 SpringerWienNewYork

Baukonstruktionen  
Band 3

Herausgegeben von  
Anton Pech

Anton Pech  
Erik Würger

Gründungen

unter Mitarbeit von  
Alfred Pauser  
Robert Hofmann

SpringerWienNewYork

Dipl.-Ing. Dr. techn. Anton Pech  
Dipl.-Ing. Dr. techn. Erik Würger  
Wien, Österreich

unter Mitarbeit von

em. O. Univ.-Prof. Baurat hc. Dipl.-Ing. Dr. Alfred Pauser  
Wien, Österreich

Dipl.-Ing. Dr. Robert Hofmann  
Perchtoldsdorf, Österreich

Der Abdruck der zitierten ÖNORMen erfolgt mit Genehmigung des Österreichischen Normungsinstitutes, Heinestraße 38, 1020 Wien.

Benutzungshinweis: ON Österreichisches Normungsinstitut, Heinestraße 38, 1020 Wien, Tel. ++43-1-21300-805, Fax ++43-1-21300-818, E-mail: sales@on-norm.at.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdruckes, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

© 2005 Springer-Verlag/Wien  
Printed in Austria

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Buch berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften. Produkthaftung: Sämtliche Angaben in diesem Fachbuch/wissenschaftlichen Werk erfolgen trotz sorgfältiger Bearbeitung und Kontrolle ohne Gewähr. Insbesondere Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden. Eine Haftung der Herausgeber, der Autoren oder des Verlages aus dem Inhalt dieses Werkes ist ausgeschlossen.

Textkonvertierung und Umbruch: Grafik Rödl, 2486 Pottendorf, Österreich  
Druck und Bindearbeiten: Druckerei Theiss GmbH, 9431 St. Stefan, Österreich

Gedruckt auf säurefreiem, chlorfrei gebleichtem Papier – TCF  
SPIN: 10999868

Mit zahlreichen (teilweise farbigen) Abbildungen

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek  
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie, detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

ISSN 1614-1288

ISBN 3-211-21497-6 SpringerWienNewYork

# VORWORT ZUR 1. AUFLAGE

Die Fachbuchreihe Baukonstruktionen mit ihren 17 Basisbänden stellt eine Zusammenfassung des derzeitigen technischen Wissens bei der Errichtung von Bauwerken des Hochbaues dar. Es wird versucht, mit einfachen Zusammenhängen oft komplexe Bereiche des Bauwesens zu erläutern und mit zahlreichen Plänen, Skizzen und Bildern zu veranschaulichen. Der vorliegende Band „Gründungen“ umfasst die grundbautechnischen Grundlagen sowie die Erddrucktheorien als Basis für eine wirtschaftliche und konstruktive Planung. Aufbauend auf den Bodenerkundungen werden die Möglichkeiten und Einsatzgrenzen von Flach- und Tiefgründungen erläutert sowie Bauweisen und Baumethoden beschrieben.

Nachdem sich bei der Erstellung des Basisbandes zeigte, dass eine Zusammenstellung der einzelnen Fachbereiche, einschließlich der Baugrubenherstellung, den festgesetzten Buchumfang bei weitem überschritten hätte, beschränkt sich der Basisband nur auf die theoretischen Grundlagen, den Erddruck sowie Flach- und Tiefgründungen. Die im Zuge der Bauwerksherstellung erforderlichen zusätzlichen Maßnahmen wie Baugrubensicherungen und Unterfangungen sowie die Problematik des Bauens im Wasser, die Herstellung von Böschungen und die Ausführung von Bodenverbesserungen werden in einem Erweiterungsband behandelt.





