



# MINISTERIALBLÄTT

FÜR DAS LAND NORDRHEIN-WESTFALEN

41. Jahrgang

Ausgegeben zu Düsseldorf am 1. Juni 1988

Nummer 32

## Inhalt

### I.

#### Veröffentlichungen, die in die Sammlung des bereinigten Ministerialblattes für das Land Nordrhein-Westfalen (SMBI. NW.) aufgenommen werden.

Glied.-Nr.	Datum	Titel	Seite
232340	29. 3. 1988	RdErl. d. Ministers für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr DIN 4093 - Baugrund; Einpressen in den Untergrund; Planung, Ausführung und Prüfung . . . . .	638
232343	24. 3. 1988	RdErl. d. Ministers für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr DIN 4113 Teil 1 - Aluminiumkonstruktionen unter vorwiegend ruhender Belastung; Berechnung und bauliche Durchbildung . . . . .	654
232343	24. 3. 1988	RdErl. d. Ministers für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr Richtlinie zum Schweißen von tragenden Bauteilen aus Aluminium - Fassung Oktober 1986 . . . . .	678
232371	15. 3. 1988	RdErl. d. Ministers für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr DIN 18093 - Einbau von Feuerschutztüren . . . . .	684

## I.

232340

**DIN 4093 – Baugrund; Einpressen in den Untergrund; Planung, Ausführung und Prüfung**

RdErl. d. Ministers für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr v. 29. 3. 1988 – V B 4 – 470.119

## 1 Die Norm

DIN 4093 (Auszgabe September 1987)

– Baugrund; Einpressen in den Untergrund; Planung, Ausführung, Prüfung –

wird hiermit nach § 3 Abs. 3 der Landesbauordnung (BauO NW) als technische Baubestimmung bauaufsichtlich eingeführt.

## Anlage

Die Ausgabe September 1987 der Norm DIN 4093ersetzt die Ausgabe Juni 1962; sie ist als Anlage abgedruckt.

## 2 Bei Anwendung der Norm ist folgendes zu beachten:

## 2.1 Zu Abschnitt 3: Bautechnische Unterlagen

Die Anwendung von Einpreßverfahren, die nicht nach dieser Norm beurteilt werden können, und die Verwendung von Einpreßgut, das in dieser Norm nicht abschließend geregelt wird, bedarf der Zustimmung im Einzelfall (§ 21 BauO NW), sofern nicht eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (§ 22 BauO NW) erteilt ist.

Dies gilt insbesondere

- für Einpreßverfahren, bei denen die natürliche Lagerung des Bodens, z. B. durch Hochdruckinjektion, verändert wird,
- für Kunststoffe bzw. Kunststoffharze als Einpreßgut (siehe auch Abschnitt 8.3.3.3 der Norm).

## 2.2 Zu Abschnitt 4: Allgemeine Anforderungen

Das Einpressen von Silikatgel oder Kunsthärtzen in den Untergrund bedarf nach § 2 des Wasserhaushaltsgesetzes der Erlaubnis der zuständigen Wasserbehörde.

## 3 Das Verzeichnis der nach § 3 Abs. 3 BauO NW eingeführten technischen Baubestimmungen – Anlage zum RdErl. v. 22. 3. 1985 (SMBL. NW. 2323) – ist wie folgt zu ergänzen:

## 3.1 im Verzeichnis der Baubestimmungen

DIN 4093

Abschnitt 5.1

## 3.2 im Abschnitt 5.1

Spalte 1: 4093

Spalte 2: September 1987

Spalte 3: Baugrund; Einpressen in den Untergrund; Planung, Ausführung und Prüfung

Spalte 4: 29. 3. 1988

Spalte 5: MBl. NW. S. 638/  
SMBL. NW. 232340

Spalte 6: \*

## Baugrund

## Einpressen in den Untergrund

## Planung, Ausführung, Prüfung

DIN  
4093

Subsoil; grouting of subsoil and substructures; planning, design, testing

Ersatz für Ausgabe 06.62

Sous-sol; injection de coulis dans le sous-sol et des substructures; planification, exécution, essais

Diese Norm wurde in einem gemeinsamen Ausschuß des Fachbereichs Baugrund im NABau und der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau e.V. ausgearbeitet.

Planung, Ausführung und Prüfung des Einpressens in den Untergrund erfordern gründliche Kenntnisse und Erfahrungen mit diesem Bauverfahren. Die einschlägigen Unfallverhütungsvorschriften der Tiefbau-Berufsgenossenschaft sind zu beachten.

Das Einpressen in das Grundwasser oder oberhalb des Grundwassers, wenn es schädliche Auswirkungen auf das Grundwasser haben kann, bedarf einer Erlaubnis nach dem Wasserhaushaltsgesetz. Die nach Landesrecht zuständigen Behörden sind rechtzeitig einzuschalten.

## Inhalt

## 1 Anwendungsbereich und Zweck

## 2 Begriffe

- 2.1 Einpressen
- 2.2 Hohlraum
- 2.3 Einpreßgut
- 2.4 Einpreßkörper
- 2.5 Einpreß-Reichweite
- 2.6 Grundsatzprüfung
- 2.7 Eignungsprüfung
- 2.8 Kontrollprüfung

## 3 Bautechnische Unterlagen

## 4 Allgemeine Anforderungen

## 5 Vorarbeiten für die Planung

- 5.1 Allgemeines
- 5.2 Einpreßversuche
- 5.3 Auswertung der Vorarbeiten und Projektplan

## 6 Anforderungen an Ausgangsstoffe und Einpreßgut

- 6.1 Ausgangsstoffe
  - 6.1.1 Zement
  - 6.1.2 Silikatgel (Wasserglassysteme)
  - 6.1.3 Kunstharsz
  - 6.1.4 Wasser
  - 6.1.5 Zuschlag
  - 6.1.6 Zusätze
- 6.2 Einpreßgut
  - 6.2.1 Allgemeines
  - 6.2.2 Zementsuspension, Zementpaste und Zementmörtel
  - 6.2.3 Tonementsuspension
  - 6.2.4 Silikatgel (Wasserglassysteme)
  - 6.2.5 Kunstharsz
    - 6.2.5.1 Wäßriges System
    - 6.2.5.2 Nichtwäßriges System
  - 6.2.6 Kombination verschiedener Einpreßgüter

## 7 Technik des Einpressens

- 7.1 Einpreßverfahren
- 7.2 Anordnung der Bohrungen und Einpreßrohre
- 7.3 Herstellen der Bohrungen
- 7.4 Einpreßanlagen und Einpreßgeräte
- 7.5 Durchführen des Einpressens
  - 7.5.1 Art und Reihenfolge des zur Anwendung kommenden Einpreßguts
  - 7.5.2 Einpreßort, -menge, -zeit und -druck

## 8 Prüfung und Überwachung

- 8.1 Kontrolle der Eigenschaften der Ausgangsstoffe und des Einpreßguts
  - 8.1.1 Allgemeines
  - 8.1.2 Zementsuspension, Zementpaste, Zementmörtel und Tonementsuspension
  - 8.1.3 Silikatgel (Wasserglassysteme)
  - 8.1.4 Kunstharsz
- 8.2 Prüfung des Einpreßkörpers
- 8.3 Prüfung der Festigkeitseigenschaften
  - 8.3.1 Allgemeines
  - 8.3.2 Einpressen in Fels
  - 8.3.3 Einpressen in Lockergestein
    - 8.3.3.1 Einpressen von Zementsuspension, Zementpaste, Zementmörtel und Tonementsuspension
    - 8.3.3.1.1 Prüfmethoden
    - 8.3.3.1.2 Grundsatzprüfung
    - 8.3.3.1.3 Eignungsprüfung
    - 8.3.3.1.4 Kontrollprüfung
    - 8.3.3.2 Einpressen von Silikatgel
    - 8.3.3.2.1 Prüfmethode
    - 8.3.3.2.2 Grundsatzprüfung
    - 8.3.3.2.3 Eignungsprüfung
    - 8.3.3.2.4 Kontrollprüfung
    - 8.3.3.2.5 Aufbewahrung und Transport der Proben bei der Eignungs- und Kontrollprüfung
    - 8.3.3.3 Einpressen von Kunstharsz
    - 8.3.3.4 Einpressen verschiedener Einpreßgüter
  - 8.4 Prüfung der Durchlässigkeit
    - 8.4.1 Allgemeines
    - 8.4.2 Einpressen in Fels
      - 8.4.2.1 Prüfmethoden
      - 8.4.2.2 Grundsatz-, Eignungs- und Kontrollprüfung
      - 8.4.3 Einpressen in Lockergestein
        - 8.4.3.1 Prüfmethoden
        - 8.4.3.2 Grundsatzprüfung
        - 8.4.3.3 Eignungsprüfung
        - 8.4.3.4 Kontrollprüfung

## 9 Standsicherheitsnachweise für Einpreßkörper im Lockergestein

- 9.1 Verfestigung
  - 9.1.1 Allgemeines
  - 9.1.2 Tragfähigkeit
  - 9.1.3 Sicherheiten
    - 9.1.3.1 Verfestigung mit Zementsuspension oder Tonementsuspension
    - 9.1.3.2 Verfestigung mit Silikatgel
  - 9.2 Abdichtung

## Zitierte Normen und andere Unterlagen

## 1 Anwendungsbereich und Zweck

Diese Norm gilt für die Planung, Ausführung und Prüfung für das Einpressen in Hohlräume des Untergrunds zum Zwecke der **Abdichtung** und/oder **Verfestigung**.

Der verpreßte Teil des Untergrunds kann als Bauteil oder als Untergrund mit verbesserten Eigenschaften angesehen werden. Bei der Lockergesteinsverfestigung wird der Bereich außerhalb des Einpreßkörpers als Baugrund nach DIN 1054 angesehen. Die zulässigen Belastungen für verpreßten Fels richten sich nach DIN 1054, wobei die durch das Verpressen verbesserten Eigenschaften entsprechend der vorliegenden Norm berücksichtigt werden dürfen.

Anmerkung: Diese Norm kann sinngemäß auch angewendet werden für die Sanierung spezieller Tiefbauwerke, z.B. Gewichtsstaumauern.

Diese Norm gilt nicht für das Einpressen in Spannkanäle von Spannbetonbauteilen und für Verpreßanker. Sie gilt nicht für Bauwerksabdichtungen im Sinne von DIN 18 195 Teil 1.

## 2 Begriffe

### 2.1 Einpressen

Einpressen ist das Einbringen von Einpreßgut unter Druck in Hohlräume des Untergrunds.

### 2.2 Hohlräum

Hohlräum ist der Oberbegriff für natürliche und künstliche Hohlräumstrukturen aller Art:

- in Fels und in festen Tonböden für Klüfte, Spalten, Risse, Poren und kavernöse Strukturen,
- im Lockergestein für Poren,
- zwischen Bauwerk und Untergrund für die Kontaktfuge.

### 2.3 Einpreßgut

Einpreßgut ist ein pumpbarer Stoff zum Füllen der Hohlräume.

### 2.4 Einpreßkörper

Der Einpreßkörper umfaßt das Volumen im Untergrund, in dem die beabsichtigte Wirkung (Verfestigung oder Abdichtung) den Anforderungen entsprechend erreicht wurde.

### 2.5 Einpreß-Reichweite

Einpreß-Reichweite ist die radial gemessene von der Einpreßstelle erreichte Entfernung, bis zu der das eingesetzte Einpreßgut vordringt.

### 2.6 Grundsatzprüfung

Die Grundsatzprüfung dient dem Nachweis, ob das Einpreßgut unabhängig von der Verwendung im Einzelfall geeignet ist.

### 2.7 Eignungsprüfung

Die Eignungsprüfung dient dem Nachweis vor Beginn der Bauausführung, ob die Zusammensetzung des Einpreßguts und die Bedingungen für das Einpressen unter den Verhältnissen der betreffenden Baustelle für den jeweiligen Zweck geeignet sind.

### 2.8 Kontrollprüfung

Die Kontrollprüfung ist der Nachweis, ob der mit Einpreßgut verpreßte Untergrund die in den bautechnischen Unterlagen geforderten Eigenschaften erreicht hat.

## 3 Bautechnische Unterlagen

Es sind folgende Unterlagen zur Beurteilung der Einpressung erforderlich:

- a) Beschreibung der Baugrund- und Wasserverhältnisse im Bereich des geplanten Einpreßkörpers.
- b) Ausführliche Beschreibung und Darstellung des Einpreßvorhabens, Projektplan.
- c) Nachweis der Eignung des gewählten Einpreßguts für die angetroffenen Untergrundverhältnisse.
- d) Nachweis der Festigkeit und/oder Durchlässigkeit des Einpreßkörpers.
- e) Nachweis der Standsicherheit des Einpreßkörpers.

## 4 Allgemeine Anforderungen

Art und Eigenschaften des Einpreßguts müssen so beschaffen sein, daß es in Hohlräume des Untergrunds eindringen kann, dort verbleibt und ein dem Verwendungszweck entsprechend dauerhafter Einpreßkörper entsteht. Wenn der Einpreßkörper z.B. extremen oder länger andauernden (2 Jahre) Witterungsbedingungen ausgesetzt wird, sind besondere Schutzvorkehrungen zu treffen.

Bei Einsatz von Silikatgelen oder Kunstarzen, die beim Einpressen eine Beeinträchtigung des Grundwassers verursachen können, sind zu treffende Schutzmaßnahmen (z.B. Abpumpen des Grundwassers oder Abschirmen) mit den zuständigen Behörden abzustimmen.

Sind Aufbrüche und Hebungen infolge des Einpressens klein zu halten, muß eine natürliche oder künstliche Auflast als Widerlager vorhanden sein.

## 5 Vorarbeiten für die Planung

### 5.1 Allgemeines

Die Wahl des Einpreßguts ergibt sich aus den Tabellen 1 und 2 in Verbindung mit vorhandenen Aufschlüssen, Erfahrungen und geologischen Karten.

Für die Erkundung des Untergrunds wird auf folgende Normen hingewiesen:

DIN 1054, DIN 4021 Teil 1 bis Teil 3, DIN 4022 Teil 1 bis Teil 3, DIN 4023, DIN 4030, DIN 4123, DIN 18 130 Teil 1, DIN 18 136, DIN 19 700 Teil 10, DIN 19 700 Teil 11 und DIN 19 702.

Falls erforderlich, sind weitergehende Untersuchungen und nötigenfalls Einpreßversuche (siehe Abschnitt 5.2) durchzuführen. Die örtlichen Erkundungen sollen vor allem die Bereiche erfassen, in denen unterschiedliche Verhältnisse für das Einpressen zu erwarten sind.

Vor der Einpressung im Bereich von Bauwerken sind deren Gegebenheiten, soweit sie den Einpreßvorgang beeinflussen oder davon beeinflußt werden, zu untersuchen. Dabei ist der Untergrund auch über die geplante Ausführungstiefe hinaus zu erkunden.

Voruntersuchungen erfolgen durch:

- a) Schürfe,
- b) Bohrungen,
- c) geophysikalische und andere Verfahren,

Anmerkung: Mit den aus den Aufzählungen a) und b) gewonnenen Proben werden die jeweils maßgebenden boden- und felsmechanischen Kenngrößen ermittelt.

- d) Prüfungen der Durchlässigkeit,
- e) Festigkeitsprüfungen,
- f) Probeeinpressungen mit Einpreßgut (im Untergrund oder im Laboratorium),
- g) chemische Analyser

Die Vorarbeiten für die Planung von Einpressungen in den Untergrund setzen die Kenntnis der Eigenschaften von Lockergestein und Fels nach Tabelle 3 voraus.

Tabelle 1. Einsatzmöglichkeiten von Einpreßgut in Lockergestein

		1	2	3	4
	Hohlräume in	Bodenarten nach DIN 4022 Teil 1	Durchlässigkeitsbeiwert $k_f$ m/s	Einpreßgut	Einpreßzweck (Abdichtung A Verfestigung V)
1	Kies Grobsand Kies sandig	G gS Gs	$> 5 \cdot 10^{-3}$	Zementsuspension	V
				Tonzementsuspension	A, V
				Tonsuspension	A
				Tonzementsuspension und Silikatgel	A, V
2	Sand Sand schluffig	S Su	$5 \cdot 10^{-3}$ bis $5 \cdot 10^{-6}$	Tonsuspension	A
				Silikatgel	A, V
				Kunstharz	A, V
3	Feinsand Grobschluff	fS gU	$5 \cdot 10^{-4}$ bis $1 \cdot 10^{-7}$	Silikatgel	A, V
				Kunstharz	A, V

Tabelle 2. Einsatzmöglichkeiten von Einpreßgut in Fels

		1	2
	Öffnungsweiten $s$ der Hohlräume	Einpreßgut	Einpreßzweck (Abdichtung A Verfestigung V)
1	kavernöse Strukturen, Klüfte und Störungszonen $s > 10$ mm	Zementmörtel, Zementpaste, Zementsuspension, Tonzementsuspension, Kunstharz	A, V
2	Klüfte und Risse $100$ mm $> s > 0,1$ mm	Zementsuspension, Tonzementsuspension, Tonzementsuspension und Silikatgel, Kunstharz	A, V
3	Klüfte und Risse $s < 0,1$ mm	Silikatgel, Kunstharz	A, V

## 5.2 Einpreßversuche

Einpreßversuche sollen bei größeren Bauvorhaben oder bei schwierigen Untergrundverhältnissen vorgenommen werden.

Für Einpreßversuche sollen Anzahl und Anordnung der Bohrlöcher so gewählt werden, daß die Wirkung des Einpressens beurteilt werden kann.

## 5.3 Auswertung der Vorarbeiten und Projektplan

Die Vorarbeiten sind so auszuwerten, daß ein Projektplan erstellt werden kann. In diesem müssen festgelegt werden:

- erforderliche Ausdehnung des durch Einpressen zu behandelnden Bereichs (Kubatur bzw. Volumen des Einpreßkörpers),
- Art des Einpreßguts,
- Anordnung der Bohrungen oder Einpreßpfähre, ihre Anzahl, Längen, Abstände, Richtungen (Winkel gegen geographisch Nord), Neigungen (Winkel gegen die Horizontale) und die Reihenfolge ihrer Ausführungen,
- anzuwendendes Bohrverfahren,
- anzuwendendes Verfahren zum Entfernen der Bohrrückstände, Öffnen und gegebenenfalls Freispülen der Einpreßwege,
- anzuwendendes Einpreßverfahren, Einpreßstufen,
- Einpreßdruck, zu erwartende Einpreßmengen und Einpreßzeiten,
- Einpreßort, Einpreßmengen (Volumen je Zeiteinheit; Volumen je Einpreßabschnitt oder Gewicht der Komponenten),
- Reichweiten des Einpressens,
- erforderte Festigkeit des Einpreßkörpers und Festlegung der Festigkeitsprüfung bei Verfestigungen,
- Durchlässigkeit des Einpreßkörpers und Art der Durchlässigkeitsprüfungen bei Abdichtungen,
- Auswirkung von Verformungen.

Tabelle 3. Vorkenntnisse über die Untergrundverhältnisse

	1	2	3	4	5
Vorkenntnisse	Lockergestein und Grundwasser-verhältnisse	Fels			Wasserverhältnisse
		Gestein	Gebirge		
1	Es müssen bekannt sein oder bestimmt werden	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schichtenfolge und Raumstellung der Schichten</li> <li>- Korngrößenverteilung und Porenanteil</li> <li>- Lagerungsdichte</li> <li>- Grundwasserstand (Schwankungen)</li> <li>- chemische Zusammensetzung des Grundwassers (Angriffe auf Gestein und Einpreßgut), wenn der Verfestigungskörper im Grundwasser ist</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Art (Korngröße, Mineralbestand)</li> <li>- Verwitterungszustand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gesteinsgrenzen</li> <li>- Trennflächen (Streichen, Einfallen, Häufigkeit (Abstand), Ausbildung, Verlauf und Kluftweite, Füllung, Belag)</li> <li>- Hohlräume</li> <li>- Durchlässigkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundwassersysteme (Vorkommen, Verbreitung, Druckhöhe)</li> <li>- Grundwasserspiegel (Schwankungen)</li> <li>- chemische Zusammensetzung des Grundwassers (Angriffe auf Gestein und Einpreßgut)</li> </ul>
2	Es sollten bekannt sein	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wassergehalt</li> <li>- Wasser durchlässigkeit</li> <li>- Strömungsrichtung und Geschwindigkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kornbindung, Raumausfüllung</li> <li>- Zerfall (Luft, Wasser, Frost)</li> <li>- Durchlässigkeit</li> <li>- Festigkeit, Verformbarkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Festigkeit, Verformbarkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wasserbewegung (Richtung und Geschwindigkeit)</li> <li>- Wassermenge</li> <li>- hydraulische Einflüsse auf das Gebirge infolge der Einpressung</li> <li>- Grundwassertemperatur</li> </ul>

## 6 Anforderungen an Ausgangsstoffe und Einpreßgut

### 6.1 Ausgangsstoffe

#### 6.1.1 Zement

Für Zementeinpressungen dürfen Zemente nach DIN 1164 Teil 1 sowie bauaufsichtlich zugelassene Zemente verwendet werden. Bei Wässern mit einem Sulfatgehalt von mehr als 400 mg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (Sulfationen) je l Wasser oder bei Böden mit einem Sulfatgehalt über 3000 mg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> je kg lufttrockenen Bodens sind Zemente mit hohem Sulfatwiderstand (HS-Zement nach DIN 1164 Teil 1) zu verwenden.

#### 6.1.2 Silikatgel (Wasserglassysteme)

Silikatgele (Wasserglassysteme) bestehen aus Wasserglas und Härter. Es dürfen nur Wasserglas und Härter mit in einer Werksbescheinigung, Bescheinigung DIN 50 049-2.1 und definierter Qualität verwendet werden, welche bei Einsatz für Verfestigungen die Grundsatzprüfung (siehe Abschnitt 8.3.3.2.2) und Eignungsprüfung (siehe Abschnitt 8.3.3.2.3) bestanden haben.

#### 6.1.3 Kunstharz

Es dürfen nur Kunstharze mit einer Werksbescheinigung, Bescheinigung DIN 50 049-2.1 und definierter Zusammensetzung und Dichte verwendet werden.

#### 6.1.4 Wasser

Trinkwasser ist als Anmachwasser geeignet, Grundwasser und Oberflächenwasser gelten ebenfalls als geeignet, soweit

diese nicht Bestandteile enthalten, die das Erhärten oder andere Eigenschaften unzulässig beeinflussen.

#### 6.1.5 Zuschlag

Der Zuschlag muß DIN 4226 Teil 1 entsprechen.

#### 6.1.6 Zusätze

Die Zusätze (Zusatzstoffe, Zusatzmittel) müssen DIN 1045 oder DIN 4226 Teil 1 entsprechen. Für Schlitzwandtöne gilt DIN 4127.

### 6.2 Einpreßgut

#### 6.2.1 Allgemeines

Art und Zusammensetzung des Einpreßguts sind nach der Beschaffenheit und Aufnahmefähigkeit des Untergrunds und nach den gestellten Anforderungen zu wählen.

#### 6.2.2 Zementsuspension, Zementpaste und Zementmörtel

Zementsuspensionen, Zementpaste und Zementmörtel sind Mischungen aus Zement, Wasser und gegebenenfalls Zuschlägen, Zusatzstoffen (z.B. Gesteinsmehl, Flugasche) und Zusatzmitteln (z.B. Beschleuniger, Verzögerer), deren Mischungsverhältnis und Behandlung aufgrund von Probemischungen oder Erfahrungen festzulegen sind. Zementsuspensionen mit hohen Wassergehalten sind vor dem Einpressen in Bewegung zu halten, damit sie nicht sedimentieren.

### 6.2.3 Tonzementsuspension

Tonzementsuspensionen sind Mischungen aus Ton, Zement, Wasser und gegebenenfalls Zusatzstoffen und Zusatzmitteln, deren Mischungsverhältnis und Behandlung aufgrund von Probermischnungen oder Erfahrungen festzulegen sind. Suspensionen mit hohen Tongehalten sind auch in Ruhe sedimentationsstabil.

### 6.2.4 Silikatgel (Wasserglassysteme)

Silikatgele (Wasserglassysteme) sind wässrige Lösungen von Alkalisilikaten mit gelösten oder emulgierten Härtern, die nach den Verarbeitungsrichtlinien des Herstellers zu behandeln sind. Wasserglassysteme, die zum Entmischen neigen, müssen vor dem Einpressen in Bewegung gehalten werden.

### 6.2.5 Kunstharz

#### 6.2.5.1 Wäßriges System

Monomere und niedermolekulare Vorkondensate sind durch Zumischen oder Zugabe eines Härters (Katalysator) zur Bildung hochmolekularer, standfester, wasserreicher Gele nach den Angaben des Herstellers zu behandeln und zu verarbeiten.

#### 6.2.5.2 Nichtwäßriges System

Reaktionskunstharze, auch schäumend, meistens aus zwei Komponenten bestehend (Reaktionskomponenten: Monomere und Katalysator oder Prepolymere und Wasser) sind nach den Richtlinien des Herstellers zu behandeln und zu verarbeiten.

### 6.2.6 Kombination verschiedener Einpreßgüter

Beim Einpressen verschiedener Einpreßgüter dürfen die Kombinationen mit Zement, Silikatgel und Ton verwendet werden.

## 7 Technik des Einpressens

### 7.1 Einpreßverfahren

Die Hohlräume sind durch Bohrungen, Einpreßrohre, Einpreßlanzen oder ähnlichem zugänglich zu machen. Abhängig von den Eigenschaften des zu behandelnden Untergrunds und der Bauaufgabe sowie des gewählten Einpreßguts werden folgende Einpreßverfahren genannt:

- Einpressen in ungestützte Bohrlöcher im Fels,
- Einpressen durch Rammlanzen oder Bohrgestänge im nicht standfesten Gebirge oder Lockergestein,
- Einpressen mittels eines gesondert in ein Bohrloch eingebrachten Einpreßrohrs (z. B. Manschettenrohr), hauptsächlich im Lockergestein.

Das Einpressen nach den Aufzählungen a) und b) wird in der Regel abschnittsweise von „unten nach oben“, in Sonderfällen von „oben nach unten“ vorgenommen. Das Einpressen von „oben nach unten“ ist durchzuführen, wenn gebirgsbedingte Umläufigkeiten vermieden werden sollen, Einpreßdrücke am Bohrlochkopf nicht aufgenommen werden können oder kein standfestes Bohrloch hergestellt werden kann. Die Länge der Einpreßabschnitte soll beim Einpressen in standfestem Gebirge nicht größer als 5 m sein. In stark klüftigem oder gestört Gebirge sind die Einpreßabschnitte zu verkürzen.

In Lockergestein sollen die Einpreßabschnitte nicht größer als 1 m gewählt werden.

### 7.2 Anordnung der Bohrungen und Einpreßrohre

Die Bohrungen oder Einpreßrohre sind nach Abstand, Tiefe und Richtung so anzuordnen, daß die einzelnen Einpreßreichweiten sich überlappen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß Bohrungen nicht mehr als 3 % von der planmäßigen Bohr-

lochachse abweichen sollen. Bei gebirgsbedingten Abweichungstendenzen oder bei Bohrtiefen von mehr als 60 m ist die Bohrgenauigkeit den vorliegenden Verhältnissen anzupassen.

In Lockergestein sind die Einpreßstellen umso enger zu setzen, je geringer die Durchlässigkeit des Untergrunds, je größer die Zähigkeit (Viskosität) des Einpreßguts und je niedriger der zulässige Einpreßdruck ist.

In Fels ist der Abstand der Einpreßstellen in den meisten Fällen nach der Raumstellung der maßgebenden Trennflächen und deren Öffnungsweite zu wählen. Um eine möglichst große Anzahl von Trennflächen bezogen auf die Bohrlänge zu schneiden, sind die Bohrungen möglichst senkrecht zu diesen Trennflächen auszurichten. Die ersten Einpreßbohrungen sind in großen Abständen abzuteufen und zu verpressen. Ihre Abweichungen sind durch Vermessung der Bohrlochachse zu ermitteln. Der Einpreßerfolg ist in Zwischenbohrungen zu prüfen. Ist die Durchlässigkeit danach nicht genügend reduziert, sind die Zwischenbohrungen zu verpressen und weitere Zwischenbohrungen abzuteufen und zu prüfen.

### 7.3 Herstellen der Bohrungen

Die Bohrlöcher können z. B. nach dem Drehbohr-, Schlagbohr- oder Rammverfahren mit oder ohne Verrohrung hergestellt werden. Bei Lockergestein kommt gegebenenfalls statt der Verrohrung Dickspülung in Betracht.

Ein großer Bohrlochdurchmesser erschließt mehr Eintrittsöffnungen für das Einpreßgut. Deshalb sind bei Bohrungen über 10 m Tiefe im Fels Bohrdurchmesser unter 45 mm nicht zu empfehlen. Während des Bohrens im Fels ist anfallendes Bohrklein ständig durch kräftiges Spülen, Ausblasen oder Absaugen zu entfernen.

Im Gebirge sind vor einer Durchlässigkeitsprüfung und vor dem Einpressen in jedem Abschnitt die Bohrlöcher, in Sonderfällen wechselseitig mit Druckwasser oder einem Gemisch von Druckwasser und Druckluft, gegebenenfalls auch mit geeigneten lösenden Zusätzen, gründlich auszuwaschen; ausgenommen sind Gebirge, welche sich unter Wassereinwirkung nachteilig verändern.

### 7.4 Einpreßanlagen und Einpreßgeräte

Die Anlagenteile und Geräte sind hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit der Aufgabe entsprechend zu dimensionieren und aufeinander abzustimmen.

Die Anlagenteile müssen so ausgebildet sein, daß schädliche Einwirkungen auf die Ausgangsstoffe ausgeschlossen sind.

In Dosiereinrichtungen müssen Feststoffe durch Wägung und Flüssigkeiten durch Wägung oder Volumenbestimmung auf 3 % der jeweiligen Charge gemessen werden.

Die Mischer müssen so gewählt sein, daß nach der vorsehenen Mischdauer eine gleichmäßige Durchmischung erreicht wird.

In den Vorratsbehältern für das fertige Einpreßgut müssen Vorrichtungen vorhanden sein, die sicherstellen, daß innerhalb der Aufenthaltsdauer die Eigenschaften des Einpreßguts nicht unzulässig verändert werden (z. B. Rührwerke gegen Entmischung, Absicherung gegen schädliche Einwirkungen).

Einpreßpumpen müssen so eingerichtet sein, daß ein vorbestimmter Druck erreicht und gleichmäßig eingehalten werden kann. Druckmeßanrichtungen sind an der Pumpe oder am Bohrlochkopf, bei langen Einpreßleitungen an beiden Stellen anzubringen. Die Leistungen der Pumpen sind so auszulegen, daß genügend Einpreßgut innerhalb einer vorgesehenen Zeit eingepreßt werden kann.

Die gewichtsmäßige oder volumenmäßige Zugabe der Ausgangsstoffe für das Mischgut soll automatisch vorgenommen werden, anderenfalls sind die einzelnen Zugabemengen aufzuzeichnen.

Im Vorratsbehälter ist die Dichte des Mischguts regelmäßig zu überprüfen.

## 7.5 Durchführen des Einpressens

### 7.5.1 Art und Reihenfolge des zur Anwendung kommenden Einpreßguts

Im Lockergestein werden beim Einpressen von mehreren Einpreßgütern im allgemeinen zuerst die größeren Hohlräume des Untergrunds mit dickflüssigem Einpreßgut und anschließend die feineren Poren mit dünnflüssigerem Einpreßgut gefüllt. Bei Beginn des zweiten Einpreßvorgangs muß das zunächst eingebrachte Einpreßgut so weit erhärtet sein, daß es beim zweiten Arbeitsgang nicht mehr aus den Hohlräumen herausgedrückt wird.

### 7.5.2 Einpreßort, -menge, -zeit und -druck

Über den Vorgang des Einpressens ist auf der Baustelle ein Einpreßprotokoll anzufertigen, welches von dem verantwortlichen Bauleiter oder seinem Vertreter zu unterzeichnen ist. Im Einpreßprotokoll sind ständig und gleichzeitig aufzuzeichnen Einpreßort, -menge (Volumen oder Gewicht), -zeit und -druck. Dieses bildet die Grundlage für die Steuerung und Kontrolle des Einpressens.

Wird nach dem Einpressen des vorgegebenen Volumens oder nach Ablauf einer vorgegebenen Einpreßzeit während des Einpressens in Fels kein Druckanstieg festgestellt, ist das Einpreßgut zu verdicken. Der Einpreßvorgang ist beendet, wenn ein vorgegebener Enddruck erreicht ist und ein vorgegebenes Einpreßvolumen in der Zeitspanne unterschritten wird.

Im Lockergestein soll ein auf die Bodenverhältnisse abgestimmtes Einpreßvolumen eingebracht werden. Der Einpreßvorgang ist beendet, wenn das vorgegebene Volumen eingebracht oder der zuvor ermittelte Enddruck erreicht worden ist.

In oberflächennahen Einpreßzonen mit geringer Auflast und in der Nähe von Bauwerken ist der Einpreßdruck so niedrig zu halten, daß keine schädlichen Hebungen auftreten können.

## 8 Prüfung und Überwachung

### 8.1 Kontrolle der Eigenschaften der Ausgangsstoffe und des Einpreßguts

#### 8.1.1 Allgemeines

Vor Beginn der Einpreßarbeiten ist die Verträglichkeit des Einpreßguts mit dem Untergrund zu überprüfen. Außerdem ist die festgelegte Rezeptur des Einpreßguts (Mischungsverhältnis) zu überprüfen. Darüberhinaus sind die Eigenschaften der Ausgangsstoffe des Einpreßguts zu kontrollieren.

#### 8.1.2 Zementsuspension, Zementpaste, Zementmörtel und Tonzementsuspension

Es sollen untersucht, überprüft oder festgestellt werden:

- Anmachwasser, sofern es sich nicht um Trinkwasser handelt, durch einen Erstarrungsversuch in Anlehnung an DIN 1164 Teil 5,
- Zuschläge und Zusatzstoffe (als Füllstoffe, z. B. Gesteinsmehl) nach Augenschein oder in Zweifelsfällen nach DIN 4226 Teil 3,
- nicht genormte puzzolanische Zusatzstoffe (z. B. Flugasche): Vorlage des Bescheides für das Prüfzeichen <sup>1)</sup>,
- Zusatzmittel: Vorlage des Bescheides für das Prüfzeichen <sup>1)</sup>,

<sup>1)</sup> Erteilt vom Institut für Bautechnik, Reichpietschufer 74–76, 1000 Berlin 30

- Fließeigenschaften, z. B. durch Rotations-Viskosimeter oder Auslauftrichter,
- Sedimentationsgeschwindigkeit, z. B. in einem Absinkversuch,
- Dichte der Suspension,
- Festigkeitsentwicklung, z. B. nach Abschnitt 8.3.3.1,
- Quellverhalten nach DIN 4227 Teil 5,
- Erosionsbeständigkeit und Beständigkeit des erhärteten Einpreßguts (betonangreifende Wässer und Böden siehe DIN 4030).

#### 8.1.3 Silikatgel (Wasserglassysteme)

Es sollen untersucht oder festgestellt werden:

- Anmachwasser auf chemische Verunreinigungen, die das Verfestigen beeinträchtigen, sofern nicht Trinkwasserqualität vorliegt,
- Dichte und Alkaligehalt des Wasserglasses,
- Dichte und Wirksamkeit des Härters, z. B. durch Kippversuch bei einer Standardmischung,
- Mischungsverhältnis, z. B. durch Dichtebestimmung,
- Viskosität der Mischung im Temperaturbereich von 5 bis 40 °C,
- Kippzeit der Mischung im Temperaturbereich von 5 bis 40 °C,
- Volumenänderung der Mischung bzw. Bildung von Synäresewasser,
- Beständigkeit des erhärteten Einpreßguts bei Wasserlagerung.

#### 8.1.4 Kunstharz

Von den Ausgangsstoffen müssen die Herstellerangaben über die Zusammensetzung und Eigenschaften des Einpreßguts bekannt sein und unter Baustellenbedingungen überprüft werden.

Vom Einpreßgut soll bekannt sein:

- Mischungsverhältnis,
- Viskosität und Kippzeit in Abhängigkeit von der Temperatur im Bereich von 5 bis 40 °C unter Berücksichtigung stark exothermer Systeme,
- Volumenänderung der Mischung bzw. Bildung von Synäresewasser,
- Eignung des gegebenenfalls notwendigen Anmachwassers, sofern es sich nicht um Trinkwasserqualität handelt,
- Verträglichkeit der Mischung mit Porenwasser,
- Beständigkeit des erhärteten Einpreßguts bei Wasserlagerung,
- Haftung der erhärteten Mischung auf mineralischen Flächen (Gestein, Baustoff).

