

MINISTERIALBLATT

FÜR DAS LAND NORDRHEIN-WESTFALEN

Ausgabe A

12. Jahrgang	Ausgegeben zu Düsseldorf am 6. November 1959	Nummer 114
--------------	--	------------

Inhalt

I.

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

Glied.-Nr.	Datum	Titel	Seite
23234	19. 10. 1959	RdErl. d. Ministers für Wiederaufbau DIN 4018 — Flächengründungen	2673
23234	20. 10. 1959	RdErl. d. Ministers für Wiederaufbau Einführung von Normblättern als einheitliche technische Baubestimmungen (ETB); hier: DIN 4019 Blatt 1 — Baugrund; Setzungsberechnungen bei lotrechter, mittiger Belastung	2681

II.

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

Minister für Wiederaufbau	Seite
21. 10. 1959 Mitt. — DIN 4015 — Erd- und Grundbau; Formelzeichen	2695/96

I.

23234

DIN 4018 — Flächengründungen

RdErl. d. Ministers für Wiederaufbau v. 19. 10. 1959 —
II A 4 — 2.71 Nr. 3290/59

- 1 Vom Fachnormenausschuß Bauwesen, Arbeitsgruppe „Baugrund“ ist das Normblatt
DIN 4018 (Ausgabe August 1957) —
Flächengründungen; Richtlinien für die Berechnung — Anlage
- erstmalig aufgestellt worden. Auf dieses Normblatt weise ich die Bauaufsichtsbehörden des Landes Nordrhein-Westfalen unter Bezugnahme auf Nr. 1.5 meines RdErl. v. 20. 6. 1952 (MBL. NW. S. 801) hin und gebe das Normblatt als Anlage bekannt.
- 2 Das Normblatt enthält Angaben, die für die Bemessung von Flächengründungen notwendig sind und gibt einen Überblick über die Berechnungsverfahren, die in Abhängigkeit von den bodenmechanischen Eigenschaften des Baugrundes und der konstruktiven Gestaltung der Bauwerke anzuwenden sind. Hierbei ist bewußt eine Beschränkung auf die zur Zeit allgemein anerkannten und voraussichtlich für längere Zeit gültigen Regeln vorgenommen worden.
- 3 Da bei Flächengründungen bereits geringfügige Änderungen der Sohldruckverteilung einen beträchtlichen Einfluß auf die Schnittkräfte haben können, empfiehlt es sich, wenn kein genauer Nachweis erbracht wird, die Berechnung für die voraussichtlichen Grenzfälle der Sohldruckverteilung durchzuführen und die Flächengründung für die sich aus beiden Grenzfällen ergebenden ungünstigsten Schnittkräfte zu bemessen.

4 Flächengründungen gelten als schwierige Bauten im Sinne der Durchführungsbestimmungen v. 7. 9. 1942 (RABl. S. I 392) zur Verordnung über die statische Prüfung genehmigungspflichtiger Bauvorhaben v. 22. August 1942 (RGBl. I S. 546; RABl. S. I 391). Bei der Prüfung der den Bauanträgen beigefügten Standsicherheitsnachweise haben die Baugenehmigungsbehörden die Standsicherheitsnachweise zunächst dem Landesprüfamt für Baustatik oder dem zuständigen kommunalen Prüfamt für Baustatik zur Prüfung zu übergeben (vgl. auch Ziff. 10 der Durchführungsbestimmungen). Reichen die Kräfte des Prüfamtes für Baustatik für eine rechtzeitige Prüfung nicht aus, so soll die Baugenehmigungsbehörde nach Ziff. 15 der Durchführungsbestimmungen einen Prüfingenieur für Baustatik, der gegebenenfalls vom Prüfamt für Baustatik vorgeschlagen wird, mit der Prüfung beauftragen.

5 Das Normblatt DIN 4018 und dieser RdErl. sind in die Nachweisung B, Anlage 2 zum RdErl. v. 1. 9. 1959 (MBL. NW. S. 2333), in Abschnitt III a als neue Nr. 7 aufzunehmen.

An die Regierungspräsidenten,
den Minister für Wiederaufbau,
— Außenstelle Essen —,
die Bauaufsichtsbehörden,
das Landesprüfamt für Baustatik,
die kommunalen Prüfämter für Baustatik,
Prüfingenieure für Baustatik,
staatlichen Bauverwaltungen,
Bauverwaltungen der Gemeinden
und Gemeindeverbände.

Flächengründungen

Richtlinien für die Berechnung

DIN 4018

Inhalt

- 1 Begriff
- 2 Zweck
- 3 Geltungsbereich
- 4 Bauliche und bodenmechanische Unterlagen
- 5 Steifigkeit des Bauwerkes
- 6 Berechnungsverfahren
 - 6.1 Geraadlinig begrenzte Bodenpressungen
 - 6.2 Starre Bauwerke
 - 6.3 Schlaffe Bauwerke
 - 6.4 Einachsig ausgesteifte Bauwerke
 - 6.5 Zweiachsig ausgesteifte Bauwerke
 - 6.6 Allgemeine Verfahren
 - 6.61 Bettungszifferverfahren
 - 6.62 Steifezifferverfahren

1 Begriff

Flächengründungen im Sinne dieser Norm sind Gründungsplatten und Gründungsstreifen, bei denen ein Nachweis der Biegemomente erforderlich ist.

2 Zweck

Die Richtlinien haben den Zweck, die Berechnung von Flächengründungen auf einheitlicher Grundlage zu ermöglichen. Hierzu sind vereinfachende Annahmen und die Einführung von Mittelwerten notwendig. Infolge der Empfindlichkeit der Biegemomente von Flächengründungen gegen kleine Veränderungen der nur näherungsweise bestimmten Sohldruckverteilung und mit Rücksicht auf den Einfluß gegenseitiger lotrechter Verschiebungen von Stützen und Wänden können derartige Berechnungen nicht so genau durchgeführt werden wie bei den übrigen Gliedern eines Ingenieurbaues. Trotzdem sollen das statische System und seine Formänderungen mit möglichst großer Annäherung an die Wirklichkeit erfaßt werden.

3 Geltungsbereich

Die Richtlinien befassen sich im wesentlichen mit den Grundlagen und den Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Sohldruckverteilung unter Flächengründungen auf bindigen und nicht-bindigen Böden bei Wohn- und Geschäftshäusern, Industriebauten, Speichern, Behältern u. ä. mit vorwiegend senkrechten Lasten. Bei großen Ingenieurbauten, wie z. B. bei Schleusen und Trockendocks sind besondere Überlegungen über die Sohldruckverteilung erforderlich.

Die nachstehenden Berechnungsverfahren sind anwendbar, wenn die Begrenzung der Schichten unter der Flächengründung annähernd waagerecht und eben ist.

Sind die Bodenverhältnisse unter der Flächengründung unregelmäßig, so ist der Einfluß von Störzonen entweder im Ansatz der Berechnung zu erfassen oder — falls das nicht möglich ist — im Ergebnis zu berücksichtigen. In ungünstigen Fällen ist eine gleichsam nur punktweise Auflagerung auf den widerstandsfähigeren Stellen des Baugrundes anzunehmen.

4 Bauliche und bodenmechanische Unterlagen

Für eine Berechnung von Flächengründungen müssen gegeben sein:

4.1 die Gründungstiefe, die allgemeine Durchbildung der Baukörper, die Größe und Art der Belastungen des Grundwerkes für die verschiedenen Lastfälle und die Lage zu benachbarten Bauwerken,

4.2 Unterlagen nach DIN 1054 „Gründungen. Zulässige Belastung des Baugrundes. Richtlinien“. Zu den angreifenden Kräften gehört auch die Sohlbelastung infolge des Auftriebs.