## Fachbuchreihe **BAU**KONSTRUKTIONEN



Band 1: Bauphysik



Band 2: Tragwerke



### Band 3: **Gründungen**

**Band 3:**



Band 3-1:



- ▶ Baugrund
- ▶ Erddruck
- ▶ Flachgründungen
- ▶ Tiefgründungen
- ▶ Baugrundverbesserungen
- ▶ Baugruben
- ▶ Bauen im Wasser
- ▶ Böschungen



Band 4: Wände



Band 5: Decken



Band 6: Keller



Band 7: Dachstühle



Band 8: Steildach



Band 9: Flachdach



Band 10: Treppen/Stiegen



Band 11: Fenster



Band 12: Türen und Tore



Band 13: Fassaden



Band 14: Fußböden



Band 15: Heizung und Kühlung



Band 16: Lüftung und Sanitär



Band 17: Elektro- und Regeltechnik





# INHALTSVERZEICHNIS

<b>030.1 Baugrund</b> .....	1
030.1.1 Bodenarten und Klassifikation .....	4
030.1.2 Spannungen im Boden .....	12
030.1.2.1 Eigengewichtsspannungen .....	12
030.1.2.2 Spannungen zufolge Belastungen .....	13
030.1.3 Setzungen .....	16
030.1.3.1 Methoden der Setzungsberechnung .....	20
030.1.3.2 Setzungen bei Grundwasserabsenkung .....	24
030.1.3.3 Zeitlicher Verlauf der Setzungen .....	25
030.1.4 Wasser im Boden .....	26
030.1.4.1 Strömung .....	26
030.1.4.2 Wasserdruck .....	28
030.1.5 Bodenerkundungen .....	29
030.1.5.1 Voruntersuchungen .....	30
030.1.5.2 Probeschächte .....	31
030.1.5.3 Aufschlussbohrungen .....	31
030.1.5.4 Rammsondierungen .....	34
030.1.5.5 Fundamentaufschliessungsschächte .....	35
030.1.5.6 Sonstige Erkundungen .....	36
030.1.5.7 Grundwassererkundungen .....	37
030.1.6 Bodenuntersuchungen .....	37
030.1.6.1 Bodenphysikalische Untersuchungen .....	38
030.1.6.2 Bodenchemische Untersuchungen .....	39
030.1.6.3 Chemische Grundwasseranalysen .....	39
030.1.6.4 Bodenphysikalische Feldversuche .....	40
030.1.6.5 Boden-Luft-Messungen .....	40
030.1.7 Bodenkennwerte .....	40
<b>030.2 Erddruck</b> .....	47
030.2.1 Erddrucktheorien .....	48
030.2.1.1 Rankine'sche Theorie .....	49
030.2.1.2 Coulomb'sche Erddrucktheorie .....	49
030.2.2 Grafische Verfahren .....	52
030.2.3 Erddruckberechnung .....	53
030.2.4 Spezielle Erddrücke .....	59
030.2.4.1 Punkt-, Linien- und Streifenlasten .....	59
030.2.4.2 Siloerddruck, Erddruck auf Kellerwände .....	61
030.2.4.3 Erddruck auf schmale Baukörper .....	62
030.2.5 Erddruckumlagerungen .....	63
<b>030.3 Flachgründungen</b> .....	65
030.3.1 Streifenfundamente .....	67
030.3.2 Einzelfundamente .....	69
030.3.3 Fundamentplatten .....	70
030.3.4 Dimensionierung Flachgründungen .....	71
030.3.4.1 Streifenfundamente, Einzelfundamente .....	72
030.3.4.2 Bodenplatten .....	75

030.3.4.3	Grundbruchsicherheit	77
030.3.4.4	Gleitsicherheit	81
030.3.4.5	Kippsicherheit	82
030.3.4.6	Auftriebssicherheit	84
<b>030.4</b>	<b>Tiefgründungen</b>	<b>89</b>
030.4.1	Pfahlgründungen	90
030.4.1.1	Rammpfähle	93
030.4.1.2	Bohrpfähle	96
030.4.1.3	Pfähle mit kleinen Durchmessern	99
030.4.1.4	Zugpfähle	100
030.4.2	Schlitzwände	100
030.4.2.1	Greiferschlitzwand	102
030.4.2.2	Gefräste Schlitzwand	103
030.4.2.3	Fertigteilschlitzwände	105
030.4.3	Senkkästen	106
030.4.4	Brunnen	107
030.4.5	Pfahl- und Schlitzwandkästen	107
030.4.6	Kombinierte Pfahl-Plattengründung	109
030.4.7	Biegepfähle	110
030.4.8	Dimensionierung von Tiefgründungen	111
030.4.8.1	Probebelastungen	111
030.4.8.2	Berechnung Pfähle	113
030.4.8.3	Setzungen von Pfählen	115
030.4.8.4	Setzungen von Pfahl-Plattengründungen	116
	Quellennachweis	125
	Literaturverzeichnis	127
	Sachverzeichnis	129