## 8.2 Prüfung des Einpreßkörpers

Je nachdem ob die Einpreßarbeiten zum Zweck der Verfestigung und/oder der Abdichtung dienen, unterscheiden sich die Prüfverfahren. Während bei der Verfestigung überwiegend die Festigkeit und die Maßhaltigkeit des Einpreßkörpers sowie die Kraftschlüssigkeit bei Unterfangungskörpern kontrolliert werden müssen, sind bei der Abdichtung vor allem die Durchlässigkeit, Erosionsbeständigkeit und das Schwindmaß der verpreßten Bereiche zu überprüfen. In jedem Fall ist die zeitliche Beständigkeit nachzuweisen. Für Einpressungen unter extremen Witterungsbedingungen sind Sonderprüfungen vorzusehen. Unabhängig vom Einpreßzweck richtet sich das Prüfverfahren jedoch auch weitgehend nach der Art des zur Anwendung kommenden Einpreßguts.

Der erzielte Erfolg der Einpreßarbeiten wird zunächst durch die Kontrolle und Aufzeichnungen über die Einpreßmenge

Tabelle 4. Prüfung des Einpreßkörpers

	1	2	3	4	5	6	7	8
Prüfung	Festigkeit bei Verfestigungen						Durchlässigkeit bei Abdichtungen	
Einpreßgut	Zementmörtel, Zementpaste, Zementsuspension, Tonzementsuspension		Silikatgel		Kombination von verschiedenem Einpreßgut		alle Einpreßgüter	
Untergrund	Fels	Lockergestein	Fels	Lockergestein	Fels	Lockergestein	Fels	Lockergestein
1 Grundsatzprüfung	–	–	–	+	–	0	–	0
2 Eignungsprüfung	–	+	0	+	0	0	0	0
3 Kontrollprüfung	+	+	+	+	+	+	+	+
– Prüfung nicht erforderlich			0 Prüfung kann erforderlich sein			+ Prüfung erforderlich		

(Volumen je Zeiteinheit, Volumen je Einpreßabschnitt oder Gewicht der Komponenten) und den Einpreßdruck überprüft. Die Abmessungen und Qualität des Einpreßkörpers sind durch Kontrollbohrungen, Sondierungen oder andere geeignete Aufschlußverfahren oder Feldversuche zu überprüfen. Darüberhinaus kann (in Sonderheit bei Unterfangungen und umfangreichen Einpreßarbeiten) eine visuelle Beurteilung des Einpreßkörpers durch Kontrollsäcke, Schlitze, Schürfe, Stollen und ähnliches mit Probeentnahmen notwendig sein.

Zur Kontrolle von vertikalen und horizontalen Verschiebungen können vor, während und nach den Einpreßarbeiten Messungen erforderlich werden (z. B. durch Nivelliergeräte, Setzpegel und Extensometer). Unabhängig von Regelungen der einzelnen Abschnitte gibt Tabelle 4 einen Überblick der verschiedenen Prüfungen bei verschiedenen Einpreßgütern.

### 8.3 Prüfung der Festigkeitseigenschaften

#### 8.3.1 Allgemeines

Das rheologisch unterschiedliche Verhalten der Einpreßkörper erfordert verschiedene Prüfmethoden.

Bei Einpreßkörpern im Lockergestein, die mit Silikatgel (zum Teil auch mit Tonzementsuspension) hergestellt werden, sind einaxiale Kriechversuche maßgebend.

Bei Einpreßkörpern in Fels und mit Zementsuspension (zum Teil auch Tonzementsuspension) hergestellten Einpreßkörpern in Lockergestein sind Kurzzeitversuche maßgebend. Einpreßkörper in Fels sind darüberhinaus ingenieurgeologisch zu beurteilen.

Bei Einpreßkörpern in geklüftetem Fels sind Kriechversuche nicht erforderlich.

#### 8.3.2 Einpressen in Fels

Für die Prüfung des Einpreßkörpers sind felsmechanische Feld- und Laboruntersuchungen, z. B. Scher- und Druckversuche und ingenieurgeologische Beurteilungen durchzuführen. Die erforderlichen Prüfungen sind durch ein Gutachten eines Sachverständigen festzulegen. Als Entscheidungshilfe darf hierfür Tabelle 4 herangezogen werden. Die ausreichenden Festigkeiten des ausgeführten Einpreßkörpers sind durch ein Gutachten eines Sachverständigen nachzuweisen.

#### 8.3.3 Einpressen in Lockergestein

##### 8.3.3.1 Einpressen von Zementsuspension, Zementpaste, Zementmörtel und Tonzementsuspension

###### 8.3.3.1.1 Prüfmethoden

Die Festigkeitseigenschaften von verpreßtem Lockergestein sollen an Proben, die aus dem Einpreßkörper entnommen

werden, im Labor geprüft werden. Wo dies aus technischen Gründen nicht möglich ist, dürfen auch Feldversuche ausgeführt werden.

Die Festigkeitsprüfung im Labor wird durch Bestimmen der Druckfestigkeit nach DIN 1048 Teil 1 an Zylindern oder Würfeln durchgeführt. Einpreßkörper aus Tonzementsuspensionen, die nach 28 Tagen eine Festigkeit von  $5 \text{ N/mm}^2$  nicht erreichen, müssen nach DIN 18 136 geprüft werden.

Einaxiale Kriechversuche nach Abschnitt 8.3.3.2.1 sind erforderlich, wenn die zu erwartenden Kriechverformungen von nachteiligem Einfluß für die Standsicherheit, z. B. von Gebäuden sein können.

Die Proben müssen einen Durchmesser oder eine Kantenlänge von  $d > 100 \text{ mm}$  haben, wobei sich diese nach dem vorhandenen Größtkorn richtet. Der Durchmesser oder die Kantenlänge der Probe sollen mindestens das 6fache, besser das 10 bis 12fache des Größtkorndurchmessers sein. Die Probenhöhe ist abhängig von dem Probendurchmesser oder der Kantenlänge; sie wird durch das Verhältnis  $h/d = 1$  bestimmt. Bei Prüfungen nach DIN 18 136, Ausgabe März 1987, Abschnitt 6 und bei Kriechversuchen soll die Zylinderhöhe dem doppelten Durchmesser entsprechen.

Die Prüfung von Festigkeiten kann durch Feldversuche, indirekt durch Bohrlochversuche (z. B. Dilatometer-, Pressiometerversuche) durchgeführt werden.

##### 8.3.3.1.2 Grundsatzprüfung

Bei Verwendung von Zementsuspension, Zementmörtel, Zementpaste und Tonzementsuspension nach Abschnitt 8.1.2 darf auf die Grundsatzprüfung verzichtet werden.

##### 8.3.3.1.3 Eignungsprüfung

Liegen keine ausreichenden Erfahrungen bei den vorhandenen Untergrundverhältnissen vor, sind Prüfungen nach Abschnitt 8.3.3.1 durchzuführen.

##### 8.3.3.1.4 Kontrollprüfung

Für den Nachweis der Standsicherheit von statisch beanspruchten Einpreßkörpern ist eine Kontrollprüfung je  $500 \text{ m}^3$  vorzunehmen, wobei mindestens vier Einzelproben (1 Satz) aus dem Einpreßkörper zu entnehmen sind. Die Proben sind an repräsentativen Stellen, insbesondere an Stellen mit den höchsten Beanspruchungen zu entnehmen. Projektbezogen darf eine größere Anzahl von Proben vorgeschrieben werden. Die Kontrollprüfung gilt als bestanden, wenn 3 von 4 Proben (1 Satz) die erforderliche Druckfestigkeit erreicht haben.

Tabelle 5. **Ablesezeiten beim einaxialen Kriechversuch für Grundsatz-, Eignungs- und Kontrollprüfung**

	Prüfungen	Ablesezeiten	
1	Grundsatzprüfung (Versuchsdauer 40 Tage)	1 bis 30 h 2 bis 7 Tage: 8 bis 40 Tage:	wie Kontrollprüfung 2 Ablesungen je Tag im Abstand von etwa 8 Stunden 1 Ablesung je Tag
2	Eignungsprüfung (Versuchsdauer 7 Tage)	1 bis 30 h 2 bis 7 Tage:	wie Kontrollprüfung 2 Ablesungen je Tag im Abstand von etwa 8 Stunden
3	Kontrollprüfung (Versuchsdauer 30 h)		1 min, 3 min, 8 min, 15 min, 30 min, 60 min, 2 h, 4 h, 6 h, 24 h, 30 h

### 8.3.3.2 Einpressen von Silikatgel

#### 8.3.3.2.1 Prüfmethode

Bei Verwendung von Silikatgelen für die Verfestigung von Lockergestein sind einaxiale Kriechversuche als Grundsatz-, Eignungs- und Kontrollprüfungen durchzuführen.

An die Versuchsvorbereitung und -durchführung sind folgende Anforderungen zu stellen:

- Die Proben müssen einen Durchmesser von  $d \geq 80$  mm haben (bezüglich Größtkorn siehe Abschnitt 8.3.3.1.1); die Probenhöhe ist abhängig vom Probendurchmesser, sie wird durch das Verhältnis  $h/d = 1,8$  bis 2,2 bestimmt.
- Beim Einpressen im Labor muß durch entsprechende Steuerung des Versuchsaufbaus ein homogenes Durchdringen der Proben mit Einpreßgut sichergestellt sein.

Der einaxiale Kriechversuch (Retardationsversuch, abweichend von DIN 1048 Teil 1, DIN 18 136 und DIN 52105) wird mit einer zentrisch aufgebrachten, konstanten Belastung der Probe durchgeführt. Während der Versuchsdurchführung wird die Stauchung der Probe auf 1/100 mm genau gemessen.

Die Verformung der Probe ist während der Versuchsdurchführung mindestens an den in Tabelle 5 vorgegebenen Ablesezeiten anzugeben. Außerdem ist die Sofortverformung bei der Belastung der Probe zu messen und anzugeben. Die gemessenen Stauchungen sind ohne die Sofortverformungen in Zeit-Verformungs-Kurven aufzutragen.

#### 8.3.3.2.2 Grundsatzprüfung

Grundsatzprüfungen werden mit einer Rezeptur der Ausgangsstoffe mit Angabe des Neutralisationsgrades und Silikatgehalts der Mischung an labormäßig hergestellten Prüfkörpern durchgeführt.

Als Bodenart für die Grundsatzprüfung sollen zwei verschiedene Prüfsande verwendet werden. Diese Prüfsande sind aus den Körnungsbereichen Fein- bis Mittelsand sowie Mittel- bis Grobsand nach Bild 1 zu wählen. Von den Prüfsanden sind Angaben über Kornform (rund oder scharfkantig) und über Reibungswinkel zu machen. Die Prüfsande müssen chemisch nahezu neutral sein und das Anmachwasser Trinkwasserqualität aufweisen. Die Prüfsande sind mit einer Lagerungsdichte von  $D = 0,5$  einzubauen. Beim Einbau ist sicherzustellen, daß der Probenaufbau weitgehend homogen ist.

Der Versuchskörper wird 24 Stunden nach dem Einpressen aus den Probebehältern ausgebaut. Nach dem Ausbau sind die Proben bei mindestens 90% relativer Luftfeuchte bei 20°C zu lagern. Der Kriechversuch muß 7 Tage nach dem Einpressen beginnen.

Die Kriechversuche werden z.B. mit den Spannungen  $\sigma = 0,2/0,35/0,5$  und  $1 \text{ MN/m}^2$  durchgeführt. Für jede Spannung sind mindestens Kriechversuche an drei Probekörpern durchzuführen.

#### Verformungskriterien:

Die Belastungsdauer muß 40 Tage (960 h) betragen. Der Versuch darf vor Ablauf der 40 Tage abgebrochen werden, wenn

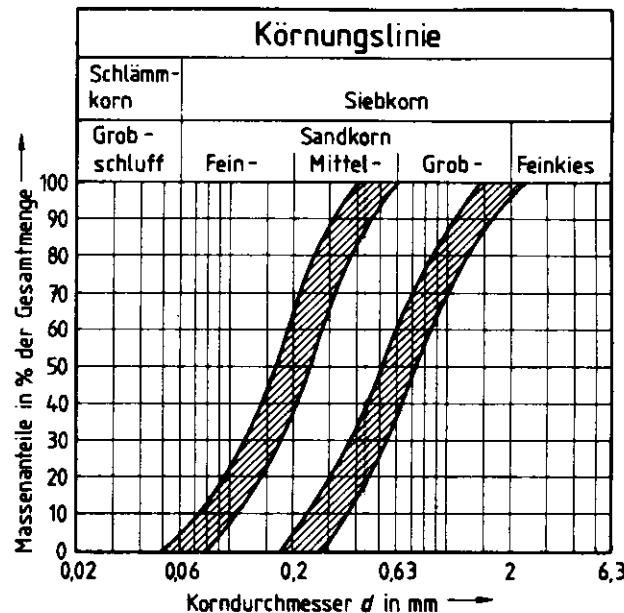


Bild 1. Körnungsbereiche der Prüfsande für die Grundsatzprüfung bei Silikatgel und Kunstharz

die Zunahme der Verformung des Probekörpers innerhalb von 7 Tagen (168 h) weniger als 0,01% der Probenanfangshöhe beträgt. Während der Versuchsdurchführung ist die Probe vor Austrocknung zu schützen und die Temperatur annähernd konstant zu halten. In Bild 2 sind Grenzkurven des zeitabhängigen Deformationsverhaltens silikatgelverfestigter Korngerüste dargestellt. Dabei wird der stabile und instabile Bereich unterschieden.

Die Grenzspannung in der Grundsatzprüfung ist definiert als die Spannung, bei der bei 40 Tagen Versuchsdauer in den letzten 7 Tagen die Zunahme der Verformung gerade  $\Delta\varepsilon_k = 0,02\%$  beträgt.

Stabiler Bereich I:

$$\sigma \leq \sigma_{lim}$$

Die Kurven 1a und 1b zeigen stabiles Verhalten. Das Einpreßgut gilt für den untersuchten Spannungsbereich als geeignet. Instabiler Bereich II:

$$\sigma > \sigma_{lim}$$

Für Spannungen  $\sigma > \sigma_{lim}$  ist das Zeit-Verformungsverhalten in den Kurven 2a und 2b dargestellt. Das Einpreßgut ist für den untersuchten Spannungsbereich ungeeignet.

Die Ergebnisse von Grundsatzprüfungen gelten nur für die der Untersuchung zugrundeliegenden Verhältnisse. Mindestens 3 von 4 Proben (1 Satz) müssen im stabilen Bereich I liegen (siehe Bild 2).

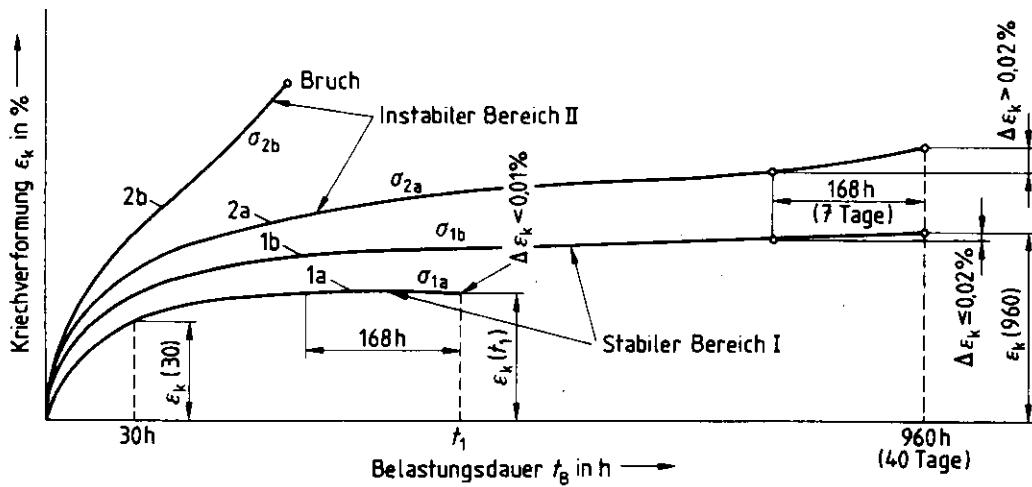


Bild 2. Einaxialer Kriechversuch für die Grundsatzprüfung; mögliches Verformungsverhalten mit den Spannungen  $\sigma_{1a} < \sigma_{1b} < \sigma_{lim} < \sigma_{2a} < \sigma_{2b}$

Eine Grundsatzprüfung gilt in jedem Fall als nicht bestanden, wenn das Verformungskriterium für den stabilen Bereich für die Spannung  $\sigma = 0,2 \text{ MN/m}^2$  nicht erfüllt wurde.

#### 8.3.3.2.3 Eignungsprüfung

Eignungsprüfungen müssen für jedes Bauvorhaben vorhanden sein, wenn Einpreßkörper statisch beansprucht werden. Liegen Ergebnisse aus Eignungsprüfungen in vergleichbaren Untergrundverhältnissen vor, so darf auf eine erneute Eignungsprüfung verzichtet werden, sofern das gleiche Einpreßgut und dasselbe Mischungsverhältnis angewendet werden und ein Einpreßverfahren gewählt wird, das zur Vergleichsbaustelle ähnliche Einpreßwirkungen erwarten lässt. Die Vergleichbarkeit ist nachzuweisen.

Sofern eine Eignungsprüfung vorgenommen wird, ist sie von einem unabhängigen Institut mit entsprechender Erfahrung durchzuführen.

In Abänderung der Grundsatzprüfung wird die Eignungsprüfung mit projektbezogenen Böden durchgeführt. Die Grundsatzprüfung muß mit dem in der Eignungsprüfung gewählten

Mischungsverhältnis bestanden sein. Die Proben sind entweder im Labor herzustellen oder aus einem Einpreßkörper zu entnehmen.

Die Belastungsdauer  $t_B$  ist im allgemeinen auf 7 Tage ( $t_B = 168 \text{ h}$ ) beschränkt.

Das Probenalter  $t_A$  darf abweichend von der Grundsatzprüfung entsprechend der Baustellensituation gewählt werden. Im allgemeinen sollte es 7 Tage betragen.

Die einaxialen Kriechversuche sind mit der Kriechspannung  $\sigma_K$  durchzuführen, bei der die nachfolgend angegebene Zunahme der Verformung im Laufe der Belastungsdauer  $t_B$  eingehalten wird.

$\Delta\epsilon_k \leq 0,02\%$  in 24 Stunden (siehe Bild 3).

Wird das Kriterium erreicht, kann der einaxiale Kriechversuch abgebrochen werden. Dieser Nachweis ist an wenigstens 3 von 4 Proben (1 Satz) zu führen. Bei Nichteinhaltung des Kriteriums innerhalb der vorgesehenen Belastungsdauer von 7 Tagen (168 h) ist das Einpreßgut bzw. auch nur das Mischungsverhältnis als für die Einpreßarbeiten nicht geeignet einzustufen.

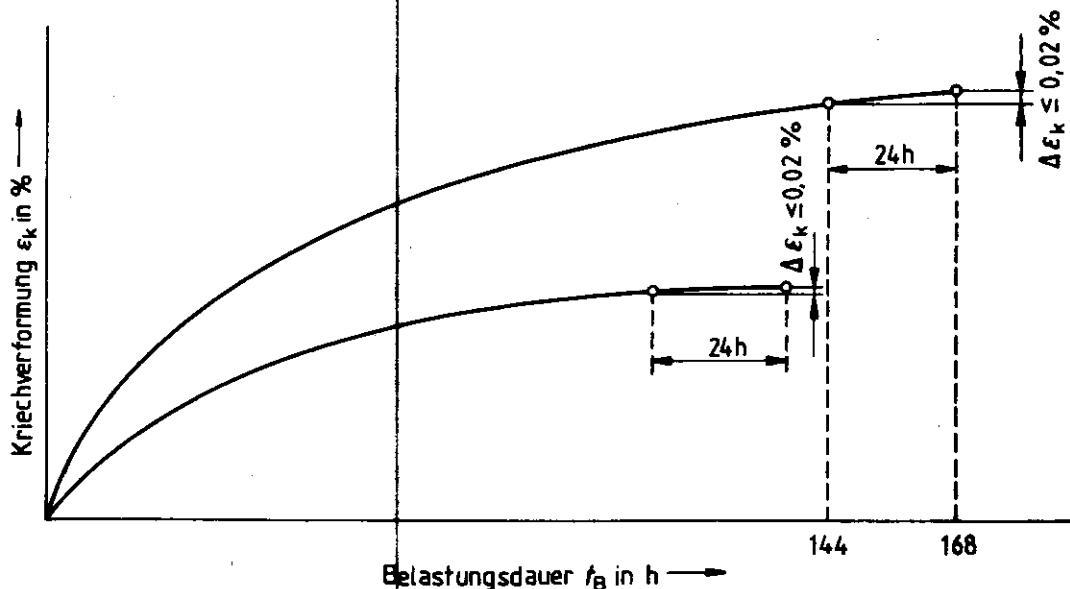


Bild 3. Darstellung der Verformungskriterien im einaxialen Kriechversuch für die Eignungsprüfung

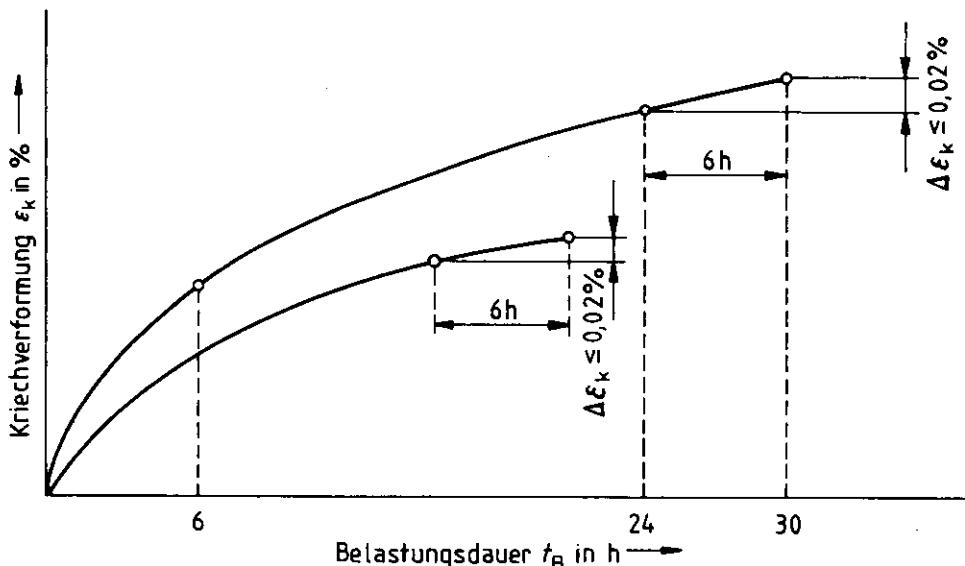


Bild 4. Darstellung der Verformungskriterien im einaxialen Kriechversuch für die Kontrollprüfung

#### 8.3.3.2.4 Kontrollprüfung

Für den Nachweis der Standsicherheit von statisch beanspruchten Einpreßkörpern ist eine Kontrollprüfung je 500 m<sup>3</sup> vorzunehmen, wobei mindestens 4 Einzelproben (1 Satz) aus dem Einpreßkörper zu entnehmen sind. Die Proben sind an repräsentativen Stellen, insbesondere an Stellen mit den höchsten Beanspruchungen zu entnehmen.

Die Belastung der Probekörper ist mindestens mit der Kriechspannung

$$\sigma_K = \frac{\sigma_D \cdot 2,0}{x \cdot (1 + \gamma_A + \gamma_K + \gamma_S)}$$

durchzuführen. Die Normalspannung  $\sigma_D$  ergibt sich aus Abschnitt 9.1.2 und die Beiwerte  $x$ ,  $\gamma_A$ ,  $\gamma_K$  und  $\gamma_S$  sind nach Abschnitt 9.1.3.2 zu wählen. Bei der Belastungsrichtung der Probe ist die Schichtung im Untergrund und die Richtung der größten Hauptspannung zu beachten.

Das Probenalter soll nicht größer als das der Eignungsprüfung sein. Die Belastungsdauer  $t_B$  ist auf 30 Stunden beschränkt. Die Kontrollprüfung gilt als bestanden, wenn 3 von 4 Proben (1 Satz) die nachfolgend angegebene Zunahme der Verformung innerhalb der Belastungsdauer  $t_B$  einhalten:  $\Delta\epsilon_k \leq 0,02\%$  in 6 Stunden (siehe Bild 4).

Wird das Kriterium vorher erreicht, darf der einaxiale Kriechversuch abgebrochen werden. Bei Nichteinhalten des Kriteriums innerhalb der Belastungsdauer  $t_B = 30$  h ist die Kontrollprüfung entsprechend der Eignungsprüfung durchzuführen. Das gleiche gilt, wenn das Probenalter bei der Kontrollprüfung größer ist als bei der Eignungsprüfung. Die Kontrollprüfung gilt dann als bestanden, wenn das Kriterium der Eignungsprüfung eingehalten wird.

#### 8.3.3.2.5 Aufbewahrung und Transport der Proben bei der Eignungs- und Kontrollprüfung

Die Proben sind durch geeignete Maßnahmen gegen Austrocknen sowie gegen ein etwaiges Auflockern oder Rutschen im Entnahmestutzen zu schützen, z.B. durch Kunststoff- oder Gummikappen mit Klebeband.

Die Proben sind gegen Sonneneinstrahlung und vor zu großer Hitze (in überheizten Baubuden) sowie gegen Frost zu schützen.

Für Versand und Transport sind die Proben vor Erschütterungen und die Behälter vor Zerstörungen zu schützen und hierzu unter Umständen in Kisten mit Sägespänen, Holzwolle oder ähnlichem zu verpacken.

Die Proben sind möglichst in unbeheizten, aber frostfreien Kellerräumen aufzubewahren. Sonderproben sind nach Möglichkeit unverzüglich dem Fachinstitut zuzuleiten. Über das Aufbewahren der Proben (Ort und Dauer) hat der Auftraggeber oder sein Beauftragter zu befinden.

#### 8.3.3.3 Einpressen von Kunstharz

Das Einpressen von Kunstharzen zum Zwecke einer statisch erforderlichen Verfestigung bedarf. nach den bauaufsichtlichen Vorschriften eines besonderen Brauchbarkeitsnachweises, z.B. einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung.

#### 8.3.3.4 Einpressen verschiedener Einpreßgüter

Die erforderlichen Prüfungen und die ausreichenden Festigkeiten des ausgeführten Einpreßkörpers sind durch Gutachten eines Sachverständigen festzulegen.

Als Prüfverfahren ist Feldversuchen gegenüber Laborversuchen der Vorzug zu geben, da bei Laborversuchen eine für die Festigkeits- und Verformungseigenschaften des gesamten Einpreßkörpers repräsentative Probenauswahl nur bedingt möglich ist. Dies lässt insbesondere hinsichtlich der vorhandenen Sicherheiten starke Streuungen in den Ergebnissen erwarten.

### 8.4 Prüfung der Durchlässigkeit

#### 8.4.1 Allgemeines

Das unterschiedliche Verhalten von Einpreßkörpern im Fels und Lockergestein erfordert unterschiedliche Prüfmethoden. Im Fels werden nur Feldversuche durchgeführt. Im Lockergestein dürfen neben Feldversuchen in Ausnahmefällen auch Laborversuche an Proben aus dem Einpreßkörper oder an im Labor hergestellten Proben geprüft werden.

Ergänzende Aussagen zur Durchlässigkeit sind möglich durch Messen der Grundwasserbewegung durch den Einpreßkörper sowie der Wasserstände und Druckhöhen im Einpreßkörper oder beidseitig davon (siehe DIN 4021 Teil 3). Soweit die Standsicherheit der Baumaßnahme infolge Versagens der Dichtung gefährdet sein kann, ist eine ständige Überwachung der Wasserstände bzw. Druckhöhen durchzuführen.

#### 8.4.2 Einpressen in Fels

##### 8.4.2.1 Prüfmethoden

Die Durchlässigkeit soll durch Wasserabpreßversuche nach DIN 4021 Teil 3 in Bohrungen, gegebenenfalls durch Versuche

an Brunnen, Schächten und Stollen ermittelt werden. Art, Anzahl und Ort der Versuche sind nach den geologischen Verhältnissen des Untergrunds und den gestellten Anforderungen festzulegen.

#### 8.4.2.2 Grundsatz-, Eignungs- und Kontrollprüfung

Grundsatzprüfungen sind nicht erforderlich. Die Eignungsprüfung darf durch Nachweis der Ergebnisse von Durchlässigkeitsuntersuchungen in vergleichbaren Untergrundverhältnissen erbracht werden. Die nach Abschnitt 8.4.2.1 genannten Prüfmethoden sind bei der Kontrollprüfung anzuwenden.

#### 8.4.3 Einpressen in Lockergestein

##### 8.4.3.1 Prüfmethoden

Die Durchlässigkeit soll durch Pumpversuche in Entnahmestellen mit Grundwassermeßstellen<sup>2)</sup> (siehe DIN 4021 Teil 3) oder in verrohrten Bohrungen wie folgt überprüft werden:

- Auffüllversuche mit anschließendem Messen des absinkenden Wasserspiegels oder Messen des in einer Zeiteinheit eingefüllten Wasservolumens bei konstantem Wasserspiegel.
- Abpumpversuch mit anschließendem Messen des steigenden Wasserspiegels oder Messen des in einer Zeiteinheit abgepumptem Wasservolumens bei konstantem Wasserspiegel.

Durchlässigkeitsversuche an im Labor herstellten Einpreßkörpern sind in Anlehnung an DIN 18 130 Teil 1 durchzuführen. Dabei soll das hydraulische Gefälle  $h:l$  mindestens zehnmal größer als bei der Baumaßnahme sein. Das Verpressen des Einpreßguts in die Bodenprobe kann in der Versuchseinrichtung für die Durchlässigkeitsprüfung oder außerhalb durchgeführt werden.

##### 8.4.3.2 Grundsatzprüfung

Grundsatzprüfungen sind für Silikatgel- und Kunstharszinpressungen durchzuführen. Für Zement- und Tonzementsuspensionen ist eine Grundsatzprüfung nicht erforderlich.

Bei der Grundsatzprüfung sind Durchlässigkeitsversuche im Labor in Anlehnung an DIN 18 130 Teil 1 an mindestens 3 Proben mit den in Bild 1 angegebenen Körnungsbereichen für Prüfsande durchzuführen. Bei einem hydraulischen Gefälle von  $h:l = 100:1$  darf am Ende des Untersuchungszeitraums von 7 Tagen keine wesentliche Durchlässigkeitszunahme auftreten.

Grundsatzprüfungen dürfen auch durch Eignungsprüfungen ersetzt werden.

##### 8.4.3.3 Eignungsprüfung

Eignungsprüfungen sind als Feldversuche nach Abschnitt 8.4.3.1 durchzuführen. Durch geeignete Hilfsmaßnahmen soll diese Prüfung in einem begrenzten repräsentativen Bereich der geplanten Baumaßnahme vorgenommen werden, so daß die eindeutige Interpretation der Meßergebnisse vorgenommen werden kann.

Eignungsprüfungen sind erforderlich, wenn keine ausreichenden Erfahrungen bei Einsatz des gewählten Einpreßguts für die vorhandenen Untergrundverhältnisse vorliegen. Sie sind insbesondere dann vorzunehmen, wenn Nachverpressungen nicht vorgesehen sind und auch auf eine umfangreiche Durchlässigkeitskontrolle verzichtet wird.

Die Dauerhaftigkeit der Abdichtungswirkung ist gesondert zu beurteilen.

<sup>2)</sup> Pumpversuche in Porenwasserleitern, Arbeitsblatt 1979, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)

#### 8.4.3.4 Kontrollprüfung

Bei der Kontrollprüfung sind Feldversuche nach Abschnitt 8.4.3.1 durchzuführen.

### 9 Standsicherheitsnachweise für Einpreßkörper im Lockergestein

#### 9.1 Verfestigung

##### 9.1.1 Allgemeines

Es gelten insbesondere die Lastannahmen nach DIN 1055 Teil 1 und Teil 2 und DIN 1054. Erddrücke aus Bodeneigenlast und Auflast sind nach DIN 4085 zu berücksichtigen, wobei die jeweilige Erddruckverteilung auch nach den Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ ermittelt werden darf. Wasserdrücke (hydrostatische Drücke und Strömungsdrücke aus Grundwassergefälle) sind als Last gegebenenfalls für die Gebrauchsspannung in Rechnung zu stellen.

Einpreßkörper, für die ein Standsicherheitsnachweis zu führen ist, dürfen nicht knickgefährdet sein (z.B. vollständig im Boden eingebettet) oder – wenn sie freigelegt werden – keine Schlankheit von  $\lambda > 15$  besitzen. Die Mindestdicke der Einpreßkörper muß 0,5 m betragen. Die Schlankheit ist definiert als

$$\lambda = s_k/i$$

In der Gleichung bedeuten:

$s_k$  Knicklänge

$$i = \sqrt{I_V/A_V}$$

$I_V$  Flächenmoment 2. Grades des kleinsten Verfestigungsquerschnitts

$A_V$  Fläche des zu  $I_V$  gehörenden Verfestigungsquerschnitts

Für die äußere Standsicherheit von Verfestigungskörpern (z.B. Grundbruch und Gleiten) gilt DIN 1054.

##### 9.1.2 Tragfähigkeit

Die Tragfähigkeit des Einpreßkörpers gilt als nachgewiesen, wenn die Spannungen unter Gebrauchslast die zulässigen Werte nicht überschreiten.

Bei der Berechnung der Normalspannungen im Einpreßkörper dürfen Zugspannungen rechnerisch nicht angesetzt werden. Die Normalspannungen sind unter Annahme einer geradlinigen Verteilung zu ermitteln. Dabei darf eine klaffende Fuge höchstens bis zum Schwerpunkt des Gesamtquerschnitts entstehen. Ergibt die Berechnung eine klaffende Fuge, so darf die Fläche im Bereich der Klapfung bei der Ermittlung der Schubspannungen nicht in Rechnung gestellt werden. Die Schubspannungen sind nach folgender Gleichung zu ermitteln:

$$\tau = \frac{Q \cdot S}{I \cdot b}$$

In der Gleichung bedeuten:

$Q$  Querkraft

$S$  Flächenmoment 1. Grades der abgeschnittenen Querschnittsfläche

$I$  Flächenmoment 2. Grades des wirksamen Querschnitts

$b$  Breite der zu untersuchenden Fuge

Bei Rechteckquerschnitten kann die Schubspannung vereinfacht mit

$$\tau = 1.5 \cdot \frac{Q}{A'_V}$$

ermittelt werden. In der Gleichung bedeuten:

$Q$  Querkraft

$A'_V$  die auf Schub beanspruchte Querschnittsfläche

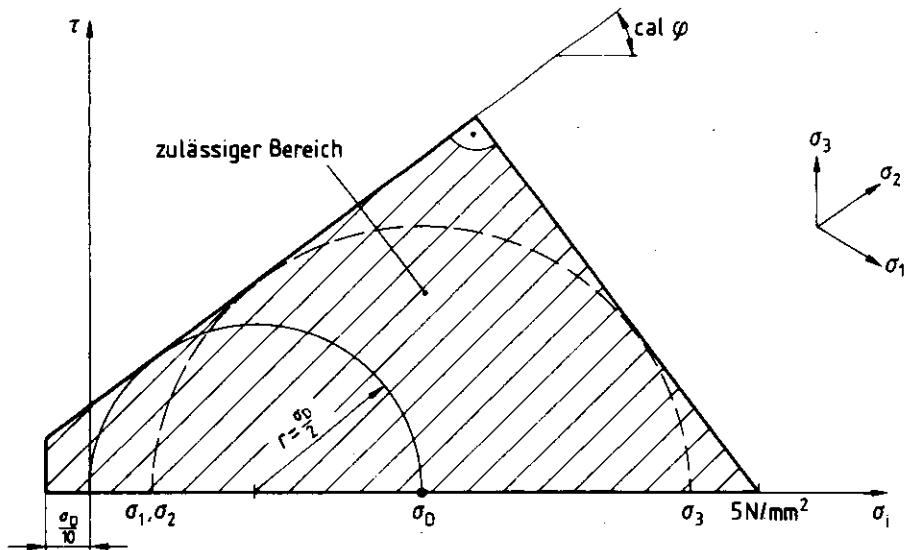


Bild 5. Zulässiger Bereich beim Nachweis der Tragfähigkeit mit Hauptspannungen

Die Normalspannungen  $\sigma_G$  und Schubspannungen  $\tau_G$  dürfen die folgenden Grenzen nicht überschreiten:

- a) Beim Nachweis mit Hauptspannungen müssen die für den Gebrauchszustand gültigen Mohrschen Spannungskreise im zulässigen Bereich nach Bild 5 liegen. Bei einem räumlichen Spannungszustand sind für die Mohrschen Spannungskreise die jeweils größte und kleinste Hauptspannung ( $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ ) zu verwenden. Der Winkel  $\text{cal } \varphi$  (siehe Bild 5) stellt den Rechenwert des Reibungswinkels des unverfestigten Lockergesteins dar.
  - b) Für  $\text{cal } \varphi \leq 37^\circ$  darf näherungsweise für die Normalspannungen und die Schubspannungen ein getrennter Nachweis geführt werden:

$$0 \leq \sigma_G \leq 0,7 \cdot \sigma_D$$

Druckspannungen sind dabei mit einem positiven Vorzeichen zu versehen.

