

# MINISTERIALBLATT

FÜR DAS LAND NORDRHEIN-WESTFALEN

## Ausgabe A

15. Jahrgang	Ausgegeben zu Düsseldorf am 30. Mai 1962	Nummer 60
--------------	--	-----------

### Inhalt

#### I.

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

Glied.-Nr.	Datum	Titel	Seite
23238	19. 4. 1962	RdErl. d. Ministers für Landesplanung, Wohnungsbau und öffentliche Arbeiten DIN 19702 — Standsicherheit von Wasserbauten . . . . .	900
23238	19. 4. 1962	RdErl. d. Ministers für Landesplanung, Wohnungsbau und öffentliche Arbeiten DIN 1080 — Zeichen für statische Berechnungen im Bauingenieurwesen . . . . .	910

**23238**

**DIN 19702 — Standsicherheit von Wasserbauten**

RdErl. d. Ministers für Landesplanung, Wohnungsbau und öffentliche Arbeiten  
v. 19. 4. 1962 — II B 2 — 2.799 Nr. 1252/62

Vom Fachnormenausschuß Wasserwesen im Deutschen Normenausschuß ist das Normblatt

**DIN 19702 (Ausgabe September 1960)**

— Berechnung der Standsicherheit von Wasserbauten, Richtlinien — Anlage — aufgestellt worden. Das Normblatt ist auch für Hochbauten von Bedeutung, weil es auch Baugrubenumschließungen behandelt und auch wichtige Angaben über Bauten im Grundwasser enthält.

Ich weise die Bauaufsichtsbehörden des Landes Nordrhein-Westfalen unter Bezugnahme auf Nr. 1.5 meines RdErl. v. 20. 6. 1952 (MBI. NW. S. 801/SMBI. NW. 2323) auf dieses Normblatt hin und gebe es als Anlage bekannt.

Das Normblatt DIN 19702 und dieser RdErl. sind in die Nachweisung B, Anlage 2 zum RdErl. v. 1. 9. 1959 (MBI. NW. 2333-SMBI. NW. 2323 — RdErl. v. 20. 6. 1952), unter VII 3 aufzunehmen.

An die Regierungspräsidenten,  
Landesbaubehörde Ruhr,  
Bauaufsichtsbehörden,  
das Landesprüfamt für Baustatik,  
die kommunalen Prüfämter für Baustatik,  
Prüfingenieure für Baustatik,  
staatlichen Bauverwaltungen,  
Bauverwaltungen der Gemeinden und Gemeindeverbände.

# Berechnung der Standsicherheit von Wasserbauten

Richtlinien

DIN 19702

**Inhalt**

- |  |  |
|--|--|
| <b>1. Allgemeines</b>                        | <b>3.2.3. Lastfall 3</b>   |
| <b>2. Berechnungsgrundlagen</b>              | <b>3.3. Zulässige Spannungen</b>   |
| 2.1. Baugrund                                | 3.4. Berechnungsgrundsätze   |
| 2.2. Angreifende Kräfte                      | 3.4.1. Betonbauteile   |
| 2.2.1. Eigengewicht                          | 3.4.2. Stahlbetonbauteile  |
| 2.2.2. Verkehrs- und Auflasten               | 3.4.3. Spannungen in der Sohlenfuge  |
| 2.2.3. Wasserdruck                           | 3.5. Nachweis der Gleitsicherheit in der Sohlenfuge                                |
| 2.2.4. Erddruck und Erdwiderstand            | 3.6. Nachweis der Standsicherheit von Böschungen und Dämmen                        |
| 2.2.5. Bodengegendruck                       | 3.7. Nachweis der Sicherheit gegen statischen Grund- und Geländebruch              |
| 2.2.6. Eisdruck                              | 3.8. Nachweis der Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch und Erosionsgrundbruch |
| 2.2.7. Windlast                              | 3.9. Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen                                    |
| 2.2.8. Temperatur- und Schwindeinflüsse      | 3.10. Nachweis der Setzungen   |
| 2.2.9. Kräfte aus bergbaulichen Einwirkungen |  |
| 2.2.10. Erdbebenkräfte                       |  |
| <b>3. Nachweis der Standsicherheit</b>       | <b>Erklärungen</b>   |
| 3.1. Allgemeines zum Nachweis                | <b>Schrifttum</b>  |
| 3.2. Lastfälle                               |  |
| 3.2.1. Lastfall 1                            |  |
| 3.2.2. Lastfall 2                            |  |

**1. Allgemeines**

Diese Norm enthält in gedrängter und allgemeiner Form Richtlinien für den Nachweis der Standsicherheit von Wasserbauwerken aller Art; sie wird durch Erklärungen ergänzt (siehe Seite 4 und folgende). Eingeschlossen sind nichtständige Bauten wie Baugrubenumschlüsse u. ä. Dagegen sind Stahlwasserbauten wie Verschlüsse für Schleusen und Wehre und dgl., die in DIN 19704<sup>1)</sup> behandelt sind, ausgenommen.

Neben diesen Richtlinien sind alle einschlägigen Normen zu beachten.

**2. Berechnungsgrundlagen****2.1. Baugrund**

Unerlässliche Voraussetzung für die Berechnung der Standsicherheit von Wasserbauten sind genaue Kenntnisse über den Baugrund und seine Eigenschaften. Die für die Gesamtplanung notwendigen Bodenaufschlüsse und bodenmechanischen Untersuchungen müssen bis zu einer Tiefe geführt werden, in welcher die Einflüsse des Bauwerkes auf die Spannungen im Untergrund abklingen.

Neben den üblichen Bodenaufschlüssen und Bodenuntersuchungen nach DIN 1054 müssen hinreichende Angaben vorliegen über:

Schichtung des Baugrundes (besonders im Hinblick auf die Gleitsicherheit und Kolkgefahr),

Hohlräumgehalt und Verdichtbarkeit von Schüttmaterial für Hinterfüllungen und Dämme (Eignung des Bodens, Einbaubedingungen, Raumgewichte),

Wasserdurchlässigkeit (bei Fels: Klüftigkeit) zur Klärung der Strömungsvorgänge

im Baugrund (Ermittlung der Unter- und Umläufigkeit, des auf die Gründungssohle wirkenden Wasserdruckes und der Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch),

in Hinterfüllungen (Ermittlung des Wasserstandes hinter Stützkörpern bei rasch fallendem Wasserspiegel auf der Gewässerseite),

in Dämmen (Ermittlung des Strömungsdruckes),

Grundwasserstockwerke, Grundwasserströmungen und deren Schwankungen (Ermittlung der angreifenden Kräfte auf die angrenzenden Bauteile),

Spannungen des Grund- und Porenwassers (Ermittlung des Sohlenwasserdruckes sowie der Verringerung der Scherfestigkeit bei bindigen Böden).

<sup>1)</sup> Titel dieser und aller weiteren im Wortlaut genannten Normen siehe Erklärungen zu Abschnitt 1.

## 2.2. Angreifende Kräfte

### 2.2.1. Eigengewicht

Maßgebend für den Ansatz des Eigengewichtes ist DIN 1055. Das Eigengewicht von Baukörpern, die ins Wasser tauchen, ist in voller Höhe in Rechnung zu setzen; die Auftriebskräfte werden als äußere Kräfte gesondert berücksichtigt. Dies gilt jedoch nicht für Boden unter Wasser, z. B. bei Erddruckberechnungen (siehe Abschnitt 2.2.4.) und Gleituntersuchungen (siehe Abschnitt 3.5.).

### 2.2.2. Verkehrs- und Auflasten

Die Verkehrs- und Auflasten können herrühren von:

- Bodenüberschüttungen,
- Wasserauflasten,
- anderen Bauteilen,
- Ausrüstungen (z. B. Turbinen, Generatoren, Verschlüsse, Antriebe, Krane),
- Verkehrsbelastungen,
- Stoßkräften, z. B. Schiffsstößen,
- Trossenkräften und dgl.

### 2.2.3. Wasserdruk

Der Wasserdruk erscheint vor allem als Staudruk, Grund- oder Schichtwasserdruck, Sohlenwasserdruck, Fugenwasserdruck, Strömungswasserdruck und Porenwasserdruck.

#### 2.2.3.1. Staudruk

Der Staudruk ist unter Berücksichtigung eines etwaigen Windstaus oder sonstigen Überstaues sowie später zu erwartender Veränderungen anzusetzen.

Kurzfristige und in der Regel selten auftretende Stau erhöhungen, z. B. durch Schwallwirkungen oder Eisversetzungen, sind ebenfalls zu berücksichtigen, auch bei Bau grubenumschließungen. Die Wirkungen der Bewegung des freien Wassers können im allgemeinen durch hydrostatische Kräfte in Form einer Erhöhung des Wasserspiegels ersetzt werden.

Die Wirkungen der Wellen an der See und an Binnengewässern sind auf Grund der örtlichen Verhältnisse anzusetzen.

#### 2.2.3.2. Grund- und Schichtwasserdruck

Der Grund- und Schichtwasserdruck (auch artesischer Druck) ist unter Berücksichtigung von örtlichen Beobachtungen und späteren Wasserstandsänderungen festzulegen.

Besondere Beachtung verdienen Spiegelunterschiede beiderseits einer Ufereinfassung, die z. B. durch langanhaltende Niederschläge, Gezeitenbewegung, rasch abfallende Hochwasser oder durch Betriebsmaßnahmen entstehen können.

Bei Stauwerken ist das Gefälle in dem umströmenden Grundwasser im allgemeinen geradlinig zwischen Oberwasser und Unterwasser verlaufend anzunehmen. Wird die Umströmung durch Abriegelungswände oder Entwässerungen beeinflußt, dann kann der Wasserdruk auf die begrenzenden Bauteile entsprechend dem Strömungsbild angenommen werden.

Eine durch bauliche Maßnahmen beabsichtigte und erreichte Senkung des Wasserspiegels darf nur berücksichtigt werden, wenn ihre dauernde Wirkung durch eine sorgfältige Planung und Ausführung gewährleistet ist und überwacht werden kann. Für den Fall des Versagens der Dränung soll jedoch das Bauwerk noch einen genügenden Rest von Standsicherheit aufweisen; ein solches Versagen darf nur dann unberücksichtigt bleiben, wenn die Wirkung der Dränung nicht nur überwacht, sondern auch wiederhergestellt werden kann.

#### 2.2.3.3. Sohlenwasserdruck

In der Sohlenfuge und in allen übrigen, nach unten gerichteten Begrenzungsflächen eines Bauteiles ist — auch bei Gründung auf Fels — mit dem Auftreten von Sohlenwasserdruck zu rechnen; er ist senkrecht zur getroffenen Fläche

wirkend als äußere Kraft — getrennt vom Eigengewicht des Bauwerkes — anzunehmen und im allgemeinen dem vollen hydrostatischen Druck gleichzusetzen. Bei ungleich hohen Wasserständen beiderseits des Bauwerkes ist die Höhe des Sohlenwasserdruckes zwischen den beiden Druckhöhen im allgemeinen geradlinig verlaufend anzunehmen.

Wird jedoch die Unterströmung des Bauwerkes durch Dichtungsschrüzen, Dichtungssteppiche, Entwässerungen u. ä. beeinflußt, dann kann der Sohlenwasserdruck entsprechend dem Strömungsbild angesetzt werden.

Eine Verringerung des Sohlenwasserdruckes durch eine künstliche oder vorhandene und wirksame Entwässerung darf angesetzt werden; hierbei gilt jedoch die Einschränkung wie in Abschnitt 2.2.3.2.

#### 2.2.3.4. Wasserdruk in Dehnungsfugen

In allen Dehnungsfugen (Fugen mit Einlagen zwischen Bau blöcken) ist mit einer Druckhöhe entsprechend dem vollen hydrostatischen Wasserdruk zu rechnen. Bei besonderen Dichtungs- und Entwässerungsmaßnahmen darf eine Druckverminderung angesetzt werden.

#### 2.2.3.5. Wasserdruk im Inneren von Betonbauteilen

In Betonbauteilen, die vom Wasser berührt werden, ist mit Porenwasserdruck zu rechnen.

Größe und Verlauf des Porenwasserdruckes sind aus der hydrostatischen Druckhöhe des angrenzenden Wasserspiegels und der Durchlässigkeit des Betons abzuleiten. Bei besonderen Dichtungs- und Entwässerungsmaßnahmen darf eine Druckverminderung angesetzt werden.

Ferner darf die Tatsache berücksichtigt werden, daß der Porenwasserdruck zu seiner Entwicklung längere Zeit benötigt.

Dementsprechend ist es bei sehr dicken Bauteilen und bei solchen Bauteilen, die nur kurze Zeit hindurch dem Wasser ausgesetzt sind, zulässig, den Porenwasserdruck vermindert anzunehmen und das Druckbelastungsbild den besonderen Bedingungen anzupassen. Bei Spiegelschwankungen ist die Druckhöhe auf den am längsten andauernden Wasserspiegel abzustimmen.

Liegen keine genaueren Untersuchungen vor, dann kann bei ungleicher Spiegelhöhe beiderseits des Bauteiles der Verlauf des Porenwasserdruckes im Bauteil entsprechend einer geradlinigen Verbindung seiner beiden Randwerte angenommen werden.

In Arbeitsfugen (Fugen zwischen Betonierabschnitten) mit außermittiger Druckkraft ist der Zugspannungsbereich als klaffende Fuge zu behandeln; in ihm wird der volle hydrostatische Wasserdruk angesetzt. Im Druckspannungsbereich tritt der Wasserdruk als Porenwasserdruck auf, der nach den oben angegebenen Gesichtspunkten anzusetzen ist. Dasselbe gilt auch für Biegezugrisse in unbewehrten Bauteilen, bei denen die Biegespannungen die zulässigen Grenzen nach DIN 1047 überschritten haben.

In Stahlbetonquerschnitten mit gerissener Zugzone unter Wasser wird der Fugenwasserdruck dort mit dem vollen hydrostatischen Wert angesetzt. Wird auf eine genaue Berechnung verzichtet, darf angenommen werden, daß der Zugspannungsbereich  $\frac{2}{3}$  des Querschnittes einnimmt; in diesem Bereich wirkt der volle Wasserdruk. Im Druckspannungsbereich des Querschnittes ist wie oben angegeben zu verfahren.

#### 2.2.3.6. Strömungswasserdruck

Bei durchströmten Erdböschungen und sonstigen Erdkörpern ist in der Standsicherheitsberechnung die ungünstige Wirkung des strömenden Wassers zu berücksichtigen (Untersuchung mit Wasserdrucksatz jeweils in der Gleitfuge oder gleichwertiges Verfahren). Das gleiche gilt bei der Ermittlung des Erdwiderstandes von Ufereinfassungen oder Baugrubenwänden mit hohem Wasserüberdruck.

## 2.2.4. Erddruck und Erdwiderstand

Unterhalb des Grundwasserspiegels sind bei allen Bodenarten getrennt der Erddruck mit dem durch den Auftrieb verminderten Gewicht des Bodens (Rohwichte) und der volle Wasserdruck anzusetzen. Sowohl der Winkel der inneren Reibung  $\varphi$  als auch der Wandreibungswinkel  $\delta$  sind je für sich über und unter Wasser gleich groß; ein Wandreibungswinkel  $\delta > 0^\circ$  darf nur angenommen werden, wenn das Bauwerk die erforderliche Bewegung ausführen kann.

Wegen der Größe von  $\varphi$  siehe DIN 1055 Blatt 1.

Der Erdwiderstand darf nur berücksichtigt werden, wenn der stützende Erdboden dauernd vorhanden ist und wenn das Bauwerk die hierzu erforderlichen Verschiebungen verträgt (siehe auch DIN 1054).

Beim Ansatz der Erddruckverteilung sind die möglichen Wandbewegungen zu berücksichtigen. Unnachgiebige Bauwerke sind mit dem Ruhedruck zu beladen, der senkrecht zur Wand wirkt. Der Einfluß des Porenwasserüberdruckes auf die Scherfestigkeit ist zu beachten.

## 2.2.5. Bodengegendruck

Die Verteilung des Bodengegendruckes kann bei starren Baukörpern von geringen Abmessungen im allgemeinen nach dem Spannungstriangel angesetzt werden. Ist eine Berücksichtigung der Nachgiebigkeit des Untergrundes angebracht, so enthält DIN 4018 nähere Angaben.

## 2.2.6. Eisdruck

Die Eislast kann als Druck einer geschlossenen Eisdecke oder übereinander gefürmter Eisschollen, als Hub einer angefrorenen Eisdecke bei steigendem Wasserspiegel und als Stoß einer treibenden Eisscholle auftreten. Eisdruck ist in solchen Sonderfällen zu berücksichtigen (siehe auch DIN 19700 Blatt 1 und DIN 19704).

## 2.2.7. Windlast

Die Windlast ist nach DIN 1055 Blatt 4 anzunehmen.

## 2.2.8. Temperatur- und Schwindeneinflüsse

Temperaturänderungen und Schwindmaß sind den baulichen und örtlichen Bedingungen entsprechend anzunehmen.

## 2.2.9. Kräfte aus bergbaulichen Einwirkungen

Bei Bauwerken im Einflußbereich untertägigen Bergbaues sind die bei ungleichmäßigen Senkungen, bei Pressungen und Zerrungen auftretenden Kräfte zu berücksichtigen. Ihre Größe und Richtung ist von Fall zu Fall zu ermitteln.

## 2.2.10. Erdbebenkräfte

Trägheitskräfte durch Erdbeben werden nur in erdbebengefährdeten Gebieten berücksichtigt; sie sind von Fall zu Fall festzulegen (siehe DIN 4149).

## 3. Nachweis der Standsicherheit

### 3.1. Allgemeines zum Nachweis

Der Nachweis der Standsicherheit muß sich sowohl auf die Bauwerke als Ganzes als auch auf Einzelbauteile und auf den Baugrund erstrecken. Gruppen von Bauteilen können nur dann als eine statische Einheit aufgefaßt werden, wenn sie zweifelsfrei zusammenwirken.