## 030.1 BAUGRUND

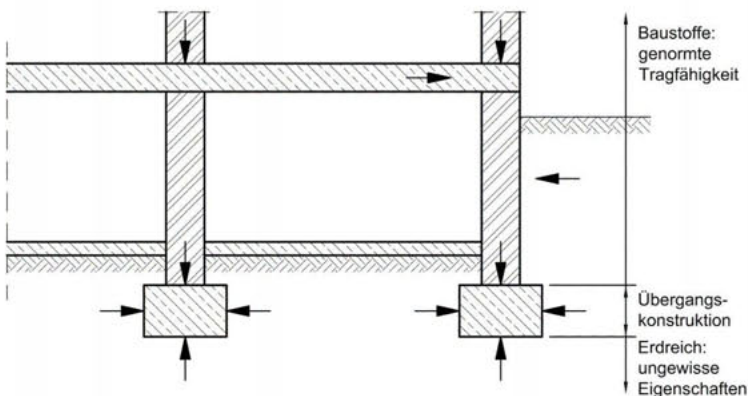
Die Gründung eines Bauwerkes ist seine Verbindung mit dem Baugrund, der bis auf einige Ausnahmen nicht so hoch beansprucht werden kann wie die Materialien der lastabtragenden Bauteile. Um eine Weiterleitung von vertikalen und horizontalen Kräften in den Boden zu ermöglichen, sind Gründungskonstruktionen erforderlich, die die auftretenden Kräfte über eine größere Fläche verteilen oder in tiefere Schichten ableiten. Die Gründungsart eines Bauwerkes ist von verschiedenen Einflüssen abhängig, und es ist die Aufgabe der Bauingenieure, jene Gründungsart zu wählen, die bei vertretbarem Kostenaufwand und ausreichender Sicherheit diese Einflüsse bestmöglich erfüllen kann. Entscheidend für die richtige Wahl sind:

- Art und Gestalt des Bauwerkes
- Größe und Verteilung der Belastung
- Beschaffenheit des Baugrundes
- Einwirkung von Grundwasser
- Setzungsempfindlichkeit des Bauwerkes
- dynamische Einwirkungen.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen dem Grundbau und anderen Disziplinen des Bauwesens – wie zum Beispiel dem Stahlbau – besteht darin, dass die Eigenschaften des Bodens in weiten Grenzen schwanken können. In der Geotechnik stellt der Boden eine gegebene Tatsache dar, und seine Eigenschaften sind zunächst zu untersuchen. Eine Verbesserung ungünstiger Bodeneigenschaften ist nur bis zu gewissen Grenzen möglich. Ergänzend zu dieser Problematik handelt es sich beim Boden um eine sehr große Masse, während Bodenuntersuchungen nur in beschränktem Umfang durchführbar sind, d.h. es ist von nur wenigen Untersuchungen (*Stichproben*) auf große Bodenbereiche zu schließen. Überdies zeigt sich unter Umständen beim Baugrubenaushub ein ganz anderes Bild, als aus den Bodenuntersuchungen und Probebohrungen gewonnen wurde.

Der Geotechnik obliegt die Erkundung der Bodeneigenschaften und die Voraussage der Interaktion zwischen Boden und Bauwerk, so dass die Folgen eines künstlichen Eingriffes vorzusehen sind. Die Aufgabe des Grundbaues liegt darin, jene Teile des Bauwerkes, die mit dem Baugrund in Wechselwirkung treten, in richtiger und wirtschaftlicher Weise zu planen und später auszuführen.