Die Normalspannung  $\sigma_D$  ist je nach Einpreßmittel verschieden und nach Abschnitt 9.1.3 zu wählen.

### 9.1.3 Sicherheiten

#### 9.1.3.1 Verfestigung mit Zementsuspension oder Ton-Zementsuspension

Bei der Bestimmung der Normalspannung  $\sigma_D$  ist zu unterscheiden zwischen den Versuchen nach DIN 1045 Teil 1 und DIN 18 136 (siehe Abschnitt 8.3.3.1.1). Die Normalspannung  $\sigma_D$  ist wie folgt zu ermitteln:

$$\sigma_D = \frac{\beta'_D}{5} \text{ bei Prüfungen nach DIN 1048 Teil 1}$$

$$\sigma_D = \frac{q'_u}{3} \text{ bei Prüfungen nach DIN 18 136}$$

In den Gleichungen bedeuten:

### $\beta'_D$ Druckfestigkeit nach DIN 1048 Teil 1

**g)** Druckfestigkeit nach DIN 18 136

Die Anzahl der Proben richtet sich nach Abschnitt 8.3.3.1.4. Die Druckfestigkeiten  $\beta'_D$  (nach DIN 1048 Teil 1) bzw.  $q'_D$  (nach

DIN 18 136) sind nach Abschnitt 8.3.3.1.1 zu ermitteln. Das Alter der Proben kann der Baustellensituation angepaßt werden. Ist das Probenalter größer als 28 Tage, so ist  $\sigma_D$  auf die 28-Tage-Festigkeit umzurechnen. Wird die Druckfestigkeit nach DIN 1048 Teil 1 nicht an Würfeln mit 200 mm Kantenlänge ermittelt, sondern an Würfeln mit anderer Kantenlänge oder an Zylindern, sind die Ergebnisse der Druckfestigkeitsprüfungen nach DIN 1045, Ausgabe Dezember 1978, Abschnitt 7.4.3.5.3 für die Ermittlung von  $\beta_D$  umzurechnen.

### 9.1.3.2 Verfestigung mit Silikatgel

Die nach Abschnitt 9.1.2 erforderliche Normalspannung ist

$$\sigma_D = x \frac{\sigma_K}{2} (1 + y_A + y_K + y_S)$$

$\gamma_A$  Beiwert für den Einfluß der Vorspannung im Körnergerüst

**γ<sub>K</sub>** Beiwert für den Einfluß von Spannungsumlagerungen

ys Beiwert für den Einfluß des Spannungszustandes im Einpreßkörper

### **x Beiwert für das Probenalter**

Mit der Kriechspannung  $\sigma_K$  muß die Eignungsprüfung und Kontrollprüfung nach den Abschnitten 8.3.3.2.3 und 8.3.3.2.4 bestanden werden.

Die Beiwerte  $y_A$ ,  $y_K$  und  $y_S$  sind mit 0 anzunehmen oder dürfen nur dann mit folgenden Werten angesetzt werden, wenn die entsprechenden Voraussetzungen erfüllt sind.

$\gamma_A = 0,3$ , wenn im Bereich des Einpreßkörpers beim Einpressen durch Auflasten Druckspannungen im Korngerüst vorhanden sind. Diese Auflast muß mindestens 50 % der späteren Auflast auf dem Einpreßkörper betragen.

$y_K = 0,3$ , wenn Spannungsumlagerungen durch Kriechen möglich sind und diese Umlagerungen rechnerisch nicht berücksichtigt werden.

$y_S = 0,3$ , wenn der Einpreßkörper an höchstens einer Seite freigelegt wird

Bei einem Probenalter über sieben Tage in der Eignungs- und Kontrollprüfung ist eine Abminderung der Normalspannung mit  $x$  nach Bild 6 vorzunehmen.

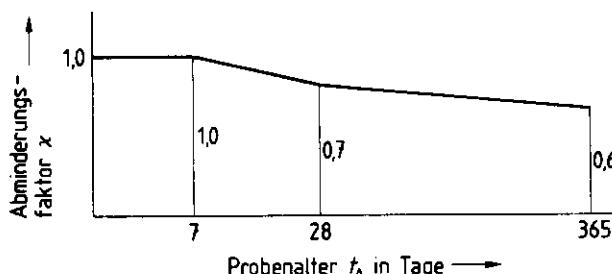


Bild 6. Abminderungsfaktor  $x$  in Abhängigkeit vom Probenalter  $t_A$

## 9.2 Abdichtung

Infolge der nach Abschnitt 8.4 durchzuführenden Prüfungen ist die Abdichtung der Einpreßkörper sicherzustellen.

Werden Lasten nach Abschnitt 9.1.1 wirksam, sind Verfestigungsnachweise nach den Abschnitten 9.1.2 und 9.1.3 zu führen.

Beim Nachweis der Einpreßkörper gegen Auftrieb gilt DIN 1054, Ausgabe November 1976, Abschnitt 4.1.3.4 und DIN 1055 Teil 2, Ausgabe Februar 1976, Abschnitt 5.4. Eine Abminderung der Rechenwerte der Eigenlasten nach DIN 1055 Teil 2 ist auch für die örtlich festgestellten Bodenverhältnisse und für die Einpreßkörper vorzunehmen.

## Zitierte Normen und andere Unterlagen

- DIN 1045 Beton und Stahlbeton; Bemessung und Ausführung
- DIN 1048 Teil 1 Prüfverfahren für Beton; Frischbeton, Festbeton gesondert hergestellter Probekörper
- DIN 1054 Baugrund; Zulässige Belastung des Baugrunds
- DIN 1055 Teil 1 Lastannahmen für Bauten; Lagerstoffe und Bauteile, Eigenlasten und Reibungswinkel
- DIN 1055 Teil 2 Lastannahmen für Bauten; Bodenkenngrößen, Wichte, Reibungswinkel, Kohäsion, Wandreibungswinkel
- DIN 1164 Teil 1 Portland-, Eisenportland-, Hachofen- und Traßzement; Begriffe, Bestandteile, Anforderungen, Lieferung
- DIN 1164 Teil 5 Portland-, Eisenportland-, Hachofen- und Traßzement; Bestimmung der Erstarrungszeiten mit dem Nadelgerät
- DIN 4021 Teil 1 Baugrund; Erkundung durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben; Aufschlüsse im Boden
- DIN 4021 Teil 2 Baugrund; Erkundung durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben; Aufschlüsse im Fels
- DIN 4021 Teil 3 Baugrund; Erkundung durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben; Aufschluß der Wasserverhältnisse
- DIN 4022 Teil 1 Baugrund und Grundwasser; Benennen und Beschreiben von Boden und Fels; Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben im Boden und im Fels
- DIN 4022 Teil 2 Baugrund und Grundwasser; Benennen und Beschreiben von Boden und Fels; Schichtenverzeichnis für Bohrungen im Fels (Festgestein)
- DIN 4022 Teil 3 Baugrund und Grundwasser; Benennen und Beschreiben von Boden und Fels; Schichtenverzeichnis für Bohrungen mit durchgehender Gewinnung von gekernten Proben im Boden (Lockergestein)
- DIN 4023 Baugrund- und Wasserbohrungen; Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse
- DIN 4030 Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase
- DIN 4085 Baugrund; Berechnung des Erddrucks; Berechnungsgrundlagen
- DIN 4123 Gebäude Sicherung im Bereich von Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen
- DIN 4127 Erd- und Grundbau; Schlitzwandtöne für stützende Flüssigkeiten, Anforderungen, Prüfverfahren, Lieferung, Güteüberwachung
- DIN 4226 Teil 1 Zuschlag für Beton; Zuschlag mit dichtem Gefüge; Begriffe, Bezeichnung und Anforderungen
- DIN 4226 Teil 3 Zuschlag für Beton; Prüfung von Zuschlag mit dichtem oder porigem Gefüge
- DIN 4227 Teil 5 Spannbeton; Einpressen von Zementmörtel in Spannkanäle
- DIN 18 130 Teil 1 Baugrund; Untersuchung von Bodenproben; Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes, Laborversuche
- DIN 18 136 Baugrund; Versuche und Versuchsgeräte; Bestimmung der einaxialen Druckfestigkeit
- DIN 18 195 Teil 1 Bauwerksabdichtungen; Allgemeines; Begriffe
- DIN 19 700 Teil 10 Stauanlagen; Gemeinsame Festlegungen
- DIN 19 700 Teil 11 Stauanlagen; Talsperren
- DIN 19 702 Berechnung der Standsicherheit von Wasserbauten; Richtlinien
- DIN 50 049 Bescheinigungen über Materialprüfungen
- DIN 52 105 Prüfung von Naturstein; Druckversuch

Empfehlungen des Arbeitsausschusses Baugruben EAB der Deutschen Gesellschaft für Grundbau<sup>3)</sup>

Pumpversuche in Porenwasserleitern, Arbeitsblatt 1979, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)<sup>4)</sup>

<sup>3)</sup> Zu beziehen durch den Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin

<sup>4)</sup> Zu beziehen beim Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten des Landes Baden-Württemberg, Marienstr. 41, 7000 Stuttgart 1

**Frühere Ausgaben**

DIN 4093: 06.62

**Änderungen**

Gegenüber der Ausgabe Juni 1962 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Aufnahme von detaillierten Anforderungen an das Einpreßgut in bezug auf das Einpressen zum Zweck der Verfestigung und Abdichtung.
- b) Aufnahme von Prüfungen der Ausgangsstoffe für das Einpreßgut.
- c) Aufnahme von Prüfungen der Festigkeitseigenschaften von Einpreßkörpern, die durch das Einpressen von Silikatgel und Kunstharsz hergestellt werden.
- d) Aufnahme von Prüfungen der Durchlässigkeitseigenschaften von Einpreßkörpern.
- e) Aufnahme von Standsicherheitsnachweisen für Einpreßkörper in Lockergestein.

**Internationale Patentklassifikation**

C 04 B 26 – C 04 B 28

E 02 D 3/12

E 02 D 19/18

G 01 N 33/00

G 01 N 33/24



232343

**DIN 4113 Teil 1****Aluminiumkonstruktionen unter vorwiegend ruhender Belastung; Berechnung und bauliche Durchbildung**

RdErl. d. Ministers für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr v. 24. 3. 1988 – V B 4 – 480.110

**1 Die Norm****DIN 4113 Teil 1 (Ausgabe Mai 1980) –**

Aluminiumkonstruktionen unter vorwiegend ruhender Belastung; Berechnung und bauliche Durchbildung –

wird hiermit nach § 3 Abs. 3 der Landesbauordnung (BauO NW) als technische Baubestimmung bauaufsichtlich eingeführt.

**Anlage**

Die Norm ist als Anlage abgedruckt.

**2 Bei Anwendung der Norm DIN 4113 Teil 1 (Ausgabe Mai 1980) ist folgendes zu beachten:****2.1 Zu Abschnitt O, letzter Absatz****2.1.1 Allgemeines**

Aufgrund des § 20 Abs. 2 BauO NW haben Betriebe, die Schweißarbeiten an tragenden Aluminiumbauteilen ausführen, der Bauaufsichtsbehörde nachzuweisen, daß sie über die erforderlichen Fachkräfte und betrieblichen Einrichtungen verfügen. Dieser Nachweis gilt als erbracht, wenn eine gültige Bescheinigung über einen Eignungsnachweis zum Schweißen von tragenden Bauteilen aus Aluminium einer dafür anerkannten Stelle (siehe Abschnitt 2.1.2 dieses Erlasses) vorliegt.

**2.1.2 Anerkannte Stellen**

Anerkannte Stellen für die Durchführung von Eignungsnachweisen und die Erteilung der Bescheinigungen über den Eignungsnachweis zum Schweißen von tragenden Bauteilen aus Aluminium sind:

**A** Forschungs- und Materialprüfungsanstalt Baden-Württemberg – Otto-Graf-Institut – Pfaffenwaldring 4, 7000 Stuttgart 80 (Vaihingen)

**B** Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) Abteilung Fügetechnik  
Unter den Eichen 87, 1000 Berlin 45

**C** Amtliche Materialprüfungsanstalt für das Bauwesen beim Institut für Baustoffkunde und Materialprüfung der Universität Hannover  
Nienburger Straße 3, 3000 Hannover 1  
in Verbindung mit:

Amtliche Materialprüfungsanstalt für Werkstoffe des Maschinenwesens und Kunststoffe beim Institut für Werkstoffkunde der Universität Hannover  
Appelstraße 11 A, 3000 Hannover 1

**D** Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine – Amtliche Materialprüfungsanstalt – der Universität Karlsruhe (Technische Hochschule)  
Kaiserstraße 12, 7500 Karlsruhe 1

**E** Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt München des Deutschen Verbandes für Schweißtechnik – DVS – e. V.  
Schachenmeierstraße 37, 8000 München 19\*)

**F** Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt Duisburg des Deutschen Verbandes für Schweißtechnik – DVS – e. V.  
Bismarckstraße 85, 4100 Duisburg 1\*)

\*) Falls Bauteilversuche zur Festlegung der zulässigen Spannungen notwendig sind, werden die SLVEn (siehe E und F) den Eignungsnachweis im Einvernehmen mit einer der unter A bis D genannten Materialprüfungsanstalten durchführen.

**2.1.3 Verzeichnis der Schweißbetriebe**

Ein Verzeichnis der Betriebe, die eine gültige Bescheinigung über einen Eignungsnachweis zum Schweißen von tragenden Bauteilen aus Aluminium besitzen, wird vom Institut für Bautechnik, Reichpietschufer 72–76, 1000 Berlin 30, geführt und in dessen „Mitteilungen“ veröffentlicht.

**2.2 Zu Abschnitt 1.2**

Soweit in der Norm auf DIN 1050 Bezug genommen wird, sind nunmehr DIN 18 800 Teil 1 und DIN 18 801 zu beachten.

**2.3 Zu Abschnitt 3.1.2**

Anerkannte Stellen für die Feststellung der Brauchbarkeit von Aluminiumwerkstoffen sind die im Abschnitt 2.1.2 dieses Erlasses unter A bis D genannten Amtlichen Materialprüfungsanstalten.

**2.4 Zu Abschnitt 10.2.1.3**

Die hier beispielhaft genannte Grundbeschichtung aus Zinkchromat sollte aus Gründen des Umwelt- und Arbeitsschutzes nicht mehr angewendet werden.

**3 Das Verzeichnis der nach § 3 Abs. 3 BauO NW eingeführten technischen Baubestimmungen – Anlage zum RdErl. v. 22. 3. 1985 (SMBI. NW. 2323) – erhält folgende Ergänzungen:****3.1 im Verzeichnis der Baubestimmungen**

DIN 4113 Teil 1 Abschnitt 5.4

**3.2 im Abschnitt 5.4**

Spalte 1: 4113  
Teil 1

Spalte 2: Mai 1980

Spalte 3: Aluminiumkonstruktionen unter vorwiegend ruhender Belastung; Berechnung und bauliche Durchbildung

Spalte 4: 24. 3. 1988

Spalte 5: MBl. NW. S. 654/  
SMBI. NW. 232343

Spalte 6: x

# Aluminiumkonstruktionen unter vorwiegend ruhender Belastung

## Berechnung und bauliche Durchbildung

Aluminium constructions under predominantly static loading; static analysis and structural design

Teilweise Ersatz für DIN 4113

Diese Norm wurde im Fachbereich „Stahlbau“ des NABau ausgearbeitet. Sie ist den obersten Bauaufsichtsbehörden vom Institut für Bautechnik, Berlin, zur bauaufsichtlichen Einführung empfohlen worden.

DIN 4113 ist gegliedert in:

Teil 1 Aluminiumkonstruktionen unter vorwiegend ruhender Belastung; Berechnung und bauliche Durchbildung

Teil 2 (z. Z. noch Entwurf) Aluminiumkonstruktionen unter vorwiegend ruhender Belastung; geschweißte Konstruktionen; Berechnung und bauliche Durchbildung

### Inhalt

- 0 Allgemeines
- 1 Geltungsbereich und Mitgeltende Normen und Unterlagen
- 2 Bauvorlagen
- 3 Werkstoffe
- 4 Lastannahmen

- 5 Berechnungsgrundsätze
- 6 Zulässige Spannungen und Sicherheitszahlen
- 7 Besondere Bemessungsregeln
- 8 Stabilitätsnachweise
- 9 Bauliche Durchbildung
- 10 Korrosionsschutz

## 0 Allgemeines

Entwurf, Bemessung und Ausführung von tragenden Bauteilen aus Aluminium erfordern eine gründliche Kenntnis dieser Bauart. Daher dürfen nur solche Betriebe damit betraut werden, deren entwerfende und ausführende Ingenieure und Fachkräfte sowie Werkseinrichtungen Gewähr für eine einwandfreie Bemessung und Ausführung bieten. Eine Wärmebehandlung, z. B. zum Verformen und Vergüten tragender Aluminiumbauteile, darf nur im Halbzeugwerk oder nach Anleitung des Fachpersonals ausgeführt werden; die Verantwortung des Herstellers bleibt davon jedoch unberührt.

Schweißungen an Aluminiumkonstruktionen dürfen nur von solchen Betrieben durchgeführt werden, die den Nachweis erbracht haben, daß eine anerkannte Stelle ihre Werkseinrichtung und ihr Fachpersonal überprüft hat (siehe auch DIN 4113 Teil 2 (z. Z. noch Entwurf)).

## 1 Geltungsbereich und Mitgeltende Normen und Unterlagen

### 1.1 Geltungsbereich

Die Bestimmungen dieser Norm gelten für alle tragenden Bauteile aus Aluminiumlegierungen für Konstruktionen mit vorwiegend ruhender Belastung (siehe DIN 1055 Teil 3, Ausgabe Juni 1971, Abschnitt 1.4).

### 1.2 Mitgeltende Normen und Unterlagen

- DIN 267 Teil 3 Schrauben, Muttern und ähnliche Gewinde- und Formteile; Technische Lieferbedingungen, Festigkeitsklassen und Prüfverfahren für Schrauben aus unlegierten oder niedriglegierten Stählen
- DIN 267 Teil 11 Mechanische Verbindungselemente; Technische Lieferbedingungen, Teile aus nichtrostenden Stählen
- DIN 1050 Stahl im Hochbau; Berechnung und bauliche Durchbildung

Frühere Ausgaben:

DIN 4113: 02.58x

Änderung Mai 1980:

Gegenüber DIN 4113, Ausgabe Februar 1958x, Titel geändert, Inhalt vollständig überarbeitet und dem Stand der Technik angepaßt. Aufteilung in DIN 4113 Teil 1 und DIN 4113 Teil 2 (z. Z. noch Entwurf).

DIN 4114 Teil 1 Stahlbau; Stabilitätsfälle (Knickung, Kippung, Beulung); Berechnungsgrundlagen, Vorschriften

DIN 4114 Teil 2 Stahlbau; Stabilitätsfälle (Knickung, Kippung, Beulung); Berechnungsgrundlagen, Richtlinien

DAST-Ri 001 Richtlinien für Verbindungen mit Schließringbolzen im Anwendungsbereich des Stahlhochbaues mit vorwiegend ruhender Belastung (Ausgabe Februar 1970) <sup>1)</sup>

DAST-Ri 010 Richtlinien für die Anwendung hochfester Schrauben im Stahlbau (Ausgabe Juni 1976) <sup>1)</sup>

## 2 Bauvorlagen

Bauvorlagen sind die wesentlichen Konstruktionszeichnungen und die Standsicherheitsnachweise. In den Konstruktionszeichnungen muß das Tragwerk im Ganzen, in seinen Teilen und seinen Verbindungen (das sind Stöße und Anschlüsse) dargestellt werden. Ferner müssen die für die Prüfung des Standsicherheitsnachweises erforderlichen Maße eingetragen sein. Andere Bauteile (Decken und Dachplatten, Wandscheiben u. a.), soweit sie zur Tragwirkung herangezogen werden, müssen ebenfalls in den Unterlagen dargestellt sein. Außerdem müssen angegeben werden: Maßstäbe, Baustoffe, Verbindungsmittel, Hinweise auf zugehörige Zeichnungen und sonstige Baubeweise; auch Belastungspläne und Fundamentpläne sowie Vermerke über Änderungen sind erforderlichenfalls mitzuliefern. Die Standsicherheitsnachweise (Lastannahmen, Festigkeits-, Stabilitäts- und sonstige Nachweise) sind für alle tragenden Bauteile übersichtlich und leicht prüfbar zu erbringen. Eine Beschreibung der Gesamtkonstruktion und ihres tragenden Systems ist beizufügen, wobei die Berechnungsannahmen und die Berechnungsverfahren aufzuführen sind.

<sup>1)</sup> Zu beziehen durch die Stahlbau-Verlags-GmbH, Ebertplatz 1, 5000 Köln 1.

Tabelle 1. Legierungen für Konstruktionsteile, Festigkeiten in N/mm<sup>2</sup>)

Legierung nach DIN 1725 Teil 1	1			2			3			4			5		
	Mindestzugfestigkeit Mindeststreckgrenze für Bleche nach DIN 1745 Teil 1			Mindestzugfestigkeit Mindeststreckgrenze für Rohre nach DIN 1746 Teil 1			Mindestzugfestigkeit Mindeststreckgrenze für Profile nach DIN 1748 Teil 1			Mindestzugfestigkeit Mindeststreckgrenze für Profile nach DIN 1748 Teil 1			Bemerkungen		
	Zu- stand	$\beta_Z$	$\beta_{0,2}^{(2)}$	Dicke mm	Zu- stand	$\beta_Z$	$\beta_{0,2}^{(2)}$	Wanddicke mm	Zu- stand	$\beta_Z$	$\beta_{0,2}^{(2)}$	Dicke mm	Zu- stand	$\beta_Z$	$\beta_{0,2}^{(2)}$
1 AlZn4,5Mg1	F35	350	275	bis 15 15 bis 60	F35	350	290	bis 20	F35	350	290	3 bis 30			
2 AlMgSi1	F32	315	255	bis 10 10 bis 20 20 bis 100	F31	310	260	bis 20	F31	310	260	bis 20	Halbzeug aus aushärtbaren Legierungen im Zustand warmausgehärtet		
3 AlMgSi1	F28	275	200	bis 20	F28	275	200	jede	F28	275	200	bis 10			
4 AlMgSi0,5	–	–	–	–	F22	215	160	jede	F22	215	160	jede			
5 AlMg4,5Mn	G31	310	205	2 bis 40	–	–	–	–	–	–	–	–	Bleche verfestigt G 31 → rückgeglüht		
6 AlMg4,5Mn	W28	275	125	bis 50 2 bis 30	F27	270	140	≥ 3,5	F27	270	140	jede	Bleche weich bzw. warmgewalzt Rohre und Profile gepreßt		
7 AlMg2Mn0,8 AlMg3	F24 G 24	240 240	190 160	bis 5 bis 5	F25	250	180	bis 5 (bis Ø 80)	–	–	–	–	Bleche und Rohre halbhart G 24 → rückgeglüht aus höher verfestigtem Zustand		
8 AlMg2Mn0,8	–	–	–	–	F20	200	100	≥ 3	F20	200	100	jede	Rohre und Profile gepreßt		
9 AlMg3	–	–	–	–	F18	180	80	≥ 3	F18	180	80	jede	Bleche warmgewalzt bzw. weich Rohre weich		
10 AlMg2Mn0,8 AlMg3	F19 W 19	190 190	80 80	25 bis 50 bis 25	W 18	180	80	bis 10	–	–	–	–			

) Für Kraftgrößen wird nach DIN 1301 Teil 1 die Einheit kN (Kilonewton) 1 kN =  $10^3$  N verwendet (1 kN =  $1/9,80665$  MP) und 1 MP bzw.  $1 \text{ kN/m}^2 \approx 0,01 \text{ kp/cm}^2$ .

2) Die Festigkeitskennwerte gelten jeweils für die Bereiche der in Teil 1 von DIN 1745 bis DIN 1749 angegebenen Grenzticken, bei sonstigen Dicken müssen gewährleistete  $\beta_{0,2}$ -Werte mit dem Lieferwerk vereinbart und durch ein Abnahmeprüfzeugnis DIN 50 049 – 3,1B nachgewiesen werden.

### 3 Werkstoffe

#### 3.1 Konstruktionsteile

Als Werkstoffe für Konstruktionsteile dürfen nur solche Aluminiumlegierungen verwendet werden, deren Eigenschaften in ausreichendem Umfang bekannt sind und deren Brauchbarkeit erwiesen ist.

**3.1.1** Die in Tabelle 1 aufgeführten Aluminiumlegierungen sind vorzugsweise zu verwenden, wobei als Nachweis ein Werkszeugnis DIN 50049 – 2.2 genügt.

**3.1.2** Aluminiumlegierungen nach DIN 1725 Teil 1<sup>2)</sup> und DIN 1725 Teil 2 dürfen für die dort genannten Anwendungsbereiche verwendet werden, wenn ihre Brauchbarkeit für tragende Teile im Zusammenhang mit der vorgesehenen Konstruktion von einer hierfür anerkannten Stelle festgestellt worden ist. Hierbei ist auf der Grundlage der in DIN 1745 Teil 1, DIN 1746 Teil 1 und DIN 1748 Teil 1 gewährleisteten technologischen Eigenschaften festzulegen, welche Rechenwerte den Standsicherheitsnachweisen zugrunde gelegt werden können. Die zulässigen Spannungen für Druck und Zug dieser Werkstoffe betragen in der Regel

$$\frac{\beta_{0,2}}{1,7} \text{ bzw. } \frac{\beta_Z}{2,5} \text{ für den Lastfall H.}$$

Die Werkstoffgüte ist mit dem Abnahmeprüfzeugnis DIN 50049 – 3.1 B nachzuweisen.

**3.1.3** Bei allen anderen Aluminiumlegierungen ist der Nachweis der Brauchbarkeit, insbesondere durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, zu führen.

#### 3.2 Verbindungsmitte

##### 3.2.1 Aluminiumniete und -schrauben

Für vollschäftige Verbindungsmitte aus Aluminium sind die in Tabelle 2 aufgeführten Werkstoffe zu verwenden.

##### 3.2.2 Stahlniete und -schrauben

Für vollschäftige Verbindungsmitte aus Stahl sind die in DIN 1050 genannten Werkstoffe, für hochfeste Schrauben

<sup>2)</sup> Siehe auch Beiblatt 1 zu DIN 1725 Teil 1

Werkstoffe der Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9, für Schließringbolzen mindestens der Festigkeitsklasse 8.8 nach DIN 267 Teil 3 zu verwenden.

Hinsichtlich des Korrosionsschutzes ist Abschnitt 10 zu beachten.

Nichtrostende Stähle sind ebenfalls als Werkstoffe für Verbindungsmitte geeignet.

#### 3.2.3 Andere Werkstoffe

Die Brauchbarkeit anderer Werkstoffe ist im Sinne der Abschnitte 3.1.2 und 3.1.3 nachzuweisen.

### 4 Lastannahmen

#### 4.1 Einteilung der Lasten und Lastfälle

Die auf ein Tragwerk wirkenden Lasten werden eingeteilt in Hauptlasten (H) und Zusatzzlasten (Z). Diese werden zu Lastfällen H und HZ nach DIN 1050, Ausgabe Juni 1968, Abschnitt 4.1, zusammengefaßt.

Zusätzlich ist bei Aluminiumkonstruktionen wegen des Kriecheinflusses der Lastfall H<sub>S</sub> zu berücksichtigen. Er umfaßt alle ständig wirkenden Hauptlasten, d. h. auch langzeitig einwirkende Verkehrslasten (Stapellasten), im Sinne von Abschnitt 6.3.

#### 4.2 Maßgebender Lastfall

Für Spannungsnachweis und Bemessung sind für jeden Lastfall die zulässigen Spannungen bzw. die geforderten Sicherheiten einzuhalten.

### 5 Berechnungsgrundsätze

#### 5.1 Berechnungsgrundlagen

Der Berechnung sind als Mindestzugfestigkeiten ( $\beta_Z$ ) und Mindeststreckgrenzen ( $\beta_{0,2}$ ) die Werte der Tabelle 1 zugrunde zu legen. Bei der Berechnung der statisch unbestimmten Größen und der Verformungen sind folgende Werkstoffkennwerte zu verwenden (siehe auch die Abschnitte 7.2 und 8 sowie DIN 4113 Teil 2 (z. Z. noch Entwurf)).

Tabelle 2. Legierungen für Verbindungsmitte

	1	2	3	4	5	
	Legierung (DIN 1725 Teil 1)	Zustand	Zustand	Durchmesser	Bemerkungen	
1	AlMgSi1	F 20 <sup>1)</sup>	kaltausgehärtet	bis 12 mm <sup>1)</sup>		
		F 21 <sup>2)</sup>	kaltausgehärtet und gezogen	bis 80 mm <sup>2)</sup>		
2		F 25 <sup>1)</sup>		bis 10 mm <sup>1)</sup>		
3	AlMg5	W 27 <sup>1)</sup>	weich	bis 15 mm <sup>1)</sup>		
		F 31 <sup>1)</sup>	gezogen	bis 15 mm <sup>1)</sup>		
4	AlMgSi1	F 32 <sup>1)</sup>	warm- ausgehärtet	bis 6 mm <sup>1)</sup>		
		F 31 <sup>2)</sup>		bis 60 mm <sup>2)</sup>		
5	AlCuMg1	F 42 <sup>1)</sup>	kaltausgehärtet und gezogen	bis 10 mm <sup>1)</sup>		
		F 38 <sup>2)</sup>	kaltausgehärtet	bis 50 mm <sup>2)</sup>		
5	AlZnMgCu0,5	F 46 <sup>1)</sup> <sup>2)</sup>	warm- ausgehärtet	bis 8 mm <sup>1)</sup>		
				bis 50 mm <sup>2)</sup>		

<sup>1)</sup> Drähte (DIN 1790 Teil 1)  
<sup>2)</sup> Stangen (DIN 1747 Teil 1)

$$\begin{aligned}
 \text{Elastizitätsmodul} \quad E &= 70\,000 \text{ N/mm}^2 \\
 \text{Schubmodul} \quad G &= 27\,000 \text{ N/mm}^2 \\
 \text{Querdehnungszahl} \quad \mu &= 0,3 \\
 \text{Wärmedehnzahl} \quad \alpha_T &= 2,3 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mm}}{(\text{mm K})}
 \end{aligned}$$

## 5.2 Berechnungsverfahren

Das Berechnungsverfahren ist freigestellt, soweit es nicht den Festlegungen dieser Norm widerspricht. In der Regel wird die klassische Elastizitätstheorie zur Anwendung kommen. Ein Traglastverfahren kann nur unter besonderer Beachtung der Stabilität und unter Berücksichtigung der für jede Legierung speziellen  $\sigma$ - $\varepsilon$ -Diagramme angewendet werden (für geschweißte Konstruktionen gilt DIN 4113 Teil 2 (z. Z. noch Entwurf)).

## 5.3 Querschnittswerte und Lochabzug

Die maßgebenden Querschnittswerte beim allgemeinen Spannungsnachweis (siehe Abschnitt 5.4) sind aus der Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 3. Maßgebende Querschnittswerte

Schnittgröße	Spannungsart	Maßgebende Querschnittswerte
Längskraft	Zug	$A - \Delta A$
	Druck	$A$
Querkraft	Schub	$A_{\text{Steg}}$
Biegemoment	Zug	$W_z = \frac{I - \Delta I}{e_z}$
	Druck	$W_d = \frac{I}{e_d}$

Als Lochabzug  $\Delta A$  von der Querschnittsfläche  $A$  eines auf Zug beanspruchten Stabes sind die Flächen aller in den ungünstigsten Rißverlauf fallenden Löcher einzusetzen. Als Lochabzug  $\Delta I$  vom Trägheitsmoment  $I$  eines auf Biegung beanspruchten Stabes sind nur die ungünstigsten Löcher des gezogenen Gurtes anzusetzen. Der Lochabzug  $\Delta I$  und die Randabstände  $e_z$  und  $e_d$  sind auf die Schwerachse des ungelochten Querschnitts zu beziehen.

Für die Berechnung von Verformungen (siehe auch Abschnitt 5.4.5) sind die Querschnittswerte ohne Lochabzug einzusetzen.

## 5.4 Bemessung

### 5.4.1 Übersicht der Nachweise

Soweit erforderlich, sind folgende Nachweise zu erbringen:

- Allgemeiner Spannungsnachweis nach Abschnitt 5.4.2 zum Nachweis der Sicherheit gegen Erreichen der  $\beta_{0,2}$ -Grenze oder in Sonderfällen gegen den statischen Bruch.
- Stabilitätsnachweis nach Abschnitt 8 zum Nachweis der Sicherheit gegen Knicken, Kippen und Beulen.
- Nachweis der Sicherheit gegen Umkippen nach Abschnitt 5.4.3 gegen Abheben und Abgleiten von den Lagern.
- Sonstige Nachweise nach den Abschnitten 5.4.4, 5.4.5 und gemäß Abschnitt 6.3.

### 5.4.2 Allgemeiner Spannungsnachweis

Der allgemeine Spannungsnachweis ist mit den Querschnittswerten nach Abschnitt 5.3 zu führen.

### 5.4.3 Nachweis gegen Umkippen

Für die Sicherheit gegen Umkippen von Bauteilen sowie gegen Abheben von den Lagern, z. B. bei Durchlaufträgern, und für die Standsicherheit des ganzen Tragwerks gelten die Bestimmungen von DIN 1050.

### 5.4.4 Sonstige Nachweise

Die vom Aluminiumtragwerk auf andere Tragteile (z. B. Fundamente) übertragenen Auflager- und Schnittgrößen sind, getrennt für die einzelnen angreifenden Lasten, nach Größe, Richtung und Angriffspunkt, anzugeben.

Soweit andere Bauteile gleichzeitig für den Kraftfluß innerhalb des Aluminiumtragwerks mitbenutzt werden (z. B. Wände oder Decken als Ersatz für Verbände oder zur Sicherheit gegen Ausknicken), muß für diese ein Festigkeitsnachweis erbracht werden. Dies gilt auch für bauliche Zwischenzustände.

### 5.4.5 Formänderungen

Die größten Verformungen (insbesondere Durchbiegungen) sind rechnerisch nachzuweisen, wobei mit dem Elastizitätsmodul nach Abschnitt 5.1 zu rechnen ist. Der Zweck des Bauwerks kann eine Beschränkung der Formänderung aus konstruktiven Gründen (z. B. Wasserablauf bei Flachdächern, Rissebildung in massiven Bauwerksteilen, Einfluß auf Maschinen) erforderlich machen. Der Einfluß der Eigenlast darf durch Überhöhung ausgeglichen werden.

## 6 Zulässige Spannungen und Sicherheitszahlen

### 6.1 Konstruktionsteile

Für den allgemeinen Spannungsnachweis sind die zulässigen Spannungen der Tabelle 4 zu entnehmen. Diese Festigkeitsangaben gelten für tragende Konstruktionen bis zu einer maximalen Temperatur von 80°C. Im Steg vollwandiger Träger dürfen die Normal- und die Schubspannungen je für sich die zulässigen Werte nicht überschreiten. Außerdem darf beim allgemeinen Spannungsnachweis die Vergleichsspannung

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3t^2}$$

folgende Werte nicht überschreiten:

0,75  $\beta_{0,2}$  beim Lastfall H und  
0,80  $\beta_{0,2}$  beim Lastfall HZ.

Für die Schubspannung im Stegblech von Trägern mit oberen und unteren Flanschen darf dabei der mittlere Wert

$$\tau = \frac{Q}{A_{\text{Steg}}} \text{ statt } \tau = \frac{Q \cdot S}{I \cdot t}$$

eingesetzt werden. Gegebenenfalls ist zusätzlich gemäß Abschnitt 6.3 zu verfahren.

### 6.2 Verbindungsmitte

Die hier getroffenen Regelungen gelten nur für vollschäftige Verbindungsmitte, wobei bei Schrauben der Gewindeanteil des Schaftes nicht mehr als 20% in die Lochleibungsfläche des äußeren Bleches hineinragen darf.

