

Erdbaumechanik und Geologie

Autor(en): **Moos, Armin von / Bjerrum, L.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen
= Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie**

Band (Jahr): **28 (1948)**

Heft 1: **Festschrift P. Niggli zu seinem 60. Geburtstag den 26. Juni 1948**

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-23051>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Erdbaumechanik und Geologie

Von *Armin von Moos*, Zürich,
unter Mitwirkung von *L. Bjerrum*, Zürich-Kopenhagen

I. Zweck

Die Anregung zu diesem Diskussionsbeitrag entstand aus der Feststellung, dass in der umfangreichen, in englischer Sprache verfassten Einladung zum zweiten internationalen Kongress für Erdbau-mechanik in Rotterdam 1948, der sich sowohl mit theoretischen als auch praktischen Fragen beschäftigt, das Wort „Geologie“ überhaupt nicht erwähnt wurde. Angesichts dieser Feststellung fragten wir uns, ob die Geologie heute aus dem Gebiet der Erdbaukunde vollständig verbannt sei. Wir haben deshalb versucht, die Arbeitsgebiete des Erdbaues und der praktischen Geologie etwas genauer zu beleuchten. Wir kommen dabei zu der Feststellung, dass bei den meisten praktischen Problemen des Erd- und Grundbaues neben erdbaumechanischen auch geologische Gesichtspunkte mit zu berücksichtigen sind oder a priori mit berücksichtigt werden.

II. Definition und Geschichte

Wenn wir eingangs das Wort Geologie erwähnt haben, so war es in dem umfassenden Sinne der „geologischen Wissenschaften“ der Angelsachsen gemeint. Diese geologischen Wissenschaften (allgemeine Geologie, Geomorphologie, Tektonik, Paläontologie, Stratigraphie, Petrographie und Mineralogie) beschäftigen sich „mit dem Studium der Einflüsse der Kräfte auf die Gestaltung der Oberfläche der Erdrinde, der Vorgeschichte der Erde und der Untersuchung des stofflichen Bestandes der äusseren Erdhülle“ (NIGGLI, 1924). Sie bedienen sich dabei sowohl der reinen, teils messenden Beschreibung, in jüngerer Zeit auch des Experimentes und des Modellversuches. — Mit der Anwendung der geologischen Erkenntnisse auf Probleme der Technik befasst sich einerseits die „praktische Geologie“, die sich mit der Beschaffung von Rohstoffen abgibt (Bergbau, Öl usw.) und die „technische Geologie und Petrographie“ oder

„Ingenieurgeologie“, die sich mit den bautechnischen Fragen beschäftigt.

Im Rahmen der Ingenieurwissenschaften hat sich etwa seit 1920 im Grundbau die Erdbaumechanik als selbständige Wissenschaft entwickelt. Sie wurde von TERZAGHI in seiner theoretischen Erdbaumechanik 1943 wie folgt definiert:

„Soil mechanics is the application of the laws of mechanics and hydraulics to engineering problems dealing with sediments and other unconsolidated accumulations of solid particles produced by the mechanical and chemical disintegration of rocks, regardless of whether or not they contain an admixture of organic constituents.“

Neben der theoretischen Erdbaumechanik besteht das weite Gebiet der praktischen Erdbaumechanik, die ein Teilgebiet des Grundbaues ist. Besonders die oben erwähnte Definition der Erdbaumechanik lässt die enge Wechselwirkung, die zwischen der technischen Geologie und Petrographie oder Ingenieurgeologie und der praktischen Anwendung der Erdbaumechanik besteht, nicht erkennen. Studiert man dagegen die Geschichte dieser Wissenschaften, so stellt man fest, dass ihre Entwicklung und Anwendung nur auf Grund einer Zusammenarbeit mit der technischen Geologie und der Ingenieurwissenschaften möglich war und möglich ist, was nachfolgend in Kürze gezeigt werden soll.