4.3 Baugrundaufschlüsse nach

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 4023 „Baugrund- und Wasserbohrungen. Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse.“

Außerdem müssen für einen Teil der Berechnungsverfahren ermittelt werden:

4.4 die Kennwerte des Baugrundes, besonders die Drucksetzungslinien der ungestörten Bodenproben, deren versuchsmäßige Ermittlung nach DIN 4019 Blatt 1 „Baugrund. Setzungsberechnungen bei lotrechter, mittiger Belastung. Richtlinien“, Ausgabe Juni 1958, Abschnitt 3.3 empfohlen wird. DIN 4020 „Bautechnische Bodenuntersuchungen. Richtlinien“, Ausgabe Juli 1953, enthält in Abschnitt 8.75 Hinweise für die Durchführung des Zusammendrückungs-(Kompressions-)versuches. Für die Berechnung genügt es, mit der Steifeziffer zu arbeiten, die entweder aus dem Zusammendrückungsversuch oder aus Erfahrungen gewonnen ist. Die Querdehnung braucht nicht berücksichtigt zu werden.

4.5 die für die Berechnung von Gründungsplatten anzusetzenden Rechenwerte. Sie ergeben sich durch Mittelbildung aus den Kennwerten (siehe Abschnitt 4.4), die in der Regel nur für verhältnismäßig wenige Stellen des Baugrundes bestimmt werden können. Die Treffsicherheit, mit der diese Mittelwerte das wirkliche Verhalten des Bodens erfassen, ist von entscheidender Bedeutung für die Zuverlässigkeit der Berechnung. Es wird empfohlen, bei der Festlegung der gemittelten Rechenwerte in schwierigen Fällen eine Versuchsanstalt hinzuzuziehen.

Nach Möglichkeit soll die Berechnung dadurch vereinfacht werden, daß durch Mittelbildung eine oder mehrere waagerechte Schichten unter dem Bauwerk angenommen werden, für die jeweils eine Drucksetzungslinie oder Steifeziffer festgelegt wird.

5 Steifigkeit des Bauwerkes

Da die Verformung des Bauwerkes die Sohldruckverteilung wesentlich beeinflußt, ist die Steifigkeit des Gesamtbauwerks (Platte und tragende Aufbauten) in beiden Achsrichtungen näherungsweise abzuschätzen und der Sohldruckberechnung zugrunde zu legen, sofern nicht von vornherein ein nahezu starres Bauwerk angenommen werden kann.

Die Bewehrung darf bei der Ermittlung der Trägheitsmomente vernachlässigt werden.

Ist das Bauwerk durch Außenwände und tragende Innenwände und Decken oder andere statisch wirksame Bauglieder räumlich genügend ausgesteift, so kann der Gesamtkörper als starr gelten, wenn seine Verformungen infolge gegebener Lasten klein gegenüber der mittleren Setzung des Bauwerkes sind. Der Sohldruck verursacht je nach seiner Verteilung mehr oder weniger große zusätzliche Beanspruchungen der aussteifenden Bauglieder.

6 Berechnungsverfahren

Die Berechnungen setzen voraus, daß die mittleren Sohlpressungen den Baugrund — abgesehen von örtlich begrenzten Randstörungen — nicht bis zum Fließzustand oder Bruch beanspruchen. Dies ist immer anzunehmen, wenn die nach DIN 1054 zulässigen Sohldruckwerte nicht überschritten werden.

Rechnerische Spannungsspitzen, z. B. am Rande des Grundbauwerks müssen wegen des Auftretens plastischer Baugrundverformungen entsprechend den jeweiligen Verhältnissen überschlägig abgemindert werden. Dabei müssen die Gleichgewichtsbedingungen gewahrt bleiben.

6.1 Geradlinig begrenzte Bodenpressungen

Dieser einfache Ansatz führt meist zu einer Überbemessung der Gründungsplatte.

Besondere Erwägungen sind nötig, wenn sich die Lasten in dem mittleren Bereich der Flächengründung verdichten.

6.2 Starre Bauwerke

Die Sohldruckverteilung unter starren Bauwerken darf nach den Gleichungen von Boussinesq berechnet werden, wenn wenigstens annähernd vorausgesetzt werden kann, daß unmittelbar unter der Gründungssohle eine tiefreichende Schicht mit einheitlicher und unveränderlicher Steifeziffer S liegt, deren Mächtigkeit größer ist als die untersuchte Schnittbreite.

Mit abnehmender Schichtmächtigkeit und unter der Voraussetzung, daß die Zusammendrückbarkeit der übrigen Schichten vernachlässigt werden kann, nähert sich die Druckverteilung allmählich einer gleichmäßigen Sohldruckverteilung. Das gilt besonders bei ausgedehnten Bauwerken.

6.3 Schlaffe Bauwerke

Sehr weiche Baukörper nähern sich dem Grenzfall des im Verhältnis zum Untergrund schlaffen Bauwerkes, bei dem Auflasten und Bodengegendruck gleich groß sind. Die Durchbiegungen der Flächengründung sind hierbei gleich den Setzungen, die unter den gegebenen Auflasten entstehen.

6.4 Einachsig ausgesteifte Bauwerke

In Richtung der Aussteifung ergibt sich ungefähr die Sohldruckverteilung nach Abschnitt 6.2. Sie ruft in den Aussteifungsgliedern Schnittkräfte hervor.

Quer zur ausgesteiften Richtung können die Sohldruckverteilungen nach einem der unter Abschnitt 6.6 angegebenen Verfahren ermittelt werden. Wird hierzu die Berechnung von Setzungen benötigt, so genügt es, diese nur für einen kennzeichnenden Querschnitt (siehe Bild) zu bestimmen.

Hierbei ist vorausgesetzt, daß die Verbiegung der Platte parallel zu den aussteifenden Gliedern vernachlässigt werden darf, jedoch kann sie nachträglich dadurch berücksichtigt werden, daß die für den kennzeichnenden Querschnitt errechnete mittlere Bewehrung entsprechend der Sohldruckverteilung in der ausgesteiften Achse verteilt wird.

6.5 Zweiachsig ausgesteifte Bauwerke

Ist das Gesamtbauwerk starr, so ergibt sich die Sohldruckverteilung nach Abschnitt 6.2.

Für die einzelnen Plattenfelder kann eine gemittelte Sohldruckverteilung angenommen und die Berechnung als biegsame Platte nach DIN 1045, Ausgabe 1943 $\times \times$, §§ 22, 23, 25 oder 26 durchgeführt werden.

6.6 Allgemeine Verfahren

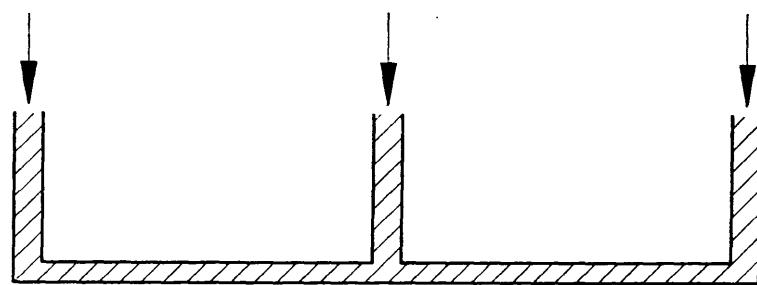
Sind die vorstehenden vereinfachten Verfahren nicht anwendbar, so stehen u. a. folgende Möglichkeiten zur Verfügung:

