Bau- und Betriebszustand zu erfassen.

Die Anfertigung der Ausführungszeichnungen für die montagefähigen Zellen erfolgt in der Regel nach den geprüften Projektierungsunterlagen unter Beachtung der TGL 13 510 [22]. Für jede Abweichung vom Projekt (zum Beispiel außerplanmäßige Betonieröffnungen, Entnahme von Blechproben bzw. Bohrkernen aus dem erhärteten Beton, nachträglicher Einbau von Rohrversatzteilen) ist vor der Ausführung die Zustimmung des Projektanten einzuholen. Die Veränderungen sind in die Projektierungsunterlagen aufzunehmen.

Im Projekt sind Angaben zum Korrosionsschutz unter Beachtung von Abschnitt 4. festzulegen.

#### 1.3. Baustoffe

##### Beton

Für Stahlzellenverbundkonstruktionen ist mindestens Beton der Güte B 225 nach TGL 0-1045 [1] zu verwenden.

Zur Gewährleistung eines ausreichenden Korrosionsschutzes sind die Forderungen an die Betonzusammensetzung und das Verdichten nach Abschnitt 4. einzuhalten. Weitere Festlegungen enthält Teil F dieser Vorschrift. Ansonsten gelten die Festlegungen der TGL 0-1045 [1].

##### Rundstahl

Die Betonstähle müssen den Anforderungen der TGL 0-1045 [1] genügen.

##### Profilstahl, Bleche

Neben den Grundwerkstoffen St 38 und St 52 nach TGL 7960 [8] und TGL 13 500 [18] dürfen auch KT-Stähle (zum Beispiel KTS 30/45) und alle üblichen schweißbaren Baustähle verwendet werden. In besonderen Fällen können Sonderstähle (zum Beispiel Austenitstahl) als tragende Blechbewehrung Verwendung finden, wenn ihre Schweißbarkeit gewährleistet ist und die mechanischen Eigenschaften bei der Berechnung berücksichtigt werden.

## 2. Bauliche Durchbildung

### 2.1. Abmessungen der Zellen, Einordnung in den Raster

Die Abmessungen der Wand- und Deckenzellen ergeben sich aus statisch-konstruktiven und technologischen Anforderungen unter Berücksichtigung der Fertigungs-, Transport- und Montagebedingungen.

Es ist zweckmäßig, für die Gebäude komplexe rastermäßige und maßliche Beziehungen festzulegen. Dadurch kann zu Beginn der Projektierung folgendes festgelegt werden:

- Einordnung des Stahlzellenverbundbaues in angrenzende bzw. einbindende Baukonstruktionen.
- Lage von ineinandergreifenden Anschlußbewehrungen bei Fundamenten sowie einbindenden Wänden, Decken und Stützen.
- Prinzipien für die Lage von Ein- und Ausstiegschächten, Betonieröffnungen, Betoniergängen und Versatzteilen (zum Beispiel Rohr-, M- und E-Versatzteile).

Weitere Festlegungen sind im Teil E dieser Vorschrift enthalten. Beispiele siehe Anlage 1 [41].

Die Aufteilung der Zellen kann in Abhängigkeit von speziellen technischen und technologischen Forderungen vertikal, horizontal oder kombiniert (vertikal, horizontal) vorgenommen werden. Versatzteile sollen dabei nach Möglichkeit Fachwerkgerüste nicht unterbrechen und nicht im Bereich von Montagestößen liegen.

### 2.2. Allgemeine konstruktive Ausbildung der Wände und Decken

In Abhängigkeit von der konstruktiven Durchbildung werden unterschieden:

- Wandzellen mit zweiseitiger Blechbewehrung (Bild 1)
- Wandzellen mit einseitiger Blechbewehrung sowie Rundstahlbewehrung auf der anderen Seite (Bild 8)
- Deckenzellen, bestehend aus der Blechbewehrung, mit oder ohne oberer Rundstahlbewehrung (Bild 2)

Die konstruktive Durchbildung erfolgt auf der Grundlage der statischen Berechnung für die Bau- und Betriebszustände nach den Abschnitten 5. bis 8. unter Beachtung der Forderungen aus den Teilen B bis G dieser Vorschrift.

Eine Zelle besteht aus dem Stahlblech, der Rundstahlbewehrung, den Blechsaussteifungen, den Dübeln sowie den Längs- und Quertragwerken. Die Blechsaussteifungen sind im allgemeinen gleichzeitig Träger der Dübel. Die Zelle wird durch Versatzteile, Anschlußbauteile (zum Beispiel Kopf-, Fuß- und Wandanschlüsse) und Anschlagkonstruktionen komplettiert.

Die Zelle wird als räumliches Tragwerk vorzugsweise durch Fachwerke und Verbände aus Rundstahl stabilisiert. Entsprechend den geometrischen Abmessungen der Zellen sind die Stabilisierungen als Längstragwerke und Quertragwerke auszubilden. Bei Deckenzellen sind für Montagezustände zusätzliche Horizontalverbände erforderlich.

Bei Verwendung von Blechdicken  $t \leq 4$  mm kann die Randaussteifung der Bleche auch durch Abkantungen erfolgen und die Blechsaussteifungsprofile sowie die vorgefertigten Längstragwerke durch Punktschweißung von außen mit der Blechbewehrung verbunden werden.

Bei der konstruktiven Durchbildung der Zellen sind auch Zwischenzustände der Fertigung zu untersuchen und auf Ausführbarkeit (Zugängigkeit) der Schweißnähte zu achten. Werden beim Einbau von Versatzteilen Längs- und Quertragwerke durchdrungen, so ist die Schwächung entweder durch Zulagen zu ersetzen oder die Versatzteile sind in das Tragsystem einzubeziehen. An den Zellen sind die Bereiche zu kennzeichnen, in denen Unterstützungen für die Lagerung und das Stapeln angeordnet werden dürfen. Für das Betonieren der Wandzellen sind vorwiegend plannmäßige Öffnungen wie Wand- und Deckenanschlußschlitze zu nutzen. Darüber hinaus können in begehbaren Zellen Betoniergänge und Betonierschächte und in Zellen kleinerer Wanddicke Betonieröffnungen vorgesehen werden, die nachträglich unter Berücksichtigung statischer Erfordernisse zu schließen sind (Bild 1).

### 2.3. Blechbewehrung

Zur Blechbewehrung zählen das Stahlblech und die Blechsaussteifungen.

Die erforderliche Blechdicke und die Abmessungen der Blechsaussteifungen ergeben sich aus

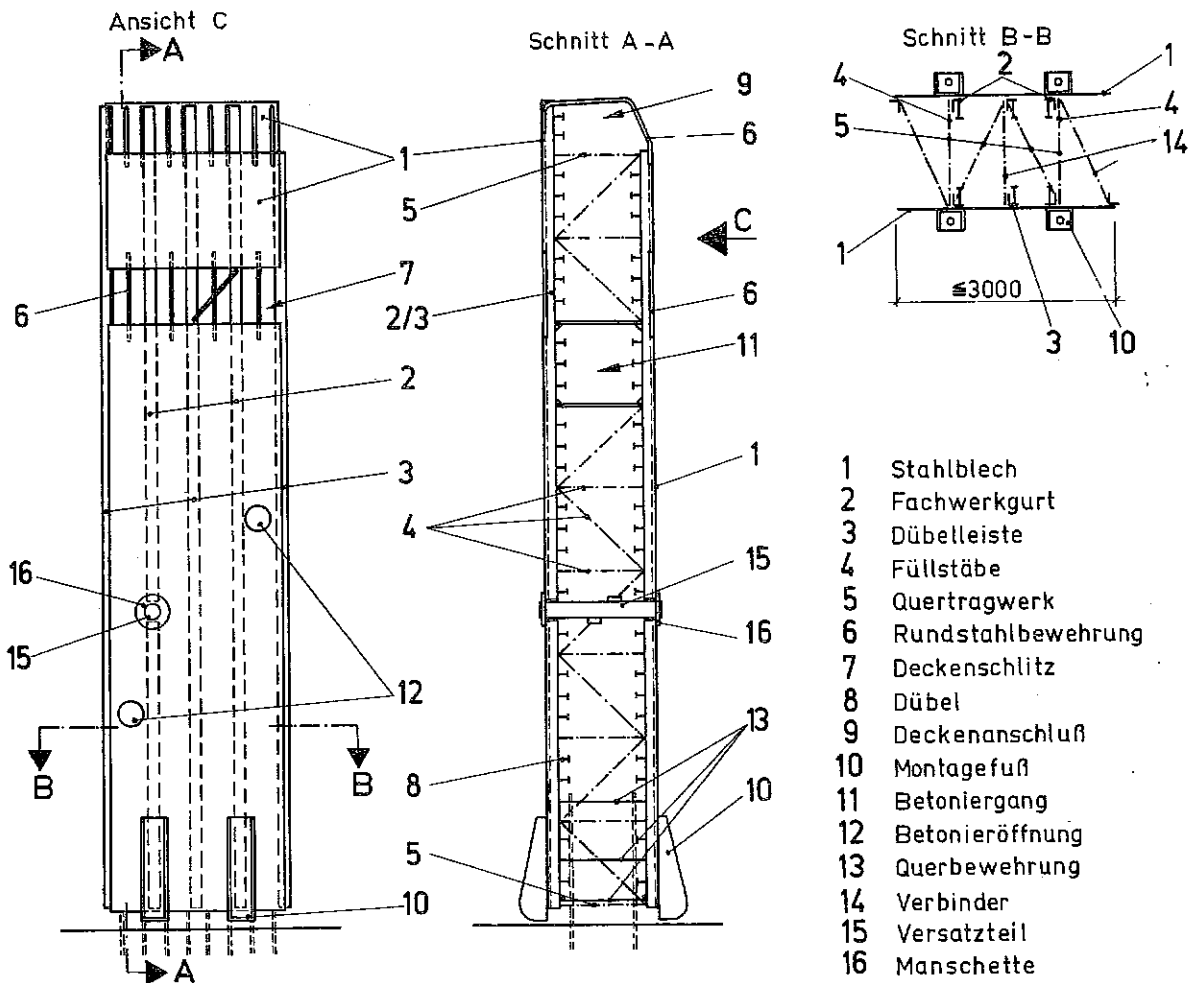


Bild 1: Konstruktionsprinzip der Wandzellen mit zweiseitiger Blechbewehrung

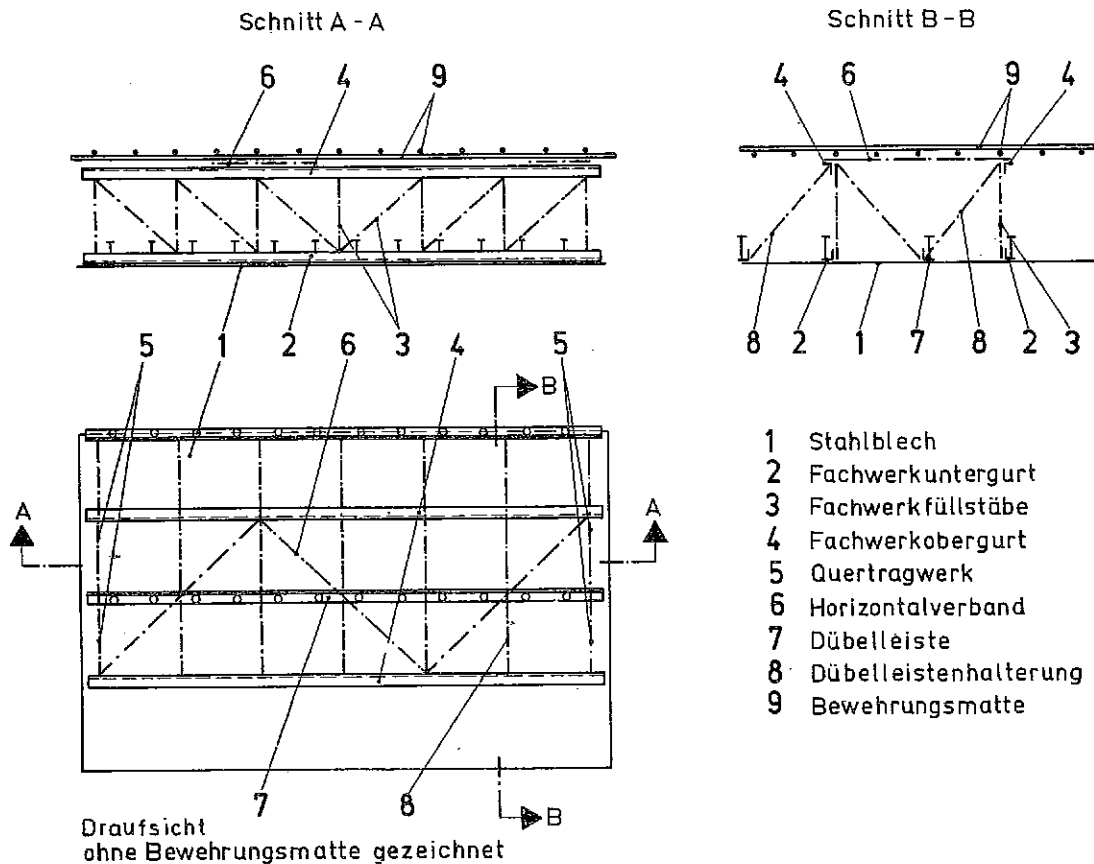


Bild 2: Konstruktionsprinzip für Deckenzellen

der Bemessung nach Abschnitt 5. bis 8. Die Stahlgüteauswahl erfolgt nach TGL 1290 [14] und nach Abschnitt 1.3. Die Mindestblechdicke beträgt 2,5 mm. Bedarfsstöße von Blechen sind stets statisch zu überprüfen und nach Möglichkeit nicht in hochbeanspruchten Bereichen mit Versatzteildurchführungen anzuordnen. Werden die Kräfte aus der Blechbewehrung über angeschweißte Rundstähle weitergeleitet bzw. verankert, so sind die Forderungen nach Abschnitt 2.11.2. zu beachten. Die Blechbewehrung im Zug- und Druckbereich, an Auflagern und freien Rändern ist über Rundstähle oder durch Enddübel zu verankern.

#### 2.4. Blechsaussteifung

Die Blechsaussteifungen durch Längsrippen (zum Beispiel Winkelprofile, Abkantungen) haben folgende Funktionen:

- Bestandteil der Blechbewehrung
- Stabilisierung der Blechbewehrung
- Dübel bzw. Träger der Dübel (Dübelleiste)
- Fachwerkgürt.

