

MINISTERIALBLATT

FÜR DAS LAND NORDRHEIN-WESTFALEN

Ausgabe A

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 7. Jahrgang | Ausgegeben zu Düsseldorf am 24. Mai 1954 | Nummer 50 |
|-------------|--|-----------|

Inhalt

(Schriftliche Mitteilung der veröffentlichten RdErl. erfolgt nicht.)

A. Landesregierung.

B. Ministerpräsident — Staatskanzlei —.

C. Innenminister.

D. Finanzminister.

E. Minister für Wirtschaft und Verkehr.

F. Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.

G. Minister für Arbeit, Soziales und Wiederaufbau.

VII C. Bauaufsicht: RdErl. 20. 4. 1954, Einführung von Normblättern als einheitliche technische Baubestimmungen (ETB); hier: DIN 1054 und Beiblatt. S. 795.

H. Kultusminister.

J. Justizminister.

K. Minister für Angelegenheiten der Landschaftsverbände.

G. Minister für Arbeit, Soziales und Wiederaufbau

VII C. Bauaufsicht

Einführung von Normblättern als einheitliche technische Baubestimmungen (ETB); hier: DIN 1054 und Beiblatt

RdErl. d. Ministers für Arbeit, Soziales und Wiederaufbau v. 20. 4. 1954 — VII C 4 — 2.260 Nr. 800/54

1 Das Normblatt

DIN 1054 (Ausgabe Juni 1953) —

Gründungen, Zulässige Belastung des Baugrundes, Richtlinien — Anlage 2

wird unter Hinweis auf Nr. 1.4 des RdErl. v. 20. 6. 1952 — II A 4.01 Nr. 300/52 (MBI. NW. S. 801) — mit sofortiger Wirkung für das Land Nordrhein-Westfalen bauaufsichtlich eingeführt und hiermit auf Grund der Polizeiverordnung über die Feuersicherheit und Stand-sicherheit baulicher Anlagen v. 27. 2. 1942 (Gesetz-samml. S. 15) in Verbindung mit Nr. 1.3 des vorge-nannten RdErl. bekanntgemacht.

2 Die Bestimmung des Normblattes DIN 1054 (Ausgabe Juni 1953) treten an die Stelle von DIN 1054 (Ausgabe August 1940) — Richtlinien für die zulässige Beanspruchung des Baugrundes und der Pfahlgründungen im Hochbau —, eingeführt durch RdErl. des Reichs-arbeitsministers v. 28. 8. 1940 — IV 2 Nr. 9609/16.40 (RABl. S. I 477) —, in Preußen bekanntgegeben durch RdErl. des Preußischen Finanzministers v. 16. 9. 1940 — Bau $\frac{2111}{1}$ /28.8 (ZdB. S. 641) —. Der RdErl. des Reichs-arbeitsministers v. 18. 12. 1941 — IV c 11 Nr. 9609/40/41 II (RABl. 1942 S. I 23; ZdB. 1942 S. 72) — über die

Ergänzung der Liste der Sachverständigen tritt eben-falls außer Kraft.

3 Nach DIN 1054 (Ausgabe Juni 1953), Abschnitt 4.31 dürfen die in der Tafel im Abschnitt 4.21 angegebenen zulässigen Bodenpressungen überschritten werden, wenn die zu erwartenden Setzungen unschädlich sind und die Sicherheit des Bauwerkes gegen Gleiten, Kippen und gegen Grundbruch auf Grund sorgfältiger Baugrund-untersuchungen rechnerisch nachgewiesen wird. Soweit die Baugenehmigungsbehörden in solchen Fällen nicht in der Lage sind, die Größe der Setzungen, ihren Ein-fluß auf das Bauwerk und die Sicherheit des Bauwerks gegen Gleiten, Kippen und gegen Grundbruch selbst zu beurteilen, stehen ihnen die in der Anlage 1 aufge-führten, hierfür anerkannten Institute zur Verfügung.

4 Vom Fachnormenausschuß Bauwesen wurden Erläute-rungen zum Normblatt DIN 1054 in Form eines Bei-blattes (Ausgabe Oktober 1953) herausgegeben. Die Kenntnis dieses Beiblattes vermag die Anwendung des Normblattes DIN 1054 bei der Bearbeitung und Prüfung der Bauanträge und bei der Überwachung der Bauten zu erleichtern. Ich weise daher die Bauaufsichts-behörden des Landes Nordrhein-Westfalen unter Bezug-nahme auf Nr. 1.5 des RdErl. v. 20. 6. 1952 — II A 4.01 Nr. 300/52 (MBI. NW. S. 801) — auf dieses Beiblatt zu DIN 1054 hin (Anlage 3).

5 Die dem RdErl. v. 20. 6. 1952 — II A 4.01 Nr. 300/52 MBI. NW. S. 801) — als Anlage 20 angefügte Nachwei-sung A ist unter V a 1 entsprechend zu ändern. Das Beiblatt zu DIN 1054 ist in der Nachweisung B, Anlage 21 zum gleichen RdErl., Abschnitt I unter der neuen Nr. 9 aufzunehmen.

6 Die Regierungspräsidenten werden gebeten, auf diesen RdErl. in den Regierungsamtsblättern hinzuweisen.

Anlage 1

Anerkannte Institute für Baugrundfragen**Baden-Württemberg:**

Institut für Bodenmechanik und Grundbau, Techn. Hochschule Karlsruhe, **Karlsruhe** (Baden), Kaiserstr. 12
Bundesanstalt für Wasserbau, Abt. Erd- und Grundbau, **Karlsruhe** (Baden), Hertzstr. 16, Bau 46
Geologisches Landesamt von Baden-Württemberg, Zweigstelle Stuttgart, **Stuttgart**, Schützenstr.

Bayern:

Institut für Bodenmechanik und Grundbau, Techn. Hochschule München, **München 2**, Walter-von-Dyck-Platz 1
Beratungs- und Forschungsinstitut für Baugrundfragen Zementeinpressung und Bodenverfestigung, **Benediktbeuern** (Obb.)

Berlin-West:

Grundbau-Institut an der Techn. Universität Berlin, **Berlin-Charlottenburg**, Hardenbergstr. 35
Deutsche Forschungsgesellschaft für Bodenmechanik (Degebo) Techn. Universität Berlin, **Berlin-Charlottenburg 2**, Jebenstr. 1

Berlin-Ost:

Büro für Baugrunduntersuchungen beim Ministerium für Aufbau, Hauptverwaltung Entwurf, **Berlin W 8**, Krausenstr. 35/36.
Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau, Abt. Grundbau, **Berlin-Baumschulenweg**, Rodelbergweg 6

Bremen:

Laboratorium für Bodenmechanik an der Bau- und Ingenieurschule **Bremen**, Langemarckstr. 116

Hamburg:

Bundesanstalt für Straßenbau — Abt. Baugrund, **Hamburg-Altona**, Große Bergstr. 264 A.

Hessen:

Versuchsanstalt für Wasserbau und Grundbau der Techn. Hochschule Darmstadt, **Darmstadt**, Hochschulstr. 2

Niedersachsen:

Hannoversche Versuchsanstalt für Grundbau und Wasserbau, Franzius-Institut der Techn. Hochschule Hannover, **Hannover**

Nordrhein-Westfalen:

Institut für Verkehrswasserbau, Grundbau und Bodenmechanik, Techn. Hochschule Aachen, **Aachen**, Templergraben 55
Erdbaulaboratorium Essen, Essen, Ladenspelderstr. 62
Ingenieurbüro für Erd- und Grundbau, Essen, Frankenstr. 263
Amt für Bodenforschung, Krefeld, Westwall 124

Sachsen:

Institut für Baugrundforschung der Techn. Hochschule, **Dresden A 24**, George-Bähr-Str. 1

Sachsen-Anhalt:

Büro für Baugrunduntersuchungen beim Ministerium für Aufbau, Hauptverwaltung Entwurf, Zweigstelle **Naumburg**, **Naumburg** (Saale).

Schleswig-Holstein:

Landesamt für angewandte Geologie, **Kiel**, Gartenstr. 7

Gründungen Zulässige Belastung des Baugrundes Richtlinien

DIN 1054*)

1 Zweck

Diese Norm gibt an, wie weit der Baugrund belastet werden darf, damit keine schädlichen Setzungen und Verschiebungen des Bauwerkes unter Einwirkung der Lasten oder bei Erschütterungen eintreten und eine ausreichende Grundbruchsicherheit vorhanden ist.

Die angegebenen Grenzen für die zulässige Belastung des Baugrundes dürfen überschritten werden, wenn auf Grund genauer Feststellung der Beschaffenheit des Baugrundes und sorgfältiger Berechnung nachgewiesen wird, daß ausreichende Standsicherheit des Bauwerkes gesichert ist und die zu erwartenden Setzungen unschädlich sind. Einzelheiten sind in den Abschnitten 4.31 und 5.372 angegeben.

2 Grundbegriffe

2.1 Die als Baugrund in Frage kommenden Bodenarten verhalten sich gegenüber Bauwerkslasten verschieden. Es werden drei Gruppen unterschieden:

2.11 nichtbindige Böden (z. B. Sand, Kies, Geröll und ihre Mischungen),

2.12 bindige Böden (z. B. toniger Schluff, Ton und ihre Mischungen, auch mit nichtbindigen Bodenarten, wie sandiger Ton, Lehm, Mergel),

2.13 sonstige Böden, z. B. Fels, organische Böden wie Torf und Faulschlamm, Aufschüttungen.

2.2 Der Baugrund wird durch Eigengewicht und Verkehrslasten des Bauwerkes, durch die Herstellung der Baugrube und durch Änderungen des Grundwasserstandes beansprucht. Die Belastung des Baugrundes kann vorwiegend ruhend sein oder sich häufig wiederholen. Grundwassergefälle, das oft von der Wasserhaltung bei der Bauausführung herrührt, verursacht einen Strömungsdruck auf den Boden.

2.3 Bei Belastung des Baugrundes durch ein Bauwerk wird dieses durch unzulässig große Setzungen und durch Grundbruch (einschl. Gleiten und Kippen) gefährdet.

2.31 Setzungen entstehen dadurch, daß die aufgebrachte Last die Bodenschichten zusammendrückt. Bindige Bodenarten geben dabei einen Teil des Porenwassers ab. Schräg gerichtete Lasten erzeugen nicht nur Setzungen, sondern auch waagerechte Verschiebungen.

2.32 Grundbruch entsteht dadurch, daß die Schubfestigkeit (Reibung und Kohäsion) des Baugrundes längs gekrümmter Gleitflächen überschritten wird, wobei sich der Boden seitlich verschiebt und das Bauwerk plötzlich einsinkt. Die Grundbruchgefahr wächst mit abnehmender Bauwerksbreite und Gründungstiefe, bei nichtbindigen Böden außerdem mit der Zunahme des Feinkorngehaltes (d. h. mit abnehmendem Reibungswinkel).

2.33 Das Bauwerk gleitet, wenn die waagerechten Kräfte größer werden als die Summe der gleichzeitig wirkenden widerstehenden Kräfte, wie die Reibung an der Bauwerkssohle, die Schubfestigkeit der Bodenschicht unter der Sohle oder der Erdwiderstand vor den Seitenflächen des Bauwerkes.

2.34 Beim Kippen neigt sich das Grundbauwerk um eine Sohlenkante oder um eine andere meist unter der Gründungssohle liegende Drehachse.

2.4 Die zulässige Belastung des Baugrundes hängt nicht nur von seiner Beschaffenheit ab, sondern auch von Art, Größe und Gewicht des Bauwerkes, seiner Gründungstiefe und vor allem von seinem Verwendungszweck und seiner Empfindlichkeit gegen Setzungen (Steifigkeit). Gleichmäßige Setzungen gefährden die Standsicherheit eines Bauwerkes im allgemeinen nicht, wohl aber sehr ungleichmäßige Setzungen. Die obere Grenze der zulässigen Baugrundbelastung richtet sich entweder nach den zulässigen

Setzungen oder Setzungsunterschieden (Krümmung der Gründungssohle) oder nach der Grundbruchgefahr. Die zulässige Baugrundbelastung darf nicht mit Bettungsziffern aus Handbüchern ermittelt werden.

3 Feststellen der Schichtenfolge und Beschaffenheit des Baugrundes

3.1 Möglichst vor endgültiger Wahl der Baustelle, bei ausgedehnten Baustellen vor dem Aufstellen des Bebauungsplanes, jedenfalls aber ehe die Gründungstiefe, die Gründungsart und die Abmessungen der Gründungskörper endgültig festgelegt werden, muß die Tragfähigkeit des Bodens unterhalb der Gründungssohle, bei Pfahlgründungen unterhalb der Pfahlspitzen, ausreichend bekannt sein. Diese Untersuchungen sind vor Vergebung der Bauarbeiten vorzunehmen.

3.2 Geben die örtlichen Erfahrungen keinen ausreichenden Aufschluß, so sind Art, Beschaffenheit, Ausdehnung, Lagerung und Mächtigkeit der Bodenschichten durch Schürfe oder Bohrlöcher festzustellen, wobei die folgenden Normen zu beachten sind:

DIN 4020: Bautechnische Bodenuntersuchungen, Richtlinien.

DIN 4021: Grundsätze für die Entnahme von Bodenproben zur Untersuchung des Baugrundes für Bau- und Wassererschließungszwecke.

DIN 4022: Einheitliches Benennen der Bodenarten und Aufstellen der Schichtenverzeichnisse zur Untersuchung des Untergrundes für Bau- und Wassererschließungszwecke.

DIN 4023: Darstellung von Boden- und Gesteinsarten für bautechnische Zwecke (z. Z. noch Entwurf).

3.21 Erkundungsbohrungen erschließen den Baugrund für Bebauungspläne oder Bauausführungen, die sich über größere Flächen oder Längen erstrecken, wie Wohnsiedlungen, größere gewerbliche oder verkehrliche Anlagen, Eisenbahnen, Straßen, Wasserstraßen usw. Erkundungsbohrungen werden zunächst in großen Abständen ausgeführt (Hauptbohrungen), dann werden nach den gewonnenen Ergebnissen und den Erfordernissen der Planung weitere Bohrungen zwischengeschaltet. Das Netz der Erkundungsbohrungen soll so eng sein, daß es über die Lage, Neigung und Mächtigkeit der Hauptschichten des Baugrundes und über ihre Beschaffenheit und Gleichmäßigkeit Aufschluß gibt. Die Bohrungen sind so tief zu führen, daß mindestens die Hauptbohrungen den tragfähigen Baugrund erreichen und daß alle Zwischenbohrungen in eine bekannte, hinreichend mächtig anstehende Schicht einbinden.

3.22 Bohrungen für einzelne Bauwerke sind innerhalb und in nächster Umgebung der Grundfläche des geplanten Bauwerkes niederzubringen. Sind vorher Erkundungsbohrungen durchgeführt, so richten sich Lage, Tiefe und Anzahl nach ihrem Ergebnis, sonst nach Form und Größe des Bauwerksgrundrisses, der Last des Bauwerkes und seiner Lage zu benachbarten Bauwerken und der Regelmäßigkeit der Bodenschichtung; der Abstand der Bohrungen darf dann nicht größer als 25 m sein. Die Bohrungen sind so tief zu führen, daß alle Schichten erfaßt werden, die die Setzungen des Bauwerkes oder seiner Teile wesentlich beeinflussen können. Sie sind um so tiefer zu führen, je größer die mittlere Bauwerkslast ist.