Vor 1925 lässt sich sowohl eine stark theoretische Richtung (COULOMB, RANKINE, BOUSSINESQ) als auch die empirisch-praktische Richtung im Erdbau unterscheiden. Gleichzeitig entwickelte sich die technische Geologie, wobei, sofern wir nur erdbauliche Fragen berücksichtigen, in erster Linie Rutschungen (ALBERT HEIM) und auch hydrologische Fragen, seltener Fundationsfragen meist in Zusammenarbeit mit Ingenieuren behandelt werden, bei denen aber rein empirisches, beschreibendes Erfahrungsmaterial, kaum ein zahlenmässig behandeltes Material gesammelt wurde. Schon in diese Zeit fallen indessen die ersten Versuche der Klassifikation der verschiedenen Bodenarten, namentlich von geologischer Seite aus, auf Grund experimenteller Grundlagen und zwar zu materialtechnischen, agrikulturntechnischen und bautechnischen Zwecken (z. B. ATTERBERG (Stockholm), Die Plastizität der Tone, 1911; SIMON JOHANSSON (Stockholm), Die Festigkeit der Bodenarten bei verschiedenem Wassergehalt, 1913; LETSCH-ZSCHOKKE (Zürich), Die schweizerischen Tonlager, 1907).

Das Erscheinen des Berichtes der Schwedischen Geotechnischen Kommission 1922 und der „Erdbaumechanik“ von TERZAGHI 1925

bedeuten einen Wendepunkt in der Entwicklung der Erdbaukunde. Seither lässt sich eine intensivierete Tätigkeit mit erdbaulichen Fragen erkennen, wobei folgende Teilgebiete unterschieden werden können:

1. Einerseits ist eine überwiegende Entwicklung der theoretischen erdbaumechanischen Grundlagen festzustellen (z. B. FELLENIUS (Stockholm), Kreiszyklindrische Gleitflächen, 1927; FRÖHLICH (Den Haag), Druckverteilung im Baugrund, 1934; TERZAGHI (Wien), Large retaining-wall tests 1934; KREY (Berlin), Erddruck — Erdwiderstand, 1936; TERZAGHI-FRÖHLICH (Wien), Theorie der Setzung von Tonschichten, 1936; HAEFELI (Zürich), Schneemechanik, 1940).
2. Andererseits ging parallel dazu:
 - a) eine Verbesserung der Klassifizierung der Bodenarten auf Grundlage bodenphysikalischer Untersuchungen (z. B. EKSTRÖM (Stockholm), Klassifikation av svenska Åkerjordar, 1927; A. CASAGRANDE (Cambridge U. S. A.), Characteristics of cohesionless soils, 1936), z. T. unter besonderer Berücksichtigung der inzwischen gewonnenen petrographisch-mineralogisch-kolloidchemischen Erkenntnisse über die feinkörnigen Lockergesteine (z. B. CORRENS (Göttingen), Die Tone, 1938; ENDELL, LOOS, MEISCHEIDER, BERG (Berlin), Über Zusammenhänge zwischen Wasserhaushalt der Tonminerale und bodenphysikalischen Eigenschaften bindiger Böden, 1938; GRIM (Urbana, Ill.), The clay minerals in soils and their significance, 1940);
 - b) ein besseres Verstehen der Vorgänge im Boden (z. B. ZUNKER (Breslau), Verhalten des Bodens zum Wasser, 1930; BRENNER (Helsingfors), Die physikalischen Eigenschaften der mineralischen Böden, 1931; HVORSLEV (Kopenhagen-Wien), Festigkeitseigenschaften gestörter bindiger Böden, 1937; BESKOW (Stockholm), Soil freezing, 1935; A. CASAGRANDE (Cambridge, U.S.A.), Characteristics of cohesionless soils, 1936; Erdbaukurs der Eidg. Techn. Hochschule Zürich, 1938).