Für die Stöße dieser Blechsaussteifungen, für ihre Lage und für ihren Anschluß an die Blechbewehrung ist Abschnitt 2.11.2.4. zu beachten. Für den Einbau der Versatzteile ist Abschnitt 2.12. maßgebend.

#### 2.5. Stabilisierung der Stahlzelle

Die Stabilisierung der Zellen für Transport und Montage wird durch mindestens je 2 Längstragwerke und Quertragwerke sowie durch die Scheibenwirkung der Blechbewehrung gewährleistet. Längs- und Quertragwerke können als Fachwerke, Rahmentragwerke, unterspannte Konstruktionen und Kombinationen von ihnen ausgeführt werden. Die Berechnung erfolgt nach Abschnitt 5. Werden sie für den Betriebszustand als Schubbewehrung statisch angesetzt, so ist Abschnitt 8.4. zu beachten.

Die Quertragwerke sind an den Stirnseiten oder an den folgenden Knoten des Längstragwerkes anzuordnen (siehe Bild 1, 2, 6).

Wird die Blechbewehrung durch Öffnungen, zum Beispiel Schlitz für Deckeneinbindungen, unterbrochen, so ist die Stabilisierung der Blechscheibe gesondert nachzuweisen. Die Stabilisierung kann zum Beispiel durch die Rahmenwirkung der über die Öffnung durchgehenden Blechsaussteifungen und Rundstähle oder durch zusätzliche Anordnung von Diagonalstäben im Öffnungsbereich entsprechend Bild 3 erfolgen. Hierzu siehe auch Abschnitt 5.

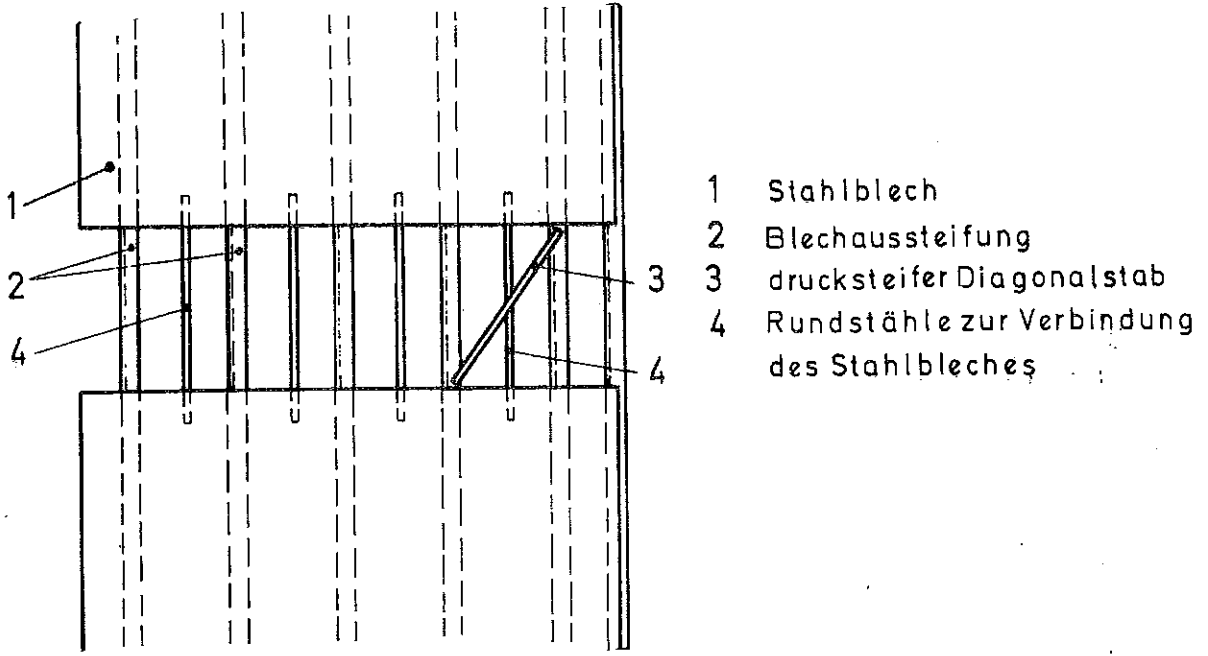
#### 2.6. Verbundmittel

Zur Verbundsicherung zwischen Blechbewehrung und Beton können die aus dem Hoch- und Brückenbau bekannten Verbundmittel eingesetzt werden. Eine Verbundwirkung, die sich aus der konstruktiven Durchbildung der Stahlzellen ergibt (zum Beispiel durch Versatzteile, Knotenpunkte der Längstragwerke oder durch Querzugbewehrung), kann rechnerisch in Ansatz gebracht werden, wenn das Tragverhalten in Verbindung mit den anderen Verbundmitteln ausreichend bekannt ist. Besonders sorgfältig ist die Endverankerung der Blechbewehrung an Auflagern durchzuführen (siehe Abschnitt 8.7.).

Entsprechend den verwendeten Schweißverfahren ist das Dübelmaterial zu wählen. Die erforderlichen mechanischen Werte müssen mindestens der Festigkeit von St 34 entsprechen. Als Dübel sind vorzugsweise Kopfbolzen auf Blechsaussteifungen (Abschnitt 2.4.) anzuordnen. In Ausnahmefällen ist ein direktes Aufschiessen auf das Blech möglich. Dabei ist das Stahlblech auf Dopplungen zu prüfen.

Folgende Bedingungen sind bei der Anwendung von Kopfbolzen einzuhalten (Bild 4):

- Abstand der Dübel  $6 \cdot d \leq e \leq 500 \text{ mm}$  ( $e \leq 200 \text{ mm}$  an der Innenseite von Druckräumen bei Kernkraftwerken)
- Freie Dübelleänge  $l_f \geq 4,2 \cdot d$
- Dübeldurchmesser  $d \leq 3,33 \cdot s_1$
- Kopfdurchmesser  $d_k \geq 1,5 \cdot d$
- Schweißnahtlänge  $l_s$  abhängig vom Schweißverfahren



- 1 Stahlblech
- 2 Blechaussteifung
- 3 drucksteifer Diagonalstab
- 4 Rundstähle zur Verbindung des Stahlbleches

Bild 3: Stabilisierung der Blechscheibe im Bereich von Deckeneinbindungen

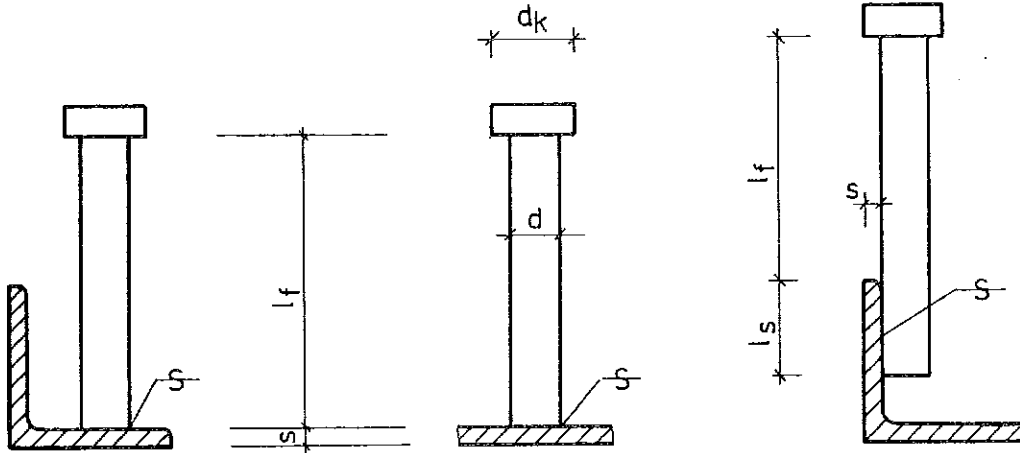
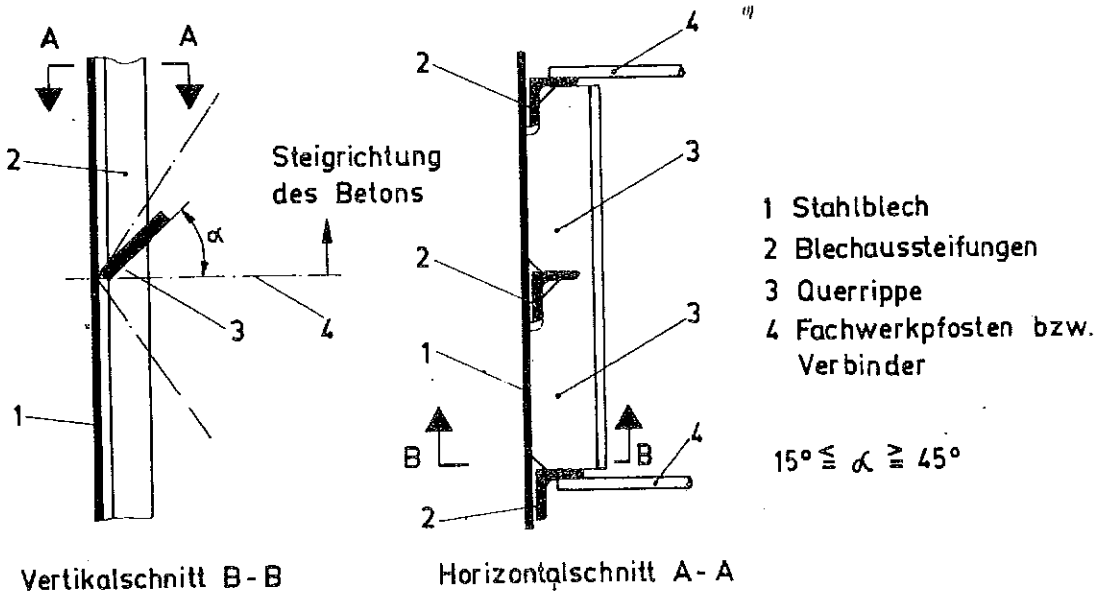


Bild 4: Anschlüsse von Kopfbolzendübeln



- 1 Stahlblech
- 2 Blechaussteifungen
- 3 Querrippe
- 4 Fachwerkpfosten bzw. Verbinder

$$15^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$$

Vertikalschnitt B-B

Horizontalschnitt A-A

Bild 5: Blechaussteifung durch Rippen

## 2.7. Konstruktive Besonderheiten bei Wand- und Deckenzellen

### 2.7.1. Wandzellen

Die Blechsaussteifungen der beiden Zellenwände sind im Abstand von maximal 1000 mm miteinander zu verbinden. Diese Verbinder der Blechsaussteifungen können in Ausnahmefällen in bestimmten Bereichen durch Rippen zwischen den Knotenpunkten der Längstragwerke bzw. Verbindern ersetzt werden (Bild 5).

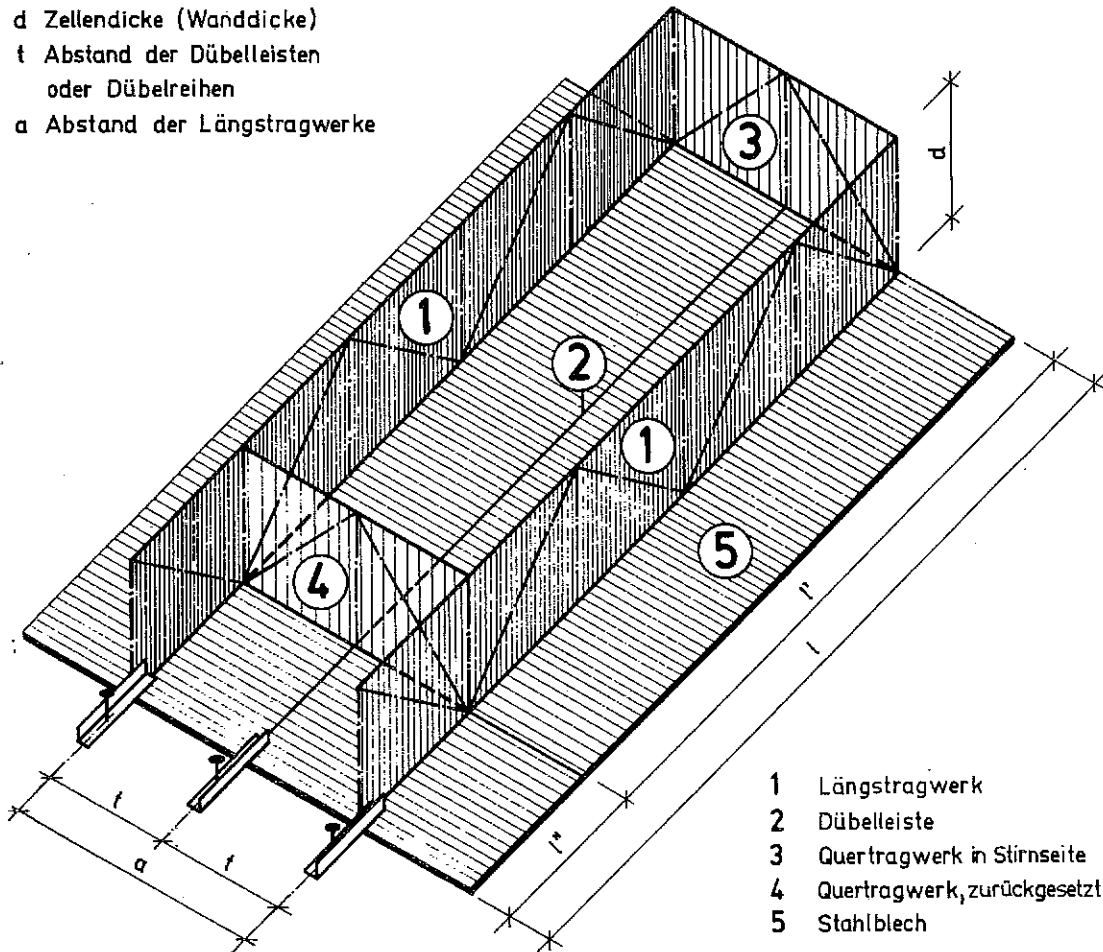
Die Aufnahme des Betonierdruckes ist rechnerisch nachzuweisen.

