

Geowiss. Mitt. 3  
1974, 142 - 164

FELDMETHODEN DER GEOWISSENSCHAFTEN  
(Eine neue interfakultäre Lehrveranstaltung)

von

E. Brückl, E. Korschineck, O. Pregl, G. Riehl-Herwirsch

(Vortrag gehalten am 19. Juni 1974  
im Rahmen des Kolloquiums der Assistenten  
der Studienrichtung Vermessungswesen)

Dipl.Ing. Dr. Ewald Brückl, Hochschulassistent am Institut für Geophysik,  
Technische Hochschule in Wien 1040, Gußhausstraße 27 - 29.

Dipl.Ing. Erich Korschineck, Wiss. Rat am Institut für Landesvermessung,  
Technische Hochschule in Wien 1040, Gußhausstraße 27 - 29.

Dipl.Ing. Dr. Otto Pregl, Hochschuldozent am Institut f. Geotechnik u. Verkehrsbau,  
Hochschule f. Bodenkultur in Wien 1180, Gregor Mendelstr. 33.

Dr. Georg Riehl-Herwirsch, Hochschulassistent am Institut für Geologie,  
Technische Hochschule in Wien 1040, Karlsplatz 13.

## ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen dieses Vortrages wird auf eine neue interfakultäre Lehrveranstaltung aufmerksam gemacht, die im Studienjahr 1974/75 erstmals abgehalten wird, wobei in der Form eines einwöchigen Praktikums den Teilnehmern die Feldmethoden der einzelnen Geo-Disziplinen demonstriert und erläutert werden.

Im folgenden referieren ein Geodät, ein Geologe, ein Geophysiker und ein Bodenmechaniker über den Beitrag ihres Fachgebietes zu dieser Zusammenarbeit der Geowissenschaften.

## FACHGEBIET GEOPHYSIK

v. E. Brückl

Die Geodäsie vermittelt uns die Geometrie der Oberfläche unseres Untersuchungsobjektes. Die Geologie erfaßt Material und Struktur an der Erdoberfläche, ordnet das Gesehene in ein erdgeschichtliches Bild ein und leitet daraus qualitative Modelle über den inneren Aufbau ab. Ausgehend von den Daten und Erkenntnissen dieser beiden Methoden liefert die Geophysik sodann physikalische Modelle des Untergrundes. Danach folgen die direkten Aufschlüsse, die die bis dahin gewonnenen Informationen ergänzen und Mehrdeutigkeiten in den aufgestellten Modellen beseitigen.

Wir wollen nun am Beispiel unseres Untersuchungsobjektes in der Neuen Welt die eben gezeigte Vorgangsweise weiterverfolgen.

Die ursprüngliche Fragestellung war: Ist an einem nach bestimmten Gesichtspunkten ausgewählten Platz eine ausreichende Fundierung eines Pfeilers für geodätische Messungen möglich? Durch die Arbeit des Geologen konnte diese Fragestellung weiter präzisiert werden und zwar: Wie mächtig lagern die Seetone auf den Gosauschichten und wie ist der felsige Untergrund beschaffen?

Zur Lösung dieser Fragen kamen die Hammerschlagseismik und die Geoelektrik zum Einsatz.

Im folgenden soll die Interpretation der seismischen Messungen genauer betrachtet werden (Abb. 1).

Bei der Hammerschlagseismik werden durch Hammerschläge entlang eines Profils seismische Wellen angeregt, die durch ein am Profilende aufgestelltes Geophon aufgenommen werden. Die Aufzeichnung der durch das Geophon aufgenommenen Schwingungen auf einem Oszillographen wird durch einen Kontakt am Hammer getriggert. Auf dem Bildschirm ist es sodann möglich, die Laufzeiten der seismischen Wellen zu messen.

Das Ergebnis einer solchen, refraktionsseismischen Messung sind Laufzeitdiagramme, in denen die Laufzeiten der ersten Wellen entlang von Profilen aufgetragen werden. Um nun zu einem physikalischen Modell zu gelangen, kann man die unterschiedlichen Steigungen im Laufzeitdiagramm durch Gerade annähern. Jeder Ast des Laufzeitdiagrammes repräsentiert dann eine Schicht mit einer aus der Steigung des Laufzeitastes ablesbaren Ausbreitungsgeschwindigkeit der seismischen Wellen.

Wie nun Abbildung 1 zeigt, ist eine eindeutige Interpretation durchaus nicht immer einfach. Da infolge von morphologischen Gegebenheiten und Schwankungen

der Ausbreitungsgeschwindigkeit innerhalb einer Schicht die Meßwerte immer eine gewisse Streuung um eine mögliche Ausgleichsgerade aufweisen, scheint es aufs Erste nicht klar zu sein, welchem der beiden gezeigten Modelle der Vorrang zu geben ist.

Eine Gegenüberstellung der beiden, aus den verschiedenen Interpretationsmöglichkeiten resultierenden Modelle über den Aufbau des Untergrundes mit dem Bohrergebnis zeigt (Abb. 2), daß das zweite Modell eindeutig zu bevorzugen ist. Es soll dabei eine Ausbreitungsgeschwindigkeit von 340 m/sec mit der obersten Verwitterungsschicht, 850 m/sec mit den Seetonen und 3 100 m/sec mit dem relativ gering geklüfteten felsigen Untergrund identifiziert werden. Während die Tiefenlage des Felses beim ersten Modell nur 60% der wahren Tiefe beträgt, ergibt das zweite Modell eine nahezu vollkommene Übereinstimmung.

Wenngleich das Ergebnis wegen seiner Mehrdeutigkeit bis jetzt nicht als befriedigend angesehen werden kann, so ist es bereits in diesem Stand der Interpretation möglich, wertvolle Aussagen zu treffen. Nimmt man das Mittel aus beiden Modellen, so kann die Tiefenlage des Felses mit  $5,8 \pm 1,6$  m angegeben werden - d.h. daß eine Fundierung des Pfeilers auf Fels in jedem Fall möglich ist - aus der seismischen Geschwindigkeit im Fels können qualitative Angaben über den Klüftungsgrad gemacht werden und die Auswahl des relativ günstigsten Platzes für die Errichtung des Pfeilers ist möglich.

Wir wollen aber nun einen Schritt weitergehen und Methoden besprechen, mit deren Hilfe die mögliche Vieldeutigkeit geophysikalischer Modelle beseitigt oder wenigstens eingeengt werden kann.

Die einfachste und sozusagen triviale Methode ist das Anhängen geophysikalischer Modelle an Bohrungen. Die Geophysik bietet in diesem Fall die Möglichkeit der Einsparung und richtigen Platzierung von Aufschlußbohrungen und einer flächenmäßigen Erfassung des Untergrundes zwischen den Bohrungen. In manchen Fällen kann das Anschließen an eine Bohrung die einzige Möglichkeit sein, Mehrdeutigkeiten zu beseitigen. Auch dann, wenn hohe Genauigkeiten gefordert werden, wird man auf Bohrungen nicht verzichten.

Die zweite Möglichkeit besteht im Einsatz mehrerer geophysikalischer Methoden, welche verschiedene physikalische Parameter des Untergrundes erfassen. So kann man die seismischen Messungen durch geoelektrische Widerstandssondierungen ergänzen, wie das am Beispiel der Neuen Welt geschehen ist.