**Abbildung 030.1-01:** Gründung allgemein [13]



Jener Teil des Bauwerkes, der das eigentliche Grundbauwerk darstellt, ist das Fundament, die Fundierung oder Gründung. Eine strenge Trennungslinie zwischen dem Unterbau und dem Überbau, d.h. eine getrennte Planung der beiden Teile ohne Koordinierung, führt zu Fehlern und ist daher unbedingt zu vermeiden. Die Steifigkeiten von Bauwerk und Untergrund beeinflussen einander und müssen deshalb immer gemeinsam betrachtet werden.

Die Konstruktionen von Bauwerken können grundsätzlich statisch bestimmt oder unbestimmt ausgeführt sein, die Bodenverhältnisse bestimmen jedoch die sinnvolle Systemwahl. Sind große Setzungsunterschiede innerhalb des Bauwerks zu erwarten, sollten statisch unbestimmte Konstruktionen vermieden werden. So sind zum Beispiel statisch unbestimmte Durchlaufträger dann nicht ausführbar, wenn verschieden starke Setzungen unter den Auflagern auftreten. Ein Gleiches gilt für Rahmenkonstruktionen mit eingespannten Stielen, wo sich aus konstruktiver Sicht die Frage der erforderlichen und auch möglichen Einspannung stellt, da sich das Fundament als Ganzes verdrehen könnte, so dass dann nur eine teilweise Einspannung auftritt.

Gute und ausreichende Bodenaufschlüsse sind daher wichtig, doch wird gegen diesen Grundsatz sehr oft verstoßen. So ist die Detailplanung eines Bauwerkes oft schon fertig, aber die Fundierung dem vorhandenen Boden noch nicht entsprechend angepasst – größere Schäden am Bauwerk sind dadurch vorprogrammiert. Da der Baugrund die Lasten des Bauwerkes aufzunehmen hat, kann er auch als letztes Glied der lastabtragenden Bauteile angesehen werden und ist daher noch ein Bestandteil des Tragwerkes. Wird die gewählte Gründung den Anforderungen nicht gerecht und der Untergrund spannungsmäßig überfordert, können große Verformungen, große Setzungen und/oder eine unzulässige Schiefstellung und daraus resultierend Bauwerksschäden entstehen.

Der Fall von Schiefstellungen tritt zwar seltener ein, kann aber bei sehr steifen Bauwerken, z.B. bei Silos, auftreten, wenn diese auf weichen, ungleichmäßigen Bodenschichten fundiert sind. Setzungen können von „*Schönheitsfehlern*“ bis zu einer Standsicherheitsgefährdung des Bauwerkes reichen. Bei Hochbauten werden ungleichmäßige Setzungen meistens nur Schönheitsfehler in Form von Setzungsrissen bedeuten, dieselben Risse verhindern aber für Wasserbehälter die geforderte Nutzung, da die Undichtheit des Behälters die Unbrauchbarkeit zur Folge hat (keine Gebrauchstauglichkeit gegeben). Der Zeit-Setzungs-Verlauf hängt von der Bodenart ab. Die Setzungen können dabei plötzlich (z.B. Lößsackung), relativ rasch (bei nichtbindigen Böden) oder über Jahre und Jahrzehnte (Konsolidierung bindiger Böden) auftreten.

Im weiteren Sinn werden unter Grundbauwerken nicht nur massive Bauteile, sondern auch Erdkörper, also Dämme und Einschnitte, verstanden. Diese sollen standfest sein. Es tritt hier eine Reihe von Gefährdungen auf, vor allem Rutschungen.

Bei einem Bauwerk sind aus der Sicht der Bodenmechanik bzw. des Grundbaus folgende Sicherheiten nachzuweisen:

- Sicherheit gegenüber Grundbruch des Bauwerkes: Diese erfolgt entweder durch Einhaltung der zulässigen Bodenpressungen gemäß den einschlägigen Fachnormen oder durch rechnerische Nachweise der Grundbruchsicherheit.
- Sicherheit des Gebäudes selbst, d.h. Kippsicherheit und Gleitsicherheit
- bei Bauwerken unter dem Grundwasser die Sicherheit gegen Auftrieb

- Sicherheit gegen zu hohe Setzungen und Verdrehungen
- Sicherheit gegen Geländebruch
- Sicherheit gegen Erosion
- Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch
- etc.