Für die in Bild 6 dargestellten Hauptkonstruktionsmaße dürfen folgende Maximalwerte nicht überschritten werden, sofern sich aus der statischen Berechnung keine weitergehenden Forderungen ergeben.

- Abstand der Blechsaussteifungen bzw. Dübelreihen  $t \leq \begin{cases} d \\ 500 \text{ mm} \end{cases}$
- Abstand der Quertragwerke  $l' \leq \begin{cases} 12 \cdot d \\ 12 \cdot a \\ 12\,000 \text{ mm} \end{cases}$
- Abstand der Quertragwerke von der Stirnseite der Zelle  $l'' \leq 0,20 \cdot l$

Erforderliche zusätzliche Quertragwerke können vereinfacht als drucksteife Diagonale zwischen zwei benachbarten Längstragwerken ausgeführt werden, sofern keine weitergehenden statischen Forderungen bestehen.

- l Zellenlänge
- l' Abstand der Quertragwerke
- l'' Abstand Quertragwerk-Stirnseite
- d Zellenbreite (Wanddicke)
- t Abstand der Dübelreihen
- a Abstand der Längstragwerke



- 1 Längstragwerk
- 2 Dübelleiste
- 3 Quertragwerk in Stirnseite
- 4 Quertragwerk, zurückgesetzt
- 5 Stahlblech

Bild 6: Hauptkonstruktionsmaße

IN D A d P Z v 1 S d k D v n v D e

### 2.7.2. Deckenzellen

Die Längstragwerke der Deckenzellen sind in der Regel als Fachwerke auszubilden und nach Abschnitt 5. zu berechnen. Als Spannrichtung ist im allgemeinen der kürzere Abstand zwischen den Wänden im Grundriß vorzusehen.

Für den Abstand der Blechaussteifungen bzw. Dübelreihen gilt Abschnitt 2.7.1.

Zur Stabilisierung der Zellen und zur Querverteilung der Betonierlast sind Quertragwerke vorzusehen. Der maximale Abstand untereinander beträgt 3,0 m und der maximale Randabstand 1,5 m, wenn aus statischen Gründen keine kleineren Abstände erforderlich sind.

Sind zwischen den Längstragwerken Aussteifungsprofile (Dübelleisten) angeordnet, so sind sie durch Verbinder an den Obergurten der Längstragwerke aufzuhängen (Bild 7). Die Verbinder können in den Querverband einbezogen werden.

Die obere Bewehrungsmatte kann ebenfalls zur Stabilisierung des Obergurts und zur Bildung von Querverbänden herangezogen werden, wenn dies statisch nachgewiesen wird. Die einbezogenen Stäbe sind dabei kraftschlüssig mit allen Obergurten der betreffenden Deckenzelle zu verschweißen.

Die Stabilisierung der Fachwerkobergurte kann auch durch einen Horizontalverband (Bild 2) erfolgen.

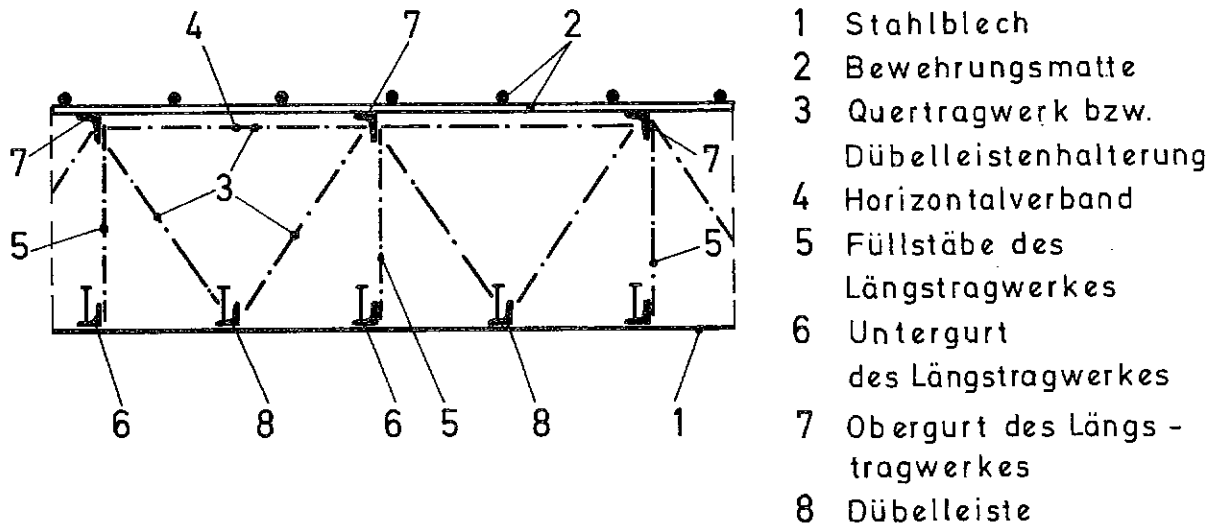


Bild 7: Querschnitt der Deckenzelle

### 2.8. Wandzellen mit einseitiger Blechbewehrung

Bei der Wandzelle mit einseitiger Blechbewehrung ist die der Blechbewehrung gegenüberliegende Seite durch Rundstähle bewehrt.

Diese Seite erhält:

- die Stahlbetonbewehrung mit abnehmbarer oder verlorener Schalung oder
- eine Stahlbetonplatte als verlorene Schalung oder als Bestandteil der Wand und erforderlichenfalls eine Zusatzbewehrung.

Die Befestigungspunkte der Schalung sind mit den Blechaussteifungen abzustimmen. Bei Zellen mit einseitiger Blechbewehrung gelten für die blechbewehrte Seite die statischen und konstruktiven Regeln dieser Vorschrift, für die andere Seite die des Stahlbetonbaues.

Die Stahlbetonbewehrung kann als Matte oder als Einzelstabbewehrung angebracht werden. Die nach TGL 0-1045 [1] erforderlichen Verbinderstähle müssen mit der gegenüberliegenden Blechbewehrung verbunden werden (Bild 8). Die Rundstahlbewehrung kann in das tragende System der Längs- und Quertragwerke einbezogen werden (zum Beispiel als Gurte und/oder zur Stabilisierung der Gurte). Um bei zellengroßen Matten die Häufigkeit der Stöße für die Querbewehrung einzu-

schränken, können nach Montage bzw. Vormontage mehrerer Zellen größere, über mehrere reichende Matten oder Stäbe der Querbewehrung aufgebracht werden. Bei der Verwendung von Stahlbetonplatten können die Bewehrungsstöße nach Bild 9 ausgeführt werden. Die erforderliche Verbügelung der Stöße ist nachzuweisen. Die einwandfreie Schubkraftübertragung zwischen der vorgefertigten Stahlbetonplatte und dem Ort beton ist nachzuweisen.

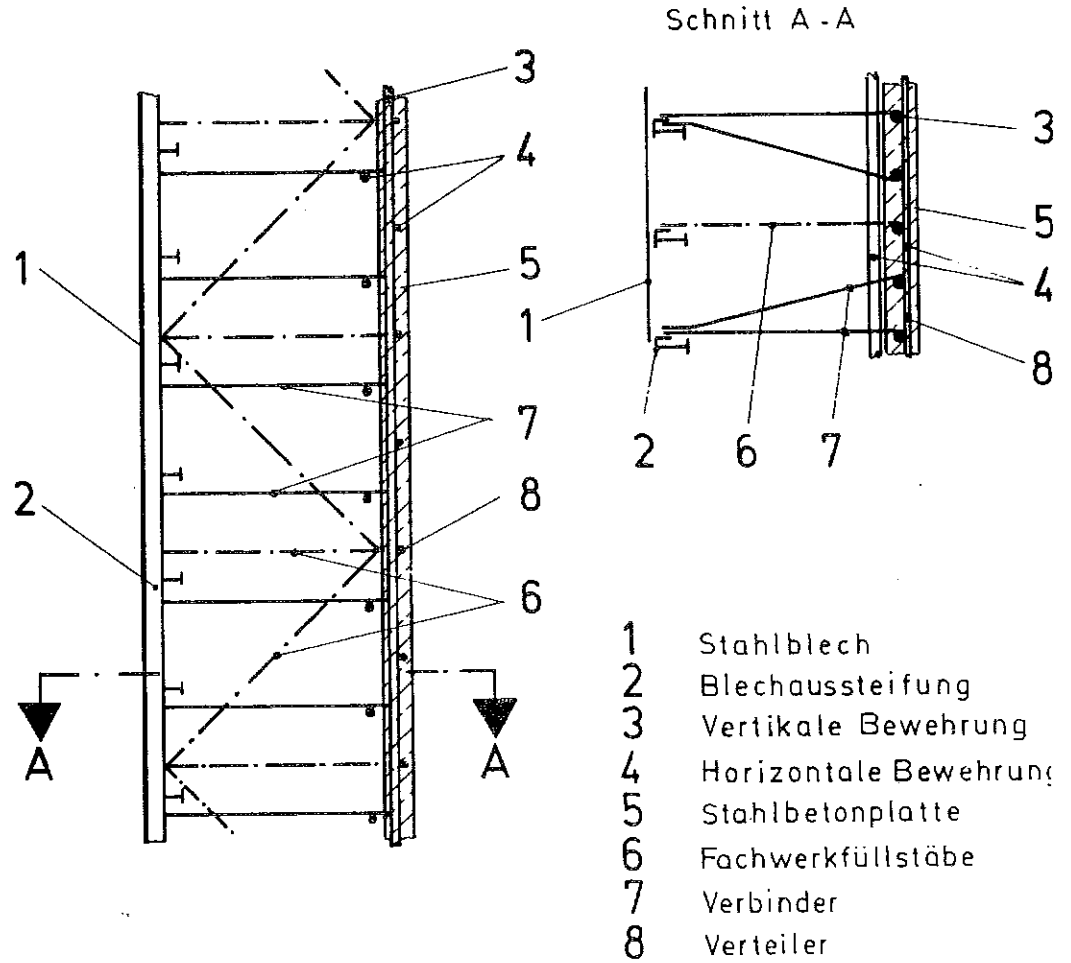


Bild 8: Wandzelle mit einseitiger Blechbewehrung und Stahlbetonplatte (Konstruktions

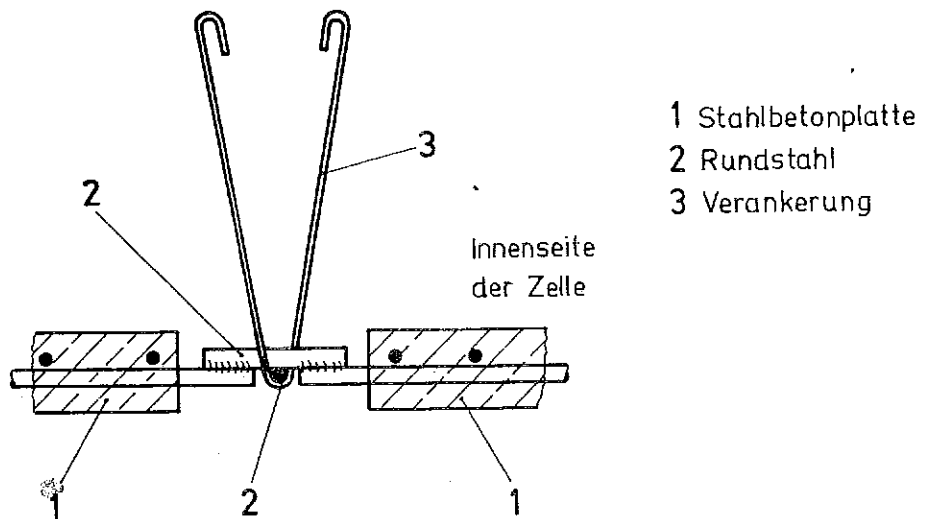


Bild 9: Bewehrungsstoß der Stahlbetonplatten

## 2.9. Zusatzbewehrung aus Rundstahl

Als Ersatz für Querschnittsschwächungen der Stahlblechbewehrung durch Öffnungen, Versatzteile und ähnliches kann Rundstahlbewehrung angeordnet werden. Diese Zusatzbewehrung ist für die Zug- bzw. Druckkräfte zu bemessen, die von der Stahlblechbewehrung infolge der Querschnittsschwächung nicht mehr aufgenommen werden können. Für die Verankerung der Zusatzbewehrung gilt Abschnitt 2.11.1., 2.11.3. und TGL 0-1045 [1]. Der Schweißanschluß von Rundstählen der Zusatzbewehrung an die Stahlblechbewehrung oder andere Konstruktionselemente ist nach Abschnitt 2.11.2.1. nachzuweisen.

Ein planmäßiges Zusammenwirken von geschweißten Verbindungen und Zusatzbewehrung ist nicht zulässig.

## 2.10. Verbindung von Bauteilen

### 2.10.1. Verbindung Wand - Fundament

Die Berechnung und konstruktive Durchbildung der Verbindung Wand - Fundament erfolgt unter Beachtung der Abschnitte 5. bis 8. Dabei sind die für den Montagezustand benötigten Verbindungen zur sicheren Überleitung der Momente und Querkräfte (zum Beispiel aus Windbelastung) ins Fundament gesondert nachzuweisen und in einer Montagezeichnung darzustellen. Die in den Abschnitten 2.10.1.1. und 2.10.1.2. ausgewiesenen Verbindungen können in einem Querschnitt kombiniert angewendet werden (zum Beispiel wird eine Zellenwand durch Schweißen, die andere durch Überdeckung verbunden).

#### 2.10.1.1. Überdeckungsstoß Rundstahl - Blechbewehrung

Die Berechnung und Konstruktion von Überdeckungsstößen erfolgt nach Abschnitt 2.11.1. Prinziplösungen für die konstruktive Ausbildung sind in Anlage 1 [41] enthalten. Für auf Zug beanspruchte Rundstahlbewehrung ist grundsätzlich St A-III zu verwenden. Die Krafteinleitung in die Blechbewehrung kann über Einzeldübel (zum Beispiel Kopfbolzen-, Rundstahldübel) oder starre Enddübel erfolgen. Bei Einzeldübeln ist jedem Rundstahl mit einem Durchmesser  $\geq 25$  mm im Verankerungsbereich eine Dübelreihe zuzuordnen.

Im Bereich von Enddübeln ist der Beton besonders sorgfältig zu verdichten.