Bei der geoelektrischen Widerstandssondierung wird dem Boden über zwei Strom-

elektroden ein Gleichstrom oder ein niederfrequenter Wechselstrom zugeführt. Durch zwei weitere Elektroden wird in der Mitte zwischen den beiden Stromelektroden die Potentialdifferenz über eine bestimmte Distanz gemessen. Die gemessenen Potentialdifferenzen werden sodann mit jenen, die in einem homogenen Halbraum mit dem Widerstand  $1$  herrschen würden, verglichen. Der Vergleich mit in Tabellen- und Diagrammform vorliegenden durchgerechneten Modellen ermöglicht eine quantitative Auswertung für den Fall eines horizontal geschichteten Untergrundes.

Abbildung 2 zeigt auch ein geoelektrisches Modell des Untergrundes im Bereich der Bohrung. Identifiziert man die schlechtleitende Schicht mit dem felsigen Untergrund, so ergibt sich mit einer Tiefenlage der Felsoberkante von 8,7 m eine eindeutige Favorisierung des zweiten seismischen Modells und eine Übereinstimmung mit dem Bohrergebnis auf etwa 20 %.

Bei der Anwendung verschiedener geophysikalischer Methoden am selben Objekt ist jedoch zu bedenken, daß sich die verschiedenen physikalischen Parameter nicht gleichsinnig und nicht an denselben Horizonten im Untergrund ändern müssen.

Eine dritte Möglichkeit zur Reduktion von Mehrdeutigkeiten in der Interpretation geophysikalischer Messungen besteht in der Erfassung der in einem Gebiet auftretenden Typen von Laufzeitdiagrammen oder Sondierungskurven. In vielen Fällen wird es erst dadurch möglich, zwischen zufälligen und systematischen Details in den Interpretationsunterlagen zu unterscheiden. Mit Ausnahme ganz einfacher Probleme, sollte man von dieser dritten Möglichkeit immer Gebrauch machen.

Dies wurde auch am Beispiel der Neuen Welt getan und es zeigte sich dabei, daß die Interpretation der Laufzeitdiagramme als Dreischichtfall die richtige war. Da sich die Mächtigkeit der Verwitterungsschicht als sehr konstant herausstellte, konnten die Laufzeitdiagramme auch dann als Dreischichtfall ausgewertet werden, wenn der mittlere Laufzeitast gar nicht in Erscheinung trat.

Der letzte Schritt bei der Interpretation geophysikalischer Messungen ist die Korrelation des physikalischen Modells mit der Geologie. Man kann sich hierbei auf Erfahrungswerte von physikalischen Parametern für bestimmte Materialien stützen, oder bestimmte Schichten bis zu Stellen verfolgen, an denen sie anstehen. Im günstigsten Fall wird man sich auf Bohrergebnisse stützen können. Man wird dabei immer das vom Geologen erarbeitete qualitative Bild über den Untergrund vor Augen haben und eine Zusammenarbeit mit dem Geologen ist in dieser abschließenden Phase der Interpretation notwendig.

Am Beispiel der Neuen Welt haben wir mit Hilfe der Seismik und der Geoelektrik

ein sehr häufig auftretendes und sich für den Einsatz dieser Methoden anbietendes Problem untersucht, nämlich die Bestimmung der Mächtigkeit einer Überlagerung über Fels und die qualitative Beurteilung der mechanischen Eigenschaften des Felses.

Ein weiteres, häufig auftretendes Problem ist das Auffinden von Störungszonen im Gebirge unter einer Überlagerung. Hierbei können auch elektromagnetische Meßmethoden, bei denen der Strom induktiv in den Boden eingebracht wird und auch die dadurch entstehenden Potentialdifferenzen induktiv gemessen werden, angewandt werden. Mit Hilfe der Seismik ist die Auffindung und Abgrenzung instabiler Talflanken möglich. Die Wirksamkeit von Bodenverdichtungen und Injektionen kann durch die Änderung der Laufzeiten seismischer Wellen überprüft werden. Ein weiteres Anwendungsgebiet der Geophysik liegt in der Hydrologie. Seismik und Geoelektrik ermöglichen dabei die Erfassung der Mächtigkeit von Grundwasserleitern und der Höhe des Grundwasserspiegels. Wegen des hohen Widerstandes von ton- und lehmarmen Schottern kann die Geoelektrik zur richtigen Anlage von Schottergruben dienen. Beim Stollenbau kann die Seismik durch die Messung der Mächtigkeit und Beschaffenheit der Auflockerungsschicht eine wertvolle Hilfe bei der Dimensionierung der Auskleidung sein. Messungen des erdmagnetischen Feldes geben Auskunft über die Mächtigkeit von Sedimenten über einem kristallinen Untergrund. Ähnliche Informationen können auch mit Hilfe der Gravimetrie gewonnen werden. Hohlräume, die nicht wesentlich tiefer als ihr Durchmesser unter der Erdoberfläche liegen, können ebenfalls gravimetrisch gefunden werden.

Abschließend kann gesagt werden, daß die Geophysik immer dann brauchbare Informationen liefern wird, wenn das gestellte Problem in Zusammenhang mit einer Änderung physikalischer Parameter im Untergrund steht. Der Kontrast in den physikalischen Parametern muß dabei ausreichend groß sein und auch die Dimensionen des zu erkundenden Details dürfen im Vergleich zur Mächtigkeit der Überlagerung nicht zu klein sein. Wegen der Möglichkeit einer flächenmäßigen und integralen Erfassung des Untergrundes aber auch wegen der im Vergleich zu den direkten Aufschlußverfahren geringen Kosten, hat die Geophysik in allen, auf dem Gebiet der geowissenschaftlichen Erkundung weit fortgeschrittenen Staaten, einen festen Platz.