Die nachzuweisenden statischen Größen sind getrennt für die einzelnen Kräfte nach Abschnitt 2.2. zu ermitteln. Aus der Gegenüberstellung der in Betracht kommenden Lastfälle 1 bis 3 (Abschnitt 3.2.) und der dazugehörigen Spannungen (Abschnitt 3.3.) ist der jeweils mögliche und maßgebende, ungünstigste Fall zu bestimmen und der Bemessung zugrunde zu legen.

Bei vorübergehenden Bauten können im Einvernehmen mit den hierfür zuständigen Behörden Erleichterungen gewährt werden. Für wichtige Bauwerke mit schwer zu erfassendem Kräftespiel wird die Durchführung von Versuchen (Spannungsoptik usw.) empfohlen. Standsicherheitsnachweise müssen schriftlich niedergelegt werden und in übersichtlicher, prüffähiger Form über die angreifenden Kräfte, das statische System, das Kräftespiel und die Schnittkräfte Auskunft geben. Sie müssen ferner die Gegenüberstellung der vorhandenen und zulässigen Spannungen im Bauwerk einschließlich des Untergrundes oder die Ermittlung der Sicherheitszahlen enthalten. Der Frage der Rißsicherheit ist besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden.

## 3.2. Lastfälle

Für die statische Berechnung und die Zuordnung der zulässigen Spannungen werden folgende Lastfälle unterschieden:

### 3.2.1. Lastfall 1 (normaler Betriebsfall)

Im Lastfall 1 sind alle im normalen Betriebsfall gleichzeitig möglichen Belastungen zusammenzufassen, z. B. ständig wirkende Lasten, öfter wiederkehrende Nutzlasten, Wasserdruck aus Wellenbewegungen und aus erfahrungsgemäß häufig wiederkehrendem Windstau, Sunk usw.

In Standsicherheitsuntersuchungen, in denen Niedrigwasser maßgeblicher Wasserstand ist, darf im Lastfall 1 das mittlere Niedrigwasser (MNW) angenommen werden.

### 3.2.2. Lastfall 2 (ungünstiger Betriebsfall)

Im Lastfall 2 sind alle im ungünstigen Betriebsfall gleichzeitig möglichen Belastungen zusammenzufassen, z. B. alle Lasten nach Lastfall 1, alle in größeren Zeitabständen wiederkehrenden Lasten wie Eisdruck, Winddruck usw. und kurzfristig wirkende Lasten wie Pollerzug, Trossenzug, Schiffsstoß usw. Zum Lastfall 2 gehören ferner Bau- und Reparaturzustände. In Standsicherheitsuntersuchungen, in denen Niedrigwasser maßgebender Wasserstand ist, muß im Lastfall 2 niedrigstes Niedrigwasser (NNW) angenommen werden.

### 3.2.3. Lastfall 3 (außergewöhnlicher Betriebsfall)

Besteht in besonderen Fällen die Möglichkeit von außergewöhnlichen Belastungen, dann kann im Einvernehmen mit der bauaufsichtsführenden Behörde ein Lastfall 3 festgelegt werden.

## 3.3. Zulässige Spannungen

Im Lastfall 1 sind für die zulässigen Spannungen die einschlägigen Normen und Bestimmungen maßgebend.

Im Lastfall 2 dürfen diese zulässigen Spannungen um 15% und im Lastfall 3 im Einvernehmen mit der bauaufsichtsführenden Behörde um 30% erhöht werden.

Für Bodenpressung, Gleitsicherheit und Grundbruchsicherheit bleibt jedoch in allen Fällen DIN 1054 maßgebend. Liegen einwandfreie bodenphysikalische Untersuchungen nicht vor, dann dürfen für die Beanspruchung der Bauteile durch Erddruck und Erdwiderstand bei der Berechnung nach Lastfall 2 nur die Spannungen für Lastfall 1 und bei der Berechnung nach Lastfall 3 nur die Spannungen für Lastfall 2 zugelassen werden.

## 3.4. Berechnungsgrundsätze

### 3.4.1. Betonbauteile

Bei Betonbauteilen sind folgende Zustände zu unterscheiden:

3.4.1.1. Der Bauteil hat im untersuchten Querschnitt den Zusammenhang bewahrt (nicht gerissene Zugzone).

In diesem Fall können Zugspannungen im Rahmen der zulässigen Grenzen (DIN 1047) aufgenommen werden. Diese Bestimmung darf jedoch nicht auf Arbeitsfugen angewendet werden. Bei ihnen bleiben Zugspannungen — sofern sie günstig wirken — außer Ansatz (siehe Abschnitt 2.2.3.5.).

**3.4.1.2.** Der Bauteil hat im untersuchten Querschnitt, z. B. durch Öffnen einer Arbeitsfuge oder durch Bildung eines Risses, den Zusammenhang verloren. In die Fuge eintretendes Wasser übt Druckkräfte aus und vermindert die Standsicherheit des Bauteiles. Werden in diesem Fall bei Annahme des vollen Wasserdruktes im klaffenden Teil der Fuge die in DIN 1047 festgelegten Bedingungen nicht mehr erfüllt, dann ist eine Zugbewehrung erforderlich.

#### **3.4.2. Stahlbetonbauteile**

Stahlbetonbauteile werden nach DIN 1045 bemessen, wobei der Wasserdruk nach Abschnitt 2.2.3.5. zu berücksichtigen ist. Für die sich aus Temperaturänderung und Schwinden ergebenden Zwängungsspannungen kann eine geringere Sicherheit als für die Lastspannungen angesetzt werden, d. h. die nach Abschnitt 2.2.8. berechneten Spannungen aus Temperaturänderungen und Schwinden dürfen mit einem ermäßigten Wert in Rechnung gestellt werden.

#### **3.4.3. Spannungen in der Sohlenfuge**

Die Lage der Resultierenden aller am Bauwerk angreifenden Kräfte muß DIN 1054 entsprechen.

In der Berechnung ist zusammen mit den anderen Kräften auch der Sohlenwasserdruk nach Abschnitt 2.2.3.3. einzusetzen. Der Bodengegengedruck, der dieser Resultierenden das Gleichgewicht hält, stellt somit die tatsächliche Beanspruchung des Baugrundes dar; er ist der zulässigen Bodenpressur nach DIN 1054 gegenüberzustellen.

#### **3.5. Nachweis der Gleitsicherheit in der Sohlenfuge**

Hinsichtlich der Gleitsicherheit in der Sohlenfuge wird auf DIN 1054 verwiesen.

Die stützende Wirkung einer Spundwand darf nur insoweit berücksichtigt werden, wie die dazugehörigen Spannungen und Verformungen von Wand und Erdreich in zulässigen Grenzen bleiben.

#### **3.6. Nachweis der Standsicherheit von Böschungen und Dämmen**

Soweit die Standsicherheit von Böschungen und Dämmen nachzuweisen ist, sind die Wasserdrukverhältnisse im Inneren der Böschung oder des Dammes zu berücksichtigen (siehe DIN 19700 Blatt 1).

#### **3.7. Nachweis der Sicherheit gegen statischen Grund- und Geländebruch**

Bei Untergrundverhältnissen, die zur Besorgnis Anlaß geben, ist für wichtige Bauwerke der Nachweis der Grund- und Geländebruchsicherheit zu erbringen (siehe DIN 1054). Dies gilt auch für Bauzustände.

#### **3.8. Nachweis der Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch und Erosionsgrundbruch**

Für Bauwerke, die auf durchlässigem Boden mit starkem Wasserdrukgefälle gegründet werden, ist der Nachweis der Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch zu erbringen. Dies gilt auch für Baugrubenumschließungen. Darüber hinaus ist entsprechend den örtlichen Bedingungen die Gefahr eines Erosionsgrundbruches zu prüfen.

#### **3.9. Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen**

Die Sicherheit eines Bauteiles gegen Aufschwimmen soll unter Berücksichtigung der ungünstigsten Wasserstände und unter Vernachlässigung günstig wirkender Wandreibungs-kräfte mindestens 1,1 betragen.

Werden günstig wirkende Wandreibungs-kräfte statisch als tragend mit herangezogen, so ist die erforderliche Sicherheit gegen Aufschwimmen entsprechend zu erhöhen.

#### **3.10. Nachweis der Setzungen**

Sind bei einem Bauwerk größere oder unterschiedliche Setzungen zu erwarten, dann ist dem Nachweis der Standsicherheit die Berechnung der Setzungen beizufügen (siehe DIN 4019).

#### **Erklärungen**

Diese Norm bringt erstmalig Richtlinien für die Berechnung der Standsicherheit von Wasserbauten, die sowohl dem Statiker und Konstrukteur als auch den Aufsichtsbehörden dienen sollen. Die neuesten Erkenntnisse wurden berücksichtigt und besonderer Wert auf leichte Verständlichkeit gelegt. Um Zweifelsfälle bei der Auslegung weitgehend auszuschließen, werden zu den wichtigsten Abschnitten der Norm nachstehende Erklärungen gegeben.

##### **Zu Abschnitt 1. Allgemeines**

Die in dieser Norm behandelten Wasserbauten umfassen Schleusen, Wehre, Wasserkraft- und Hafenbauten samt allen wasserbaulichen Nebenanlagen, wie Ufermauern, Dämme, Böschungen u. ä. sowie Baugrubenumschließungen. Ausgenommen sind außer den Stahlwasserbauten noch alle Nebenanlagen allgemeinen Charakters, wie Schleusen- und Wehraufbauten, Kraftwerkshallen u. ä.

Für eine sachgemäße Aufstellung der Berechnungen wird noch auf folgende einschlägige Normen hingewiesen:

- DIN 1045 Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Stahlbeton
- DIN 1047 Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Beton
- DIN 1050 Stahl im Hochbau, Berechnung und bauliche Durchbildung
- DIN 1052 Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung
- DIN 1053 Mauerwerk, Berechnung und Ausführung
- DIN 1054 Zulässige Belastung des Baugrundes, Richtlinien
- DIN 1055 Blatt 1 Lastannahmen für Bauten; Bau- und Lagerstoffe, Bodenarten und Schüttgüter  
Blatt 2 –, Eigengewichte von Bauteilen  
Blatt 3 –, Verkehrslasten  
Blatt 4 Lastannahmen im Hochbau; Verkehrslasten, Windlast  
Blatt 5 –, –, Schneelast
- DIN 4015 Erd- und Grundbau, Formelzeichen
- DIN 4018 Flächengründungen, Richtlinien für die Berechnung
- DIN 4019 Blatt 1 Setzungsberechnungen bei lotrechter, mittiger Belastung, Richtlinien
- DIN 4020 Bautechnische Bodenuntersuchungen, Richtlinien
- DIN 4021 Baugrund und Grundwasser, Erkundung, Bohrungen, Schürfe, Probenahme; Grundsätze
- DIN 4022 Blatt 1 Schichtenverzeichnis und Benennen der Boden- und Gesteinsarten, Baugrunduntersuchungen
- DIN 4048 Wasserkraft- und Stauanlagen, Fachausdrücke und Begriffserklärungen
- DIN 4149 Bauten in deutschen Erdbebengebieten, Richtlinien für Bemessung und Ausführung
- DIN 4224 Bemessung im Stahlbetonbau
- DIN 4227 Spannbeton, Richtlinien für Bemessung und Ausführung
- DIN 19700 Blatt 1 Stauanlagen, Richtlinien für den Entwurf, Bau und Betrieb, Teil I: Talsperren  
Blatt 2 Stauanlagen, Richtlinien für den Entwurf, Bau und Betrieb, Teil II: Wehre
- DIN 19704 Berechnungsgrundlagen für Stahlwasserbauten
- DIN 19753 Wasserkraftnutzung, Vorarbeiten für Wasserkraft- und Stauanlagen, Richtlinien.

## Zu Abschnitt 2.1. Baugrund

Die Kenntnis des Baugrundes ist Voraussetzung für die Berechnung der Gründung und die statische Formgebung und Gliederung eines Bauwerkes. Sie ist von besonderer Bedeutung, wenn durch den Bauteil (Sperrre, Wehr) eine Stufe geschaffen wird, die ebenso im freien Wasserspiegel wie auch im Grundwasser entsteht und Kräfte auf Baugrund und Bauwerk ausübt. Der Umfang und die Genauigkeit der Untersuchungen hängen von der Art des Baugrundes, vom Wasserspiegelunterschied, von der Höhe des Geländesprunges und von der Art und Größe des Bauwerkes ab; auch kleinere Bauvorhaben müssen mit angemessener Sorgfalt untersucht werden. Über die Anordnung und Tiefe der Aufschlußbohrungen siehe DIN 1054.

Die Schichtung des Baugrundes kann die Gleitsicherheit eines Bauwerkes maßgebend beeinflussen. Die Bodenuntersuchungen und daraus die Berechnungsannahmen sind stets auf den ungünstigsten Verlauf der Gleitfuge abzustimmen.

Das Schüttmaterial zum Hinterfüllen von Baukörpern (Auffüllung des Baugrubenzwickels) ist vor dem Entwurf der Stützkörper zu untersuchen. Die Auswahl des günstigsten Materials kann zu wirtschaftlicheren Mauerquerschnitten führen.

Spannungen des Grund- und Porenwassers werden durch das Entfernen der Auflasten beim Baugrubenauhub geändert. Die Gründungssohle hebt sich in der Regel durch Quellen bei bindigem Boden oder unter der Wirkung des angespannten Grundwassers bei geschichtetem Baugrund und Grundwasserstockwerken an. Erhöhte Setzungsempfindlichkeit und Verringerung der Scherfestigkeit sind die Folgen; darauf muß die Berechnung der Gründung Rücksicht nehmen, vor allem für Lastfälle während des Bauvorganges, solange das Aufquellen des Bodens noch nicht durch die neue Auflast des Bauwerkes rückgängig gemacht worden ist.

## Zu Abschnitt 2.2.1. Eigengewicht

Es ist unzweckmäßig in der Berechnung, das Eigengewicht eines in Wasser eintauchenden Bauteiles mit dem Auftrieb zusammenzufassen, da hierdurch leicht Irrtümer entstehen können (siehe auch Erklärungen zu Abschnitt 2.2.3.).

## Zu Abschnitt 2.2.2. Verkehrs- und Auflasten

Soweit nicht nach anderen Vorschriften, z. B. für Krane, Stoßzuschläge gesondert zu berücksichtigen sind, wird in der Regel die stoßweise Wirkung einer Kraft bereits in die Lastgröße miteinbezogen, z. B. bei Schiffsstößen, Trossenkräften [1] 2) u. dgl., so daß hier eine eigene Stoßzahl wegfallen kann.

## Zu Abschnitt 2.2.3. Wasserdruck

Nur die wichtigsten und häufigsten Arten des Wasserdruckes sind aufgezählt. In besonderen Fällen ist der jeweils vorliegende Wasserdruck zu berücksichtigen (z. B. Druckstoß, Druck bei Unterwassersprengungen, Druck- und Sogkräfte in Turbinensaugschläuchen bei Schnellschluß der Turbinen u. ä.).

Als Wasserdruck wird oft auch noch der Auftrieb in die Berechnung eingeführt. Die physikalische Größe „Auftrieb“ eines in eine Flüssigkeit eingetauchten Körpers ist statisch gesehen keine Einzelkraft, sondern die Resultierende der lotrechten, aufwärts und abwärts gerichteten Kräfte auf die benetzte Oberfläche des Körpers. Betrachtet man im Wasserbau das Kräftespiel in einer vorhandenen oder auch nur gedachten Bauwerksfuge oder in der Bodenfuge (Gründungsfuge), dann stellt der anzusetzende Wasserdruck nur die eine Komponente dar; die Bezeichnung „Auftrieb“ ist also hier nicht richtig. In dieser Norm sind deshalb die Wasserdrücke ihrem Wesen nach als Fugenwasserdruck, Sohlenwasserdruck usw. bezeichnet.

2) Die in [] gesetzte Zahl bezieht sich auf das Schriftumverzeichnis am Schluß der Norm.

Eine Ausnahme ist beim Erddruck unter Wasser vorhanden, wo es sich bei der Bestimmung des Bodengewichtes unter Wasser tatsächlich um die exakte Größe „Auftrieb“ handelt und deshalb die empfohlene Zusammenfassung von Eigengewicht und Auftrieb einwandfrei ist.

## Zu Abschnitt 2.2.3.1. Staudruck

Die Höhe des Windstaues und des Staues infolge einer Eisversetzung entzieht sich einer rechnerischen Bestimmung. Die Annahmen für diese Größen in der statischen Berechnung müssen sich deshalb auf Erfahrungswerte aus örtlichen Beobachtungen stützen. Stauerhöhungen durch Eisversetzungen sind zu sehr von den örtlichen, baulichen und klimatischen Verhältnissen abhängig, als daß auch nur annähernd Angaben darüber gemacht werden können. Bei der örtlichen Untersuchung hierfür ist auf die Möglichkeit von Gewölbebildungen in der Eisdecke, Bildung von Grundeisschwellen u. dgl. Rücksicht zu nehmen. Schwall- und Sunkerscheinungen, z. B. bei Kraftwerken infolge plötzlicher Turbinenabschaltung können nur näherungsweise errechnet werden und sollten daher im Modellversuch überprüft werden; ihre Einwirkungen, z. B. auf die Trossenkräfte von festgemachten Schiffen, besonders im Verein mit Reflexionswirkungen in Schleusen, können beträchtlich sein.

Beim Staudruck aus der Bewegung des freien Wassers handelt es sich in den weitaus meisten Fällen um strömende Bewegung, die einer mathematischen Behandlung wenigstens näherungsweise zugänglich ist, siehe z. B. [2]. Über die Wirkung der Wellen siehe z. B. [3].