Aber auch in den Baugesetzen ist bereits die Forderung einer gesicherten Gründung von Bauwerken durch unterschiedlichste Bestimmungen verankert. Auszugsweise sind nachfolgend einige Passagen aus Baugesetzen angeführt:

#### **§ 98 Fundierung und Abdichtung (Bauordnung für WIEN) [29]**

*(1) Die tragenden Bestandteile aller Bauten sind auf tragfähigem Grund unter Berücksichtigung der Einwirkungen des Frostes derart zu fundieren, dass der Untergrund nur in den Bodenverhältnissen entsprechendem Maße in Anspruch genommen wird und die Belastung auf die Fundamente derart verteilt wird, dass ungleichmäßige Senkungen (Setzungen) nicht oder nur in einem die Standsicherheit nicht beeinträchtigenden Ausmaß auftreten können.*

*(2) Die Fundamente und Kellerwände sind aus Baustoffen, die außer der erforderlichen Festigkeit auch eine dauernde Widerstandsfähigkeit gegen schädliche Einflüsse des Untergrundes und von Wasser gewährleisten, herzustellen; die Verwendung von Holz (Piloten oder Rosten) ist jedenfalls verboten. Von der Forderung der dauernden Widerstandsfähigkeit ist bei ebenerdigen Gebäuden vorübergehenden Bestandes, bei Nebengebäuden und bei ebenerdigen Gebäuden im Grünland Abstand zu nehmen.*

#### **§ 3 Festigkeit und Standsicherheit (Bauverordnung für BURGENLAND) [33]**

*(1) Tragende Bauteile sind auf tragfähigem, natürlich gewachsenem oder künstlich befestigtem Boden und in frostfreier Tiefe zu gründen. Der Boden unter allen Teilen der Fundierungen darf nur so weit belastet werden, dass der Bau unabhängig von anderen Bauten standfest ist.*

#### **§ 5 Fundierung (Bautechnikgesetz für SALZBURG) [30]**

*(1) Bauten und sonstige bauliche Anlagen sind so zu gründen, dass ihre Standsicherheit durch die Beschaffenheit des Baugrundes, durch dessen voraussehbare Veränderung, durch Frosteinwirkung und durch Grundwasser nicht beeinträchtigt wird.*

*(2) Fundamente sind grundsätzlich in Beton oder solchen Baustoffen auszuführen, die keiner die Standsicherheit gefährdenden Verwitterung oder Zersetzung unterliegen. Holzpiloten als Fundamente sind nur zulässig, wenn nach den besonderen Bodenverhältnissen und Schutzmaßnahmen auch die im Hinblick auf den Verwendungszweck des Baues oder der sonstigen baulichen Anlage erforderliche Widerstandsfähigkeit gegen Verwitterung und Zersetzung gewährleistet ist.*

*(3) Durch die Gründung darf die Standsicherheit eines anderen Baues oder anderer baulicher Anlagen nicht gefährdet und die Tragfähigkeit des Baugrundes der Nachbargrundstücke nicht nachteilig beeinflusst werden.*

#### **§ 11 Standsicherheit (Hessische Bauordnung) [34]**

*(1) Jede bauliche Anlage muss, auch unter Berücksichtigung der Baugrund- und Grundwasserhältnisse, im Ganzen, in ihren einzelnen Teilen und für sich allein standsicher sein. Die Standsicherheit anderer baulicher Anlagen und die Tragfähigkeit des Baugrundes des Nachbargrundstücks dürfen nicht gefährdet werden.*

*(2) Die Verwendung gemeinsamer Bauteile für mehrere bauliche Anlagen ist zulässig, wenn öffentlich-rechtlich und technisch gesichert ist, dass die gemeinsamen Bauteile beim Abbruch einer der baulichen Anlagen stehen bleiben können.*