#### 6.2.1 Verbindungsmitte aus Aluminium

Die zulässigen Scher- und Zugspannungen für Aluminiumniete, -schräuben und -paßschräuben (nach Tabelle 2) sind der Tabelle 5 zu entnehmen. Der maßgebende Querschnitt bei Beanspruchung auf Abscheren ist der Schaftquerquerschnitt, bei Beanspruchung auf Zug der Spannungsquerquerschnitt gemäß DIN 267 Teil 3, Ausgabe November 1967, Abschnitt 6.2.

Als zulässige Lochleibungspressungen gelten die Werte der Tabelle 4, Spalten 6 bis 9.

Gegebenenfalls ist zusätzlich gemäß Abschnitt 6.3 zu verfahren.

### 6.2.2 Verbindungsmitte aus Stahl

Die zulässigen Scherspannungen für Niete und Schrauben sowie für hochfeste Schrauben und Schließringbolzen sind in der Tabelle 6 enthalten.

Als zulässige Lochleibungspressungen gelten ebenfalls die Werte der Tabelle 4, Spalten 6 bis 9; bei hochfesten Schrauben und Schließringbolzen mit halber oder voller Vorspannung gelten die erhöhten Werte der Tabelle 7.

Bei Beanspruchung der Verbindungsmitte auf Zug gelten die Werte aus DIN 1050. Bei voll vorgespannten hochfesten Schrauben und bei Schließringbolzen darf die rechnerisch zusätzliche Zugbelastung bis zu 70 % der Vorspannkraft betragen.

Als zulässige Lochleibungsdrücke sind dann die Werte der Tabelle 7, Spalten 2 bis 5, zugrunde zu legen.

Gegebenenfalls ist zusätzlich gemäß Abschnitt 6.3 zu verfahren.

### 6.2.3 Andere Verbindungsmitte

Die Brauchbarkeit von Sonderverfahren der Verbindungs-technik, z. B. unter Verwendung von gleitfesten Schrauben-verbindungen (HV-Verbindungen) aus Stahl und Aluminium, von Schließringbolzen, Blindniete und von Klebstoffen, ist sinngemäß nach den Abschnitten 3.1.2 bzw. 3.1.3 nachzuweisen.

Tabelle 4. Zulässige Spannungen in N/mm<sup>2</sup> für Beanspruchung der Bauteile bei verschiedenen Lastfällen

	1	Werkstoffe und Werkstoffzustände nach Tabelle 1	2	3	4	5	6	7	8	9
			Zug und Druck		Schub		Lochleibung Schrauben, hochfeste Schrauben (ohne Vorspannung) mit einem Lochspiel von $\Delta d = 1$ mm		Lochleibung Niete, Paßschrauben und hochfeste Paßschrauben (ohne Vorspannung) mit $\Delta d \leq 0,3$ mm	
			zul $\sigma$	zul $\tau$	H	Hz	H	Hz	H	Hz
1	AlZn4,5Mg1 F35 <sup>1)</sup> (F34)	Bleche Rohre Profile	160	180	95	110	190	215	240	270
2	AlMgSi1 F32/F31 <sup>2)</sup> (F30)	Bleche Rohre Profile	145	165	90	100	170	190	210	240
3	AlMgSi1 F28	Bleche Rohre Profile	115	130	70	80	130	145	160	180
4	AlMgSi0,5 F22	Rohre Profile	95	105	55	60	120	135	145	165
5	AlMg4,5Mn G31	Bleche	120	135	70	80	155	175	190	215
6a	AlMg4,5Mn F27/W28	Bleche	70	80	45	50	90	100	115	130
6b	AlMg4,5Mn F27	Rohre Profile	80	90	50	55	100	115	125	140
7	AlMg2Mn0,8 F24, F25, G24 AlMg3 F24, F25, G24	Bleche Rohre	95	105	55	60	120	135	145	165
8	AlMg2Mn0,8 F20	Rohre Profile	55	65	35	40	70	80	90	100
9	AlMg3 F18	Rohre Profile	45	50	30	35	65	75	80	90
10	AlMg2Mn0,8 W18, W/F19 AlMg3 W18, W19, F19	Bleche Rohre								

1) Die Werte gelten bei Blechen bis 15 mm Dicke. Bei Blechen über 15 mm bis 60 mm ist ein Umrechnungsfaktor von  $c = 0,97$  zu berücksichtigen (AlZn4,5Mg1 F34).

2) Die Werte gelten bei Blechen bis 10 mm Dicke. Bei Blechen über 10 mm bis 100 mm Dicke ist ein Umrechnungsfaktor von  $c = 0,94$  zu berücksichtigen (AlMgSi1 F30).

Hinweis: Im übrigen gelten die zulässigen Spannungen nur für die entsprechenden Dickenbereiche der Tabelle 1.

**Tabelle 5. Zulässige Spannungen in N/mm<sup>2</sup> für Abscheren (zul  $\tau_a$ ) von Nieten, für Abscheren und Zug (zul  $\tau_a$  und zul  $\sigma$ ) von Schrauben und Paßschrauben aus Aluminium bei verschiedenen Lastfällen**

Verbindungsmitte Spannungsart	1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Niete Abscheren		Schrauben				Paßschrauben					
	H	Hz	Abscheren	Zug	Abscheren	Zug	H	Hz	H	Hz	H	Hz
1 AIMgSi1 F20/F21	50	55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2 AIMgSi1 F25	60	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3 AIMg5 W27	65	75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4 AIMg5 F31	75	85	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5 AIMgSi1 F31/F32	—	—	75	85	125	140	90	105	125	140	—	—
6 AlCuMg1 F38	—	—	85	95	125	140	105	120	125	140	—	—
7 AlCuMg1 F42	—	—	100	110	145	160	120	140	145	160	—	—
8 AlZnMgCu0,5 F46	—	—	115	130	185	210	140	160	185	210	—	—

Anmerkung: Diese Werte gelten in Verbindung mit den in Tabelle 2 angegebenen Begrenzungen der Abmessungen für Verbindungsmitte. Die zulässigen Werte für Lochleibungspressungen sind der Tabelle 4 zu entnehmen.

**Tabelle 6. Zulässige Spannungen in N/mm<sup>2</sup> für Abscheren (zul  $\tau_a$ ) von Nieten<sup>1)</sup>, Schrauben, hochfesten Schrauben ( $\Delta d = 1$  mm bzw.  $\Delta d \leq 0,3$  mm) und Schließringbolzen aus Stahl mit Lochspiel  $\Delta d = 1$  mm und mit Paßwirkung (Lochspiel  $\Delta d \leq 0,3$  mm) bei verschiedenen Lastfällen**

	Stahlschrauben Festigkeitsklasse 4.6 nach DIN 267 Teil 3		Stahlschrauben Festigkeitsklasse 5.6 nach DIN 267 Teil 3		hochfeste Schrauben Festigkeitsklasse 10.9 nach DIN 267 Teil 3		Schließringbolzen mind. Festigkeitsklasse 8.8 nach DIN 267 Teil 3		Schrauben aus nichtrostenden Stählen der Gruppe A2 und A4 nach DIN 267 Teil 11	
	H	Hz	H	Hz	H	Hz	H	Hz	H	Hz
Lochspiel $\Delta d = 1$ mm	110	125	165	185	240	270	200	220	145	165
Lochspiel $\Delta d \leq 0,3$ mm	140	160	210	240	280	320	220	250	210	235
Zug	nach DIN 1050		nach DIN 1050		nach DAST-Ri 010		nach DAST SRB-Ri 1970		150	170

<sup>1)</sup> Für Niete aus Stahl gelten die Werte von Paßschrauben der Festigkeitsklassen 4.6 und 5.6 (siehe DIN 1050).

**Tabelle 7. Zulässige Spannungen in N/mm<sup>2</sup> für Lochleibungsdruck (zul  $\sigma_L$ ) bei hochfesten stählernen Schrauben und Paßschrauben der Festigkeitsklassen 10.9 und 8.8 mit halber und mit voller Vorspannung sowie bei Schließringbolzen mindestens der Festigkeitsklasse 8.8 mit voller Vorspannung**

Werkstoffe und Werkstoffzustände nach Tabelle 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Hochfeste Schrauben mit halber Vorspannung				Hochfeste Schrauben Hochfeste Schließringbolzen mit voller Vorspannung <sup>1)</sup>				
	$\Delta d = 1 \text{ mm}$		$\Delta d \leq 0,3 \text{ mm}$		$\Delta d = 1 \text{ mm}$		$\Delta d \leq 0,3 \text{ mm}$		
H	Hz	H	Hz	H	Hz	H	Hz		
1	AlZn4,5Mg1 F35	210	235	265	300	265	300	345	390
2	AlMgSi1 F32, F31	180	205	235	265	235	265	295	335
3	AlMgSi1 F28	145	165	185	210	185	210	230	260
4	AlMgSi0,5 F22	125	140	160	180	160	180	205	230
5	AlMg4,5Mn G31	160	180	210	235	210	235	265	300
6a	AlMg4,5Mn F27/W28 (Bleche)	100	110	130	150	130	150	160	180
6b	AlMg4,5Mn F27 (Rohre, Profile)	105	120	135	155	135	155	175	195
7	AlMg2Mn0,8 F24/G24/F25 AlMg3 F24/G24/F25	125	140	160	180	160	180	205	230
8	AlMg2Mn0,8 F20	80	90	100	110	100	110	130	150
9	AlMg3 F18								
10	AlMg2Mn0,8 F/W19, W18 AlMg3 F/W19, W18	70	80	90	100	90	100	120	135

<sup>1)</sup> Volle Vorspannung der hochfesten Schraube bedeutet  $P_v = P_{v, \text{Soll}}$  nach DAST-Ri 010, Tabelle 9, Januar 1974

Volle Vorspannung des hochfesten Schließringbolzens bedeutet  $P_v = P_{v, \text{Soll}}$  nach DAST-Ri 010, Tabelle 9, Januar 1974

### 6.3 Kriecheinfluß bei Konstruktionsteilen und Verbindungsmitteln

Überschreitet das Verhältnis der Spannungen  $\sigma_{HS}/\sigma_H$  bzw.  $\tau_{HS}/\tau_H$  aus den Lastfällen H<sub>S</sub> und H (siehe Abschnitt 4) den Wert 0,5, so sind die in den Tabellen 4, 5 und 7 angegebenen Werte nach Maßgabe des Faktors c (Langzeitversuch 1000 Stunden) abzumindern; es gilt dann:

$$\text{zul } \sigma_c = c \cdot \text{zul } \sigma$$

$$\text{zul } \tau_c = c \cdot \text{zul } \tau$$

und

$$c = 1 - 0,4 \left( \frac{\sigma_{HS}}{\sigma_H} - 0,5 \right) \text{ bzw. } 1 - 0,4 \left( \frac{\tau_{HS}}{\tau_H} - 0,5 \right)$$

Diese Abminderung ist auch bei Stabilitätsnachweisen nach Abschnitt 8 zu berücksichtigen.

## 7 Besondere Bemessungsregeln

### 7.1 Zugstäbe

Bei Zugstäben wird der allgemeine Spannungsnachweis im Sinne des Abschnittes 5.4.2 mit den maßgebenden Querschnittswerten nach Abschnitt 5.3 geführt.

**7.1.1** Stäbe, die unter den rechnerisch einzusetzenden Lasten nur geringe Zugkräfte erhalten, sollen entweder vorgespannt oder aber für eine unvorhersehbare Druckkraft von einem Zehntel der Zugkraft bemessen werden.

**7.1.2** Planmäßig außermittig beanspruchte Zugstäbe sind im allgemeinen auf Längskraft und Biegung zu berechnen. Nicht berücksichtigt zu werden brauchen Außermittigkeiten, die entstehen, wenn

- Schwerachsen von Gurten gemittelt werden,
- die Anschlußebene eines Verbandes nicht in der Ebene der gemittelten Gurtschwerachse liegt,
- die Schwerachse der einzelnen Stäbe von Verbänden unerheblich (z.B. mit dem kleinstmöglichen Randabstand) aus der Anschlußebene herausfällt.

**7.1.3** Bei außermittiger Zugkraft in einem Stab, der aus einem einzelnen Winkel besteht, darf der Nachweis der Biegespannung entfallen, wenn die Spannung aus der mittig gedachten Längskraft 0,8 zul  $\sigma$  nicht überschreitet.

### 7.2 Druckglieder

Sind Druckglieder gegen Ausweichen gesichert, so ist nur der allgemeine Spannungsnachweis mit den maßgebenden Querschnitten gemäß Abschnitt 5.3 zu führen. Treten dagegen Stabilitätsfälle (Knicken, Kippen, Beulen) auf, so gilt zusätzlich Abschnitt 8.

### 7.3 Auf Biegung beanspruchte Tragwerksteile

Auf Biegung beanspruchte Teile sind, sofern sie gegen Ausweichen gesichert sind, im allgemeinen Spannungsnachweis nach Abschnitt 5.4.2 mit den maßgebenden Querschnitten nach Abschnitt 5.3 nachzuweisen.

Gegen Ausweichen nicht gesicherte Teile sind zusätzlich nach Abschnitt 8 nachzuweisen.

Die Ausführungen der DIN 1050, Ausgabe Juni 1968, Abschnitte 5.31 und 5.32, sind sinngemäß anzuwenden.

Durchlaufende Biegeträger dürfen auch im Sinne der DIN 1050, Ausgabe Juni 1968, Abschnitt 5.33, berechnet werden.

Werden die Grenzwerte  $\sigma_{HS}/\sigma_H = 0,5$  bzw.  $\tau_{HS}/\tau_H = 0,5$  überschritten, so ist nachzuweisen, daß die Festlegungen des Abschnitts 6.3 eingehalten sind.

#### 7.4 Flächentragwerke

Flächentragwerke aus Aluminium werden heute vornehmlich aus profilierten Blechen auch für Dicken  $t \leq 2$  mm erstellt (z. B. Trapez-Form, Wellen-Form, Hohlprofile o. ä.). Sie dienen z. B. zur Aufnahme kleinerer Flächenlasten oder als Schub-Aussteifung. Einheitliche Berechnungsgrundlagen für derartige Flächentragwerke unter Querbelastung oder als Schubfelder bestehen noch nicht. Einfache Biege- spannungsnachweise dürfen zur Bemessung geführt werden bei gleichzeitiger Erfüllung der linearisierten Stabilitätsnachweise.

#### 7.5 Räumliche Bauformen

Als räumliche Bauformen aus Aluminium sind Raumfachwerke mit speziellen Stab- und Knotenelementen sowie Sandwich-Konstruktionen in Schalenbauweise bekannt geworden. Die Brauchbarkeit solcher Bauformen ist sinngemäß nach Abschnitt 3.1.3 nachzuweisen.

### 8 Stabilitätsnachweise

#### 8.1 Allgemeine Nachweise der Stabilitätsfälle

##### 8.1.1 Einteilige Druckstäbe von gleichbleibendem Querschnitt

Planmäßig mittig und planmäßig außermittig gedrückte, einteilige Stäbe können alternativ gemäß den beiden folgenden Abschnitten 8.2.1 oder 8.3.1 behandelt werden. Dabei ist jeweils auch der allgemeine Spannungsnachweis auf Druck und Biegung durchzuführen, d. h. es ist nachzuweisen, daß die größten im Stab auftretenden Spannungen den Wert  $\text{zul } \sigma$  nicht überschreiten.

$$\frac{N}{A} \pm \frac{M}{W} \leq \text{zul } \sigma$$

##### 8.1.2 Biegendrillknicken

Die Untersuchung auf Biegendrillknickung kann alternativ nach den Abschnitten 8.2.2 oder 8.3.2 durchgeführt werden.

Ein solcher Nachweis erübrigt sich für Stäbe mit relativ großem Drillwiderstand, das gilt insbesondere für geschlossene runde und rechteckige Hohlquerschnitte. Auch können zudem doppelt-T-förmige Querschnitte mit jeweils anteiliger Teilschnittgröße  $N_{1,2}$  ( $N_1 + N_2 = N$ ) über die zugehörigen Schlankheiten  $\lambda_{y1,2}/i_y$  als Knickstäbe nachge-

wiesen werden, wobei  $s_1$  bzw.  $s_2$  die jeweiligen Einzelknicklängen bedeuten.

Bei mittig gedrückten Stäben mit dünnwandigen, offenen und mindestens einfach-symmetrischen Querschnitten, deren Schubmittelpunkt M nicht mit dem Schwerpunkt S zusammenfällt (Bild 4 a, b, c), wird der Stab beim Ausknicken aus der Symmetrieebene verbogen und verdrillt (vgl. Abschnitte 8.2.2 bzw. 8.3.2).

Werden gerade Stäbe mit dünnwandigen, offenen Querschnitten planmäßig außermittig gedrückt, so sind über die Festlegungen dieser Norm hinausgehende Untersuchungen anzustellen.

Bei Kippuntersuchungen von Trägern mit einfach-symmetrischen I-Querschnitt nach den Abschnitten 8.2.3 und 8.3.3 ist der Fall der Kippung mit freier Drehachse vom Fall der Kippung mit gebundener Drehachse zu unterscheiden. Gleichzeitig ist die Berücksichtigung des Lastangriffspunktes wichtig.

##### 8.1.3 Mehrteilige Druckstäbe von gleichbleibendem Querschnitt

Die Nachweise sind entsprechend DIN 4114 Teil 1, Ausgabe Juli 1952xx, Abschnitt 8, zu führen, wobei aber die Formeln der Abschnitte 8.3.1 und 8.3.7 für die ideale Stabquerkraft wie folgt zu ändern sind:

$$Q_i = \frac{A \text{ zul } \sigma}{45} \text{ bzw. } Q_i = \frac{\omega_{yi} N}{45}$$

##### 8.1.4 Dünnewandige Teile von gedrückten Baugliedern

Um ein vorzeitiges Ausbeulen der dünnwandigen Teile von Druckstäben auszuschließen, muß deren Beulsicherheit mindestens gleich der Knicksicherheit des Gesamtstabes sein. Falls kein genauerer Nachweis erbracht wird, kann das Verhältnis  $h:t$  der Tabelle 8a entnommen werden. Hierin bedeuten (Bild 1)

$t$	Dicke der dünnwandigen Teile in cm
$h$	deren freie Höhe in cm
$\lambda$	für die Knickuntersuchung des Stabes maßgebender Schlankheitsgrad des Stabes
$\delta, b$	Dicke und Breite der einspannenden Platte in cm

$\vartheta = \frac{b \cdot t}{h \cdot \delta}$  Zahl, die zur näherungsweisen Berücksichtigung der elastischen Einspannung dient, die der untersuchte dünnwandige Teil durch eine biegesteife Verbindung mit einer dicken Platte erfährt; ist  $b \cdot t > h \cdot \delta$  oder ist keine einspannende Platte vorhanden, so ist  $\vartheta = 1$  einzuführen.

Für Rundrohre gilt für den gesamten Schlankheitsbereich

$$\frac{t}{r} \geq \frac{25 \cdot \beta_{0,2}}{E} \text{ wobei } r = \frac{r_i + r_a}{2}$$

Für Rechteckrohre gelten die entsprechenden Angaben von Bild 1d und der Tabelle 8a und 8b.

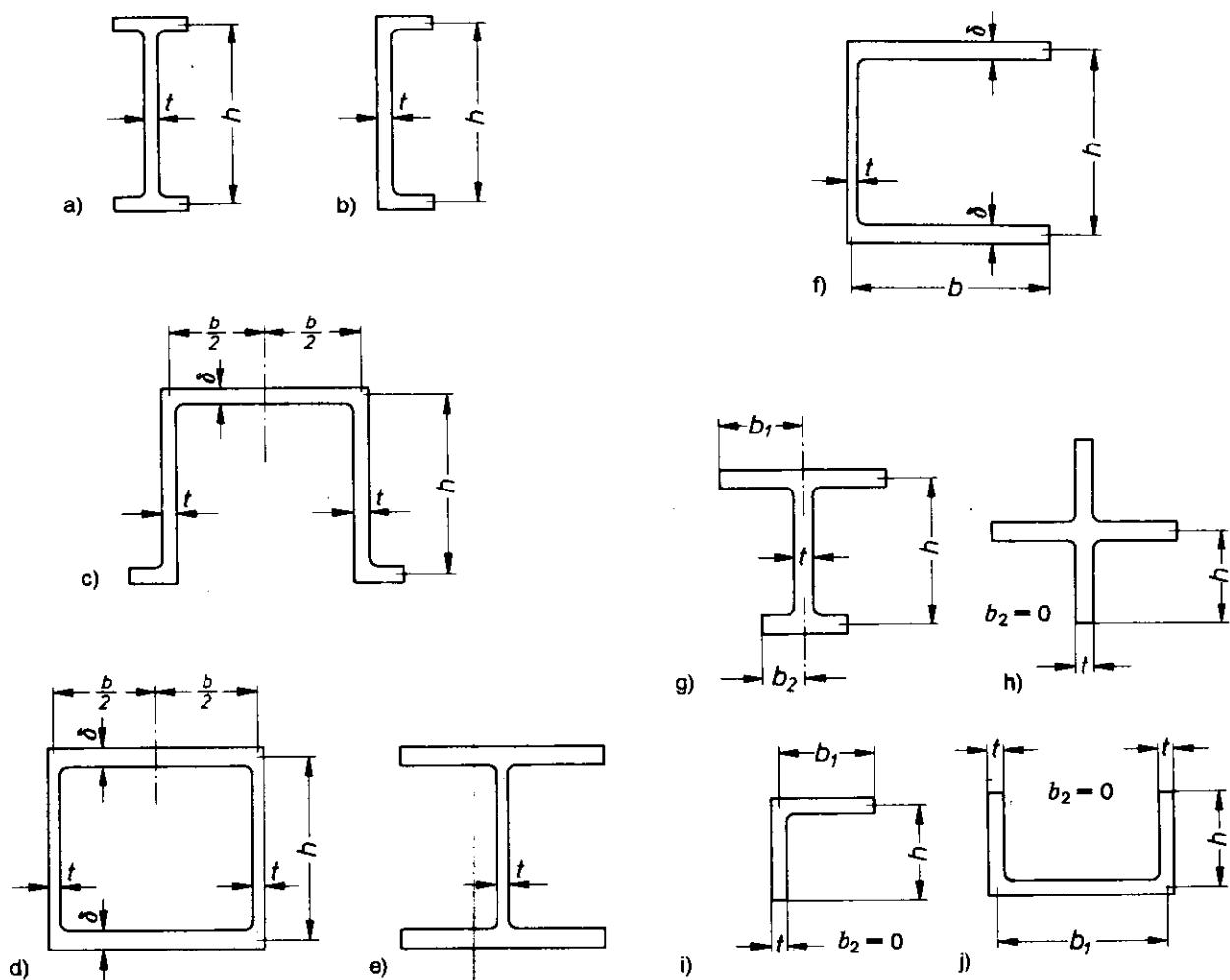


Bild 1.

Tabelle 8 a. Grenzverhältnisse für dünnwandige Teile von Druckstäben, bei denen die Untersuchung des örtlichen Beulens nicht erforderlich ist (Werte für A, B siehe Tabelle 8 b)

Bild 1 a und 1 b sowie DIN 4114 Teil 1, Ausgabe Juli 1952xx, Bild 11 a bis 11 d	$\lambda \leq \lambda_p$	$h/t \leq 0,6 \cdot (A + B \cdot \lambda)$
	$\lambda > \lambda_p$	$h/t \leq 0,6 \cdot \lambda$
Bild 1 c sowie DIN 4114 Teil 1, Ausgabe Juli 1952xx, Bild 11 e	$\lambda \leq \lambda_p$	$h/t \leq (A + B \cdot \lambda) \cdot (0,7 - 0,1 \cdot \vartheta^2)$
	$\lambda > \lambda_p$	$h/t \leq (0,7 - 0,1 \cdot \vartheta^2) \cdot \lambda$
Bild 1 d, 1 e und 1 f sowie DIN 4114 Teil 1, Ausgabe Juli 1952xx, Bild 11 f bis 11 i	$\lambda \leq \lambda_p$	$h/t \leq (A + B \cdot \lambda) \cdot (0,8 - 0,2 \cdot \vartheta^2)$
	$\lambda > \lambda_p$	$h/t \leq (0,8 - 0,2 \cdot \vartheta^2) \cdot \lambda$
DIN 4114 Teil 1, Ausgabe Juli 1952xx, Bild 11 j (Querschotte im Abstand a)	$\lambda \leq \lambda_p$	$h/t \leq (A + B \cdot \lambda) \left( 0,34 - \left[ 0,14 - 0,2 \cdot \left( \frac{h}{a} \right)^2 \right] \cdot \vartheta^2 \right)$
	$\lambda > \lambda_p$	$h/t \leq \left( 0,34 - \left[ 0,14 - 0,2 \cdot \left( \frac{h}{a} \right)^2 \right] \cdot \vartheta^2 \right) \cdot \lambda$
Bild 1 g, 1 h, 1 i und 1 j sowie DIN 4114 Teil 1, Ausgabe Juli 1952xx, Bild 11 k und 11 l	$\lambda \leq \lambda_p$	$h/t \leq (A + B \cdot \lambda) \cdot \left( 0,2 + 0,4 \cdot \sqrt{\frac{b_2}{b_1}} \right)$
	$\lambda > \lambda_p$	$h/t \leq \left( 0,2 + 0,4 \cdot \sqrt{\frac{b_2}{b_1}} \right) \cdot \lambda$

Tabelle 8b.

Mindest-streckgrenze $\beta_{0,2}$ in N/mm <sup>2</sup>	$\lambda_p$	A	B
280	63	16	0,746
260	66	16	0,758
210	76	18	0,763
200	79	18	0,772
160	93	20	0,785
140	103	21	0,796
125	113	21	0,814
100	137	21	0,847
80	172	21	0,878

### 8.1.5 Kippen von Trägern mit I-Querschnitt

Bei der Kippuntersuchung von Trägern mit einfache-symmetrischem I-Querschnitt nach den Abschnitten 8.2.3 oder 8.3.3 ist der Fall der Kippung mit freier Drehachse vom Fall der Kippung mit gebundener Drehachse zu unterscheiden. Gleichzeitig ist die Berücksichtigung des Lastangriffspunktes wichtig.

### 8.1.6 Beulung bei Biegeträgern

#### 8.1.6.1 Beulung der Stegbleche vollwandiger Träger

8.1.6.1.1 Bei Stegblechen von Biegeträgern, die durch längsgerichtete Normalspannungen und durch Schubspannungen beansprucht werden, ist die Beuluntersuchung nach DIN 4114 Teil 1, Ausgabe Juli 1952xx, Abschnitt 17, durchzuführen. Es sind in der Regel die folgenden Sicherheitszahlen einzuhalten

$$\nu_{BH} = \sqrt{\frac{\left(\frac{\sigma_x}{\sigma_{xKi}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{Ki}}\right)^2}{\left(\frac{\sigma_x}{\nu_H \cdot \sigma_{xKi}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{1,35 \cdot \tau_{Ki}}\right)^2}} \quad (\text{Lastfall H})$$

$$\nu_{BHZ} = \sqrt{\frac{\left(\frac{\sigma_x}{\sigma_{xKi}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{Ki}}\right)^2}{\left(\frac{\sigma_x}{\nu_{HZ} \cdot \sigma_{xKi}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{1,25 \cdot \tau_{Ki}}\right)^2}} \quad (\text{Lastfall HZ})$$

Die Größen  $\sigma_{xKi}$  und  $\tau_{Ki}$  ermitteln sich nach DIN 4114 Teil 1, Ausgabe Juli 1952xx, Abschnitt 16.

Für Vollwandträger und Kastenträger mit Steg schlankheiten  $b/t \leq 100$  sind Werte  $\nu_H = 1,5$  und  $\nu_{HZ} = 1,35$  einzuführen. Bei  $b/t \geq 100$  gilt  $\nu_H = 1,7$  und  $\nu_{HZ} = 1,5$ .

Hierbei ist nachzuweisen, daß die Trägergurte für sich allein in der Lage sind, Kräfte gemäß  $N_D = -\frac{M}{h}$  bzw.  $N_Z = +\frac{M}{h}$  ( $N_D$  bzw.  $N_Z$  = Längskraftanteile aus Biegemoment  $M$ ,  $h$  = „Trägerhöhe“) stabilitäts- bzw. spannungssicher aufzunehmen; eine zusätzliche Normalkraft  $N$  ist den Gurten anteilig zuzuweisen.

8.1.6.1.2 Es gilt sinngemäß DIN 4114 Teil 1, Ausgabe Juli 1952xx, Abschnitte 16, 17 und 18, sowie DIN 4114 Teil 2, Ausgabe Februar 1953x, Ri 17 und Ri 18, mit den Änderungen:

a) in Abschnitt 17.1

$$\sigma_e = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot t^2}{12 b^2 (1 - \mu^2)} = 6,33 \left( \frac{100 t}{b} \right)^2 \text{ N/mm}^2$$

b) in Abschnitt 17.3

Ist  $\sigma_{VKi} \geq \sigma_p$ , so ist zu der Vergleichsspannung  $\sigma_{VKi}$  eine „abgeminderte Vergleichsspannung“  $\sigma_{VK}$  nach Tabelle 9 zu bestimmen.

Die Proportionalitätsgrenze wird empirisch mit

$$\sigma_p = \beta_{0,2} - 2 \cdot \sqrt{10 \cdot \beta_{0,2}} \text{ mit } \beta_{0,2} \text{ in N/mm}^2$$

für die vorliegenden Aluminiumlegierungen festgelegt.

c) in den Abschnitten 17.4 bis 17.6

Bei der Ermittlung der idealen Vergleichsspannung  $\sigma_{VKi}$  ist der gegenüber Stahl veränderte Elastizitätsmodul  $E = 70000 \text{ N/mm}^2$  zu berücksichtigen. Der Wert  $375 \text{ N/mm}^2$  (Stahl) ist durch  $125 \text{ N/mm}^2$  zu ersetzen.

Die Abschnitte 17.7 und 17.8 nach DIN 4114 Teil 1, Ausgabe Juli 1952xx, entfallen.

#### 8.1.6.2 Beulung plattenartiger Druckgurte von Kastenträgern

Bei plattenartigen, jedoch immer mit Beulsteifen versehenen Druckgurten von Kastenträgern können die Stabilitätsnachweise entweder gemäß neueren Veröffentlichungen<sup>3)</sup> oder nach DIN 4114 Teil 1 und Teil 2 bei Zugrundelegung der  $\nu_{BH}$ -Werte des Abschnitts 8.1.6.1 geführt werden.

#### 8.1.7 Bogen- und Rahmenknicken

Bei Rahmentragwerken, die gegen seitliches Verschieben gehalten sind, ist die Stabilität durch Nachweis der Knicksicherheit der Tragelemente (Stiele) im Sinne der Abschnitte 8.2.4 oder 8.3.4 zu untersuchen.

#### 8.1.8 Sicherheitsnachweis nach der nichtlinearen Elastizitätstheorie

Ein Traglastverfahren gemäß DAST-Ri 008, Ausgabe März 1973, soll bis auf weiteres nicht angewandt werden. Es darf jedoch bei der Annahme eines linear-elastischen Spannungs-Dehnungsdiagramms der Aluminiumlegierungen mit  $E = 70000 \text{ N/mm}^2$  der Tragsicherheitsnachweis derart erbracht werden, daß das Tragwerk unter  $v$ -facher Belastung und unter Berücksichtigung des Einflusses der Verformungen auf das Kräftespiel (Spannungstheorie II. Ordnung) an keiner Stelle eine Spannung aufweist, die größer ist als die  $\beta_{0,2}$ -Grenze.

Die der niedrigsten Eigenfunktion anzupassenden Verformungen sind bezüglich der Geschoßhöhe mit  $h/200$  einzusetzen, wobei u.U. für die Einzeldruckstäbe die  $n$ -Werte der Tabelle 10 eingesetzt werden können.

Um den Einfluß baupraktisch unvermeidlicher Mängel zu erfassen, sind besondere Überlegungen hinsichtlich Außermittigkeiten des Lastangriffs oder Vorkrümmung der Stabachse (oder Querlasten, die solche Verformungen erzeugen) erforderlich. Für  $v$  ist im Belastungsfall H der Wert 1,7 und im Belastungsfall HZ der Wert 1,5 einzusetzen.

<sup>3)</sup> Literatur: Rubin, H.: Das Tragverhalten längsversteifter, vorverformter Rechteckplatten unter Axialbelastung nach der nichtlinearen Beultheorie. Schriftenreihe des Instituts für Baustatik und Meßtechnik der Universität Karlsruhe, Heft 1, Karlsruhe 1976.

Tabelle 9. Abgeminderte Vergleichsspannung  $\sigma_{VK}$  in N/mm<sup>2</sup>

$\beta_{0,2}$		280	260	210	200	160	140	125	100	80	$\sigma_{VKi}$
$\lambda$	$\sigma_{VKi}$	$\sigma_{VK}$	$\sigma_{VK}$	$\sigma_{VK}$	$\sigma_{VK}$	$\sigma_{VK}$	$\sigma_{VK}$	$\sigma_{VK}$	$\sigma_{VK}$	$\sigma_{VK}$	
12,4	4500	$\beta_{0,2}$	$\beta_{0,2}$	$\beta_{0,2}$	$\beta_{0,2}$	$\beta_{0,2}$	$\beta_{0,2}$	$\beta_{0,2}$	$\beta_{0,2}$	$\beta_{0,2}$	4500
13,1	4000	279									4000
14,0	3500	278									3500
15,2	3000	276									3000
16,6	2500	274	255	208	197	158	139	124	125	2500	2500
18,6	2000	272	253	205	195		157				2000
19,9	1750	270	251	204	194		138				1750
21,5	1500	269	250	202	193		124				1500
23,5	1250	267	247	200	191	153	135	121	98,1	1250	1250
26,3	1000	264	245	197	189	151	132	119	95,7		1000
27,7	900	262	243	196	187	149	131	117	94,6		900
29,4	800	261	242	195	186	148	130	116	93,4		800
31,4	700	259	240	194	184	147	128	114	92,0	74,4	700
33,9	600	257	238	191	182	145	127	112	90,4	72,8	600
37,2	500	254	235	189	179	143	124	110	88,5	71,0	500
41,6	400	249	231	185	176	140	122	108	86,1	68,7	400
48,6	300	241	224	180	171	136	118	105	83,0	65,8	300
52,6	250	231	217	176	167	133	116	103	80,9	63,9	250
58,8	200	200	197	169	161	129	112	100	78,3	61,6	200
62,8	175	175	175	162	155	126	110	97,4	76,7	60,2	175
67,9	150	$\sigma_{VKi}$	$\sigma_{VKi}$	148	144	122	107	94,8	74,7	58,5	150
74,3	125			125	125	115	102	91,2	72,1	56,4	125
83,1	100					99,0	93,3	85,3	68,4	53,7	100
87,6	90					89,8	87,4	81,5	66,5	52,3	90
92,9	80	$\sigma_{VKi}$	$\sigma_{VKi}$	$\sigma_{VKi}$	$\sigma_{VKi}$	$\sigma_{VKi}$	79,3	76,4	64,0	50,7	80
99,3	70						69,9	69,0	60,6	48,7	70
107,3	60							59,9	55,9	46,2	60
117,5	50								48,9	42,7	50
131,4	40	$\sigma_{VKi}$	$\sigma_{VKi}$	$\sigma_{VKi}$	$\sigma_{VKi}$	$\sigma_{VKi}$	39,9	37,4	37,4	40	
151,8	30								29,6	30	
166,2	25								24,9	25	
185,9	20								$\sigma_{VKi}$	20	
$\sigma_p$		174	158	118	111	80,0	65,2	54,3	36,8	23,4	$\sigma_p$
$\lambda_p$		63	66	76	79	93	103	113	137	172	$\lambda_p$

## 8.2 Nachweis nach Rechnungsgang I

### 8.2.1 Eintellige Druckstäbe von gleichbleibendem Querschnitt (Biegeknicken)

Das jeweilige  $\sigma$ - $\varepsilon$ -Diagramm (Druck) der hier behandelten Aluminiumlegierungen wird nach Bild 2 durch einen dreiteiligen Sekantenzug, dessen Kennwerte aus Tabelle 10 zu entnehmen sind, genau genug erfaßt.