Im allgemeinen genügt es, in gewachsenem, nicht felsigem Baugrund die Mindestbohrtiefe, von der Gründungssohle ab gemessen, nach der Gleichung $t = p \cdot b$ zu bestimmen; darin ist:

t die Mindestbohrtiefe in Metern,

b die Länge der Schmalseite des Bauwerkes in Metern,

p die auf die gesamte Grundfläche des Bauwerkes bezogene Last des Bauwerkes (mittlere Bauwerkslast) in kg/cm^2 (vergleiche Abschnitt 4.12).

Die Bohrtiefe muß außerdem mindestens gleich der Bauwerksbreite sein und mindestens 6 m betragen; im allgemeinen braucht sie nicht größer zu sein als $3 \cdot b$.

*) Frühere Ausgaben: 8, 34, 8, 40

Änderung Juni 1953: Inhalt vollständig überarbeitet.

Bei aufgelösten Grundbauwerken ist die Mindestbohrtiefe aus der durchschnittlichen Bodenpressung und den zugehörigen Schmalseiten sowohl der gesamten überbauten Grundfläche als auch des ungünstigsten Grundkörpers zu ermitteln. Der größte Wert ist maßgebend.

3.23 Die Bohrungen und Schürfe sind tiefer zu führen als in Abschnitt 3.21 und 3.22 angegeben, wenn die geologischen Verhältnisse es verlangen, namentlich wenn damit gerechnet werden muß, daß in tieferem Untergrund sich weiche bindige oder organische Schichten (Torf, Faulschlamm u. dgl.) oder andere Fehlstellen (Hohlräume, auswaschbares Gestein) befinden.

3.24 Bei nachweislich regelmäßigem Schichtenverlauf genügt es, von den notwendigen Bohrungen und Schürfen nur einen Teil bis zu der in Abschnitt 3.22 angegebenen Tiefe zu führen, die übrigen Bohrungen müssen aber mindestens 6 m tief geführt werden.

3.25 Für das Bemessen der Bohrtiefen bei Pfahlgründungen ist von der Pfahlspitzenebene an zu rechnen. Da diese Gründungsfläche verhältnismäßig tief liegt, darf die in Abschnitt 3.22 vorgeschriebene Bohrtiefe um etwa $\frac{1}{3}$ ermäßigt werden.

3.3 Liegen vor Durchführung der Bohr- und Schürfarbeiten Ergebnisse geophysikalischer Untersuchungen, d. s. Messungen des Ausbreitens einmaliger Erschütterungen (seismische Untersuchungen) oder von Dauerschwingungen (dynamische Untersuchungen) oder Messungen der Leitfähigkeit elektrischer Ströme im Boden (geoelektrische Untersuchungen) oder eindeutige geologische Aufschlüsse vor, so kann die Anzahl der Bohrungen oder Schürfe, in Einzelfällen auch ihre Tiefe, verringert werden, sofern die geophysikalischen oder geologischen Untersuchungen ausreichende Aufschlüsse über den Schichtenverlauf und seine Gleichmäßigkeit und Angaben über die Eigenschaften der einzelnen Schichten ergeben haben.

Untersuchungsergebnisse, die mit der Wünschelrute oder dem siderischen Pendel gewonnen wurden, dürfen nicht als Unterlage für das Bemessen von Bauwerksgründungen verwendet werden.

3.4 Die Lage der Schürfe oder Bohrlöcher ist nach DIN 4023 (z. Z. noch Entwurf) im Grundriß und in den Quer- und Längsschnitten der Gründung einzutragen und auf einen gesicherten Festpunkt, möglichst auf NN, zu beziehen. In den Quer- und Längsschnitten ist auch die Schichtenfolge einzuschreiben. Der mutmaßliche Verlauf der Schichten ist jedoch nur in ganz klaren Fällen darzustellen.

4 Zulässige Belastung von Flächengründungen

4.1 Allgemeine Richtlinien

4.11 Lage und Ausbildung der Gründungssohle

4.111 Die Gründungssohle muß frostfrei liegen, mindestens aber 0,8 m unter Gelände.

4.112 Der Baugrund muß gegen Auswaschen oder Verringerung seiner Lagerungsdichte durch strömendes Wasser, bindiger Boden auch gegen Aufweichen, gesichert sein.

4.113 Bei ausmittiger Belastung der Grundkörper muß die Mittelkraft innerhalb der Sohlfläche mindestens um $\frac{1}{3}$ der Grundkörperabmessung in Richtung der Ausmittigkeit von der gedrückten Kante entfernt bleiben.

4.12 Lastannahmen

Bei dem Bemessen der Grundkörper sind außer den dauernd wirkenden Lasten auch vorübergehend wirkende, jedoch ohne Ausgleichszahlen, Schwingbeiwerte und Stoßzuschläge, voll in Rechnung zu stellen; ferner sind der Auftrieb und seine Schwankungen zu berücksichtigen.

4.13 Gleitsicherheit

Treten in der Gründungssohle eines Bauwerkes waagerechte Kräfte auf, die ein seitliches Verschieben verursachen können, so ist nachzuweisen, daß gegen ein Verschieben des Bauwerkes in der Gründungssohle und gegen ein Verdrängen des Bodens unter dem Bauwerk (Grundbruch) 1,5fache Sicherheit vorhanden ist. Günstig wirkende Verkehrslasten dürfen nicht berücksichtigt werden. Der Erdwiderstand darf bei flachen Grundbauwerken nur unterhalb der Gründungssohle in Rechnung gestellt werden, soweit das Bauwerk ohne Gefahr eine Verschiebung erfahren kann, die hinreicht, den erforderlichen Erdwiderstand wachzurufen, und wenn gewährleistet ist, daß der den Erdwiderstand erzeugende Boden weder dauernd noch vorübergehend entfernt wird. Die seitliche Erdauflast oberhalb der Gründungssohle darf dann bis zu 60 % ihres vollen Wertes berücksichtigt werden.

4.2 Zulässige Bodenpressungen in einfachen Fällen

4.21 Zulässige Bodenpressungen nach der Tafel

Wenn bei Flächengründungen die Bodenschichten gleichmäßig tragfähig und annähernd waagrecht sind, wenn ferner keine ungünstigen Erfahrungen an benachbarten Bauwerken vorliegen und die Spannungsfläche in der Bodenfuge geradlinig begrenzt angenommen wird, dürfen die in der Tafel angegebenen Bodenpressungen zugelassen werden.

Tafel

| Zulässige Bodenpressungen | | | | | | | | kg/cm ² |
|--|---------------------------------------|-----|-----|------|---------------------------------|-----|-----|--------------------|
| a Angeschütteter, nicht künstlich verdichteter Boden, je nach Alter der Schüttung und unter der Voraussetzung, daß die gewachsene Gründungsschicht größere Festigkeit hat | | | | | | | | 0 bis 1 |
| b Gewachsener, offensichtlich unberührter Boden: | | | | | | | | |
| b1 Schlamm, Torf, Moorerde: im allgemeinen | | | | | | | | 0 |
| b2 Nichtbindige, ausreichend fest gelagerte ¹⁾ Böden: | | | | | | | | |
| Gründungs- tiefe unter Gelände | Fein- bis Mittelsand ²⁾ | | | | Grobsand bis Kies ²⁾ | | | |
| | bei der kleinsten Gründungsbreite von | | | | | | | |
| | 0,4 m | 1 m | 5 m | 10 m | 0,4 m | 1 m | 5 m | 10 m |
| bis 0,5 m | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 2,0 | 3,0 | 4 | 5 |
| 1 m | 2,0 | 3,0 | 4 | 5 | 2,5 | 3,5 | 5 | 6 |
| 2 m | 2,5 | 3,5 | 5 | 6 | 3,0 | 4,5 | 6 | 8 |
| Zwischenwerte dürfen geradlinig eingeschaltet werden. Bei Streifengrundkörpern der üblichen Hochbauten dürfen auch dann, wenn ihre Unterkante weniger als 1 m unter Kellerfußboden liegt, die für 1 m Gründungstiefe angegebenen Werte angenommen werden, sofern das Ausweichen der Grundkörper nach innen durch die üblichen Kellerquerwände oder einen massiven Kellerfußboden verhindert ist. | | | | | | | | |
| b3 Bindige Böden ³⁾ : | | | | | | | | |
| b31 breiig | | | | | | | | 0 |
| b32 weich | | | | | | | | 0,4 |
| b33 steif | | | | | | | | 1,0 |
| b34 halbfest | | | | | | | | 2,0 |
| b35 hart | | | | | | | | 4,0 |
| b4 Fels mit geringer Klüftung in gesundem, unverwittertem Zustand und in günstiger Lagerung (bei stärkerer Zerklüftung oder ungünstiger Lagerung sind die nachstehenden Werte um die Hälfte zu ermäßigen) | | | | | | | | |
| b41 in geschlossener Schichtenfolge | | | | | | | | 15 |
| b42 in massiger oder säuliger Ausbildung | | | | | | | | 30 |

¹⁾ Ob der Boden ausreichend fest gelagert ist, kann nach örtlichen Erfahrungen oder durch Feststellung der Lagerungsdichte ermittelt werden. Die Lagerungsdichte

$$D_r = \frac{n_0 - n_d}{n_0 - n_{d0}} \geq 0,5$$

reicht aus, wobei n_0 der Hohlraumgehalt der lockersten, n der natürlichen und n_d der dichtesten Lagerung ist; n_0 und n_d werden dazu im Laboratorium bestimmt.

²⁾ Die Körnungen sind in DIN 1179 — Körnungen für Sand, Kies und zerkleinerte Stoffe — angegeben. Enthalten Sand oder Kies so viel tonige Bestandteile, daß sie die Zustandsformen bindigen Bodens (Fußnote 3) annehmen, so gelten für sie die Werte unter b 3. Enthalten sie humose Beimengungen, so ist die zulässige Bodenpressung je nach dem Grade der Beimengung zu ermäßigen.

³⁾ Die Zustandsform eines bindigen Bodens ist durch die Lage seines natürlichen Wassergehaltes zu dem Wassergehalt der Schrumpf-, Ausroll- und Fließgrenze gekennzeichnet, wobei der natürliche Wassergehalt an ungestörten und vor dem Verdunsten geschützten Bodenproben bestimmt wird.

Als Behelfsregel gilt:

Breiig ist ein Boden, der in der geballten Faust gepreßt zwischen den Fingern hindurchquillt.

Weich ist ein Boden, der sich leicht kneten läßt.

Steif ist ein Boden, der nur schwer knetbar ist, sich aber in der Hand zu 3 mm dicken Walzen ausrollen läßt, ohne zu reißen oder zu bröckeln.

Halbfest ist ein Boden, der beim Versuch, ihn zu 3 mm dicken Walzen auszurollen, zwar bröckelt und reißt, der aber doch noch feucht genug ist und deshalb dunkel aussieht.

Hart ist ein Boden, der ausgetrocknet ist und deshalb hell aussieht, und dessen Schollen in Scherben zerbrechen.

4.22 Erhöhung der Tafelwerte

4.221 Werden bei der Berechnung der Kantenpressungen auf gewachsene nichtbindige Böden alle Belastungseinflüsse berücksichtigt, so dürfen die Tafelwerte um 30 % erhöht werden. Die Druckspannung im Schwerpunkt der gedrückten Fläche darf aber die Tafelwerte nicht überschreiten.

4.222 Liegt die Gründungssohle tiefer als 3 m unter Gelände, so darf die in unter Abschnitt b 2 der Tafel für 2 m Gründungstiefe angegebene zulässige Bodenbeanspruchung um die Pressung erhöht werden, die der Baugrund — bei Berücksichtigung des Auftriebes — durch die dauernd oberhalb der Bauwerkssohle liegenden Bodenmassen erfährt, wobei die niedrigste Höhe des den Gründungskörper umgebenden Bodens maßgebend ist.

4.23 Herabsetzung der Tafelwerte

Die Tafelwerte sind herabzusetzen,

4.231 wenn der Baugrund nennenswerten Erschütterungen ausgesetzt ist,

4.232 bei bindigen Böden dort, wo besonders hohe Lasten auf kleine Flächen zusammengedrängt auftreten,

4.233 bei nichtbindigen Böden, sofern der Abstand zwischen Grundwasserspiegel und der Unterkante des Bauwerkes geringer ist als die Breite des Grundkörpers; in diesem Falle ist die aus der Tafel entnommene Bodenpressung um $0,5 \text{ kg/cm}^2$ zu ermäßigen.

4.3 Zulässige Bodenpressungen auf Grund von Untersuchungen über die Setzungen und die Grundbruchgefahr

4.31 Voraussetzungen

Die in der Tafel (Abschnitt 4.21) als zulässig angegebenen Bodenpressungen dürfen überschritten werden, wenn die zu erwartenden Setzungen unschädlich sind und die Sicherheit des Bauwerkes gegen Gleiten, Kippen und Grundbruch auf Grund sorgfältiger Baugrunduntersuchungen rechnerisch nachgewiesen wird. Erfahrungen an benachbarten Bauwerken dürfen bei gleichem Baugrund verwertet werden.

4.32 Ermittlung der Setzungen

4.321 Die nach den folgenden Angaben ermittelten Setzungen und Setzungsunterschiede dürfen das für das Bauwerk zulässige Maß nicht überschreiten. In Zweifelsfällen ist nachzuweisen, daß die Spannungen, die sich im Bauwerk aus den Setzungsunterschieden ergeben, die zulässigen Werte nicht überschreiten oder durch bauliche Maßnahmen (z. B. Trennfugen, Gelenke, dem Setzungsunterschied entsprechendes Neigen des Bauwerkes oder dgl.) unschädlich gemacht werden. Beim Festlegen der zulässigen Setzungen oder Setzungsunterschiede sind die Betriebsbedingungen des Bauwerkes zu berücksichtigen, da Setzungen, die für die Standsicherheit des Bauwerkes selbst unschädlich sind, unter Umständen für den Betrieb untragbar werden können.

4.322 Es empfiehlt sich, für die Setzungsberechnung vor allem Untersuchungsergebnisse heranzuziehen, die von anerkannten Untersuchungsstellen ermittelt worden sind. Damit diese Ergebnisse richtig gedeutet werden, soll der Entwerfende stets die Untersuchungsstelle an der Setzungsberechnung⁴⁾ beteiligen.

4.323 In bindigen Böden können kurz wirkende Verkehrslasten bei der Setzungsberechnung unberücksichtigt bleiben, wenn feststeht, daß die Zeit ihrer Einwirkung klein ist gegenüber der Setzungsdauer des Bodens.

4.324 Ausmittige Beanspruchungen sind bei nachgiebigen Schichten bis zu einer Tiefe gleich der Gründungsbreite zu berücksichtigen. In größeren Tiefen genügt es, von der mittleren Sohlspannung auszugehen.

4.325 Als Unterlagen für die Berechnung oder Schätzung der voraussichtlichen Setzungen sind zu benutzen:

4.325.1 bei nichtbindigen Böden: Bestimmung der Kornverteilung, Lagerungsdichte, Verdichtungsfähigkeit, Untersuchung möglichst ungestörter Bodenproben, Auswerten der Druckporenziffer- oder Drucksetzungslinien, Probebelastungen.

⁴⁾ Richtlinien für Setzungsberechnungen (DIN.....) sind in Vorbereitung.

4.325.2 bei bindigen Böden: Untersuchung ungestörter Bodenproben, Auswerten der Druckporenziffer- oder Drucksetzungslinien, Feststellen der Konsistenzgrenzen, Probebelastungen (siehe jedoch Abschnitt 4.326.4).