Abb. 1: Interpretation von Laufzeitkurven

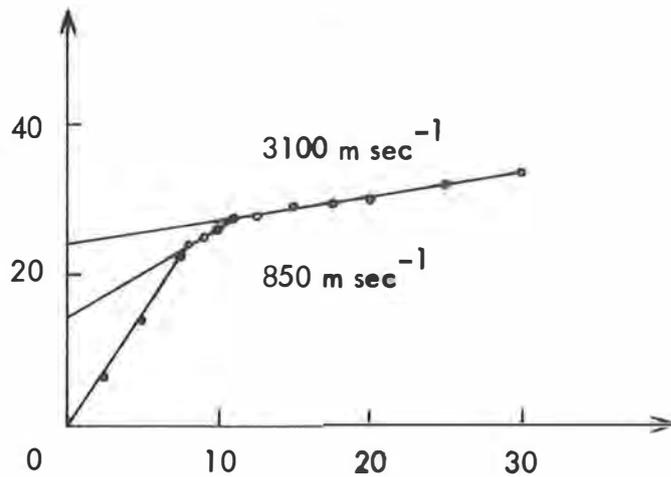
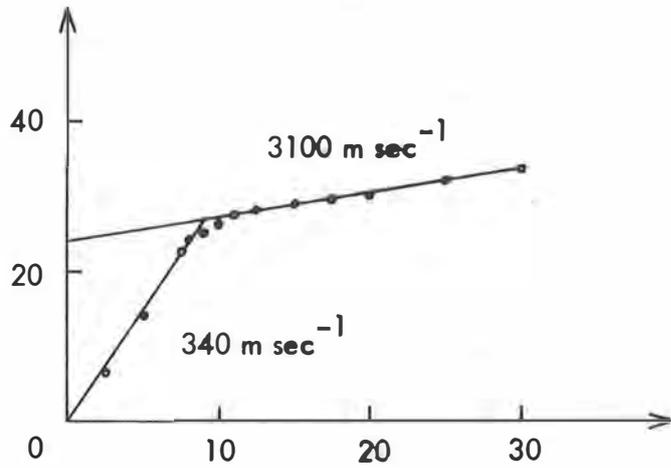
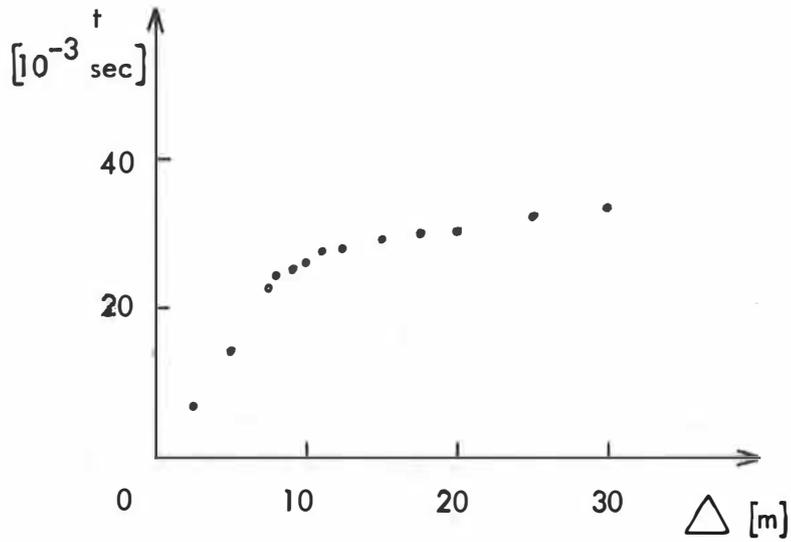
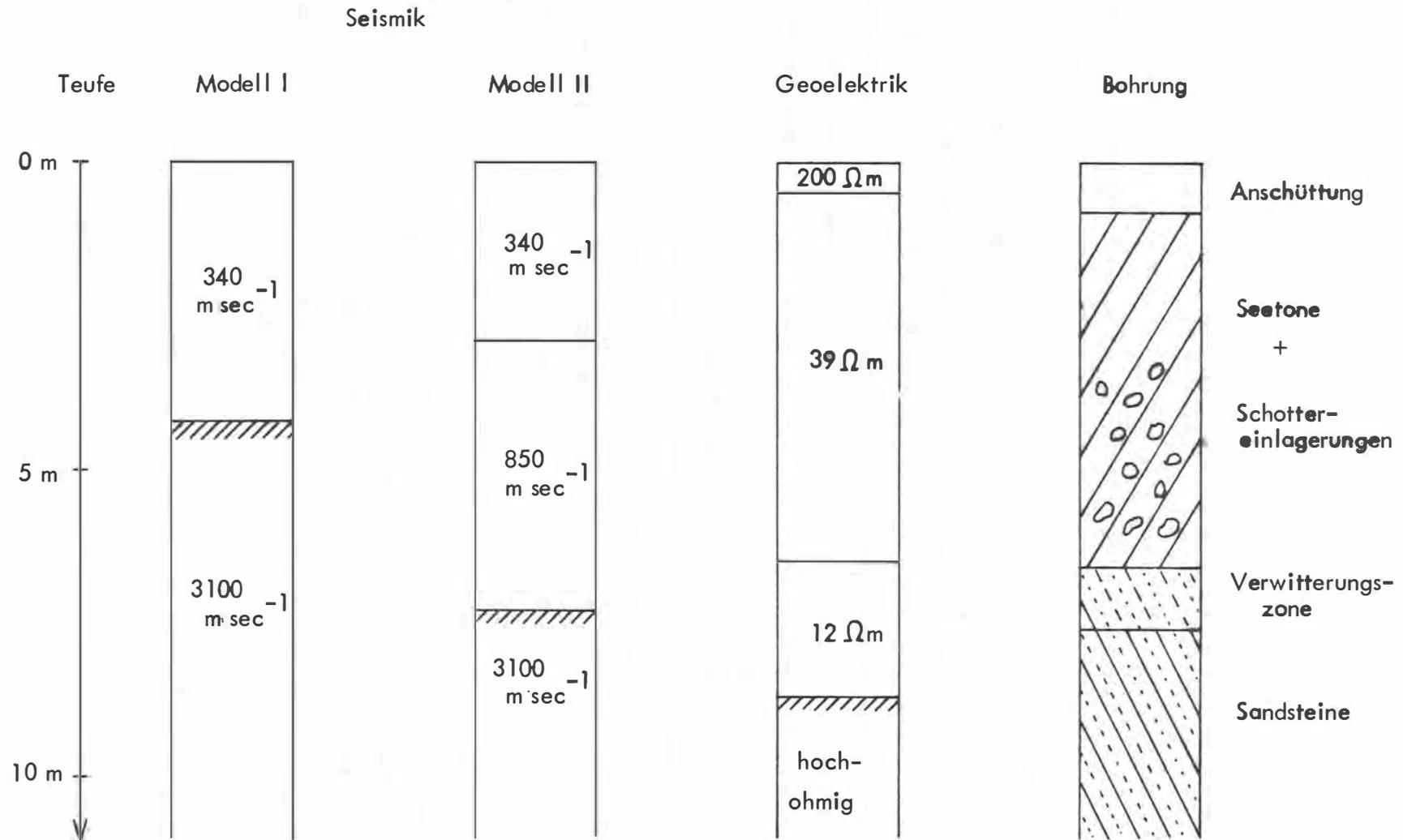


Abb. 2 : Vergleich von geophysikalischen Interpretationen mit dem Bohrergebnis



## FACHGEBIET GEODÄSIE

v. E. Korschineck

### EINLEITUNG

"Feldmethoden der Geowissenschaften" - unterbetitelt eine neue interfakultäre Lehrveranstaltung. Oder besser gesagt, der Versuch eine neue Lehrveranstaltung in Blockform ins Leben zu rufen, die den Zweck hat, den Teilnehmern zu zeigen, welchen Beitrag die einzelnen Geo-Disziplinen zur Lösung eines Problem es leisten können. Es soll keine dem herrschenden Modetrend folgende Blocklehrveranstaltung sein, sondern eine Woche lebendiger Anschauungsunterricht am Objekt.

Geboren wurde diese Idee vor ca. 2 Jahren vom Kollegen Riehl während unserer Zusammenarbeit am Projekt "Testfeld Neue Welt". Das Institut für Landesvermessung begann damals die Erkundung eines geodätischen Versuchsfeldes im Becken der "Neuen Welt", am Fuße der Hohen Wand. Dieses Gebiet eignet sich durch seine topographischen Gegebenheiten in hervorragendem Maße für ein solches Vorhaben. Nun mußten wir uns aber auch die Frage stellen: Eignet sich auch der Untergrund dazu? - Ist diese Zone auch tektonisch inaktiv? - Welche Schwierigkeiten waren beim Bau der Festpunkte zu erwarten? - Wie tief mußten die Beobachtungspfeiler und die Nebenpunkte fundam entiert werden, um ihre Stabilität zu garantieren?