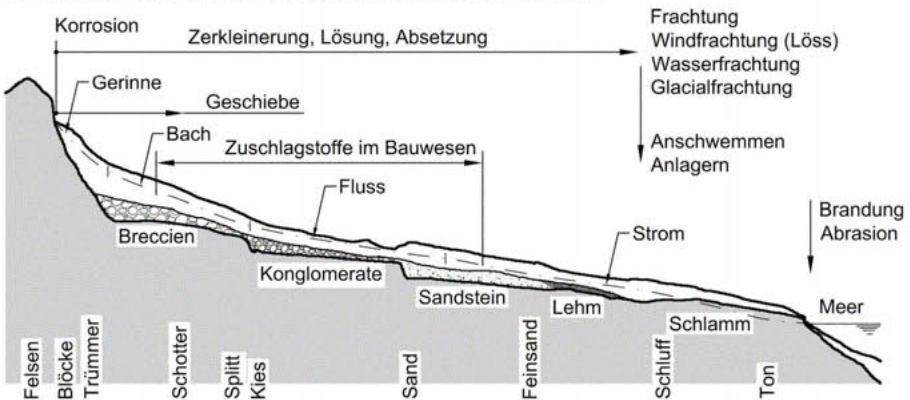
#### **Art. 13 Standsicherheit (Bayerische Bauordnung) [31]**

*Jede bauliche Anlage muss im Ganzen, in ihren einzelnen Teilen und für sich allein standsicher sein. Die Standsicherheit muss auch während der Errichtung und bei der Änderung und dem Abbruch gewährleistet sein. Die Standsicherheit anderer baulicher Anlagen und die Tragfähigkeit des Baugrundes des Nachbargrundstücks dürfen nicht gefährdet werden.*

### 030.1.1 BODENARTEN UND KLASSIFIKATION

Die Entstehung von Sedimenten begann durch die Verwitterung, den Transport und die Ablagerung von festen Gesteinen. Der größte Teil der Bauwerke ist in dieser Bodenart fundiert, die in ihrer Beschaffenheit sehr unterschiedliche Eigenschaften aufweisen kann. Die Erdoberfläche besteht aus einem Gesteinsgerüst, das von einer verschiedenen starken Schutthülle umgeben ist, welche durch mechanische, chemische und biologische Verwitterung entstand. Die wichtigste der drei Verwitterungsarten ist die mechanische Verwitterung. Das Felsgerüst ist jedoch keine homogene Masse, sondern ist zerlegt und zerklüftet. Sehr großer Gebirgsdruck kann bis zur vollkommenen Zerquetschung führen. Durch Frostwechsel und sonstige Einflüsse zerbrechen Felswände, Steine fallen herab, und es bilden sich Schutthalden. Die heutigen Gletscher und jene der Eiszeit haben eine Verwitterungswirkung in der Form, dass Gesteinstrümmen durch das Eis herausgerissen und weitertransportiert und schließlich in der Form von Moränen abgelagert werden. Durch die Wirkung des Wassers erfolgt eine Zerlegung der Blöcke und ein Weitertransport dieses Zerlegungsmaterials. Dieses so genannte Geschiebe in den Flüssen wird durch den ständigen Transport abgerieben und dadurch immer kleiner. An den Flussmündungen werden die größeren Teile abgelagert, es kommt zu Deltabildungen. Die Feinteile werden hingegen oft weit ins Meer hinausgetragen, und es kommt zu den sehr feinkörnigen Tiefseeablagerungen. Auch durch die Wirkung des Windes kann es zu Ablagerungen kommen. Staub wird sehr oft über große Entfernungen getragen. Die Windablagerungen spielen eine größere Rolle, als man glauben möchte – Ruinen und Straßen der Antike sind heute bereits unter einer beträchtlichen Schicht begraben, die hauptsächlich aus Windablagerung besteht.