6.61 Bettungszifferverfahren

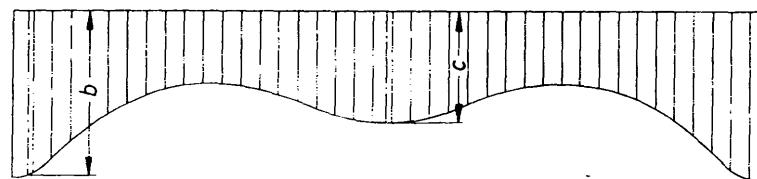
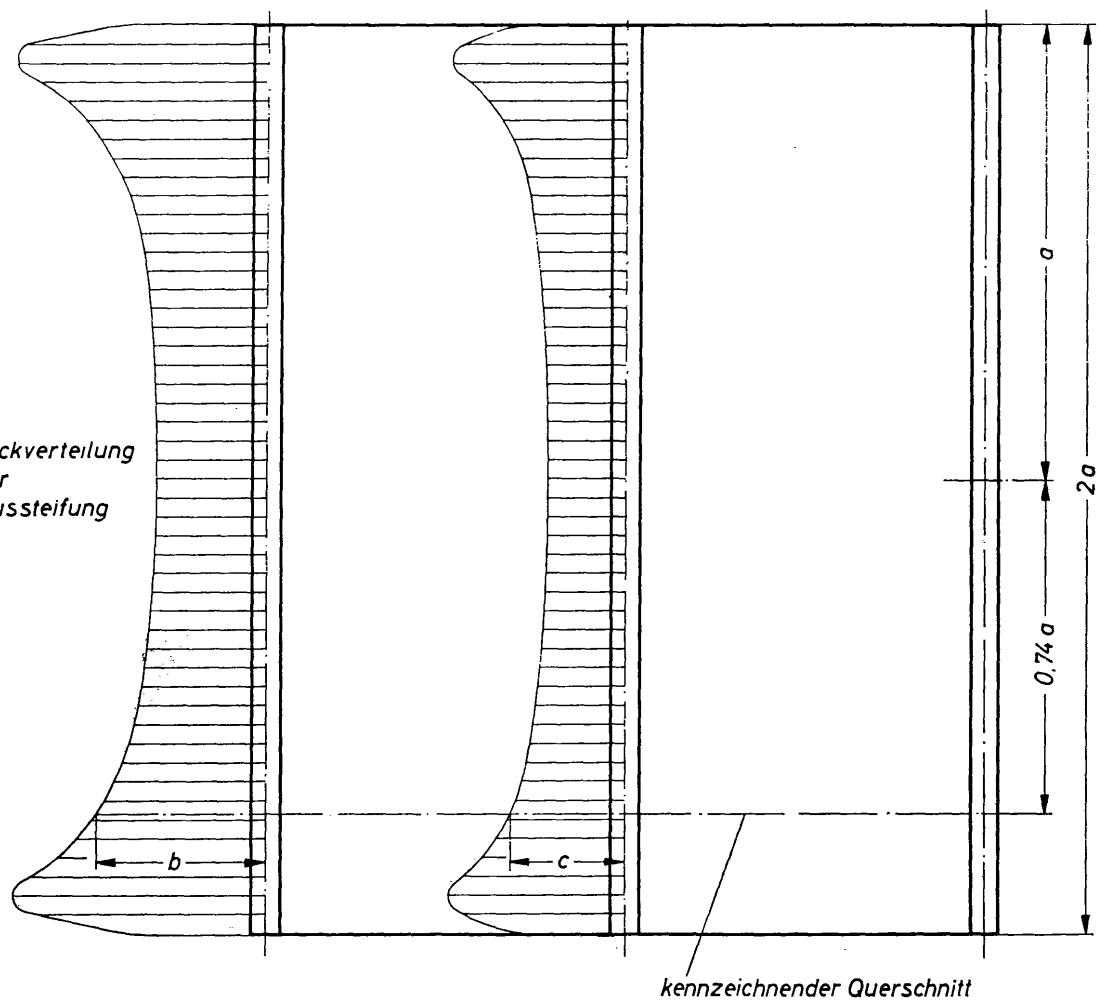
Das Bettungszifferverfahren besteht darin, daß die Sohldruckverteilung verhältnismäßig zu der Durchbiegung der Gründung angesetzt wird. Es führt zu hinreichend genauen Ergebnissen bei langen biegsamen Gründungsbalken und ausgedehnten biegsamen Gründungsplatten mit jeweils wenigen Einzellasten, deren Angriffspunkte in ihrer Höhenlage gegeneinander verschieblich sind.

6.62 Steifezifferverfahren

Das Steifezifferverfahren besteht darin, daß diejenige Sohldruckverteilung angestrebt wird, bei der die Form der Durchbiegungsfläche der Gründung mit der Form der Setzungsmulde des Untergrundes möglichst gut übereinstimmt. Berechnungsverfahren, die zu hinreichend genauen Näherungslösungen führen, sind bisher nur für Gründungsbalken mit beliebiger Belastung, für die unendlich ausgedehnte Gründungsplatte mit Einzellasten und für Kreisplatten mit zur Mitte symmetrischer Belastung entwickelt worden.



Soil pressure distribution

Soil pressure distribution
under the
longitudinal stiffening

Einachsig ausgesteiftes Bauwerk.
Lage des kennzeichnenden Querschnitts.

23234

**Einführung von Normblättern
als einheitliche technische Baubestimmungen (ETB);
hier: DIN 4019 Blatt 1 — Baugrund; Setzungsberechnungen bei lotrechter, mittiger Belastung**

RdErl. d. Ministers für Wiederaufbau v. 20. 10. 1959 —
II A 4 — 2.71 Nr. 3310/59

1 Das Normblatt

DIN 4019 Blatt 1 (Ausgabe Juni 1958) —
Baugrund; Setzungsberechnungen bei lotrechter, mittiger Belastung; Richtlinien —
Anlage

wird unter Bezugnahme auf Nr. 1.4 meines RdErl. v. 20. 6. 1952 (MBI. NW. S. 801) für das Land Nordrhein-Westfalen bauaufsichtlich eingeführt und hiermit auf Grund der ordnungsbehördlichen Verordnung über die Feuersicherheit und Standsicherheit baulicher Anlagen v. 27. Februar 1942 (Gesetzsamml. S. 15) in Verbindung mit Nr. 1.3 meines vorgen. RdErl. bekanntgemacht.

Das Normblatt DIN 4019 Blatt 1 (Ausgabe Juni 1958) ersetzt die Ausgabe Mai 1955 des gleichen Normblattes, die ich mit RdErl. v. 22. 11. 1957 (MBI. NW. S. 2469) bauaufsichtlich eingeführt und bekanntgemacht habe. Die neue Ausgabe enthält in den Tafeln 1, 2 und 5 einige wesentliche Änderungen.

- 2 Die Fälle, in denen Setzungsberechnungen aufgestellt werden müssen, sind in DIN 1054 — Gründungen; zulässige Belastung des Baugrundes —, Abschn. 4.31 und 4.32, genannt. Die für die Setzungsberechnungen notwendigen Baugrundaufschlüsse sind nach den Normblättern DIN 1054, DIN 4020, DIN 4021, DIN 4022 Bl. 1 und Bl. 2 und DIN 4023 (s. RdErl. v. 22. 11. 1957 — MBI. NW. S. 2469) zu behandeln.
- 3 Die bisherigen Erfahrungen haben gezeigt, daß die Vorausberechnung der Setzungen besonders bei bindigen Böden vielfach größere Werte ergab, als später am Bauwerk aufgetreten sind. Das kann zur Folge haben, daß für ein Bauwerk eine unnötig teuere Gründungsart gewählt wird oder daß das Bauwerk überbe-

messen wird, weil nach DIN 1054, Abschn. 4.321 der Einfluß besonders der ungleichen Setzungen auf das Bauwerk berücksichtigt werden muß.