Um dies zu erfahren, wandten wir uns an das Institut für Geologie der T.H. Wien. Die Kollegen Riehl und Eppensteiner erklärten sich freundlicherweise sofort zur Mitarbeit bereit, ebenso wie Kollege Fross vom Institut für Grundbau und Bodenmechanik, den wir auf Anraten der Geologen konsultierten. Bei den nun folgenden Besprechungen und der Begehung in der Natur hatten wir alle untereinander echte Verständigungsschwierigkeiten. Jeder gebrauchte extensiv sein Fachvokabular und es dauerte einige Zeit, bis jeder genau wußte, was der andere meinte.

Auf Grund der geologischen Karte und von Aufschlüssen konnten uns die Geologen großräumig über die Untergrundverhältnisse Bescheid sagen.

Konkrete Aussagen über die Mächtigkeit der Schichten, etwaige Einschlüsse oder lokale Störungen an bestimmten Stellen, erforderten aber weitere Untersuchungen. Die Palette der Erkundungsverfahren ist groß und reicht von der Schürfgrube über die Rammsonde und die Bohrung bis zur Seismik. Nun erhob sich die Frage, welches Erkundungsverfahren angewendet werden sollte. Um darüber entscheiden zu können, welches Verfahren im gegebenen Fall am vorteilhaftesten ist, muß man die Vorzüge und Mängel der einzelnen Untersuchungsmethoden kennen. Unsere Diskussion an Ort

und Stelle ließ aber sehr deutlich werden, daß erstens wir Geodäten hier überhaupt nicht mitreden konnten und zweitens Geologe und Bodenmechaniker wohl jeder über seine Verfahren gut Bescheid wußte, aber alle zusammen über die geophysikalischen Untersuchungsmethoden herzlich wenig wußten.

Diesem allgemeinen Unbehagen entsprang nun die Idee der gegenseitigen Information, die ihren Niederschlag in der oben zitierten Lehrveranstaltung fand.

Vollständigkeitshalber möchte ich noch erwähnen, daß wir zur Erkundung des Untergrundes letztlich eine leichte Rammsonde verwendeten, da Probebohrungen aus finanziellen Gründen nicht in Frage kamen und andere Möglichkeiten uns nicht zur Verfügung standen. Die im Schweiß unseres Angesichts gewonnenen Aufschlüsse, setzten nun Geologen und Bodenmechaniker in die Lage, Fundamentierungstiefe und Pfeilerkonstruktion festzulegen. Mittlerweile sind die Bauarbeiten in der "Neuen Welt" abgeschlossen und die Grundlagenmessungen im Gange.

Die Anwendungsgebiete für eine fruchtbare Zusammenarbeit der Geodisziplinen sind vielfältig und spannen sich über einen weiten Bogen. Sie reichen von komplexen Untersuchungen rezenter Erdkrustenbewegungen, über lokale Rutschungen bis zu Bodenuntersuchungen für Bauvorhaben. Aufgabenstellungen in Zusammenhang mit Ingenieurbauten dürften dabei bei weitem überwiegen.

Da der Bauingenieur in diesem Falle, ob als Projektant oder als Bauleiter, die Maßnahmen vorschlägt und koordiniert, ist es von besonderer Wichtigkeit für ihn, daß er zumindest über Grundkenntnisse der Geowissenschaften verfügt. Er muß wissen, wo und wie er die einzelnen Arbeitsmethoden anwenden kann, inwieweit die Verfahren genau sind, welcher Aufwand dafür nötig ist und was er im großen und ganzen von den Untersuchungen erwarten kann. Er muß die gebräuchliche Terminologie kennen, um die Berichte und Ausdrucksweisen richtig zu verstehen.

Aus diesen Gründen wäre der Besuch dieser Lehrveranstaltung den Bauingenieuren besonders zu empfehlen.

Wie sieht es nun in der Praxis aus? - Ich würde sagen, daß die Zusammenarbeit zwischen Bauingenieuren einerseits und Geowissenschaftlern andererseits ganz gut klappt, wenn auch besonders die Möglichkeiten und Methoden des Geophysikers weitgehend noch nicht bekannt und daher auch nicht genützt werden.

## BEITRAG DES GEODÄTEN

In diesem Team steht die Arbeit des Ingenieurgeodäten naturgemäß, zumindest

zeitlich gesehen, an erster Stelle.

Es beginnt mit der Schaffung eines dreidimensionalen Bezugssystems als Grundlage für alle weiteren Aufgaben.

Als nächstes wäre zu erwähnen, die Erstellung der topographischen Unterlagen. Je nach Aufgabenstellung schwanken dabei die Maßstäbe von 1 : 1 000 bis 1 : 200 000, je nach dem ob sie für geologische Untersuchungen bei Ingenieurbauten, für geologische Detail- oder Übersichtskartierungen verwendet werden. Je detailreicher der Plan oder die Karte ist, desto leichter kann sich der Geologe im Gelände orientieren und desto genauer seine Wahrnehmungen hinein kartieren. In Österreich wurde der größte Teil der geologischen Karten im Maßstab 1 : 75 000 herausgegeben. Einzelne Blätter im Maßstab 1 : 25 000 . Die Umstellung auf den Maßstab 1 : 50 000 ist gerade im Gange. Je nach Aufgabenstellung werden die topographischen Unterlagen mit Hilfe der Luftbildphotogrammetrie, der terrestrischen Photogrammetrie oder der Tachymetrie erstellt.

Weiters zu erwähnen wäre das Luftbild. Es ist für den Geologen in zweifacher Hinsicht eine wichtige Informationsquelle. Es gibt Auskunft über geologische Befunde an der Erdoberfläche und in den oberflächennahen Schichten, darüber hinaus bildet es eine topographische Unterlage, die weit mehr Einzelheiten enthält als die beste topographische Karte. Sind die Höhenunterschiede nicht zu groß, dann gelingt es auch ohne Entzerrung die geologische Kartierung, etwa mit Hilfe des ZEISS'schen Luftbildumzeichners, vom Luftbild genügend genau auf die Karte zu übertragen. - Bei Gelände mit großen Höhenunterschieden aber kann der Geodät dem Geologen als Kartierungshilfe das Orthophoto anbieten, das durch seine differentielle Entzerrung maximale kartographische Genauigkeit liefert.

Die stereoskopische Bild-Interpretation setzte sich in der geologischen Praxis erst allmählich durch. Die Möglichkeit am Stereomodell mit Hilfe einfacher Höhen- und Profilmessungen - etwa mit dem Spiegelstereoskop oder dem Stereotop - direkt quantitative Daten über Gesteinsmächtigkeiten, Störungen und Schichtenlagerung zu entnehmen, erspart dem Geologen zeitraubende und oft schwierige Messungen im Gelände.

Die petrographische Interpretation des Luftbildes ist durch den unterschiedlichen Ausdruck des gleichen Gesteins an der Oberfläche äußerst schwierig und kann, wenn überhaupt, nur über den Zusammenhang mit der morphologischen Betrachtung zum Ziele führen.

Ein anderer Beitrag wäre die Vermessung der geologischen Profile. Das ist die

Darstellung des Schichtenverlaufes und der tektonischen Linien in der vertikalen Ebene. Bei unzugänglichen Berghängen bietet sich dazu die terrestrische Photogrammetrie an, bei kleineren, schwer zugänglichen Profilen wird man die Vermessung mit topographischen Tachymetern (Doppelbildentfernungsmesser mit Basis im Standpunkt) vom Typ des Teletop oder Todis durchführen.

Vollständigkeitshalber möchte ich auch noch die Einmessung der Bohrlöcher und Sondierungsstellen erwähnen.