**Abbildung 030.1-02:** Entstehung und Wandlung der Gesteine



Die Grundlage für die Beurteilung des Baugrundes in Bezug auf Material, Homogenität, Rohdichte, Feuchte, Kohäsion und Tragfähigkeit bilden unter anderem geologische Karten, Aufschlüsse von Nachbarbauwerken und Bodenuntersuchungen wie Schürfe, Sondierungen und Bohrungen. Erst nachdem die Bodenart, die Lagerungsdichte und die Mächtigkeit der einzelnen Schichten beurteilt sind sowie die Lage des höchsten Grundwasserspiegels ermittelt ist, können Art und Form der Gründung, eventuell erforderliche Begleitmaßnahmen und Maßnahmen zur Baugrubenherstellung und -sicherung festgelegt werden. Bei der Untersuchung des Grundwassers ist nicht nur auf die Höhe des höchsten Grundwasserstandes zu achten, sondern auch auf die Qualität des Wasser im Hinblick auf aggressive Bestandteile, die eine Verwendung von Spezialzementen und eine höhere Betondeckung erfordern.

**Tabelle 030.1-01:** Baugrundarten nach ÖNORM B 4430/Teil 1:1974 [45]

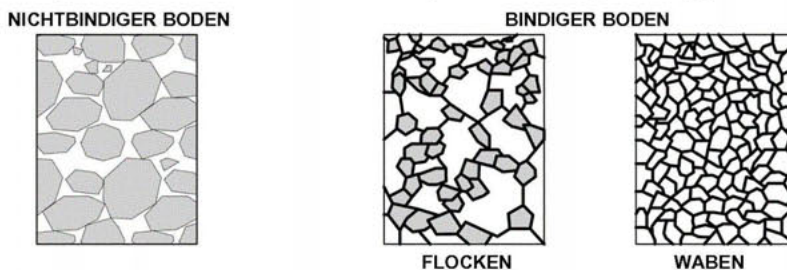
Hauptgruppen	Untergruppen	Beispiele
gewachsene Boden	nichtbindige Böden	Sand, Kies, Steine
	bindige Böden	Ton, tonige Schluffe
	organische Böden	Torf, Faulschlamm
Fels		
geschüttete Böden	unverdichtete Schüttungen	
	verdichtete Schüttungen	

Die für die Ausschreibung zuständige Werkvertragsnorm ÖNORM B 2205 [41] klassifiziert nach ihrer Lösbarkeit die Böden in Mutterboden, wasserhaltenden, leichten, mittelschweren und schweren Boden, leichten und schweren Fels.

**Tabelle 030.1-02:** Gliederung Böden gemäß Werkvertragsnorm B2205 [41]

Bodenklasse	Bezeichnung	Typische Lösegeräte
1	Oberboden (Mutterboden, Humus, Zwischenboden)	Stichschaufel, Spaten
2	wasserhaltiger, fließender Boden (Schöpfungboden)	Schlammschaufel, Schöpfgefäß
3	leicht lösbarer Boden (loser Boden)	Wurfschaufel
4	mittelschwer lösbarer Boden (Stichboden)	Stichschaufel, Spaten
5	schwer lösbarer Boden (Hackboden)	Krampe, Spitz- und Breithacke
6	leicht lösbarer Fels (Reißfels, Schrämmboden)	Brechstange, Meißel und Schlägel
7	schwer lösbarer Fels	sprengen

Die Feuchtigkeit im Boden hat je nach Bodenart unterschiedliche Auswirkungen auf Konsistenz und Tragfähigkeit. In feinen Poren entwickelt sich aus der Oberflächenspannung des Wassers eine kapillare Saugwirkung, wodurch auch bei Gründungen über dem Grundwasserspiegel ein erheblicher Feuchtigkeitsandrang an der Fundamentsohle entsteht.

**Abbildung 030.1-03:** Bodenstrukturen nichtbindige Böden – bindige Böden [7]

Bindige Böden verlieren mit steigendem Wassergehalt stark an Tragfähigkeit. Durch langes Offenhalten der Baugrube kann ein anstehender trockener Boden mit hoher Belastbarkeit durch Wasserzutritt und anschließendes Quellen oder Sacken völlig unbrauchbar werden. Stark bindige Böden setzen sich im Allgemeinen unter Belas-

tung merklich und über einen großen Zeitraum, was auf das langsame Ausdrücken des Porenwassers zurückzuführen ist.