## Zu Abschnitt 2.2.3.2. Grund- und Schichtwasserdruck

Der Grundwasserspiegel erfährt bei der Errichtung von Wasserbauten meistens Veränderungen, z. B. eine Anhebung im Bereich des Oberwassers und eine Absenkung infolge Baggerung im Bereich des Unterwassers einer Staustufe. Die Berechnung der Ufereinfassungen und der Böschungen muß diese Veränderung des Grundwasserspiegels und des Gefälles berücksichtigen. Artesischer Druck ist ebenfalls mit einzubeziehen, auch wenn er während des Bauvorganges durch eine Entwässerung vorübergehend abgebaut wird (siehe auch Erklärungen zu Abschnitt 2.2.3.). Die Verminderung des Wasserdruckes auf ein Bauwerk durch eine Dränung soll in der statischen Berechnung nur dann berücksichtigt werden, wenn die Wirksamkeit der Dränung dauernd gewährleistet ist. Liegt nur nichtbindiger Boden ohne nennenswerte Anteile von Feinstmaterial vor, dann braucht im allgemeinen kein allzu strenger Maßstab an die Sicherung des Entwässerungsvorganges gelegt zu werden. Bei größeren Anteilen an Feinstmaterial oder bei der Gefahr des Einschlammens und Ausflockens von dichtenden Feinststoffen oder gar bei bindigem Boden muß meistens damit gerechnet werden, daß die Dränanlage im Laufe der Zeit unwirksam wird. Deshalb soll bei Bemessung eines Bauteiles unter Berücksichtigung der Wirkung einer Dränung in der statischen Berechnung zusätzlich der Fall des Versagens untersucht werden; hierfür ist Lastfall 3 nach Abschnitt 3.2.3. anzunehmen; der Bauteil muß dann noch einen genügenden Rest von Standsicherheit aufweisen. So kann z. B. in einer Gründungsfuge die Resultierende aller Kräfte außerhalb des zugelassenen Bereiches nach DIN 1054 liegen; sie muß aber noch einen gewissen Abstand von der Kante des Querschnittes haben. Die Größe dieses Minimalabstandes richtet sich nach der Tragfähigkeit des Baugrundes.

Eine Ausnahme ist für Dränleitungen zugelassen, bei denen an jeder Stelle die Wirkung überprüft und wiederhergestellt werden kann, d. h. bei der jede Stelle der Dränung zugänglich ist und deren Wirkung durch bauliche Maßnahmen sichergestellt werden kann. Bei dieser Art der Dränung braucht kein Versagen angenommen und eine Reststandsicherheit nicht mehr nachgewiesen zu werden.

### Zu Abschnitt 2.2.3.3. Sohlenwasserdruck

Es besteht keine Gewähr, daß sich das Wasser auch bei anscheinend dichtem Baugrund, wie z. B. bei geschlossenem Fels, nicht im Laufe der Zeit Eingang in die Fugen zwischen Bauwerk und Baugrund verschaffen und dort Kräfte ausüben kann. Deshalb ist auch hier mit Sohlenwasserdruck zu rechnen, wenn er nicht durch zuverlässige Maßnahmen beseitigt wird. Bei verschiedenen hohen Wasserständen zu beiden Seiten des Bauwerkes kann im allgemeinen die Höhe des Sohlenwasserdruckes zwischen den beiden Wasserständen als geradlinig verlaufend angenommen werden.

Eine Ausnahme kann bei Gründungen im Bereich artesisch gespannten Grundwassers notwendig werden. Liegt der Druck in der grundwasserführenden Schicht über der Höhe, die sich nach den oben angegebenen Regeln der geradlinigen Angleichung ergeben würde, dann muß dieser höhere Wasserstand angesetzt werden, wenn nicht durch zuverlässige Maßnahmen das gespannte Grundwasser vom Bauwerk ferngehalten wird.

Wenn durch besondere bauliche Maßnahmen der Strom des Grundwassers abgeriegelt oder sein Druck abgebaut wird, dann kann der Verlauf des Sohlenwasserdruckes mit Hilfe eines Strömungsbildes bestimmt werden. Setzt man zur Vereinfachung der Berechnung des Sohlenwasserdruckverlaufes den Sickerweg entlang der Unterkante des Bauwerkes sowie etwaiger Abriegelungen (Spundwände oder Schürzen) an, dann kann der senkrechte Sickerweg je nach Bodenart und Schichtung mit einem Vielfachen seiner wahren Länge angesetzt werden [4]. Von der Annahme einer geradlinigen, stetigen Druckangleichung soll aber nur dann abgewichen werden, wenn die Veränderung des Gefälles durch Abriegelungen, Entlastungsanlagen oder durch Einschalten einer durchlässigen Bodenschicht o. ä. zuverlässig sichergestellt ist. Dagegen ist die ungünstige Wirkung einer unterstromigen Abriegelung oder bevorzugter Wasserwege zu berücksichtigen.

Ein Ausnahmefall liegt bei Gründung auf sehr festem Fels und außerordentlicher Last vor, wo bei ungleich hohen Wasserständen eine Wasserdruckverteilung in der Sohlenfuge wie in einer klaffenden Fuge anzunehmen ist; die Berechnung ist dann, wie in Abschnitt 2.2.3.5. beschrieben, durchzuführen.

### Zu Abschnitt 2.2.3.4. Wasserdruck in Dehnungsfugen

Die Wasserfüllung einer Dehnungsfuge kann von der Seite her durch den freien Wasserspiegel, von unten her durch das Sohlenwasser und von oben her durch das Tagwasser gespeist werden. Danach richtet sich die jeweilige Höhe des in Rechnung zu setzenden Fugenwasserdruckes. Bei ungleich hohen Außenwasserständen beiderseits der Fuge ist in ihr im allgemeinen eine Sickerlinie und diese als verbindende Gerade zwischen den beiden Wasserständen anzunehmen. Diese Linie kann durch Dichtungsbänder u. ä. verändert werden; in einem solchen Falle ist die Linie sinngemäß, wie in den Erklärungen zu Abschnitt 2.2.3. dargelegt, zu ermitteln.

### Zu Abschnitt 2.2.3.5. Wasserdruck im Innern von Betonbauteilen

Die Annahmen über die Wirkung des Porenwasserdruckes im Beton gründen sich auf die Flächenporosität des Baustoffes, d. h. auf die in der Flächeneinheit eines gedachten Schnittes vorhandenen, miteinander verbundenen Hohlräume, in die das Wasser von außen eindringt und in denen es seinen Druck ausübt. Nach neuerer Auffassung ist dieser Schnitt nicht geometrisch genau eben zu führen, sondern muß den einzelnen Körnern ausweichen und nur deren Berührungsstellen durchtrennen [5]; die Porenquerschnitte dieser unregelmäßigen Flächen sind auf den zugehörigen, geometrisch ebenen Schnitt zu projizieren, woraus sich die in Rechnung zu setzende, wirksame Flächenporosität be-

stimmt. Sie ist auf dem Versuchsweg zu ermitteln: nach vorliegenden Ergebnissen [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11] kann sie zu 0,97 bis 0,98 angenommen werden. Damit wirkt also in der Tiefe  $h$  unter dem Wasserspiegel in einem waagerechten Betonquerschnitt mit der Höhe  $h_p$  des zugeordneten Porenwasserdruckes nach Abschnitt 2.2.3.5. ( $h_p \leq h$ ) ein Druck von  $\approx 0,98 \cdot \gamma_w \cdot h_p$ . Die Verbindungsline aller im Querschnitt vorhandenen  $h_p$ -Werte stellt eine zeitabhängige Sickerlinie dar. Ihr Verlauf kann durch eine Zone mit kleineren  $k$ -Werten an der Wasserseite, z. B. Vorsatzbeton o. ä. günstig beeinflußt werden.

Als Folge der Durchsickerung wird das Gewicht des Betons um das Gewicht des aufgenommenen Porenwassers erhöht. Nimmt man als Mittelwert für das Porenvolumen im Befon 0,07 an, so ist hierfür  $0,07 \cdot \gamma_w \cdot h_p$  in Rechnung zu setzen. Bezuglich der Arbeitsfugen weicht die vorliegende Norm von DIN 1047 ab, die für Arbeitsfugen bei der Zulassung von Zugspannungen keine Ausnahme macht. Die Abweichung ist damit begründet, daß bei den im allgemeinen größeren Bauabschnitten des Massenbetons im Wasserbau in Arbeitsfugen wegen des zeitlich verschiedenen Schwindvorganges der beiden benachbarten Betonblöcke eine feste Verbindung nicht mit Sicherheit angenommen werden kann. Solange die lotrechte Randdruckspannung am benetzten Mauerrücken größer als der hydrostatische Druck des anstehenden Wassers ist, verändert der Druck des Porenwassers das Spannungsbild nicht (Bild 1). Ist die Randdruckspannung dagegen kleiner als dieser Wert, dann wird die Fuge durch den auf ihre Begrenzungsfächen wirkenden Wasserdruck solange aufgerissen und erweitert, bis ein Gleichgewichtszustand eingetreten ist (Berechnung siehe Abschnitt 3.4.1.2.). Im klaffenden Bereich der Fuge ist der volle hydrostatische Druck des anstehenden Wassers anzusetzen. Tritt im Druckbereich keine Verminderung des Porenwasserdruckes nach Abschnitt 2.2.3.5. ein, dann gleicht sich dieser geradlinig der hydrostatischen Höhe des auf der anderen Seite anstehenden Wassers an (Bild 2).

Die Berechnung der klaffenden Fugenweite ist für Stahlbetonquerschnitte zwar nicht schwierig, aber recht umständlich; zur Vereinfachung darf die Weite näherungsweise zu  $2/3$  der Querschnittsbreite angenommen werden (Bild 3). Der Fugenwasserdruck bleibt jedoch praktisch außer Ansatz, wenn er durch einen äußeren Wasserdruck ausgeglichen wird, wie z. B. an einem vollständig eingetauchten Balken durch den Wasserdruck auf die Stirnflächen der Balkenenden; ein solcher Ausgleich ist erfahrungsgemäß in vielen Fällen vorhanden.

### Zu Abschnitt 2.2.3.6. Strömungswasserdruck

Der Strömungswasserdruck entsteht aus der Kraft, die das fließende Grundwasser auf die Raumeinheit des durchströmten Bodens ausübt. Er ist gleich dem Produkt aus dem Strömungsgefälle und der Rohwichte des Wassers.

### Zu Abschnitt 2.2.4. Erddruck und Erdwiderstand

In der Berechnung des Erddruckes unterhalb des Grundwasserspiegels ist die Wirkung des Auftriebes auf das Gewicht des Bodens zu berücksichtigen. Die in Rechnung zu setzende Rohwichte  $\gamma_a$  ist gleich der Rohwichte  $\gamma_g$  des wassergesättigten Bodens vermindert um die Wichte des Wassers  $\gamma_w$ , die als Auftriebsdruck wirkt.

Bei starker Druckströmung des Bodens infolge großen Wasserüberdrucks muß in der Berechnung des Erdwiderstandes das Raumgewicht unter Wasser um die lotrechte Komponente des Strömungsdrucks vermindert werden. Über die Belastung von Spundwandbauwerken siehe [1].

Wegen des Ansatzes der Haftfestigkeit bei bindigen Erdschichten wird ebenfalls auf [1] verwiesen.

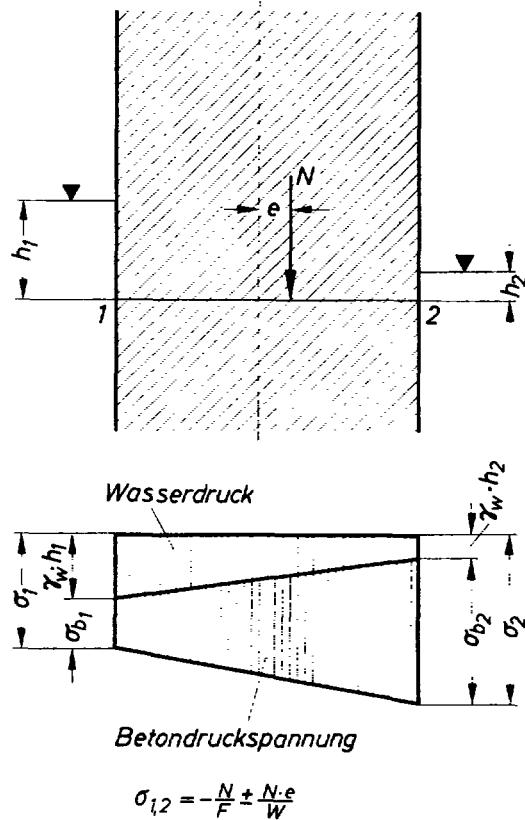


Bild 1. Wasserdruck und Betondruckspannung in einer Arbeitsfuge bei geringer Außermittigkeit.

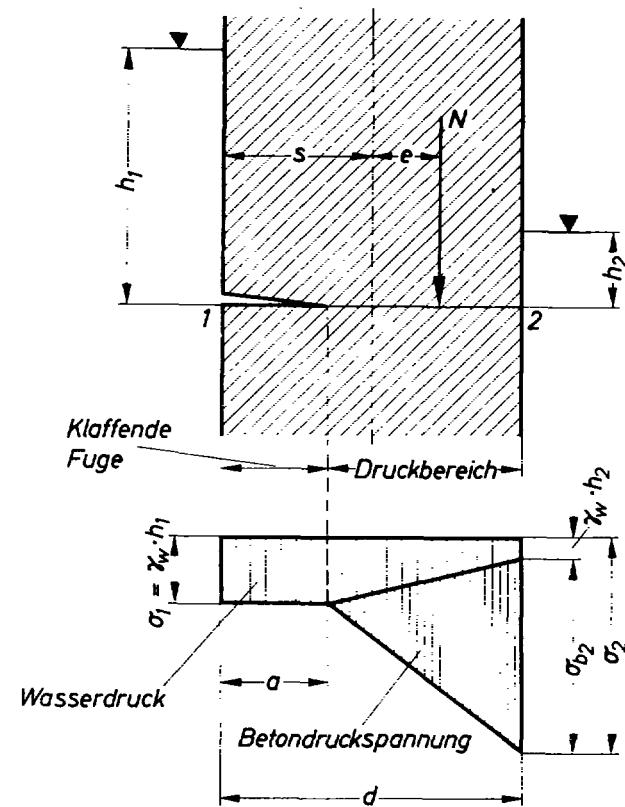


Bild 2. Wasserdruck und Betondruckspannung in einer Arbeitsfuge bei großer Außermittigkeit (klaffende Fuge).

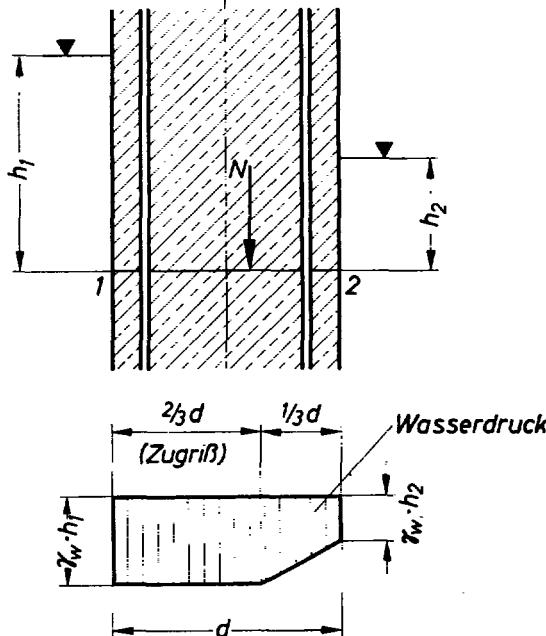


Bild 3. Wasserdruck in einem Stahlbetonquerschnitt.

In den Bildern 1 bis 4 ist mit einem unverminderten und aufgerundeten Wert des Porenwasserdrucks  $p = 1,0 \cdot \gamma_w \cdot h$  gerechnet.

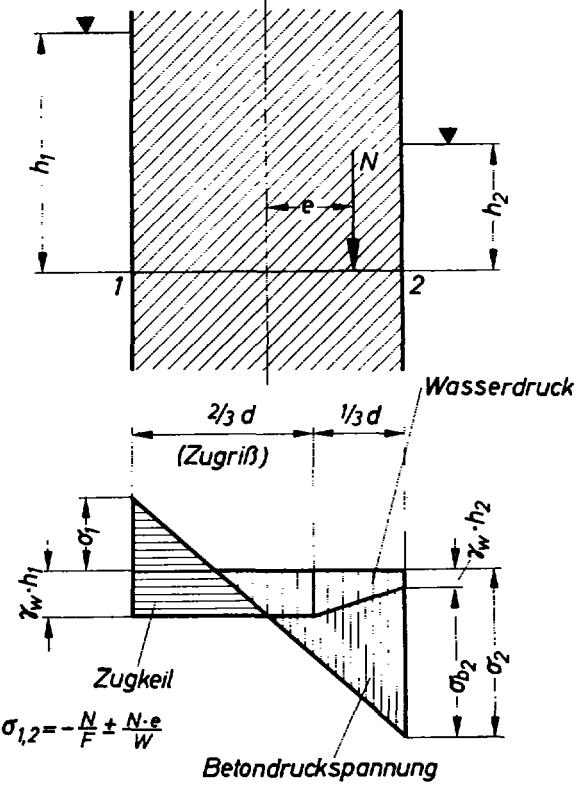


Bild 4. Annahme der Spannungsverteilung im Querschnitt eines bewehrten Betonbauteiles.

### Zu Abschnitt 2.2.6. Eisdruck

Die theoretische Ermittlung der angreifenden Kräfte aus Eislast oder Eisdruck ist sehr schwierig; die örtlichen Bedingungen bei der Bildung der Eisdecke, wie Größe und Form der Wasserfläche und Steilheit der Ufer, ferner die klimatischen Bedingungen, wie Temperaturwechsel und Windangriff und schließlich die veränderlichen, elastischen und plastischen Festigkeitseigenschaften des Eises beeinflussen die Größe des Druckes in unterschiedlicher Weise. Man ist deshalb weitgehend auf Versuche und Messungen angewiesen, die aber verhältnismäßig schwierig sind und deren Ergebnisse aus den gleichen Gründen, wie oben angeführt, erheblich streuen. Dementsprechend schwanken auch die Angaben im Schrifttum über den Eindruck in weiten Grenzen [12], [13], [14], [15], [16]. Es läßt sich deshalb vielfach nicht umgehen, im Bedarfsfalle mit der bauaufsichtsführenden Behörde eine Belastungsannahme auf Grund örtlicher Erfahrungen zu vereinbaren.