4.326 Für Probebelastungen als Grundlage für Setzungsberechnungen gilt:

4.326.1 Probebelastungen dürfen nur im Zusammenhang mit Bodenuntersuchungen nach Abschnitt 3 vorgenommen werden. Ihr Ergebnis ist um so weniger zuverlässig, je ungleichmäßiger der Boden ist; nur bei etwa gleichmäßigen Bodenverhältnissen ist ein Schluß auf das Verhalten des Bauwerkes möglich.

4.326.2 Probebelastungen bieten in der Regel nur einen Vergleich zwischen der Zusammendrückbarkeit der oberen Teile einer Schicht an verschiedenen Stellen, lassen aber nicht ohne weiteres auf die voraussichtlichen Setzungen des Bauwerkes schließen, weil ihre Tiefenwirkung geringer ist als die des Bauwerkes und damit auch die unter ihnen entstehenden Setzungen bei gleicher Einheitsbelastung kleiner sind. Bei kleinen Lastflächen ist das seitliche Ausweichen des Bodens zu berücksichtigen.

4.326.3 Werden Probebelastungen durchgeführt, so sind Größe und zeitlicher Verlauf der Setzungen bei Belastung und Entlastung festzustellen.

4.326.4 Probebelastungen bei bindigen Böden sind nur in den seltenen Fällen brauchbar, in denen der Endzustand der langdauernden Setzungen abgewartet werden kann.

4.327 Die Spannungsverteilung unter der Sohle darf bei Ermittlung der Setzungen im allgemeinen geradlinig angenommen werden. Die gegenseitige Beeinflussung benachbarter Gründungskörper infolge der Ausbreitung der Bodenpressungen mit der Tiefe ist zu berücksichtigen.

4.33 Sicherheit gegen Grundbruch

Für kreisförmige Gleitflächen nach Krey ist 1,3fache Sicherheit nachzuweisen. Hierbei ist der ungünstigste Lastfall ohne Ausgleichszahlen, Schwingbeiwerte und Stoßzahlen, aber unter Berücksichtigung auch der nur kurze Zeit wirkenden Lasten, in Rechnung zu stellen. Für das Raumgewicht des Bodens, für den Winkel der inneren Reibung und die Haftung, deren Auftreten unter allen möglichen Belastungszuständen (Porenwasserdruck) sichergestellt sein muß, sind die ungünstigsten Werte einzusetzen.

Die Sicherheit gegen Grundbruch ist stets nachzuweisen, wenn in geringer Gründungstiefe große Bodenpressungen entstehen, wenn Bauwerke an einer Böschung oder einem Geländesprung errichtet werden oder wenn die Schichtenfolge einen Grundbruch besonders begünstigt.

5 Pfahlgründungen

5.1 Grundbegriffe

5.11 Arten der Pfahlgründungen

Unterschieden werden:

5.111 Stehende Pfahlgründungen, bei denen die Bauwerkslasten durch die Pfähle auf tieferliegende, tragfähige Bodenschichten übertragen werden.

5.112 Schwebende Pfahlgründungen, die die Bauwerkslast nicht unmittelbar auf den tieferliegenden tragfähigen Baugrund, sondern zunächst auf weniger tragfähige Schichten übertragen. Schwebende Pfahlgründungen sind nach Möglichkeit zu vermeiden; oft ist es zweckmäßig, sie durch Flächengründungen zu ersetzen. In der Regel sind sie nur dann anzuwenden, wenn zwar unter bindigen zusammendrückbaren Schichten der tragfähige Baugrund so tief liegt, daß er mit wirtschaftlichem Aufwand von den Pfahlspitzen nicht erreicht werden kann, die bindigen Schichten aber mit zunehmender Tiefe allmählich fester, d. h. weniger zusammendrückbar, werden, so daß geringere Setzungen zu erwarten sind als bei einer Flächengründung. Dabei

ist die Setzung, die aus der Zusammendrückung der unterhalb des Pfahlrostes liegenden bindigen Schichten zu erwarten ist, wie bei einer Flächengründung zu ermitteln (siehe Abschnitt 2.31 und 4.32).

5.113 Verdichtungspfähle, die lockeren, verdichtungs-fähigen Baugrund unter einer Flächengründung verdichten sollen, gehören nicht zu den hier behandelten Pfahlgründungen. Eine Verbindung solcher Pfähle mit dem Bauwerk ist unzweckmäßig, da dann die Druckausbreitung im Baugrund beeinträchtigt werden würde.

5.12 Pfahlarten

5.121 Nach der Art, wie die Pfahllasten in den Baugrund übergeleitet werden, werden unterschieden:

Reibungspfähle, die die Bauwerkslast vorzugsweise durch Mantelreibung am Pfahlumfang auf die tragfähigen Schichten übertragen;

Spitzendruckpfähle, bei denen die Pfahllast vorwiegend durch Spitzendruck und durch Mantelreibung in unmittelbarer Nähe der Spitzen auf den Baugrund übertragen wird, während die Mantelreibung im höherliegenden Teil des Pfahles keine oder nur eine geringe Rolle spielt (vgl. Abschnitt 5.33).

5.122 Die verschiedenen Pfahlarten unterscheiden sich außerdem durch das Herstellungsverfahren (Fertigpfähle und Ort-pfähle), die Pfahlform, den Pfahlbaustoff und dadurch, daß der den Pfahl umgebende Boden durch den Arbeitsvorgang entweder verdichtet oder aufgelockert wird.

5.2 Richtlinien für Entwurf und Bemessung von Pfahlgründungen

5.21 Pfahlgründungen sind so zu bemessen, daß die Pfähle allein die lotrechten Lasten des Bauwerkes (für die Lastannahmen gilt Abschnitt 4.12) auf den Baugrund übertragen. Wesentliche waagerechte Kräfte sind sicher aufzunehmen, z. B. durch Schräg-pfähle, Pfahlblöcke, Ankerplatten oder Ankerwände. Die Stand-sicherheit freistehender Pfähle oder Pfahlroste ist zu gewähr-leisten.

5.22 Bei der Ermittlung der auf die einzelnen Pfähle eines statisch unbestimmten Pfahlrostes wirkenden Kräfte ist der Ein-fluß der Formänderungen der Pfähle und des Baugrundes zu berücksichtigen. In einfachen Fällen können auch geeignete Näherungsverfahren angewendet werden.

5.23 Die Pfähle sollen möglichst in Richtung ihrer Achse belastet werden. Die Überleitung der Pfahlkräfte in das Bau-werk ist nachzuweisen; besonders sorgfältig ist die Verankerung von Zugpfählen im Bauwerk auszubilden.

5.24 Die Tragfähigkeit des Baugrundes unter den Pfahl-spitzen ist nach den in Abschnitt 3 und 4 gegebenen Richtlinien zu beurteilen, wobei von der Erhöhung der zulässigen Boden-pressung mit zunehmender Tiefe unter Gelände nach Abschnitt 4.222 Gebrauch gemacht werden darf. Die Summe der Pfahl-kräfte darf den Baugrund im Mittel nicht höher beanspruchen, als für Flächengründungen zulässig wäre. Dabei ist die Gründungs-fläche in Höhe der Pfahlspitzen anzunehmen und durch eine Linie zu umgrenzen, die im halben Pfahlabstände außerhalb der Randpfähle verläuft.

5.25 Die Pfähle müssen ausreichend tief im tragfähigen Boden stehen, z. B. bei festgelagertem Kies- und Sandboden im allgemeinen etwa 3 m, sofern nicht aus anderen Gründen ein höheres Maß erforderlich oder z. B. bei Rammpfählen in sehr festen Böden ein geringeres Maß ausreichend oder empfehlens-wert ist.

5.26 Maßgebend für die zulässige Belastung einer Pfahl-gründung ist ferner die Empfindlichkeit des zu gründenden Bau-werkes gegen die zu erwartenden Setzungen und Setzungs-unterschiede. Diese hängen ab von der Zusammendrückung der Pfähle unter der Last, von dem Eindringen der Pfähle in den Bau-grund unter der Last und von der Zusammendrückung der Boden-schichten unter den Pfahlspitzen. Der letzte Beitrag errechnet sich so, als ob die Bauwerkssohle in der Höhe der Pfahlspitzen läge.

5.27 Freistehende Pfähle sind auf Knicksicherheit zu unter-suchen, wobei darauf zu achten ist, daß Knicklängen und Auf-lagerungsbedingungen richtig angenommen werden. Auch breiige Bodenschichten verhindern das Ausknicken.

5.28 Bei Bauwerken, die an einem Geländesprung (Böschung) errichtet werden, ist im allgemeinen die Sicherheit des gesamten Bauwerkes einschließlich des Pfahlrostes gegen Grundbruch, gegebenenfalls auch gegen Gleiten und Kippen, nachzuweisen, wobei die Bestimmungen der Abschnitte 4.33 und 4.13 sinngemäß anzuwenden sind.

5.3 Zulässige Belastung von Pfählen und Pfahlgründungen

5.31 Maßgebende Einflüsse auf die Tragfähigkeit der Pfähle

Die zulässige Belastung der Pfähle wird in erster Linie durch die Beschaffenheit des Baugrundes, bei Spitzendruckpfählen vor allem vom Baugrund neben und unter den Pfahlspitzen, und dadurch bestimmt, wie der Baugrund durch das Einbringen der Pfähle verändert wird. Sie wird aber auch durch Gestalt und Baustoff der Pfähle und ihre Herstellungsweise beeinflusst. Die zulässige Belastung hängt z. B. davon ab, ob der Pfahl gerammt oder gebohrt wird, welche Länge, welche Form und welchen Querschnitt der Pfahl hat, ob er glatt oder rau ist, welche Ramm-arbeit aufgewendet wird, ob und in welcher Weise der Pfahl-fuß verbreitert wird, ob und in welchem Ausmaß eine Pfahl-hülse (Vortreibrohr) wieder gezogen wird.

5.32 Einzelpfahl und Pfahlgruppe

Die Setzung einer Pfahlgruppe ist größer als die eines Einzel-pfahles bei gleicher Pfahllast; dementsprechend ist die zulässige Belastung der Pfähle in der Gruppe, soweit sie aus den zulässigen Setzungen bemessen wird, geringer als die des einzeln stehen-den Pfahles. Dies gilt besonders bei engem Abstand der Pfahlspitzen (weniger als 1 m oder als der dreifache mittlere Pfahldurch-messer). Bei verdichtungsfähigem Boden sind Ausnahmen möglich.

5.33 Abnahme der Tragfähigkeit von Pfählen durch negative Mantelreibung

Die Tragfähigkeit eines Pfahles kann im Laufe der Zeit ab-nehmen, wenn die oberen Bodenschichten sich setzen und so die Pfähle durch Reibung belasten (negative Mantelreibung). Die negative Mantelreibung kann durch entsprechende Ausbildung der Pfähle und durch Wahl größerer Pfahlabstände vermindert werden.

5.34 Zulässige Pfahlbelastungen bei einfachen Verhält-nissen für stehende Pfahlgründungen

5.341 Bei einwandfrei festgestellten Bodenverhältnissen kön-nen folgende Erfahrungswerte für die zulässige Belastung eines eingerammten Pfahles von 5 m Mindestlänge zugrunde gelegt werden, wenn der Pfahl genügend tief in eine tragfähige Boden-schicht reicht und keine nennenswerten Erschütterungen auf-treten:

für runde Holzpfähle

(Zopfdurchmesser mindestens 25 cm)

| | |
|---------------------------------|------|
| von 30 cm mittlerem Durchmesser | 33 t |
| von 35 cm mittlerem Durchmesser | 38 t |
| von 40 cm mittlerem Durchmesser | 45 t |

für quadratische Stahlbetonpfähle

| | |
|------------------------------|------|
| von 30 cm voller Seitenlänge | 40 t |
| von 35 cm voller Seitenlänge | 48 t |
| von 40 cm voller Seitenlänge | 55 t |

5.342 Für diese zulässige Belastung ist vorausgesetzt

- a) bei Holzpählen, daß bei einem Gewicht des Rammhärens, das ungefähr gleich dem zweifachen Gewicht des Rammpfahles ist, der Pfahl unter der Schlagarbeit von 1,5 m für jeden Schlag einer langsam schlagenden Ramme⁵⁾ im Mittel der letzten drei Hitzten von je 10 Schlägen nicht mehr als 40 mm je Hitze zieht;
- b) bei Stahlbetonpfählen, daß bei einem Gewicht des Rammhärens, das ungefähr gleich dem Gewicht des Rammpfahles ist, der Pfahl unter der Schlagarbeit von 2 m für jeden Schlag einer langsam schlagenden Ramme⁵⁾ im Mittel der letzten drei Hitzten von je 10 Schlägen nicht mehr als 30 mm je Hitze zieht.

Das Erreichen der angegebenen Maße beweist allein nicht, daß die Pfahlspitzen den tragfähigen Baugrund erreicht haben und daß sich unter ihnen nachgiebige Schichten nicht mehr befinden. Ziehen die Pfähle weniger als 40 mm oder 30 mm, so darf ihre Belastung nicht entsprechend erhöht werden.

5.343 Bei jeder Gründung mit Rammpfählen ist für die letzten drei Hitzten von je 10 Schlägen das Ziehen der Pfähle zu messen und die Schlagarbeit festzustellen. Dabei dürfen Rammschläge, die aus beliebigen Gründen weniger wirksam sind, nicht gewertet werden. Damit die so gewonnenen Werte vergleichbar sind, soll vor der Messung keine Rammpause liegen.

Soll jedoch gemäß Abschnitt 5.342 aus dem Ziehen der Pfähle auf die zulässige Belastung geschlossen werden und stehen die Pfahlspitzen in wassergesättigtem Sand, so ist nach einer Rammpause von mehreren Stunden oder Tagen nochmals zu messen. Ziehen dann die Pfähle in den ersten vollen Hitzten weniger, so kann das kleinere Maß zugrunde gelegt werden.

5.344 Feste Werte für Stahlrammpfähle, wie sie in Abschnitt 5.341 und 5.342 für andere Pfähle wiedergegeben sind, lassen sich wegen der Mannigfaltigkeit der Pfahlformen nicht angeben.

5.345 Für Bohrpfähle lassen sich wegen der großen Verschiedenheit der Herstellungsverfahren und der damit verbundenen weitgehenden Unterschiede der Tragfähigkeiten keine festen Werte angeben (siehe auch Abschnitt 5.36).

5.346 Gerammte Zugpfähle dürfen, soweit sie mindestens 5 m tief in Sand- oder Kiessandschichten stehen, in diesen Schichten mit einer Reibungskraft am Pfahlumfang von 2,5 t/m² belastet werden, sofern keine nennenswerten Erschütterungen auf den Pfahl einwirken.

5.35 Ermittlung der zulässigen Belastung von Rammpfählen aus Rammformeln

Die zulässige Belastung von Rammpfählen darf aus Rammformeln nur bei nichtbindigen Böden und nur dann ermittelt werden, wenn die Rammformel auf Grund örtlicher Erfahrungen von der Baupolizeibehörde unter genau festgelegten Voraussetzungen zugelassen ist oder im Einzelfalle auf Grund von Probelastungen als zuverlässig nachgewiesen wird.

5.36 Ermittlung der zulässigen Belastung von Pfählen auf Grund von Erddruckbeiwerten

Die zulässige Belastung von Pfählen darf nicht ermittelt werden, indem die Mantelreibung und der Spitzenwiderstand lediglich mit Hilfe von Beiwerten des Erddruckes und des Erdwiderstandes errechnet werden, die aus Handbüchern oder Tafeln entnommen sind.