Die Frostsicherheit einer Gründung hängt in erster Linie von der Gründungstiefe unter Niveau ab. In Österreich kann die durchschnittliche Frosttiefe, die von der Dauer und Intensität der Frostperiode sowie der Art und Zusammensetzung des Bodens abhängig ist, in der Regel mit 0,80 bis 1,20 m angenommen werden. Ein derzeitiger Entwurf zur ÖNORM EN 1991-1-5 enthält Bodentemperaturen in Abhängigkeit von der Tiefe, aus denen zukünftig auch die Frosttiefe ermittelbar wird. Nichtbindige Böden werden im Hinblick auf ihre Frostgefährdung nach ihrem Feinanteil beurteilt. Nach *Casagrande* gilt ein Boden als Frostsicher, wenn bei einer Ungleichförmigkeitszahl  $U > 15$  der Anteil an Körnern  $< 0,02$  mm nicht mehr als 3% und bei  $U < 5$  nicht mehr als 10% beträgt (Zwischenwerte sind linear zu interpolieren).

In der Bodenmechanik wird zwischen den beiden großen Gruppen der „*festen Gesteine*“ und der „*veränderlich festen Gesteine*“ unterschieden. Feste Gesteine sind zumindest für bautechnische Begriffe fest. Der Zeitraum ihrer Zersetzung ist im Vergleich zur Lebensdauer eines Gebäudes sehr groß. Eine strenge Trennung von Fels und Boden ist aber nicht immer möglich. Meistens ist ein allmählicher Übergang von Fels in Schutt und Boden festzustellen.

Unter veränderlich festen Gesteinen versteht man vor allem Gesteine, die Ton enthalten. Wenn man diese Gesteine freilegt, zerfallen sie durch die Witterung in relativ kurzer Zeit (Stunden oder auch Tage, es gibt dafür keine feste Regel, ihre Zersetzungszeit kann nur nach Erfahrungswerten abgeschätzt werden). Ihre Festigkeit kann zwar im ungestörten Zustand sehr hoch sein, trotzdem werden sie an der Luft und unter Wassereinfluss zu nicht tragfähigen Böden. Es ist dies eine sehr unangenehme Erscheinung, vor allem dann, wenn vom Bauwerk her auf den Boden horizontale Kräfte zu übertragen sind. Es kann dann zur Bildung einer Schmierschicht kommen, längs der das Bauwerk oder die Bodenmasse (z.B. ein Damm) sich abschiebt. Bei der Zersetzung solcher Schichten kann es auch zu Volumenvergrößerungen kommen, man nennt diese Erscheinung „*druckhaftes Gestein*“.

Außer der Einteilung in feste und veränderlich feste Gesteine sind noch die Begriffe Schichtung (Ausrichtung der Mineralteile des Gesteins durch Druck) und Klüftung (Überwindung der Gesteinsfestigkeit durch mechanische Kräfte) zu unterscheiden. Speziell bei Klüftungen kann es vorkommen, dass die Klüftfüllungen weich sind und eine geringe Scherfestigkeit besetzen, d.h. es bildet sich eine Schmierschicht, deren geringe Festigkeit dann maßgebend wird. Es ist auch eine Auflösung der Gesteine im Wasser möglich – Salz, Gips, Phosphate lösen sich im Wasser, und es kommt zu Hohlraumbildungen. Die entstehenden Lösungen können aggressiv sein und auch Beton angreifen. Es sollte daher die Untersuchung des Wassers im Boden ein Teil der Voruntersuchungen sein.

Die Fundierung mancher Bauwerke ist nur auf gesundem Fels möglich – z.B. Stau Mauern und hier vor allem Bogenmauern. Der Fall, dass Fels bereits in sehr geringer Tiefe angetroffen wird, ist sehr selten. Der Normalfall ist, dass der Fels mit Lockergestein und darüber mit Lockerboden überdeckt ist.

Eine weitere Einteilung der Böden besteht in der Gliederung in „*Böden organischen Ursprungs*“ und „*Mineralböden*“. Böden organischen Ursprungs sind unterhalb von Gründungen unbrauchbar. Sie enthalten organische Bestandteile, z.B. Gräser, Schilf,