Sowohl der planmäßig mittig als auch der planmäßig außermittig gedrückte und an beiden Enden gehaltene Stab kann nach Formel (1a) berechnet werden, falls der Ausdruck

$$\frac{n+1}{2} \cdot \frac{N_v}{N^*} \geq 1 \text{ ist.}$$

Falls der Ausdruck  $< 1$  ist, gilt günstiger die Formel (1b).

$$\frac{N_v}{\bar{\mu} \bar{N}} + \frac{M_v}{\left(1 - \frac{N_v}{N^*}\right) \bar{\mu} M^*} \leq 1 \quad (1a)$$

$$\psi \cdot \frac{N_v}{\bar{N}} + \frac{M_v}{\left(1 - \frac{N_v}{N^*}\right) M^*} \leq 1 \quad (1b)$$

$$\text{mit } \psi = 1 + \frac{n-1}{2} (1 - \bar{\mu}) \frac{\bar{N}}{N^* - N_v}$$

Ist das Verdrehen des zu untersuchenden Stabes verhindert (siehe auch Abschnitt 8.1.2), so ist in den Formeln (1a) und (1b) bei Längsbelastung

$n$  Beiwert nach Tabelle 10

Tabelle 10. Festwerte für Sekantenzüge und Außermittigkeiten

	Legierung	$\bar{\sigma}$ N/mm <sup>2</sup>	$E^*$ N/mm <sup>2</sup>	$\bar{\mu}$	$n$	ungewollte Außermittigkeit $u$	
						Rohre + I-Profile	JL-Profile
1	AlZn4,5Mg1 F35	290	68 000	0,85	4,0	$i \cdot \left[ \left( \frac{\lambda}{160} \right)^2 + \left( \frac{\lambda}{160} \right)^3 \right]$	$i \cdot \left[ \left( \frac{\lambda}{240} \right)^2 + \left( \frac{\lambda}{120} \right)^3 \right]$
2	AlMgSi1 F 32	270	68 000	0,85	4,0	$i \cdot \left( \frac{\lambda}{120} \right)^2$	$i \cdot \left( \frac{\lambda}{110} \right)^2$
3	AlMgSi1 F28	210	65 000	0,80	4,0	$i \cdot \left( \frac{\lambda}{180} \right)^2$	$i \cdot \left( \frac{\lambda}{190} \right)^2$
4	AlMgSi0,5 F22	170	65 000	0,85	4,5	$i \cdot \left( \frac{\lambda}{190} \right)^2$	$i \cdot \left( \frac{\lambda}{200} \right)^2$
5	AlMg4,5Mn G31	230	65 000	0,80	5,0	$i \cdot \left( \frac{\lambda}{140} \right)^2$	$i \cdot \left( \frac{\lambda}{150} \right)^2$
6a	AlMg4,5Mn F27/W28 Querschnitte aus Blech	130	65 000	0,85	5,0	$i \cdot \left( \frac{\lambda}{220} \right)^2$	$i \cdot \left( \frac{\lambda}{230} \right)^2$
6b	AlMg4,5Mn F27 Rohre + Profile	150	65 000	0,85	5,0	$i \cdot \left( \frac{\lambda}{210} \right)^2$	$i \cdot \left( \frac{\lambda}{220} \right)^2$
7	AlMg2Mn0,8 F24/G24/F25 AlMg3 F24/G24/F25	170	65 000	0,85	4,5	$i \cdot \left( \frac{\lambda}{190} \right)^2$	$i \cdot \left( \frac{\lambda}{200} \right)^2$
8	AlMg2Mn0,8 F20	110	60 000	0,80	5,0	$i \cdot \frac{\lambda}{400}$	$i \cdot \frac{\lambda}{500}$
9	AlMg3 F18						
10	AlMg2Mn0,8 F/W19, F18 AlMg3 F/W19, F18	80	55 000	0,75	5,0	$i \cdot \frac{\lambda}{500}$	$i \cdot \frac{\lambda}{580}$

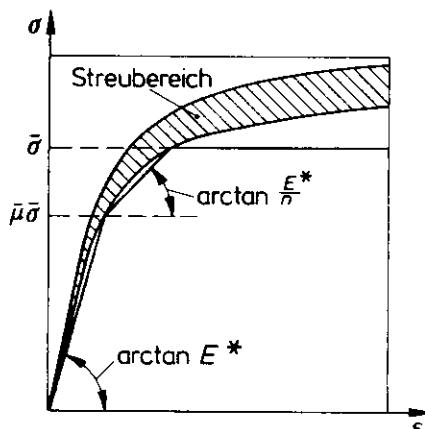


Bild 2. (zu Tabelle 10)

$$N^* = N_{E^*} = \left( \frac{\pi}{s_{ki}} \right)^2 \cdot E^* \cdot I \quad (\text{Eulerlast für Ausknicken in der Momentenebene mit der Knicklänge } s_{ki})$$

$E^*$  rechnerischer Modul nach Tabelle 10

$M^* = k \bar{\sigma} W_d$  ( $\bar{\sigma}$  aus Tabelle 10)

$k$  charakteristischer, dem jeweiligen Querschnitt zugeordneter Rechenbeiwert (Tabelle 11)

$W_d$  auf den Bleigedruckrand bezogenes Widerstandsmoment des unverschwächten Querschnitts des Stabes

$\bar{N} = \bar{\sigma} \cdot A$

$A$  unverschwächte Querschnittsfläche des Stabes

$\bar{\mu}$  Werkstoffbeiwert nach Tabelle 10

$N_v = v \cdot N < N^*$  mit  $N$  als Absolutwert der größten Druckkraft des Stabes

$v$  erforderlicher Sicherheitsfaktor  $v_H = 1,5$  für Lastfall H,  $v_{HZ} = 1,33$  für Lastfall HZ. Bei Gerüstrohren ist  $v_H = 1,7$  bzw.  $v_{HZ} = 1,5$  zu setzen.

$M_v = v (a_M \cdot M + N \cdot u)$

$M$   $= |M_i|$  Absolutwert des maßgebenden Stabendmomentes, d. h. bei doppelt-symmetrischen Querschnitten (Tabelle 11, Spalten 2, 7, 8)  $M_2$ , bei einfach-symmetrischen Querschnitten (Tabelle 11, Spalten 3, 4, 5 und 6) ist neben  $M_2$  auch  $M_1$  zu verfolgen.

$M_1, M_2$  Stabendmomente, wobei  $|M_2| \geq |M_1|$

$u$  ungewollte Außermittigkeit nach Tabelle 10

$$a_M = 0,8 + 0,3 \cdot \frac{M_1}{M_2}$$

Weicht die Querschnittsform von denjenigen in Tabelle 11 ab und/oder liegen unverschleißbare Stabsysteme vor, so empfiehlt sich die Anwendung der Theorie II. Ordnung bis zum Erreichen des elastischen Grenzwertes der jeweils maßgebenden Randspannung (siehe auch Abschnitt 8.1.8, vergleiche auch DIN 4114 Teil 2, Ausgabe Februar 1953x, R17.9 und R10.2).

Bei ausschließlich planmäßig mittiger Beanspruchung und bei Einführung der Imperfektionen gemäß der niedrigsten Eigenfunktion, kann auch der Ersatzstabgedanke Anwendung finden.

Tabelle 11. Charakteristischer Rechenbeiwert  $k$ 

1	2	3	4	5	6	7	8
Querschnitt, Lastangriff				$A_2 \leq A_1$ $A_1$ $x$ $A_2$	$A_2 \leq A_1$ $A_1$ $x$ $A_2$		
$k$ -Werte	1,1	0,7	1,1	$0,7 + 0,4 \frac{F_2}{F_1}$	1,1	1,25	1,2

Bei Längs- und Querbelastung von Stäben ist

$a_M 1,1$

$M$  max.  $|M_{\text{Feld}}$  der größte Absolutwert des Biegemoments zwischen dem ersten und dritten Viertelpunkt der Stablänge, soweit doppelt-symmetrische Querschnitte (nach Tabelle 11, Spalten 2, 7 und 8) vorliegen; bei ein-fach-symmetrischen Querschnitten ist für beide Momentenrichtungen der jeweilige Größtwert einzusetzen.

Für seitlich verschiebbliche Rahmen vergleiche Abschnitt 8.2.4.

### 8.2.2 Biegendrillknicken

In den in Abschnitt 8.2.1 angegebenen Formeln (1a) und (1b) bedeuten bei Anwendung auf Biegendrillknicken

$N^*$  der kleinere der beiden Werte  $N_E^*$  (Eulerlast für Ausknicken in der Momentenebene) bzw.

$$N_{Ki} = \pi^2 \cdot E^* \cdot A / \lambda_{Vi}^2$$

mit  $\lambda_{Vi}$  nach DIN 4114 Teil 2, Ausgabe Februar 1953x, Ri 7.5 bzw. Ri 10.1.

$M^*$  nach Abschnitt 8.2.1 bzw. – wenn kleiner –  $|M_{Ki}|$  nach

$$\text{max. } M_{Ki} = \frac{\pi^2 \cdot E^* \cdot I_y}{l^2}$$

$$\text{min. } M_{Ki} = \left[ \pm \sqrt{(y_M - r_x/2)^2 + c^2 + (y_M - r_x/2)^2} \right]$$

mit  $y_M$ ,  $c$ ,  $r_x$  nach Abschnitt 8.3.2.1. Das negative Vorzeichen der Wurzel ist anzuwenden, wenn bei einfach-symmetrischen Querschnitten aus dem Biegemoment Druckspannungen am Gurt mit dem kleineren  $I_y$  Gurt auftreten. Das Querschnittskoordinatensystem ist so festzulegen, daß  $y_M > 0$  ist.

Wechselt die Momentenlinie innerhalb des Stabes das Vorzeichen und erzeugt das dem Absolutbetrag nach größere Moment max.  $M = |M_2|$  Druck am Flansch mit dem größeren  $I_y$  Gurt, so sind die Nachweise nach den Formeln (1a) bzw. (1b) für beide Stabendmomente zu führen. Hierbei ist einmal für den  $M$  nach Abschnitt 8.2.1  $|M_2|$  mit dem zugehörigen  $M_{Ki}$  (– max.  $M_{Ki}$ ), zum anderen ist  $M = |M_1|$  mit dem zugehörigen  $M_{Ki}$  (– min.  $M_{Ki}$ ) einzusetzen.

$$N_v = v \left( N + \frac{M}{h} \cdot \frac{\lambda_y}{500} \right); \text{ wobei } M = |M_{\text{maßg}} - N \cdot \delta|;$$

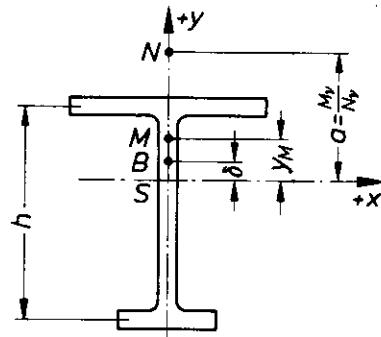
$M_{\text{maßg}} = |M_1|$  bzw.  $|M_2|$ , vergleiche unter  $M^*$

$$\delta = \left( 1 - \frac{50}{50 + \lambda_y} \right) y_M$$

$\delta$  ist der Abstand des Bezugspunktes  $B$  vom Schwerpunkt  $S$  in Richtung Schubmittelpunkt  $M$  (siehe Bild 3). Das Vorzeichen von  $M_{\text{maßg}}$  ist dasselbe wie für  $M_{Ki}$ , je nach Lastangriffspunkt in bezug auf  $B$  (statt bisher  $S$ ) ist max.  $M_{Ki}$  bzw. min.  $M_{Ki}$  einzusetzen.

$u$  die für  $\lambda_y$  zu ermittelnde ungewollte Außermittigkeit (vergleiche Tabelle 10)

Der Wert  $\psi$  ist mit den obengenannten Werten  $N^*$  und  $N_v$  zu berechnen.



$N$  als Druckkraft positiv

$B$  Bezugspunkt für das Moment

$M$  Schubmittelpunkt

$S$  Schwerpunkt

Bild 3.

### 8.2.3 Kippen von Trägern mit I-Querschnitt

Für den Fall der freien Kippung sowie bei Lastangriff zwischen Schubmittelpunkt und Zugflansch gilt (für einfache Balken) die Grundlage im Sinne der Abschnitte 8.2.1 und 8.2.2 mit den Sicherheitsfaktoren  $v_H = 1,7$  und

$v_{HZ} = 1,5$ , wobei  $N = 0$  zu setzen ist, d. h.

$$N_v = v \cdot \frac{M}{h} \cdot \frac{\lambda_y}{500}$$

### 8.2.4 Bogen- und Rahmenknicken

Für verschiebbliche Rahmen ist grundsätzlich ein Nachweis des stabilen Gleichgewichtes für  $v$ -fache Lasten am verformten System vorzunehmen (vergleiche auch Abschnitt 8.1.8). Soweit es sich hierbei um ein- und zweigeschossige verschiebbliche Rahmen handelt, können – neben den Regelungen des Abschnittes 8.3.4 – auch Traglast-Nachweise geführt werden, die die spezifischen Eigenschaften der Aluminiumwerkstoffe berücksichtigen.

## 8.3 Nachweis nach Rechnungsgang II

### 8.3.1 Eintellige Druckstäbe von gleichbleibendem Querschnitt (Biegeknicken)

#### 8.3.1.1 Planmäßig mittige Beanspruchung

Gerade, planmäßig mittig gedrückte Stäbe sind entsprechend DIN 4114 Teil 1, Ausgabe Juli 1952xx, Abschnitt 7, nachzuweisen.

## DIN 4113 Teil 1

Es muß

$$\omega \cdot \frac{N}{A} \leq \text{zul } \sigma$$

sein.

Hierin bedeuten:

**N** Absolutwert der größten im Stab auftretenden Druckkraft

**A** unverschwächte Querschnittsfläche des Stabes

**ω** von der Aluminiumlegierung und dem Schlankheitsgrad abhängige Knickzahl. Bei nicht tabellierten Zwischenwerten von  $\beta_{0,2}$  (Fußnoten Tabelle 1) darf näherungsweise linear zwischen zwei benachbarten Knickzahlentabellen interpoliert werden. Tabelle 12 a gilt für Profile, Tabelle 12 b gilt für Rundrohre mit

$$\frac{t}{r_a} \leq \frac{1}{3}$$

und für Rechteckrohre mit einem Seitenverhältnis

$$\frac{a}{b} \leq \frac{7}{3} \text{ bei } a \geq b.$$

Bei Wanddickenunterschieden von mehr als 20 % gelten die Knickzahlen  $\omega$  nach Tabelle 12 a.

Bei Hohlquerschnitten, die durch äußere Rippen verstift sind, darf mit einem Ersatzquerschnitt gerechnet werden, wobei die Innenkontur ( $r_i$  bzw.  $a_i$  und  $b_i$ ) beizubehalten und die Wanddicke so zu berechnen ist, daß die Gesamtquerschnittsfläche erhalten bleibt. Für die äußere Verrippung gelten im übrigen die Begrenzungen  $h/t$  gemäß Bild 1 h und Tabelle 8 a.

**zul  $\sigma$**  für die gewählte Aluminiumlegierung geltende zulässige Druckspannung nach Tabelle 4.

Für Rohre im Gerüstbau sind diese Werte im Verhältnis 1,5 : 1,7 bzw. 1,33 : 1,50 abzumindern.

**λ** Schlankheitsgrad des Stabes entsprechend DIN 4114 Teil 1, Ausgabe Juli 1952xx, Abschnitt 7.1.

Für Stäbe mit  $\lambda < 20$  ist kein Knicknachweis zu führen (also ist hier  $\omega = 1$ ).

Stäbe mit geringem Drillwiderstand sind, falls erforderlich, auf Drillknickung oder auf Biegedrillknickung nachzuweisen (siehe Abschnitt 8.1.2). Für Druckstäbe mit veränderlichem Querschnitt, veränderlicher Normalkraft oder elastischer Querstützung gilt DIN 4114 Teil 2, Ausgabe Februar 1953x, Ri 7.6 bis Ri 7.8 mit den Knickzahlen  $\omega$  der Tabellen 12 a und 12 b vorliegender Norm.

Tabelle 12a. Knickzahlen  $\omega$  für Profile

Werkstoffe	AlZn4,5Mg1 F35, F34					AlMgSi1 F30, F31, F32				
	280					260				
Schlankheitsgrad $\lambda$	0	2	4	6	8	0	2	4	6	8
	20	1	1,01	1,03	1,05	1,07	1	1	1,02	1,04
30	1,10	1,12	1,15	1,18	1,21	1,08	1,11	1,14	1,17	1,20
40	1,25	1,29	1,33	1,38	1,43	1,23	1,27	1,31	1,36	1,40
50	1,43	1,60	1,73	1,86	1,99	1,45	1,50	1,60	1,73	1,85
60	2,13	2,28	2,43	2,58	2,74	1,98	2,12	2,25	2,40	2,54
70	2,90	3,07	3,25	3,42	3,61	2,70	2,85	3,01	3,18	3,35
80	3,79	3,98	4,18	4,38	4,59	3,52	3,70	3,88	4,07	4,26
90	4,80	5,02	5,24	5,46	5,69	4,46	4,66	4,86	5,07	5,28
100	5,93	6,17	6,41	6,66	6,91	5,50	5,72	5,95	6,18	6,42
110	7,17	7,43	7,70	7,97	8,25	6,66	6,90	7,15	7,40	7,66
120	8,53	8,82	9,11	9,41	9,71	7,92	8,19	8,46	8,74	9,01
130	10,01	10,32	10,64	10,96	11,28	9,30	9,59	9,88	10,18	10,48
140	11,61	11,95	12,29	12,63	12,98	10,78	11,09	11,41	11,73	12,05
150	13,33	13,69	14,05	14,42	14,79	12,38	12,71	13,05	13,39	13,74
160	15,17	15,55	15,94	16,33	16,72	14,09	14,44	14,80	15,16	15,53
170	17,12	17,53	17,94	18,35	18,77	15,90	16,28	16,66	17,04	17,43
180	19,20	19,63	20,06	20,50	20,94	17,83	18,22	18,63	19,03	19,45
190	21,39	21,84	22,30	22,76	23,23	19,86	20,28	20,71	21,14	21,57
200	23,70	24,18	24,66	25,14	25,63	22,01	22,45	22,90	23,35	23,80
210	26,13	26,63	27,14	27,64	28,16	24,26	24,73	25,20	25,67	26,15
220	28,68	29,20	29,73	30,26	30,80	26,63	27,12	27,61	28,10	28,60
230	31,34	31,89	32,44	33,00	33,56	29,11	29,61	30,13	30,64	31,17
240	34,13	34,70	35,28	35,86	36,44	31,69	32,22	32,76	33,30	33,84
250	37,03					34,39				

Fortsetzung Tabelle 12 a.

Werkstoffe	AlMg4,5Mn G31 <sup>1)</sup> und AlMgSi1 F28					AlMg2Mn0,8G24, F24, F25, AlMg3, AlMgSi0,5 F22									
	Basiswert für Streckgrenze in N/mm <sup>2</sup>					200					160				
Schlankheitsgrad $\lambda$	0	2	4	6	8	0	2	4	6	8	0	2	4	6	8
20	1	1	1,02	1,04	1,06	1	1	1,02	1,04	1,05					
30	1,08	1,10	1,13	1,15	1,18	1,08	1,10	1,13	1,15	1,18					
40	1,21	1,24	1,28	1,31	1,34	1,20	1,23	1,25	1,27	1,30					
50	1,38	1,42	1,47	1,52	1,57	1,33	1,37	1,41	1,45	1,49					
60	1,63	1,71	1,82	1,94	2,06	1,53	1,58	1,62	1,66	1,71					
70	2,18	2,30	2,43	2,57	2,70	1,76	1,82	1,87	1,96	2,06					
80	2,84	2,99	3,14	3,29	3,44	2,17	2,28	2,39	2,50	2,62					
90	3,60	3,76	3,93	4,10	4,27	2,74	2,87	2,99	3,12	3,25					
100	4,44	4,62	4,81	4,99	5,18	3,39	3,52	3,66	3,80	3,95					
110	5,38	5,57	5,78	5,98	6,19	4,10	4,25	4,40	4,56	4,71					
120	6,40	6,61	6,83	7,06	7,28	4,88	5,04	5,21	5,38	5,55					
130	7,51	7,74	7,98	8,22	8,46	5,72	5,90	6,08	6,26	6,45					
140	8,71	8,96	9,22	9,47	9,73	6,64	6,83	7,02	7,22	7,42					
150	10,00	10,27	10,54	10,81	11,09	7,62	7,82	8,03	8,24	8,45					
160	11,38	11,66	11,95	12,25	12,54	8,67	8,89	9,11	9,33	9,56					
170	12,84	13,15	13,45	13,77	14,08	9,79	10,02	10,25	10,49	10,73					
180	14,44	14,72	15,05	15,37	15,71	10,97	11,22	11,46	11,71	11,97					
190	16,04	16,38	16,73	17,07	17,42	12,22	12,48	12,74	13,01	13,27					
200	17,78	18,13	18,49	18,86	19,23	13,54	13,82	14,09	14,37	14,65					
210	19,60	19,97	20,35	20,73	21,12	14,93	15,22	15,51	15,80	16,09					
220	21,51	21,90	22,30	22,70	23,10	16,39	16,69	16,99	17,29	17,60					
230	23,51	23,92	24,33	24,75	25,17	17,91	18,22	18,54	18,86	19,18					
240	25,60	26,03	26,46	26,89	27,33	19,50	19,83	20,16	20,49	20,82					
250	27,77					21,16									

1) Für aus Blechen zusammengesetzte Querschnitte von Druckgliedern

Fortsetzung Tabelle 12 a.

Werkstoffe	AlMg4,5Mn F27 (Profile)					AlMg4,5Mn W28, F27 (Bleche <sup>1)</sup> )									
	Basiswert für Streckgrenze in N/mm <sup>2</sup>					140					125				
Schlankheitsgrad $\lambda$	0	2	4	6	8	0	2	4	6	8	0	2	4	6	8
20	1	1	1,01	1,03	1,05	1	1	1,01	1,03	1,05					
30	1,07	1,09	1,11	1,14	1,16	1,07	1,09	1,11	1,14	1,16					
40	1,19	1,21	1,24	1,27	1,30	1,19	1,21	1,24	1,26	1,29					
50	1,33	1,35	1,38	1,42	1,45	1,32	1,35	1,38	1,41	1,44					
60	1,49	1,53	1,57	1,61	1,65	1,47	1,51	1,55	1,58	1,62					
70	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,66	1,70	1,75	1,79	1,84					
80	1,96	2,01	2,09	2,19	2,29	1,88	1,93	1,98	2,03	2,08					
90	2,40	2,51	2,62	2,73	2,85	2,14	2,24	2,34	2,44	2,55					
100	2,96	3,08	3,20	3,33	3,46	2,65	2,75	2,87	2,98	3,09					
110	3,59	3,72	3,85	3,99	4,13	3,21	3,32	3,44	3,57	3,69					
120	4,27	4,41	4,56	4,70	4,85	3,82	3,94	4,07	4,21	4,34					
130	5,01	5,16	5,32	5,48	5,64	4,48	4,62	4,76	4,90	5,05					
140	5,81	5,97	6,14	6,32	6,49	5,19	5,34	5,50	5,65	5,80					
150	6,67	6,85	7,03	7,21	7,40	5,96	6,12	6,28	6,45	6,62					
160	7,58	7,78	7,97	8,16	8,36	6,78	6,95	7,13	7,30	7,48					
170	8,56	8,77	8,97	9,18	9,39	7,66	7,84	8,02	8,21	8,40					
180	9,60	9,81	10,03	10,25	10,47	8,59	8,78	8,97	9,17	9,37					
190	10,70	10,92	11,15	11,38	11,61	9,57	9,77	9,97	10,18	10,39					
200	11,85	12,09	12,33	12,57	12,82	10,60	10,81	11,03	11,25	11,46					
210	13,07	13,32	13,57	13,82	14,08	11,69	11,91	12,14	12,36	12,59					
220	14,34	14,60	14,87	15,13	15,40	12,83	13,06	13,30	13,54	13,78					
230	15,67	15,95	16,22	16,50	16,78	14,02	14,26	14,51	14,76	15,01					
240	17,06	17,35	17,64	17,93	18,22	15,26	15,52	15,78	16,04	16,30					
250	18,52					16,56									

1) Für aus Blechen zusammengesetzte Querschnitte von Druckgliedern

Fortsetzung Tabelle 12 a.

Werkstoffe	AlMg2Mn0,8 F20					AlMg3 F18, W18, F19, W19 <sup>1)</sup> , AlMg2Mn0,8 F19, W19, W18				
	Basiswert für Streckgrenze in N/mm <sup>2</sup>	100					80			
Schlankheitsgrad $\lambda$										
0	2	4	6	8	0	2	4	6	8	
20	1	1	1,01	1,03	1,05	1	1	1	1,02	1,04
30	1,07	1,09	1,11	1,14	1,16	1,06	1,09	1,11	1,14	1,16
40	1,19	1,21	1,24	1,26	1,29	1,18	1,21	1,23	1,26	1,28
50	1,31	1,34	1,37	1,40	1,43	1,31	1,34	1,37	1,40	1,43
60	1,46	1,50	1,53	1,57	1,60	1,46	1,49	1,52	1,56	1,59
70	1,63	1,67	1,71	1,75	1,79	1,62	1,66	1,69	1,73	1,77
80	1,83	1,87	1,91	1,95	2,00	1,80	1,84	1,87	1,91	1,95
90	2,05	2,10	2,15	2,20	2,25	1,99	2,03	2,08	2,12	2,17
100	2,31	2,37	2,42	2,48	2,54	2,21	2,26	2,30	2,35	2,40
110	2,60	2,67	2,75	2,85	2,95	2,45	2,50	2,56	2,61	2,66
120	3,05	3,15	3,25	3,36	3,47	2,72	2,78	2,83	2,89	2,95
130	3,58	3,69	3,80	3,91	4,03	3,01	3,08	3,15	3,21	3,28
140	4,15	4,27	4,39	4,51	4,64	3,35	3,42	3,51	3,61	3,71
150	4,76	4,89	5,02	5,15	5,28	3,81	3,91	4,02	4,12	4,23
160	5,42	5,55	5,69	5,83	5,97	4,33	4,44	4,55	4,67	4,78
170	6,12	6,26	6,44	6,56	6,74	4,93	5,01	5,13	5,24	5,36
180	6,86	7,01	7,16	7,32	7,48	5,49	5,61	5,73	5,86	5,98
190	7,64	7,80	7,96	8,13	8,30	6,11	6,24	6,37	6,50	6,64
200	8,47	8,64	8,81	8,98	9,16	6,77	6,91	7,05	7,18	7,32
210	9,33	9,51	9,69	9,87	10,06	7,47	7,61	7,75	7,90	8,05
220	10,24	10,43	10,62	10,81	11,00	8,19	8,34	8,49	8,65	8,80
230	11,19	11,39	11,59	11,79	11,99	8,96	9,11	9,27	9,43	9,59
240	12,19	12,39	12,60	12,81	13,02	9,75	9,91	10,08	10,24	10,41
250	13,23					10,58				

<sup>1)</sup> Für aus Blechen zusammengesetzte Querschnitte von DruckgliedernTabelle 12 b. Knickzahlen  $\omega$  für Rohre (ausgenommen Rohre im Gerüstbau)

Werkstoffe	AlZn4,5Mg1 F35, F34					AlMgSi1 F30, F31, F32				
	Basiswert für Streckgrenze in N/mm <sup>2</sup>	280					260			
Schlankheitsgrad $\lambda$										
0	2	4	6	8	0	2	4	6	8	
20	1	1	1	1,02	1	1	1	1	1	1,01
30	1,04	1,06	1,08	1,10	1,13	1,03	1,05	1,08	1,10	1,13
40	1,16	1,19	1,22	1,26	1,31	1,15	1,18	1,22	1,25	1,29
50	1,37	1,43	1,49	1,55	1,62	1,33	1,38	1,43	1,49	1,56
60	1,71	1,82	1,94	2,07	2,19	1,64	1,72	1,80	1,92	2,04
70	2,32	2,46	2,60	2,74	2,88	2,16	2,28	2,41	2,54	2,68
80	3,03	3,19	3,35	3,51	3,67	2,82	2,96	3,11	3,26	3,41
90	3,84	4,01	4,19	4,37	4,55	3,57	3,73	3,89	4,06	4,23
100	4,74	4,93	5,13	5,33	5,53	4,40	4,58	4,76	4,95	5,13
110	5,74	5,95	6,16	6,38	6,60	5,33	5,52	5,72	5,92	6,13
120	6,83	7,06	7,29	7,53	7,77	6,34	6,55	6,77	6,99	7,21
130	8,01	8,26	8,51	8,77	9,03	7,44	7,67	7,90	8,14	8,38
140	9,29	9,56	9,83	10,10	10,38	8,63	8,88	9,13	9,38	9,64
150	10,67	10,95	11,24	11,54	11,83	9,90	10,17	10,44	10,71	10,99
160	12,13	12,44	12,75	13,06	13,38	11,27	11,55	11,84	12,13	12,42
170	13,70	14,02	14,35	14,68	15,02	12,72	13,02	13,33	13,63	13,95
180	15,36	15,70	16,05	16,40	16,75	14,26	14,58	14,90	15,23	15,56
190	17,11	17,47	17,84	18,21	18,58	15,89	16,23	16,57	16,91	17,26
200	18,96	19,34	19,73	20,12	20,51	17,61	17,96	18,32	18,68	19,04
210	20,90	21,30	21,71	22,12	22,53	19,41	19,78	20,16	20,54	20,92
220	22,94	23,36	23,78	24,21	24,64	21,30	21,69	22,09	22,48	22,88
230	25,08	25,51	25,96	26,40	26,85	23,28	23,69	24,10	24,52	24,93
240	27,30	27,76	28,22	28,69	29,15	25,35	25,78	26,21	26,64	27,07
250	29,63					27,51				

Fortsetzung Tabelle 12 b.

Werkstoffe	AlMgSi1 F28					AlMg2Mn0,8 F25, AlMg3 F25, AlMgSi0,5 F22					
	Basiswert für Streckgrenze in N/mm <sup>2</sup>	200					160				
Schlankheitsgrad $\lambda$		0	2	4	6	8	0	2	4	6	8
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30	1,02	1,04	1,07	1,09	1,11	1,01	1,03	1,05	1,07	1,09	1,09
40	1,13	1,15	1,17	1,20	1,23	1,11	1,13	1,16	1,18	1,21	1,21
50	1,26	1,29	1,33	1,37	1,42	1,23	1,26	1,29	1,32	1,36	1,36
60	1,47	1,52	1,58	1,63	1,69	1,39	1,43	1,47	1,51	1,56	1,56
70	1,75	1,81	1,88	1,96	2,06	1,60	1,65	1,70	1,76	1,81	1,81
80	2,17	2,28	2,39	2,50	2,62	1,87	1,93	2,00	2,07	2,14	2,14
90	2,74	2,87	2,99	3,12	3,25	2,21	2,29	2,39	2,50	2,60	2,60
100	3,39	3,52	3,66	3,80	3,95	2,71	2,82	2,93	3,04	3,16	3,16
110	4,10	4,25	4,40	4,56	4,71	3,28	3,40	3,52	3,65	3,77	3,77
120	4,88	5,04	5,21	5,38	5,55	3,90	4,03	4,17	4,30	4,44	4,44
130	5,72	5,90	6,08	6,26	6,45	4,58	4,72	4,86	5,01	5,16	5,16
140	6,64	6,83	7,02	7,22	7,42	5,31	5,46	5,62	5,77	5,93	5,93
150	7,62	7,82	8,03	8,24	8,45	6,10	6,26	6,42	6,59	6,76	6,76
160	8,67	8,89	9,11	9,33	9,56	6,93	7,11	7,29	7,46	7,65	7,65
170	9,79	10,02	10,25	10,49	10,73	7,83	8,01	8,20	8,39	8,58	8,58
180	10,97	11,22	11,46	11,71	11,97	8,78	8,97	9,17	9,37	9,57	9,57
190	12,22	12,48	12,74	13,01	13,27	9,78	9,99	10,19	10,41	10,62	10,62
200	13,54	13,82	14,09	14,37	14,65	10,83	11,05	11,27	11,49	11,72	11,72
210	14,93	15,22	15,51	15,80	16,09	11,95	12,17	12,40	12,64	12,87	12,87
220	16,39	16,69	16,99	17,29	17,60	13,11	13,35	13,59	13,83	14,08	14,08
230	17,91	18,22	18,54	18,86	19,18	14,33	14,58	14,83	15,09	15,34	15,34
240	19,50	19,83	20,16	20,49	20,83	15,60	15,86	16,13	16,39	16,66	16,66
250	21,16					16,93					

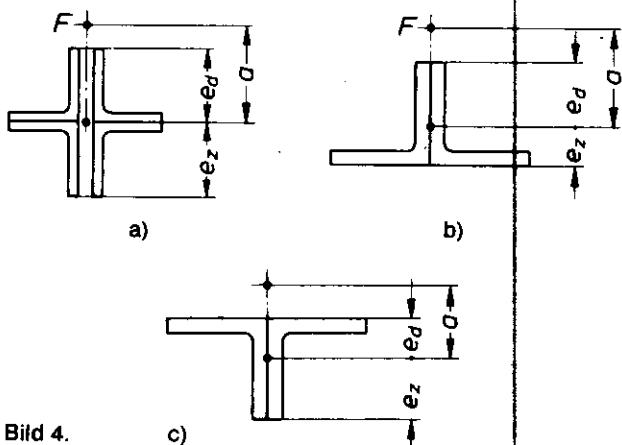
Fortsetzung Tabelle 12 b.

Werkstoffe	AlMg4,5Mn F27 (Rohre, stranggepreßt)					
	Basiswert für Streckgrenze in N/mm <sup>2</sup>	140				
Schlankheitsgrad $\lambda$		0	2	4	6	8
20	1	1	1	1	1	1
30	1,01	1,03	1,05	1,07	1,09	
40	1,11	1,13	1,15	1,17	1,20	
50	1,22	1,25	1,27	1,30	1,33	
60	1,36	1,39	1,42	1,46	1,50	
70	1,54	1,58	1,62	1,67	1,72	
80	1,77	1,82	1,87	1,93	1,99	
90	2,05	2,11	2,17	2,24	2,31	
100	2,39	2,47	2,56	2,66	2,76	
110	2,87	2,97	3,08	3,19	3,30	
120	3,41	3,53	3,64	3,76	3,88	
130	4,01	4,13	4,26	4,38	4,51	
140	4,65	4,78	4,92	5,05	5,19	
150	5,33	5,48	5,62	5,77	5,92	
160	6,07	6,22	6,38	6,53	6,69	
170	6,85	7,01	7,18	7,34	7,51	
180	7,68	7,85	8,02	8,20	8,38	
190	8,56	8,74	8,92	9,11	9,29	
200	9,48	9,67	9,86	10,06	10,25	
210	10,45	10,65	10,85	11,06	11,26	
220	11,47	11,68	11,89	12,11	12,32	
230	12,54	12,76	12,98	13,20	13,43	
240	13,65	13,88	14,11	14,34	14,58	
250	14,81					

Fortsetzung Tabelle 12 b.

Werkstoffe	AlMg2Mn0,8F20 (Rohre, stranggepreßt)					AlMg3W18, AlMg2Mn0,8W18				
Basiswert für Streckgrenze in N/mm <sup>2</sup>	100					80				
Schlankheitsgrad $\lambda$	0	2	4	6	8	0	2	4	6	8
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30	1	1,02	1,04	1,06	1,08	1	1,02	1,04	1,05	1,07
40	1,10	1,12	1,14	1,17	1,19	1,09	1,12	1,14	1,16	1,18
50	1,21	1,23	1,26	1,28	1,30	1,20	1,23	1,25	1,27	1,30
60	1,33	1,36	1,39	1,41	1,44	1,32	1,34	1,37	1,40	1,42
70	1,47	1,50	1,54	1,57	1,60	1,45	1,48	1,51	1,54	1,57
80	1,64	1,68	1,71	1,75	1,79	1,60	1,63	1,67	1,71	1,74
90	1,83	1,87	1,92	1,97	2,02	1,77	1,80	1,84	1,88	1,92
100	2,07	2,12	2,17	2,22	2,28	1,96	2,01	2,05	2,09	2,13
110	2,33	2,38	2,44	2,50	2,57	2,17	2,22	2,27	2,32	2,37
120	2,64	2,70	2,76	2,83	2,90	2,42	2,48	2,53	2,58	2,64
130	2,97	3,04	3,11	3,19	3,26	2,69	2,75	2,80	2,86	2,92
140	3,33	3,41	3,51	3,61	3,71	2,98	3,04	3,11	3,17	3,24
150	3,81	3,91	4,02	4,12	4,23	3,30	3,36	3,43	3,50	3,56
160	4,33	4,44	4,55	4,67	4,78	3,63	3,70	3,76	3,83	3,90
170	4,89	5,01	5,13	5,24	5,36	3,97	4,04	4,12	4,20	4,29
180	5,49	5,61	5,73	5,86	5,98	4,39	4,49	4,59	4,69	4,79
190	6,11	6,24	6,37	6,50	6,64	4,89	4,99	5,10	5,20	5,31
200	6,77	6,91	7,05	7,18	7,32	5,42	5,53	5,64	5,75	5,86
210	7,47	7,61	7,75	7,90	8,05	5,97	6,09	6,20	6,32	6,44
220	8,19	8,34	8,49	8,65	8,80	6,56	6,68	6,80	6,92	7,04
230	8,96	9,11	9,27	9,43	9,59	7,16	7,29	7,42	7,54	7,67
240	9,75	9,91	10,08	10,24	10,41	7,80	7,93	8,06	8,20	8,33
250	10,58					8,47				

**8.3.1.2 Planmäßig außermittige Beanspruchung**  
Wenn außer der Druckkraft ein planmäßiges, von  $N$  abhängiges oder unabhängiges Biegemoment  $M$  wirkt, so ist die Untersuchung für die Knickung in der (als Hauptebene vorausgesetzten) Momentebene wie folgt durchzuführen:



Liegt der Kraftangriffspunkt auf einer der beiden Querschnittshauptachsen, ist also  $M$  auf eine Querschnittshauptachse bezogen, so muß bei Stabquerschnitten, deren Schwerpunkt vom Biegezug- und Biegedruckrand den gleichen Abstand hat ( $e_z = e_d$ , Bild 4 a) oder deren Schwerpunkt dem Biegezugrand näher liegt ( $e_z < e_d$ , Bild 4 b), der folgende Nachweis erbracht werden:

$$\omega \cdot \frac{N}{A} + 0,9 \frac{M}{W_d} \leq \text{zul } \sigma \quad (2)$$

Bei Stabquerschnitten, deren Schwerpunkt dem Biegedruckrand näher als dem Biegezugrand liegt ( $e_z > e_d$ , Bild 4 c), müssen die beiden Bedingungen

$$\omega \cdot \frac{N}{A} + 0,9 \frac{M}{W_d} \leq \text{zul } \sigma \quad (3)$$

$$\omega \cdot \frac{N}{A} + \frac{300 + 2\lambda}{1000} \frac{M}{W_z} \leq \text{zul } \sigma \quad (4)$$

erfüllt sein.