#### 2.10.1.2. Geschweißte Verbindung

Eine direkte, geschweißte Verbindung zwischen Stahlzellen und der Fundamentanschlußbewehrung erfordert zusätzliche Maßnahmen, zum Beispiel meßtechnische Kontrollen während des Einbaus der Anschlußbewehrung und des Betonierens des Fundaments zur Gewährleistung der erforderlichen hohen Paßgenauigkeit.

Konstruktionsbeispiele für die Ausbildung der Fundamentanschlußbewehrung sind in Anlage 1 [41] enthalten. Ausführungsmöglichkeiten für die Schweißverbindung sind in Bild 10 dargestellt. In jedem Falle ist die sichere Aufnahme von Umlenkkräften im Stoßbereich durch geeignete Maßnahmen (zum Beispiel Bügel oder Einbettung in den Aufbeton) zu gewährleisten.

### 2.10.2. Verbindung von Wandzellen

Zellenverbindungen können sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Richtung verlaufen. Beispiele für solche Verbindungen sind in Abschnitt 2.11.2.3. und Anlage 1 [41] enthalten. Die in diesen Beispielen auf der Zelleninnenseite vorhandenen Winkelprofile sind gleichzeitig Blechaussteifung.

Spezielle Ausführungsmöglichkeiten horizontaler Zellenstöße sind in den Bildern 11 und 12 dargestellt. In jedem Falle ist die sichere Aufnahme von Abtriebskräften im Stoßbereich durch geeignete Maßnahmen (zum Beispiel Bügel) zu gewährleisten.

Der Überdeckungsstoß nach Bild 12 ist nach Abschnitt 2.11.1. nachzuweisen. Die Mitwirkung der Stahllasche an der Zugkraftübertragung ist durch geeignete Maßnahmen (zum Beispiel durch Krümmen) auszuschließen.

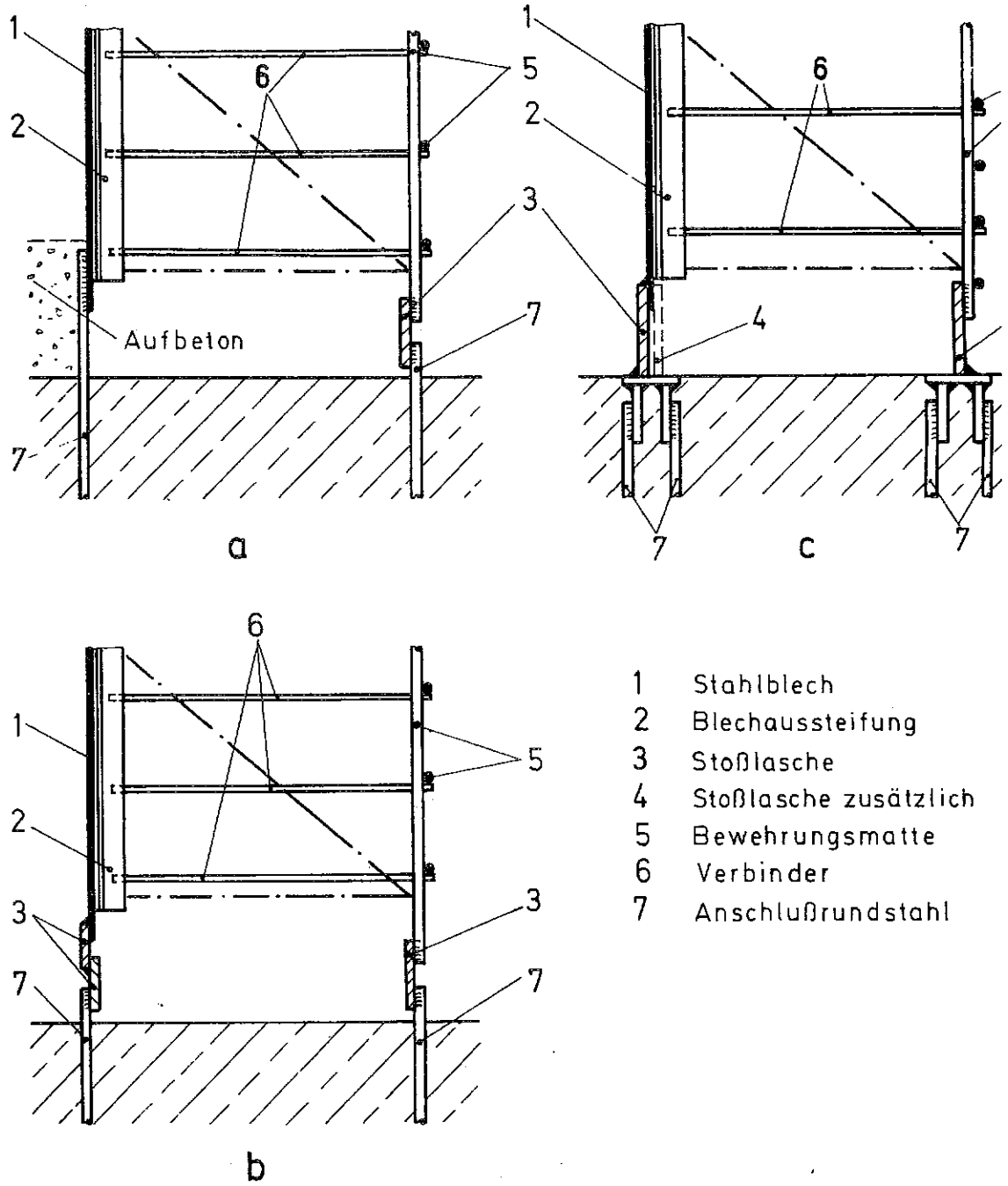
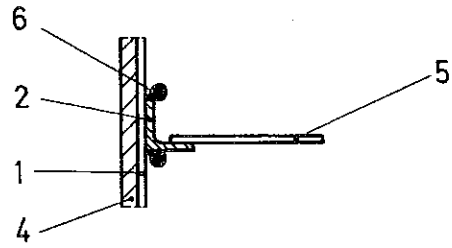
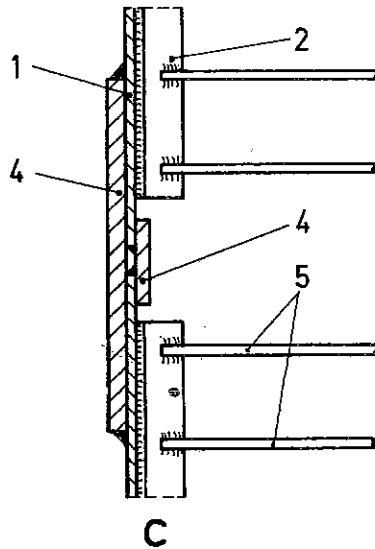
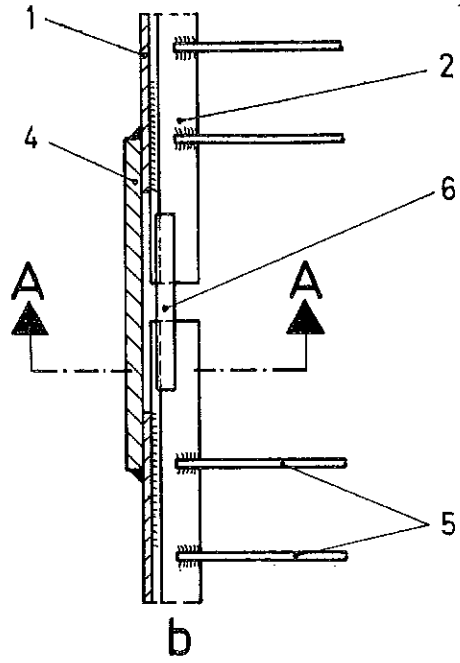
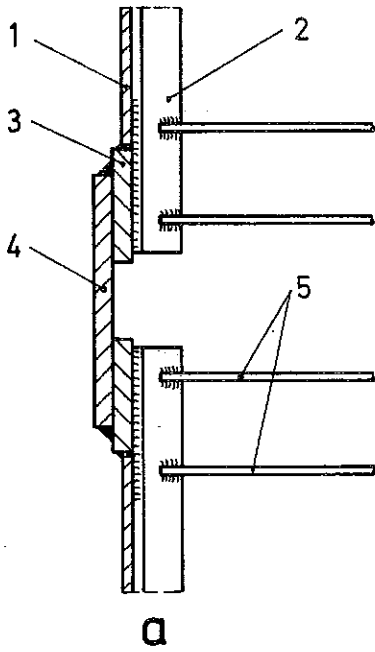


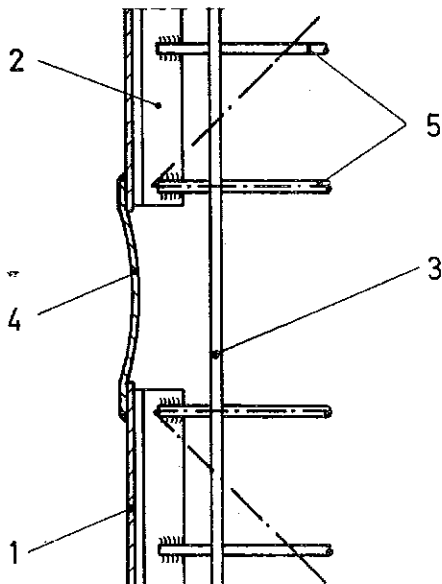
Bild 10: Geschweißte Fundamentanschlüsse



Schnitt A-A

- 1 Stahlblech
- 2 Blechaussteifung
- 3 Anschlußblech
- 4 Stoßlasche
- 5 Verankerung
- 6 Rundstahl

Bild 11: Horizontale, geschweißte Wandzellenverbindungen



- 1 Stahlblech
- 2 Blechaussteifung
- 3 Zusatzbewehrung
- 4 vorgekrümmte Stahlblechlasche
- 5 Verankerung

Bild 12: Horizontale Wandzellenverbindung durch Überdeckung

### 2.10.3. Verbindung von Wänden (Wandecken)

Die Wandecken können als montagefähige Zellen ausgebildet werden. Ihre Stabilität für den Transport und die Montage ist bei der konstruktiven Durchbildung zu sichern. Die erforderliche Bewehrungsführung ist für zweiseitige Blechbewehrung im Bild 14a...e und für einseitige Blechbewehrung im Bild 14f...h an Beispielen schematisch dargestellt. Nach Bild 14 bewehrte Wandecken haben mindestens die gleiche Biegesteifigkeit wie ein analoger Wandquerschnitt. Bewehrungsstäbe zur Querkraftsicherung und sonstige Konstruktionselemente wie Blechaussteifungen, Dübel usw. sind in den Darstellungen nicht angegeben. Die Berechnung erfolgt nach Abschnitt 5. bis 8. Die Hauptbewehrung 1 ist nach den statischen Erfordernissen festzulegen und kraftschlüssig mit der Blechbewehrung zu verbinden. Hierzu siehe Abschnitt 2.11.2.1. Bei der Eckvariante nach Bild 14b ist die Hauptbewehrung 1 auch für die volle Umlenkraft der außenliegenden Druckzone zu berechnen. Die Zulagebewehrung 2 ist nur an einspringenden Ecken vorzusehen, die planmäßig auf Biegung beansprucht werden und dabei Zugspannungen erhalten. Sie ist für 50 Prozent der kleineren an der betreffenden einspringenden Ecke vorhandenen Zugkraft zu bemessen. Die Zulagebewehrung 2 kann mit zur Querkraftdeckung herangezogen werden. Sie kann über Haftung verankert werden. Die Zulagebewehrung 3 dient als Aussteifung der Stahlzelle während der Fertigung, des Transports und der Montage sowie zur Aufnahme des Betonierdruckes. Die Aufnahme der Umlenkkräfte bei Druck an auspringenden Ecken erfolgt durch Bügel 7. Bei Sprüngen in der Wanddicke ist die Hauptbewehrung 1 entsprechend Bild 13 abzubiegen. Die Umlenkkräfte sind durch Bügel 7 aufzunehmen.

#### Besonderheiten bei Zellen mit einseitiger Blechbewehrung

Werden Zellen mit zweiseitiger und einseitiger Blechbewehrung kombiniert eingesetzt, ist durch statisch-konstruktive Maßnahmen die erforderliche Wirksamkeit der Blech- und Rundstahlbewehrung im Stoßbereich zu gewährleisten. Falls nachträglich eingebaute Bewehrungsstäbe nicht durch Schweißnähte angeschlossen werden, sind die Verankerungsgrundsätze und Verankerungslängen nach TGL O-1045 [1] und nach Abschnitt 2.11.1. dieser Vorschrift zu beachten. Neben den Angaben über die Verbinder sind die Forderungen über die Querbewehrung nach TGL O-1045 [1] für belastete Wände einzuhalten.