5.37 Ermittlung der zulässigen Pfahlbelastung aus Probelastungen

5.371 Da bei stehenden Pfahlgründungen in manchen Fällen die in Abschnitt 5.34 angegebenen Pfahlbelastungen oder das zulässige Ziehen ohne Gefährdung des Bauwerkes überschritten werden können, empfiehlt es sich bei größeren Bauten, die zulässige Pfahlbelastung durch Probelastungen nach Abschnitt 5.4 zu ermitteln. In Zweifelsfällen kann die Baupolizei Probelastungen verlangen. Wenn das Bauwerk die zu erwartenden Setzungen ohne Schaden ertragen kann, gilt als zulässige Belastung die Hälfte der bei den Probelastungen gefundenen Grenzbelastung oder der höchsten erreichten Last. Grenzbelastung ist die Last, bei der das Versinken des Pfahles beginnt. Wird die Probelastung nach einiger Zeit wiederholt und ergibt sie eine höhere Grenzbelastung, so gilt diese.

⁵⁾ Als langsam schlagende Rammen gelten hier Rammen, deren Bär weniger als 60 Schläge in der Minute ausführt.

5.372 Werden durch mehrere Probelastungen und durch genaue Bodenuntersuchungen die Tragfähigkeit und die voraussichtlichen Setzungen der Pfähle des Bauwerkes zuverlässig ermittelt und werden bei Feststellung der größten Pfahllasten die ungünstigsten Lastfälle berücksichtigt, so können höhere Pfahlbelastungen, als in Abschnitt 5.371 angegeben, zugelassen werden, wenn die voraussichtlichen Setzungen für das Bauwerk unschädlich sind. Stark wechselnde Pfahlbelastungen oder wesentliche Erschütterungen können zu größeren Setzungen führen.

5.373 Wird die Tragfähigkeit von Zugpfählen durch Probelastungen ermittelt und werden bei Feststellung der größten Zugkräfte die ungünstigsten Fälle berücksichtigt, so können einzelstehende Zugpfähle mit 50% der Grenzzugbelastung oder der höchsten erreichten Zuglast beansprucht werden. Wird die Probelastung nach einiger Zeit wiederholt und ergibt sich eine höhere Grenzzugbelastung, so gilt diese.

Bei Zugpfählen, die in Gruppen nahe zusammenstehen, ist die Überschneidung der durch den Pfahlzug beeinflussten Erdkörper zu berücksichtigen und der zulässige Pfahlzug entsprechend abzumindern.

5.374 Bei schwebenden Pfahlgründungen und in geringerem Maße auch bei stehenden Pfählen auf bindigem Boden (steifer Ton, Geschiebemergel) stellen sich die Setzungen sehr langsam ein; die Probelastung gibt also bei der üblichen Versuchsdauer keinen ausreichenden Anhalt über die zu erwartenden Setzungen. Sie ist zu ergänzen durch eine Setzungsberechnung der durch die Pfähle belasteten zusammengedrückbaren Bodenschichten in gleicher Weise wie bei Flächengründungen.

5.38 Zulässige Pfahlbelastung bei Bauten für vorübergehende Zwecke

Bei Lehrgerüsten, Behelfs- oder Baubrücken und anderen Bauten für vorübergehende Zwecke dürfen die nach Abschnitt 5.34 und 5.371 für Druckpfähle ermittelten zulässigen Belastungen um 20% erhöht werden, sofern die Vorschriften der Abschnitte 4.12 und 5.21 inngehalten werden.

5.4 Probelastung von Pfählen**5.41 Anwendung**

Durch die Probelastung soll die zulässige Belastung der unter gleichen Bedingungen stehenden Tragpfähle des Bauwerkes ermittelt werden. Deshalb müssen dabei die Bodenverhältnisse, die Rammtiefe und die Ausbildung der Probelastung den tatsächlichen Verhältnissen beim Bau entsprechen.

Durch die folgenden Richtlinien soll erreicht werden, daß die Ergebnisse von Probelastungen untereinander und mit den später zu beobachtenden Setzungen der Bauwerke verglichen werden können.

5.42 Zahl der Probelastungen

Die Zahl und der Abstand der Probelastungen voneinander richten sich nach der Gestalt des Bauwerkes und der Beschaffenheit des Baugrundes. Bei wichtigen Bauten sollen — auch bei gleichmäßigem Baugrund — möglichst zwei Probelastungen belastet werden. Der Abstand der Probelastungen soll 3 m möglichst nicht unterschreiten.

5.43 Vorbereitung der Probelastung

Vor der Probelastung ist die Beschaffenheit des Baugrundes nach Abschnitt 3 und 4.325 festzustellen. Bei gerammten Pfählen ist während der gesamten Rammdauer des Probelastung sein Eindringen bei jeder Hitze von 10 oder 20 Schlägen zu messen; dabei sollen Rammzeiten möglichst vermieden werden und mindestens die drei letzten Hitzten aus je 10 Schlägen bestehen. Mit der Probelastung soll in nichtbindigen Böden frühestens 2 Tage, in bindigen Böden so spät als möglich, frühestens 3 Wochen nach dem Einrammen des Pfahles, begonnen werden. Der Probelastung sind Erschütterungen aller Art, auch die durch den Verkehr, laufende Maschinen oder Rammarbeiten fernzuhalten; auch die gegenseitige Beeinflussung zweier Probelastungen ist zu vermeiden.

5.44 Belastungsvorrichtung

Die Belastung ist so aufzubringen, daß sie möglichst genau in der Längsachse des Pfahles wirkt, während des Versuches nicht schwankt und gegen Kippen gesichert ist. Beim Auf- und Abbauen der Last sind Stöße und Erschütterungen unbedingt zu vermeiden. Werden Wasserdruckpressen, Öldruckpressen, Schraubenspindeln oder Belastungshebel verwendet, so ist darauf zu achten, daß ihre Gegengewichte und Verankerungen so angeordnet werden, daß der Probelastung durch die Veränderung ihrer Beanspruchungen nicht beeinflußt werden kann.

Werden Zugpfähle als Gegengewicht benutzt, so soll ihr Mittenabstand vom Probepfahl mindestens 1,6 m betragen, wenn möglich 2,5 m oder mehr. Dasselbe Maß gilt für den Abstand der Druckpfähle von einem probelasteten Zugpfahl.

Die Pumpen der Druckpressen müssen so leistungsfähig sein, daß sie den Druck möglichst ohne Schwankungen halten können, weil andernfalls das Setzungsbild verändert wird. Vor und nach dem Versuch ist zu prüfen, ob die Druckmesser richtig anzeigen.

5.45 Verlauf der Probelastung

Die Probelastung ist möglichst bis zum Bruch oder bis zum Versinken des Pfahles durchzuführen. Die zugehörige Last wird als Grenzbelastung bezeichnet. Die Last ist stufenweise, anfangs zum Erkennen von etwaigen Mängeln der Anordnung in besonders kleinen Stufen, zu steigern. Die Laststufen sind so zu wählen, daß die Lastsetzungslinie sich deutlich zeichnen läßt. Jede Laststufe soll so lange unverändert gehalten werden, bis der Pfahl nicht mehr meßbar nachgibt. Dies ist besonders deutlich aus der Zeitsetzungslinie zu erkennen. Sobald die Setzungen größer werden, sind die Laststufen zu verkleinern, um zu schnelles Absinken des Pfahles zu verhindern.

Um das Eintreten bleibender Setzungen besser zu erkennen, sind einige Zwischenentlastungen vorzunehmen, was sich bei Verwendung von hydraulischen Pressen leicht durchführen läßt. Nach Erreichen der für das Bauwerk vorgesehenen Pfahllast und nach dem Überschreiten der Versinkungsgrenze ist die Hebung des Pfahles bei der Entlastung aufzuzeichnen (Entlastungslinie); sie ergibt die bleibende Setzung. Diese ist von wesentlicher Bedeutung für die Beurteilung des Baugrundes und der zu erwartenden Setzung des Bauwerkes, insbesondere bei wechselnden Pfahlbelastungen.

5.46 Messungen

Beim Messen der Setzungen des Pfahles dürfen weder die Meßgeräte noch die zum Vergleich benutzten Festpunkte durch die Bewegung der Last, des Probepfahles oder der Gegengewichte oder der Verankerungen der Last beeinflusst werden. Empfohlen wird, die Setzungen gleichzeitig in verschiedener Weise zu messen, z. B. durch Meßbühen und durch Nivellieren. Es sind Meßgeräte mit möglichst großem Meßbereich zu verwenden, um ein Umsetzen während des Versuches zu vermeiden. Nullmessung vor Aufbau der Versuchseinrichtung und Anschluß der Messung an einen weiter entfernten Festpunkt ist vorzusehen.

5.47 Zugversuch

Für auf Zug beanspruchte Pfähle sind Zugversuche zu empfehlen, die sinngemäß vorzunehmen und auszuwerten sind.

5.48 Belastungsbericht

Der Bericht über die Probelastung soll folgende Angaben enthalten:

5.481 eine Lageplanskizze des Bauwerkes und der Probepfähle;

5.482 Boden- und Grundwasserverhältnisse, Wasserstände, Ergebnisse benachbarter Bohrungen und etwa ausgeführter bodenmechanischer Untersuchungen;

5.483 Herkunft, Baustoff, Abmessungen und, soweit festgestellt, Festigkeitseigenschaften der Probepfähle, bei Stahlbetonpfählen Art und Zeit der Herstellung, Betonmischung, Zementart und Bewehrung; Gestalt und Abmessungen der Pfahlenden;

5.484 ausführliche Angaben über das Einbringen des Pfahles, also z. B. bei Rammpfählen Tag und Stunde des Beginns und des Endes der Proberammung, Angaben über notwendig gewordene Rammphasen, Rammlisten und zeichnerische Auftragungen des Eindringens der Probepfähle mit Angaben über Art, Gewicht, Fallhöhe und Schlagzahl des verwendeten Rammhämmer oder der Rammenergie je Schlag bei Rammhämmer, über Art, Gewicht, Abmessungen und Ausfütterung der verwendeten Rammhauben, Arbeitsaufwand beim Rammen, Ziehen der Pfähle bei jeder Hitze, Höhenlage von Kopf und Fuß der eingerammten Pfähle, Beschädigungen der Pfähle infolge des Rammens; bei Ortpfählen Aufzeichnungen über den zeitlichen Verlauf der Pfahlherstellung, Art und Abmessungen der verwendeten Geräte, die durchfahrenen Bodenschichten, die etwa geförderten Bodenmengen und die eingebrachten Betonmengen, Beobachtungen über Wasserstände und Wasserandrang im Pfahlschacht, Höhenlage von Kopf und Fuß der fertigen Pfähle, Witterungs- und Temperaturangaben;

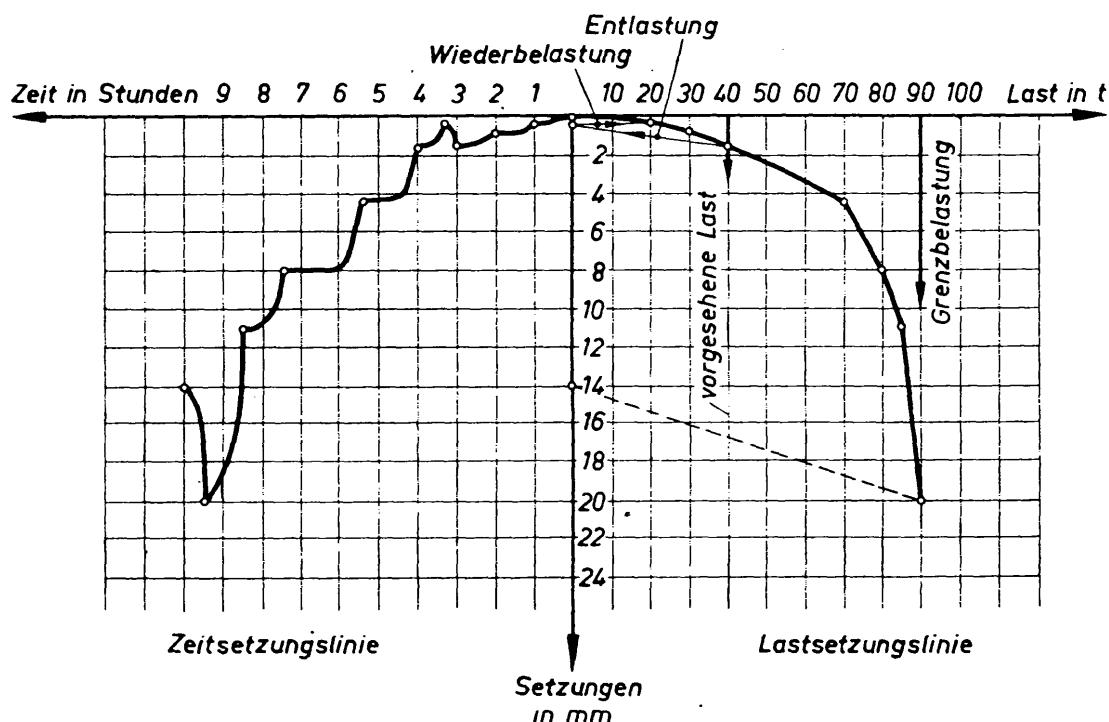
5.485 Tag und Stunde des Beginns und des Endes der Probelastung, Witterung und Temperatur während der Belastung;

5.486 Beschreibung der Belastungs- und Meßvorrichtungen unter Beigabe von Zeichnungen, Beschreibung des Auf- und Abbringens der Last, Nachweis der amtlichen Prüfung der Druck- und Dehnungsmesser;

5.487 die Lastsetzungslinie und die Zeitsetzungslinie mit sämtlichen gemessenen Zahlenwerten in der im Bild wiedergegebenen Anordnung;

5.488 besondere Ereignisse während der Belastung, z. B. Störungen an den Belastungs- und Meßvorrichtungen, Umsetzen der Meßbühen, Veränderungen der Bodenoberfläche neben dem Probepfahl, Lageänderungen der Gegengewichte und Verankerungen;

5.489 Angaben über das Ausziehen der Probepfähle, Zugkraft, Versuchsdauer und -verlauf, Ziehgerät.



Gründungen

Zulässige Belastung des Baugrundes

Erläuterungen der Richtlinien

DIN 1054
Beiblatt

Um Zweifelsfälle bei der Auslegung der „Richtlinien für die zulässige Belastung des Baugrundes – DIN 1054, Ausgabe Juni 1953 –“ weitgehend auszuschließen, werden nachstehende Erläuterungen herausgegeben. Die Abschnitte 1 bis 4 wurden von Herrn Prof. Dr.-Ing. H. Lorenz, Berlin, der Abschnitt 5 von Herrn Direktor Dr.-Ing. Ebert, München, bearbeitet.

Erläuterungen

Zu Abschnitt 1

Der in DIN 1054 Ausgabe Juni 1953 neu aufgenommene zweite Absatz gibt dem wissenschaftlich geschulten und praktisch erfahrenen Ingenieur die Möglichkeit, auf Grund sorgfältiger Baugrunduntersuchungen und erdstatistischer Berechnungen mit den Beanspruchungen des Baugrundes höher zu gehen, als es nach der Norm in den meist vorliegenden einfachen Fällen gestattet ist. So ist die Möglichkeit gegeben, neue Erkenntnisse anzuwenden, ohne daß die Norm geändert zu werden braucht, da dem wissenschaftlichen Fortschritt genügend Raum gegeben ist und die Vielfalt der Wechselwirkung zwischen Bauwerk und Baugrund stets auf Grund des neuesten Standes der Erkenntnisse erfaßt werden kann.