Die Näherungsformeln (2) bis (4), in denen die Absolutbeträge gedachter Spannungen summiert werden, führen bei Druckstäben mit großem Schlankheitsgrad  $\lambda$  und kleinem Angriffshebel  $a$  zu größeren Querschnittsabmessungen als der gewöhnliche Spannungsnachweis und sind dann für die Bemessung maßgebend.

Es bedeuten

$N, M$  Absolutwerte der Druckkraft bzw. des Biegemomentes

$W_d, W_z$  auf den Biegedruck- bzw. Biegezugrand bezogenes Widerstandsmoment des unverschwächten Stabquerschnittes.

$A$   
 $\omega$   
 $\text{zul } \sigma$   
 $\lambda$  wie in Abschnitt 8.3.1.1

Es ist das Biegeknicken sowohl um die  $x$ -Achse als auch um die  $y$ -Achse des Querschnitts getrennt nachzuweisen. Bei zweiachsiger Außermittigkeit ist nach DIN 4114 Teil 1, Ausgabe Juli 1952xx, Abschnitt 10.06, zu verfahren.

Für weitere Fälle der Momentverteilung und des Lastangriffes gilt DIN 4114 Teil 1, Ausgabe Juli 1952xx, Abschnitte 10.04 bis 10.10, mit den Knickzahlen  $\omega$  von Tabelle 12a oder 12b der vorliegenden Vorschrift.

## 8.3.2 Biegedorillknicken

8.3.2.1 Biegedorillknickung planmäßig mittig gedrückter Stäbe mit mindestens einfach-symmetrischen Querschnitten. Solche Stäbe dürfen nach Abschnitt 8.3.1.1 bemessen werden, wenn ihnen ein ideeller Schlankheitsgrad  $\lambda_{Vi}$  zugeordnet wird. Dieser ideelle Schlankheitsgrad kann für einfach-symmetrische Querschnitte, bei denen die y-Achse Symmetriearchse ist, berechnet werden, nach der Formel

$$\lambda_{Vi} = \frac{\beta \cdot s}{i_y} \sqrt{\frac{c^2 + i_M^2}{2c^2} \left\{ 1 \pm \sqrt{1 - \frac{4c^2 [i_p^2 + 0,093 (\beta^2/\beta_0^2 - 1) y_M^2]}{(c^2 + i_M^2)^2}} \right\}} \quad (5)$$

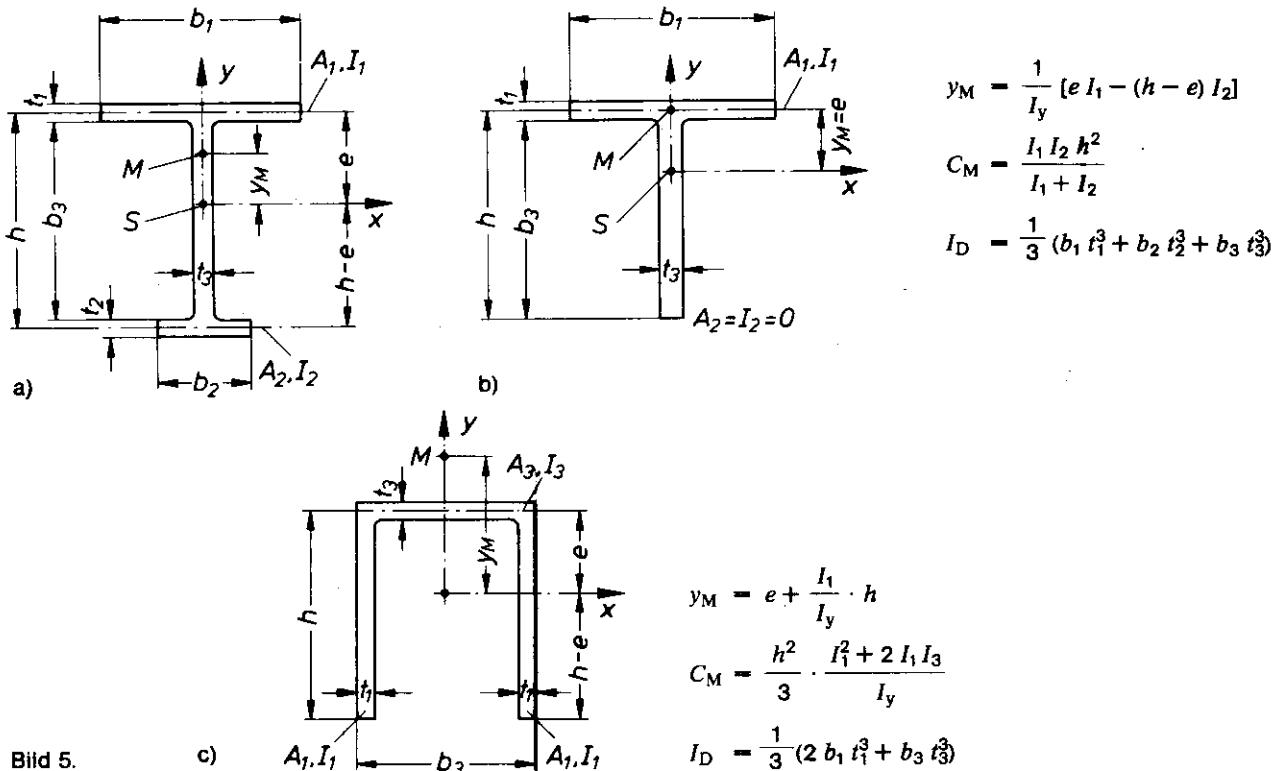


Bild 5.

Hierin bedeuten:

 $i_p = \sqrt{i_x^2 + i_y^2}$  den auf den Schwerpunkt bezogenen polaren Trägheitsradius in cm $i_M = \sqrt{i_p^2 + y_M^2}$  den auf den Schubmittelpunkt bezogenen polaren Trägheitsradius in cm $y_M$  die auf den Schwerpunkt bezogene Ordinate des Schubmittelpunktes in cm, dabei ist das Querschnitts-koordinatensystem so festzulegen, daß  $y_M \geq 0$  ist (vgl. Bilder 5 a bis 5 c). $c = \sqrt{\frac{C_M (\beta s)^2 / (\beta_0 s_0)^2 + 0,039 (\beta s)^2 I_D}{I_y}}$  den Drehradius des Querschnittes in cm $I_D$  den Drillwiderstand in cm<sup>4</sup> $C_M$  den auf den Schubmittelpunkt bezogenen Wölbwiderstand in cm<sup>6</sup> $s$  die Netzlänge des Stabes in cm $s_0$  den für die Verdrehung maßgebenden und nach der Zeichnung geschätzten Abstand der Anschlußnietgruppen oder Schweißanschlüsse an beiden Stabenden in cm $\beta$  den Einspannungswert für Biegung (siehe DIN 4114 Teil 2, Ausgabe Februar 1953x, Ri 7.522) $\beta_0$  den Kennwert für Verwölbung (siehe DIN 4114 Teil 2, Ausgabe Februar 1953x, Ri 7.522)

8.3.2.2 Biegedorillknickung planmäßig außermittig gedrückter Stäbe mit mindestens einfach-symmetrischen Querschnitten. Liegt der Kraftangriff auf der Symmetriearchse in der Entfernung  $a$  vom Schwerpunkt, so kann die Bemessung von Stäben mit einfach-, punkt- und doppel-symmetrischen Querschnitten nach Abschnitt 8.3.1.1 dieser Norm durchgeführt werden, wenn ihnen ein ideeller Schlankheitsgrad  $\lambda_{Vi}$  zugeordnet wird.

Dieser ideelle Schlankheitsgrad ist zu berechnen nach der Formel

$$\lambda_{Vi} = \frac{\beta s}{i_y} \sqrt{\frac{c^2 + i_M^2 + a (r_x - 2 y_M)}{2c^2} \left\{ 1 \pm \sqrt{1 - \frac{4c^2 [i_p^2 + a (r_x - a) + 0,093 (\beta^2/\beta_0^2 - 1) (a - y_M)^2]}{[c^2 + i_M^2 + a (r_x - 2 y_M)]^2}} \right\}} \quad (6)$$

Es ist stets dasjenige Vorzeichen der zweiten Wurzel zu wählen, das den größeren reellen Wert für  $\lambda_{Vi}$  liefert. Die Werte  $i_M$ ,  $i_p$ ,  $y_M$ ,  $c$ ,  $s$ ,  $s_0$ ,  $\beta$  und  $\beta_0$  sind dem Abschnitt 8.3.2.1 zu entnehmen.

Der Querschnittswert  $r_x$  hat die Größe

$$r_x = \int \frac{y(x^2 + y^2) dA}{I_x}$$

und wird bei punkt- und doppel-symmetrischen Profilen Null. Für Querschnitte nach Bild 5 a und 5 b wird

$$r_x = \frac{1}{I_x} \left\{ y_M I_y + A_1 e^3 - A_2 (h - e)^3 + \frac{t_3}{4} [e^4 - (h - e)^4] \right\}$$

Für Querschnitte nach Bild 5 c wird

$$r_x = \frac{1}{I_x} \left\{ e (A_3 e^2 + I_3) + (2e - h) I_1 + \frac{t_1}{2} [e^4 - (h - e)^4] \right\}$$

Für  $a = y_M$ , d. h. für Kraftangriff im Schubmittelpunkt wird der ideelle Schlankheitsgrad

$$\lambda_{Vi} = \frac{\beta s}{i_y} \sqrt{\frac{i_M^2 + y_M (r_x - 2y_M)}{c^2}} \quad (7)$$

$$\text{oder } \lambda_{Vi} = \frac{\beta s}{i_y}.$$

Der größere Wert ist maßgebend.

Wird ein planmäßig außermittig gedrückter Stab durch eine erzwungene Drehachse, die in der  $y$ -Richtung den Abstand  $f$  von der Stabachse hat, gehalten, so gilt für diesen Fall der ideelle Schlankheitsgrad

$$\lambda_{Vi} = \frac{\beta s}{i_y} \sqrt{\frac{i_p^2 + f^2 + a(r_x - 2f)}{c^2 + (f - y_M)^2}} \quad (8)$$

Ist im besonderen  $a = \frac{i_p^2 + f^2}{2f - r_x}$ , dann wird wegen  $\lambda_{Vi} = 0$  das Biegendrillknicken unmöglich.

### 8.3.3 Kippen von Trägern mit I-Querschnitt

Es gilt entsprechend DIN 4114 Teil 1, Ausgabe Juli 1952xx, Abschnitt 15, und DIN 4114 Teil 2, Ausgabe Februar 1953x, Ri 15, mit den zulässigen Spannungen nach Tabelle 4 dieser Norm und folgender Änderung:

Der Nachweis der Kippsicherheit darf entfallen, wenn  $i_y G_{urt} \geq c/35$  ist.

Es ist die ideale Kippspannung  $\sigma_{Ki}$  (das ist die unter der idealen Kipplast auftretende Spannung im Schwerpunkt des Druckflansches) unter Benutzung der in DIN 4114 Teil 2, Ausgabe Februar 1953x, Ri 15.13 bis Ri 15.15, angegebenen Formeln zu berechnen, sofern nicht ein genauerer Nachweis zur Bestimmung von  $\sigma_{Ki}$  durchgeführt wird. Über die reale Kippspannung  $\sigma_{Kr}$  ist dann aus der Gleichung

$$\sigma_{Kr} = \sigma_{0,2} \sqrt{\frac{\alpha}{1 + \left( \frac{\alpha \cdot \sigma_{0,2}}{\sigma_{Ki}} \right)^2}} \quad (9)$$

die Kippsicherheitszahl

$$v_{Kr} = \frac{\sigma_{Kr}}{\max \sigma}$$

zu ermitteln.

Hierin bedeuten:

$$\alpha = \frac{W_{pl}}{W} \quad \text{plastischer Formbeiwert}$$

$W_{pl}$  plastisches Widerstandsmoment (vgl. z. B. DAST-Ri 008)

$\max \sigma = \frac{\max M}{W}$  größte Druckrandspannung in der Randfaser des Trägers unter äußerer Belastung

$$\left. \begin{array}{l} v_{KrH} = 1,7 \\ v_{KrHZ} = 1,5 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Kippsicherheitszahl im} \\ \text{Lastfall H} \\ \text{Lastfall HZ} \end{array}$$

Die Kippsicherheit braucht in der Regel nur für einen der beiden Lastfälle nachgewiesen zu werden.

Aus der Definition der idealen Kippspannung  $\sigma_{Ki}$  als größte Druckspannung in der Randfaser des Trägers ergeben sich gegenüber DIN 4114 Teil 2, Ausgabe Februar 1953x, Ri 15.13 und Ri 15.15, folgende Änderungen:

$$\sigma_{Ki} = \frac{k \cdot e}{I_x \cdot l} \sqrt{E I_y \cdot G I_D}$$

$$\sigma_{Ki} \approx \frac{\xi \cdot S_{Ki} \cdot e}{I_x} \cdot \left[ \pm \sqrt{\left( \frac{5v}{x} + \frac{r_x}{3} - y_M \right)^2 + c^2} - \left( \frac{5v}{x} + \frac{r_x}{3} - y_M \right) \right]$$

Es ist jeweils  $e$  durch  $(e + t_1/2)$  zu ersetzen sowie in

$$\sigma_{Ki} \approx \frac{\xi \cdot S_{Ki} \cdot h}{2 I_x} \left[ \pm \sqrt{\left( \frac{5v}{x} \right)^2 + c^2} - \frac{5v}{x} \right]$$

$h$  durch  $(h + t_1/2)$ .

Für das Vorzeichen der Wurzel gelten die Ausführungen des Abschnittes 8.2.2. Aus DIN 4114 Teil 2, Ausgabe Februar 1953x, Bild 24, ist  $t_1$  zu entnehmen.

### 8.3.4 Bogen- und Rahmenknicken

Es gelten sinngemäß DIN 4114 Teil 1, Ausgabe Juli 1952xx, Abschnitte 13 und 14, sowie DIN 4114 Teil 2, Ausgabe Februar 1953x, Ri 13 und Ri 14; dabei werden die Knickzahlen  $\omega$  von Tabelle 12 auf die Knicklänge  $s_k = \beta \cdot h$  bezogen. Bei durch Druck und Biegung beanspruchten Rahmen ist der Nachweis der Stabilität nach den Abschnitten 8.3.1.2 und 8.3.2 zu führen, hierbei ist der Schlankheitsgrad  $\lambda$  unter Verwendung der gemäß DIN 4114 Teil 1, Ausgabe Juli 1952xx, Abschnitte 14.3 und 14.4, berechneten Knicklängen  $s_k$  zu ermitteln.

## 9 Bauliche Durchbildung

### 9.1 Allgemeines

Die Bauteile sollen mit Rücksicht auf Überwachung und Korrosionsschutz an allen Stellen leicht zugänglich und einfach zu unterhalten sein. Bei Dachbindern in Räumen, in denen erhöhte Korrosionsgefahr besteht, sind Fachwerkstäbe aus 2 Winkelprofilen und parallelen, nur um Knotenblechdicke voneinander entfernten Schenkeln, zu vermeiden. Ist der Abstand solcher benachbarter Flächen geringer als  $\frac{h}{6}$  oder als 10 mm, so ist der Zwischenraum auszufuttern.

### 9.2 Mindestabmessungen

Bleche und Rohrwandungen  $t_{min} = 2$  mm (vgl. jedoch auch Abschnitt 7.4)

Stabprofile, Dicke für tragende Querschnitte  $t_{min} = 2$  mm

Anschlußschenkelbreite  $25$  mm

Niete und Schließringbolzen Durchmesser  $d = 6$  mm

Stahlschrauben Durchmesser  $d = 8$  mm

Aluminiumschrauben Durchmesser  $d = 10$  mm.

### 9.3 Anschlüsse und Stöße

Die Anschluß- und Stoßteile und ihre Verbindungsmitte sind nach der anteiligen Kraft zu bemessen.

Die Schwerachsen der Nietgruppen (oder Schweißnähte, siehe DIN 4113 Teil 2 (z. Z. noch Entwurf)) sollen sich soweit

wie möglich mit den Schwerachsen der zu verbindenden Teile decken. In zusammengesetzten Querschnitten gilt das auch für die einzelnen Querschnittsteile. Alle Stöße und Anschlüsse sind getrennt und bei genieteter oder geschraubter Ausführung möglichst zweischnittig auszubilden. Verlaschungen sollen symmetrisch angeordnet werden.

Stöße von Bauteilen, für die der Stabilitätsnachweis maßgebend ist, sind so auszubilden, daß auch im Stoßquerschnitt die volle Querschnittsfläche und das volle Trägheitsmoment vorhanden und angeschlossen sind.

Anschlüsse von Druckstäben und Stöße unmittelbar an Knoten sind nach den Druckkräften ohne Knickbeiwert zu bemessen.

Wenn die Stäbe zu beiden Seiten eines Knotenpunktes verschiedene Querschnitte haben, so muß der größere Querschnitt im theoretischen Knotenpunkt voll wirksam sein.

Jeder Querschnitt ist in der Kraftrichtung mit mindestens 2 und höchstens 5 Kraftnieten oder -schrauben hintereinander in jeder Reihe anzuschließen. Ausnahmen sind nur bei Vergitterungen, Geländern und bei gering beanspruchten Bauteilen zulässig.

#### 9.4 Anordnung der Verbindungsmitte

Die zulässigen Niet- und Schraubenabstände sind der Tabelle 13 zu entnehmen. Bei den von dem Durchmesser  $d$  oder der kleinsten Blechdicke  $t$  abhängigen Werten ist der kleinere Wert maßgebend.

Sind bei breiten Stäben mit mehr als 2 Lochreihen die äußeren Reihen nach Tabelle 13 angeordnet, so ist für die inneren Reihen der doppelte Lochabstand zulässig.

Nietabstände für Hals- und Kopfniete in Blechträgern außerhalb der Stoßteile dürfen wie bei Heftnieten gewählt werden.

#### 9.5 Klemmlängen von Nieten

Die Klemmlängen dürfen  $5 d$  nicht überschreiten.

Größere Rand- und Lochabstände sind zulässig, wenn durch geeignete Maßnahmen oder konstruktive Gestaltung die Möglichkeit von Spaltkorrosion ausgeschlossen wird sowie die Gefahr lokalen Beulens nicht besteht (z. B. Aussteifung durch Rippen).

### 10 Korrosionsschutz

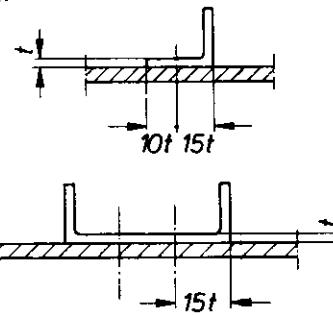
#### 10.1 Allgemeines

Aluminiumkonstruktionen können bei normaler Atmosphäre im allgemeinen ohne Korrosionsschutz bleiben, wenn sie baulich so durchgebildet sind, daß sie keine Stellen aufweisen, die schlecht belüftet und gleichzeitig schwer zugänglich sind oder an denen Kontaktkorrosion auftreten kann. Wassersäcke sind zu vermeiden.

Die Innenflächen geschlossener Hohiprofile benötigen keinen Korrosionsschutz, wenn konstruktiv dafür gesorgt ist, daß im Innern keine Wasseransammlungen auftreten können.

Soweit sich diese Forderungen nicht einhalten lassen und örtlich erhöhte korrosive Einwirkungen auftreten können (z. B. langzeitige Feuchtigkeit, häufige Kondenswasserbildung, Kontaktkorrosion), ist an diesen Stellen ein Korrosionsschutz nach den Abschnitten 10.2 oder 10.3 erforderlich. In leichteren Fällen genügt auch eine Passivierung dieser Stellen nach Abschnitt 10.4 vor dem Zusammenbau. Bei stärkerer Aggressivität der Atmosphäre, bei spezieller chemischer oder mechanischer Beanspruchung (z. B. aggressive Gewässer, Tausalz, Streusand) oder bei besonderen Anforderungen an ein dekoratives Aussehen ist die Notwendigkeit einer Oberflächenbehandlung nach den Abschnitten 10.2 oder 10.3 in Abhängigkeit der verwende-

Tabelle 13. Rand- und Lochabstände von Nieten, Schrauben und Bolzen

Randabstände			
Kleinster Randabstand	1	in Kraftrichtung	2 $d$
	2	rechtwinklig zur Kraftrichtung	1,5 $d$
Größter Randabstand	3	in beiden Richtungen	10 $t$
Zu 3: Bei Stab- und Formstäben darf am ausreichend versteiften Rand der Abstand 15 $t$ statt 10 $t$ betragen (siehe Bild).			
			
Lochabstände			
Kleinste Lochabstände	1	allgemein	3 $d$
Größte Lochabstände	2	Kraftniete und -schrauben Heftniete und -schrauben im a) Druckbereich b) in Stegaussteifungen und langen Anschlüssen mit Querkraft	15 $t$
	3	Heftniete und -schrauben in Zugstäben	40 $t$
Zu 3: Diese Lochabstände sind auch bei Hals- und Kopfnieten und -schrauben in den Gurten von Blechträgern außerhalb der Stoßteile und bei gering beanspruchten Kraftnieten und -schrauben maßgebend.			

ten Werkstoffe gründlich zu prüfen. Die Auswahl der geeigneten Oberflächenbehandlung – insbesondere auch des Beschichtungsstoffs – richtet sich nach der zu erwartenden Beanspruchung.

#### 10.2 Beschichtungen<sup>4)</sup>

Beschichtungen der Gesamtkonstruktion sind vor oder möglichst unmittelbar nach dem Zusammenbau aufzubringen. Hierfür gilt im allgemeinen die Regelausführung nach Abschnitt 10.2.1.

##### 10.2.1 Regelausführung

###### 10.2.1.1 Reinigen und Entfetten

Die zu schützenden Oberflächen sind zu reinigen (Fiberrüsten, Putzwolle, vorsichtiges Strahlen mit geeigneten

<sup>4)</sup> Siehe auch ALZ-Merkblatt 03 „Anstrich von Aluminium“ (Aluminium-Zentrale e. V., Düsseldorf 10) oder Merkblatt Nr 6 des Bundesausschusses Farbe und Sachwertschutz, 6000 Frankfurt/Main.

Mitteln<sup>5)</sup> und gründlich zu entfetten (z. B. mit organischen Fettlösungsmitteln, gegebenenfalls mit wäßrigen Reinigungsmitteln unter besonderer Beachtung der Rückstandsfreiheit; erforderlichenfalls Reinigung mit Alkohol). Korrosionsstellen sind metallblank zu reinigen (siehe auch Abschnitt 10.2.3). Wenn Bleche, Profile oder fertige Konstruktionsteile schon vor dem Zusammenbau vorbehandelt oder grundiert waren, sind alle Stellen, an die fetthaltige Stoffe gelangt sind, vor Auftragen der Deckbeschichtung nochmals mit geeigneten Mitteln zu entfetten. Flußmittelreste sind zu entfernen, Schweißstellen metallblank zu bürsten.

#### 10.2.1.2 Vorbehandlung mit Haftgrundmitteln

Auf die gereinigten und entfetteten Flächen ist – soweit diese nicht schon vorbehandelt sind – unmittelbar nach dem Trocknen ein geeignetes Haftgrundmittel (z. B. metallreaktive Wash Primer) aufzutragen.

#### 10.2.1.3 Grundbeschichtung

Die vorbehandelten Flächen sind mit einer Grundbeschichtung (z. B. mit Zinkchromat) zu versehen. Scharfe Kanten erhalten eine zweite Grundbeschichtung. Blei oder Kupfer als Metallpigment sind in Grundbeschichtungsstoffen nicht zulässig.

#### 10.2.1.4 Deckbeschichtung

Nach ausreichendem Trocknen der Grundbeschichtung sind je nach Beanspruchung ein oder mehrere auf die Grundbeschichtung und die zu erwartende Beanspruchung abgestimmte Deckbeschichtungen aufzubringen, welche ebenfalls kein Blei oder Kupfer als Metallpigment enthalten dürfen (Beschichtung der Kontaktflächen von Einzelteilen siehe Abschnitt 10.5).

#### 10.2.2 Beschichtungen aus Bitumen und bituminösen Kombinationen

Die Stoffe für Bitumenbeschichtungen müssen neutral sein (z. B. Bitumen sowie fettpech- und phenolfreie Teerprodukte mit oder ohne Beimengungen von Aluminiumpulver). Die zu beschichtenden Flächen müssen blank sein. Sie sind nötigenfalls zu reinigen und stets sorgfältig zu entfetten, brauchen aber nicht mit einem Haftgrundmittel vorbehandelt zu werden.

#### 10.2.3 Instandsetzungsbeschichtungen

Vor Instandsetzungsbeschichtungen ist die Oberfläche von Verschmutzungen zu reinigen. Schadhafte Teile der vorhandenen Beschichtung sind zu entfernen; fest haftende Beschichtung kann belassen werden. Anschließend ist mit Fiberbürsten nachzubürsten. Zwischen der alten Beschichtung und den metallblanken Stellen ist ein glatter Übergang herzustellen, Korrosionsstellen sind metallblank zu reinigen, wobei Ablaugen mit metallangreifenden Mitteln, Abbrennen oder mechanisches Entfernen mit Schlagwerkzeugen unzulässig ist. Metallblaue Stellen sind mit einem Haftgrundmittel vorzubehandeln, danach sind Grundbeschichtung und Deckbeschichtung nach Abschnitt 10.2.1 aufzubringen.

#### 10.3 Anodische Oxidation

Bei der Anwendung von anodisch erzeugten Oxidschichten als Korrosionsschutz sind analog DIN 17 611 und DIN 17 612 Mindestschichtdicken von 20 µm einzuhalten. Die Güte der Verdichtung ist an Stichproben nachzuweisen. Besondere Anforderungen an das Aussehen sind gegebenenfalls zu vereinbaren.

#### 10.4 Passivierung

Durch Oberflächenbehandlung von Aluminiumteilen, z. B. mit chromsäurehaltigen Lösungen (Chromatisieren)<sup>6)</sup> oder phosphorsäurehaltigen Lösungen (Phosphatisieren), wird infolge Bildung einer passivierenden Schutzschicht die Korrosionsbeständigkeit im Vergleich zu ungeschütztem Alu-

minium im allgemeinen erhöht. Der Anwender hat sich von der Eignung des benutzten Mittels und der Bewährung des Verfahrens zu versichern. Die Anwendungsrichtlinien des jeweiligen Herstellers sind genau zu beachten.

#### 10.5 Berührungsflächen und Verbindungsmitte

##### 10.5.1 Berührungsflächen von Aluminiumteilen

Bei der Montage von Konstruktionsteilen sind folgende Maßnahmen zu beachten:

Werden Berührungsflächen zwischen Einzelteilen aus Aluminium für Tragwerke im Freien nicht ohnehin vor dem Zusammenbau mit einer Beschichtung nach Abschnitt 10.2 versehen, so ist in aggressiver Atmosphäre zur Vermeidung von Spaltkorrosion ein vereinfachter Korrosionsschutz (z. B. Zinkchromatgrundbeschichtung auf Zweikomponentenbasis nach vorheriger Reinigung und Entfettung der Berührungsflächen) vorzusehen. Die Teile sollen dann in noch nicht getrocknetem Zustand aneinandergefügt werden. Eine dauerhafte Abdichtung der Spalte erfüllt den gleichen Zweck.

##### 10.5.2 Berührungsflächen von Aluminium mit Stahl und Holz

Berührungsflächen von Bauteilen aus Aluminium mit Bauteilen aus Stahl oder Holz sind nach Abschnitt 10.2 zu behandeln. Bei Berührung mit Holz kann die Deckbeschichtung entfallen. Die Berührungsflächen der Bauteile aus Holz bzw. Stahl sind mit einer Beschichtung zu versehen, die keine aluminiumangreifenden Bestandteile enthält.

Besondere Vorsicht ist geboten bei Holz, das mit aluminiumschädlichen Stoffen (z. B. Kupfersalze) behandelt wurde.

##### 10.5.3 Berührungsflächen von Aluminium mit Beton, Mauerwerk, Putz usw.

Berührungsflächen von Bauteilen aus Aluminium mit Beton, Mauerwerk oder Putz sind vor dem Einbau mit einer Bitumenbeschichtung oder einer sonstigen geeigneten Beschichtung von mindestens 100 µm Schichtdicke zu versehen. Bei Verwendung von Schnellbindern oder Betonzusatzstoffen ist die Verträglichkeit mit Aluminium zu überprüfen, andernfalls ist die Undurchdringlichkeit der Beschichtung nachzuweisen.

##### 10.5.4 Verbindungsmitte

Auch bei Verbindungsmitte (wie Niete oder Schrauben) von Aluminiumbauteilen ist eine möglichen Kontaktkorrosion in feuchter Atmosphäre vorzubeugen. Art und Umfang dieser Maßnahmen hängen ab vom Werkstoff der Verbindungsmitte und deren Überzug, der Legierung der zusammenzufügenden Teile und vom Grad der Aggressivität der Umgebung.

Stahlschrauben sollten aus nichtrostendem Stahl bestehen oder korrosionsschützt sein, wobei auf eine ausreichende Schichtdicke des Metallüberzuges ohne Beeinträchtigung der Gewindegängigkeit zu achten ist. Andernfalls müßten – selbst unter normalen atmosphärischen Bedingungen – sorgfältige Beschichtungen nach Abschnitt 10.2 der Berührungsflächen und der Oberflächen der Verbindungsmitte vorgesehen werden.

<sup>5)</sup> Strahlen nur bei Dicken > 3 mm. Geeignet sind Strahlmittel aus Aluminium, Korund (kein Regenerat), nicht geeignet sind Strahlmittel aus Metallen wie Stahl, Eisen, Kupfer oder Messing. Bei anderen Strahlmitteln ist deren Eignung speziell für Aluminium und dessen jeweiligen Einsatzzweck im Versuch nachzuweisen.

<sup>6)</sup> Siehe DIN 50 939 „Chromatisieren von Aluminium“

**Weitere Normen und Unterlagen**

- DIN 1055 Teil 3 Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten
- DIN 1301 Teil 1 Einheiten; Einheitennamen, Einheitenzeichen
- DIN 1725 Teil 1 Aluminiumlegierungen; Knetlegierungen
- Beiblatt 1 zu
- DIN 1725 Teil 1 Aluminiumlegierungen; Knetlegierungen, Beispiele für die Anwendung
- DIN 1725 Teil 2 Aluminiumlegierungen; Gußlegierungen, Sandguß, Kokillenguß, Druckguß
- DIN 1745 Teil 1 Bleche und Bänder aus Aluminium und Aluminium-Knetlegierungen mit Dicken über 0,35 mm; Festigkeits-eigenschaften
- DIN 1746 Teil 1 Rohre aus Aluminium und Aluminium-Knetlegierungen; Festigkeitseigenschaften
- DIN 1747 Teil 1 Stangen aus Aluminium und Aluminium-Knetlegierungen; Festigkeitseigenschaften
- DIN 1748 Teil 1 Strangpreßprofile aus Aluminium und Aluminium-Knetlegierungen; Festigkeitseigenschaften
- DIN 1790 Teil 1 Drähte aus Aluminium und Aluminium-Knetlegierungen; Festigkeitseigenschaften
- DIN 4113 Teil 2 (z.Z. noch Entwurf) Aluminiumkonstruktionen unter vorwiegend ruhender Belastung; geschweißte Konstruktionen; Berechnung und bauliche Durchbildung
- DIN 17 611 Anodisch oxydierte Strangpreßerzeugnisse aus Aluminium für das Bauwesen; Technische Lieferbedingungen
- DIN 17 612 Anodisch oxydierte Teile aus Blechen und Bändern aus Aluminium für das Bauwesen; Technische Lieferbedingungen
- DIN 50 049 Bescheinigungen über Werkstoffprüfungen
- DIN 50 939 Korrosionsschutz; Chromatieren von Aluminium, Richtlinien, Kurzzeichen und Prüfverfahren
- DIN 59 675 Drähte und Stangen für Niete aus Reinaluminium und Aluminium-Knetlegierungen, gezogen
- DASr-Ri 008 Richtlinien zur Anwendung des Traglastverfahrens im Stahlbau (Ausgabe März 1973) !

<sup>1)</sup> Siehe Fußnote erste Seite

232343

**Richtlinie zum Schweißen von tragenden Bauteilen aus Aluminium – Fassung Oktober 1986**

RdErl. d. Ministers für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr v. 24. 3. 1988 – V B 4 – 480.110

## 1 Die

**Richtlinie zum Schweißen von tragenden Bauteilen aus Aluminium – Fassung Oktober 1986 –**

wird hiermit nach § 3 Abs. 3 der Landesbauordnung (BauO NW) als technische Baubestimmung bauaufsichtlich eingeführt.

Die vorliegende Richtlinie ersetzt die „Richtlinie für den Nachweis der Befähigung zum Schweißen von tragenden Aluminiumbauteilen und die Ausstellung des Befähigungsnachweises“, abgedruckt in den „Mitteilungen“ des Instituts für Bautechnik, Heft 5/1972.

**Anlage**

Die Richtlinie ist als Anlage abgedruckt.