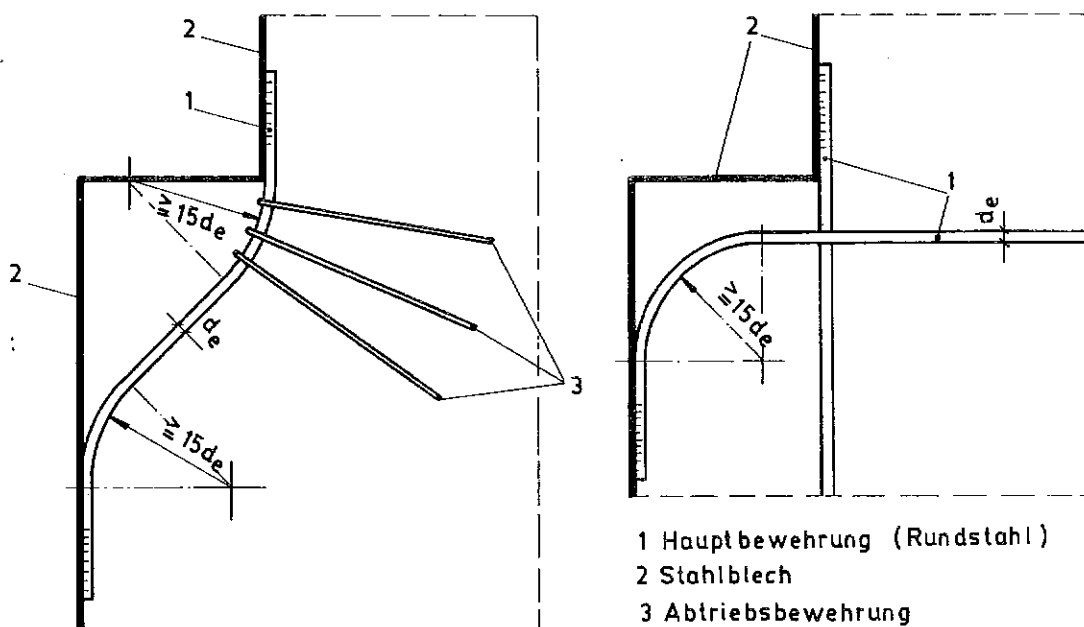


Bild 13: Rundstahlbewehrung bei Sprüngen in der Wanddicke

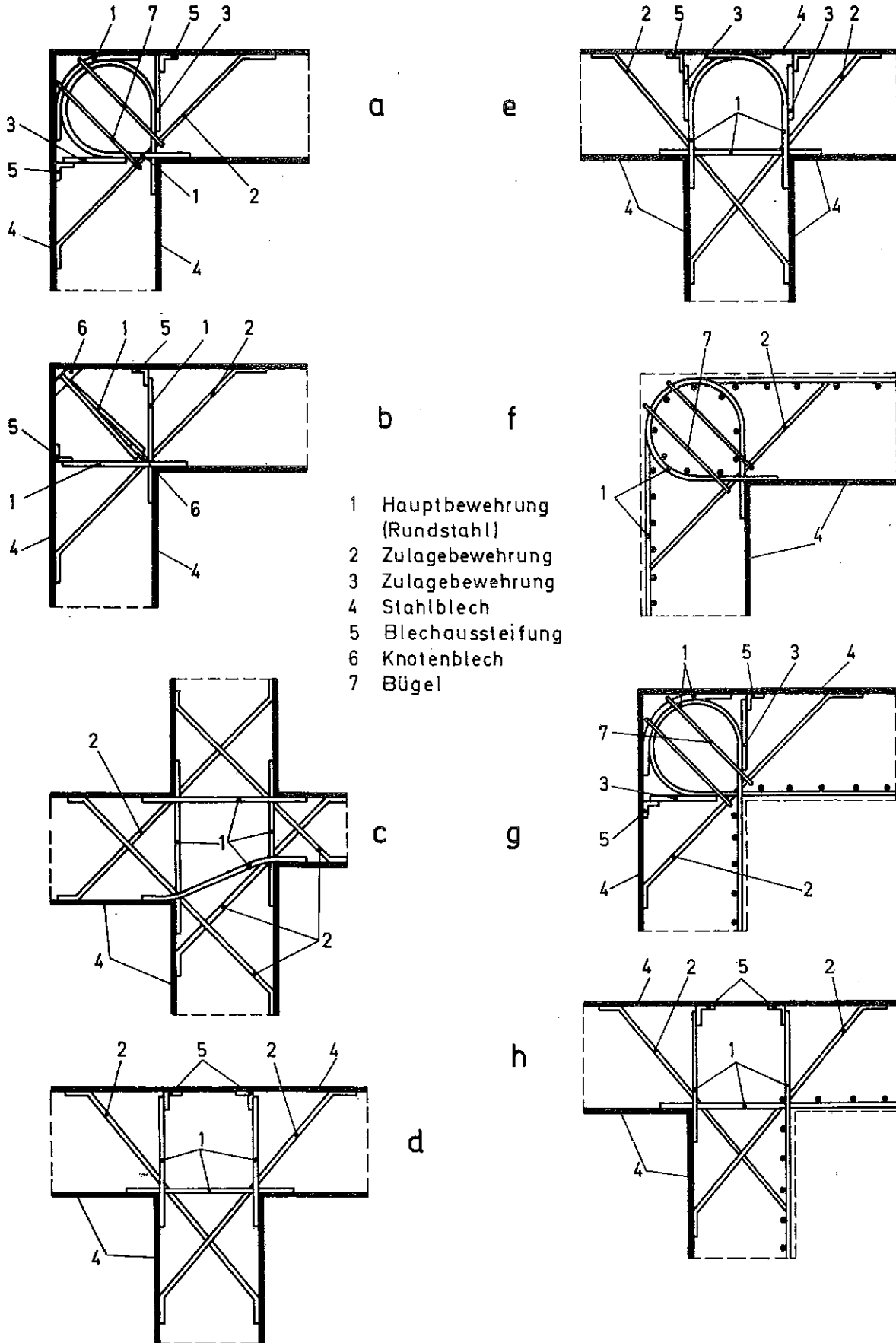


Bild 14: Bewehrungsführung bei Wandecken (Schweißnähte nicht dargestellt)

#### 2.10.4. Verbindung Wand-Decke

Die Verbindung Wand-Decke kann gelenkig oder biegesteif ausgeführt werden.

Die Anwendung der gelenkigen Verbindung ist sorgfältig zu prüfen.

Die erforderliche Bewehrungsführung ist für die Deckenverbindungen mit oberen Wandanschlüssen in Bild 18 und für die Einbindung von Decken in aufgehende Wände, abhängig vom Zeitpunkt des Betonierens der Wände, in Bild 19 schematisch dargestellt. Die nach Spalte 2 und 3 ausgeführten Anschlüsse gewährleisten die volle Biegesteifigkeit des Anschlusses. Bewehrungsstäbe zur Querkraftsicherung und sonstige Konstruktionselemente, wie Blechaussteifungen, Dübel usw., sind in den Darstellungen nicht angegeben.

Die Berechnung erfolgt nach Abschnitt 5. bis 8.

Die Hauptbewehrung 1 bis 5 ist nach den statischen Erfordernissen festzulegen und durch Schweißen oder Überdeckung voll kraftschlüssig miteinander zu verbinden. Die Zulagebewehrung 7 ist nur bei einspringender Ecke mit planmäßigen Zugspannungen aus Biegung erforderlich. Sie ist für 50 Prozent der kleineren an der betreffenden einspringenden Ecke angreifenden Zugkraft zu bemessen.

Die Zulagebewehrung 7 kann mit zur Querkraftsicherung herangezogen werden.

Ist der Einbau der Zulagebewehrung 7 zum Beispiel aus bautechnologischen Gründen nicht möglich, so darf die Hauptverbindungsbewehrung 6 (zum Beispiel Bild 19 Variante D 2) nur mit 60 Prozent ihrer zulässigen Spannung beansprucht werden.

Im Bauzustand muß das Deckenauflager 8 an der Wandzelle die Eigenlast der Decke und ihre Frischbetonlast aufnehmen und in die Wand ableiten. Die Decke oder das Auflager können abgestützt werden (Bild 15).

Nicht abgestützte Decken dürfen erst betoniert werden, wenn in den anschließenden Wandzellen der Beton bis Unterkante Decke eingebracht ist und eine Festigkeit von  $0,7 \cdot R_{28}$  erreicht hat. Ist die Wandzelle nicht bis Unterkante Decke betoniert, so ist nachzuweisen, daß deren Blechbewehrung die Deckenlast sicher aufnehmen und ableiten kann. Andererfalls ist eine Auflagerabstützung wie in Bild 15b, c vorzusehen.

Die Deckenauflager an der Wand sind für den Bauzustand nach Abschnitt 5 nachzuweisen.

Um Fertigungs- und Montageungenauigkeiten ausgleichen zu können, sollte als Deckenauflager ein durchgehender Winkel vorgesehen werden, der insbesondere bei vertikaler Zellenteilung erst nach Zellenmontage angeschweißt wird.

Bei Decken, die nach den Wänden betoniert werden, ist im Einbindungsbereich eine mindestens 80 mm tiefe Aussparung im Beton vorzusehen (Bild 16) oder durch andere geeignete konstruktive Maßnahmen eine sichere Querkraftübertragung in der Fuge zwischen Wand und Decke zu gewährleisten (zum Beispiel Bild 19, Variante F 2). Ein Konstruktionsbeispiel und weitere Details sind in Anlage 1 [41] enthalten.

#### 2.10.5. Stützenanschlüsse auf Wänden

Wenn im folgenden nichts anderes festgelegt ist, gilt Abschnitt 2.11.1. Wird die Stützenanschlußbewehrung zweilagig angeordnet, ist bei der Ermittlung der Überdeckungslänge  $l_u$  nach Formel 1 für  $d'$  das arithmetische Mittel beider Abstände einzusetzen.

Die nach Abschnitt 2.11.1. ermittelte Dübelanzahl für die Überleitung der Zugkraft aus der Stützenanschlußbewehrung in die Blechbewehrung ist entsprechend Bild 17 zu verteilen. Die Querbewehrung  $f_{eq}$  für Abstände  $70 \leq d' \leq 150$  zwischen Rundstahl und Stahlblech ist nach Abschnitt 2.11.1. zu ermitteln und analog der Dübelverteilung nach Bild 17 im Überdeckungsbereich aufzuteilen. Für Abstände  $d' > 150$  mm ist eine zusätzliche Querbewehrung infolge Versatzmoment am Ende der Stahlblechbewehrung anzuordnen. Der Abstand der Querbewehrung beträgt maximal 400 mm.

Als Längsbewehrung  $f_{el}$  sind 25 Prozent der Hauptbewehrung der Stütze  $F_e$  einzulegen. Sie ist über die Verteilungsbreite  $b'$  zu führen und liegt zwischen Stahlblech und Stützenanschlußbewehrung. Die Verteilung der Längsbewehrung  $f_{el}$  entspricht der Verteilung der Querbewehrung  $f_{eq}$ .

Bei der Bemessung der Blechbewehrung und Dübel nach Abschnitt 5. bis 8. sind zusätzlich die Verankerungskräfte zu berücksichtigen. Für die Blechbewehrung ist dabei die in Bild 17 angegebene Verteilungsbreite  $b'$  anzunehmen.

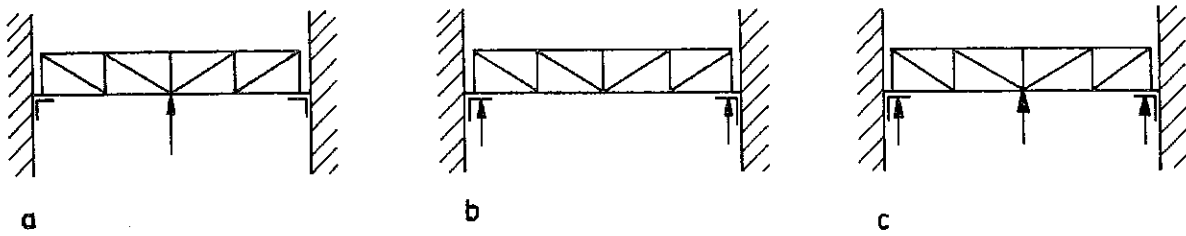


Bild 15: Deckenhilfsabstützungen

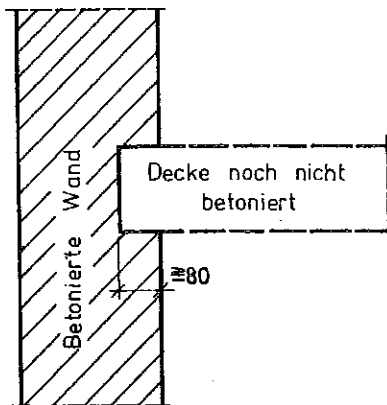
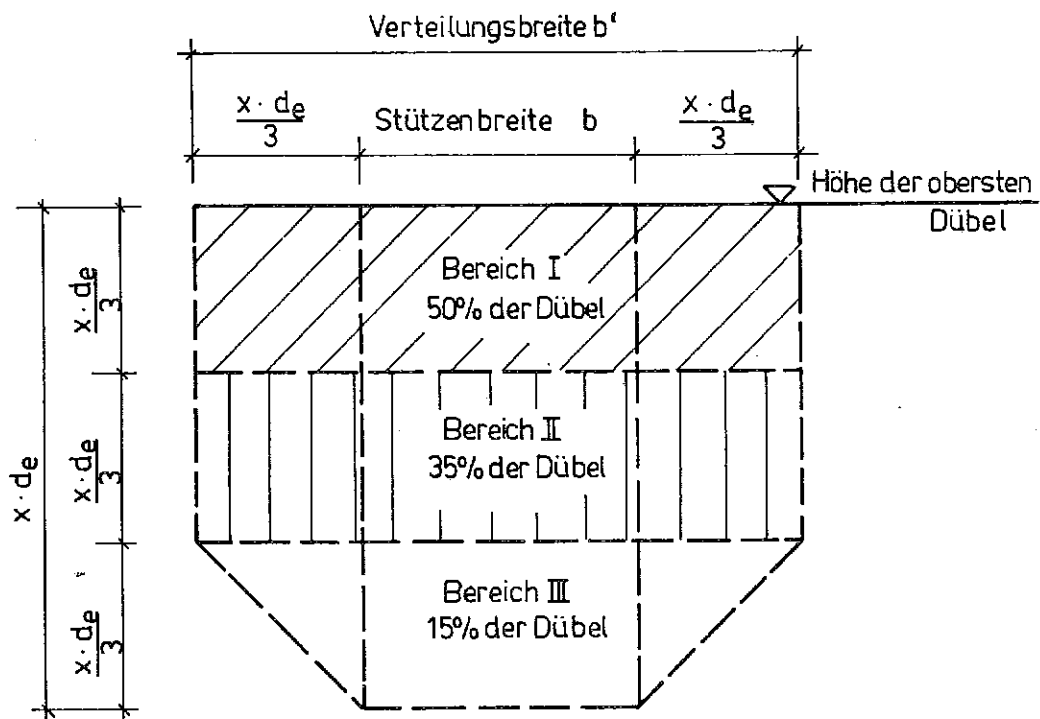
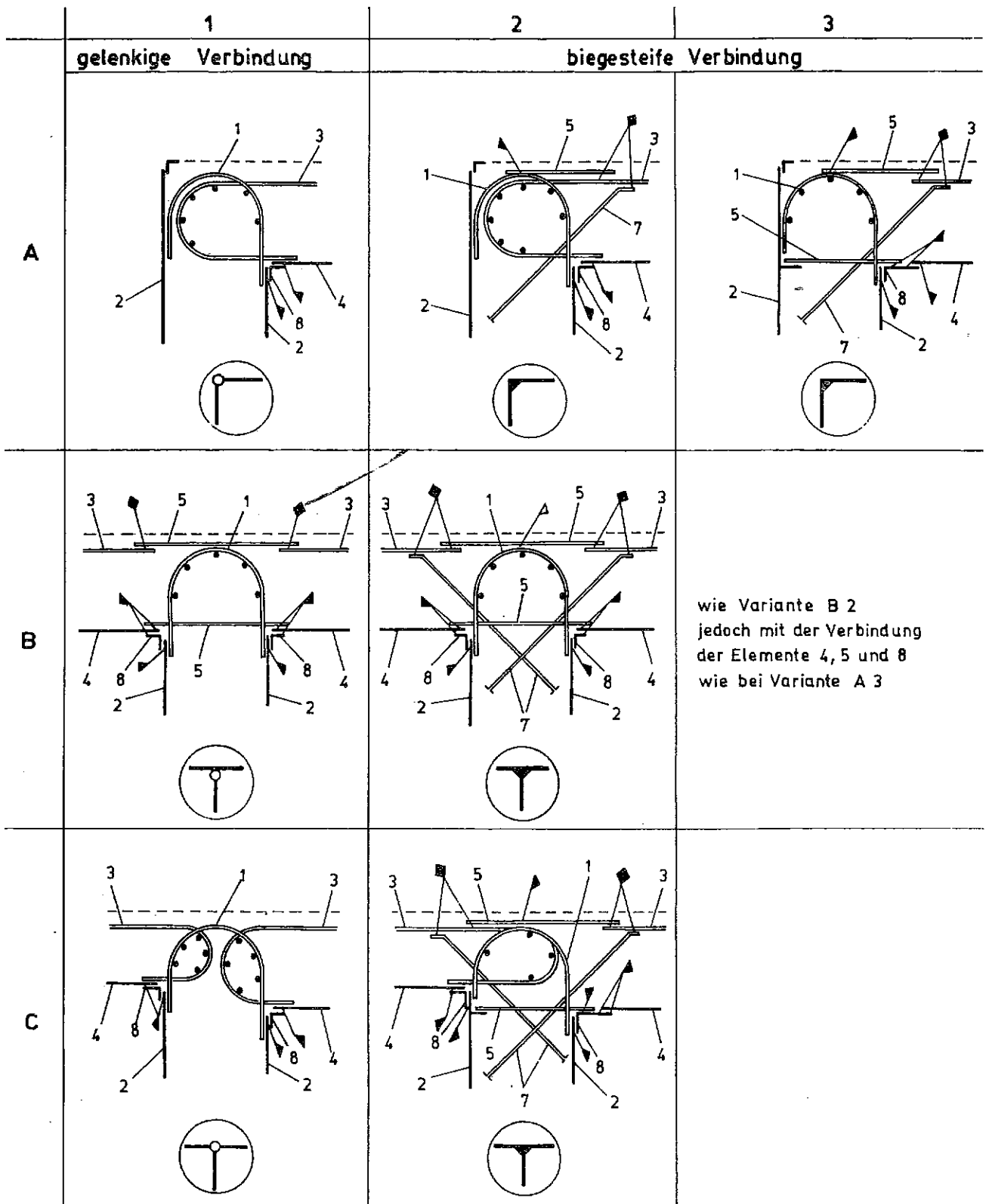