Die neu erworbenen Gesichtspunkte gestatten es heute, in der Erdbaukunde die praktischen Erfahrungen auszunutzen und namentlich an Hand der geologisch-bodenphysikalischen Charakterisierung von Fall zu Fall zu übertragen (z. B. STINI (Wien), Geologie und Bauwesen, 1932—1947; MERTZ, Geologische Profile

durch dänische Fjorde, 1934; SEIFERT, EHRENBERG, TIEDEMANN (Berlin), Bestehen Zusammenhänge zwischen Rutschneigung und Chemie von Tonböden?, 1935; HAEFELI-VON MOOS (Zürich), Drei Lockergesteine und ihre technischen Eigenschaften, 1938; GLOSSOP, SKEMPTON, BISHOP, WARD (London), The London clay, 1947).

Diese summarische historische Übersicht zeigt, dass sowohl bei der Erklärung der Vorgänge im Boden, wie auch bei der Übertragung von praktischen Erfahrungen in geologisch ähnlichen Ablagerungen, die geologisch-petrographischen Wissenschaften in der Entwicklung der Erdbaukunde einen wesentlichen Beitrag geleistet haben.

III. Arbeitsteilung

Diese historische Betrachtungsweise hat uns gezeigt, dass neben Mathematik, Physik, Erdbaumechanik, Hydraulik, eine der Hilfswissenschaften des Grundbaues die Geologie ist. Die bewusste oder unbewusste Mitberücksichtigung des geologischen Gedankengutes und der geologischen Denkweise in den einzelnen Phasen einer praktischen Anwendung im Grundbau soll nun nachfolgend noch kurz erläutert werden.

a) Vorbereitende Phase

Aus dem Projekt, das von Ingenieurseite vorgelegt wird, ergibt sich die Problemstellung. Zur Lösung derselben vermittelt die Erdbaumechanik die theoretischen Grundlagen. Die Geologie aber gibt an Hand ihres allgemeinen und lokalen Erfahrungsmaterials die Möglichkeit einer ersten Beurteilung des Bauerrains.

b) Untersuchungsphase

1. **Felduntersuchungen:** Der nächste Schritt besteht in der Untersuchung des Baugrundes durch Sondierungen, mit dem Zweck, die geologische Schichtenfolge zu erkennen, Proben zu entnehmen und Feldversuche durchzuführen. Die Anwendung der geologischen Erfahrung und Denkweise ermöglicht hier erst die systematische Anlage der Sondierungen, die richtige Verbindung identischer Schichten von Sondierung zu Sondierung, die Entscheidung, ob Grundmoräne oder anstehender Fels angefahren wurde, ob die Sondierung sistiert oder tiefer getrieben werden soll, die folgerichtige Interpretation der Beobachtungen, die Beurteilung der Genese (See-

ablagerung, glaziale Ablagerung) und der Vorgeschichte der einzelnen geologischen Schichten (Vorbelastung z. B. durch Eis).

Oft kann man auf Grundlage der Sondierungen und von Erfahrungen in der Umgebung bei einer vorsichtigen und sinnvollen geologischen Extrapolation bereits ein sehr objektives Bild vom Baugrund erhalten. Dieses Stadium der Bodenbeurteilung, ohne genauere Laboratoriumsuntersuchungen, ist auch heute noch sehr üblich und zwar oft mit gutem Resultat, allerdings manchmal mit unbekannter Sicherheit. Wesentlich für den Erfolg ist die individuelle geologische Erfahrung und die gute Vorstellung von den Vorgängen im Boden.

2. **L a b o r a t o r i u m s u n t e r s u c h u n g e n**: Die Bezeichnung der in das Laboratorium gebrachten Proben stellt eine Fortsetzung der bereits bei den Felduntersuchungen erwähnten, mehr geologisch betonten Arbeit dar. Neben der Beschreibung von Zusammensetzung, Farbe, Verwitterungsgrad der Einzelprobe besteht sie darin, die Proben in Beziehung zum Bohr- und Schichtprofil zu setzen. Diese geologische Betrachtungsweise berücksichtigt gegebenenfalls auch die kolloidchemisch-petrographische Zusammensetzung des untersuchten Materials (Einfluss des Humusgehaltes, Karbonatgehaltes, bestimmter Ionen, bestimmter Tonmineralien).