Sinngemäß ist bei der Festlegung der Hubkraft eines steigenden Wasserspiegels auf Eis, das an einem Bauteil festgefroren ist, zu verfahren.

### Zu Abschnitt 2.2.8. Temperatur- und Schwindeinflüsse

Temperatureinfluß und Schwindmaß sind abhängig vom Querschnitt; sie sinken mit wachsenden Abmessungen. Ferner werden sie durch die Lage des Bauteiles in der Nähe des Wassers oder im Wasser selbst erheblich herabgesetzt. Für die Annahme der Temperaturänderungen sind die örtlichen, klimatischen Bedingungen maßgebend.

Liegen für das Schwinden keine genaueren Untersuchungen vor, dann kann ein Schwindmaß zwischen  $\varepsilon_s = 5 \cdot 10^{-5}$  (dicke Bauteile unter Wasser) und  $\varepsilon_s = 10 \cdot 10^{-5}$  (schlankere Bauteile in der Nähe des Wassers) angenommen werden. In den vorliegenden Richtlinien sind die Eigenspannungen nicht aufgeführt, die in dicken Bauteilen infolge ungleichmäßiger Temperaturänderung und ungleichmäßigem Schwinden in der Schale und im Kern des Bauteiles auftreten. Sie stellen einen Selbstspannungszustand dar, der rechnerisch kaum erfaßt werden kann und der sich im Laufe der Zeit durch Kriechen und durch Angleichen der Temperatur und des Schwindvorganges in Schale und Kern abbaut. Die durch ihn verursachten Risse in der Schale können nur zum Teil durch Oberflächenbewehrung verhindert werden.

### Zu Abschnitt 2.2.9. Kräfte aus bergbaulichen Einwirkungen

Über die Art und Größe der hier auftretenden Kräfte siehe [17], [18].

## Zu Abschnitt 3. Nachweis der Standsicherheit

Das Hauptaugenmerk ist auf eine möglichst genaue Erfassung der angreifenden Kräfte zu richten. Die Feinheit des Berechnungsverfahrens und die Genauigkeit der Zahlenrechnung sind der Zuverlässigkeit der Rechnungsannahmen anzupassen.

### Zu Abschnitt 3.2.1. Lastfall 1

Für den Wasserdruck aus Gezeitenbewegung wird auf [1] verwiesen.

### Zu Abschnitt 3.3. Zulässige Spannungen

Die für die einzelnen Baustoffe geltenden Normen und Bestimmungen sind in den Erklärungen zu Abschnitt 1 aufgeführt; für Spundwandstähle wird auf [1] verwiesen.

### Zu Abschnitt 3.4.1.1. Betonbauteile

Die Annahme einer nicht gerissenen Zugzone ist für Querschnitte innerhalb eines in einem Arbeitsgang hergestellten Betonierabschnittes zulässig. Dies gilt jedoch nicht für Querschnitte, in denen die Bildung eines Schwindrisses wahrscheinlich ist (Kerbstelle u. ä.).

### Zu Abschnitt 3.4.1.2. Betonbauteile

Der Verlust des Zusammenhangs im untersuchten Querschnitt ist, wie bereits zu Abschnitt 2.2.3.5. erläutert wurde, bei jeder Arbeitsfuge anzunehmen und ferner dann, wenn im Querschnitt außerhalb einer Arbeitsfuge die zulässigen Zugspannungen nach DIN 1047 überschritten werden, oder wenn die Bildung eines Schwindrisses, z. B. durch eine starke Kerbwirkung, besonders begünstigt wird.

Wenn eine außermittige Normalkraft  $N$  noch im Kern liegt, und zwar so, daß die Randdruckspannungen nicht unter den Wert des anstehenden hydrostatischen Druckes sinken, dann bleibt der Kraftverlauf von dem Wasserdruck unberührt. Der Betondruck in der Fuge wird lediglich um den Druck des Fugenwassers verringert (Bild 1).

Bei Randdruckspannungen kleiner als der anstehende Wasserdruck  $W$  sowie bei klaffender Zugzone der Fuge ist der Fugenwasserdruck nach Abschnitt 2.2.3.5. anzusetzen. Der Gleichgewichtszustand ist durch Bild 2 gekennzeichnet.

Aus den Gleichgewichtsbedingungen für die lotrechten Kräfte und für die Momente ergibt sich z. B. für einen Rechtecksquerschnitt mit der Breite  $d$  und der Tiefe  $t$  die Breite der klaffenden Fuge [19].

$$a = \frac{3 N \cdot e}{N - d \cdot h_1 \cdot \gamma_w} - \frac{d}{2}$$

und die Randspannung

$$\sigma_2 = h_1 \cdot \gamma_w + \frac{4}{3} \frac{(N - d \cdot h_1 \cdot \gamma_w)^2}{d(N - d \cdot h_1 \cdot \gamma_w) - 2N \cdot e}$$

bzw. die Betonrandspannung

$$\sigma_{b2} = \sigma_2 - \gamma_w \cdot h_2$$

Die etwas umständlichere Berechnung für zweiachsige Biegung, wie sie z. B. bei Wehrpfeilern auftreten kann, ist für Rechteckquerschnitte durch Kurventafeln wesentlich erleichtert worden [20].

Die Bedingungen nach DIN 1047, wonach die rechnungsmäßige Zugzone höchstens bis zum Schwerpunkt des Gesamtquerschnittes reichen darf, ist nicht mehr erfüllt, wenn  $a$  größer als der Abstand  $s$  des Schwerpunktes vom Zugrand wird. Der Querschnitt ist dann entweder zu vergrößern oder zu bewehren. Die Bemessung eines solchen Betonquerschnittes nach den Regeln des Stahlbetonbaues wird den Verhältnissen nicht gerecht. Nimmt man nämlich den Baukörper gemäß DIN 1045 als außermittig beanspruchten Druckquerschnitt an, so ist eine Mindestbewehrung von 0,4% des Beton-Querschnittes erforderlich, was bei Massenbetonbauten zu einem nicht vertretbaren Stahlauwand führt. In gleicher Weise ist die in der nämlichen Vorschrift verlangte Mindestbewehrung für den Druckrand nicht gerechtfertigt. Andererseits ergibt eine Bemessung nach den Regeln des gebogenen Balkens oft kleine Stahlquerschnitte. Mit Rücksicht darauf, daß die Spannungsermittlung nach Bild 4 eine Näherung darstellt, erscheint es zulässig, in einfacher Weise den ermittelten Zugkeil im Spannungsbild durch die Bewehrung abzudecken. Die von der Bewehrung aufzunehmende Zugkraft  $Z$  ist demnach gleich dem Inhalt des gesamten Zugkeils (querschraffierte Fläche in Bild 4).

### Zu Abschnitt 3.4.2. Stahlbetonbauteile

Bei Zwängungsspannungen, wie sie z. B. Temperaturänderungen und Schwindbewegungen verursachen, kann das Sicherheitsmaß gegenüber dem bei Lastspannungen vermindert werden; die aus Schwinden und Temperaturänderungen errechneten Spannungen brauchen daher im allgemeinen mit nicht mehr als 75% ihres Wertes in die Gesamtberechnung eingesetzt zu werden.

Bei Teilen von Wasserbauten, die vor ihrer Inbetriebnahme trocken liegen, braucht für diesen vorübergehenden Zustand kein Nachweis erhöhter Schwindspannungen geführt zu werden, wenn die Zeitspanne kurz ist oder wenn bei län-

gerem Trockenliegen das Schwinden durch geeignete Maßnahmen wie Abdecken, Feuchthalten usw. herabgesetzt wird.

#### Zu Abschnitt 3.4.3. Spannungen in der Sohlenfuge

Der Sohlenwasserdruck ist eine äußere Belastung, wie z. B. der seitliche Wasserdruck oder der Erddruck. Zur klaren Darstellung des Kräfteverlaufes im Bauwerk ist es daher zweckmäßig, nicht — wie es oft anzutreffen ist — den Sohlenwasserdruck in die Spannung in der Sohlenfuge mit einzubeziehen, sondern ihn bereits bei der Ermittlung der Resultierenden aller am Bauwerk angreifenden Kräfte anzusetzen. Die mit dieser Resultierenden ermittelten Spannungen in der Sohlenfuge sind dann die tatsächlichen Pressungen des tragenden Bodens, die den zulässigen Werten in DIN 1054 gegenüberzustellen sind. Eine Ausnahme bildet die Berechnung einer Gründung auf sehr festem Fels, wo für die Regeln für die Spannungsermittlung in Fugen anzuwenden sind. Für biegsame Gründungsbalken und -platten gilt DIN 4018.

#### Zu Abschnitt 3.8. Nachweis der Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch und Erosionsgrundbruch

Der Strömungsdruck führt zum hydraulischen Grundbruch, wenn in dem von unten nach oben durchströmten Boden die lotrechte Komponente der Strömungskraft größer wird als das um den Auftrieb verminderte Gewicht der durchströmten Bodenmasse. Eine besonders gefährliche Art des hydraulischen Grundbruchs ist der Erosionsgrundbruch. Er wird durch verstärktes Strömen in bevorzugten Wasserrinnen des Untergrundes verursacht, der im allgemeinen nicht homogen aufgebaut ist. Da das Sickerwasser in den

durchlässigeren Schichten schneller strömt, bilden sich am unteren Ende des Sickerweges, z. B. am luftseitigen Fuß eines Damms, einzelne aufsteigende Quellen. Wenn dort die Geschwindigkeit des austretenden Wassers groß genug ist, um Feinteile des Bodens zu bewegen, beginnt ein Erosionsvorgang, der sich in Form einer trompetenförmigen Quelle rückwärts im Laufe der Zeit ständig verstärkt und schließlich zu einem ausgeprägten Wasserdurchbruch, dem Erosionsgrundbruch führt. Um diese Gefahr beurteilen zu können, ist vor allem auf die Kornzusammensetzung des Bodens und die Art und Zeitdauer des Strömungsvorganges unter Berücksichtigung des Gefälles besonders zu achten [21], [22]. Entscheidend für die Vermeidung von Erosionsgrundbrüchen ist ihre Bekämpfung bereits im Entstehungsstadium, z. B. durch Filterlagen im luftseitigen Wasseraustrittsbereich.

#### Zu Abschnitt 3.9. Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen

Erscheint ein selbständiger Bauteil (z. B. Ein- oder Auslauf eines Kraftwerkes, Schleusentrog, Trockendock) durch Aufschwimmen gefährdet, dann ist nicht nur der Nachweis der Spannungen in der Sohlenfuge nach Abschnitt 3.4.3. zu führen, sondern auch die Sicherheit gegen Aufschwimmen zu untersuchen, indem die lotrechte nach unten wirkenden Kräfte und die Resultierende der Kräfte aus Sohlenwasserdruck einander gegenübergestellt werden.

Der Sicherheitsbeiwert bei Berücksichtigung von günstig wirkenden Wandreibungskräften richtet sich nach der Genauigkeit des geschätzten Reibungsbewertes; ferner ist er um so größer anzusetzen, je größer der Anteil der Kräfte ist, die durch Wandreibung aufzunehmen sind.

### Schrifttum

- [1] Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ Berlin: Verlag Wilhelm Ernst u. Sohn, 1955.
- [2] Forchheimer, Ph.: Hydraulik, Leipzig 1930, S. 490 u. f.
- [3] Bruns: Handbuch der Wellen, der Meere und Ozeane. II. Auflage. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1955.
- [4] Lane: „Security from under-seepage masonry dams on earth foundations“ in Transaction of Amer. Soc. Civ. Eng. (1935), Nr. 100.
- [5] Terzaghi-Rendulic: Die wirksame Flächenporosität des Betons. Zeitschrift des Österr. Ingenieur- und Architektenvereins, 1934, S. 1 u. f.
- [6] Leliavsky: Pore versus crack as basis of uplift concept. 3. Talsperrenkongress Stockholm 1948, Referat 13.
- [7] Terzaghi: Third congress on large dams. Bd. 1, S. 207, 3. Talsperrenkongress Stockholm 1948.
- [8] Terzaghi: Proceedings ASTM. Bd. 45, 1945, S. 777.
- [9] Uplift in masonry dams, final report of the subcommittee on uplift in masonry dams of the committee on masonry dams of the power divisions, 1951. Proceedings-separate Nr. 133 Amer. Soc. Civ. Eng., 1952.
- [10] Carlson, R. W.: Permeability, porepressure and uplift in gravity dams. Proceedings of the ASCE, journal of the power division Bd. 81, Nr. 700.
- [11] Chony-Hung Zee: Porepressure in concrete dams. Proceedings of the ASCE, journal of the power division Bd. 84, Nr. 702, April 1958.
- [12] Tölke: Eisdruk auf Staumauern. Der Bauingenieur 29 (1954), S. 67/69.
- [13] Gisiger, P.: Safeguarding hydro plants against the ice menace. Amer. Soc. Civ. Eng. Bd. 17, Nr. 1, Januar 1947, S. 24/27.
- [14] Soederbaum, C. E.: Eisschwierigkeiten an Wasserkraftanlagen. Svenska Vattenkraftfoeren Ingens, Publikation 1944, S. 367.
- [15] Rox: Thrust exerted by expanding ice sheet, Proceedings of the Amer. Soc. Civ. Eng. Bd. 72, 1946, S. 571.
- [16] Strauch: Entstehung, Verhütung und Beseitigung von Eis in stehenden und fließenden Gewässern und insbesondere an Stauanlagen. Bes. Mitt. z. Dtsch. Gewässerkundl. Jahrbuch Nr. 10 (1954), Koblenz.
- [17] Wedler, B., u. Luetkens, O.: Bauten im Bergsenkungsgebiet, Richtlinien für die Ausführung von Bauten im Einflußbereich des untertägigen Bergbaues. Verlag Lipfert, Berlin O, 1948.
- [18] Wedler, B.: Richtlinien für die Ausführung von Bauten im Einflußbereich des untertägigen Bergbaues. In: Berechnungsgrundlagen für Bauten. Berlin: Verlag Wilhelm Ernst u. Sohn 1955, S. 562/580.
- [19] Lieckfeldt: Die Standfestigkeit von Staumauern mit offenen Lagerfugen. Zentralblatt der Bauverwaltung 1898, S. 105/111.
- [20] Czerny: Über die Standfestigkeit von Wehrpfeilern. Österreichische Wasserwirtschaft, Jg. 7 (1955), H. 4, S. 82/89.
- [21] Tschugajew, R. R.: Eine neue Methode der Berechnung der Sickerwasserbewegung. Hydrotechnisches Bauwesen (Gidrotechniceskoe Stroitel'stvo), 1956, H. 6, S. 27.
- [22] Tschugajew, R. R.: Bemessung der Untergrunddichtung von Stauanlagen auf nichtfelsigen Böden. Hydrotechnisches Bauwesen (Gidrotechniceskoe Stroitel'stvo), 1957, H. 10, S. 2/7.

23238

**DIN 1080 — Zeichen für statische Berechnungen im Bauingenieurwesen**

RdErl. d. Ministers für Landesplanung, Wohnungsbau und öffentliche Arbeiten v. 19. 4. 1962 —  
II B 2 — 2.304 Nr. 1103:62

- 1 Der Fachnormenausschuß „Bauwesen — Arbeitsgruppe Einheitliche Technische Bestimmungen — hat das Normblatt

**DIN 1080 (Ausgabe November 1961)**

— Zeichen für statische Berechnungen im Bauingenieurwesen — Anlage —

**Anlage**

herausgegeben, in dem die Zeichen vereinheitlicht und für die Fachgebiete des Stahl-, Stahlbeton- und Holzbaues untereinander abgestimmt wurden. Die Notwendigkeit für die Herausgabe des Normblattes ergab sich aus der bisherigen unterschiedlichen Bezeichnungsweise in Lehre und Praxis, die sich nicht nur auf die Ausdrucksweise selbst, sondern auch auf die Wahl und die Zusammensetzung ihrer Formelzeichen erstreckte.

Die Anwendung der im Normblatt festgelegten Bezeichnungen ist geeignet, die allgemeine Verständlichkeit statischer Berechnungen zu verbessern, Mißverständnisse zu vermeiden und somit nicht nur die Aufstellung, sondern in erster Linie die Prüfung der statischen Berechnungen zu erleichtern und zu beschleunigen. Ich weise daher die Bauaufsichtsbehörden des Landes Nordrhein-Westfalen unter Bezugnahme auf Nr. 1.5 meines RdErl. vom 20. 6. 1952 (MBI. NW. S. 801; SMBI. NW. 2323) auf dieses Normblatt hin und gebe es als Anlage bekannt.

- 2 Das Normblatt DIN 1080 ersetzt die Ausgabe 1943 des Normblattes DIN 1044 — Stahlbetonbau; einheitliche Bezeichnungen —, auf das der Reichsarbeitsminister mit RdErl. vom 6. 3. 1943 (RABl. S. I 190) hingewiesen hatte, und die Ausgabe August 1933 des Beiblattes zu DIN 1350 — Zeichen für Festigkeitsberechnungen; Formelzeichen — Mathematische Zeichen — Einheiten —, das der Reichsarbeitsminister durch RdErl. vom 6. 12. 1940 (RABl. 1941 S. I 16) bauaufsichtlich eingeführt hatte.

Die vom Reichsarbeitsminister mit dem vorgenannten RdErl. v. 6. 12. 1940 vorgenommene Einführung des Normblattes DIN 1350 (Ausgabe Dezember 1937) wird aufgehoben, weil das Normblatt inzwischen in neuer Ausgabe erschienen ist und außerdem nach Vorliegen des Normblattes DIN 1080 für das Bauwesen nicht mehr von ausschlaggebender Bedeutung ist. Die Gültigkeit dieses Normblattes wird hiervon nicht berührt.