Ein weiterer Punkt sind die geodätischen Feinmessungen. Dazu gehören die Beobachtungen rezenter Erdkrustenbewegungen, die Rutschungsbeobachtungen, Deformationsmessungen und Setzungsmessungen. Hier dokumentiert sich die fruchtbare und notwendige Zusammenarbeit augenscheinlich. Lieferte bei den zuerst aufgezeigten Beispielen der Geodät die Grundlagen und die anderen Geodisziplinen arbeiteten dann alleine weiter, so ist hier der dauernde Kontakt notwendig. Es beginnt bereits bei der Auswahl und der Vermarkung der zu beobachtenden Punkte und der Beobachtungsstandpunkte. Der Geologe muß dem Geodäten die geologisch ruhigen Zonen zeigen und ihn über den Untergrund aufklären. Der Geodät wiederum hat nun die Standpunkte, bei Bedachtnahme auf die zur Verfügung stehenden Meßmittel, so auszuwählen, daß bei präziser Messung die Bewegung der zu beobachtenden Punkte möglichst genau erfaßt werden kann. Als Ergebnis liefert er dem Geologen dreidimensional, wenn man die Zeitkomponente mitrechnet, dann sogar vierdimensional, bei Setzungsmessungen natürlich nur zweidimensional, das Verhalten der für das Untersuchungsobjekt repräsentativen Stellen. Die Interpretation des Ergebnisses obliegt dem Geologen und Bodenmechaniker, die auch den Beobachtungsrythmus bestimmen.

Erwähnen möchte ich im Zusammenhang mit Beobachtungen rezenter Erdkrustenbewegungen noch ein weiteres gemeinsames Projekt der Institute für Geologie und Landesvermessung der TH Wien sowie des Instituts für Geophysik der Univ. Wien. Es handelt sich hierbei um das sogenannte "Karawankenprojekt", das im Rahmen des Forschungsvorhabens N 25, Tiefbau der Ostalpen, durchgeführt wird.

Hier sollen die Bewegungen im weiteren Bereich der Peri-adriatischen Störungszone untersucht werden. Die Beobachtungen sollen dreidimensional die Relativbewegungen eines Punktkomplexes mit Punkt-Abständen von 8 - 16 km erfassen. Die Änderungen werden auf den außerhalb der Störungszone gelegenen Plöschenberg bezogen. Die Distanzmessung wird mit einem AGA-Laser Geodimeter, die Richtungsbeobachtung mit einem T 3 durchgeführt.

Dieses Vorhaben stellt den ersten Ansatz dreidimensionaler Untersuchungen rezenter Erdkrustenbewegungen in Österreich dar. Bisher lag ja das Schwergewicht

bei derartigen Beobachtungen auf der Bestimmung der Vertikalkomponente mit Hilfe des Präzisionsnivelements.

Diese kurze Aufzählung der Beispiele erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie sollte nur zeigen in welchem Maße der Geodät zu dieser Zusammenarbeit beitragen kann.

Abschließend noch ein paar Worte über das Programm der Lehrveranstaltung. Das Praktikum dauert eine Woche und findet Anfang Oktober in der "Neuen Welt" statt. Gezeigt und erläutert werden, neben dem oben besprochenen geodätischen Teil, die Erkundungsmethoden der Geologie, Geophysik und Bodenmechanik.

Im Einzelnen kommen zum Einsatz: Leichte Rammsonde, Flügelsonde, Bohrlochsonde (Fernsehsonde), Isotopsonde (zur Bestimmung des Raumgewichtes und des Wassergehaltes), Hammerschlagseismik, Sprengseismik, Geoelektrik und Geomagnetik.

An dieser interfakultären Veranstaltung beteiligen sich die Institute für Geologie, Geophysik und Landesvermessung der T.H. Wien, das Institut für Geophysik der Univ. Wien, das Institut für Geotechnik der Hochschule für Bodenkultur, die Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal, Herr Dr. Markowetz von der DOKW und die Fa. Insond.

## FACHGEBIET BODENMECHANIK

v. O. Pregl

### ALLGEMEINES

Im Rahmen der Geowissenschaften sollen die Feldmethoden der Geodäsie, der Geologie und der Geophysik die Geländeoberfläche und den Untergrund erkunden, also die Art und die Eigenschaften der anstehenden Locker- und Festgesteine beschreiben und deren Lage möglichst genau ermitteln und kartieren. Die Bodenmechanik soll alle weiteren Angaben über den Untergrund liefern, welche der Ingenieur bei der Projektierung eines Bauwerkes braucht: Dies sind z.B. Angaben, die erforderlich sind für die Berechnung des Erddruckes auf Wände und Mauern, des zulässigen Sohldruckes von Gründungen, der eintretenden Setzungen von Bauwerken oder für die Berechnung der erforderlichen Böschungsneigungen von Einschnitten und Dämmen. Zur Lösung dieser Aufgaben werden eine Vielzahl von verschiedenartigen Verfahren angewendet, wobei man grundsätzlich zwischen den empirischen, theoretischen und halbempirischen Verfahren und den Beobachtungsverfahren unterscheidet (PREGL, 1973). Alle diese Verfahren arbeiten mit zahlenmäßig festgelegten Kennwerten, die durch Labor- oder Feldversuche zu bestimmen sind.

### EMPIRISCHE VERFAHREN

Bei den empirischen Verfahren spielen die Standard- oder Klassifizierungskennwerte eine wichtige Rolle. Diese werden zwar nicht aus Feldversuchen erhalten, wegen ihrer großen Bedeutung sollen sie aber hier erwähnt werden. Außerdem können diese Werte bei ausreichender Erfahrung auch im Feld dem Augenschein nach abgeschätzt werden. Zu ihnen gehören in erster Linie Angaben über die Korngrößenverteilung und bei bindigen Böden die Atterbergschen Zustandsgrenzen. Sie bilden die Grundlage der gebräuchlichen Klassifizierungssysteme (z.B. ÖNORM B 4400). Aufgrund dieser Einteilung ist auch ein zumindest grober Anhaltspunkt über die Größe der anderen, nur mit einem umfangreicheren Arbeitsaufwand zu bestimmenden Bodenkennwerte und über das bautechnische Verhalten des Bodens überhaupt gegeben (vergl. VSS, 1966, S. 162).

Um die Inhomogenitäten und die Schichten des Untergrundes zu erfassen, ist es - in Ergänzung zum geologischen Profil - zweckmäßig, den Verlauf dieser Kennwerte mit der Tiefe darzustellen (Abb. 1).

Mit Hilfe der Bodenklassifizierung kann man aus Tabellen den für Flachgründungen

zulässigen Sohldruck (z.B. ÖNORM B 4430), die erforderliche Böschungsneigung von Einschnitten und Dämmen (z.B. Dt. Ges. f. Erd- und Grundbau, 1962) u.a. entnehmen.

Zu den im Zusammenhang mit den empirischen Verfahren angewendeten Feldversuchen gehört die *Rammsondierung*. In Din 4094, Bl.1, sind zwei derartige Geräte beschrieben: die leichte und die schwere Rammsonde (Abb.2). Sie bestehen aus einem Stab mit einer Spitze, der mit einem Fallgewicht in den Untergrund eingetrieben wird. Der Eindringwiderstand wird in Schlaganzahl pro 10 cm angegeben und in einem Diagramm in Abhängigkeit von der Tiefe aufgetragen (Abb.3; GRUBER et al., 1974); er ist abhängig von der Geräteart (Abmessungen, Fallgewicht, Fallhöhe) und vom Untergrund (Bodenart, Dichte, Scherfestigkeit, Wassergehalt).