Um zu einer Verbesserung des Berechnungsverfahrens und damit zu einer vollen Ausnutzung der Tragfähigkeit des Baugrundes zu gelangen, ist es von Bedeutung, möglichst viele Setzungsbeobachtungen zu sammeln und einheitlich auszuwerten. Diese Aufgabe wird von der Deutschen Forschungsgesellschaft für Bodenmechanik (Degebo) in Berlin im Rahmen eines Forschungsauftrages durchgeführt. Darüber hinaus soll die Degebo auch bei Planung und Durchführung von neuen Setzungsbeobachtungen beratend mitwirken.

Die Bauaufsichtsbehörden, Prüfämter für Baustatik, Prüfingenieure für Baustatik und die staatlichen und kommunalen Bauverwaltungen werden hiermit gebeten, die Degebo bei der Durchführung ihrer Aufgabe zu unterstützen und alle zu diesem Zweck geeigneten Setzungsbeobachtungen mit

Zeichnungen der beobachteten Bauwerke mit Angabe der Meßpunkte, Angabe der Belastungen im Augenblick der Messungen,

Angabe der Baugrunduntersuchungen (Bohr- und Schürfergebnisse, Untersuchungen ungestörter Bodenproben),

Angaben über Grundwasserstände,
etwaige Gutachten über den Baugrund

der Deutschen Forschungsgesellschaft für Bodenmechanik, Berlin-Charlottenburg 2, Jebensstraße 1, unmittelbar zuzuleiten.

- 4 Mein RdErl. v. 22. 11. 1957 (MBI. NW. S. 2469) wird, soweit er DIN 4019 Bl. 1 betrifft, aufgehoben.
- 5 Die Nachweisung A, Anlage 1 zum RdErl. v. 1. 9. 1959 (MBI. NW. S. 2333), ist unter V a 2 entsprechend zu ändern.
- 6 Die Regierungspräsidenten werden gebeten, auf diesen RdErl. in den Regierungsblättern hinzuweisen.

Anlage

Baugrund

Setzungsberechnungen bei lotrechter mittiger Belastung
Richtlinien

DIN 4019
Blatt 1

Inhalt

- | | |
|---|---|
| 1 Zweck | 8 Setzungsermittlung |
| 2 Umfang | 9 Anpassen der errechneten Setzungen an das Verhalten des Bauwerkes |
| 3 Unterlagen für Setzungsberechnungen | 10 Setzungsunterschiede |
| 4 Lastannahmen | 11 Starre Grundkörper |
| 5 Vereinfachung des Schichtenbildes unter Berücksichtigung der Versuchsergebnisse | 12 Zeitlicher Verlauf der Setzungen |
| 6 Sohlspannung | 13 Setzungsbeobachtungen |
| 7 Spannungen im Boden | 14 Beispiel für eine Setzungsberechnung |

1 Zweck

Die Richtlinien für Setzungsberechnungen sollen dem Entwurfsbearbeiter die Möglichkeit geben, Setzungsberechnungen — soweit erforderlich — in enger Zusammenarbeit mit demjenigen, der die Baugrundprüfung vorgenommen hat, selbst aufzustellen. Außerdem sollen sie den Versuchsanstalten ein einheitliches Verfahren empfehlen. Wegen der vereinfachenden Annahmen und der oft notwendigen Mittelbildungen können derartige Berechnungen nur zu Schätzungen der Größe der Setzungen führen, die nicht selten bis zu 50 % unterschritten, in Ausnahmefällen auch überschritten werden. Aus diesem Grunde sind Setzungsberechnungen in möglichst einfacher Form ohne überflüssigen Arbeitsaufwand und ohne übertriebene Genauigkeit aufzustellen.

Die Fälle, in denen Setzungsberechnungen zu fordern sind, gehen aus DIN 1054 „Gründungen. Zulässige Belastung des Baugrundes, Richtlinien“, Ausgabe Juni 1953, Abschnitt 4.31 und 4.32 hervor.

2 Umfang

Die Richtlinien befassen sich im wesentlichen mit dem Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Größe und des Zeitverlaufs der Bauwerksetzungen, d. h. sie beschränken sich auf die Verfahren zur Berechnung der lotrechten durch Zusammendrückungen des Baugrundes entstehenden Setzungen der Grundkörper bei lotrechter mittiger Belastung für die Grenzfälle schlaffer oder starrer Bauwerke, erfassen aber nicht die Setzungen infolge seitlichen Ausweichens des Bodens, infolge von Grundwasserströmungen, Erschütterungen, Temperaturreinwirkungen, Austrocknen des Bodens, oder von bergbaulichen Maßnahmen.

3 Unterlagen für Setzungsberechnungen

Für eine Setzungsberechnung müssen die folgenden Unterlagen gegeben sein:

3.1 Angaben über die Gründungstiefe, die Durchbildung der Bauwerke sowie die Größe und den zeitlichen Verlauf der Belastungen des Grundwerks, getrennt nach ständigen und kurzfristigen Lasten.

DIN 4019, Blatt 2. Baugrund. Setzungsberechnungen bei schräger und ausmittiger Belastung (in Vorbereitung).

*) Frühere Ausgaben: 5. 55.

**) Änderung Juni 1958: In den Tabellen 1, 2 und 5 Werte bzw. Formeln geändert.

3.2 Die Baugrundaufschlüsse nach

DIN 1054 „Gründungen. Zulässige Belastung des Baugrundes, Richtlinien“,
DIN 4020 „Bautechnische Bodenuntersuchungen, Richtlinien“,
DIN 4021 „Baugrund und Grundwasser. Erkundung, Bohrungen, Schürfe, Probenahme; Grundsätze“,
DIN 4022 Bl. 1 „Schichtenverzeichnis und Benennen der Boden- und Gesteinsarten, Baugrunduntersuchungen“,
DIN 4023 „Baugrund- und Wasserbohrungen. Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse“.

3.3 Die in einer Versuchsanstalt nach den Richtlinien für die Prüfung der Zusammendrückbarkeit (Kompressionsversuch) zu ermittelnden Kennwerte des Baugrundes, besonders die Druck- und Zeitsetzungslinien der einzelnen Bodenproben. Diese Richtlinien werden mit anderen Anweisungen und Richtlinien in einer Norm „Bodenproben-Untersuchungen im Prüfraum, Anweisungen und Richtlinien“ (in Vorbereitung) zusammengefaßt.

3.4 Die für die Setzungsberechnung maßgebenden gemittelten Rechnungswerte, die nach den Kennwerten (Abschnitt 3.3) festzustellen sind. Da die Kennwerte nur für verhältnismäßig wenige Stellen des Baugrundes ermittelt werden können, müssen in der Setzungsberechnung gemittelte Rechnungswerte eingesetzt werden. Die Treffsicherheit, mit der diese Mittelwerte das wirkliche Verhalten des Bodens erfassen, ist von entscheidender Bedeutung für die Zuverlässigkeit der Berechnung. Bei Festlegung der gemittelten Rechnungswerte ist daher derjenige, der die Baugrundprüfung vorgenommen hat, hinzuzuziehen.

4 Lastannahmen

Für die Lastannahmen gilt DIN 1054.

5 Vereinfachung des Schichtenbildes unter Berücksichtigung der Versuchsergebnisse

Nach Möglichkeit soll die Berechnung dadurch vereinfacht werden, daß durch Mittelbildung eine oder mehrere waagerechte Schichten unter dem Bauwerk angenommen werden, für die jeweils eine kennzeichnende Druck-Setzungslinie nach Abschnitt 3.4 festgelegt worden ist.