- 3 Dieser RdErl. und das Normblatt DIN 1080 sind in die Nachweisung B, Anlage 2 zum RdErl. v. 1. 9. 1959 (MBI. NW. S. 2333; SMBI. NW. 2323 — RdErl. v. 20. 6. 1952) unter I 2 aufzunehmen. Das Normblatt DIN 1044 unter III C 1 ist zu streichen.

In der Nachweisung A, Anlage 1 zum vorstehenden RdErl. ist das Normblatt DIN 1350 nebst Beiblatt unter IX 7 zu streichen.

An die Regierungspräsidenten,  
Landesbaubehörde Ruhr,  
Bauaufsichtsbehörden,  
das Landesprüfamt für Baustatik,  
die kommunalen Prüfämter für Baustatik,  
die Prüfingenieure für Baustatik,  
staatlichen Bauverwaltungen,  
Bauverwaltungen der Gemeinden und Gemeindeverbände.

# Zeichen für statische Berechnungen im Bauingenieurwesen

DIN 1080

Ersatz für DIN 1044 und DIN 1350 Beiblatt

*DIN 1080 enthält eine Zusammenstellung aller Zeichen für die üblichen statischen Berechnungen der verschiedenen Fachrichtungen im Bauingenieurwesen. Bisher unterschied sich teilweise die Verwendung der Zeichen für die gleichen Begriffe, die im Stahl-, Stahlbeton-, Holz- sowie Erd- und Grundbau gebraucht werden. Um der uneinheitlichen Entwicklung dieser Fachrichtung Einhalt zu gebieten, bedurfte es einer systematischen Regelung in der Wahl der Schriftarten und Einzelzeichen. In den bisherigen Normen befanden sich Zusammenstellungen von Zeichen für statische Nachweise für den Stahlbau im Beiblatt DIN 1350 (Ausgabe August 1933) und für den Stahlbetonbau in DIN 1044 (3. Ausgabe 1943), ferner für den Erd- und Grundbau in DIN 4015 (Ausgabe Februar 1958). Die technische Entwicklung im Stahl- und Stahlbetonbau erforderte ohnehin eine Überarbeitung und Erweiterung der früheren Zeichenregelung. Im wesentlichen wurden jedoch die in den vorgenannten DIN-Normen eingeführten Zeichen beibehalten. Einige Abänderungen ergaben sich lediglich aus dem Zwang der Einheitlichkeit aller statischen Ansätze.*

## Inhalt

### Allgemeine Grundsätze für die Benennung und die Verwendung der Zeichen

#### 1. Statische und geometrische Grundbegriffe

- 1.1. Kraft- und Weggrößen
- 1.2. Spannungarten
- 1.3. Richtungen

#### 2. Zuordnung der Zeichen

- 2.1. Schriftart
- 2.2. Schriftstellung
  - 2.2.1. Fußzeiger
  - 2.2.2. Kopfzeiger
  - 2.2.3. Sonstige Hinweise
  - 2.2.4. Überstreichungen
- 2.3. Beispiele

#### Einzelbedeutung der Zeichen

#### 3. Gemeinsame Zeichen im Bauingenieurwesen

- 3.1. Nebenzeichen (Fuß- und Kopfzeiger)
  - 3.1.1. Fußzeiger als Hinweis auf die Ursache
  - 3.1.2. Fußzeiger als Hinweis auf die Art der Beanspruchung
  - 3.1.3. Fußzeiger als Hinweis auf den Ort, die Richtung und die Bezugsachse
  - 3.1.4. Fußzeiger als Hinweis auf weitere Begriffe
  - 3.1.5. Kopfzeiger für den statischen Zustand
- 3.2. Hauptzeichen
  - 3.2.1. Geometrische Größen
    - 3.2.1.1. Winkel
    - 3.2.1.2. Längen
    - 3.2.1.3. Querschnitte und Querschnittswerte
    - 3.2.2. Kennwerte für Werkstoffe
    - 3.2.3. Statische Größen
      - 3.2.3.1. Last- und Stützgrößen
      - 3.2.3.2. Schnittgrößen
      - 3.2.3.3. Weggrößen
      - 3.2.3.4. Überzählige
      - 3.2.3.5. Spannungen
      - 3.2.3.6. Weitere Größen

#### 4. Besondere Zeichen im Stahlbau

- 4.1. Spannungsnachweis
  - 4.1.1. Querschnittswerte

#### 4.1.2. Zusammengesetzte Ausdrücke

- 4.2. Stabilitätsnachweis
  - 4.2.1. Verhältniswerte
  - 4.2.2. Nachweis unter der Voraussetzung ideal gerader Stabachse, ideal mittigen Kraftangriffs und ideal isotropen Werkstoffs
  - 4.2.3. Nachweis unter der Voraussetzung, daß zusätzlich zu den unter Abschnitt 4.2.2. angegebenen Bedingungen der Werkstoff unbeschränkt dem Hookeschen Formänderungsgesetz gehorcht
  - 4.2.4. Nachweis von Traglastwerten ohne die idealisierenden Voraussetzungen geometrischer Art und des Hookeschen Gesetzes
- 4.3. Niet- und Schraubenverbindungen
- 4.4. Schweißverbindungen
- 4.5. Verbundbauweise
  - 4.5.1. Längen
  - 4.5.2. Flächen
  - 4.5.3. Sonstige Größen

#### 5. Besondere Zeichen im Stahlbeton- und Spannbetonbau

- 5.1. Bedeutung der Zeiger
  - 5.1.1. Zeiger als Hinweis auf den Ort
  - 5.1.1.1. Fußzeiger
  - 5.1.1.2. Kopfzeiger
  - 5.1.2. Fußzeiger als Hinweis auf die Ursache
  - 5.1.3. Erweiterung der Fußzeiger 5.1.2. durch Zeitangabe
  - 5.1.4. Zeiger für den statischen Zustand
- 5.2. Geometrische Größen
  - 5.2.1. Längen
  - 5.2.2. Querschnitte und Querschnittswerte
  - 5.3. Kennwerte für Werkstoffe
  - 5.4. Statische Größen
    - 5.4.1. Schnittgrößen
    - 5.4.2. Spannungen
    - 5.5. Weitere Größen für die Bemessung im Stahlbetonbau
  - 5.6. Zusätzliche Zeichen im Spannbetonbau
    - 5.6.1. Lastgrößen
    - 5.6.2. Schnittgrößen
    - 5.6.3. Kennwerte für Formänderungen
    - 5.6.4. Zeichen für die Ermittlung der Reibung der Spannglieder

\*) Frühere Ausgaben:

DIN 1044: 9.25, 4.32, 1943

DIN 1350 Beiblatt: 8.33

## 6. Besondere Zeichen im Holzbau

- 6.1. Bedeutung der Fußzeiger
  - 6.1.1. Fußzeiger als Hinweis auf den Ort
  - 6.1.2. Fußzeiger als Erläuterung der Hauptzeichen
- 6.2. Bedeutung der Hauptzeichen
  - 6.2.1. Spannungsnachweis
  - 6.2.2. Holzverbindungen
    - 6.2.2.1. Versatzen
    - 6.2.2.2. Dübelverbindungen
    - 6.2.2.3. Bolzen- und Nagelverbindungen

## 7. Besondere Zeichen im Erd- und Grundbau

- 7.1. Bodenkennwerte
- 7.2. Lasten, Kräfte und Spannungen
- 7.3. Versuche
  - 7.3.1. Durchlässigkeitsversuch
  - 7.3.2. Zusammendrückungsversuch bei verhindeter Seitendehnung
  - 7.3.3. Scherversuch
  - 7.3.4. Proctorversuch (Verdichtungsversuch)
- 7.4. Berechnungsgrößen

## Allgemeine Grundsätze für die Benennung und die Verwendung der Zeichen

### 1. Statische und geometrische Grundbegriffe

#### 1.1. Kraft- und Weggrößen

Kraftgrößen (Kräfte und Momente) umfassen Lastgrößen (Lasten und Lastmomente) sowie Schnittgrößen<sup>1)</sup> (Schnittkräfte und Schnittmomente). Wortverbindungen mit „Last“ bezeichnen äußere, mit „Schnitt“ innere statische Größen.

Den statischen Kraftgrößen sind allgemein die ihnen entsprechenden Weggrößen zugeordnet. Weggrößen (Strecken und Winkel) umfassen die Gesamtheit der Lastwege<sup>2)</sup> (Verschiebungen und Drehungen) und Formänderungen<sup>3)</sup> (Abstandsänderungen und Spreizungen).

#### 1.2. Spannungsarten

Zur Beurteilung der Sicherheit eines Tragwerks ist die Ursache von Bedeutung, durch welche die Beanspruchung erzeugt wird. Man unterscheidet deshalb Lastspannungen, Eigenspannungen und Zwängspannungen.

Lastspannungen sind alle durch Lasten hervorgerufenen Spannungen, und zwar sowohl an statisch bestimmten als auch an statisch unbestimmten Tragwerken.

Eigenspannungen entstehen durch einen inneren Zwang, der innerhalb eines Schnittes wirkt. Sie werden nicht durch Lasten, sondern durch andere Ursachen hervorgerufen. Ihre Summe ist in jedem Schnitt gleich Null, ihnen entspricht also keine Schnittkraft und keine Stützkraft. Eigenspannungen können gewollt oder ungewollt, z. B. durch Temperaturänderung, Schwinden, plastische Verformung, Schweißen, Richten oder durch Vorspannung sowohl in statisch bestimmten als auch in statisch unbestimmten Tragwerken entstehen.

Zwängspannungen entstehen nur in statisch unbestimmten Tragwerken durch einen inneren Zwang, der innerhalb eines Tragsystems wirkt und eine Schnittkraft zur

Folge hat. Sie werden nicht durch Lasten, sondern durch andere Ursachen ausgelöst, weil die statische Unbestimmtheit die zwangsfreie Verformung verhindert. Die Summe der Zwängspannungen ist dabei an jedem Schnittufer von Null verschieden. Zwängspannungen können die gleiche Ursache haben wie die Eigenspannungen, können aber auch durch Stützensenkung oder Widerlagerverschiebung hervorgerufen werden.

Eigenspannungen und Zwängspannungen können an statisch unbestimmten Tragwerken gleichzeitig auftreten.

#### 1.3. Richtungen

Die durch die Schwerkraft bestimmten Richtungen werden nach „vertikal“ (lotrecht, senkrecht) und „horizontal“ (waagrecht), die aufeinander bezogenen Richtungen nach „rechtwinklig zu“, „parallel“ und „geneigt zu“ unterschieden.

### 2. Zuordnung der Zeichen

#### 2.1. Schriftart

Alle Größen werden durch Buchstaben gekennzeichnet, die sich in ihrer Schriftart nach der Art der Größen unterscheiden.

##### Buchstaben

##### Größen

lateinische Klein-Buchstaben

Längen,

Geschwindigkeiten,  
Beschleunigungen,  
Streckenlasten, Flächenlasten  
(aber keine Spannungen),  
auf die Länge bezogene  
Schnittgrößen

lateinische Groß-Buchstaben

Kraftgrößen

(vgl. Abschn. 1.1.),  
Arbeiten,  
Längen hoch  $n$  für  $n \geq 2$ ,  
Kräfte mal Längen hoch  $n$   
für  $n \geq 1$

griechische Klein-Buchstaben

Verhältnisgrößen  
(Ausnahmen:

$n$  siehe Abschnitt 5.3.

$k$  siehe Abschnitt 5.5.),

Winkelgeschwindigkeiten,  
Winkelbeschleunigungen,  
Rohwichte  
(früher Raumgewichte)  
Spannungen und Festigkeiten  
(Ausnahmen:

$E$  Elastizitätsmoduln,

$G$  Gleitmoduln)

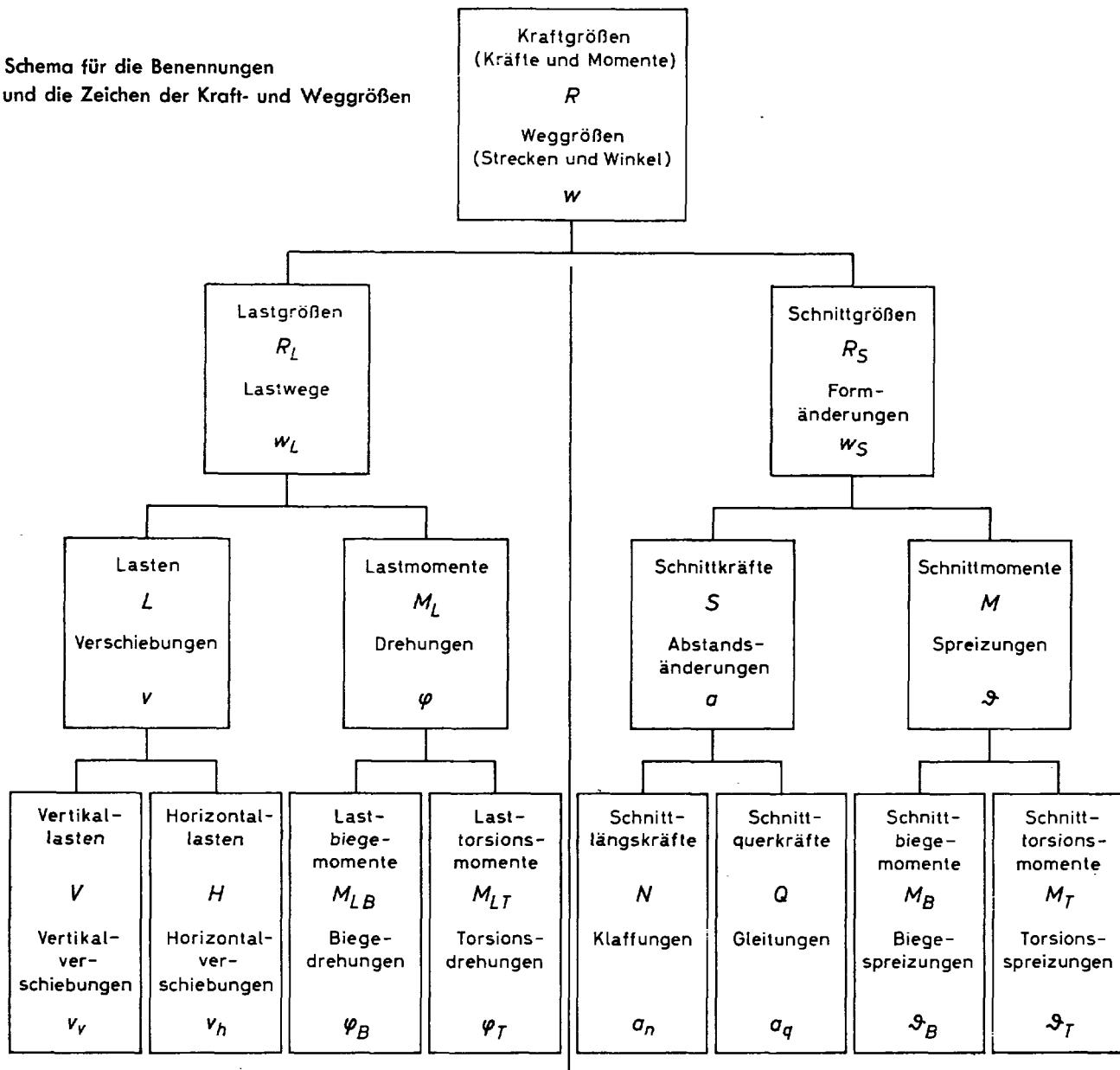
griechische Groß-Buchstaben

Außer den gebräuchlichen  
Buchstaben  $\Sigma$  und  $\Delta$  für  
Summe und Differenz sind  
griechische Groß-Buchstaben  
wissenschaftlichen Arbeiten  
vorbehalten.

Für nicht aufgeführte Größen sind bevorzugt lateinische Klein-Buchstaben zu verwenden.

- 1) Schnittgrößen sind die Resultierenden der durch einen Schnitt freierwerdenden Spannungen in der Schnittfläche und treten stets paarweise auf, da sie an beiden Schnittufern in gleicher Größe, aber in entgegengesetztem Sinn wirken.
- 2) Lastwege sind alle Bewegungen in Richtung der angreifenden Lasten. Sie können Verschiebungen und Drehungen sein; dabei ist die Verschiebung der Weg eines Punktes, die Drehung der Winkelweg einer Geraden.
- 3) Formänderungen sind alle Weggrößen an tatsächlichen oder im statischen System verändert gedachten Tragwerken infolge von tatsächlichen oder gedachten Belastungen oder Spannungs- und Verformungszuständen. Entsteht bei der Formänderung eine gegenseitige Bewegung zweier Schnittflächen, so kann es sich um eine Änderung des Abstandes der Schwerpunkte der beiden Schnittflächen und um eine Spreizung, d. h. eine gegenseitige Winkeländerung der beiden Schnittufer handeln. Eine längsgerichtete Abstandsänderung wird mit „Klaffung“, eine quergerichtete mit „Gleitung“ bezeichnet.

**Schema für die Benennungen  
und die Zeichen der Kraft- und Weggrößen**



*Anmerkung:* In diesem Schema ist unter jeder Kraftgröße die zugeordnete Weggröße angegeben. Es kommen aber auch andere Zusammenstellungen vor, z. B. können Lastgrößen als Stützgrößen in Verbindung mit Abstandsänderungen oder Spreizungen auftreten.

Wörter, die sich aus mehreren Wortstücken zusammensetzen, sind in ihrer vollen Länge vorwiegend für Inhaltsverzeichnisse und Überschriften zu verwenden. Im Laufe einer Berechnung genügt es im allgemeinen, nur den letzten oder die beiden letzten Wortstücke zu benutzen.