Zu Abschnitt 2.11

Die nichtbindigen Böden erfahren gefährliche Änderungen ihrer Lagerungsdichte seltener durch ruhenden Druck als durch einrüttelnde Wechselbeanspruchungen oder aufwärts gerichteten Strömungsdruck. Während ruhender Druck und Wechselbeanspruchungen unterhalb der Grenzbelastung stets eine Zunahme der Lagerungsdichte und damit Setzungen bewirken, verringert der aufwärts gerichtete Strömungsdruck im allgemeinen die Lagerungsdichte und kann bei nichtbindigen Bodenarten Fließerscheinungen herbeiführen, deren Auftreten entgegen weitverbreiteter Ansicht nicht an bestimmte feinkörnige Bodenarten gebunden ist. Allerdings treten bei Fein- bis Mittelsand Fließersanderscheinungen leichter auf, weil hierbei das Gefälle größer ist als bei Grobsand und weil die Sinkgeschwindigkeit bei feinem Korn geringer ist.

Zu Abschnitt 2.12

Bindige Böden geben unter Druck das ihre Poren ausfüllende Wasser (Porenwasser) langsam ab, verdichten sich dabei und zeigen erhebliche, oft Jahre und Jahrzehnte andauernde Setzungen. Leichtes Abführen des Porenwassers (natürliche oder

künstliche Drainage) und verhältnismäßig großer Porenanteil (Mehlsand, Schluff) beschleunigen die Setzungen. Der Endwert der Setzungen nimmt mit der Mächtigkeit der setzungsempfindlichen Schicht zu. Die Setzungsdauer verhält sich bei verschiedener Schichtmächtigkeit wie die Quadrate der Schichtdicken. Bindige Böden erleiden durch dynamische und kurzdauernde statische Beanspruchungen im allgemeinen keine Setzungen; sie quellen bei Wasserzuführung und schrumpfen beim Entwässern.

Zu Abschnitt 2.13

Unter organischen Böden werden solche verstanden, deren Anteil an Torf oder Faulschlamm den nichtorganischen Anteil überwiegt.

Zu Abschnitt 2.2

Die durch Bauwerk und Nutzlast auf den Baugrund ausgeübte Pressung (Sohldruck) verteilt sich bei geringer Gründungstiefe im allgemeinen nicht gleichmäßig unter der Bauwerkssohle. Bei biegeweichen Grundwerkskörpern auf nichtbindigen Böden entstehen unter der Mitte größere Spannungen als unter den Kanten; unter biegesteifen Grundwerken ist diese Sohldruckverteilung nur nach Fließerscheinungen möglich. Auf bindigen Böden treten unter biegesteifen Grundwerken unter den Kanten die größeren Spannungen auf. Mit wachsender Gründungstiefe nehmen die Randspannungen gegenüber den Mittelspannungen zu. Die vom Bauwerk auf den Baugrund ausgeübten Drücke verteilen sich im Baugrund innerhalb eines etwa geradlinig begrenzten Kegelstumpfes derart, daß in jedem waagerechten Schnitt die Spannungen unter Bauwerksmitte am größten sind und gegen die Kegelerzeugende zu Null abnehmen (Glockenform). Nach der Tiefe zu nehmen die Spannungen merklich ab. Linien gleicher Spannungen (Isobaren) vermitteln anschaulich die Zusammenhänge (siehe Bild 1). Auch der Einfluß der Breite des Grundwerkskörpers auf die Reichweite der Spannungen in die Tiefe wird hieraus deutlich. Breite Fundamente ergeben in jeder Tiefe größere zusätzliche Spannungen als schmale Fundamente, wenn die Sohlpressung bei beiden Fundamentenarten dieselbe ist.

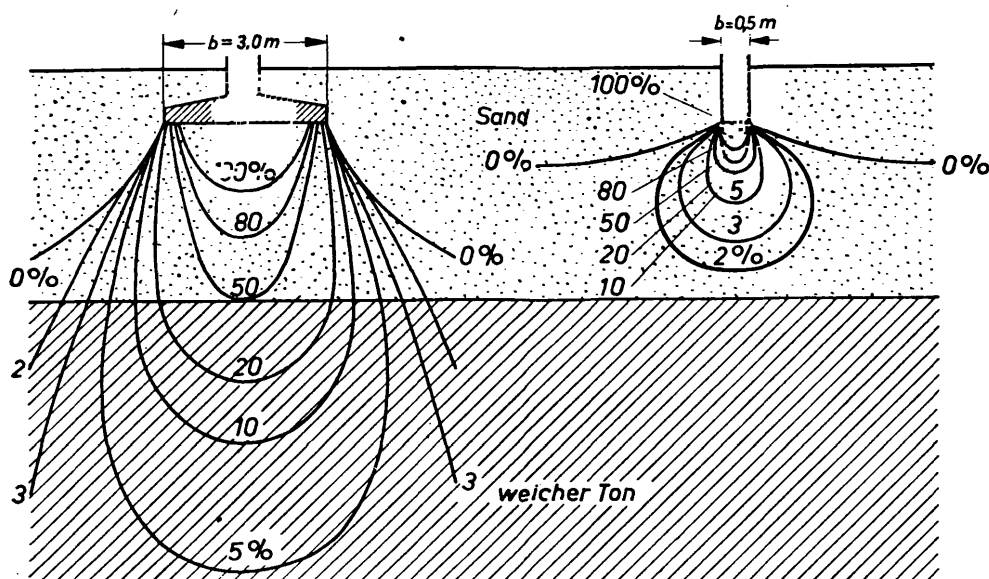


Bild 1

Zu Abschnitt 2.31

Bei Flächengründungen hängt das Setzungsmaß außer von der Bodenbeschaffenheit und der Dicke der zusammendrückbaren Schicht auch von der Spannungsverteilung im Baugrund und damit vom Gesamtgewicht des Bauwerkes ab. Hierbei machen sich auch die Beanspruchungen durch benachbarte Bauwerke oder Gründungskörper sowie Entlastungen (z. B. durch Bodenaushub) bemerkbar. Ein Vergrößern der Sohlfläche der Gründung (Verringern der Bodenpressung) beseitigt im allgemeinen die Setzungsgefahr nicht. Gleichmäßige Setzungen aller Bauwerksgrundkörper sind für das Bauwerk im allgemeinen ungefährlich, weil sie keine zusätzlichen Spannungen in den Bauwerksgliedern hervorrufen. Sie können jedoch seinen Betrieb beeinträchtigen. Dagegen sind ungleiche Setzungen (Setzungsunterschiede) für das Bauwerk u. U. gefährlich und daher in der statischen Berechnung des Bauwerkes zu berücksichtigen oder durch eine entsprechende Bauwerksgestaltung (z. B. Trennfugen) unschädlich zu machen. Besonders gefährlich sind Setzungsunterschiede, die innerhalb kurzer Abstände auftreten (starke Krümmung der Gründungssohle); daher sind die Grundbauwerke auf setzungsempfindlichem Untergrund nach sorgfältiger Setzungsberechnung in ihrer Grundfläche und Gründungstiefe aufeinander so abzustimmen, daß ungleiche Setzungen vermieden werden.

Bei Bodenarten mit hohem Wassergehalt und geringem Reibungswinkel können Setzungen auch durch seitliches Ausweichen oder Ausquetschen des Baugrundes eintreten. Nichtbindige Böden erfahren durch dynamische Einflüsse eine Umlagerung ihres Korngerüsts und damit erhebliche, schnell eintretende Setzungen.

Zu Abschnitt 2.32

Grundbruch äußert sich bei einem Bauwerk meist durch gleichzeitig auftretende Senkungen und Schiefstellung sowie durch erhebliche waagerechte Verschiebungen. Ein deutliches Anzeichen für beginnenden Grundbruch ist eine Aufwölbung des unbelasteten Geländes in der Umgebung des Bauwerkes. Bild 2

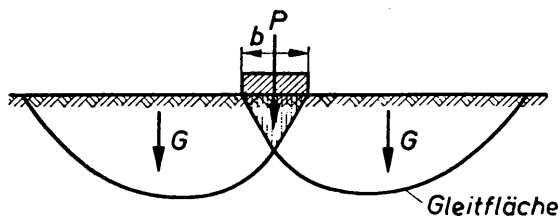


Bild 2

zeigt einen Laststreifen, der bei Überbelastung nach links oder rechts längs spiralförmiger Gleitflächen einbrechen kann. Der oberhalb der Gleitfläche befindliche Boden gleitet dann ebenfalls ab und lagert sich teilweise oberhalb der ursprünglichen Geländelinie.

Zu Abschnitt 2.33

Das Bauwerk braucht nicht auf seiner Sohlfläche zu gleiten; vor allem bei schräg liegender Sohlfläche kann das Gleiten auch längs tiefer liegender Gleitflächen vor sich gehen.

Zu Abschnitt 2.34

Wird bei Stützmauern mit dem angreifenden Erddruck gerechnet, so muß ein geringfügiges Kippen um den Fußpunkt der Mauer eintreten, damit die Reibung im Erdreich wirksam werden kann. Darf das Bauwerk auch keine Kippbewegung ausführen, so muß für die Kippsicherheitsuntersuchung der Erddruck mit dem Ruhedruckbeiwert eingesetzt werden.

Das Kippen stellt eine besondere Art des Grundbruches dar, wenn es nicht ausnahmsweise um eine Kante des Grundbauwerkes eintritt, was nur bei sehr festem Baugrund möglich ist.

Zu Abschnitt 2.4

Unter der Krümmung der Gründungssohle wird jener gedachte Kreisbogen verstanden, der die Tiefpunkte der Gründung eines Bauwerkes nach eingetretener Setzung oder zu bestimmten Zeiten (zeitlich veränderlicher Krümmungshalbmesser) verbindet. Bei Kenntnis des Krümmungshalbmessers ist das Maß der Setzungsunterschiede bestimmter Punkte der Gründung

leicht zu errechnen. Das Verbot der Benutzung von Bettungsziffern erstreckt sich nicht auf die Berechnung eines Grundbauwerkes als Balken auf elastischer Stützung. Aber auch hierbei empfiehlt es sich, die Bettungsziffer aus einer Setzungsberechnung zu ermitteln, statt sie aus Handbüchern zu entnehmen.

Zu Abschnitt 3.21

Erkundungsbohrungen sind bei Großbaustellen (Industrieanlagen, Siedlungen, Straßen usw.) zu empfehlen, weil sie das Erstellen eines den Baugrundverhältnissen angepaßten Lageplanes ermöglichen. Der Lageplan ist der Baugrundbeschaffenheit möglichst dadurch anzupassen, daß hoch belastete Bauwerke in die Gebiete der relativ besten Baugrundbeschaffenheit fallen, während niedrig belastete Bauwerke gegebenenfalls auch auf ungünstigeren Gebieten gegründet werden können. Zu dieser Lageplangestaltung kann gegebenenfalls auch die geologische — besser Baugrund-Karte herangezogen werden. Wie es in dieser Beziehung widersinnig wäre, die angegebenen Mindesttiefen bei flach liegenden, mächtigen, festen Bodenschichten (Geschiebemergel oder gar Fels) zu erzwingen, so wäre es unzureichend, sich mit diesen Tiefen zu begnügen, wenn noch keine einwandfrei tragfähige Schicht mit einer Mächtigkeit erbohrt wurde, die nach dem geologischen Gesamtbild als ausreichend stark angenommen werden darf.

Zu Abschnitt 3.22

Maßgebend für die Tiefe, bis zu welcher das Bauwerk den Baugrund beansprucht, ist die Gesamtlast des Bauwerkes. Genauer als durch Angabe der Gleichung $t = p \times b$ wird die notwendige Bohrtiefe also durch eine Berechnung der durch das Bauwerk verursachten Spannungen im Baugrund bestimmt. Dabei ist je nach der Zusammendrückbarkeit der tief liegenden Schicht die Bohrtiefe nach der Tiefe zu bemessen, in der die Spannungen unter Bauwerksmitte nur noch 2 bis 5% der mittleren Sohlspannung p betragen.

Zu Abschnitt 3.24

Das Netz der Bohrungen muß verdichtet werden, wenn sich bei den nach Abschnitt 3.22 angesetzten Bohrungen starke Unterschiede in der Tiefenlage der Schichtgrenzen zeigen. Besonders wichtig ist es, die Lage und Ausmaße zusammendrückbarer Einlagerungen (sogenannte Linsen) zu erfassen.

Zu Abschnitt 3.3

Seismische Untersuchungen ermöglichen, die Tiefenlage von Schichtgrenzen zu bestimmen, wenn die untere Schicht fester gelagert ist als die obere. Diese Untersuchungen können bei entsprechend dichter Anordnung der Meßstellen einen Höhenplan der Grenzfläche zwischen diesen Schichten liefern.

Dynamische Untersuchungen vermitteln vor allem ein zutreffendes Bild über die seitliche Ausdehnung von Einlagerungen (alte Flußläufe u. dgl.). Sie sind auch besonders geeignet, die Lagerungsdichte nichtbindiger Schichten zu prüfen, während aus solchen Untersuchungen Rückschlüsse auf die Tiefenlage von Schichtgrenzen und die Zusammendrückbarkeit bindiger Schichten kaum gezogen werden können.

Geoelektrische Untersuchungen geben auch Anhaltspunkte über die Tiefenlage der Schichtgrenzen und die seitliche Erstreckung von Einlagerungen. Sie eignen sich aber besonders, die Durchfeuchtung tief liegender Schichten (Grundwasserstände u. dgl.) festzustellen.

Zu Abschnitt 4.11

Wenn die Voraussetzungen des Abschnittes 4.11 erfüllt sind, dürfen die Werte der Tafel in Abschnitt 4.2 als zulässig angesetzt werden. In diesem Fall ist dann nur nachzuweisen, daß das Bauwerk gegen Gleiten (Abschnitt 4.13) ausreichend gesichert ist. Hinreichende Grundbruchsicherheit, damit nach Abschnitt 2.34 auch Kippsicherheit und im allgemeinen auch das Einhalten tragbarer Setzungen für normale Bauwerke ist durch die Tafelwerte gewährleistet. Höhere Bodenpressungen zuzulassen, erfordert eingehende Berechnungen, über deren Ausmaß in Abschnitt 4.3 das Nötige gesagt ist.

Zu Abschnitt 4.111

In manchen Gegenden übersteigt die Frosttiefe das Maß 0,8 m erheblich. Bei Gründung der Außenwände eines Gebäudes ist zu beachten, daß spätere Aufgrabungen das Eindringen des Frostes begünstigen.

Zu Abschnitt 4.113

Diese Festlegung besagt, daß eine Gründungsfuge äußerstenfalls bis zur Hälfte der Bauwerksbreite klaffen darf.

Zu Abschnitt 4.12

Vorübergehende Lasten, auch solche von kurz wirkender Dauer, verursachen bei nichtbindigen Böden die volle, ihrem Größt-wert entsprechende Formänderung des Baugrundes. Bei sehr bindigen Böden wird eine kurze Wirkungs-dauer im allgemeinen nur einen Bruchteil der Setzungen hervorrufen, die eine gleich große, lang wirkende Last verursacht. Deshalb brauchen zur Setzungsberechnung bindiger Böden nur die mittleren, ständig wirkenden Lasten eingesetzt zu werden, z. B. bei mehrgeschossigen Hochbauten nicht die vollen rechnerischen Nutzlasten, sondern nur die auf Grund der Betriebsbedingungen zu erwartenden. Bei Berechnung der Grundbruchsicherheit sind dagegen auch die vorübergehenden Lasten in voller Größe einzusetzen. Wegen der Höchstzahl gleichzeitig zu berücksichtigender Krane vgl. DIN 120 mit dem dazugehörigen Einführungs-erlaß.