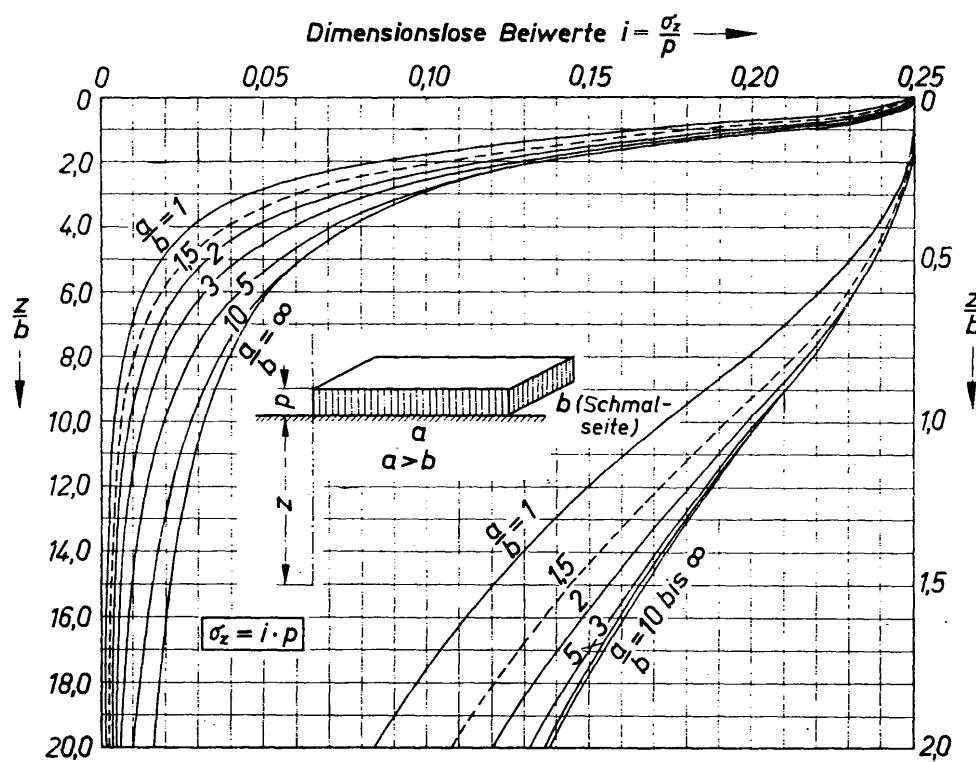


Bild 1 Eckpunkt bei Flächenlasten (nach Steinbrenner).
(Zur Berechnung der durch das schlaffe Bauwerk hervorgerufenen Spannungen.)

$$\frac{\sigma_z}{p} = f\left(\frac{z}{b}, \frac{a}{b}\right)$$

σ_z = gesuchte Druckspannung in der Tiefe z .

p = rechteckige Flächenlast mit den Seiten a und b , die die Spannung hervorruft.

6 Sohlespannung

Für die Setzungsberechnung kann die in der Sohle wirkende Spannung dadurch ermittelt werden, daß die ständigen Lasten der einzelnen Grundkörper abzüglich des Auftriebs bei mittiger Belastung gleichmäßig verteilt werden.

ist im allgemeinen die Sohlespannung um den Betrag zu verringern, der der durch den Aushub entfernten Erdaulast entspricht. Als Hilfsmittel zur Berechnung der Druckverteilung im Baugrund können die Tafeln 1 bis 3 und Bilder 1 bis 4 benutzt werden. Weitere Tafeln finden sich im Schrifttum.

Tafel 1 Zahlentafel zu Bild 1

Dimensionslose Beiwerte:

$$i = \frac{\sigma_z}{p} = \frac{1}{2\pi} \left[\operatorname{arctg} \frac{ab}{z\sqrt{a^2 + b^2 + z^2}} + \frac{abz}{\sqrt{a^2 + b^2 + z^2}} \left(\frac{1}{a^2 + z^2} + \frac{1}{b^2 + z^2} \right) \right]$$

Tiefe Breite	Dimensionslose Beiwerte $i = \frac{\sigma_z}{p}$						
	$\frac{a}{b} = 1,0$	$\frac{a}{b} = 1,5$	$\frac{a}{b} = 2,0$	$\frac{a}{b} = 3,0$	$\frac{a}{b} = 5,0$	$\frac{a}{b} = 10,0$	$\frac{a}{b} = \infty$
0,25	0,2473	0,2482	0,2483	0,2484	0,2485	0,2485	0,2485
0,50	0,2325	0,2378	0,2391	0,2397	0,2398	0,2399	0,2399
0,75	0,2060	0,2182	0,2217	0,2234	0,2239	0,2240	0,2240
1,00	0,1752	0,1936	0,1999	0,2034	0,2044	0,2046	0,2046
1,50	0,1210	0,1451	0,1561	0,1638	0,1665	0,1670	0,1670
2,00	0,0840	0,1071	0,1202	0,1316	0,1363	0,1374	0,1374
3,00	0,0447	0,0612	0,0732	0,0860	0,0959	0,0987	0,0990
4,00	0,0270	0,0383	0,0475	0,0604	0,0712	0,0758	0,0764
6,00	0,0127	0,0185	0,0238	0,0323	0,0431	0,0506	0,0521
8,00	0,0073	0,0107	0,0140	0,0195	0,0283	0,0367	0,0394
10,00	0,0048	0,0070	0,0092	0,0129	0,0198	0,0279	0,0316
12,00	0,0033	0,0049	0,0065	0,0094	0,0145	0,0219	0,0264
15,00	0,0021	0,0031	0,0042	0,0061	0,0097	0,0158	0,0211
18,00	0,0015	0,0022	0,0029	0,0043	0,0069	0,0118	0,0177
20,00	0,0012	0,0018	0,0024	0,0035	0,0057	0,0099	0,0159

7 Spannungen im Boden

Die für die Ermittlung der Setzungen in den einzelnen Schichten maßgebenden Bodenspannungen bestehen aus den Spannungen infolge des Eigengewichtes des Bodens (Erdaulast) und den Spannungen infolge der Bauwerkslasten. Die Gesamtspannung ist die Summe aus diesen beiden. Alle in der Berechnung berücksichtigten Schichten sind soweit in Teilschichten zu unterteilen, daß die Spannungslinien einigermaßen stetig verlaufen.

7.1 Spannungen infolge des Eigengewichtes des Bodens (Erdaulast)

Die Eigengewichtsspannungen des Bodens vor Aushub der Baugrube entsprechen dem darüber lastenden Gewicht des Bodens, das unter Berücksichtigung der mittleren Grundwasserverhältnisse zu bestimmen ist.

7.2 Spannungen infolge der Bauwerkslasten

Für die Ermittlung der Spannungen, die durch Bauwerkslasten zusätzlich im Baugrund auftreten, kann der Baugrund als ein allseitig gleichartiger, gewichtsloser, elastischer Körper mit einheitlicher Elastizitätszahl und unendlich ausgedehnter waagerechter Oberfläche aufgefaßt werden (elastischer Halbraum), wenn nicht eine genauere Berechnung durchgeführt wird. Dabei