## 2.2. Schriftstellung

Wird ein Hauptbegriff durch zusätzliche Begriffe (Merkmale) eingeschränkt, dann wird das Zeichen für den Hauptbegriff auf die Schreiblinie gestellt; jeder einschränkende Begriff bedarf eines zusätzlichen Zeichens. Die zusätzlichen Zeichen werden als Fuß- oder Kopfzeiger (Indizes) angefügt.

### 2.2.1. Fußzeiger

Ein einzelner Fußzeiger kann den Ort der Wirkung, den Ort der Ursache, die Ursache selbst, die Zugehörigkeit oder die Bezugsrichtung ausdrücken.

Benötigt man mehrere Fußzeiger, so sind zu setzen: zunächst der oder die Fußzeiger, die den Ort der Wirkung angeben,

anschließend der oder die Fußzeiger, die den Ort der Ursache oder die Ursache selbst angeben (vgl. Beispiele unter Abschnitt 2.3.).

Mehrere Zeiger müssen durch Satz- oder Hilfszeichen getrennt werden, wenn die Eindeutigkeit der Aussage es verlangt.

Ein Komma zwischen zwei Fußzeigern bedeutet „verursacht durch“ oder „verursacht durch eine Einheit in“.

Zwei Fußzeiger bei statischen Größen, für die der Maxwell'sche Satz gilt, werden nicht getrennt.

Runde Klammern dürfen um einen Fußzeiger gesetzt werden, wenn eine Beziehung zu einer Achse, zu einem Tragwerk oder zu anderen Begriffen zu kennzeichnen ist, vgl. Beispiele unter Abschnitt 2.3..

Zur Vermeidung einer Häufung von Fußzeigern ist es anzustreben, einen Teil dieser Zeichen durch Hinweise im Text zu ersetzen.

## 2.2.2. Kopfzeiger

Wegen der Gefahr der Verwechslung mit einer Potenz sind Kopfzeiger stets in runde Klammern zu setzen und in ihrer Verwendung möglichst auf wenige und selten benötigte Ausdrücke zu beschränken. Kopfzeiger werden z. B. zur Kennzeichnung eines statischen Systems verwendet, das aus einer Änderung des geometrischen oder statischen Aufbaues des ursprünglichen Systems entstanden ist, vgl. auch  $\beta_F$  in Abschnitt 3.2.2.

## 2.2.3. Sonstige Hinweise

Hinweise in Form von Kürzungen, wie z. B.

abs = absolut	min = minimal, kleinst-
eff = effektiv, wirksam	red = reduziert
erf = erforderlich	rel = relativ, bezogen
krit = kritisch	vorh = vorhanden
max = maximal, größt-	zul = zulässig

werden in statischen Berechnungen nicht als Fußzeiger geschrieben, sondern auf der Schreiblinie vorangestellt.

## 2.2.4. Überstreichungen

Überstreichungen bezeichnen die Zugehörigkeit zu einem virtuellen Zustand; Zeiger dürfen zu diesem Zweck nicht überstrichen werden.

## 2.3. Beispiele

Es mögen  $M_1$  das Schnittmoment im Schnitt 1 und  $\vartheta_1$  die Spreizung der Schnittufer des Schnittes 1 bezeichnen, dann haben die weiteren Angaben folgende Bedeutung:

$M_{1,W}, \vartheta_{1,W}$  verursacht durch Wind

$M_{1,W}^{(II)}, \vartheta_{1,W}^{(II)}$  wie vor, am zweifach statisch unbestimmten Hauptsystem

$M_{1(x)}, \vartheta_{1(x)}$  um die x-Achse (Bezugshinweis)

$M_{1(m)}, \vartheta_{1(m)}$  im Träger m (Zugehörigkeit)

$M_{1(2n)}, \vartheta_{1(2n)}$  verursacht durch eine Einheit (Hilfsangriff) im Punkte 2 des Trägers n

## Einzelbedeutung der Zeichen

## 3. Gemeinsame Zeichen im Bauingenieurwesen

### 3.1. Nebenzeichen (Fuß- und Kopfzeiger)

#### 3.1.1. Fuß- und Kopfzeiger als Hinweis auf die Ursache

L, G, P, W, H, g, p, w . . . Bedeutung gemäß Abschnitt 3.2.3.1.

S, N, Q . . . Bedeutung gemäß Abschnitt 3.2.3.2.

HL Hauptlast

ZL Zusatzlast

HZL Haupt- und Zusatzlast

FL Fliehlast

AL Anfahrlast

Br Bremslast

S Seitenstoßlast

R Reibungslast

T Temperaturänderung

t Zeitdauer oder Zeitpunkt

s Schwinden

k Kriechen

#### 3.1.2. Fußzeiger als Hinweis auf die Art der Beanspruchung

Z	Zug, mittig angreifend
D	Druck
B	Biegung
BD	Biegedruck
BZ	Biegezug
A	Abscheren
T	Torsion
K	Knickung
Q	Querkraft
F	vgl. $\beta_F$ im Abschnitt 3.2.2.

#### 3.1.3. Fußzeiger als Hinweis auf den Ort, die Richtung und die Bezugsachse

h horizontal (waagrecht) gerichtet

v vertikal (lotrecht) gerichtet

x in Richtung x oder um die Achse x oder an der Schnittstelle im Abstand x vom Ausgangspunkt

y entsprechend x

z entsprechend x

o und u bedeuten oben bzw. unten

r und l bedeuten rechts bzw. links

#### 3.1.4. Fußzeiger als Hinweis auf weitere Begriffe

U kennzeichnet den Zustand, bei dem die Tragfähigkeit des Bauteils voll ausgenutzt ist (entsprechend ultimate)

n bedeutet netto, also unter vollem Abzug der Verstärkungen

i bedeutet, daß die Größe in bestimmter Weise von der Wirklichkeit abweicht (entsprechend ideell)

#### 3.1.5. Kopfzeiger für den statischen Zustand

(I) zur Bezeichnung der Wirkung am einfach statisch unbestimmten Hauptsystem, ebenso (II), (III) usw.

## 3.2. Hauptzeichen

### 3.2.1. Geometrische Größen

#### 3.2.1.1. Winkel

$\alpha, \beta, \gamma$  Neigungswinkel schräger Stäbe oder Stellungswinkel der Angriffsrichtungen von Lasten

$\varphi$  veränderlicher Neigungswinkel

#### 3.2.1.2. Längen

l Länge, Stützweite

b Breite, Hauptträgerabstand = Querträgerstützweite

a Querträgerabstand = Längsträgerstützweite, Feldweite, Knotenpunktabstand

h Höhe, Stockwerkhöhe, Gesamthöhe, bei Fachwerk Systemhöhe

d Kreisdurchmesser, Plattendicke, Balkenhöhe

r Halbmesser (entsprechend Radius)

s Systemlänge des Stabes

$s_K$  Knicklänge des Stabes

$s_{Kx}, s_{Ky}$  Knicklänge des Stabes für das Ausknicken rechtwinklig zu den Schwerachsen x-x und y-y des Stabquerschnittes

#### 3.2.1.3. Querschnitte und Querschnittswerte

F Fläche

I Trägheitsmoment

$i = \sqrt{\frac{I}{F}}$  Trägheitshalbmesser. Falls I keinen Fußzeiger erhält, soll I stets min I bedeuten.

**S** Statisches Moment einer Fläche

**W** Widerstandsmoment

**y** Abstand eines Flächenelementes von der Schwerachse  
x-x der Querschnittsfläche

**x** Abstand eines Flächenelementes von der Schwerachse  
y-y der Querschnittsfläche

### 3.2.2. Kennwerte für Werkstoffe

**E** Elastizitätsmodul

**G** Gleitmodul, Schubmodul!

**μ** Querdehnzahl, Verhältnis von Querdehnung zu Längsdehnung ( $\mu$  ist die reziproke Poissonsche Zahl, d. h.  $\mu < 1$ )

**β** Festigkeit, bezogen auf den Ausgangsquerschnitt, Fußzeiger siehe Abschnitt 3.1.2., z. B.

$\beta_Z$  Zugfestigkeit, für mittigen Zug

$\beta_F$  Wöhlerfestigkeit<sup>4)</sup> (im Stahlbau)  
Ermüdungsfestigkeit<sup>4)</sup> (im Stahlbetonbau)  
(Fußzeiger F entsprechend fatigue)

Werte der Wöhlerfestigkeit oder Ermüdungsfestigkeit sind z. B.:

$\beta_{F(-1)(20)}$  Standfestigkeit =  $\beta_F$  für  $\alpha = +1$   
( $\sigma = \text{const}$ ) bei einer Belastungsdauer von 20 Jahren

$\beta_{F(0)}^{(10^5)}$  Schwellfestigkeit (früher Ursprungsfestigkeit) =  $\beta_F$  für  $\alpha = 0$  (min  $\sigma = 0$ ) bei  $N = 10^5$  Lastspielen

$\beta_{F(-1)}^{(2 \cdot 10^6)}$  Wechselfestigkeit (früher Schwingungsfestigkeit) =  $\beta_F$  für  $\alpha = -1$  (min  $\sigma = -\max \sigma$ ) bei  $N = 2 \cdot 10^6$  Lastspielen

$\beta_{FB}$  Betriebsfestigkeit

Die Betriebsfestigkeit ist die im mehrstufigen Wöhlersversuch ermittelte Zeitfestigkeit für eine begrenzte Gesamtdauer oder Gesamtanzahl von Lastspielen infolge der Gesamtwirkung aus einem Gemisch von Wöhlerspannungen mit jeweils verschiedenen großen Grenzspannungen bei verschiedenen vielen Lastspielzahlen.

Ferner:

$\beta_S$  Streckgrenze

$\beta_{0,2}$  0,2%-Grenze (0,2% bleibende Dehnung)

$\beta_{0,01}$  Proportionalitätsgrenze (0,01% bleibende Dehnung)

**T** Temperaturdehnzahl, Dehnung bei 1 grd Temperaturänderung.

<sup>4)</sup> **Wöhlerfestigkeit oder Ermüdungsfestigkeit** ist die im Dauerversuch ermittelte Festigkeit von Werkstoffen und Bauteilen (vgl. DIN 50100, Abschnitt 5.2.). Sie wird aus dem Eintreten des Bruches bei häufig wiederholten, schwelenden oder wechselnden Beanspruchungen zwischen zwei Grenzspannungen oder bei Dauerstandsversuchen festgestellt. Man unterscheidet nach dem jeweiligen Grenzspannungsverhältnis  $\alpha = \frac{\min \sigma}{\max \sigma}$ .

Ein weiterer Zusatz enthält die Angaben über die Anzahl der ertragenen Lastspiele oder die Zeitspanne oder über beides.

Bei  $\alpha = \frac{\min \sigma}{\max \sigma}$  wird die dem Betrage nach größere

Grenzspannung als  $\max \sigma$  und die dem Betrage nach kleinere Grenzspannung als  $\min \sigma$  bezeichnet.  $\alpha$  ist im Schwellbereich positiv und im Wechselbereich negativ, es liegt zwischen -1 und +1.

### 3.2.3. Statische Größen

#### 3.2.3.1. Last- und Stützgrößen

**L** Last in allgemeiner Bedeutung

**G** Ständige Einzellast

**P** Verkehrseinzellast, z. B. Achslast

**Q** =  $G + P$

**W** Windeinzellast

**C** Stützeinzellast, lotrecht gerichtet.

Im Grundriß bezeichnet man die Achsenlinien der Stützenreihen in einer Richtung mit A, B, C...N und quer hierzu mit arabischen Ziffern 1, 2, 3...n. Dementsprechend lauten die Stützeinzelasten  $C_{A1}, C_{A2}, \dots, C_{B1}, C_{B2}, \dots, C_{N2}, \dots, C_{Nn}$ .

In einfachen Berechnungen kann der Fußzeiger von C als Hauptzeichen für die Stützeinzellast gesetzt werden, d. h. A1, A2, ..., B1, B2, ..., N1, N2, ... Nn.

**H** Horizontale (waagerechte) Komponente einer Einzellast, z. B.

**H<sub>FL</sub>** Fliehlast

**H<sub>S</sub>** Seitenstoßlast der Fahrzeuge

**H<sub>Br</sub>** Bremslast

**H<sub>R</sub>** Reibungslast

**V** Vertikale (lotrechte) Komponente einer Einzellast

**K** Stützeinzellast, schräg gerichtet (Kämpfereinzellast)

**g** Ständige Streckenlast und ständige Flächenlast

**p** Verkehrs-Streckenlast und Verkehrs-Flächenlast

**q** =  $g - p$

**w** Wind-Streckenlast und Wind-Flächenlast

**M<sub>L</sub>** Lastmoment

**M<sub>LB</sub>** Lastbiegemoment } (Fußzeiger nur wenn notwendig)

**M<sub>LT</sub>** Lasttorsionsmoment

#### 3.2.3.2. Schnittgrößen

**S** Schnittkraft in allgemeiner Bedeutung

**N** Längskraft (früher Normalkraft, in Vollwand- und Massiv-Tragwerken wie auch in Fachwerken), bei Zug positiv, bei Druck negativ. Falls kein Irrtum möglich ist, kann das Vorzeichen wegfallen. Im Fachwerk dürfen auch folgende Buchstaben für die Stabkräfte benutzt werden:

**O** Stabkraft im Obergurt eines Fachwerkes

**U** Stabkraft im Untergurt eines Fachwerkes

**V** Stabkraft im Pfosten eines Fachwerkes (Vertikale)

**D** Stabkraft in der Strebe eines Fachwerkes (Diagonale)

**Q** Querkraft

**q<sub>x</sub>, q<sub>y</sub>** bei Platten die auf die Längeneinheit bezogenen

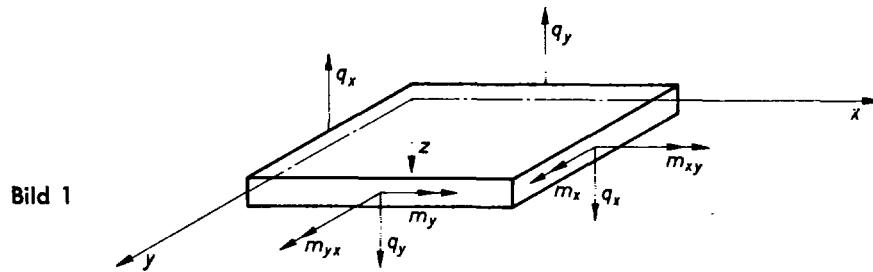
Querkräfte, in rechtwinklig zur x- bzw. y-Achse stehenden Ebenen wirkend (vgl. Bild 1)

**M** Schnittmoment

**M<sub>B</sub>** Biegemoment; in Systemskizzen ist eine Seite durch Strichelung zu kennzeichnen. Die Biegemomente, die auf der gestrichelten Seite Zug erzeugen, werden als positiv bezeichnet und in der zeichnerischen Darstellung nach dieser Seite aufgetragen.

**m** bei Platten das auf die Längeneinheit bezogene Biegemoment

**m<sub>x</sub>, m<sub>y</sub>** die auf die Längeneinheit bezogenen Biegemomente, um die y- bzw. x-Achse drehend (Momentenvektor rechtwinklig zur x- bzw. y-Achse) (vgl. Bild 1)



$m_T$  das auf die Längeneinheit bezogene Drillmoment (Torsionsmoment) in einer rechtwinklig zur  $x$ -Achse stehenden Ebene wirkend

$m_{xy}$  das auf die Längeneinheit bezogene Drillmoment (Torsionsmoment) in einer rechtwinklig zur  $x$ -Achse stehenden Ebene wirkend. Die Längeneinheit ist dabei auf die Richtung der  $y$ -Achse bezogen (vgl. Bild 1).

### 3.2.3.3. Weggrößen

#### v Verschiebung eines Punktes

$v_x, v_y, v_z$  Komponenten von  $v$  in Richtung der  $x$ -,  $y$ - und  $z$ -Achse des Koordinatensystems, sofern eine Unterscheidung notwendig ist. Das  $xyz$ -System ist ein Rechtssystem, d.h. die Achsrichtungen bestimmen sich nach den Richtungen der räumlich gespreizten ersten drei Finger der rechten Hand (vgl. Bild 2)

f Durchbiegung, Pfeilhöhe der Biegelinie

$\varphi$  Drehung (Knotendrehwinkel), z.B.

$\varphi_B$  Biegendrehung

$\varphi_T$  Torsionsdrehung

$\psi$  Stabdrehwinkel (vgl. Bild 3)

$\Delta l$  Längenänderung, Abstandsänderung zweier Punkte

a Abstandsänderung der Schwerpunkte zweier Schnittufer (vgl. Bild 4). Falls eine Unterscheidung notwendig ist, können Fußzeiger angefügt werden, z.B.

$a_n$  Längsverschiebung

$a_q$  Gleitung

$\vartheta$  Spreizung zweier Gelenkufer (vgl. Bild 4). Falls eine Unterscheidung notwendig ist:

$\vartheta_x, \vartheta_y, \vartheta_z$  um die Achsen  $x, y, z$

$\tau$  Stabend-Tangentenwinkel (Winkeländerung zwischen Stabsehne und Stabend-Tangente (vgl. Bild 3).

### 3.2.3.4. Überzählige

Die Einheit der Überzähligen wird in deren Richtung als positiv angesetzt.

#### Kraftgrößen-Verfahren

#### Statische Überzählige

$X_1, X_2, \dots, X_n$

Weggrößen, die zu den Einheiten der statischen Überzähligen gehören:

$\delta_{1,1}, \delta_{1,2}, \dots, \delta_{1,n}$

.....

.....