Bild 16: Wandaussparungen



$x$  nach Tabelle 1  
 $d_e$  Rundstahldurchmesser

Bild 17: Verteilung der Dübel auf der Blechbewehrung im Stützenanschlußbereich



- 1 Rundstahl } Hauptbewehrung der Wandzelle
- 2 Blechbewehrung } Hauptbewehrung der Deckenzelle
- 3 Rundstahl } Hauptbewehrung der Deckenzelle
- 4 Blechbewehrung } Hauptbewehrung der Deckenzelle
- 5 Rundstahl } Hauptverbindungsbewehrung
- 6 Rundstahl } Hauptverbindungsbewehrung
- 7 Zulagebewehrung (Diagonalen)
- 8 Auflagerwinkel

Baustellenverbindung

- geschweißt
- geschweißt oder durch Überdeckung
- geschweißt wenn statisch erforderlich

Die Wirksamkeit der Verbindung ist durch statische Symbole dargestellt

Bild 18: Bewehrungsführung bei Deckenverbindungen mit oberen Wandabschlüssen

	1	2	3
	gelenkige Verbindung		biegesteife Verbindung
	Die Wand kann vor und nach Deckenmontage betoniert werden		Die Wand wird nach der Deckenmontage betoniert
D			
E			
F			<p>Kragarmanschluf der Deckenzelle</p> <p>9 Kragarm 10 Auflager für Deckenfachwerk (Unterzug)</p>

Bei beidseitigen gleichhohen Deckeneinbindungen wird die Hauptverbindungsbewehrung 5 und 6 wie in Bild 18, Variante B, gerade durchgeführt.

Die Verankerung der Hauptverbindungsbewehrung 5 und 6 (Bilder 18 und 19) kann auch entsprechend Bild 29 erfolgen.

Legende wie auf Bild 18

Bild 19: Bewehrungsführung bei Deckenverbindungen bei durchgehenden Wänden

## 2.11. Verbindungselemente

### 2.11.1. Verbindung Rundstahl-Blechbewehrung durch Überdeckung

Die Rundstahlbewehrung besteht aus geraden Rundstäben mit oder ohne halbkreisförmigen Haken. Die Blechbewehrung besitzt im Überdeckungsbereich Verbundmittel (zum Beispiel Kopfbolzen-, Rundstahldübel oder starre Enddübel).

Die auftretenden Querkraftkräfte sind durch ausreichende Querbewehrung  $f_{eq}$  in Querrichtung der Zelle aufzunehmen. Die Querbewehrung ist kraftschlüssig mit der Stahlblechbewehrung beider Zellenseiten zu verbinden.

Für den Überdeckungsbereich sind folgende Nachweise zu führen:

- Die Überdeckungslänge  $l_{\ddot{u}}$  ergibt sich zu

$$l_{\ddot{u}} = x \cdot d_e + d' \quad (1)$$

$l_{\ddot{u}}$  Länge der Rundstahlbewehrung im Bereich der Blechbewehrung ( $l_{\ddot{u}}$  beginnt bei dem ersten Dübel der Blechbewehrung)

$d_e$  Durchmesser der Rundstahlbewehrung

$x$  Verankerungsfaktor laut Tabelle 1

$d'$  Abstand Achse Rundstahl - Achse Stahlblech, wobei  $70 \leq d' \leq 150$  mm ist.

Tabelle 1: Verankerungsfaktor  $x$  für Rundstahl St A-III im guten Haftbereich

Betongüte	Biegezugbewehrung		Druckbewehrung
	mit halbkreisförmigen Haken	ohne halbkreisförmigen Haken	ohne Haken
B 225	32	48	28
B 300	28	42	24,5

- Verdübelung durch Einzeldübel (Bild 20)

Die zur Verankerung eines Rundstahls mit der Zugkraft  $Z$  erforderlichen Dübel sind nach Abschnitt 8.6. nachzuweisen.

Die Dübel sind im Bereich  $l_{\ddot{u}}$  nach Bild 20 gleichmäßig zu verteilen, wobei der maximale Dübelabstand 200 mm nicht überschreiten darf. Die Querbewehrung  $f_{eq}$  kann zur Verdübelung mit herangezogen werden.

- Verdübelung durch Enddübel (Bild 21)

Enddübel sind mit der Blechaussteifung biegesteif zu verbinden.

Der Nachweis des Enddübels erfolgt nach Abschnitt 8.6., wobei für die Verankerungsbewehrung des Enddübels mindestens 50 Prozent der erforderlichen Querbewehrung  $f_{eq}$  anzuordnen sind.

- Die Querbewehrung  $f_{eq}$ , bezogen auf einen Rundstahl, ist zu bemessen für:

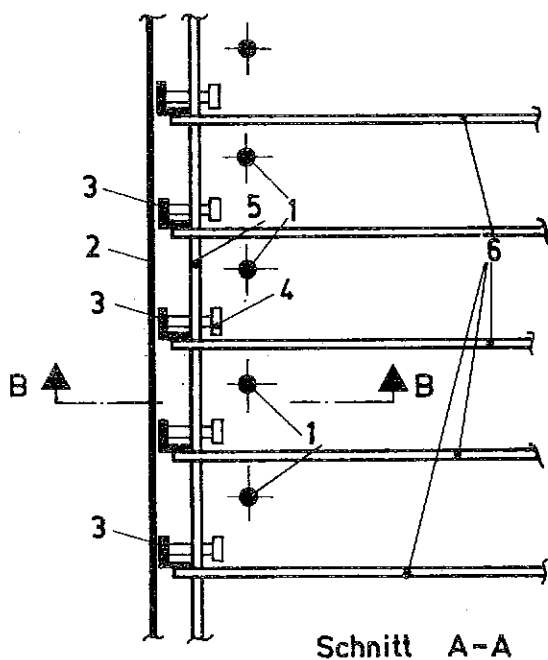
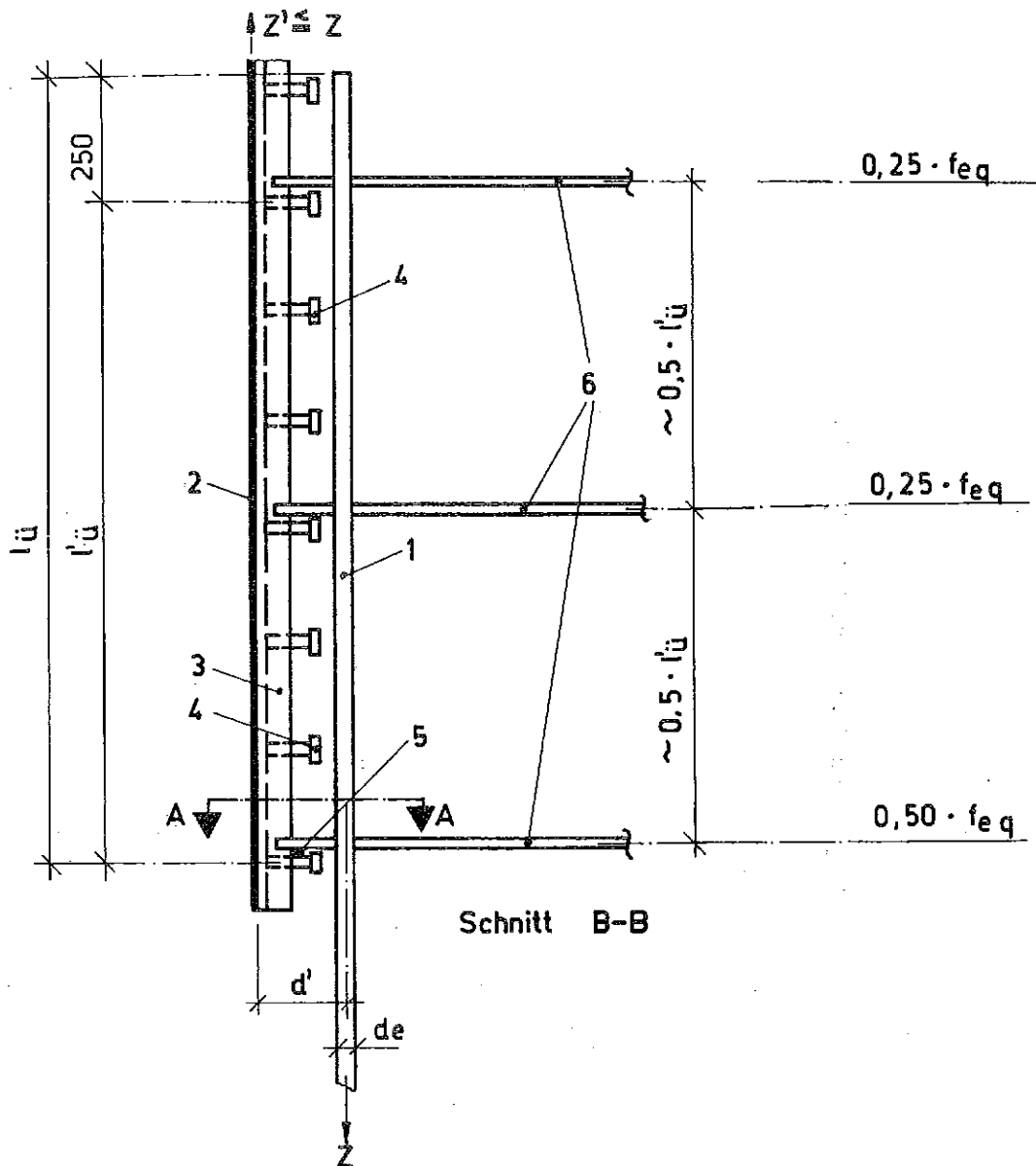
- . die volle Zugkraft  $Z$  des Rundstahls,
- . die Zugkraft aus Betonierdruck,
- . die anteilige Dübelkraft.

Die Querbewehrung ist entsprechend Bild 20 und 21 anzuordnen.

- An freien Wandenden sind die Spaltzugkräfte der Dübel nach Abschnitt 8.6. nachzuweisen und falls erforderlich durch Längsbewehrung aufzunehmen.