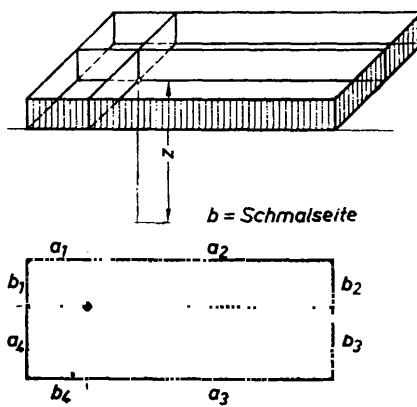
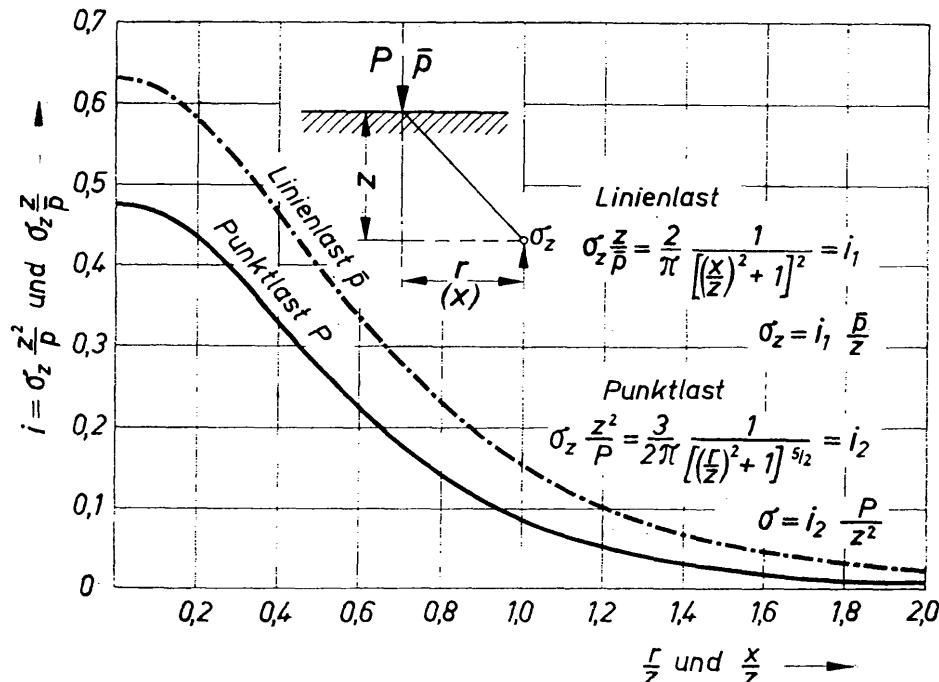


Bild 2 Spannungen unter einem beliebigen Punkt des Grundkörpers.

Die berechneten Spannungen gelten für die Tiefe z unter der Gründungssohle und das an den Kurven angegebene Seitenverhältnis. Werden die Setzungen unter einem beliebigen Punkt des Grundkörpers gesucht, so wird durch diesen je eine Parallele zu den beiden Rechteckseiten gelegt. Man erhält dann vier Rechtecke mit dem betrachteten Punkte als Eckpunkt. Die Gesamtsetzung ist die Summe der Eckpunkt-Setzungen der vier rechteckigen Teilbelastungsfächen, deren Maße a und b zu beachten sind (siehe Bild 2).

Bild 3 Spannung in der Tiefe z infolge einer Linien- oder Punktlast in der Entfernung x oder r (Zur Berechnung der durch benachbarte Pfeilerlasten hervorgerufenen Spannungen.)

σ_z = gesuchte Druckspannung in der Tiefe z .

\bar{p} = Linienlast, die die Spannung hervorruft.

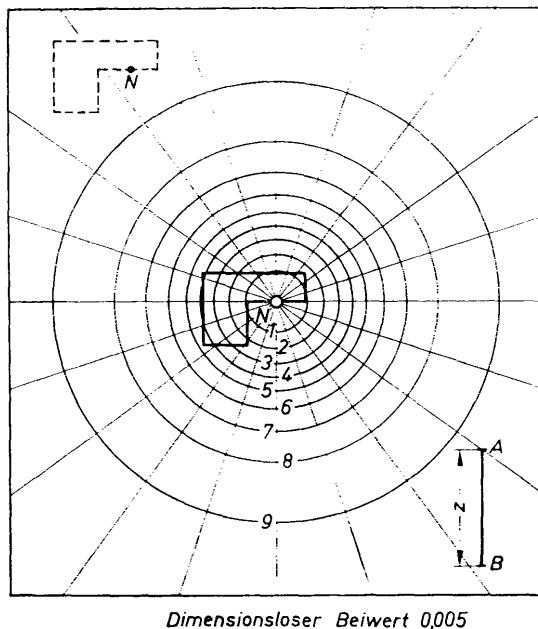
P = Punktlast, die die Spannung hervorruft.

Tafel 2 Zahlentafel zu Bild 3

Linienlast \bar{p}		Punktlast P	
$\frac{x}{z}$	i_1	$\frac{r}{z}$	i_2
0	0,63662	0	0,47746
0,1	0,62405	0,1	0,46574
0,2	0,58860	0,2	0,43288
0,4	0,47311	0,4	0,32950
0,6	0,34419	0,6	0,22138
0,8	0,23670	0,8	0,13863
1,0	0,15916	1,0	0,08442
1,2	0,10693	1,2	0,05134
1,4	0,07266	1,4	0,03115
1,6	0,05023	1,6	0,01997
1,8	0,03541	1,8	0,01290
2,0	0,02546	2,0	0,00854

$\sigma_z = \frac{2 \bar{p}}{\pi} \cdot \frac{z^3}{(x^2 + z^2)^2} = i_1 \frac{\bar{p}}{z}$,
Dimensionsloser Beiwert
 $i_1 = \frac{z \sigma_z}{\bar{p}} = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{1}{\left[\left(\frac{x}{z}\right)^2 + 1\right]^2}$

$\sigma_z = \frac{3 P}{2 \pi} \cdot \frac{z^3}{(r^2 + z^2)^{5/2}} = i_2 \frac{P}{z^2}$,
Dimensionsloser Beiwert
 $i_2 = \frac{z^2 \sigma_z}{P} = \frac{3}{2 \pi} \cdot \frac{1}{\left[\left(\frac{r}{z}\right)^2 + 1\right]^{5/2}}$



Dimensionsloser Beiwert 0,005

Bild 4 Einflußkarte von Newmark für die Spannung in der Tiefe z infolge einer gleichmäßig verteilten Flächenlast p von beliebigem Grundriß in beliebiger Entfernung r

(Zur Berechnung der durch benachbarte Lasten hervorgerufenen Spannungen.)

Der Grundriß der Flächenlast z. B. eines Bauwerkes wird in beliebigem Maßstab aufgetragen. Im gleichen Maßstab wird die Tiefe z als senkrechte Strecke AB gezeichnet. Die Halbmesser r der Einflußkarte werden erhalten, indem die Strecke AB mit den Faktoren r/z nach Tafel 3 multipliziert wird. Die Kreise werden dann durch 20 Halbmesser gleichmäßig unterteilt.

Der Mittelpunkt der Einflußkarte wird auf denjenigen Punkt des Bauwerkes gelegt, dessen Setzung gesucht wird. Jede Masche des Netzes liefert dann eine Bodenspannung

$$\sigma_z = 0,005 p$$

Es braucht also nur die Zahl n der Maschen gezählt zu werden, die von der Grundfläche des Bauwerkes bedeckt sind, und es ergibt sich dann

$$\sigma_z = 0,005 n p$$

Für eine andere Tiefe z muß entweder die Karte für die neue Strecke AB neu gezeichnet oder aber der Grundriß des Bauwerkes in einem solchen Maßstab aufgetragen werden, daß das bisherige AB gleich der neuen Tiefe z ist.

Tafel 3 Halbmesser r der Kreise für die Einflußkarte (Bild 4)

$$\frac{r}{z} = \left[\left(1 - \frac{\sigma_z}{p} \right)^{-2/3} - 1 \right]^{1/2}$$

Kreis Nr	$\frac{\sigma_z}{p}$	$\frac{r}{z}$
0	0,0	0,000
1	0,1	0,270
2	0,2	0,400
3	0,3	0,518
4	0,4	0,637
5	0,5	0,766
6	0,6	0,918
7	0,7	1,110
8	0,8	1,387
9	0,9	1,908
	1,0	∞

8 Setzungsermittlung

8.1 Der für die Setzung einer Teilschicht maßgebende Druck ist der Unterschied zwischen der Belastung der Teilschicht vor Beginn und nach Vollendung der Baumaßnahme. In der Regel ist der erste Belastungsfall durch die Erdauflast gegeben (Abschnitt 7). Die diesen beiden Druckspannungen entsprechenden Setzungsanteile werden aus der Drucksetzungslinie entnommen (die nach Untersuchung von Bodenproben der Teilschicht gewonnen ist) und voneinander abgezogen. Stattdessen kann auch für den in Betracht kommenden Druckbereich mit einer unveränderlichen mittleren Steifeziffer E oder dem Beiwert

$$v = \frac{E}{p}$$

(vergleiche die in Abschnitt 3.3 genannten Richtlinien) gerechnet werden, indem die linear oder halblogarithmisch aufgetragene Drucksetzungslinie in dem genannten Druckbereich durch eine Gerade ersetzt wird. Ergibt die Untersuchung mehrerer Bodenproben einer Teilschicht verschiedene Drucksetzungslinien, so ist aus diesen eine gemittelte Linie zu bilden.