$\delta_{n,1}, \delta_{n,2}, \dots, \delta_{n,n}$

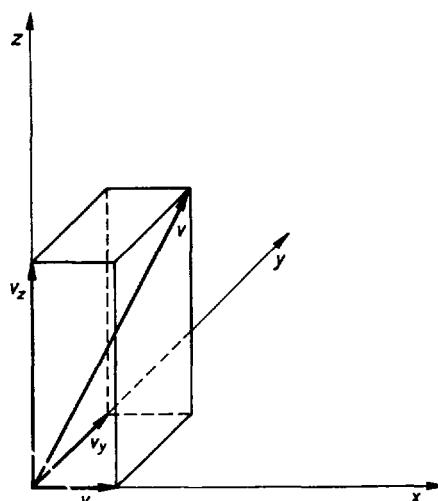


Bild 2

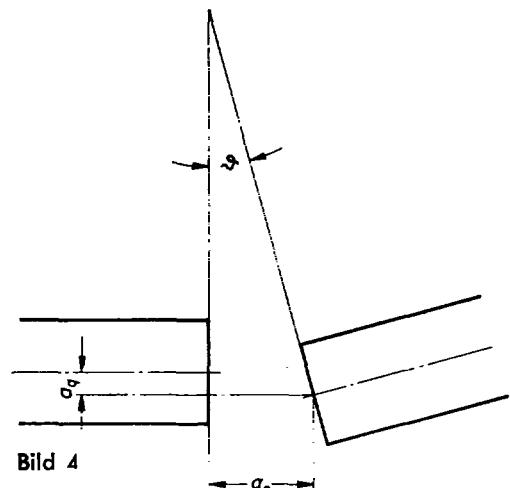


Bild 4

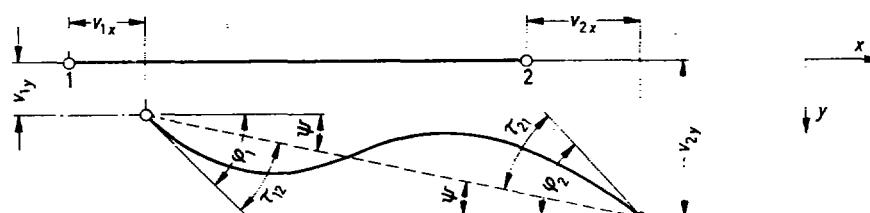


Bild 3

**Weggrößen-Verfahren:**  
(früher Formänderungsgrößen-Verfahren)

Geometrische Überzähligkeit

$\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$

Kraftgrößen, die zu den Einheiten der geometrischen Überzähligkeiten gehören:

$R_{1,1}, R_{1,2}, \dots, R_{1,n}$

.....

.....

$R_{n,1}, R_{n,2}, \dots, R_{n,n}$

**3.2.3.5. Spannungen** (außer Werkstoffkennwerten gemäß Abschnitt 3.2.2.)

$\sigma$  Spannung, rechtwinklig zum Flächenelement wirkend, Fußzeiger siehe Abschnitt 3.1.2., z. B.

$\sigma_{BZ}$  Biegezugsspannung

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$  Spannungen, in den Achsrichtungen  $x, y, z$  wirkend

$\sigma_I, \sigma_{II}, \sigma_{III}$  Spannungen in Richtung der Hauptachsen, dabei wird die dem Betrage nach (d. h. ohne Berücksichtigung des Vorzeichens) größte Spannung als  $\sigma_I$  bezeichnet. Von den beiden restlichen Spannungen wird als  $\sigma_{III}$  die Spannung bezeichnet, deren algebraische Differenz von  $\sigma_I$  dem Betrage nach größer ist.

$\tau$  Schubspannung, im Flächenelement wirkend; Fußzeiger siehe Abschnitt 3.1.2., z. B.

$\tau_T$  Schubspannung aus Torsion

$\tau_{xy}$  Schubspannung in einem zur  $x$ -Achse rechtwinkligen Flächenelement, in Richtung der  $y$ -Achse wirkend

**3.2.3.6. Weitere Größen**

$c$  Federkonstante (auf die Längeneinheit des Federweges bezogene Kraft)

$\varepsilon$  Dehnung (auf die Längeneinheit bezogene Längenänderung)

$\lambda$  Schlankheitsgrad, Verhältnis der Knicklänge zum Trägheitshalbmeß eines Stabes

$\varphi$  Querschnittsverkleinerung bezogen auf den ursprünglichen Querschnitt (Einschnürung)

**Beiwerthe**

$k$  Beiwert, allgemein (stets mit Zeiger zu versehen)

$\alpha$  und  $\xi$  bezeichnen das Anteilsverhältnis an einem Ganzen, und zwar gilt  $\alpha$  für ein feststehendes Anteilsverhältnis, z. B.  $\alpha = a:l$ , und  $\xi$  für ein veränderliches Anteilsverhältnis, z. B.  $\xi = x:l$ .  $\alpha$  und  $\xi$  haben somit nur Werte zwischen 0 und 1.

$\mu$  Anteil eines Ausgangswertes, z. B.  $\mu_R$  = Reibungsbeiwert  $\mu$  als Querdehnverhältnis siehe Abschnitt 3.2.2.

$\nu$  1. Abklingungs- oder Abminderungsbeiwert einer Schnittgröße oder einer Formänderung, daher  $\nu \leq 1$ .  
2. Sicherheitsbeiwert ( $\nu > 1$ )

$\omega$  ist der Beiwert für die Vergrößerung einer Kraftgröße zur Vereinfachung der Berechnung, daher  $\omega \geq 1$ , (z. B.  $\omega_K$  in DIN 4114)

$\varphi$  ist der Beiwert für das tatsächliche Anwachsen einer gegebenen Größe, daher  $\varphi \geq 1$ , z. B.  $\varphi_S$  = Schwingbeiwert (zumeist genügt  $\varphi$ )

$\eta$  Ordinate der Einflußlinie, z. B.

$\eta_{su}$  an der Stelle  $s$  für eine an der Stelle  $u$  angreifende Einheit einer Lastgröße

**4. Besondere Zeichen im Stahlbau**

**4.1. Spannungsnachweis**

**4.1.1. Querschnittswerte**

$y$  Abstand von der Schwerachse des unverschwächten Querschnitts, z. B.

$y_r$  Randabstand

$y_z$  und  $y_d$  Randabstand, gemessen auf der Biegezug- und Biegendruckseite

$y_o$  und  $y_u$  Randabstand vom oberen und vom unteren Querschnittsrand

$y_m$  Abstand des Schubmittelpunktes vom Schwerpunkt des unverschwächten Querschnitts

$t$  Werkstoffdicke

$F$  Fläche, z. B.

$F_n$  Fläche nach vollem Lochabzug

$\Delta F$  Fläche des für den Spannungsnachweis abzuziehenden Anteils des Querschnitts (Lochabzug)

$F_m = F - \Delta F$  Maßgebende Querschnittsfläche

$W$  Widerstandsmoment, z. B.

$W_z, W_d, W_o$  und  $W_u$  entsprechend  $y_z, y_d, y_o$  und  $y_u$

$W_n, \Delta W$  und  $W_m$  entsprechend  $F_n, \Delta F$  und  $F_m$

$I$  Trägheitsmoment, z. B.

$I_n, \Delta I$  und  $I_m$  wie oben

$I_T$  Torsionswert des Stabquerschnitts

$C_M$  Wölbwiderstand des Stabquerschnitts, bezogen auf den Schubmittelpunkt M

**4.1.2. Zusammengesetzte Ausdrücke**

$EF$  Dehnsteifigkeit

$EI$  Biegesteifigkeit

$GI_T$  Torsionssteifigkeit

$EC_M$  Wölbsteifigkeit

**4.2. Stabilitätsnachweis**

**4.2.1. Verhältniswerte**

$\beta = \frac{s_K}{s}$  Verhältnis der wirksamen Knicklänge zur vorhandenen Stablänge

$\lambda$  Schlankheitsgrad, z. B.

$\lambda_x = \frac{s_{Kx}}{i_x}$  Schlankheitsgrad des Stabes für das Ausknicken rechtwinklig zur Stabachse  $x-x$  des Stabquerschnitts

$\lambda_i$  Ideeller Schlankheitsgrad bei mehrteiligen Druckstäben

**4.2.2. Nachweis unter der Voraussetzung ideal gerader Stabachse, ideal mittigen Kraftangriffs und ideal isotropen Werkstoffs**

$T$  Knickmodul (Engessermodul)

$L_K$  Knick-, Kipp- oder Beullast (Engessersche Knicklast); es ist dies die Last an der Stabilitätsgrenze bei Erfüllung der oben angegebenen idealisierenden Voraussetzungen

$\sigma_K$  Knick-, Kipp- oder Beulspannung (Engessersche Knickspannung)

$\gamma_K$  Knick- oder Kippsicherheitszahl (Engessersche Knicksicherheitszahl)

$\gamma_B$  Beulsicherheitszahl im elastischen (Engesser-) Bereich

**4.2.3. Nachweis unter der Voraussetzung, daß zusätzlich zu den unter Abschnitt 4.2.2. angegebenen Bedingungen der Werkstoff unbeschränkt dem Hookeschen Formänderungsgesetz gehorcht.**

$L_{Ki}$  Ideale Knick-, Kipp- oder Beullast (Eulersche Knicklast); es ist dies die Last an der Stabilitätsgrenze, wenn auch die oben angegebene zusätzliche Bedingung erfüllt ist.

$$\sigma_E = 0,1898 \left( \frac{100 t}{b} \right)^2 \text{ in MPa cm}^2$$

Eulersche Knickspannung für Blechbeulung. Sie ist eine Bezugsspannung für einen  $t$  cm dicken, 1 cm breiten und  $b$  cm langen Blechstreifen

$\sigma_{Ki} = z \cdot \sigma_E$  Ideale Knick-, Kipp- oder Beulspannung

$\sigma_{1 Ki} = z \cdot \sigma_E$  Ideale Beulspannung bei reiner Längskraft und/oder Biegung

$\tau_{Ki} = z \cdot \sigma_E$  Ideale Beulspannung bei reiner Querkraft  
Hierin ist  $z$  der Beulwert.

$\sigma_{VKi}$  Ideale Vergleichsspannung

$\gamma_{Ki}$  Ideale Knick- oder Kippsicherheitszahl (Eulersche Knicksicherheitszahl)

$\gamma_B$  Ideale Beulsicherheitszahl im elastischen (Euler-) Bereich

**4.2.4. Nachweis von Traglastwerten ohne die idealisierenden Voraussetzungen geometrischer Art und des Hookeschen Gesetzes**

$R_{LU}$  Lastgröße, bei der die Tragfähigkeit des Tragwerks erschöpft ist

$R_{SU}$  Schnittgröße, bei der die Tragfähigkeit des Tragwerks erschöpft ist

$\sigma_U$  Traglastspannung

$\gamma_U$  Tragsicherheitszahl

Weitere Angaben siehe DIN 4114

#### 4.3. Niet- und Schraubenverbindungen

$d$  Lochdurchmesser

$e$  Nietteilung

$\tau_A$  Scherspannung

$\sigma_L$  Leibungsspannung (-druck)

#### 4.4. Schweißverbindungen

$a$  Schweißnahtdicke

$l$  Schweißnahtlänge

Weitere Angaben siehe DIN 4100 und 4101

#### 4.5. Verbundbauweise

Außer den unter Abschnitt 3., 4.1. bis 4.4. und 5. aufgeführten Zeichen kommen für die Verbundbauweise besonders in Frage:

##### 4.5.1. Längen

$h$  Gesamthöhe des Verbundquerschnittes

$h_{st}$  Stahlträgerhöhe

$a$  Abstand der Schwerpunkte von Betonplatte und Stahlträger

$b_m$  Mitwirkende Plattenbreite

##### 4.5.2. Flächen

$$F_i = F_{st} + F_e - \frac{1}{n} F_b \quad \text{Ideeelle Querschnittsfläche}$$

Hierin sind:

$F_{st}$  Querschnitt des mit der Betonplatte verbundenen Stahlträgers

$F_e$  Querschnitt der Stahlbewehrung

$F_b$  Querschnitt der mitwirkenden Betonplatte

$$n = \frac{E_{st}}{E_b} \quad \text{Verhältnis der Elastizitätsmodulen von Stahl und Beton}$$

##### 4.5.3. Sonstige Größen

$$I_i = I_{st} + \frac{1}{n} I_b + F_{st} \cdot y_{st}^2 - F_e \cdot y_e^2 + \frac{1}{n} F_b \cdot y_b^2$$

Hierin sind:

$I_{st}$  Trägheitsmoment des Stahlträgers, bezogen auf seine Schwerachse

$I_b$  Trägheitsmoment des mitwirkenden Betonquerschnitts, bezogen auf seine Schwerachse

$y_{st}$  Abstand des Schwerpunktes des Stahlträgers vom Schwerpunkt des ideellen Querschnitts

$y_e$  Abstand des Schwerpunktes der schlaffen Bewehrung vom Schwerpunkt des ideellen Querschnitts

$y_b$  Abstand des Schwerpunktes der Betonplatte vom Schwerpunkt des ideellen Querschnitts

$E_{st}$  Elastizitätsmodul des Trägerstahls, gewöhnlich gleich

$E_e$  dem Elastizitätsmodul des Bewehrungsstahls

$\sigma_{st}$  Spannung im Stahlträger

Weitere Angaben, insbesondere Verbundquerschnitte mit Spannstählen siehe DIN 1078, Blatt 1

#### 5. Besondere Zeichen im Stahlbeton- und Spannbetonbau

(früher DIN 1044)

##### 5.1. Bedeutung der Zeiger

###### 5.1.1. Zeiger als Hinweis auf den Ort

###### 5.1.1.1. Fußzeiger

$b$  Beton,  
bei Betonflächen ohne Abzug des Querschnittes der Stahlbewehrung und der Gleitkanäle

$e$  Betonstahl

$z$  Spannstahl

$G$  Gleitkanal von Spanngliedern

### 5.1.1.2. Kopfzeiger

Kennzeichnung der Druckbewehrung, z. B.

$F_e'$  Querschnittsfläche der Druckbewehrung  
(Ausnahme: für den Gesamtquerschnitt der Längsbewehrung bei mittiger Druckbelastung wird statt  $F_e'$  nur  $F_e$  geschrieben)

$h'$  Abstand des Schwerpunktes der Druckbewehrung vom gedrückten Rand

### 5.1.2. Fußzeiger als Hinweis auf die Ursache

g, p, s, k ... vgl. Abschnitt 3.1.1.

r infolge der Reibung des Spannstahles im Gleitkanal

v infolge der Vorspannung

### 5.1.3. Erweiterung der Fußzeiger 5.1.2. durch Zeitangabe

t beliebige Zeitspanne

o Anfangszeit  $t = 0$

$\infty$  Zeitpunkt  $t = \infty$ , d. h. nach Beendigung des Schwindens und Kriechens

### 5.1.4. Zeiger für den statischen Zustand

(o) als Kopfzeiger, vgl. Abschnitt 3.1.5., kennzeichnet bei Spannbeton das statische System, bei dem die Verbindung zwischen Spannglied und Beton gelöst ist, und wird auch für den Spannungszustand im Spannbett verwendet.

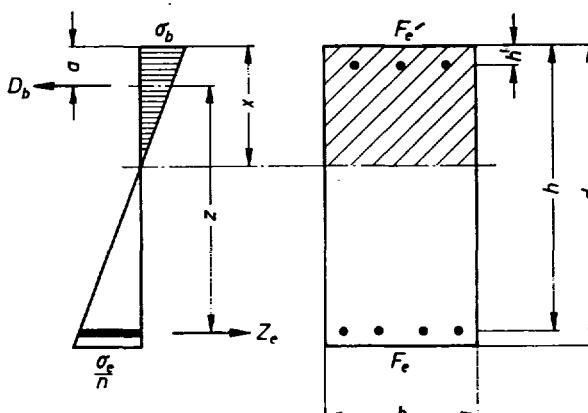


Bild 5

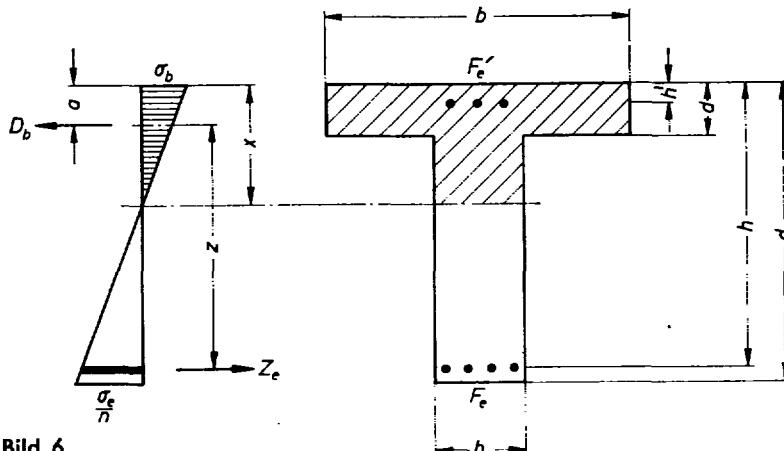


Bild 6

### 5.2. Geometrische Größen

#### 5.2.1. Längen (vgl. Bilder 5 bis 10)

d Größere Seite oder Gesamthöhe bei Rechteckquerschnitten, Wanddicke, Plattendicke bei Platten und Plattenbalken, Schalendicke

$d_o$  Gesamthöhe von Plattenbalken

$d_k$  Durchmesser des umschnürten Querschnittsteiles  $F_k$

b Kleinere Seite oder Breite von Rechteckquerschnitten, nutzbare Druckgurtbreite bei Rippendecken und Plattenbalken

$b_o$  Stegbreite bei Rippendecken und Plattenbalken

$h$  Abstand des Schwerpunktes der Zugbewehrung vom gedrückten Rand, Nutzhöhe

$h'$  Abstand des Schwerpunktes der Druckbewehrung vom gedrückten Rand

$h_s$  Höhe der Stütze (Systemhöhe, Stockwerkshöhe)

$a$  Abstand der Resultierenden der Betondruckspannung vom gedrückten Rand

y Abstand eines bestimmten Flächenelementes von der Schwerachse der Querschnittsfläche, z. B.