Zu Abschnitt 4.13

Bei Sandboden kann der Reibungsbeiwert (Tangente des Reibungswinkels) zwischen Beton oder Mauerwerk und Baugrund mit 0,6 angenommen werden. Die geforderte 1,5fache Sicherheit wird dann zweckmäßig durch seine Herabsetzung auf 0,4 berücksichtigt. Die Mindestverschiebung zum Wachsen des vollen Erdwiderstandes hängt von der Lagerungsdichte des Baugrundes ab. Locker gelagerte Böden erfordern hierzu größere Verschiebungen als dicht gelagerte. Überschlägig kann die notwendige Verschiebung aus der Beziehung $s \geq 3 \times h^{1,5}$ gefunden werden. Darin ist die Wandhöhe h in Metern einzusetzen, während die Mindestverschiebung s in Millimetern erhalten wird. Eine genauere Bestimmung der erforderlichen Verschiebung ist nur durch Großversuche möglich.

Zu Abschnitt 4.21

Die Tafelwerte sind unter der Voraussetzung ermittelt, daß die einzelnen Hauptbodenarten unter Gründungsunterkante in einer Mächtigkeit anstehen, die mindestens gleich ist der 1,5fachen Gründungsbreite. Sie gelten ausdrücklich nur für Flächengründungen, also nicht für Pfahlgründungen.

Zu Abschnitt 4.221

Ein Erhöhen der Kantenpressungen auf den 1,3fachen, der Bodenart entsprechenden Tafelwert wird als zulässig angegeben, weil die Grundbruchsicherheit im allgemeinen von der Druckspannung im Schwerpunkt abhängt. Das Vergrößern der Kantenpressung gegenüber der Mittelpressung führt aber zu einseitiger Neigung des Grundbauwerkes. Bei schmalen Grundkörpern ($b \leq 1$ m) und bei Grundkörpern (z. B. von Rahmentragwerken und Stützmauern), die sich nicht wesentlich drehen dürfen, darf von Abschnitt 4.221 nur mit Vorsicht Gebrauch gemacht werden.

Zu Abschnitt 4.222

Die zulässige Bodenpressung wächst mit der Gründungstiefe. Bei nichtbindigen Böden ist die Grundbruchsicherheit maßgebend, d. h. der Aufwölbung des das Bauwerk umgebenden Erdreiches muß ein Widerstand durch den auflastenden Boden geboten werden. Das Eigengewicht des Bodens wird durch den Auftrieb stark herabgesetzt. In welchen Fällen die nach Abschnitt 4.222 mögliche Erhöhung der Tafelwerte zu unterbleiben hat, zeigt Bild 3, in dem bei a und b die Erhöhung zulässig, bei c und d nicht zulässig ist.

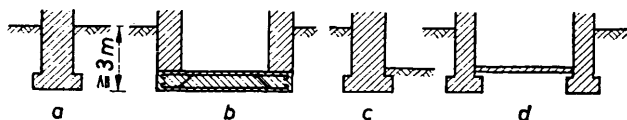


Bild 3

Zu Abschnitt 4.231

Bei Erschütterungen durch Verkehr, laufende Maschinen, Rammarbeiten u. dgl. ist zwischen der Wirkung auf den Menschen und der Wirkung auf Bauwerke zu unterscheiden. Erschütterungen u. dgl. auf den Menschen sind als nennenswert zu bezeichnen, wenn sie das Maß von 25 Pal überschreiten. Die Werte nach

der Pal-Skala errechnen sich aus der Geschwindigkeit v , mit der die Gründungssohle infolge der auftretenden Erschütterung schwingt, nach der Formel

$$20 \log \frac{v}{0,045}$$

wobei v in cm/s einzusetzen ist. Die Wirkung von Erschütterungen auf Bauwerke bestimmt man durch den Energiebeiwert b^2/n^2 , wobei b die Beschleunigung in m/s^2 und n die Frequenz in Hertz bedeutet. Nennenswerte Erschütterungen auf Bauwerke liegen vor, wenn der Energiebeiwert $0,3 m^2/s^2$ überschreitet.

Zu Abschnitt 4.32

Wegen der Wechselwirkung zwischen Bauwerk und Baugrund sind zutreffende Setzungsberechnungen im allgemeinen nur zu erhalten, wenn der Konstrukteur mit der Versuchsanstalt zusammenarbeitet. Vor Beginn der Setzungsberechnungen müssen die Bodenuntersuchungsergebnisse (Abschnitt 3) im allgemeinen idealisiert, d. h. in Quer- und Längsschnitte zusammengefaßt werden. Weiter muß geklärt werden, welcher Bereich der setzungsempfindlichen Schicht den einzelnen aus ungestörten Bodenproben ermittelten Drucksetzungslinien zukommt. Schließlich wird bei Setzungsberechnungen im allgemeinen Belastung durch ein schlaffes Lastbündel angenommen, während in Wirklichkeit das Grundbauwerk eine gewisse Steifigkeit besitzt. Den Einfluß dieser und ähnlicher Vereinfachungen auf das Maß der Setzungen und Setzungsunterschiede kann nur ein erfahrener Fachmann auf dem Gebiet der Bodenmechanik übersehen. Andererseits sind Setzungsberechnungen wertlos, wenn nicht die Wirkung der Setzungsunterschiede auf das Bauwerk überschlagen und gegebenenfalls die Änderung der Belastung einzelner Bauwerksteile infolge der Verformung des Bauwerkes angegeben wird. Siehe hierzu DIN 4019 „Baugrund, Richtlinien“ für Setzungsberechnungen (Entwurf).

Zu Abschnitt 4.326

Eine Probelastung ersetzt die Wirkung eines Bauwerkes auf den Baugrund nur unvollkommen, weil sie nach Bild 1 wegen der kleineren Grundfläche trotz gleicher bezogener Pressung (kg/cm^2) viel weniger tief reicht. Beanspruchen die vom Bauwerk verursachten Spannungen tiefere Schichten, also anders beschaffenes Erdreich als die Probelastung, so ist das Ergebnis unbrauchbar. Sind die Bodenverhältnisse im Spannungsbereich der Probelastung und des wirklichen Bauwerkes trotz verschiedener Tiefe dieselben, so kann aus der Probelastung die zu erwartende Setzung geschätzt werden, indem man entweder mit mehreren Flächengrößen arbeitet und auf die tatsächliche Bauwerksgrundfläche extrapoliert oder besser von der Tatsache Gebrauch macht, daß bei gleicher bezogener Spannung die Setzungen mit der Wurzel aus der Grundfläche anwachsen.

Zu Abschnitt 4.33

Ein einfaches Verfahren zum Beurteilen der Grundbruchgefahr ist von Ohde in HÜTTE, Bd. III, 27. Aufl., S. 925, angegeben.

Zu Abschnitt 5.11 und 5.111

Es sollte stets versucht werden, Pfahlgründungen wie auch andere Tiefgründungen durch eine entsprechende Auswahl der Baustelle oder der Bauarten zu vermeiden. Oft kann eine Pfahlgründung entbehrlich werden, wenn man sich sorgfältig Rechenschaft darüber ablegt, ob nicht die bei einer Flächengründung zu erwartenden Setzungen in Kauf genommen werden können. Dies ist oft auch dann der Fall, wenn zwar große, aber im wesentlichen gleichmäßige Setzungen zu erwarten sind. Stehende Pfahlgründungen sind der Normalfall für die Anwendung von Pfählen. Allgemeine Angaben über Pfahlgründungen siehe [9, 19, 32, 36]¹⁾.

Zu Abschnitt 5.112

Die als Voraussetzung für die Anwendbarkeit schwebender Pfahlgründungen genannten Vorbedingungen sind in Deutschland selten gegeben. In Frage kommen junge Seeablagerungen, z. B. in Süddeutschland am Bodensee oder Chiemsee, ferner jüngste Ablagerungen in den Küstengebieten. Im Ausland werden schwimmende Pfahlgründungen auch in den Deltas großer Ströme angewandt. Sie sind besonders bei ungleichmäßigem Schichtenverlauf bedenklich, wenn die Pfähle in Schichten von sehr verschiedener Tragfähigkeit enden.

¹⁾ Die in [] gesetzten Zahlen beziehen sich auf das Schrifttumsverzeichnis am Schluß.

Bei schwebenden Pfahlgründungen ist stets mit größeren, nachträglichen Setzungen zu rechnen. Sie schalten lediglich diejenigen Setzungen aus, die durch eine Zusammendrückung der Schichten zwischen Grundkörper und Pfahlsitzen entstehen würden; nur wenn diese einen wesentlichen Anteil der insgesamt zu erwartenden Setzungen ausmachen, kann eine schwebende Pfahlgründung in Betracht gezogen werden. Gute Beispiele für sorgfältig geplante und ausgeführte schwebende Pfahlgründungen siehe [4,16].

Zu Abschnitt 5.113

Die hier behandelten Gründungen sind Flächengründungen, bei denen die Pfähle lediglich den Baugrund verbessern und die Setzungen verringern sollen, wobei das Verdichten nichtbindiger Böden durch die Bodenverdrängung der Verdichtungspfähle und die beim Einbringen entstehenden Erschütterungen geschieht. Eine derartige Bodenverdichtung kann statt durch eingerammte Massiv-Pfähle z. B. auch durch eingerammte Kiespfähle nach dem Verfahren Franki oder durch Rütteldruck nach dem Verfahren Keller [2, 18] erreicht werden.

Zu Abschnitt 5.12

Eine scharfe Abgrenzung zwischen Reibungspfählen und Spitzendruckpfählen ist nicht möglich. Die Frage, wie sich bei einem gegebenen Pfahl die Überleitung der Kräfte in den Baugrund auf Mantelreibung und Spitzendruck verteilt, hängt nicht nur von der Bodenart und der Art der Pfahleinbringung ab, sondern auch von der Größe der Last und von der Relativverschiebung zwischen Pfahl und Baugrund. Ein bestimmter Pfahl kann z. B. bei kleinen Lasten diese ausschließlich durch Reibung, und zwar vorwiegend in verhältnismäßig hochliegenden Teilen des Pfahlschaftes, auf den Baugrund abgeben, während bei zunehmender Belastung immer tieferliegende Teile des Pfahlmantels zum Tragen kommen und schließlich bei großer Belastung der Spitzendruck einen wesentlichen Anteil der Kraftübertragung übernimmt. Ein anderes Beispiel: Ein Pfahl sei durch überlagernde, stark nachgiebige Schichten, z. B. Schlick, Torf, 3 m in tragfähigen Kiessand eingerammt, so daß er die ihm zugeordneten Lasten durch Spitzendruck und Mantelreibung in Spitzennähe einwandfrei auf den Baugrund übertragen kann. Muß dieser Pfahl aber im Hinblick auf die Sicherheit des Bauwerkes gegen Unterspülung mehr als 3 m in den tragfähigen Kiessand eingerammt werden, so werden bei dichter Lagerung dieses Bodens die eingeführten Kräfte schon im oberen Teil durch Reibung abgegeben. Vom Standpunkt der Kraftübertragung aus ist der Pfahl also zu lang. Bei tragfähigen, nichtbindigen Böden ist eine überwiegende Mantelreibungswirkung oft ein Zeichen dafür, daß die Pfähle länger sind, als dies im Hinblick auf die Druckübertragung notwendig ist. (Siehe hierzu [29, 32]).

Auch bei schwebenden Gründungen gibt es sowohl Reibungspfähle, wofür häufig wegen der hier zweckmäßigen konischen Form und der verhältnismäßig geringen möglichen Pfahllasten Holzpfähle verwendet werden, als auch Spitzendruckpfähle, wie z. B. die im Ausland häufig verwendeten Schraubenpfähle.

Zu Abschnitt 5.122

a) Nach dem Herstellungsverfahren werden unterschieden Fertigpfähle, wobei Pfähle aus Holz, Stahl oder Stahlbeton eingerammt, eingespült, eingedrückt, eingebohrt oder eingeschraubt werden und Ortpfähle aus Beton oder Stahlbeton; hierbei wird durch Einrammen, Einspülen, Eindrücken oder Einbohren eines meist aus Stahl bestehenden Vortreibrohres oder -körpers bis in den tragfähigen Baugrund ein Hohlraum hergestellt. Dann wird eine etwa vorgesehene Bewehrung eingebaut und der Hohlraum ausbetoniert. Die Vortreibrohre können im Boden verbleiben oder wiedergewonnen werden.

b) Ein weiteres Merkmal der Pfähle ist die verschiedene Form sowohl der Spitze als auch des Pfahlschaftes. Unterschieden werden prismatische Pfähle und konische Pfähle verschiedenster Querschnittsbildung, volle und hohle Pfähle, Pfähle mit Verdickungen an der Spitze oder am Schaft.

c) Ein besonders wichtiges Merkmal der Pfähle besteht in der Veränderung des Baugrundes durch den Bauvorgang. Der den Pfahlschaft und die Spitze umgebende Boden kann z. B. aufgelockert oder verdichtet werden; hierdurch wird die Tragfähigkeit des Pfahles wesentlich beeinflusst.

Eine für bestimmte Baugrundverhältnisse bewährte Pfahlbauweise kann bei anderen Boden- oder Grundwasserverhältnissen sich als weniger geeignet oder gänzlich unbrauchbar erweisen.

Zu Abschnitt 5.21

Es ist nicht zulässig, in einer statischen Berechnung anzunehmen, daß das Gewicht einer Grundplatte unmittelbar vom darunterliegenden Boden, die übrigen Lasten des Bauwerkes aber von den Pfählen getragen werden.

Von der Berücksichtigung waagerechter Kräfte kann bei Pfahlgründungen für normale Hochbauten abgesehen werden. Dagegen müssen sie selbstverständlich bei hohen Bauwerken mit schmaler Grundfläche, turmartigen Gebäuden, Silos, Schornsteinen, Mastgründungen, ferner bei allen Stütz- und Ufermauern, hohen Brückenpfeilern und Bogenwiderlagern sorgfältig erfaßt und ihre Aufnahme muß nachgewiesen werden. Sofern die auf einen in ganzer Länge im Boden stehenden Pfahl oder Pfahlrost wirkende waagerechte Kraft nicht mehr als 3, höchstens 5% der lotrechten Belastung beträgt, kann im allgemeinen auf besondere Maßnahmen für die Aufnahme der waagerechten Kräfte verzichtet werden.

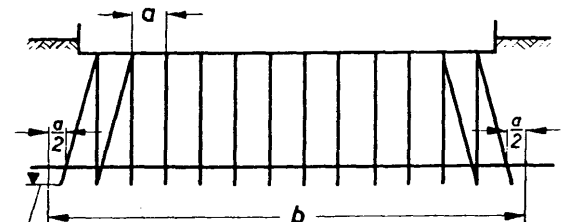
Zu Abschnitt 5.22

Für das Berechnen statisch unbestimmter Pfahlroste, bei denen die elastischen Zusammendrückungen der Pfähle eine Rolle spielen, eignen sich insbesondere die Verfahren von Ostenfeld, Nöckentved, Wüsch, Bay usw. [6, 14, 24, 42]. Hierbei wird durch Einführen ideeller Pfahllängen die Lagerung der Pfähle im Baugrund, z. B. Einsenkung, Mantelreibung oder Einspannung, berücksichtigt.