8.2 In der Drucksetzungslinie der Bodenprobe ist nicht die wirkliche Zusammendrückung der Probe aufzuzeichnen, sondern ihr Verhältnis zur ursprünglichen Höhe der Probe. Diesem Verhältnis ist in der Natur bei entsprechendem Druck das Verhältnis der Setzung der Teilschicht zu ihrer Höhe gleich, so daß die Setzung für die maßgebenden Spannungen (Abschnitt 8.1) aus der Drucksetzungslinie entnommen werden kann.

8.3 Aus dem Produkt der Höhe der Teilschichten mit den zugehörigen Einheitssetzungen (Setzungen in % der ursprünglichen Höhe der Probe, siehe Abschnitt 8.2) ergibt sich die Setzung der Teilschicht. Die Summe der Setzungen der Teilschichten ergibt die Gesamtsetzung.

9 Anpassen der errechneten Setzungen an das Verhalten des Bauwerkes

Ist eine setzungsempfindliche Schicht von unterschiedlicher Dicke vorhanden, so müssen die verschiedenen großen Setzungen der einzelnen Punkte der Gründung bei starren Grundkörpern durch eine schräge Ebene ausgeglichen werden, da sich der Grundkörper nicht durchbiegen kann.

10 Setzungsunterschiede

Durch die nach Abschnitt 8 durchgeführte Setzungsberechnung werden lediglich die Setzungen einzelner Punkte (Ecken, Seitenmitten, Flächenmitten) von schlaff angenommenen Grundkörpern berechnet. Diese weisen Unterschiede auf. Bei Bauwerken mit Eigensteifigkeit werden die Setzungsunterschiede mit zunehmender Steife der Gründungsplatte und der Aufbauten (aussteifende Wände) in immer stärkerem Maße ausgeglichen, jedoch nur, wenn dafür gesorgt wird, daß das Bauwerk die dabei auftretenden Biege- und Scherbeanspruchungen aufnehmen kann. Für die Berechnung derartiger auf dem elastischen Halbraum ruhender Balken und Platten sind die in der Statik unbestimmter Systeme geltenden Regeln anzuwenden. Die Überschneidung der Lastenflüsse verschiedener Grundkörper ist beim Ansatz der Spannungsverteilung unter dem Grundkörper zu berücksichtigen.

11 Starre Grundkörper

Bei starren Grundkörpern ohne gegenseitige Beeinflussung mit mittiger Belastung kann die einheitliche Setzung aller Punkte mit Hilfe der folgenden beiden Annahmen wie für einen schlaffen Grundkörper berechnet werden:

11.1 Bei gedrungenem Grundriß des Bauwerks ($a < 2 b$) aus dem 0,75fachen Wert der Setzung des Flächenmittelpunktes.

11.2 Bei langgestreckten Bauwerken als gemittelte Setzung aus den End-, Mittel- und Viertelpunkten der großen Hauptachse.

12 Zeitlicher Verlauf der Setzungen

Bei bindigem Boden wird der ungefähre zeitliche Verlauf der Setzungen des Bauwerkes überschlägig aus den im Versuch gewonnenen Zeitsetzungslinien abgeleitet. Dabei wird für jede Bodenschicht diejenige Zeitsetzungslinie der Versuche ausgewählt, deren Laststufe dem in Schichtmitte bestimmten Unterschied zwischen der Gesamtspannung und der allein aus der Erdaulast folgenden Spannung (Abschnitt 7.1) am nächsten liegt. Die unter dem Bauwerk ermittelten Setzungen treten bei Schichten, deren Porenwasser nach oben und unten abfließt, und einer angenähert rechteckförmigen Verteilung der Bodenspannungen (Abschnitt 7.2) nach der Zeit

$$t_2 = t_1 \frac{h_2^2}{h_1^2}$$

ein, worin t_1 die im Versuch für die Setzung gefundene Zeit, h_1 die Probenhöhe des Versuchskörpers und h_2 die Schichthöhe unter dem Bauwerk sind. Bei einseitiger Entwässerung (nach oben oder nach unten) ist für h_2 die doppelte Schichtmächtigkeit einzusetzen.

Wenn mit genügender Genauigkeit damit gerechnet werden darf, daß die Last während der Bauzeit gleichmäßig aufgebracht wird, können die ab Beendigung der Bauzeit eintretenden Setzungen zeitlich dadurch wiedergegeben werden, daß man die Zeitsetzungslinie nach Ablauf der halben Bauzeit beginnen läßt. Wird die Zeitsetzungslinie während der Bauzeit genauer gezeichnet, so ist zu beachten, daß ihr Beginn erst bei der Überschreitung der ursprünglichen Erdaulast anzusetzen ist.

13 Setzungsbeobachtungen

Die Setzungsberechnung sollte bei setzungsempfindlichen Bauwerken stets vom Bauherrn durch Setzungsmessungen am fertigen Bauwerk nach DIN 4107 „Richtlinien für die Beobachtung der Bewegungen entstehender und fertiger Bauwerke“ überprüft werden. Die Setzungsmessung sollte der Bauaufsicht zur Verfügung gestellt werden.

14 Beispiel für eine Setzungsberechnung

14.1 Aufgabe

Die Setzungen einer Halle, die auf einer als starr anzunehmenden Stahlbetonplatte gegründet ist, sollen ermittelt werden. Die Summe aller Lasten einschließlich des Grundkörpers, geteilt durch die Grundfläche von $12 \text{ m} \times 8 \text{ m}$ ergibt eine Sohldruckspannung von $3,5 \text{ kg/cm}^2$. Gründungstiefe ist $2,5 \text{ m}$ unter Gelände, der Grundwasserspiegel liegt auf $3,5 \text{ m}$, bezogen auf Gelände (siehe Bild 5).

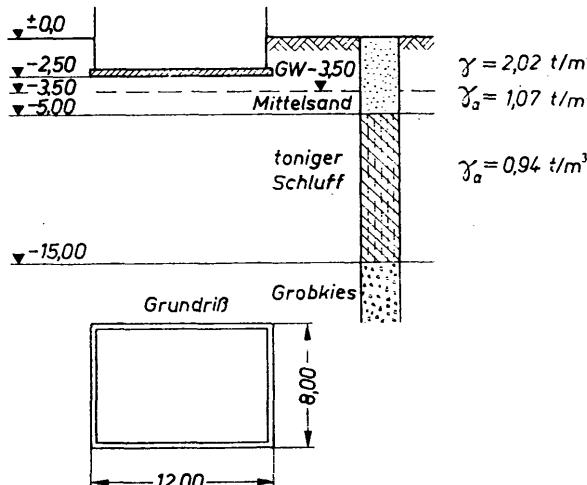


Bild 5. Systemskizze der Gründung

Von ± 0 bis -5 m steht Mittelsand an, dessen Raumgewicht (γ) oberhalb des Grundwasserspiegels $2,02 \text{ t/m}^3$ und unterhalb davon (γ_a) $1,07 \text{ t/m}^3$ beträgt. Von -5 bis -15 m steht toniger Schluff an mit einem Raumgewicht (γ_a) von $0,94 \text{ t/m}^3$.