Da bei Verwendung ein und desselben Gerätes der Geräteeinfluß konstant ist, können aus dem Verlauf des Eindringwiderstandes mit der Tiefe Rückschlüsse auf den Aufbau des Untergrundes gezogen werden; nur ist es im allgemeinen nicht möglich, die verschiedenen Einflüsse eindeutig auseinander zu halten. Daher wird dieses Verfahren insbesondere zur Feststellung des Schichtenverlaufes zwischen vorhandenen Bohrungen und Schürfen verwendet. Auch kann es zur Überprüfung der Verdichtung von Schüttungen eingesetzt werden.

## THEORETISCHE LÖSUNGSVERFAHREN

Kann eine Aufgabe der Bodenmechanik über eine physikalische Modellvorstellung gelöst werden, so sprechen wir von einem theoretischen Lösungsverfahren. Bei ihrer Anwendung müssen die in den entsprechenden Gln. auftretenden Koeffizienten experimentell bestimmt werden. Dies sind bei Erddruck-, Tragfähigkeits- und Stand-sicherheitsberechnungen die Kohäsion  $c$  und der Reibungswinkel  $\phi$ , bei Setzungs-berechnungen der Steifemodul  $E_s$ . Diese Werte werden im allgemeinen durch Laborversuche ermittelt, es gibt aber auch eine Reihe von Feldversuchen, aus denen man Angaben über diese Werte erhält.

Ein Feldversuch zur Bestimmung der Scherfestigkeit von feinkörnigen Böden ist die *Flügelsonde*. Sie besteht aus einem an der Spitze mit vier Flügeln versehenen Gestänge, welches zur Ausschaltung der Reibung von einem Mantelrohr umgeben ist (Abb.4). Das Gerät wird in den Untergrund eingebracht und der Flügel mit einem Hebel verdreht. Die Winkelverdrehung und das Drehmoment werden gemessen. Es ist nicht möglich, die gemessene Festigkeit in einen Reibungs- und Kohäsionsanteil zu zerlegen. Dazu müßten die auf die Zylinderflächen wirkenden Normalkräfte bekannt sein. Da dies nur unter recht ungenauen Annahmen der Fall ist, wird ein eindeutiges

Ergebnis nur in wassergesättigten, wenig durchlässigen Böden bei der Bestimmung der Kohäsion  $c_u$  erhalten.

Eines der einfachsten bodenmechanischen Versuchsgeräte ist das Taschenpenetrometer der Fa. SOILTEST. Damit kann die Zylinderdruckfestigkeit von feinkörnigen Böden in Schürfen oder Baugruben unmittelbar bestimmt werden. Es wird ein Stempel von 1/4" Durchmesser bis zu einer Marke (1/4" tief) in den Boden eingedrückt; die Zylinderdruckfestigkeit kann an einer aus Eichversuchen abgeleiteten Skala in  $\text{kp/cm}^2$  abgelesen werden. Die Ermittlung einer derartigen Eichskala ist in Abb.5 gezeigt (HARGITAI, 1974). Die Streuungen liegen bei  $\pm 15\%$  des Wertes; Ausreißer ergeben sich, wenn dieses Verfahren an nicht umgrenzten Proben oder an Proben mit grobkörnigen Einschlüssen angewendet wird.

Ein Feldversuch zur Bestimmung der für Setzungsberechnungen erforderlichen Kennwerte ist die Probelastung. Dabei wird der Baugrund in der Geländeoberfläche oder in der Sohlfläche von Gründungen mit einer Lastfläche, der Lastplatte, beansprucht, die Belastung in Stufen gesteigert und die Setzung in Abhängigkeit von der Zeit kontrolliert. Die Auswertung erfolgt bei einem homogenen Untergrund mit den in Abb.6 angegebenen Formeln von SCHLEICHER (1926) oder CYTOVIC (1951). Dabei ist  $w$  ein von der Form und Steifigkeit der Sohlfläche und von der Tiefe der setzungsempfindlichen Schichte abhängiger Beiwert,  $F$  ist die Lastfläche,  $q_m$  der mittlere Sohldruck und  $s$  die dabei eintretende Setzung. Das Verhältnis  $C_b = q_m/s$  wird als Bettungsmodul bezeichnet. Dieser Wert spielt bei einigen erdstatischen Berechnungen eine wichtige Rolle, er darf aber nicht als ein konstanter Bodenkennwert aufgefaßt werden, da er u.a. auch von der Größe der Lastfläche abhängt.

Bohrloch 3

Tiefe Bodenprobe Nr. (m)

Kornverteilung

Atterbergsche Zustandsgrenzen

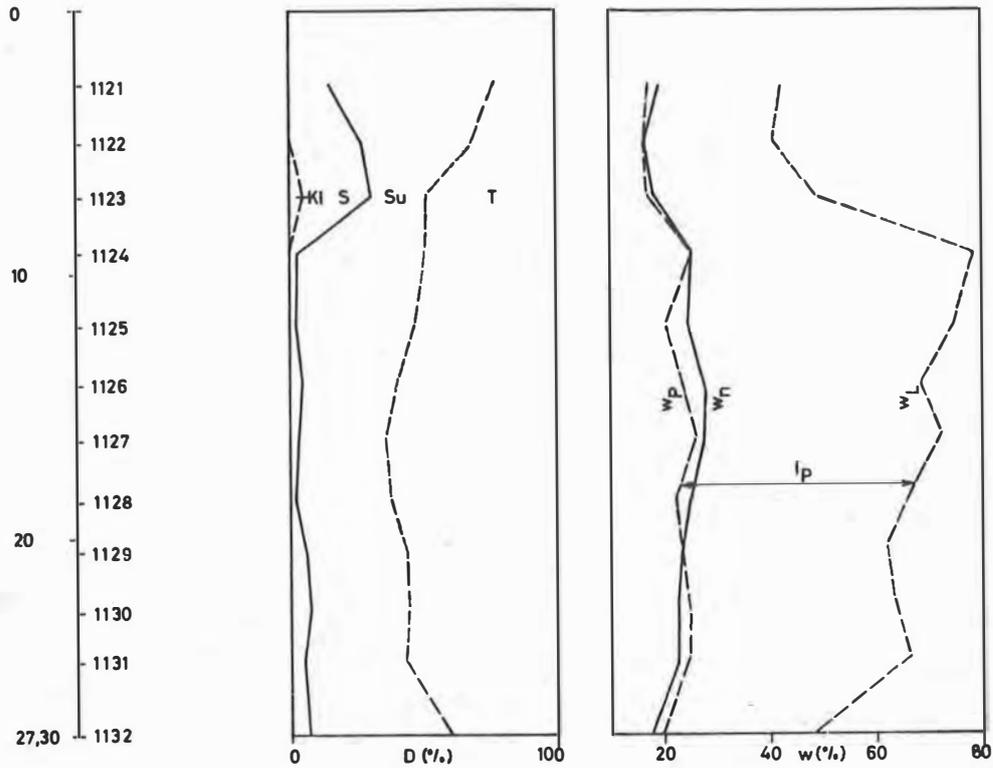
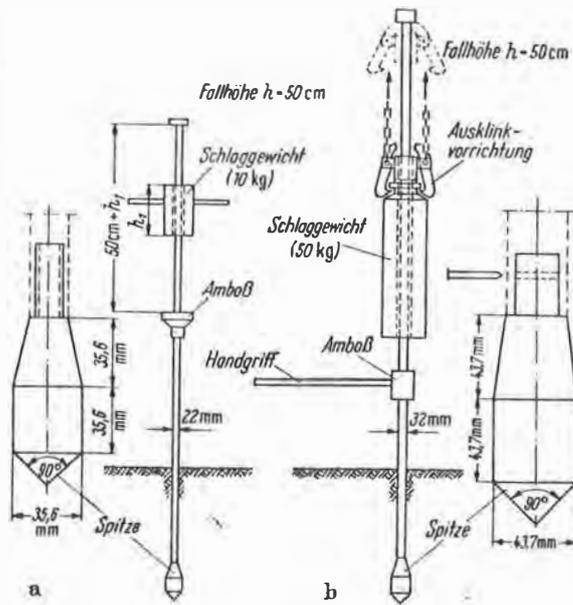