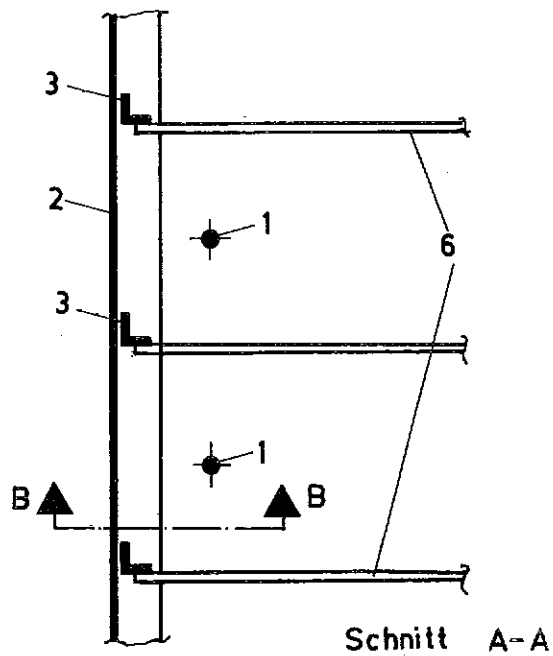
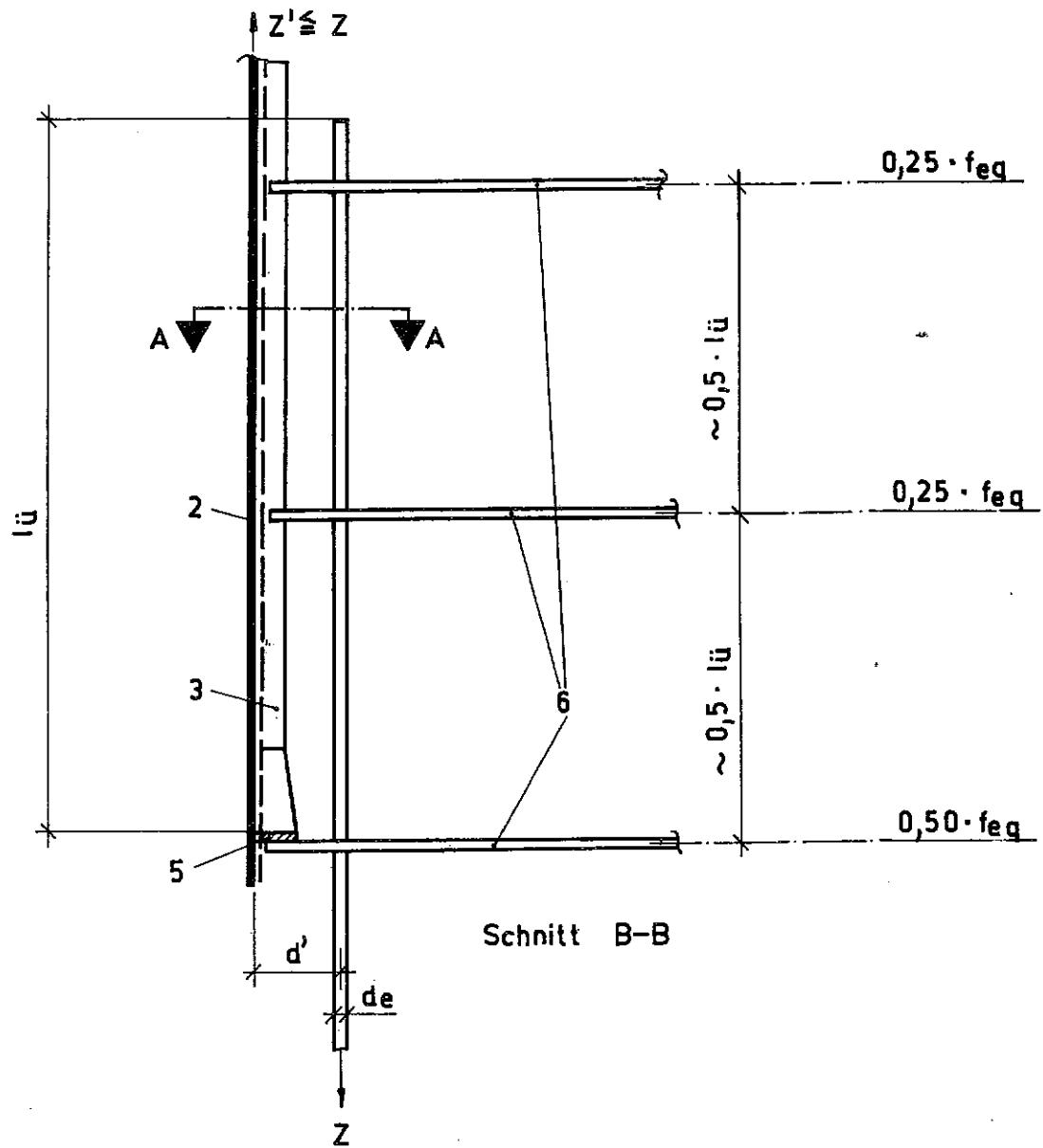
### 2.11.2. Schweißverbindung

Schweißverbindungen von Rundstahl, Flachstahl, Stahlblech und Profilstahl sind nachzuweisen. Wenn in dieser Vorschrift nichts anderes ausgesagt ist, gelten die Angaben der Vorschriften TGL 23 824 [26] und TGL 13 500 [18]. Weiterhin sind unter anderem die Arbeitsschutzanordnungen ASAO 880 [35] und ASAO 615/1 [36] zu beachten. Für die Aufnahme der Abtriebskräfte infolge unsymmetrischer Kehlnahtanschlüsse sind konstruktive Maßnahmen zu treffen.



- 1 Rundstahlbewehrung
- 2 Stahlblech
- 3 Blechaussteifung
- 4 Verbundmittel  
(z.B. Kopfbolzen)
- 5 Abstandhalter
- 6 Querbewehrung

Bild 20: Verbindung durch Einzeldübel



- 1 Rundstahlbewehrung
- 2 Stahlblech
- 3 Blechaussteifung
- 5 Stützplatte
- 6 Querbewehrung

Bild 21: Verbindung durch starren Enddübel

Formelzeichen

$F_s$	Schweißnahtfläche
$F_Z$	Abtriebskraft
$F_B$	Stahlblechquerschnittsfläche
$F_{BA}$	Blechaussteifungsquerschnittsfläche
$a$	Kehlnahtdicke
$d_e$	Rundstahldurchmesser
$s$	Blechdicke
$l$	rechnerische Nahtlänge
$l_B$	Überlappungslänge
$L$	Ausführungslänge $L = l + 2 a$
$e$	Rundstahlabstand
$x$	Kontrollmaß
zul $\sigma_{d_e}$	zulässige Spannung im Rundstahl
zul $\sigma_e$	zulässige Spannung im Stahlblech

2.11.2.1. Verbindung Rundstahl-Stahlblech

Rundstahl-Stahlblechverbindungen werden nach den Grundsätzen der TGL 23 824 [26] unter Berücksichtigung der Festlegungen zu den Schweißnahtdicken und Blechdicken in diesem Abschnitt nachgewiesen. Die Ergebnisse für die üblichen Anschlußlösungen beidseitiger Verschweißung entsprechend Bild 22 bzw. einseitiger Verschweißung sind für Blechdicken  $s \geq 4$  mm in den Tabellen 2 und 3 angegeben. Ein Abarbeiten der Rippen bei Betonstahl St A-III ist nicht erforderlich.

Geschweißte Stahlblechstöße, die senkrecht zur angeschweißten Rundstahlbewehrung verlaufen, müssen von dieser einen Mindestabstand von  $2,2a + 8$  mm (Bild 22) aufweisen.

Bei kaltverformtem Betonstahl nach TGL 12 530 [13] ist vom Anfang Schweißnaht bis zum Beginn der Kaltverformung ein Abstand von  $4 d_e$  einzuhalten (Bild 22). Baustahl nach TGL 7960 [8] kann im Bereich der Kaltverformung unter Beachtung der TGL 12 910 [14] geschweißt werden.

Tabelle 2: Mindestblechdicken bei Längskehlnahtverbindungen von Stahlblechen der Güten St 38 und St 52 mit Rundstählen der Güten St A-I und St A-III

$d_e$ [mm]	minimale Blechdicke $s$ [mm] bei				einseitiger Verschweißung	
	beidseitiger Verschweißung					
	St 38	St 52	St 38 / St 52	St A-I	St A-III	St A-I / St A-III
10	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
12	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	5,0
14	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	6,0
16	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	6,5
18	4,0	4,5	4,0	4,0	4,0	7,5
20	4,0	5,5	4,0	4,0	4,0	8,0
22	4,0	6,5	4,0	4,0	4,5	nicht zulässig
25	5,0	8,5	4,0	5,5	5,5	"
28	6,0	10,5	4,0	7,0	7,0	"
32	8,0	14,0	5,5	9,0	9,0	"

Bei Rundstahlabständen  $e \geq 100$  mm und der konstruktiven Durchbildung der Längskehlnahtverbindung nach Bild 22 sind die Mindestblechdicken in Abhängigkeit von den verwendeten Materialgüten Tabelle 2 zu entnehmen. Bei Rundstahlabständen  $e < 100$  mm ist für die Blechdicke Formel 2 einzuhalten, wobei  $e$  mindestens  $3 d$  betragen muß.

$$0,4 d \leq s \leq \frac{\pi \cdot d_e^2}{4 \cdot e} \cdot \frac{\text{zul } \sigma_{d_e}}{\text{zul } \sigma} \quad (2)$$

**Tabelle 3:** Erforderliche Keihnahftfläche  $F_s$ , Nahtdicke  $a$  und Nahtlänge  $L = l + 2a$  bei Längskehlnahtverbindungen von Stahlblechen der Güten St 38 und St 52 mit Rundstählen der Güten St A-I und St A-III

d <sub>e</sub> [mm]	erforderliche $F_s$ [cm <sup>2</sup> ]		Nahtdicken $a$ [mm] und Nahtlängen $L$ [mm]																						
	AKL II nach TGL 23 824 [26]		beidseitige Verschweißung						einseitige Verschweißung																
	St 38/ St 52	St 38	St 52	St A-I mit bzw. St 52	St 38 mit St 52	St A-III mit St 38	St A-III mit St 52	St A-I mit bzw. St 52	St 38 mit St 52	St A-III mit St 38	St A-III mit St 52	St A-I mit St 38	St A-III mit St 52												
10	1,13	1,98	1,32	3	30	3	40	3	40	3	30	3	30	3	45	4	40	3	75	5	50	3	50	4	45
12	1,61	2,82	1,88	3	35	3	35	3	55	4	45	3	40	3	60	4	50	3	100	6	60	3	70	5	50
14	2,20	3,85	2,57	3	45	4	40	3	75	5	50	3	50	3	80	5	55	3	135	7	70	3	95	6	60
16	2,87	5,02	3,35	3	55	4	45	3	90	6	60	3	65	4	105	6	60	3	175	8	80	3	120	6	70
18	3,63	6,35	4,23	3	70	5	50	3	115	6	65	3	80	5	130	7	70	4	170	9	90	3	150	7	75
20	4,49	7,86	5,23	3	85	5	55	3	140	7	75	3	95	6	160	7	80	4	205	10	100	4	140	8	85
22	5,43	9,50	6,33	3	100	6	60	3	165	8	80	3	115	6											
25	7,01	12,27	8,18	3	125	7	70	4	165	9	90	3	145	7											
28	8,80	15,40	10,27	3	155	7	80	4	205	10	100	3	180	8											
32	11,49	20,11	13,40	4	155	8	90	5	215	11	115	4	180	9											

Zur Festlegung von  $\min a$  bzw.  $\min L$  sind folgende Bedingungen berücksichtigt:

$$a \leq 0,35 d_e$$

$$8 a \leq L \leq 60 a$$

Weiterhin ist bei der Wahl der Schweißnähte in Verbindung mit der vorhandenen Blechdicke einzuhalten:

$$a \leq 0,7 \cdot s \quad (\text{in Ausnahmefällen } a = s)$$

nicht zulässig

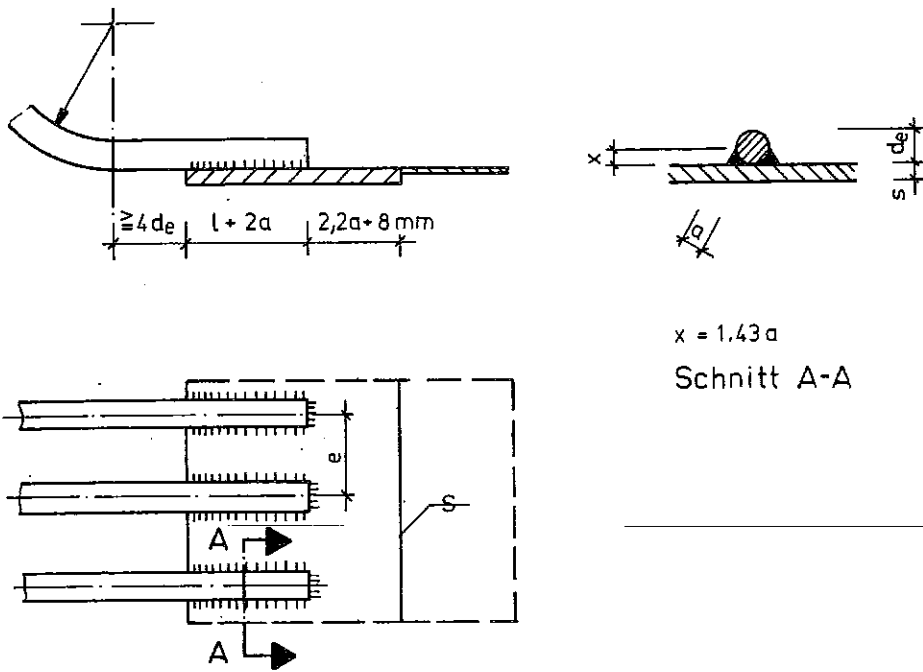


Bild 22: Verbindung Rundstahl - Stahlblech

2.11.2.2. Verbindung von Rundstäben

Längskehlnahtverbindungen von Rundstäben entsprechend Bild 23 sind nach TGL 23 824 [26] nachzuweisen. Die sich hierbei ergebenden Schweißnahtlängen  $L$  und die Abtriebskräfte  $F_Z$  für durchgehende Längskehlnähte sind in Tabelle 4 angegeben. Die Werte gelten sowohl für einseitige als auch für beidseitige Verschweißung.