Unter der Ordinate -15 m befindet sich Grobkies.

Für die Setzungen des Bauwerkes wird hier nur die tonige Schluffschicht berücksichtigt, weil bei diesem Beispiel der Mittelsand und der Grobkies keine wesentlichen Setzungen bringen werden. Verdichtungs-(Kompressions-)versuche mit behinderter Seitendehnung sind mit ungestörten Proben aus dieser Schicht durchgeführt worden und haben das in Bild 6 dargestellte Ergebnis gezeigt.

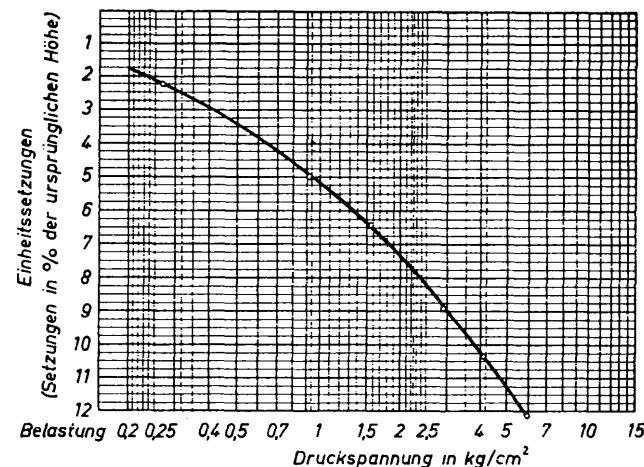


Bild 6 Drucksetzungslinie der weichen Schicht

14.2 Lösung

14.2.1 Belastung in der Gründungssohle

Belastung aus dem Bauwerk: $p = 35,00 \text{ t/m}^2$,

Belastung in der Gründungssohle vor Baubeginn $2,5 \cdot 2,02 = p_0 = 5,05 \text{ t/m}^2$,

zusätzliche Belastung: $p_1 = 29,95 \text{ t/m}^2$.

14.2.2 Spannungen aus dem Gewicht des Bodens

Ideeße Höhe für Ordinate $-5,0$:

$$h_i = \frac{3,5 \cdot 2,02 + 1,5 \cdot 1,07}{0,94} = 9,23 \text{ m}$$

Berechnung der Ordinaten siehe Tafel 4.

Tafel 4 Berechnung der Druckverteilung im Baugrund

Ordinate m NN	Tiefe unter Gründungs- sohle m	Eigengewicht $\gamma_a = 0,94 \text{ t/m}^3$	Bauwerk					Gesamt
			$p_1 = 29,95 \text{ t/m}^2$	$b_1 = \frac{b}{2} = 4,0 \text{ m}$	$\frac{a}{b} = \frac{12}{8} = 1,5$	$\sigma_1 = \frac{p_1}{b_1} = \frac{29,95}{4,0} = 7,48 \text{ t/m}^2$		
- 5,0	2,5	9,23	8,68	0,625	0,228	27,31	35,99	
- 7,5	5,0	11,73	11,03	1,250	0,167	20,01	31,04	
- 10,0	7,5	14,23	13,38	1,875	0,115	13,78	27,16	
- 12,5	10,0	16,73	15,73	2,500	0,080	9,58	25,31	
- 15,0	12,5	19,23	18,08	3,125	0,057	6,83	24,91	

14.2.3 Spannungen aus der Bauwerkslast

Da $a = 12 \text{ m} < 2b = 16 \text{ m}$, wird die Setzung der starren Platte nach Abschnitt 11.1 aus dem 0,75fachen Setzungswert des Flächen-

mittelpunktes des schlaffen, gleichmäßig belasteten Grundkörpers errechnet.

Die Druckverteilung wird für den elastisch-isotropen Halbraum für 5 Punkte, die gleichmäßig über die Schichtmächtigkeit $d = 10$ m der weichen Schicht verteilt sind, bestimmt. Aus der Tafel 1 und den Bildern 1 und 2 der Richtlinien ergibt sich für eine beliebige Tiefe z unter dem Flächenmittelpunkt die lotrechte Bodenspannung aus der Bauwerkslast zu

$$\sigma_z = 4 \cdot i \cdot p_1$$

14.24 Setzungsermittlung

Für den Gesamtdruck σ_2 aus Bauwerk und Eigengewicht des Bodens und dem Druck σ_0 aus dem Eigengewicht allein werden die Einheits-Setzungen s_2 und s_0 aus der Drucksetzungslinie (Bild 6) abgegriffen und voneinander abgezogen: $s_1 = s_2 - s_0$.

Es ist dann die absolute Setzung einer Zwischenschicht von der Dicke Δz

$$\Delta S \text{ (cm)} = (s_{ob} + s_{unt}) \cdot \frac{\Delta z}{2},$$

s_{ob} = Einheitssetzung s_1 der Oberkante des Streifens (%),

s_{unt} = Einheitssetzung s_1 der Unterkante des Streifens (%),

Δz = Streifenhöhe (m).

Durch Summieren der ΔS werden für verschiedene Tiefen innerhalb der weichen Schicht die Setzungen in cm

$$Sz = \sum_{z=2,5}^{z=12,5} \Delta S$$

erhalten.

Tafel 5. Berechnung der Einheitssetzung und der Gesamtsetzung

Ordinate m NN	Tiefe unter Gründungs- sohle m	Einheitssetzungen				Absolute Setzungen	
		s_2 %	s_0 %	s_1 %	Σs_1 %	ΔS cm	S_z cm
— 5,0	2,5	9,80	4,75	5,05	8,80	11,00	0,00
— 7,5	5,0	9,15	5,40	3,75	6,35	7,94	11,00
— 10,0	7,5	8,55	5,95	2,60	4,50	5,63	18,94
— 12,5	10,0	8,35	6,45	1,90	3,20	4,00	24,57
— 15,0	12,5	8,30	7,00	1,30			28,57

Die Setzung des Mittelpunktes des schlaffen gleichmäßig belasteten Grundkörpers würde also 28,57 cm betragen. Die gleichmäßige Setzung der starren Platte beträgt das 0,75fache dieses Wertes, also

$$S = 0,75 \cdot 28,57 = 21,4 \text{ cm} \sim 21 \text{ cm.}$$

— MBI. NW. 1959 S. 2681

II.

Minister für Wiederaufbau**DIN 4015 — Erd- und Grundbau; Formelzeichen**

Mitt. d. Ministers für Wiederaufbau v. 21. 10. 1959 —
II A 4 — 2.71 Nr. 3320/59

Vom Fachnormenausschuß Bauwesen ist das Normblatt
DIN 4015 (Ausgabe März 1958)

— Erd- und Grundbau; Formelzeichen —
herausgegeben worden, das neben den im Erd- und Grund-
bau verwendeten Formelzeichen auch die Fachausdrücke
und die Einheiten enthält.

Das Normblatt kann vom Beuth-Vertrieb, Berlin W 15,
oder Köln, Friesenplatz 16, bezogen werden.

— MBl. NW. 1959 S. 2695/96.

Einzelpreis dieser Nummer 0,80 DM.

Einzellieferungen nur durch die August Bagel Verlag GmbH., Düsseldorf, gegen Voreinsendung des Betrages zu-
zügl. Versandkosten (je Einzelheft 0,15 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 von der Landesregierung Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, Elisabethstraße 5. Druck: A. Bagel, Düsseldorf;
Vertrieb: August Bagel Verlag GmbH., Düsseldorf. Bezug der Ausgabe A (zweiseitiger Druck) und B (einseitiger Druck)
durch die Post. Bezugspreis vierteljährlich Ausgabe A 6,— DM, Ausgabe B 7,20 DM.