Abb. 1

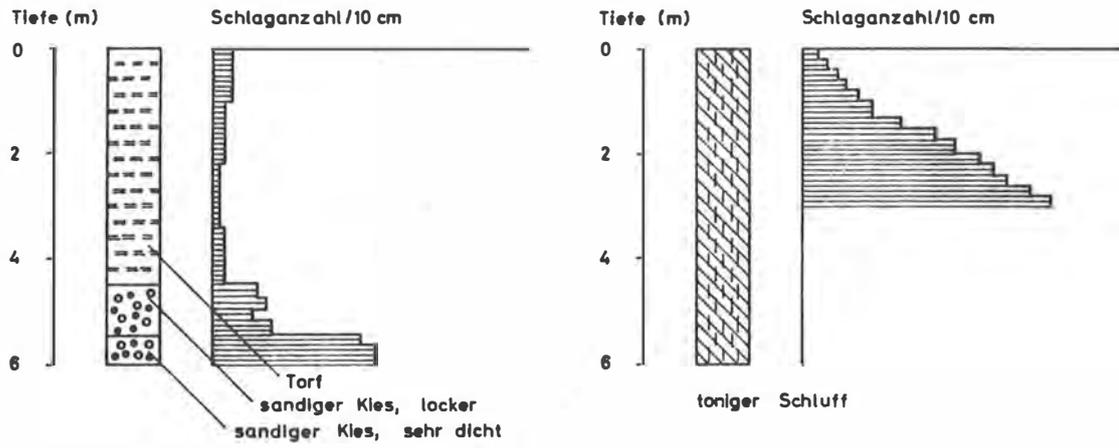
Kl Kies, S Sand, Su Schluff, T Ton,  
 $w_L$  Fließgrenze,  $w_p$  Ausrollgrenze,  $w_n$  natürlicher Wassergehalt,  $I_p$  Bildsamkeit,



Rammsondengeräte.

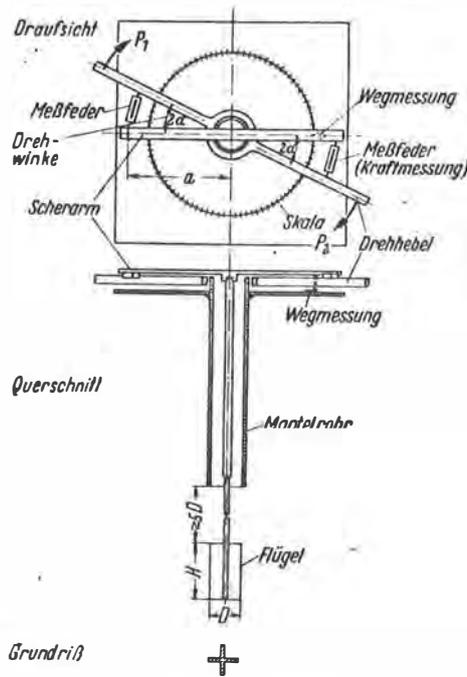
a) Leichte Rammsonde; b) schwere Rammsonde.

Abb. 2



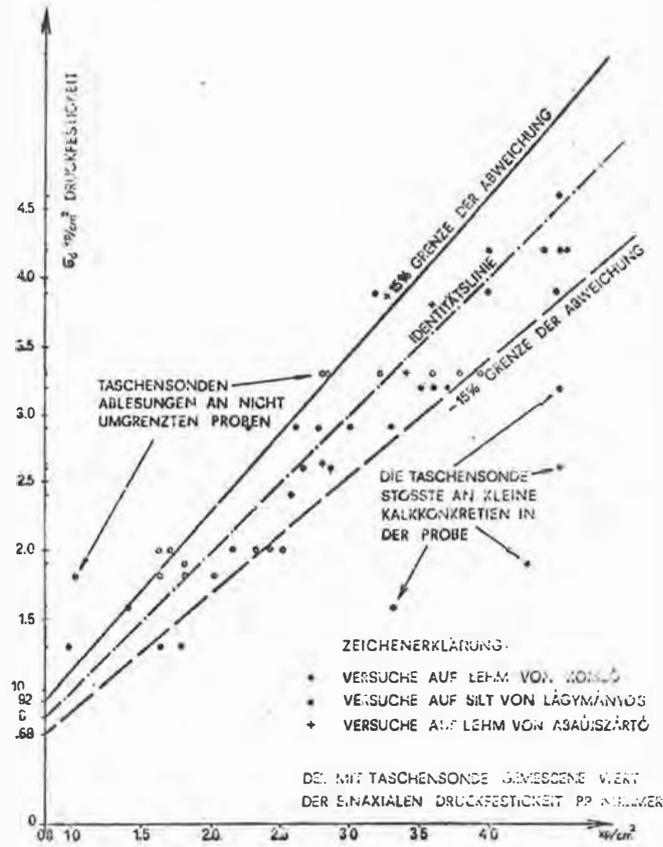
Nach Gruber et al. (1974)

Abb. 3



Prinzip der Flügelsonden.

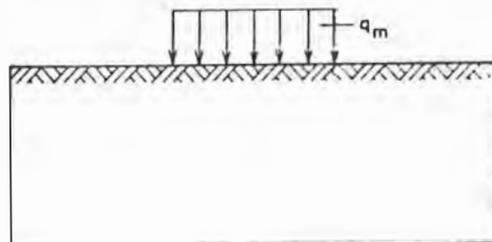
Abb. 4



Nach Hargitai (1974)

Abb. 5

Probebelastung



Schleicher (1926):  $E_v = \omega \cdot \sqrt{F} \cdot C_b$   
 starre Kreisfläche  $E_v = 1,40 r \cdot C_b$   
 schlaffe Kreisfläche  $E_v = 1,77 r \cdot C_b$

Cytovic (1951):  $E_s = A \cdot \omega \cdot \sqrt{F} \cdot C_b$

Abb. 6

## FACHGEBIET GEOLOGIE

v. G. Riehl-Herwirsch

Bevor hier auf die konkrete Arbeit im Verlauf der Lehrveranstaltung eingegangen wird, einige Worte zur Geologie als Fachrichtung.

Welchen Umfang - welchen Aufgabenbereich muß man ihr zuschreiben? Nimmt man eines der bekanntesten deutschsprachigen Lehrbücher von R. BRINKMANN (Lehrbuch der Geologie) zur Hand, so findet man dort die Geologie als Wissenschaft beschrieben, die als "historisch gerichtete Naturwissenschaft" die der Beobachtung zugänglichen Teile der Erdkruste untersucht. So klar uns heute dieser Satz klingen mag, muß uns doch bewußt sein, wie lange Zeit bereits in ihren Ansätzen erfaßte Erkenntnisse von Lehrmeinungen überdeckt - verdrängt werden konnten.