## 2 Das Verzeichnis der nach § 3 Abs. 3 BauO NW eingeführten technischen Baubestimmungen – Anlage zum RdErl. v. 22. 3. 1985 (SMBI. NW. 2323) – erhält folgende Ergänzungen:

## 2.1 im Verzeichnis der Baubestimmungen unter Sonstige Bestimmungen

Richtlinie zum Schweißen von tragenden Bauteilen aus Aluminium Abschnitt: 5.4

## 2.2 im Abschnitt 5.4

Spalte 1: –

Spalte 2: Oktober 1986

Spalte 3: Richtlinie zum Schweißen von tragenden Bauteilen aus Aluminium

Spalte 4: 24. 3. 1988

Spalte 5: MBl. NW. S. 678/  
SMBI. NW. 232343

Spalte 6: \*

Anlage	
<b>Richtlinie zum Schweißen von tragenden Bauteilen aus Aluminium – Fassung Oktober 1986 –</b>	Beurteilungsgrundlage dienen diese Richtlinie und die Bestimmungen in DIN 8563 Teil 1 und 2.
<b>1 Geltungsbereich</b>	<b>2.1.3</b> Für die Bescheinigung des Eignungsnachweises ist ein einheitliches Muster zu verwenden.
1.1 Die Richtlinie gilt für die Durchführung von Eignungsnachweisen und für die Herstellung geschweißter Bauteile und Konstruktionen aus Aluminium nach DIN 4113.	<b>2.1.4</b> Die Bescheinigung kann für eine Geltungsdauer bis höchstens drei Jahre ausgestellt und nach erneuter Prüfung jeweils um höchstens drei Jahre verlängert werden.
1.2 Als Werkstoffe dürfen die in Tabelle 2 genannten Aluminiumwerkstoffe und Schweißzusatzwerkstoffe <sup>1)</sup> verwendet werden.	<b>2.2 Anforderungen an die Betriebe</b>
1.3 Die mechanischen Eigenschaften und zulässigen Spannungen für die Schweißnähte sind in Tabelle 2 angegeben.	<b>2.2.1 Betriebliche Einrichtungen</b> Die Betriebe müssen über geeignete Fertigungs- und Prüfeinrichtungen verfügen, um Schweißarbeiten einwandfrei ausführen zu können (siehe auch DIN 8563 Teil 2).
1.4 Die Schweißnahtformen und die jeweils rechnerischen Schweißnahtdicken sind in Tabelle 3 zusammengestellt.	<b>2.2.2 Schweißaufsicht</b> Die Betriebe müssen über mind. einen Schweißfachingenieur als verantwortliche Schweißaufsichtsperson verfügen. Diese Schweißaufsichtsperson hat im Rahmen der Betriebsprüfung der anerkannten Stelle nachzuweisen, daß sie gründliche Kenntnisse über die beim Schweißen von Aluminiumwerkstoffen auftretenden Probleme der Werkstoffe, die Werkstoffbeeinflussung durch das Schweißen, die im Betrieb eingesetzten Schweißverfahren und -Zusatzwerkstoffe, die schweißgerechte Konstruktion besitzt und in der Lage ist, die Prüfung und Bewertung von Schweißproben vorzunehmen.
1.5 Es dürfen die Schweißverfahren MIG, WIG und das Bolzenschweißen mit Spitzenzündung angewendet werden.	<b>2.2.3 Schweißer</b> Die Betriebe müssen über geprüfte Schweißer verfügen.
<b>2 Eignungsnachweis zum Schweißen</b>	<b>2.3 Schweißproben</b> Bei der Betriebsprüfung sind von Schweißern, die von der anerkannten Stelle ausgewählt werden, die folgenden Schweißproben unter Aufsicht herzustellen: Je eine Schweißprobe nach Bild 1 mit den im Betrieb vorwiegend angewendeten Blechdicken und Positionen.
<b>2.1 Allgemeines</b>	
2.1.1 Ein Betrieb, der Schweißarbeiten an tragenden Bauteilen aus Aluminiumwerkstoffen im Betrieb oder auf der Baustelle ausführen will, muß den Eignungsnachweis bei einer im Einführungserlaß zu DIN 4113 anerkannten Stelle erbringen. Die Erteilung der Bescheinigung über den Eignungsnachweis zum Schweißen von tragenden Bauteilen aus Aluminium ist bei der anerkannten Stelle unmittelbar zu beantragen.	
2.1.2 Die anerkannte Stelle stellt durch die Betriebsprüfung fest, ob die Voraussetzungen erfüllt sind. Als	

<sup>1)</sup> Die amtliche Zulassungsstelle für Schweißzusätze und Schweißhilfsstoffe ist das Bundesbahn-Zentralamt Minden (Zulassungsverzeichnis DS 920/1, zu beziehen bei der Drucksachenzentrale der DB, Stuttgarter Str. 61 A, 7500 Karlsruhe 1)

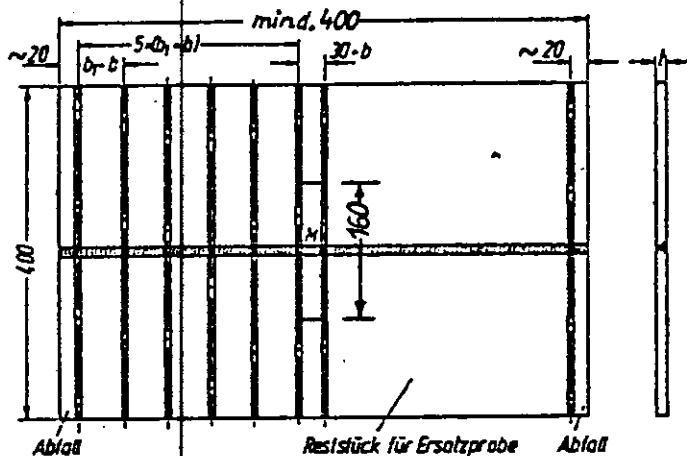


Bild 1: Schweißprobe 1 und Aufteilung für Zugproben und Makroschliff

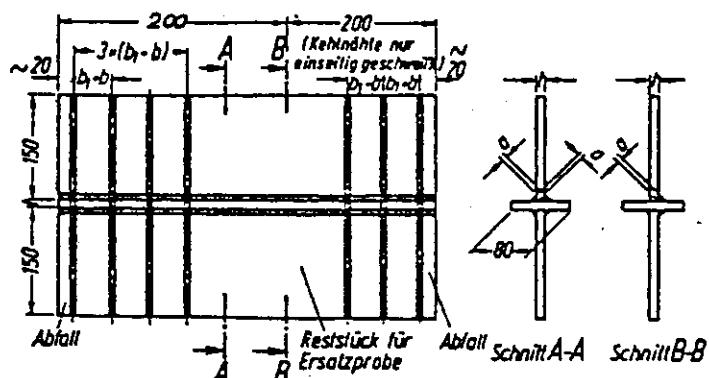
b = Sägeschnittbreite

b<sub>1</sub> = Schweißprobenbreite

M = Probe für die Gefügeuntersuchungen (Makroschliff) – siehe Bild 5

Blechdicken und Probenabmessungen siehe Tabelle 1

Je eine Schweißprobe nach Bild 2 mit den im Betrieb vorwiegend angewendeten Blechdicken und Positionen.



Verwendung als Kreuzprobe      Verwendung als Winkelprobe

Bild 2: Schweißprobe 2 und Aufteilung für Kreuz- und Winkelproben

Für  $t \leq 8$     $a = 0,7 \cdot t$ ; beim MIG Schweißen

Für  $t \geq 8$     $a = 0,5 \cdot t$ ;  $a \geq 4$  mm;

$b$  = Sägeschnittbreite

$b_1$  = Schweißprobenbreite

Die Schweißnähte sind unter betriebsüblichen Bedingungen herzustellen. Bei allen Schweißnähten ist bei jeder Lage mindestens einmal zu unterbrechen und neu anzusetzen.

#### 2.4 Prüfungen an Schweißproben

Die Prüfung der Schweißproben wird in Bewertungsabschnitte unterteilt, und zwar in:

Nahtdicke und Nahtaussehen  
Durchstrahlungsprüfung  
Mechanische Eigenschaften  
Makroschliff  
Bruchaussehen.

##### 2.4.1 Nahtdicke, Nahtaussehen

Die Bewertung erfolgt vor dem Aufteilen der Schweißprobe. Bewertet werden Maßhaltigkeit, Regelmäßigkeit der Naht und Ansätze, Einbranderkerben und Nahtübergänge, Aussehen der Wurzel.

##### 2.4.2 Durchstrahlungsprüfung

Die Durchstrahlungsprüfung ist vor dem Aufteilen an den Schweißproben 1 nach DIN 54 111 durchzuführen. Die Angabe der festgestellten Mängel erfolgt nach DIN 8524 Teil 1. Proben mit schwerwiegenden Mängeln im Hinblick auf Risse, Wurzelfehler, Poren, Bindefehler und Oxideinschlüsse sind zu verwerfen. Soweit Zweifel über die Zuverlässigkeit der im Röntgenbild erkennbaren Mängel bestehen, sollte die Probe für den Makroschliff an dieser Stelle entnommen werden.

##### 2.4.3 Mechanische Eigenschaften

Aus den Schweißproben 1 und 2 nach Bild 1 und 2 werden – wie eingezzeichnet – je drei Proben entsprechend Bild 3 und 4 nach Tabelle 1 ausgearbeitet.

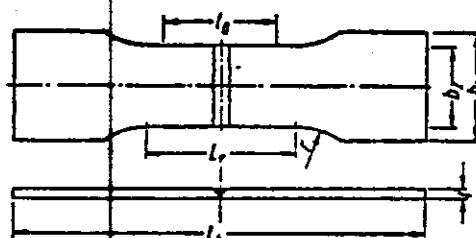


Bild 3: Zugprobe aus Schweißprobe 1

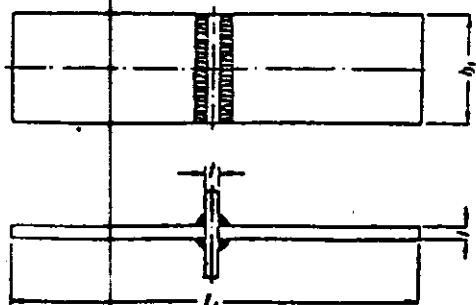


Bild 4: Zugprobe aus Schweißprobe 2

Tabelle 1: Abmessungen der Zugproben

Probendicke = Blechdicke $t$ (mm)	4 bis 6	6 bis 12
Gesamtlänge $L_t$ (mm)	300	300
Versuchslänge $L_v$ (mm)	100	100
Kopfbreite $b_1$ (mm)	40	50
Probenbreite $b_2$ (mm)	30	40
Radius $r$ (mm)	~ 40	~ 40

Für die Kehlnahtproben nach Bild 4 gelten als Probenbreite die Werte für  $b_1$ .

#### 2.4.3.1 Stumpfnähte

Bei den Stumpfnahrtproben ist die 0,2% Dehngrenze nach DIN 50 145 an drei Proben mit einer Meßlänge von 100 mm in Anlehnung nach DIN 50 123 zu ermitteln. Anschließend ist an den drei Proben die Zugfestigkeit und Bruchdehnung zu bestimmen. Die Werte  $\beta_{0,2w}$  und  $\beta_{Bw}$  müssen mind. die in Tabelle 2 Zeile 3 und 4 angegebenen Werte erreichen. Wird am Bauteil die Nahtüberhöhung eingeebnet, sind sie bei den Proben ebenfalls einzubauen.

#### 2.4.3.2 Kehlnähte

Die Kehlnahtproben sind im Zugversuch zu prüfen. Für die Bestimmung der Zugfestigkeit wird das a-Maß an den gebrochenen Nähten als Mittelwert oder – sofern der Bruch im Grundwerkstoff erfolgt – der Probenquerschnitt ausgemessen. Danach ist bei weiteren Proben der Bruch in den Kehlnähten zu erzwingen. Die dabei ermittelten Werte  $\beta_w$  müssen mind. den in Tabelle 2 Zeile 5 angegebenen Wert erreichen.

#### 2.4.4 Makroschliff, Härteprüfung

Der Makroschliff ist entsprechend Bild 5 herzustellen.

An der Stirnseite des Makroschliffes sind Härteprüfungen HB 10/2,5 nach DIN 50 351 in Nahtmitte und von der Nahtmitte ausgehend beidseitig in 5 mm Abstand bis 10 mm vom Probenrand durchzuführen. Die Härteprüfung kann entfallen bei Proben aus nichtaushärtbaren Legierungen im Zustand „weich“.

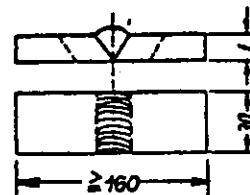


Bild 5: Makroschliffprobe

#### 2.4.5 Bruchaussehen

Die Bewertung erfolgt in Anlehnung nach DIN 8561.

##### 2.4.5.1 Stumpfnähte

Aus den Schweißproben 1 nach Bild 1 sind – wie eingezzeichnet – je zwei Proben anzufertigen und im Zugversuch der Bruch in der Naht zu erzwingen.

Diese Proben können entfallen, wenn die Schweißer gültige Prüfbescheinigungen B-Al nach DIN 8561 besitzen.

##### 2.4.5.2 Kehlnähte (Kreuz- und Winkelprobe)

Aus den Prüfstücken 2 nach Bild 2 sind – wie eingezzeichnet – zwei Proben (Kreuz- und Winkelproben) für die Beurteilung des Bruchgefüges zu entnehmen. Die Kreuzproben sind im Zugversuch, die Winkelproben durch Umschlagen zu Bruch zu bringen.

#### 3 Berechnung und Ausführung

##### 3.1 Berechnung

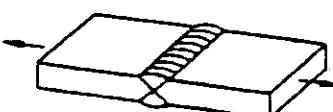
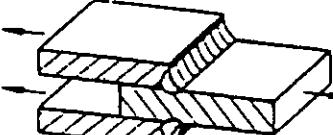
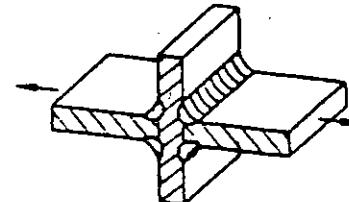
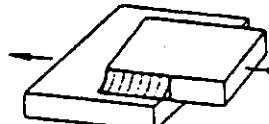
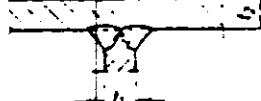
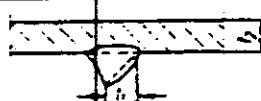
Die Tabellen 2 und 3 gelten für die Berechnung und Herstellung der Schweißnähte.

Tabelle 2: Werkstoffe, mechanische Eigenschaften und zulässige Spannungen<sup>1)</sup> in N/mm<sup>2</sup> für Schweißnähte

	1	2	3	4	5	6
1	Aluminium-Grundwerkstoffe nach DIN 1725 Teil 1	AlZn4,5Mg1 F35, F34	AlMgSi1 F32, F31 F30, F28	AlMgSi10,5 F22	AlMg4,5Mn G31, W28, F27	AlMg2Mn0,8 AlMg3, F/G24, F25, F20, F/W19, F18
2	Schweißzusatzwerkstoffe nach DIN 1732 Teil 1	S-AlMg4,5Mn S-AlMg5	S-AlSi5 (auch S-AlMg4,5Mn S-AlMg5)	S-AlSi5 S-AlMg4,5Mn S-AlMg5	S-AlMg4,5Mn S-AlMg5	S-AlMg3 (auch S-AlMg5 S-AlMg4,5Mn)
3	Mechanische Eigenschaften von Schweiß- verbindungen in N/mm <sup>2</sup>	Stumpfnäht mit Nahtüberhöhung	$\beta_{BW}$	280 <sup>2)</sup>	180	110
4			$\beta_{0,2w}$	205 <sup>2)</sup>	125	65
5		Kehlnäht (Kreuzprobe)	$\beta_w$	160 <sup>2)</sup>	130	65
6	Zulässige Spannungen in N/mm <sup>2</sup> für Schweiß- nähte	Lastfall	H	HZ	H	HZ
7	Nahtart, nach Tabelle 3 Zeile 2 bis 5	Druck Biegedruck				
8	Zug Biegezug	Nahgüte <sup>3)</sup> nachgewiesen	110	125	70	45
9	Zug Biegezug	Nahgüte nicht nachgewiesen	75	85	55	40
		Schub/ Vergleichswert	60	70	40	25
	für alle Nahtarten nach Tabelle 3 Zeile 2-7				30	45
					50	50
					30	35
						35

<sup>1)</sup> Gültig für Materialdicke M/G bis 14 mm und W/G bis 6 mm. Bei größeren Dicken erfolgt Festlegung der zul. Spannungen nach erreichter Festigkeit.<sup>2)</sup> Nach 30 Tagen Lagerung bei RT oder 60 h bei 60°C, evtl. auch nach 3 Tagen Lagerung bei RT und 24 h bei 120°C.<sup>3)</sup> Siehe Abschnitt 3.2.4

Tabelle 3. Schweißnahtformen und rechnerische Schweißnahtdicken

	1	2	3	4
1	Nahtart	Bild	Rechn. Nahtdicke a	Bemerkung zur Ausführung
	Stumpfnaht			
	Stirnkehlnaht			
	Flankenkehlnaht			
2	Stumpfnaht		$a = t_1$ wenn $t_1 \leq t_2$	
3	D-HV-Naht mit Doppel-Kehlnaht			
4	HV-Naht (halbe V-Naht) mit Gegenlage		$a = t_1$	
5	HV-Naht (halbe V-Naht) mit Kehlnaht	Wurzel durchgeschweißt		
6	Kehlnaht		$a \leq 0,7 t_1$	Nahtdicke a ist die Höhe des einschreibbaren gleichschenkligen Dreiecks
7	Doppelkehlnaht			Wurzel nicht durchgeschweißt

## 3.2 Ausführung der Schweißarbeiten

3.2.1 Die Aluminium-Verarbeitung muß von den übrigen Fertigungsstätten in geeigneter Weise abgetrennt sein. Die Bearbeitungswerzeuge und Schweißmaschinen müssen sorgfältig von Rückständen anderer Metalle befreit sein.

## 3.2.2 Schweißnahtvorbereitung

Fettige oder verunreinigte Bauteile sind vor ihrer Bearbeitung durch geeignete Mittel im Bereich der Schweißzone zu reinigen.

Bei einseitig durchzuschweißenden Stumpfnähten sind die Kanten der Bleche wurzelseitig leicht zu brechen. Die Bearbeitung der Nahtfugenflanken muß sorgfältig erfolgen; Späne und sonstige Rückstände sind danach restlos zu entfernen. Die Verwendung kunststoffgebundener Schleifscheiben kann zu Schweißfehlern führen, daher müssen damit bearbeitete Flächen anschließend (mit Fräser oder Feile) bearbeitet (abgezogen) werden. Die gereinigten Nahtfugen dürfen vor dem Schweißen nicht mehr mit den Händen berührt werden (Gefahr erneuter Verunreinigung). Durch Lagerung oder Umgebungseinflüsse verunreinigte oder feuchte Nahtfugenflanken sind unmittelbar vor Beginn der Schweißarbeiten nochmals zu reinigen bzw. zu trocknen.

## 3.2.3 Heften

Heftstellen sind so auszuführen oder so weit abzuarbeiten, daß sie beim Schweißen mit Sicherheit völlig aufgeschmolzen werden.

## 3.2.4 Schweißen

Zur Erzielung eines ausreichenden Einbrandes kann Vorwärmen erforderlich sein. Das erfolgt ggf. mit neutraler, leicht reduzierender Flamme. Bei Werkstückdicken über 10 mm ist großflächiges Vorwärmen im Bereich der Schweißnaht zu empfehlen. Aushärtbare Legierungen dürfen nicht länger als 10 Minuten auf einer maximalen Vorwärmtemperatur von 180°C bis 200°C gehalten werden. Es ist darauf zu achten, daß diese Temperatur beim Schweißen nicht für längere Zeit und nur in einem möglichst schmalen Bereich überschritten wird (bei Mehrlagenschweißen erforderlichenfalls Abkühlungspausen nach dem Schweißen jeder Lage vorsehen).

Das ist besonders wichtig bei AlZn4,5Mg1 (siehe Abschnitt 3.2.5). In schwierigen Fällen ist zu empfehlen, die Schweißfolge in Zusammenarbeit mit dem Halbzeughersteller festzulegen. Eventuelle Anfangs- und Endkraterisse sind auch bei Unterbrechung des Schweißvorganges sorgfältig auszuarbeiten und aufzufüllen.

Alle Schweißnähte sind auf Maßhaltigkeit und einwandfreien Übergang vom Grundwerkstoff zu überprüfen. Soweit Nahtgütenachweise geführt werden müssen, hat dies anhand von Durchstrah-

lungsprüfungen zu erfolgen. Vereinzelte Poren sind unschädlich; über den Grad von Porenzeilen und -nestern ist im Einzelfall zu entscheiden.

## 3.2.5 Ausbessern und Fehlstellen

Löcher, Kerben, Risse, Bindefehler und unzulässige Nahtporosität müssen abgearbeitet und ggf. nachgeschweißt werden.

Auch bei der aushärtbaren Legierung AlZn4,5Mg1 dürfen Ausbesserungsschweißungen mehrmals an der gleichen Stelle durchgeführt werden. Das Werkstück darf jedoch nicht längere Zeit (abhängig von der Werkstückdicke, höchstens 2 Minuten) im Temperaturbereich zwischen 200°C und 300°C verbleiben. Bei längerem Verweilen in diesem Temperaturbereich wird die Fähigkeit des Werkstoffes zur Selbstauhärting vermindert.

– MBl. NW. 1988 S. 678.

232371

## DIN 18093 – Einbau von Feuerschutztüren

RdErl. d. Ministers für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr v. 15. 3. 1988 – V B 4 – 230.5

## 1 Die Norm

DIN 18093 (Ausgabe Juni 1987) –

Feuerschutzbüslüsse; Einbau von Feuerschutztüren in massive Wände aus Mauerwerk oder Beton; Ankerlagen, Ankerformen, Einbau – wird hiermit nach § 3 Abs. 3 der Landesbauordnung (BauO NW) als technische Baubestimmung bauaufsichtlich eingeführt. Die Norm wird als Anlage abgedruckt.

Anlage

## 2 Das Verzeichnis der nach § 3 Abs. 3 BauO NW eingeführten technischen Baubestimmungen – Anlage zum RdErl. v. 22. 3. 1985 (SMBI. NW. 2323) – ist wie folgt zu ergänzen:

## 2.1 im Verzeichnis der Baubestimmungen

DIN 18093

Abschnitt 8.1

## 2.2 im Abschnitt 8.1

Spalte 1: 18093

Spalte 2: Juni 1987

Spalte 3: Feuerschutzbüslüsse; Einbau von Feuerschutztüren in massive Wände aus Mauerwerk oder Beton; Ankerlagen, Ankerformen, Einbau

Spalte 4: 15. 3. 1988

Spalte 5: MBl. NW. S. 684/  
SMBI. NW. 232371

Spalte 6: X

DK 692.811.002.72:699.814.32:683.36

DEUTSCHE NORM

Juni 1987

	<b>Feuerschutzabschlüsse</b> <b>Einbau von Feuerschutztüren</b> <b>in massive Wände aus Mauerwerk oder Beton</b> <b>Ankerlagen, Ankerformen, Einbau</b>	<b>DIN</b> <b>18 093</b>
--	--	-----------------------------

Maße in mm

## Inhalt

### 1 Anwendungsbereich

### 2 Zweck

### 3 Begriffe

- 3.1 Verankerung
- 3.2 Anker
- 3.3 Maueranker
- 3.4 Zargenanker
- 3.5 Anschweißanker

### 4 Maße, Lage der Anker

### 5 Ankerarten, Ausführung

- 5.1 Allgemeines
- 5.2 Maueranker
- 5.3 Zargenanker
- 5.4 Anschweißanker

### 6 Anwendung der Anker

- 6.1 Allgemeines
- 6.2 Maueranker

### 1 Anwendungsbereich

Die Norm gilt für den Einbau von ein- und zweiflügeligen Feuerschutztüren<sup>1)</sup> bis zu einem Baurichtmaß der Öffnung von 2500 mm Breite und 2500 mm Höhe mit stählernen Eckzargen (z. B. aus Z-Profil) in massive Wände aus Mauerwerk oder Beton.

Andere Einbauarten als die nachfolgend angegebenen sind zulässig, wenn ihre Eignung nachgewiesen wurde, z. B. im Rahmen einer Erteilung einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung für die jeweilige Feuerschutztür-Bauart.

Die Eckzarge darf durch ein Ergänzungsteil („Ergänzungszarge“) zu einer Umfassungszarge ergänzt werden. (Siehe Norm oder Zulassung für Feuerschutztüren).

Die Norm legt für Feuerschutztüren die Lage der Verankerungspunkte in bezug auf die Wandöffnungen fest.

### 6.3 Zargenanker

- 6.3.1 Varianten
- 6.3.2 Dübelbefestigung auf Wandfläche und Leibungsfläche
- 6.3.3 Dübelbefestigung ausschließlich in der Leibung
- 6.3.4 Verwendung der Zargenanker als Maueranker
- 6.4 Anschweißanker
- 6.4.1 Verwendung in Betonwänden und Mauerwerkswänden
- 6.4.2 Verwendung in Mauerwerkswänden mit Aussparungen
- 6.4.3 Verwendung der Anschweißanker als Maueranker (in Aussparungen)

### 7 Einbau

- 7.1 Wände
- 7.2 Pfeiler, Stützen, Sturz
- 7.3 Einbauanleitung
- 7.4 Grundsätze für den Einbau

### Zitierte Normen

### Erläuterungen

Außerdem werden einige Ankerformen und Maße festgelegt, die bei diesen Feuerschutztüren zu verwenden sind.

Andere Ankerformen sind zulässig, wenn ihre Eignung nachgewiesen ist, z. B. durch eine gutachtlische Stellungnahme einer Prüfstelle nach DIN 4102 Teil 5 oder im Rahmen der Erteilung einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung.

Die Norm enthält weiterhin Einbauanweisungen allgemeiner Art sowie spezielle Angaben mit Einbauvarianten, abhängig von den einzelnen Ankerformen.

### 2 Zweck

Die Festlegungen dienen der Vereinheitlichung der Befestigung von ein- und zweiflügeligen Drehflügel-Feuerschutztüren mit der anschließenden Wand. Neben den für Norm- und Zulassungsbauarten von Feuerschutztüren vorgeschriebenen Brandprüfungen nach DIN 4102 Teil 5 und den Funktionsprüfungen sichert nur ein ordnungsgemäßer Einbau mit kraftschlüssiger Verankerung in der angrenzenden Wand die einwandfreie Funktion einer Feuerschutztür im Brandfall.

<sup>1)</sup> Der Begriff „Feuerschutzabschlüsse“ ist in DIN 4102 Teil 5 festgelegt.

### 3 Begriffe

#### 3.1 Verankerung

Verankerung für Feuerschutztüren ist die kraftschlüssige Verbindung der Zarge einer Feuerschutztür mit der Wand.

#### 3.2 Anker

Anker sind Stahlteile in festgelegten Ausführungsformen, welche die Zarge der Feuerschutztür mit den Leibungen der angrenzenden Wand (Seitenanker) und gegebenenfalls zusätzlich mit dem Sturz über der Wandöffnung (Sturzanker) verbinden.

#### 3.3 Maueranker

Maueranker nach Bild 5 sind fest mit der Zarge verschweißte Anker.

#### 3.4 Zargenanker

Zargenanker nach Bild 6 sind ähnlich wie Maueranker Anker, die im Lieferzustand fest mit der Zarge verbunden sind (fest drehbare Verankerung).

Anders als beim Maueranker nach Abschnitt 3.3 sind Einbauvarianten zulässig (siehe Abschnitt 6.3.1).

#### 3.5 Anschweißanker

Anschweißanker nach Bild 9 sind Anker, die bei der Anlieferung der Feuerschutztür nicht fest mit der Tür verbunden sind. Sie sind dazu bestimmt, vor dem Einbau der Feuerschutztür beim Erstellen der Wand eingemauert oder einbetoniert zu werden.

Ihre Verwendung unterliegt Einschränkungen, die in Abschnitt 6.1.2 genannt sind.

### 4 Maße, Lage der Anker

Höhen- und Seitenlagen der Anker sind in den Bildern 1 bis 3 dargestellt. Waagerechte Bezugsebene ist die Planlage (Soll-Lage) der Oberfläche des fertigen Fußbodens (OFF), dargestellt durch den Meterriß (= OFF + 1000 mm), siehe DIN 18 360/10.79, Abschnitt 3.1.15.

Bei Differenzen in den planmäßigen Höhenlagen der Fertigfußböden der angrenzenden Räume (unterer Anschlag) gilt als OFF die Höhe OFF des tieferliegenden Fußbodens (siehe z. B. DIN 18 082 Teil 3/01.84, Bild 3, rechte Darstellung).

Anmerkung: Da beim Einbau der Feuerschutztüren der Fußboden in der Regel noch nicht seine endgültige Höhenlage hat (nur Rohfußboden, kein Fertigfußboden; selbst bei eventuell vorhandenem Fertigfußboden kann dessen Ist-Lage von der Soll-Lage ab-

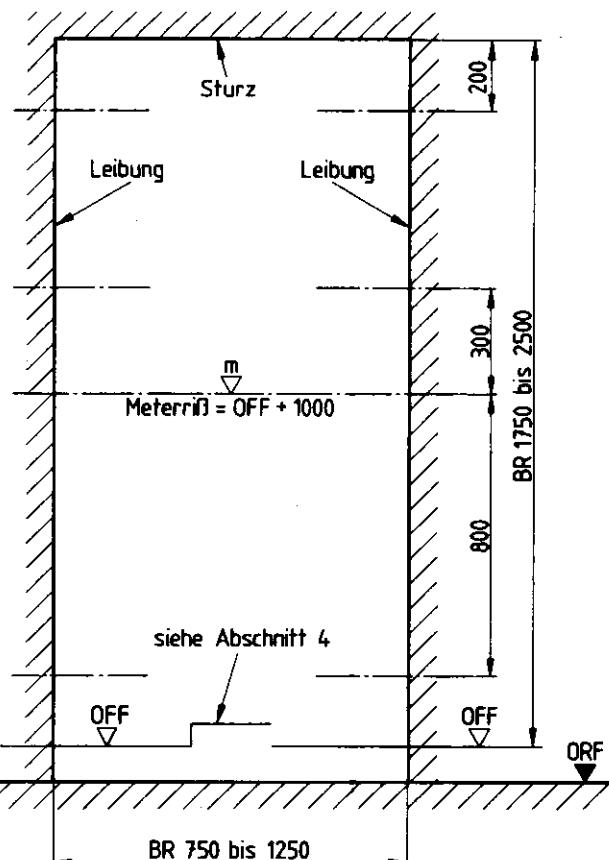


Bild 1. Ankeranordnung, Höhenlage der Leibungsanker

weichen), sind die in Bild 1 angegebenen Maße vom Entwurfsverfasser je nach geplantem Fußbodenauflauf und unter Berücksichtigung der Toleranzen zwischen Ist-Lage und Soll-Lage umzurechnen (siehe DIN 18 201 und DIN 18 202).

Anzahl und Lage der Sturzanker richten sich nach dem Baurichtmaß der Türöffnungsbreite:

- bis 1250 mm **kein** Sturzanker,
- von 1250 mm bis 1500 mm **ein** Sturzanker mittig (siehe Bild 2)
- von 1500 mm bis 2500 mm **zwei** Sturzanker mit einem Abstand von je 400 mm von der Mittellinie entfernt (siehe Bild 3).

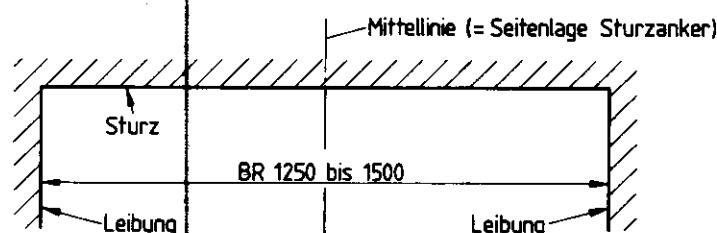


Bild 2. Ankeranordnung, Seitenlage eines Sturzankers

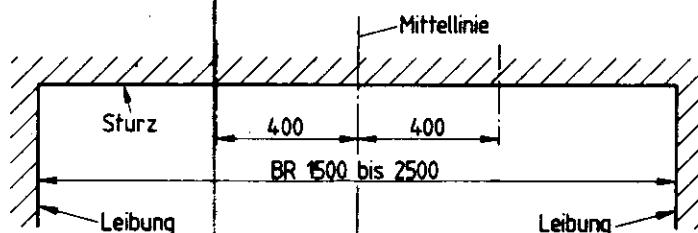


Bild 3. Ankeranordnung, Seitenlage zweier Sturzanker

Werden Maueranker bzw. wie Maueranker benutzte Zargenanker verwendet (siehe Abschnitt 6.3.4) oder ist ausnahmsweise vorgesehen, Anschweißanker erst nach Fertigstellung der Wand zu verwenden (siehe Abschnitte 6.4.2 und 6.4.3), so müssen an den Verankerungspunkten nach Bild 1 bis Bild 3 Wandaussparungen nach Bild 4 angeordnet werden.

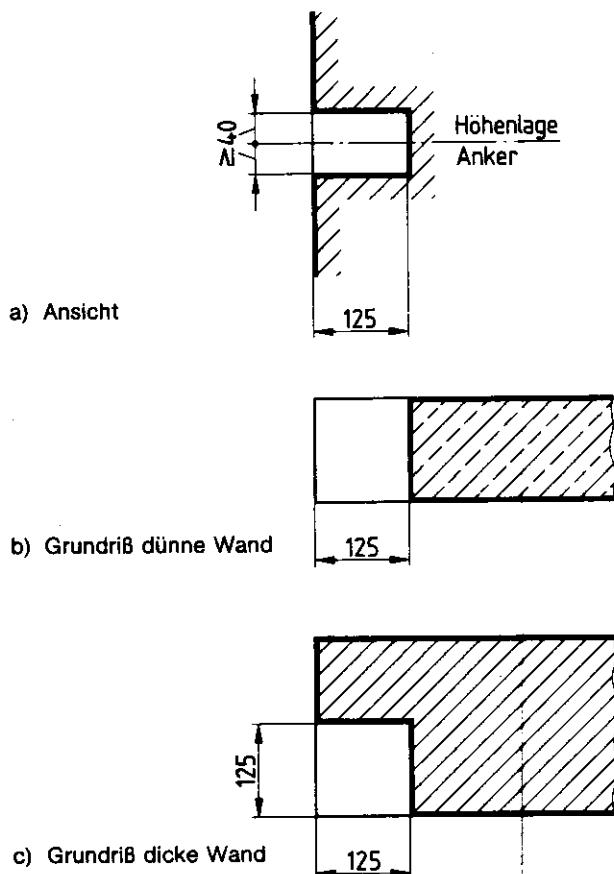


Bild 4. Wandaussparungen für Anker (Ankerlöcher)

## 5 Ankerarten, Ausführung

### 5.1 Allgemeines

Zur Verankerung von Feuerschutztüren mit der Wand sind die in den Abschnitten 3.3 bis 3.5 genannten Ankerarten vorgesehen.

Eine Kombination von je zwei der drei Grundtypen ist zulässig, z. B. Maueranker in der Leibung, Zargenanker im Sturz.

### 5.2 Maueranker

Maueranker müssen Bild 5 entsprechen. Sie sind vom Hersteller der Feuerschutztür so an der Zarge anzuschweißen, daß sie für den Transport an der Zarge anliegen. Ihre Höhenlagen auf der Zarge müssen so sein, daß sie – waagerecht von der Zarge abgebogen – den Höhenlagen nach Bild 1 entsprechen.

### 5.3 Zargenanker

Zargenanker müssen Bild 6 entsprechen. Sie bestehen aus dem Außenteil nach Bild 7 und dem Innenteil nach Bild 8.

Die Zargenanker sind vom Hersteller der Feuerschutztür so an der Zarge fest drehbar zu befestigen, daß der Drehpunkt der Höhenlage der Anker Bild 1 entspricht.

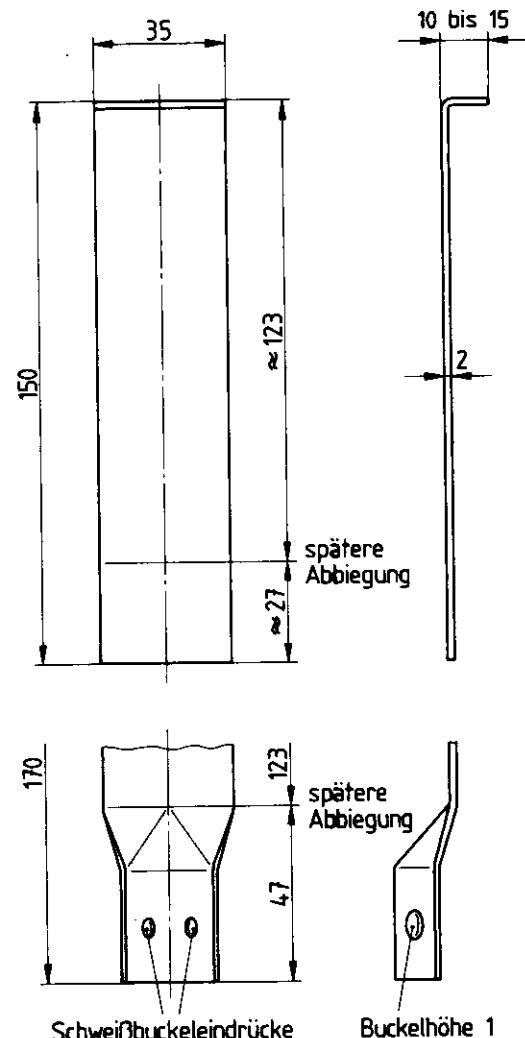


Bild 5. Maueranker

## 5.4 Anschweißanker

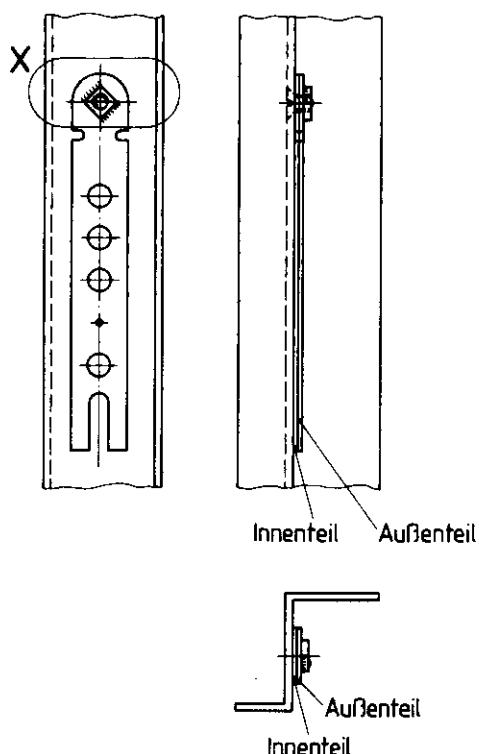
Anschweißanker müssen Bild 9 entsprechen. Die beiden Verankerungsarme aus Rundstahl mit einem Durchmesser von 8 mm dürfen vom Hersteller des Ankers wahlweise auch aus einem Stück Rundstahl hergestellt werden; bei dieser Fertigungsart darf der zulässige Biegerollendurchmesser nach DIN 1045 unterschritten werden.