c) **S y n t h e t i s c h e P h a s e**

Die geologischen Unterlagen, zusammen mit den im Laboratorium und im Feld erhaltenen erdbaumechanischen Kennziffern bilden die Grundlage für die technischen Berechnungen, die eine rein mathematisch-physikalische Denkweise des Projektverfassers voraussetzen. Diese Berechnungen erfordern eine Generalisierung und Idealisierung der Naturverhältnisse. Eine Übertragung dieser theoretischen Kenntnisse ist im konkreten Fall nicht ohne weiteres möglich, sie erfordert vielmehr zur Ausarbeitung der Schlussfolgerungen ein sorgfältiges Abwägen zwischen der idealisierten und der tatsächlichen Situation, wobei die geologischen Detailverhältnisse eine wesentliche Rolle spielen. Die Verbindung zwischen der theoretischen Überlegung und der praktischen Anwendung geht somit über die Geologie.

IV. Praktische Anwendung und Schlussfolgerung

Auf die eingangs erwähnte Frage hin, ob die Geologie aus der Erdbaukunde verbannt sei, haben wir versucht, zu zeigen, dass die geologische Denkweise in mehreren Phasen der praktischen Erd-

baukunde einen integrierenden Bestandteil bildet und dass die Geologie auch in der wissenschaftlichen Entwicklung einen wesentlichen Beitrag geleistet hat. Es war unsere Absicht, darauf hinzuweisen, dass die Beschreibung der Detailverhältnisse und die Verbindung zwischen den theoretischen Überlegungen und der praktischen Ausnützung eine geologische Denkweise erfordert.

Bewusst haben wir in den vorangegangenen Abschnitten die Bezeichnung Ingenieur und Geologe vermieden, weil wir nicht dazu Stellung nehmen wollten, wer in der Praxis die geologischen Gesichtspunkte einführt und verfolgt. Es zeigt sich nämlich, dass die geologische Denkweise sowohl durch eine Zusammenarbeit verschiedener Institutionen (Geologisches Hochschulinstitut oder Geologische Landesanstalt und Erdbaulaboratorium) oder Personen (Geologe und Bauingenieur) oder aber durch einen geologisch und erdbaumechanisch gebildeten und erfahrenen Bauingenieur im konkreten Fall zur Anwendung kommen kann. Wir möchten aber hier erwähnen, dass in Zürich auf Initiative von Prof. NIGGLI und Prof. MEYER-PETER das Erdbaulaboratorium der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich von Anfang an (1935) einen Geologen angestellt hat. Die Mitarbeit des Geologen bei erdbaumechanischen Fragen hat sich als nützlich erwiesen. Auf Grund unserer Erfahrungen möchten wir die Anregung machen, dass zum Mitarbeiterstab der grösseren Erdbaulaboratorien, wenn möglich, ein Geologe mit kolloidchemischen und petrographischen Kenntnissen gehören soll. Das ist auch der Weg, die Geologen stärker an der Erdbaumechanik zu interessieren, als dies bis heute der Fall war. Letzten Endes ist diese Zusammenarbeit oder Synthese von Geologie und Ingenieurwesen aber nicht nur eine Frage der Kompetenzen der verschiedenen Disziplinen, sondern eine Frage der Persönlichkeiten, wobei sowohl das Wissen, als auch ein Mass von Intuition und eine Freude zur Verantwortung massgebend sind.

Die praktische Erdbaukunde ist eine junge, noch nicht ausgereifte Wissenschaft, deren stete Entwicklung nur durch ständige allseitige Anregung gewährleistet wird. Diese Anregungen müssen deshalb sowohl von der Seite der theoretischen Wissenschaften des Bauingenieurwesens, von der Erfahrung der Baupraxis und, auch von den geologisch-petrographischen Wissenschaften willkommen geheissen werden.

Eingegangen: 9. Januar 1948.