LEONARDO DA VINCI war wohl der erste, der begonnen hat, in der Erdkruste zu lesen - sie als Dokument der Erdgeschichte zu verstehen. 1669 erkannte STENO das Grundgesetz der geologischen Lagerungsfolge - die primär horizontale Ablagerung der Schichtgesteine mit der sich daraus ergebenden Altersabfolge: Das Ältere liegt tiefer, darüber lagern die jüngeren Schichten. Eine weitere fundamentale Grundlage der heutigen Geologie ist der Akt u a l i s m u s, der im wesentlichen besagt, daß sich die Vorgänge bei der Entstehung des Untergrundes aus geologischer Vergangenheit prinzipiell durch Beobachtung der heute laufenden geologischen Vorgänge erklären lassen. Eng verbunden mit dieser wesentlichen Erkenntnis sind die Namen BUFFON 1749, K.v. HOFF (1822 - 1841) und LYELL mit seinem zusammenfassenden Lehrbuch 1830 - dem endgültigen Durchbruch zu den Naturwissenschaften.

Nach diesem kurzen Blick auf den historischen Werdegang wollen wir wieder bei R. BRINKMANN sehen, zu welchen Betrachtungsschwerpunkten die Entwicklung der Geologie heute geführt hat.

Als Teilgebiete werden unterschieden:

- I Die Allgemeine Geologie - stellt allgemeine Zusammenhänge auf, geht ihren Wechselbeziehungen nach und führt sie auf ihre physikalischen, chemischen und biologischen Ursachen zurück.
- II Die Historische Geologie - verknüpft die Erscheinungen zeitlich und begreift sie als geschichtlichen Ablauf.
- III Die Angewandte Geologie - bringt die praktische Anwendung für Technik und Wirtschaft; sie macht die Erkenntnisse für die Menschen nutzbar.

Diesem dritten Teilgebiet gehört nun der Aufgabenbereich an, der von der Geologie in dieser Lehrveranstaltung bestritten werden soll. Wie schon Kollege KORSCHINECK angedeutet hat, soll hier der Weg gezeigt werden, wie durch ein echtes Zusammenwirken der Erdwissenschaften optimale Unterlagen erarbeitet werden können.

Ausgang und Grundlage ist in unseren Bereichen (Mitteleuropa) meist bereits eine geologische Karte x) 1 : 75 000 (alt) oder 1 : 50 000 (neu, e Serie), seltener 1 : 25 000. Die besonders für die Bautechnik erforderliche Genauigkeit - gerade in den obersten (jüngsten) Schichten ist meist von einer vorhandenen geologischen Karte nicht im erforderlichen Maße zu erwarten. Geologische Karten werden vom Gesichtspunkt der Historischen Geologie erstellt - das Lesen dieser Karten bedarf für den Techniker sozusagen eines "Übersetzers" mit der Fähigkeit, die geologische Entwicklung des betreffenden Bereiches zu erfassen und so alle Möglichkeiten auszuschöpfen.

Als Ausdrucksmittel dienen zur Darstellung auf geologischen Karten:  
Die Farbe als Zeichen für gleiches Alter bzw. die allgemeine petrographische Einteilung.  
Die Übersignaturen können für die Differenzierung der an sich gleichartigen Gesteine Verwendung finden, also z.B. als Ausdruck der jeweiligen "Fazies".  
Fallzeichen geben als dritte Möglichkeit Auskunft über Lagerung und Stellung der Schichten im Raum.

Kaum je, ausgenommen spezielle technisch geologische Karten, wird jedoch der Gesteinszustand - Zerstörung durch Tektonik - durch Hangtektonik - der Verwitterungsgrad usw. auf normalen geologischen Karten berücksichtigt sein. Alls diese Komponenten sind aber in der Baugeologie von entscheidender Bedeutung.

Die Verwendbarkeit, bzw. den Aussagewert einer geologischen Karte kann man am besten beurteilen, wenn man, wie es für diese Veranstaltung vorgesehen ist, selbst versucht, ein kleines Stück zu kartieren, bzw. geologisch aufzunehmen. Erst nach der eigenen Kartierung eines Abschnittes kann ein Benützer genügend Mißtrauen gegen eine solche geologische Karte bzw. die darin dargestellten Linien und Grenzen, fassen. Natürlich ist eine Karte geologisch deshalb nicht schlecht, sie dient ja vorwiegend der rein beschreibenden Dokumentation einer Abfolge bzw. der Großsituation. (Historische Geologie bzw. Allgemeine Geologie).

x) Die vorliegende geologische Karte des Hohe Wand Gebietes 1 : 25 000 - neu aufgenommen und bearbeitet von B. PLÖCHINGER, erschienen 1964, ist eine besonders detaillierte Aufnahme.

Die Geländeaufnahme für die österreichischen geologischen Karten 1 : 50 000 erfolgte meist im Maßstab 1 : 25 000 und erbringt in der Regel nicht die Genauigkeit der Ausscheidungen wie sie für bautechnische Aufgaben gefordert werden müssen.

In diesem Sinne können für technische Fragestellungen lokale baugeologische Spezialuntersuchungen erforderlich sein. Die Grenzen der angewandten Methoden sind von Fall zu Fall verschieden und müssen für den konkreten Fall immer neu ermittelt werden. Möglichkeiten und Methoden wurden bereits von meinem Vorredner angeführt. Über die Ermittlung, Einsatz und Abwägen der einzelnen Methoden soll im vorgesehenen Praktikum Näheres gebracht werden.

Ein prinzipielles Schema eines derartigen Arbeitsaufwandes könnte, wie folgt, aussehen:

#### Vorarbeiten

Gemeinsame Vorerkundung, bei der am besten in persönlichem Kontakt mit dem planenden Ingenieur geologisch untragbare oder sofort als extrem schwierig erkennbare Varianten ausgeschieden werden können.

Verarbeitung aller vorhandenen Unterlagen.

(Geologische Karten, Literatur-Arbeiten, Archivmaterial)

Verwertung von Luftbildern, übersichtliche Kartierung.

Übersichtliche Beurteilung der Schwierigkeiten - z.B. Wasserführung in den einzelnen Abschnitten.

Planung von detaillierten Arbeiten - Erstellung der dazu erforderlichen Unterlagen.

#### Detailuntersuchungen

Gemeinsam mit den Nachbardisziplinen Geophysik und Bodenmechanik/Felsmechanik Bohrungen, Stollen, Schächte usw.

Detaillkartierungen.

#### Interpretation

In einer dritten Phase wird das erarbeitete Datenmaterial mit den technischen Disziplinen (Bodenmechaniker, Felsmechaniker, Statiker) zur Durchführung der gegebenen Aufgaben verarbeitet.

Für die im Vortrag gebrachte Übersicht der geologischen Situation des Hohe Wand Gebietes soll hier nicht eingegangen werden. Es wird auf das Kartenblatt 1 : 25 000 von B. PLÖCHINGER und die dazugehörigen Erläuterungen verwiesen. Dazu auch: B. PLÖCHINGER 1961, Die Gosaumulde von Grünbach und der Neuen Welt (Nie-

derösterreich mit einer geologischen Karte und Profilen.  
Jb. Geol. B. A. Bd. 104 p 359 - 441, Wien 1961.)