## 6 Anwendung der Anker

### 6.1 Allgemeines

6.1.1 Feuerschutztüren sind grundsätzlich mit Mauerankern oder mit Zargenankern zu liefern, die bei der Lieferung mit den Zargenseitenteilen, bzw. gegebenenfalls mit dem Zargenoberteil, fest verbunden sein müssen. Das lose Beipacken von Mauerankern oder Zargenankern ist nicht zulässig.

6.1.2 Für Anschweißanker gilt: Die Lieferung von Feuerschutztüren ohne Anker, also zur Verwendung mit Anschweißankern, ist nur dann zulässig, wenn einwandfrei durch Planung, Ausschreibung, Vergabe und Bauüberwachung bestimmter Objekte (Objektausstattung) sichergestellt ist, daß die Bedingungen dieser Norm ohne Einschränkung eingehalten werden. Die Herstellung ankerloser Feuerschutztüren ohne Kenntnis, wo die Türen verwendet werden, ist unzulässig. Dem Hersteller einer ankerlosen Feuerschutztür muß also der Verwendungsort (Baustelle) der Tür bekannt sein.



Anordnung an einer Z-Profilzarge im Anlieferungs-(Transport-)Zustand

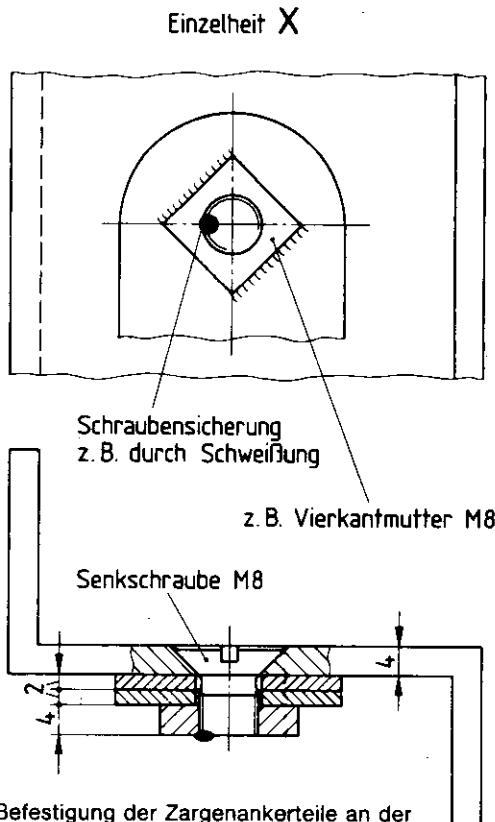
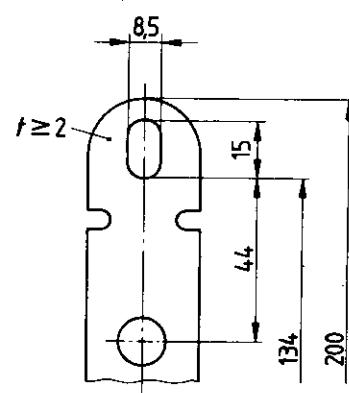
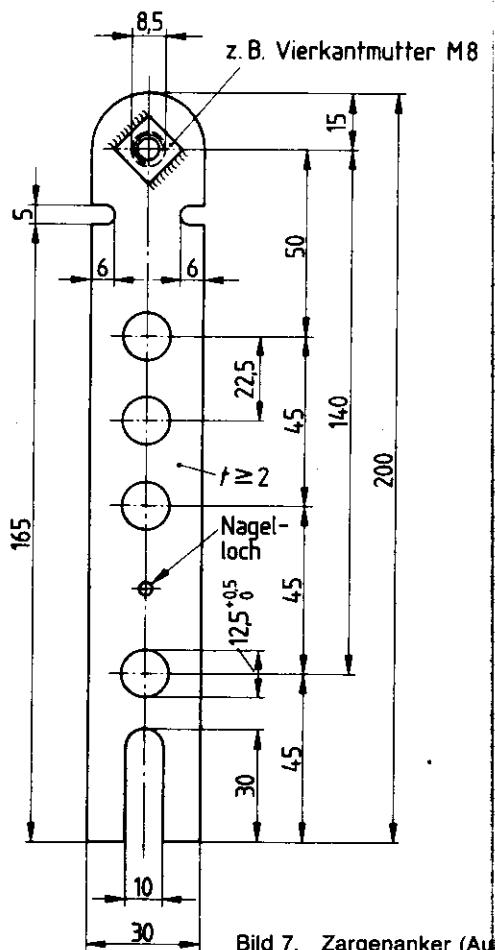


Bild 6. Zargenanker



(Übrige Ausführung und Maße wie Bild 7)

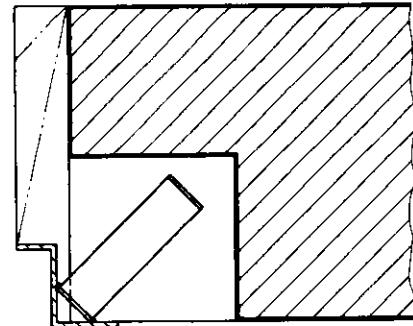
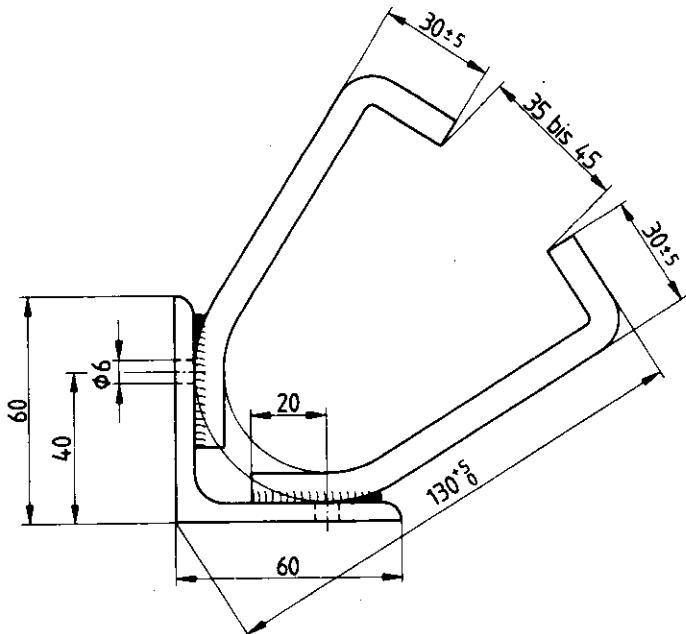


Bild 11. Maueranker, Einbaubeispiel (Grundriß), z.B. dicke Wand, nur Leibungsfläche geputzt<sup>2)</sup>

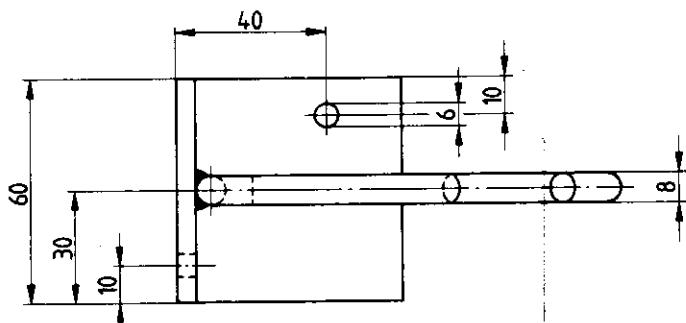


Bild 9. Anschweißanker

## 6.2 Maueranker

Die im Anlieferungszustand an der Zarge anliegenden Anker werden zum Einbau der Zarge rechtwinklig abgebogen. Die Anker werden dann nach den Bildern 10 und 11 eingemörtelt (siehe Abschnitt 7.3).

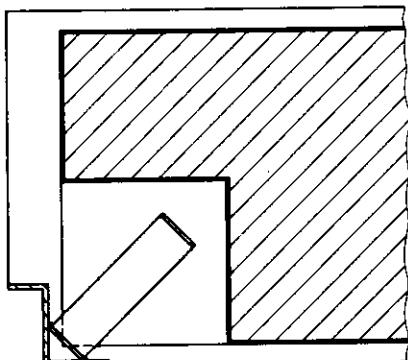


Bild 10. Maueranker, Einbaubeispiel (Grundriß), z. B. dicke Wand, allseitig geputzt

## 6.3 Zargenanker

### 6.3.1 Varianten

Im Gegensatz zum Maueranker lassen Zargenanker Einbauvarianten zu, siehe Bilder 12 bis 19. Dabei sind die Fest-

legungen in den Normen für Feuerschutztüren (bzw. im Zulassungsbescheid bei Bauarten mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung) zu beachten.

### 6.3.2 Dübelbefestigung auf Wandfläche und Leibungsfläche

Die Zargenanker sind im Regelfall nach Bild 12 zu befestigen (siehe auch Bilder 13 und 18).

Zur Montage sind die Anker so abzubiegen, daß je ein Ende auf der Wand aufliegt bzw. in die Leibung steht. Entsprechend dem Lochbild sind dann Dübellöcher zu bohren und die Zarge mit Dübeln an der Wand zu befestigen.

Es dürfen nur Dübel verwendet werden, deren Brauchbarkeit nachgewiesen ist, z. B. durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung. Auf den minimal zulässigen Randabstand der Dübel ist zu achten; dies gilt auch für Abschnitt 6.3.3.

### 6.3.3 Dübelbefestigung ausschließlich in der Leibung

Bei Sichtmauerwerk- und Sichtbetonwänden ist es zulässig, die Zargenanker nur in der Leibung zu befestigen; Dübelbefestigung siehe Abschnitt 6.3.2.

Die Montage mit übereinanderliegenden Zargenankerteilen ist zulässig (siehe Bilder 14 und 15).

Es wird aber empfohlen, der Montageart den Vorzug zu geben, bei der die beiden Zargenankerteile auseinandergespreizt und jedes für sich mit der Wand verdübelt werden (siehe Bilder 16 und 17).

Für dünne Wände ist die Montageart nach den Bildern 16 und 17 vorzuziehen. Zulässig ist aber auch die Montageart nach Bild 18. Dabei werden die überstehenden Enden auf die Leibungsfläche zurückgebogen oder abgeschnitten. Bei dünnen Wänden sind die Dübel wandmittig anzuordnen, ein dementsprechendes Loch des Zargenankers ist zu wählen.

### 6.3.4 Verwendung der Zargenanker als Maueranker

Wie in Bild 19 dargestellt, läßt sich der Zargenanker durch Verdrehen und Kröpfen wie ein Maueranker in einer Ankerlochaußensparung einsetzen. Dazu sind die beiden Enden der Anker auseinanderzubiegen.

## 6.4 Anschweißanker

### 6.4.1 Verwendung in Betonwänden und Mauerwerkswänden

Die Bilder 20 bis 22 zeigen als Beispiele die Anordnung von Anschweißankern in einer Mauerwerkswand oder Betonwand.

2) Die Strich-Zweipunktlinie in diesem Bild sowie in den Bildern 14, 21 und 22 bedeutet nach DIN 15 Teil 2/06.84, K 6, „Umrisse von wahlweisen Ausführungen“, hier also alternativ mögliche Putzkanten.

Bei Verankerungen in Betonwänden oder in Betonstürzen über Wandöffnungen in Mauerwerkswänden ist in der Regel diese Verankerungsart vorzuziehen.

#### 6.4.2 Verwendung in Mauerwerkswänden mit Aussparungen

Bei Mauerwerkswänden ist es zweckmäßiger, wenn im Bereich der Verankerungspunkte nach Bild 1 bis Bild 3 Aussparungen nach Bild 4 vorgesehen werden. In diese Aussparungen können dann die Anschweißanker unter Berücksichtigung der Höhenlage (siehe Bild 1) in Mauermörtel der Mörtelgruppe IIa bzw. III wand- und leibungsbündig eingesetzt werden (siehe Bild 22).

#### 6.4.3 Verwendung der Anschweißanker als Maueranker (In Aussparungen)

Es ist ferner zulässig, an ankerlos angelieferten Türzargen auf der Baustelle Anschweißanker in der Höhenlage nach Bild 1 ohne Verwendung von Paßstücken anzuschweißen. Die so vorbereitete Tür kann dann in Wandöffnungen von Stahlbeton- bzw. Mauerwerkswänden eingesetzt werden, wenn Aussparungen nach Bild 4 entsprechend der Höhenlage der Anker nach Bild 1 vorgesehen waren (siehe Bild 22).

### 7 Einbau

#### 7.1 Wände

Wände, in deren Öffnungen Feuerschutztüren eingebaut werden sollen, müssen die in Tabelle 1 genannten Mindestvoraussetzungen erfüllen.

#### 7.2 Pfeiler, Stützen, Sturz

Werden die Mindestvoraussetzungen der Tabelle 1 hinsichtlich der Wanddicke oder der Druckfestigkeitsklasse der Steine bzw. der Festigkeitsklasse des Betons unterschritten, so ist die Wandöffnung, in welche die Feuerschutztür eingebaut werden soll, seitlich durch Mauerwerkspfeiler oder Stahlbetonstützen und oben durch einen gemauerten Sturz (nur bei Mauerwerkspfeilern) oder einen Stahlbetonsturz (bei Mauerwerkspfeilern bzw. Stahlbetonstützen) zu begrenzen. Pfeiler bzw. Stützen müssen mit der anschließenden – dünnen – Wand kraftschlüssig verbunden sein, z. B. durch Verzahnung.

Die Mauerwerkspfeiler und Stahlbetonstützen sind bis zur Rohdecke hochzuführen.

Ausführung:

- a) gemauerte Pfeiler und gemauerter Sturz:
  - Mindestquerschnitt 240 mm × 240 mm (Nennmaß),
  - Steine mindestens der Druckfestigkeitsklasse 12 und
  - Mörtel mindestens der Mörtelgruppe II nach DIN 1053 Teil 1;
- b) Stahlbetonstürze:
  - zu bemessen nach DIN 4102 Teil 4/03.81, Abschnitt 4.4.3, mindestens B 15;
- c) Stahlbetonstützen:
  - zu bemessen nach DIN 4102 Teil 4/03.81, Tabelle 33, Zeile 1.1, mindestens B 15.

### 7.3 Einbauanleitung

Jede Feuerschutztür ist mit einer Einbauanleitung zu liefern, aus der insbesondere die Mindestnenndicke der Wand hervorgeht, in welche die Feuerschutztür eingebaut werden darf. Die Einbauanleitung muß mindestens enthalten:

- a) Grundsätze für den Einbau nach Abschnitt 7.4, bezogen auf die jeweilige Türenkonstruktion
- b) Hinweise auf die Anbringung lose mitgelieferter Zubehörteile wie
  - Drücker
  - Schilder
  - Türschließer
  - Schließfolgeregler,
- c) Anweisung zum Zusammenbau von aus Transportgründen zerlegten Zargen,
- d) Anleitung zum Einziehen etwaiger Dichtungs- oder Dämpfungsprofile,
- e) Hinweise auf die Anwendung mitgelieferter oder zur Verwendung zugelassener Dübel bei Montage mit Zargenkern, (z. B. Dübelgrund und Mindest-Randabstand),
- f) Hinweise auf das funktionsgerechte Zusammenspiel aller Teile,
- g) die Reihenfolge der Arbeits- und Montagevorgänge.

Tabelle 1. Voraussetzungen für den Einbau von Feuerschutztüren

	1	2	3	4	5	6
Wände 1) aus						
	Feuerschutztür	Nenndicke mm min.	Mauerwerk nach DIN 1053 Teil 1	Druckfestigkeitsklasse der Steine	Mörtelgruppe min.	Stahlbeton nach DIN 1045
1	T 90	≥ 240		≥ 12	II	≥ 140 B 15
2	T 30	≥ 115		≥ 12	II	≥ 80 <sup>2)</sup> B 15
3						≥ 120 <sup>3)</sup>

1) Die den Spalten 2 und 5 ausgeführten Mindestwanddicken gelten, sofern in einer Konstruktionsnorm für Feuerschutztüren (z. B. DIN 18 082 Teil 3) oder – bei einer Feuerschutztür mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung – im Zulassungsbescheid keine anderen Wanddicken angegeben sind.

2) Nichttragende Wand F 30 nach DIN 4102 Teil 4/03.81, Tabelle 37

3) Tragende Wand F 30 nach DIN 4102 Teil 4/03.81, Tabelle 37

## 7.4 Grundsätze für den Einbau

Jede Feuerschutztür ist nach den Festlegungen dieser Norm, der Einbuanleitung nach Abschnitt 7.3 und den Angaben einzubauen, die entweder in den betreffenden Normen für Feuerschutztüren oder im jeweiligen Zulassungsbescheid genannt sind.

Die Zarge der Feuerschutztür ist mit ihrer Meterrißmarkierung nach dem auf der Wand neben der Wandöffnung vorhandenen Meterriß auszurichten.

Maueranker oder wie Maueranker verwendete Zargenanker (siehe Abschnitt 6.3.4) sowie Anschweißanker bei Verwendung nach den Abschnitten 6.4.2 und 6.4.3 sind mit Mörtel der Mörtelgruppe IIa oder III nach DIN 1053 Teil 1 in den vorhandenen Aussparungen (siehe Bild 4) festzusetzen.

Bis zum Abbinden des Verankerungsmörtels darf die Feuerschutztür nicht bewegt werden, um ihre Höhenlage und die

Breite der zulässigen Luftspalte zwischen Türzarge und Türflügel nicht zu verändern.

Der Hohlraum zwischen Zarge – gegebenenfalls auch Ergänzungszarge – und Wand ist mit Mörtel auszufüllen. Die Zarge ist im Leibungsbereich auch dann bündig einzuputzen (siehe Bilder 11, 14, 16, 21, 22), wenn die anschließende Wand als Sichtmauerwerk oder Sichtbeton ausgeführt ist.

Anmerkung: Zargen für Feuerschutztüren sind in der Regel mit Schutzkästen versehen, die im Bereich der Schließlöcher für Falle und Riegel sowie Sicherungszapfen und im Bereich der Bandbefestigungen das Eindringen von Mörtel (oder Beton beim Hintergießen) verhindern sollen. Je nach örtlichen Gegebenheiten muß bei Bedarf im Bereich dieser Schutzkästen die Leibung etwas erweitert werden.

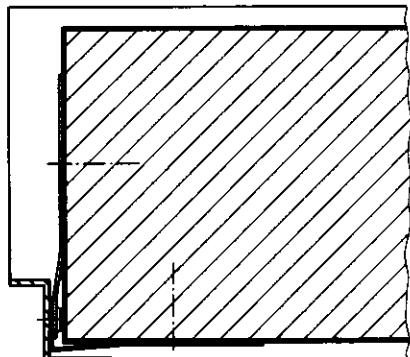


Bild 12. Zargenanker, Einbaubeispiel (Grundriß)  
dicke Wand, allseitig geputzt, Dübelbefestigung auf der Leibung und der Wandfläche

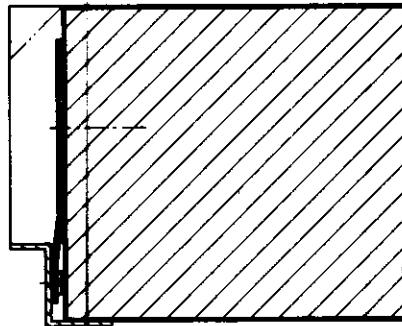


Bild 14. Zargenanker, Einbaubeispiel (Grundriß)  
dicke Wand, nur Leibungsfläche geputzt, Dübelbefestigung nur auf der Leibung, waagerechte Lage des Zargenankers, beide Zargenankerteile übereinanderliegend

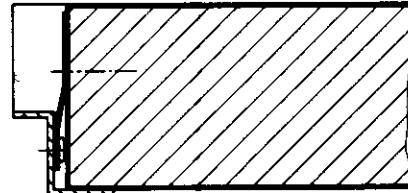


Bild 16. Zargenanker, Einbaubeispiel (Grundriß)  
dünne Wand, nur Leibungsfläche geputzt, Dübelbefestigung nur auf der Leibung, versetzte Lage der beiden Zargenankerteile

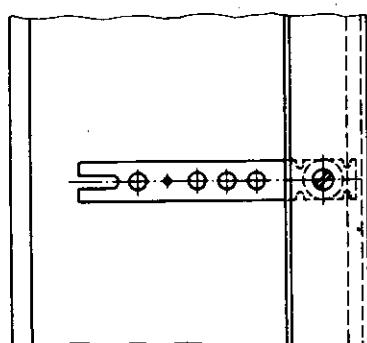


Bild 13. Ansicht zu Bild 12

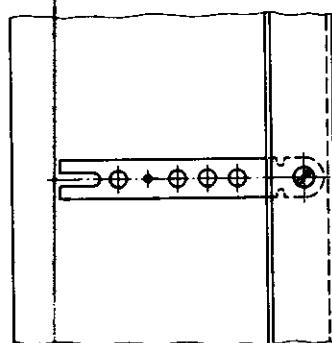


Bild 15. Ansicht zu Bild 14

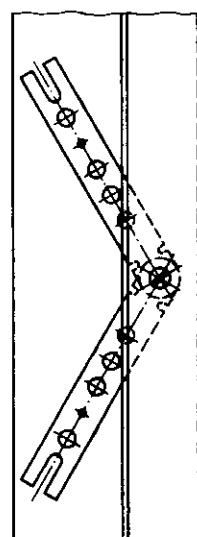


Bild 17. Ansicht zu Bild 16

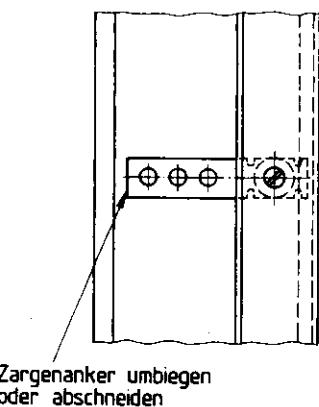


Bild 18. Zargenanker, Einbaubeispiel (Ansicht)  
dünne Wand, allseitig geputzt, Dübelbefestigung auf der Leibung und der Wandfläche, waagerechte Lage der beiden Zargenankerteile

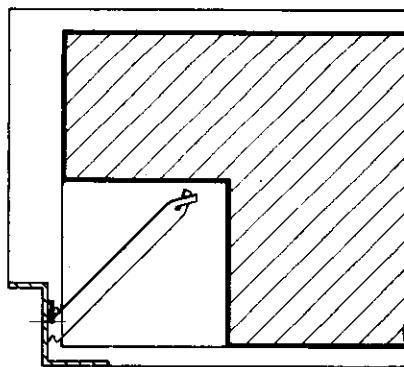


Bild 19. Zargenanker, Einbaubeispiel (Grundriß)  
dicke Wand, allseitig geputzt, Befestigung des Zargenankers wie Maueranker im Ankerloch

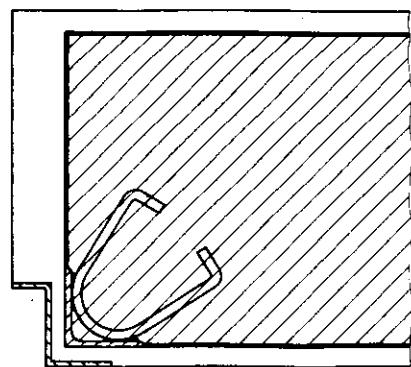


Bild 20. Anschweißanker, Einbaubeispiel (Grundriß)  
dicke Wand, allseitig geputzt, Befestigung der Zarge am Anschweißanker mittels Paßstücken und Schweißung (nicht dargestellt)

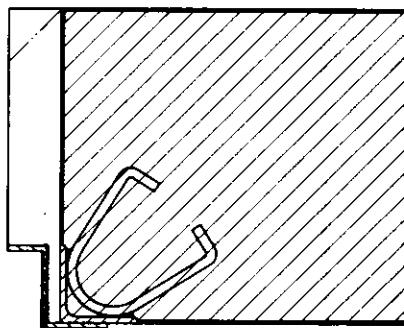


Bild 21. Anschweißanker, Einbaubeispiel (Grundriß)  
dicke Wand, nur Leibungsfläche geputzt, Befestigung der Zarge am Anschweißanker mittels Paßstücken und Schweißung (nicht dargestellt)

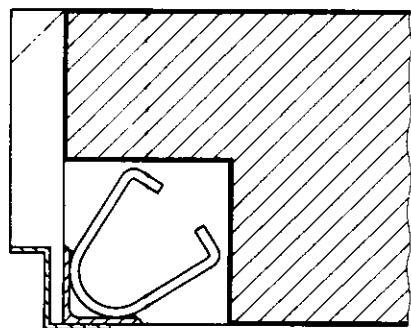


Bild 22. Anschweißanker, Einbaubeispiel (Grundriß)  
dicke Wand, nur Leibungsfläche geputzt, Befestigung der Zarge am Anschweißanker mittels Schweißung mit Paßstücken (nicht dargestellt) oder Zargensteg an Winkel angeschweißt (nicht dargestellt), Befestigung des Anschweißankers im Ankerloch wie Maueranker

## Zitierte Normen

- DIN 15 Teil 2 Technische Zeichnungen; Linien; Allgemeine Anwendung  
 DIN 1045 Beton und Stahlbeton; Bemessung und Ausführung  
 DIN 1053 Teil 1 Mauerwerk; Berechnung und Ausführung  
 DIN 4102 Teil 4 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile  
 DIN 4102 Teil 5 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Feuerschutzabschlüsse, Abschlüsse in Fahrschachtwänden und gegen Feuer widerstandsfähige Verglasungen, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen  
 DIN 18 082 Teil 1 Feuerschlußabschlüsse; Stahltüren T 30-1; Bauart A  
 DIN 18 082 Teil 3 Feuerschutzabschlüsse; Stahltüren T 30-1; Bauart B  
 DIN 18 183 (z. Z. Entwurf) Montagewände aus Gipskartonplatten; Ausführung von Ständerwänden  
 DIN 18 201 Toleranzen im Bauwesen; Begriffe, Grundsätze, Anwendung, Prüfung  
 DIN 18 202 Toleranzen im Hochbau; Bauwerke  
 DIN 18 330 VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen, Teil C: Allgemeine Technische Vorschriften für Bauleistungen; Mauerarbeiten  
 DIN 18 331 VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen, Teil C: Allgemeine Technische Vorschriften für Bauleistungen; Beton- und Stahlbetonarbeiten  
 DIN 18 350 VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen, Teil C: Allgemeine Technische Vorschriften für Bauleistungen; Putz- und Stuckarbeiten  
 DIN 18 360 VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen, Teil C: Allgemeine Technische Vorschriften für Bauleistungen; Metallbauarbeiten, Schlosserarbeiten

## Erläuterungen

- (1) Feuerschutztüren werden vor ihrer Normung (siehe z.B. DIN 18 082 Teil 1 oder Teil 3) bzw. vor ihrer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (ein Verzeichnis der Feuerschutztüren mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung wird beim Institut für Bautechnik, Berlin, geführt) einer Brandprüfung nach DIN 4102 Teil 5 sowie einer simulierten Lebensdauerprüfung (Funktionsprüfung) unterzogen.
- (2) Die Fertigung der Feuerschutztüren unterliegt ferner einer ständigen Überwachung. Es kann daher wohl davon ausgegangen werden, daß Feuerschutztüren einer genormten oder zugelassenen Bauart in einem brauchbaren Zustand auf der Baustelle angeliefert werden.
- (3) Die Einbaubedingungen für die jeweiligen Türen sind in der Norm bzw. im Zulassungsbescheid beschrieben; verschiedene Hersteller legen bereits der Lieferung ihrer Feuerschutztüren außerdem noch gedruckte Einbauanleitungen bei. Gleichwohl gab der Einbau von Feuerschutztüren in der Vergangenheit immer wieder Anlaß zu Beanstandungen, es gab sogar einige spektakuläre Schadensfälle, die auf einen fehlerhaften Einbau zurückzuführen waren.
- (4) Der NABau-Arbeitsausschuß „Feuerschutztüren“ mußte davon ausgehen, daß Feuerschutztüren sehr oft nicht den Einbaubedingungen und -anleitungen entsprechend in der Wand verankert werden. Dies wurde im wesentlichen auf mangelnde Kenntnis und Information der für den Einbau von Feuerschutztüren Verantwortlichen (Architekt, örtlicher Bauleiter, einbauendes Bauhauptgewerbe) zurückgeführt. Der Ausschuß entschloß sich daher, in einer Norm die Einbaubedingungen für einflügelige und zweiflügelige Feuerschutztüren zu vereinheitlichen.
- (5) Während sich die Normen für Feuerschutztüren in erster Linie an die Hersteller wenden, ist die vorliegende Norm bestimmt für den Planer, den örtlichen Bauleiter und den verantwortlichen Polier des Bauhauptgewerbes.
- (6) Bauarten von zugelassenen Feuerschutztüren haben bis heute teilweise sehr unterschiedliche Ankerlagen (Höhenlage der Anker). Bei Ausschreibung, Vergabe und Wandherstellung mußten daher sehr frühzeitig ein bestimmtes Fabrikat und ein bestimmter Türtyp ausgewählt werden, um danach z.B. die Aussparungen für die Anker im Rohbau festzulegen. Umdispositionen zu einem späteren Zeitpunkt führten häufig zu Schwierigkeiten, Türenbauarten mit einem ähnlichen Ankerbild zu finden, – oder auch zu brandschutztechnisch fragwürdigen Lösungen, bei denen Anker an der falschen Stelle angeordnet waren. In der Regel verursachten solche Umdispositionen überdies Mehrkosten und Verzögerungen des Bauablaufes.
- (7) Die Vereinheitlichung der Ankerpunkte in der vorliegenden Norm soll hier Abhilfe schaffen. Alle namhaften Hersteller von Feuerschutztüren haben zugesagt, bei der künftigen Entwicklung ihrer Produkte diese Festlegungen zu beachten.
- (8) Aussparungen für Anker sind planmäßig, d. h. beim Herstellen der Wand, anzulegen – siehe Bilder 1 bis 4 – oder es können nur Zargenanker oder Anschweißanker verwendet werden, deren Verwendung bestimmten, in dieser Norm genannten Einschränkungen unterliegt.
- (9) Diese Norm bietet unter anderem eine Lösung für den Fall an, daß entweder keine Aussparungen vorgesehen, diese beim Erstellen der Wand vergessen worden sind oder Anschweißanker nicht verwendet werden dürfen (z. B. weil nicht bekannt ist, an welchem konkreten Bau und in welche konkrete Wandöffnung die gefertigte Feuerschutztür eingebaut werden soll): In solchen Fällen kann eine Dübelmontage mit dem Zargenanker nach den Festlegungen in dieser Norm einen guten und sicheren Ausweg darstellen.
- (10) Bei der Überarbeitung der vorhandenen Feuerschutztür-Normen DIN 18 082 Teil 1 und Teil 3 sowie bei der Neubearbeitung der zurückgezogenen Normen DIN 18 081 Teil 1 bis Teil 3 (T 90-1-Tür) sowie DIN 18 084 (T 30-2-Tür) wird auf die Festlegungen der DIN 18 093 hingewiesen werden.
- (11) Der NABau-Arbeitsausschuß „Feuerschutztüren“ hofft, daß die Vereinheitlichung der Ankerlage und die Vereinheitlichung der Einbauvorschriften zur Kostensenkung im Bauwesen beitragen kann.
- (12) Wünschenswert wäre, wenn die Norm DIN 18 093 außer für Massivwände auch für standardisierte Leichtbauwände verwendet werden kann, z.B. für Gipskartonplattenwände nach DIN 18 183 (z.Z. Entwurf). Dies konnte jedoch bisher nicht ausreichend nachgewiesen werden; es soll versucht werden, entsprechende Nachweise für eine spätere Ausgabe der Norm DIN 18 093 nachzuholen.
- (13) Das gleiche gilt für die Stahlblech-Umfassungszargen. Auch hier liegen noch nicht genug Erfahrungen vor, um die Einbaubedingungen in einer Norm vereinheitlichen zu können.
- (14) Von einigen Herstellern von Feuerschutztüren werden aber zu den Eckzargen sogenannte Ergänzungszargen angeboten, deren Einbau nach dieser Norm zulässig ist und die ein optisch ähnliches Bild ergeben wie die Umfassungszargen.
- (15) Es soll ferner darauf hingewiesen werden, daß es bisher nicht möglich war, auch das Verhältnis Baurichtmaß (BR) zu lichtem Zargendurchgangsmaß zu vereinheitlichen: Bedingt durch konstruktive Einzelheiten von Türblatt und Zarge beträgt die Differenz dieser beiden Maße (in der Breite) bei derzeit am Markt befindlichen Feuerschutztüren bis zu 400 mm.
- (16) Die Norm trifft keine Festlegungen, wer von den am Bau Beteiligten das Anlegen oder Herstellen der Wandaussparungen, den Einbau und das Ausrichten der Feuerschutztüren sowie das Festmörteln der Anker, gegebenenfalls Anschweißen, sowie das Beiputzen der Zarge übernimmt. Der Auftraggeber (Bauherr) oder sein von ihm beauftragter Architekt/Bauleiter sollte sich rechtzeitig die Verteilung dieser notwendigen Arbeiten überlegen, siehe z. B. DIN 18 330, DIN 18 331, DIN 18 350 und DIN 18 360.

## Internationale Patentklassifikation

E 06 B 5/16  
A 62 C 3/14

**Einzelpreis dieser Nummer 17,80 DM**  
zuzügl. Porto- und Versandkosten

Bestellungen, Anfragen usw. sind an den A. Bagel Verlag zu richten. Anschrift und Telefonnummer wie folgt für

**Abonnementsbestellungen:** Grafenberger Allee 100, Tel. (0211) 68 88/238 (8.00–12.30 Uhr), 4000 Düsseldorf 1

**Bezugspreis halbjährlich 81,40 DM (Kalenderhalbjahr). Jahresbezug 162,80 DM (Kalenderjahr), zahlbar im voraus. Abbestellungen für Kalenderhalbjahresbezug müssen bis zum 30. 4. bzw. 31. 10., für Kalenderjahresbezug bis zum 31. 10. eines jeden Jahres beim A. Bagel Verlag vorliegen.**

Reklamationen über nicht erfolgte Lieferungen aus dem Abonnement werden nur innerhalb einer Frist von drei Monaten nach Erscheinen anerkannt.

**In den Bezugs- und Einzelpreisen ist keine Umsatzsteuer i. S. d. § 14 UStG enthalten.**

**Einzelbestellungen:** Grafenberger Allee 100, Tel. (0211) 68 88/241, 4000 Düsseldorf 1

Von Vorabeinsendungen des Rechnungsbetrages – in welcher Form auch immer – bitten wir abzusehen. Die Lieferungen erfolgen nur aufgrund schriftlicher Bestellung gegen Rechnung. Es wird dringend empfohlen, Nachbestellungen des Ministerialblattes für das Land Nordrhein-Westfalen möglichst innerhalb eines Vierteljahres nach Erscheinen der jeweiligen Nummer beim A. Bagel Verlag vorzunehmen, um späteren Lieferschwierigkeiten vorzubeugen. Wenn nicht innerhalb von vier Wochen eine Lieferung erfolgt, gilt die Nummer als vergriffen. Eine besondere Benachrichtigung ergeht nicht.

**Herausgeber:** Landesregierung Nordrhein-Westfalen, Haroldstraße 5, 4000 Düsseldorf 1

**Herstellung und Vertrieb im Namen und für Rechnung des Herausgebers:** A. Bagel Verlag, Grafenberger Allee 100, 4000 Düsseldorf 1

**Druck:** TSB Tiefdruck Schwann-Bagel, Düsseldorf und Mönchengladbach

**ISSN 0177-3569**