Bei Gebäuden mit größeren Abmessungen hängt die Belastung des Einzelpfahles auch noch von der Elastizität des Bauwerkes selbst ab, ähnlich wie die Elastizität von Grundplatten die Druckverteilung unter einer Flächengründung beeinflusst.

Zu Abschnitt 5.23

Die Vorschrift, wonach die Pfähle möglichst nur Axialbeanspruchungen erhalten sollen, kann bei gewissen Bauwerken, wie z. B. Ufermauern auf Pfahlrost, nicht immer eingehalten werden, da die Pfähle hierbei oft durch Kräfte senkrecht zu ihrer Längsachse und dadurch auf Biegung beansprucht werden. Umgekehrt können auf Biegung beanspruchte Bauteile, z. B. Spundwände, auch zusätzliche senkrechte Kräfte aufnehmen, was im Einzelfall durch Probelastungen nachgewiesen werden kann. Dabei müssen Pfähle oder Spundwände natürlich auf Biegung und Druck bemessen werden. (Siehe auch Erläuterungen zu Abschnitt 5.24.)



Gründungssohle

Bild 4

Zu Abschnitt 5.24

In der in Bild 4 angegebenen Gründungssohle darf der Baugrund durch das Bauwerk nicht höher belastet werden, als es bei einer Flächengründung in dieser Tiefe zulässig wäre. Es ist also die in dieser Tiefe durch die Bauwerkslast allein entstehende zusätzliche Bodenpressung nachzuweisen. Die Breite der Gründungsfläche ergibt sich aus Bild 4. Das Bild zeigt auch die günstige Wirkung einer Spreizung der Pfähle.

Pfahlgründungen ersetzen eine etwa in Höhe der Pfahlsitzen liegende Flächengründung, für die sonst Erd-, Baugrubenumschließungs-, Aussteifungs-, Wasserhaltungs- und Betonarbeiten notwendig würden. Sinngemäß verlangt daher die Bestimmung in Abschnitt 5.24 die gleichen Untersuchungen wie bei Flächengründungen; z. B. können besonders bei eng gestellten Pfählen Grundbruchuntersuchungen notwendig werden.

Selbstverständlich gibt die geforderte Überprüfung der Beanspruchung des Baugrundes durch die Pfahlgründung nur eine obere Grenze für die Einzelpfahllast; sie ersetzt weder ganz noch teilweise die Ermittlung der zulässigen Pfahllast nach Abschnitt 5.3.

Zu Abschnitt 5.25

Die hier genannte Zahl muß überschritten werden, wenn z. B. wegen Unterspülungsgefahr oder wegen zu starken Ziehens der

Pfähle eine größere Rammtiefe notwendig ist; andererseits kann bei sehr fest gelagerten Böden eine geringere Rammtiefe nicht nur zulässig, sondern sogar zweckmäßig sein, wenn sonst die Gefahr bestünde, daß die Pfähle durch die Überbeanspruchung beim Rammen in den harten Boden zerstört oder beschädigt würden. Um größere Rammtiefen ohne Beschädigungen zu erreichen, kann es zweckmäßig sein, die Pfähle einzuspülen und kurz nachzurammen.

Ausreichende Einbindetiefen sind für Bohrpfähle vor allem bei unregelmäßigem Schichtenverlauf wichtig.

Zu Abschnitt 5.26

Für die bei Pfahlgründungen zu erwartenden Setzungen gelten grundsätzlich dieselben Überlegungen wie bei Flächengründungen, besonders was die Empfindlichkeit oder Unempfindlichkeit der zu gründenden Bauwerke gegen Setzungen und Setzungsunterschiede betrifft; diese Empfindlichkeit gegen Setzungen hängt vor allem von der Steifigkeit des Bauwerkes ab. Aufschluß über die zu erwartenden Setzungen geben am besten Probelastungen (siehe Abschnitt 5.4).

Zu Abschnitt 5.27

Ganz im Baugrund stehende Pfähle sind also, auch wenn er noch so nachgiebig ist (z. B. Torf, Faulschlamm), nicht auf Knicken zu untersuchen. Falls aber die weichen Bodenschichten z. B. durch einseitige Auflasten seitliche Bewegungen ausführen und damit waagerechte Kräfte auf die Pfähle ausüben können, ist eine Knickuntersuchung durchzuführen und dies zu berücksichtigen.

Es empfiehlt sich, die Spannbedingungen der Pfähle sowohl im Bauwerk als auch im Baugrund vorsichtig anzunehmen. Es ist z. B. notwendig, wenn eine Einspannung der Pfähle in der Grundplatte des Bauwerkes angenommen ist, sich davon zu überzeugen, daß die Einspannmomente auch in die Platte hineingeleitet und dort aufgenommen werden können. Ebenso kann die Einspannung an der Pfahlspitze fraglich sein, wenn infolge von Grundwasserbewegungen oder Kapillarwasserabgabe bleibende Umlagerungen oder Verformungen im Baugrund zu erwarten sind. In solchen Fällen ist es sicherer, mit gelenkiger Lagerung zu rechnen.

Für die Höhe der Knicksicherheit gelten die Vorschriften, die für den jeweiligen Pfahlbaustoff in den amtlichen Bestimmungen niedergelegt sind.

Zu Abschnitt 5.28

Rechenverfahren, die für die Grundbruchsicherheit in Frage kommen, siehe [12].

Zu Abschnitt 5.31

Die gegebenen Hinweise sollen vor allem zeigen, daß man mit der Übertragung von Erfahrungen mit einem bestimmten Pfahlsystem auf andere Baustellen äußerst vorsichtig sein muß. Es können z. B. zwei Pfähle von gleicher Form unter den gleichen Bodenverhältnissen ein ganz verschiedenes Verhalten zeigen, je nachdem wie sie hergestellt worden sind.

Die Vielfalt der die Tragfähigkeit eines Pfahles bestimmenden Umstände bedingt, daß der Einfluß einer Einzelursache außerordentlich schwer zu übersehen ist. Dies ist auch der tiefere Grund dafür, daß bisher das Bestreben nach einfachen Formeln für die rechnerische Ermittlung der Tragfähigkeit von Pfählen so geringe Ergebnisse gebracht hat.

Der Hinweis auf die Bedeutung der zu leistenden Rammarbeit beim Einbringen darf nicht zu der Annahme verleiten, diese sei ein Maß für die Tragfähigkeit; die Rammarbeit hängt auch von der Formgebung des Pfahles und besonders der Spitze, vom Verhältnis der Massen von Pfahl und Rammbar, u. U. von der Schlagzahl und anderen Einflüssen ab.

Interessante Einblicke in die durch die Pfahlherstellung möglichen Veränderungen im Baugrund und damit auf das Verhalten vorhandener Pfähle vermittelt [5]. Die Tragfähigkeit von Stahlpfählen kann in gewissen Bodenarten durch Verkrustung stark anwachsen.

Zu Abschnitt 5.32

Zu beachten ist, daß eine Ermäßigung der Belastung der Pfähle in der Gruppe nur dann für notwendig gehalten wird, wenn wegen der Größe der Setzungen Bedenken bestehen.

Sonst ist eine Abminderung nicht nötig, da ein Pfahl innerhalb kleiner Pfahlgruppen, bei denen auch eine gewisse Seitensteifigkeit gegen waagerechte Kräfte leichter, z. B. durch Spreizen der Pfähle (Abstand der Pfahlspitzen vergrößert), zu erreichen ist, in der Regel eine größere waagerechte Last aufnehmen kann als ein vereinzelt dastehender Pfahl.

Zu Abschnitt 5.33

Negative Mantelreibung kann verursacht werden durch Eigensetzung bindigen Bodens, Setzung infolge Belastung von nicht auf die Pfahlgründungen abgestützten Gebäudeflächen (z. B. Kellersohle) und infolge Belastung durch Nachbargebäude; sie ist praktisch nicht leicht auszuschalten. In solchen Fällen sind möglichst nur lotrechte Pfähle, große Pfahlabstände, glatte und geringe Pfahloberflächen vor allem in den sich möglicherweise setzenden Schichten zu verwenden. Ferner werden nach unten konisch zulaufende Pfähle, Pfähle mit verdickten Füßen, verlorene glatte Vortreibrohre und ähnliche Maßnahmen angewendet.

Zu Abschnitt 5.341 und 5.342

Die hier gegebenen Festwerte für die Tragfähigkeit unter einfachen Verhältnissen sind gegenüber der früheren Norm DIN 1054 erhöht. Anlaß hierzu war das Ergebnis zahlreicher inzwischen bekanntgewordener Probelastungen, daß der Sicherheitspielraum unter den in Abschnitt 5.341 ausdrücklich genannten Voraussetzungen (stehende Pfahlgründung, tragfähiger Baugrund usw.) ausreicht, daß auch im Hinblick auf etwaige Setzungen ohne Bedenken höhere Werte zugelassen werden können.

Auch jetzt sind nur für Holzpfähle und für Stahlbetonpfähle mit quadratischem Querschnitt Erfahrungswerte genannt, wobei ausdrücklich auf die in Abschnitt 5.341 und 5.342 angegebenen Voraussetzungen (Mindestmaße von Pfahllänge und Eindringtiefe, Schlagarbeit beim Einrammen, Bärgewicht und Ziehen bei der letzten Hitze) hingewiesen sei. Besonders ist zu beachten, daß das Erreichen der angegebenen Maße nur dann eine zuverlässige Grundlage für die Ermittlung der zulässigen Pfahlbelastung gibt, wenn die den Pfahl tragende Bodenschicht einwandfrei bekannt ist.

Der Begriff „nennenswerte Erschütterungen“ ist in Abschnitt 4.231 erläutert.

Werden die Pfähle bei entsprechenden Voraussetzungen eingespült, so empfiehlt es sich, nach einigen Tagen nachzurammen und das hierbei festgestellte Ziehen der Pfähle für die Ermittlung der Tragfähigkeit zu verwenden (siehe auch Abschnitt 5.343).

Zu Abschnitt 5.343

Diese Bestimmung ist neu. Sie soll dazu dienen, daß späterhin der Rammvorgang eindeutig festliegt. Dabei sind die Bedingungen einheitlich festgesetzt, damit die Meßergebnisse verglichen werden können. Dies ist vor allem dann wichtig, wenn später an dem Bauwerk Setzungsbeobachtungen durchgeführt werden. Auf diese Weise ergibt sich die Möglichkeit, allmählich mehr Erfahrungen über das Verhalten von Pfahlgründungen zu sammeln.

Das im zweiten Absatz zugelassene Verfahren darf nicht bei Schluff, insbesondere nicht bei tonigem Schluff, angewendet werden, schon deshalb nicht, weil diese Bodenarten nicht als „tragfähige Bodenschicht“ im Sinne von Abschnitt 5.341 anzusehen sind. Bei tragfähigem Feinsand hat das Verfahren dagegen seine volle Berechtigung.

Zu Abschnitt 5.344

Obwohl über Stahlrammpfähle umfangreiche Erfahrungen vorliegen, sind die Unterschiede z. B. zwischen Stahlkastenpfählen ohne und mit Spitze, Stahlträger- oder Spundbohlenpfählen und anderen Pfahlformen zu groß, als daß sich einfache einheitliche Regeln aufstellen ließen (siehe [32]).

Zu Abschnitt 5.345

Hier gilt in noch höherem Maße das zu Abschnitt 5.344 Gesagte. Die Tragfähigkeit von Bohrpfählen hängt in hohem Maße von der Sorgfalt der Ausführung ab. Es empfiehlt sich deshalb, mit derartigen Arbeiten nur Unternehmer zu betrauen, die über langjährige Erfahrungen auf diesem Gebiet verfügen.

Zu Abschnitt 5.346

Diese Bestimmung ist neu angefügt, da ein Bedürfnis hierfür bestand. Der eingesetzte Wert für die Reibung gibt die notwendige Sicherheit. Sollen höhere Werte zugelassen werden, kann ihre Berechtigung durch einen Zugversuch nachgeprüft werden. Um die besonders bei Zugpfählen notwendigen großen Rammtiefen zu erreichen, werden die Pfähle zur Vermeidung von Überbeanspruchungen und Zerstörungen bei geeigneten Bodenverhältnissen mit gleichzeitiger Hochdruckspülung eingerammt.

Zu Abschnitt 5.35

Rammformeln, auch wenn sie das elastische Verhalten des Pfahles*) gut erfassen, geben stets nur Auskunft über den dynamischen Eindringungswiderstand. Das Verhältnis zwischen

*) Wie z. B. die Formel von Rausch [28] oder die in den ASA verwendete von Hiley [17].

diesem und dem statischen Eindringungswiderstand gegen ruhende Lasten schwankt aber für verschiedene Pfahlarten und Baugrundverhältnisse erheblich. Probelastungen können so benutzt werden, um Rammformeln zu eichen (siehe [32] S. 69 ff.). Auch die aufgewendete Rammarbeit steht bei verschiedenen Pfahlarten und verschiedenem Baugrund nicht in einem festen Verhältnis zur Pfahltragfähigkeit. Andere Einflüsse, wie z. B. die Verkrustung, werden durch die Rammformeln ebenfalls nicht erfaßt.

Zu Abschnitt 5.36

Die bisher für eine solche Berechnungsweise vorgeschlagenen Formeln (z. B. von Dörr [11]) haben den Nachteil, daß durch eine entsprechende Auswahl der Erddruckbeiwerte beliebige Ergebnisse erhalten werden können, daß ferner die für die eingesetzten Erddruckbeiwerte maßgebenden Reibungswerte kaum ungestört zu messen sind und daß diese außerdem durch das Einbringen des Pfahles in weiten nicht nachprüfbar Grenzen verändert werden. Dies wird auch durch die sehr stark abweichende Tragfähigkeit von äußerlich ähnlich erscheinenden Ortpfahlsystemen unter gleichartigen Baugrundverhältnissen bestätigt.

Zu Abschnitt 5.371

Bei der Berechnung der zulässigen Pfahllast aus der bei einer Probelastung ermittelten Tragkraft ist gegenüber der früheren Ausgabe die Sicherheit von 2,5 auf 2 vermindert worden. In den letzten Jahren sind Erfahrungen mit einer größeren Zahl von Probelastungen veröffentlicht worden, aus denen sich ergibt, daß auch bei 50% der Grenzlast die Setzungen bei stehenden Pfahlgründungen in einem so engen Rahmen bleiben, daß die Pfähle unbedenklich mit der halben Grenzlast ausgenutzt werden können. Ausdrücklich sei bemerkt, daß dies nur für nichtbindige Böden gilt. Der Beginn des Versinkens des Pfahles ist in der Lastsetzungslinie oft nicht scharf zu erkennen. Hier gibt der Verlauf dieser Linie bei der Entlastung einen guten Anhaltspunkt. Über das Auswerten von Probelastungen zur „Eichung“ von Rammformeln siehe [32], besonders S. 70 ff.. Um sicherzugehen, daß die Ergebnisse der Probelastung richtig auf die übrigen Pfähle des Bauwerkes oder auch eine andere später im gleichen Baugrund herzustellende Pfahlgründung angewendet werden, sind die bei den Probpfählen ermittelten Eindringungen in den letzten Hitzten auch für die Bauwerkspfähle vorzuschreiben, so wie dies in Abschnitt 5.342 für einfache Fälle allgemein zugelassen ist.

Zu Abschnitt 5.372

Diese Bestimmung ist im wesentlichen unverändert übernommen. Sie ermöglicht es dem gewissenhaften Konstrukteur, die Pfahlbaustoffe in wirtschaftlicher Weise auszunutzen.