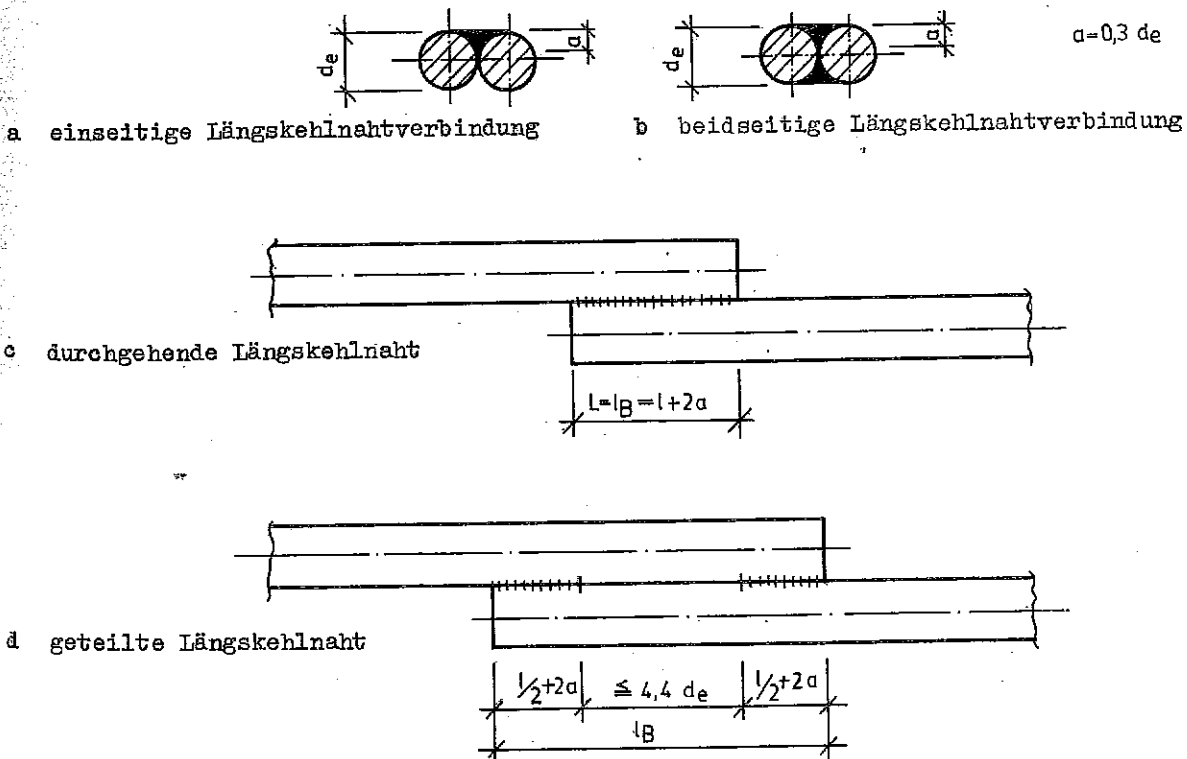


Bild 23: Verbindung Rundstahl - Rundstahl

**Tabelle 4:** Schweißnahtlängen L und Abtriebskräfte  $F_Z$  in Abhängigkeit von der Rundstahl- und Betongüte

$d_e$ [mm]	St A-I				St A-III			
	B 225		B 300		B 225		B 300	
	L [mm]	$F_Z$ [kp]	L [mm]	$F_Z$ [kp]	L [mm]	$F_Z$ [kp]	L [mm]	$F_Z$ [kp]
10	55	290	45	340	70	390	60	440
12	65	415	55	480	85	550	75	640
14	75	565	65	660	95	750	85	870
16	85	740	75	860	110	980	95	1130
18	95	935	80	1080	125	1240	105	1430
20	105	1155	90	1340	140	1530	120	1770
22	115	1400	100	1620	150	1850	130	2140
25	130	1800	115	2090	170	2390	150	2760
28	145	2250	125	2610	190	2990	170	3460
32	165	2950	145	3410	220	3910	190	4520

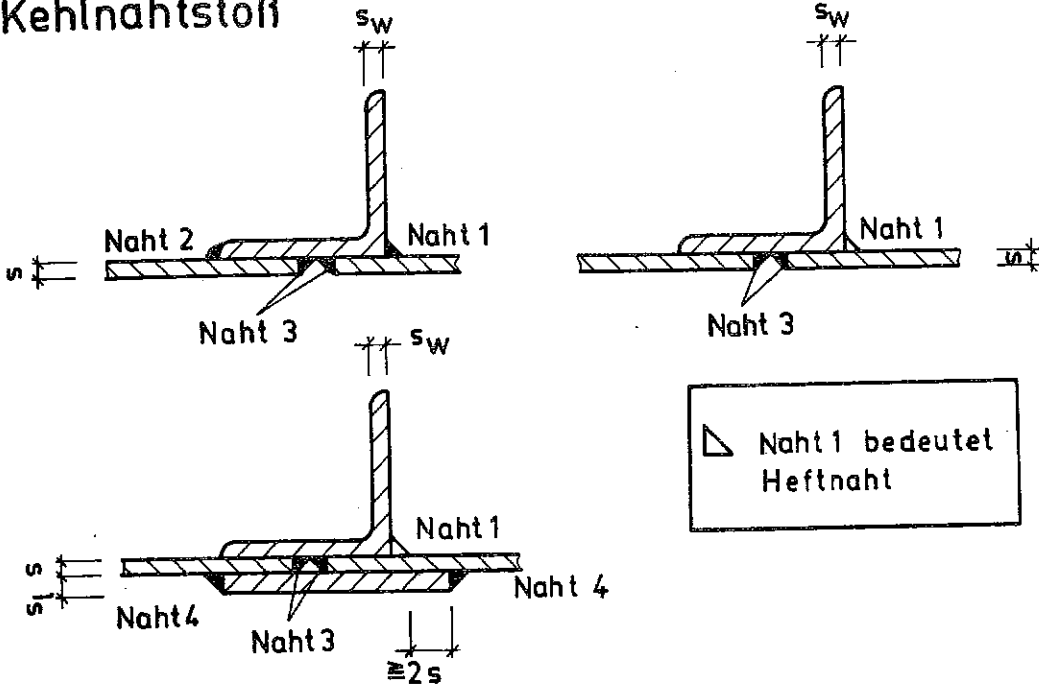
Für die Aufnahme der in der Tabelle 4 angegebenen Abtriebskräfte  $F_Z$  sind die Nachweise entsprechend Abschnitt 2.5.2. und 3.4. der TGL 23 824 [26] zu führen.

### 2.11.2.3. Verbindung von Stahlblechen

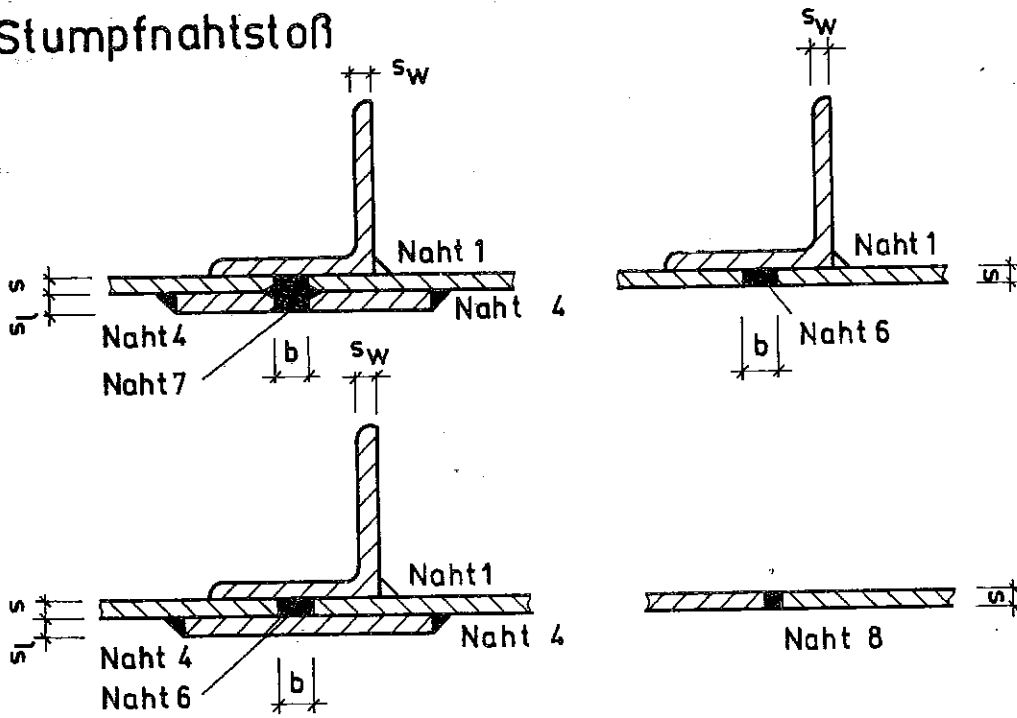
Stahlblechstöße sind möglichst nach Bild 24 auszuführen. Dabei sind für Blechdicken  $\geq 8$  mm Stumpfnähte vorzuziehen. Kehlnähte mit  $a > 8$  mm sind möglichst zu vermeiden. Bei den Schweißnähten sind dabei folgende Grenzwerte einzuhalten:

Naht 1	$a \leq \begin{cases} s \\ s_w \end{cases}$
Naht 2	$a \leq \begin{cases} s \\ 0,6 \cdot s_w \end{cases}$
Naht 3	$a \leq \begin{cases} 0,7 \cdot s \\ s_w \end{cases}$
Naht 4	$a \leq \begin{cases} s \\ 0,7 \cdot s_1 \end{cases}$
Naht 5	$a \leq s$
Naht 6	$a = s; b \leq 1,5 \cdot s$
Naht 7	$a = s + s_1; b \leq 1,5 \cdot (s + s_1)$
Naht 8	nach TGL 14 903 [23]

### Kehlnahtstoß



### Stumpfnahststoß



### Dünnblechstoß

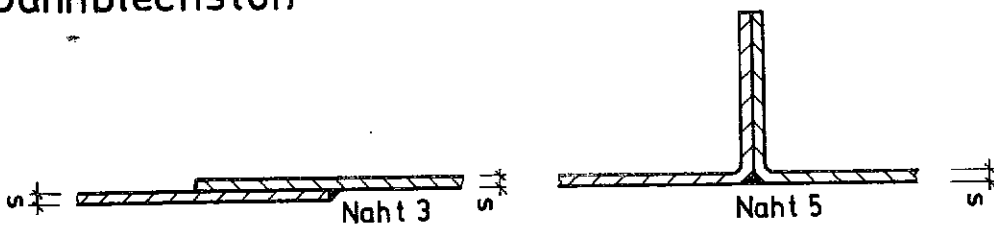


Bild 24: Stahlblechstöße

Dickenwechsel sind durch einen Übergang von mindestens 1:1 herauszustellen. Ist die Dicken-differenz  $\leq 2$  mm, kann der allmähliche Übergang entfallen.

Mit den in Bild 25 angegebenen Nähten kann ein 4 mm dickes Stahlblech voll an ein 10 bis 15 mm dickes Stahlblech angeschlossen werden. Das 4 mm Stahlblech erhält als Nahtvorbereitung eine 2 mm Fase. Die Stumpfnäht ist mittels SG (CO<sub>2</sub>)-Schweißung auszuführen.

#### 2.11.2.4. Verbindung der Blech- aussteifung mit dem Stahlblech

Der Nachweis der Schweißnähte erfolgt nach TGL 13 500 [18]. Unabhängig von der Lage der Blech- aussteifung im Verbundtragwerk sind die Schweißnähte zwischen Stahlblech und Blech- aussteifungen im Bereich eines Dübels für folgende Kraft zu bemessen (Bild 26):

$$D' = \frac{F_B}{F_B + F_{BA}} \cdot 2 \cdot \text{zul } D \quad (3)$$

Dabei ist zul D Abschnitt 8.6. zu entnehmen.

Die Kehlnähte können beidseitig unterbrochen geschweißt werden mit einer Nahtdicke  $a \geq 2,5$  mm. Sie sind im Bereich der Dübel anzuordnen. Werden die Blech- aussteifungen unterbrochen (zum Beispiel an Auflagerpunkten oder Versatzteilen), so ist die Querschnittsfläche der Blech- aussteifung über eine Schweißverbindung an das Stahlblech voll anzuschließen (Bild 27). Wenn statisch erforderlich, ist das Stahlblech in diesem Bereich zu verstärken. Zusätzliche Beanspruchungen der Blech- aussteifungen (zum Beispiel aus Konsolen) müssen beim Nachweis der Schweißverbindung berücksichtigt werden.

Stöße von Blech- aussteifungen sind in Ausführungsklasse II B auszuführen. Dabei sind im Stoßbereich die Kehlnähte zwischen Blech- aussteifung und Stahlblech entsprechend Bild 27 durchgehend zu schweißen (mindestens  $a = 2,5$  mm,  $l = 2 \times 50$  mm). Stöße von Blech und Blech- aussteifungen sind  $\geq 100$  mm zu versetzen. Beispiele für Stoßausbildungen bei Blech- aussteifungen mit der Möglichkeit einer vollen Stoßdeckung sind in Bild 28 angegeben.

#### 2.11.2.5. Verbindung Rundstahldübel - Blechbewehrung

Werden für das Aufschiessen der Verbundmittel hochmechanisierte bzw. teilautomatisierte Schweißverfahren angewendet, so sind die spezifischen Besonderheiten der einzelnen Schweißverfahren zu beachten. Außerdem sind die aus den Zulassungen bzw. technologischen Richtlinien für diese Verfahren resultierenden Festlegungen einzuhalten.

Soweit in dieser Vorschrift keine gesonderten Festlegungen enthalten sind, ist die TGL 23 82 [26] sinngemäß anzuwenden. Bei einem Anschluß durch Stirnkehlnähte und einer Belastung auf Abscheren muß sein:  $a/d_e \leq 0,23$  und  $s/d_e \leq 0,30$ .

#### 2.11.3. Rundstahlverankerung im Beton

Für Verankerungslängen und Krümmungsdurchmesser für Haken und Abbiegungen gilt im allgemeinen TGL 0-1045 [1].

Danach ist bei Abbiegungen und Schlaufen aus Rundstahl St A-III ein lichter Krümmungsdurchmesser  $\geq 15 d_e$  einzuhalten ( $d_e$  vorhandener Rundstahldurchmesser). Bei einem Krümmungsdurchmesser  $< 15 d_e$  sind die Spaltzugkräfte, wenn statisch erforderlich, durch geeignete Bewehrung aufzunehmen.

Bei Anordnung von Ankerplatten (zum Beispiel Blech- aussteifungen) braucht die Schweißnaht zur Verbindung der Ankerplatten mit dem Rundstahl nur für 50 Prozent der Rundstahlkraft ausgeführt zu werden, wenn das vorhandene Verankerungsmaß  $\geq 0,7 \cdot a_3$  beträgt ( $a_3$  nach TGL 0-1045 Tabelle 6). Ausführungsbeispiel siehe Bild 29.

#### 2.12. Versatzteile

Bei Versatzteildurchführungen aller Art ist die Querschnittsschwächung der Blechbewehrung entsprechend den statischen Erfordernissen durch Randverstärkungen bzw. Zusatzbewehrung zu ersetzen, oder es ist ein dickeres Stahlblech vorzusehen, wenn nicht in den nachfolgenden Abschnitten für die einzelnen Versatzteile etwas anderes vorgeschrieben ist. Versatzteildurchführungen sind rechnerisch nachzuweisen.