$y_o, y_u$  Abstand des oberen und unteren Querschnittsrandes

$y_z$  Abstand der Spanngliedachse

$y_e, y_e'$  Abstand der Schwerpunkte der Zug- und Druckbewehrung

x Abstand des gedrückten Randes von der Nulllinie (neutrale Achse)

z Abstand der Druckresultierenden von der Zugresultierenden

$e = \frac{M}{N}$  Abstand der Wirkungslinie einer Längskraft von der Systemachse des Betonquerschnittes, bei Bedarf Zerlegung in  $e_x$  und  $e_y$

u Umfang eines Bewehrungsstabes

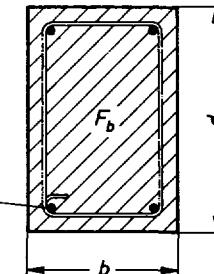


Bild 7

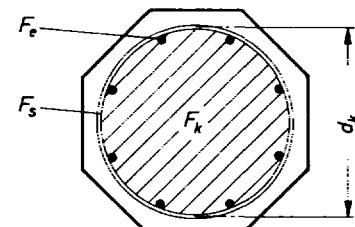


Bild 8

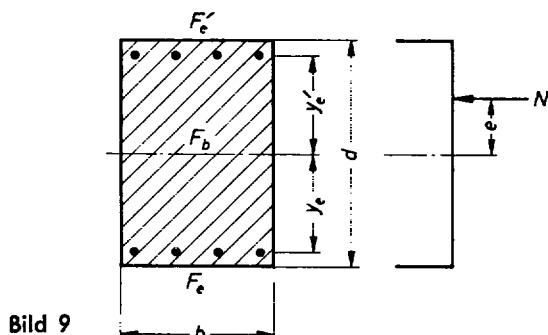


Bild 9

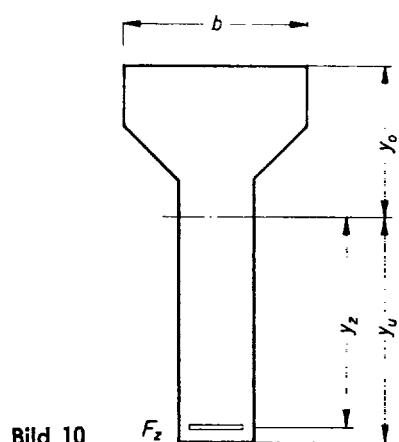


Bild 10

### 5.2.2. Querschnitte und Querschnittswerte

*F* Querschnitt, z. B.

*F<sub>b</sub>* Querschnittsfläche des Betons ohne Abzug der Querschnittsfläche der Bewehrung und der Gleitkanäle

*F<sub>e</sub>, F'<sub>e</sub>* (siehe Anmerkung) *F<sub>z</sub>, F<sub>G</sub>* Querschnitte gemäß Abschnitt 5.1.1.

*F<sub>i</sub>* Ideeller Querschnitt

*F<sub>i</sub> = F<sub>b</sub> + (n - 1) F<sub>e</sub>* bei Stahlbeton

(meist in Annäherung *F<sub>i</sub> = F<sub>b</sub> + n F<sub>e</sub>*)

*F<sub>i</sub> = F<sub>b</sub> + (n<sub>z</sub> - 1) F<sub>z</sub> + (n<sub>e</sub> - 1) F<sub>e</sub>* bei Spannbeton

*F<sub>s</sub>* Querschnitt der in eine gedachte Längsbewehrung umgerechneten Umschnürungsbewehrung

*F<sub>k</sub>* Querschnitt des umschnürten Betonkerns (durch die Mitte der Umschnürungsstäbe begrenzt)

*f* auf die Längeneinheit, meist auf 1 m Breite bezogener Querschnitt von Flächentragwerken, Bedeutung der Zeiger wie unter *F*

*μ* Bewehrungsverhältnis eines Betonquerschnittes *F<sub>b</sub>*, z. B. beim Rechteckquerschnitt

*μ = F<sub>e</sub> : b h*

*μ' = F'<sub>e</sub> : b h*

*μ<sub>o</sub> = F<sub>e</sub> : b d*

*μ'<sub>o</sub> = F'<sub>e</sub> : b d*

*I<sub>i</sub>, W<sub>i</sub>* Trägheits- und Widerstandsmoment des ideellen Querschnittes *F<sub>i</sub>*

#### Anmerkung:

Angabe der Bewehrung in Berechnungen und auf Zeichnungen für *F<sub>e</sub>* und *F'<sub>e</sub>*: Anzahl der Stäbe, Durchmesser in mm,

Stahlgüte nach DIN 1045, z. B. 6 Ø 24 St III b

für *f<sub>e</sub>* und *f'<sub>e</sub>*: Durchmesser in mm, Stahlgüte nach DIN 1045, Abstand *a* in cm,

z. B. Ø 12 St III a, *a* = 11 cm

Für besondere Stähle können auf Zeichnungen auch Sonderzeichen verwendet werden.

### 5.3. Kennwerte für Werkstoffe

*E* Elastizitätsmodul, z. B.

*E<sub>b</sub>* Elastizitätsmodul des Betons

*E<sub>e</sub>* Elastizitätsmodul des Betonstahls

*E<sub>z</sub>* Elastizitätsmodul des Spannstahls

*n* Verhältnis der Elastizitätsmoduln von Stahl und Beton, z. B.:

$$n_e = \frac{E_e}{E_b} \quad n_z = \frac{E_z}{E_b}$$

*β* Festigkeit, z. B.:

*β<sub>p</sub>* Prismenfestigkeit des Betons, *β<sub>p</sub> 28* nach 28 Tagen

*β<sub>w</sub>* Würzelfestigkeit des Betons

*β<sub>c</sub>* Zylinderfestigkeit des Betons

*β<sub>tl</sub>* Gleitwiderstand zwischen Bewehrung und Beton, bezogen auf die Einheit der Berührungsfläche

*β<sub>bz</sub>* Betonzugfestigkeit

### 5.4. Statische Größen

#### 5.4.1. Schnittgrößen

*D* Druckkraft (mit Fußzeiger gemäß Abschnitt 5.1.1. und 5.1.2.)

*Z* Zugkraft (mit Fußzeiger gemäß Abschnitt 5.1.1. und 5.1.2.)

*t* = *b · τ* auf die Längeneinheit bezogene Schubkraft

*T* =  $\int t dx$  Schubkraft, meist für die Länge eines Tragwerkabschnittes, an dem *Q* das gleiche Vorzeichen hat

#### 5.4.2. Spannungen

*σ* mit Fußzeiger *b, e, e', z* gemäß Abschnitt 5.1.1.

*τ<sub>o</sub>* Schubspannung des Betons im Zugbereich des Steges

*τ<sub>1</sub>* Haftspannung zwischen Beton und Stahl; bei Querrippenstäben die als Haftspannung umgerechnete Beanspruchung, welche dem Gleitwiderstand gegenüberzustellen ist.

### 5.5. Weitere Größen für die Bemessung im Stahlbetonbau vgl. Bild 11

$$k_x = x : h$$

$$k_e = F_e \cdot \frac{h}{M}$$

$$k_h = h : \sqrt{\frac{M}{b}}$$

$$k'_e = F'_e \cdot \frac{h}{M}$$

$$k_a = a : x$$

#### α Beanspruchungsgrad

$$\alpha_w = \frac{\sigma_m}{\beta_w} \text{ Verhältnis der mittleren Druckspannung zur Würzelfestigkeit}$$

$$\alpha_c = \frac{\sigma_m}{\beta_c} \text{ Verhältnis der mittleren Druckspannung zur Zylinderfestigkeit}$$

### 5.6. Zusätzliche Zeichen im Spannbetonbau

#### 5.6.1. Lastgrößen

*V* Ankerkraft des Spanngliedes

*U, u* Umlenkkraft des Spanngliedes, auf den Beton wirkend (*U* = Einzellast, *u* = Streckenlast)

*R, r* infolge *U, u* beim Vorspannen durch Reibung erzeugte Änderung der Spanngliedkraft

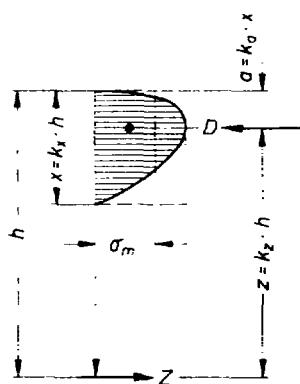


Bild 11

### 5.6.2. Schnittgrößen

- Z Zugkraft, Zugkraftverlust, z. B.  
 $Z_{zv}$  im Spannstahl auftretende Zugkraft infolge der Vorspannung  
 $\Delta Z_{zk}$  Zugkraftverlust im Spannstahl infolge des Kriechens des Betons

### 5.6.3. Kennwerte für Formänderungen

- $\varphi$  Kriechzahl allgemein  
 $(\frac{\text{Längenänderung infolge des Kriechens}}{\text{elastische Längenänderung}})$   
z. B.  
 $\varphi_t$  Kriechzahl für die Zeitspanne  $t$  nach Belastungsbeginn, das ist das jeweilige Verhältnis der beiden Längenänderungen bei Annahme einer während der Zeitspanne  $t$  konstanten Betonspannung  
 $\varphi_{\Delta t}$  Kriechzahl in der Zeitspanne  $\Delta t$   
 $\varphi_N$  Normwert der Endkriechzahl im Zeitpunkt  $t = \infty$   
 $\varphi_\infty = \varphi_N \cdot k_1 \cdot k_2 \dots$  Wert der Endkriechzahl, der verschiedene, durch  $k_1, k_2 \dots$  beschriebene Einflüsse, z. B. den Belastungsbeginn, die Betonzusammensetzung usw., berücksichtigt  
 $\varepsilon_s$  Schwindmaß des Betons, das ist die bezogene Längenänderung bei ungehindertem Schwinden

### 5.6.4. Zeichen für die Ermittlung der Reibung der Spannglieder

- $\alpha$  Planmäßiger Umlenkinkel der Spannglieder, von der Spannstelle aus gemessen  
 $\beta$  Ungewollter Umlenkinkel je Längeneinheit der Spanngliedlänge  $l$  als Annahme für die Welligkeit  
 $\gamma = \sum \alpha + \beta \cdot l$  Gesamter Umlenkinkel, von der Spannstelle aus gemessen ( $\alpha$  sind als Absolutwerte einzusetzen)  
 $\mu$  Reibungsbeiwert für die Reibung zwischen Spannstahl und Gleitkanal beim Spannen

## 6. Besondere Zeichen im Holzbau

### 6.1. Bedeutung der Fußzeiger

#### 6.1.1. Fußzeiger als Hinweis auf den Ort

- b Bolzen  
d Dübel  
n Nagel  
v Versatz

### 6.1.2. Fußzeiger als Erläuterung der Hauptzeichen

- n u nutzbar, z. B.  
F\_nu nutzbarer Stabquerschnitt  
w wirksam  
w bezeichnet bei zusammengesetzten Biegeträgern und bei mehrteiligen Druckstäben die wirksame Größe, d. h. den gegenüber einem einteiligen, gleichen Querschnitt reduzierten Wert, z. B. sind  $I_w$ ,  $W_w$  und  $\lambda_w$  die wirksamen Größen des Trägheitsmomentes, des Widerstandsmomentes und des Schlankheitsgrades.  
L Leibung, z. B.  
 $\sigma_L$  Leibungsdruck

## 6.2. Bedeutung der Hauptzeichen

### 6.2.1. Spannungsnachweis

Die allgemeingültigen Zeichen (vgl. Abschnitt 3.2.2. und 3.2.3.5.) müssen teilweise durch die Angabe der Neigung der betrachteten Schnittfläche zur Richtung der Holzfaser erläutert werden. Diese Angabe ist nicht als Fußzeiger, sondern als Hauptzeichen anzufügen.

- || parallel zur Faser  
 $\perp$  rechtwinklig zur Faser  
 $\swarrow$  geneigt zur Faser  
z. B.  $\sigma_D \parallel$  Druckspannung parallel zur Faser  
 $E \perp$  Elastizitätsmodul rechtwinklig zur Faserrichtung

- a Mittenabstand der Einzelhölzer bei mehrteiligen Stäben  
t Einschnitttiefe  
e Abstand von Verbindungsmittern  
d Durchmesser kreisrunder Verbindungsmitte und zugehöriger Lochungen  
y Abminderungsbeiwert zur Ermittlung von  $I_w$

### 6.2.2. Holzverbindungen

#### 6.2.2.1. Versatze

- $t_v$  Einschnitttiefe beim Versatz  
 $l_v$  Vorholzlänge beim Versatz

#### 6.2.2.2. Dübelverbindungen

- $e_d$  Mittenabstand der Dübel  
 $d_d$  Außendurchmesser runder Dübel  
 $h_d$  Höhe runder und rechteckiger Dübel  
 $l_d$  Länge rechteckiger Dübel  
 $b_d$  Breite rechteckiger Dübel

#### 6.2.2.3. Bolzen- und Nagelverbindungen

- $d_b$  Bolzendurchmesser  
 $d_n$  Nageldurchmesser  
 $e_n$  Nagelabstand  
 $b$  Dicke der zu verbindenden Hölzer  
 $s$  Nagelleinschlaglänge zwischen Nagelende und nächstliegendem Schnitt  
 $l_b$  Bolzenlänge  
 $l_n$  Nagellänge  
 $N_1$  Zulässige Belastung des einschnittigen Nagels

## 7. Besondere Zeichen im Erd- und Grundbau (Auszug aus DIN 4015)

### 7.1. Bodenkennwerte

$\gamma$  Rohwichte (Raumgewicht) des natürlichen, gewachsenen Bodens

$\gamma_t$  Rohwichte (Raumgewicht) des trockenen Bodens

$\gamma_g$  Rohwichte (Raumgewicht) des wassergesättigten Bodens

$\gamma_a$  Rohwichte (Raumgewicht) des Bodens unter Auftrieb

$\gamma_s$  Rohwichte des Bodens (Wichte der festen Teile, Reinwichte)

$\gamma_w$  Wichte des Wassers (spezifisches Gewicht)

$n$  Porenanteil (Hohlraumgehalt)

Porenraum, bezogen auf den Rauminhalt der gesamten Probe

$n_o$  für lockerste Lagerung

$n_d$  für dichteste Lagerung

$$D = \frac{n_o - n}{n_o - n_d} \text{ Lagerungsdichte}$$

$w$  Wassergehalt

$w_n$  natürlicher Wassergehalt

$w_a$  Ausrollgrenze

$w_f$  Fließgrenze

$$k_w = \frac{w_f - w_n}{w_f - w_a} \text{ Zustandszahl (früher Konsistenzzahl)}$$

### 7.2. Lasten, Kräfte und Spannungen

$E$  Resultierende der Belastung einer Fläche durch Erddruck

$E_a$  Angreifende Erddruck-Last

$E_p$  Erdwiderstandskraft

$E_o$  Ruhedruck-Last

$e$  Erddruck-Spannung

$e_a$  Angreifender Erddruck

$e_p$  Erdwiderstandsdruk

$e_o$  Erdruhedruck

$\lambda$  Erddruckbeiwert

$\lambda_a$  für den Erddruck

$\lambda_p$  für den Erdwiderstandsdruk

$\lambda_o$  für den Ruhedruck

$p$  Spannung im Erdreich

$p_s$  Bodenpressung

$p_k$  Kapillardruck

$p_w$  Porenwasserdruck

$p_u$  Porenwasserüberdruck

$u$  Strömungsdruck

### 7.3. Versuche

#### 7.3.1. Durchlässigkeitsversuch

$k$  Durchlässigkeitsbeiwert (nach Darcy)

$h_w$  Hydrostatische Druckhöhe

$$i = \frac{h_w}{l} \text{ Druckhöhengefälle}$$

#### 7.3.2. Zusammendrückungsversuch bei verhinderter Seitendehnung

$$s' = \frac{\Delta h}{h_a} \text{ auf die Anfangshöhe bezogene Zusammendrückung}$$

$$E_s = \frac{\Delta \sigma}{s'} \text{ Steifezahl}$$

#### 7.3.3. Scherversuch

$\tau_b$  Scherfestigkeit (Bruch)

$\tau_g$  Gleitfestigkeit (Gleiten)

$c$  Kohäsion (Haftfestigkeit)

$\varrho$  Winkel der inneren Reibung

$\varrho_b$  beim Bruch

$\varrho_g$  beim Gleiten

#### 7.3.4. Proctorversuch (Verdichtungsversuch)

$\gamma_P$  Einfache Procordichte (Trockenrohwichte nach dem einfachen Verdichtungsversuch)

$w_P$  Günstigster Wassergehalt der einfachen Procordichte

### 7.4. Berechnungsgrößen

$s$  Setzung

$s_t$  Setzung in der Zeitspanne  $t$

$$C_b = \frac{p_s}{s} \text{ Bettungszahl (früher Bettungsziffer)}$$

$\beta$  Böschungswinkel

$\mu = \tan \varrho$  Reibungsbeiwert

$\delta$  Wandreibungswinkel

— MBI. NW. 1962 S. 910

**Einzelpreis dieser Nummer 1,50 DM**

Einzellieferungen nur durch den August Bagel Verlag, Düsseldorf, gegen Voreinsendung des Betrages zuzügl. Versandkosten (Einzelheft 0,25 DM) auf das Postscheckkonto Köln 85 16 oder auf das Girokonto 35 415 bei der Rhein. Girozentrale und Provinzialbank Düsseldorf. (Der Verlag bittet, keine Postwertzeichen einzusenden.)

Herausgegeben vor der Landesregierung Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, Mannesmannufer 1 a. Druck: A. Bagel, Düsseldorf; Vertrieb: August Bagel Verlag Düsseldorf. Bezug der Ausgabe A (zweiseitiger Druck; und B (einseitiger Druck) durch die Post. Ministerialblätter, in denen nur ein Sachgebiet behandelt ist, werden auch in der Ausgabe B zweiseitig bedruckt geliefert. Bezugspreis vierteljährlich Ausgabe A 8,— DM, Ausgabe B 9,20 DM.