Der letzte Satz von Abschnitt 5.372 bezieht sich vor allem auf Fälle, bei denen der Anteil der ständigen Last verhältnismäßig gering ist, wie z. B. bei Kranbahnstützen, so daß sich die wechselnden Nutzlasten stärker auswirken. Hier wird der Konstrukteur in der Ausnutzung der Pfahltragfähigkeit vorsichtiger sein müssen, damit nicht die Belastung des Pfahles zu bleibenden Eindringungen führt. Dadurch könnte der Pfahl allmählich immer tiefer in den Baugrund eingerüttelt werden. Es ist selbstverständlich, daß die durch diese Bestimmungen gegebene weitgehende Freizügigkeit dem Konstrukteur eine besonders hohe Verantwortung auferlegt.

Zu Abschnitt 5.373

Bei Bauwerken, bei denen in größerem Umfang Zugpfähle verwendet werden, z. B. bei Ufermauern, sind möglichst stets Probelastungen auszuführen. Auch hier muß geprüft werden, ob die Zugbeanspruchung im Pfahl stark wechselt. Wenn dies der Fall ist, besteht die Gefahr, daß der Zugpfahl allmählich aus dem Boden gezogen wird. Es wird sich dann empfehlen, mit der zulässigen Belastung unter der in der Norm angegebenen Grenze zu bleiben. Dabei ist zu bedenken, daß durch das Versagen der Zugpfähle die Standsicherheit derartiger Bauwerke oft stärker beeinträchtigt werden kann als durch das Versagen oder zu große Setzungen von Druckpfählen.

Stehen Zugpfähle in Bündeln, so ist zu beachten, daß das durch die Wandreibung erfaßte Bodenvolumen ein Gewicht haben muß, das größer ist als die gesamte Zugbelastung des Pfahlbündels.

Zu Abschnitt 5.374

Es besteht natürlich die Möglichkeit, auch sehr langdauernde Probelastungen durchzuführen, um das Eindringen der Pfähle von schwebenden Pfahlgründungen in den Baugrund zu erfassen. Trotzdem müssen diese Probelastungen durch Setzungsberechnungen der unterhalb der Pfahlspitzen stehenden Schichten

ergänzt werden. Interessante Angaben über eine langdauernde Probelastung finden sich in [16].

Zu Abschnitt 5.38

Diese Bestimmung ist neu. Vor Erhöhung der zulässigen Pfahllast muß man sich davon überzeugen, daß die dann zu erwartenden größeren Setzungen kein für das betreffende Bauwerk unzulässiges Maß erreichen.

Zu Abschnitt 5.41 und 5.42

Probelastungen können an Probpfählen ausgeführt werden, die für diesen Zweck besonders gerammt oder eingebracht werden. Sie müssen sich natürlich unter den gleichen Bedingungen befinden wie die Bauwerkspfähle; es ist erwünscht, stichprobenweise auch Pfähle zu belasten, die im Bauwerk verbleiben. Besonders hergestellte Probpfähle sollen möglichst bis zur Grenzbelastung beansprucht werden. Bei Bauwerkspfählen sollte nicht mehr als das Doppelte der vorgesehenen Pfahlbelastung aufgebracht werden und weniger, wenn damit die Nähe der Grenzlast erreicht wird. Gegebenenfalls muß ein Ersatzpfahl hergestellt werden.

Zu Abschnitt 5.43

Die Bestimmungen beziehen sich vor allem auf Rammfähle. Sie sind sinngemäß zu übertragen auf andere Pfahlbauarten, z. B. Bohrpfähle, bei denen der Arbeitsvorgang beim Einbringen der Pfähle genau beschrieben werden muß mit Angaben über den aus dem Bohrloch herausgeschafften Boden nach Art und Menge und über die eingebauten Betonmengen, damit man Rückschlüsse auf den Rauminhalt des fertigen Pfahles im Vergleich zu dem theoretischen Rauminhalt des Bohrloches ziehen kann usw. Der Pfahlherstellungsvorgang muß also so sorgfältig beschrieben werden, daß die aus der Probelastung zu ziehenden Schlüsse ohne Gefahr von Fehlschlüssen auf andere Fälle übertragen werden können.

Bei Rammfählen empfiehlt es sich, auch die federnden Eindringungen nach dem Vorschlag von Rausch (siehe [28]) zu messen.

Zu Abschnitt 5.44

Bei unmittelbar aufgebrachter Last ist in der Nähe der Grenzlast besonders vorsichtig vorzugehen, weil dann die Setzung plötzlich wachsen kann.

Die Verwendung von hydraulischen Pressen und Ankerpfählen hat bei Reibungspfählen den besonderen Vorteil, daß die Zunahme der Tragkraft dieser Pfähle in manchen Bodenarten im Laufe der Zeit nach der Rammung verfolgt werden kann.

Bei Stahlpfählen besteht die Möglichkeit, durch Dehnungsmessungen am Pfahlschaft die Pfahlkraft unabhängig von anderen Messungen zu ermitteln und diese so nachzuprüfen [32].

Zu Abschnitt 5.45

Bei unveränderlich gehaltener Last soll die Ablesung der Setzungen in gewissen, anfangs engeren Zeitabständen vorgenommen werden. Diese Beobachtungen werden in der Zeitsetzungslinie aufgezeichnet. Der Verlauf der Linie gestattet, den Zeitpunkt festzulegen, in dem die Bewegung im wesentlichen aufgehört hat. Erst dann wird die nächste Laststufe aufgebracht. Die zunehmende Steilheit der Zeitsetzungslinie weist auf die Annäherung an die Grenzbelastung und die Notwendigkeit kleinerer Laststufen hin. Die Lastsetzungslinie ergibt die Grenzbelastung, die bei manchen Bodenarten durch einen steilen Abfall der Linie klar gekennzeichnet ist. Bei anderen Bodenarten zeigt die Lastsetzungslinie eine mehr oder weniger starke Krümmung ohne auffällige Grenzbelastung. Terzaghi hat vorgeschlagen, in solchen Fällen als Grenzbelastung diejenige anzusehen, die eine Setzung in einem Betrage von $\frac{1}{10}$ des Pfahldurchmessers oder der größten Querschnittsausdehnung hervorruft. Da dies nicht stets eine klare Regel ergibt und wenig Erfahrungen vorliegen, ist es besser, auf die Grenzbelastung aus dem Verhalten der Entlastungslinien zu schließen. Diese gestatten es, die elastischen von den bleibenden Setzungen zu trennen. Letztere für sich aufgetragen, ergeben meist ein klareres Bild über die Grenze, bei der die Fließerscheinungen im Boden ein größeres Ausmaß annehmen. Probelastungen in tonigen Böden sollten besonders langsam ausgeführt werden, siehe auch Erläuterung zu Abschnitt 5.374.

Zu Abschnitt 5.46

Es empfiehlt sich, den Einfluß der Belastungsverfahren auf die Geländesetzungen und damit auf die Festpunktlage zu berücksichtigen. Außerdem sind bei Zug- und Druckpfahlbelastungen die nicht erfaßten Setzungen des tieferen Untergrundes zusätzlich zu bedenken.

Allgemein zu Abschnitt 5.46 bis 5.48

Die hier gegebenen Vorschriften sollen in erster Linie dazu dienen, daß die Beobachtungen an den Pfählen in überall gleicher und später vergleichbarer Weise angestellt werden. Hierdurch soll ein umfangreicher Erfahrungsstoff gesammelt werden, der unsere Kenntnis über die Tragfähigkeit der Pfahlgründungen allmählich auf eine festere Grundlage zu stellen gestattet. Außerdem sollen Unterlagen gewonnen werden, um die auch heute noch nicht allen Forderungen der Praxis entsprechenden Bestimmungen auszubauen und unsere Kenntnisse zu vermehren. Beispiele ausgeführter Probelastungen sind beschrieben in [3, 9, 25, 30, 31, 32, 34]. Die Wichtigkeit derartiger Beobachtungen kann gar nicht genug unterstrichen werden. Es ist erwünscht, alle in der Praxis ge-

machten Beobachtungen, Probelastungs-Ergebnisse und auch Setzungsbeobachtungen an ausgeführten, auf Pfählen gegründeten Bauten der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau, Hamburg 20, Geffckenstr. 16, zuzuleiten, die sich bemüht, diese Frage ihrer Lösung näherzubringen. Dasselbe gilt auch für Ergebnisse, die schon vor längerer Zeit gewonnen, aber bisher noch nicht veröffentlicht worden sind.

Zu Abschnitt 5.484

Bei den zeichnerischen Darstellungen des Eindringens der Pfähle unter den Rammschlägen wird meist die Schlagzahl als Abszisse von links nach rechts, die Eindringung als Ordinate von oben nach unten aufgetragen.

Schrifttum:

- Agatz, A., Der Kampf des Ingenieurs gegen Erde und Wasser im Grundbau. Berlin 1936, J. Springer.
- Ahrens, W., Die Bodenverdichtung bei der Gründung für die Kongreßhalle Nürnberg. Bauindustrie 1941, S. 1301 ff.
- Arens/Röhnisch, Belastungsproben an Stahlpfählen und deren Anwendung bei der Erweiterung des Dortmund-Ems-Kanals. Bautechn. 15 (1937), S. 643 ff.
- Die Oddesundbrücke in Dänemark. Bauing. 20 (1939), S. 156 ff.
- Barck, Bau eines Getreidespeichers und Richten eines schiefstehenden, unmittelbar benachbarten Getreidepflageturmes. Bautechn. 18 (1940), S. 89/93.
- Bay, Die Berechnung besonderer räumlicher Pfahlrost. Bauing. 21 (1940), S. 352/53.
- Bendel, Ludwig, Ingenieurgeologie, 1. u. 2. Teil. Wien 1949, Springer-Verlag.
- Brennecke/Lohmeyer, Der Grundbau. Band I, Teil I: Baugrund, 6. Aufl. 1948; 4. Aufl. Band II Pfahlrostgründung 1930, Band III Gründungsarten ohne Pfahlrostgründung 1934, Berlin, Wilh. Ernst & Sohn.
- Chellis, Pile Foundations, Theory — Design — Practice, New York 1951, McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Dachler, Robert, Grundwasserströmung. Wien 1936, J. Springer.
- Dörr, H., Die Tragfähigkeit der Pfähle. Berlin 1922, Wilh. Ernst & Sohn.
- Fellenius, W., Erdstatische Berechnungen mit Reibung und Kohäsion und unter Annahme kreiszylindrischer Gleitflächen, 4. Aufl. Berlin 1948, Wilh. Ernst & Sohn.
- Forchheimer, Ph., Grundriß der Hydraulik, 3. Aufl. Leipzig 1930, B. G. Teubner.
- Förster, Vereinfachte Pfahlrostberechnung. Bauing. 20 (1939), S. 141—146.
- Fröhlich, O. K., Druckverteilung im Baugrund. Berlin 1934, J. Springer.
- Hasselblad-Fuchs, Die neue Straßenbrücke über den Götaälv in Gothenburg. Bautechn. 17 (1939), S. 357 ff.
- Hiley, Pile-Driving Calculations with notes on driving forces and ground resistance. The Structural Engineer 1930, July u. August.
- Hoffmann/Muhs, Die Verfestigung sandigen und kiesigen Baugrundes. Bautechn. 22 (1944), S. 149 ff.
- Kögler-Scheidig, Baugrund und Bauwerk 5. Aufl. Berlin 1948, Wilh. Ernst & Sohn.
- Kollbrunner, C. F., Foundation und Konsolidation. 3 Bände, Zürich 1946, 1948 und 1952, Schweizer Druck- und Verlagshaus.
- Krey, H., Erddruck, Erdwiderstand und Tragfähigkeit des Baugrundes, 5. Aufl. Berlin 1937, Wilh. Ernst & Sohn.
- Loos, Wilh., Praktische Anwendungen der Baugrunduntersuchungen bei Entwurf und Beurteilung von Erdbauten und Gründungen, 3. Aufl. Berlin 1937, Springer-Verlag.
- Luetkens, O., Die Bergschädensicherung. Berlin 1941, Springer-Verlag.
- Nökkentved, Chr., Berechnung von Pfahlrosten. Berlin 1928, Wilh. Ernst & Sohn.
- Ohde, Johann, Zur Theorie der Druckverteilung im Baugrund. Bauing. 1939, Heft 33/34.
- , Der Eindringungswiderstand von Fundamenten als Grundlage für die Festlegung der zulässigen Bodenpressung. Bautechn. 27 (1950), S. 272 ff.
- Paulsen, Ramm- und Belastungsversuche mit verschiedenen Pfahlarten aus Eisen und Eisenbeton und mit eisernen Spundbohlen. Bautechn. 12 (1934), S. 429 ff., S. 443 ff.
- Rausch, E., Zur Frage der Tragfähigkeit von Ramm-pfählen. Bauing. 11 (1930), Heft 30.
- van Rinsum, Mantelreibung und Spitzenwiderstand von Pfählen. Bautechn. 18 (1940), Heft 46.
- Ruge, Bau einer Ufermauer im Kieler Hafen. Bauing. 20 (1939), S. 521 ff. (Siehe auch Zuschriften im Bauing. 21 (1940), S. 161 ff. und S. 286 ff.).
- Sarrazin/Gorges, Proberammungen und Probelastungen von Holzpfählen beim Bau der Flutbrücke im Schwedt-Niederkräniger Oderdamm. Bautechn. 11 (1933), S. 85 ff.
- Schenck, W., Der Ramm-pfahl. Neue Erkenntnisse aus Theorie und Praxis. Berlin 1951, Wilh. Ernst & Sohn.
- , Zur Frage der Tragfähigkeit von Ramm-pfählen. Sonderdruck aus Bautechnik, Jahrg. 1938, Berlin 1939, Wilh. Ernst & Sohn.
- , Proberammungen und Probelastungen von Pfählen im Kieler Hafen. Bautechnik 25 (1948), Heft 6.
- Schoklitsch, A., Der Grundbau, 2. Auflage, Wien 1952, Springer-Verlag.
- Schultze/Muhs, Bodenuntersuchungen für Ingenieurbauten. Berlin 1950, Springer-Verlag.
- Terzaghi, K., Theoretical Soil Mechanics, 1943. Verlag John Wiley & Sons, Inc., New York und Chapman and Hall, Ltd., London.
- Terzaghi/Peck, Soil Mechanics in Engineering Practice. New York 1948, John Wiley & Sons, Inc. und London 1948, Chapman and Hall, Ltd.
- Terzaghi-Fröhlich, Theorie der Setzung von Tonschichten. Leipzig 1936, F. Deuticke.
- Tiedemann-v. Bülow, Über Bodenuntersuchungen bei Entwurf und Ausführung von Ingenieurbauten, 4. Aufl. Berlin 1952, Wilh. Ernst & Sohn.
- Walter, Helmut, Das Knickproblem bei Spitzenpfählen, deren Schaft ganz oder teilweise in nachgiebigem Boden steht. Bautechnik-Archiv, Heft 6, S. 40—66. Berlin 1951, Wilh. Ernst & Sohn.
- Wünsch, Statische Berechnung der Pfahlsysteme. Stuttgart 1927, Konrad Wittwer.

— MBI. NW. 1954 S. 795.

Einzelpreis dieser Nummer 0,60 DM.

Einzellieferungen nur durch den Verlag gegen Voreinsendung des Betrages zuzgl. Versandkosten (pro Einzelheft 0,10 DM) auf das Postscheckkonto Köln 8516 August Bagel Verlag GmbH., Düsseldorf.

