

# Anleitung zu geologischen Beobachtungen

Von

Kurt Leuchs

P h  
Wissenschaft



und Bildung

2821205

# WISSENSCHAFT UND BILDUNG

Einzel Darstellungen aus allen Gebieten des Wissens

Jeder Band M. 1.80, Doppelbände M. 3.60, Atlantenbände M. 2.20

## Religion

- Einführung in die Religionsgeschichte Von Erzbisch. Prof Dr. N. Söderblom. 2. Auflage ◊
- Vollleben im Lande der Bibel Von Prof. Dr. M. Löhr. 2. Auflage ◊
- Sabbat und Sonntag Von Geheimrat Professor Dr. H. Meinhold ◊
- Das Alte Testament im Rahmen der alt-oriental. Kulturen Von Professor Dr. A. Jirku ◊
- Geschichte des jüdischen Volkes Von Geheimrat Prof. Dr. H. Meinhold ◊
- David und sein Zeitalter Von Professor Dr. B. Baentsch ◊
- Die israelitischen Propheten Von Professor Dr. W. Caspari ◊
- Vom Griechentum zum Christentum Von Professor Dr. A. Bauer. 2. Auflage ◊
- Vom Judentum zum Christentum Von Prof. Dr. A. Bauer ◊
- Christus Von Prof. Dr. O. Holtmann. 3. Auflage ◊
- Soziale Fragen im Urchristentum Von Professor Dr. E. Loehmerer ◊
- Das Wesen des evangelischen Christentums Von Prof. Dr. K. Heim. 4. u. 5. Auflage
- Das apostolische Glaubensbekenntnis Von Professor Dr. K. Thleme ◊
- Religiöse Strömungen der Gegenwart Das heilige und die Form. Von Professor Dr. H. Frick ◊
- Die evangelische Kirche und ihre Reformen Von Professor Dr. S. Niebergall ◊
- Der evangelische Pfarrer in Geschichte und Gegenwart Von Pastor lic. Dr. H. Werdermann ◊

- Das Christentum im Weltanschauungs-kampfe der Gegenwart Von Professor Dr. A. Hunzinger. 3. Auflage ◊
  - Grundfragen christlicher Lebensgestaltung Von Privatdozent lic. R. Hupfeld. ◊
  - Die Jesuiten Von Prof. Dr. F. Wiegand
  - Kirchengeschichte Auslands im Abriss. Von Professor D. N. Bonwetsch ◊
  - Die ostasiatischen Kulturreligionen Von Missionsdirektor D. J. Witte ◊
  - Der Islam als Religion Von Professor Dr. J. Richter ◊
  - Das Jenseits im Glauben der Völker Von Professor Dr. J. Witte ◊
- ## Philosophie, Psychologie und Pädagogik
- Religion und Kultur Von Professor Dr. J. M. Verweyen ◊
  - Einführung in die Philosophie Von Privatdozent Dr. A. Prandtl ◊
  - Geschichte der Philosophie Von Oberschulrat Professor Dr. A. Messer. 5 Bände. 6.—8. Auflage
  - Immanuel Kant Von Professor Dr. E. v. Aster. 2. Auflage ◊
  - Leben und Gedankenwelt großer Naturforscher Von Geh. Medizinalrat Prof. Dr. F. Gumprecht ◊
  - Die Weltanschauungen der Gegenwart Von Prof. Dr. C. Wenzig. 2. Auflage
  - Wissenschaftlicher Okkultismus Von Oberschulrat Professor Dr. A. Messer ◊
  - Grundlagen der Naturphilosophie Von Professor Dr. Th. Ziehen ◊
  - Das naturwissenschaftliche Weltbild der Gegenwart Von Privatdoz. Dr. A. Wenzl

- |  |   |   |   |
|--|---|---|---|
| Die Entwicklungslinie der Menschheit Von Professor Dr. F. Strecker             | ◊ | Lautbildung Von Prof. Dr. L. Sütterlin. 3. Auflage  | ◊ |
| Einführung in die Psychologie Von Prof. Dr. H. Drossel. 5. Auflage             | ◊ | "Stimme und Sprache im Bilde Von Dr. A. Moll  | ◊ |
| Die Hauptrichtungen der gegenwärtigen Psychologie Von Dr. R. Müller-Freienfels | ◊ | Deutsche Dichtung Von Professor Dr. F. Lienhard. 3. Auflage                                   | ◊ |
| Einführung in die experim. Psychologie Von Professor Dr. R. Pauli              | ◊ | Schweizer Dichter Von Prof. Dr. A. Frey. 2. Auflage   | ◊ |
| Angewandte Psychologie Von Professor Dr. A. Wreschner                          | ◊ | Das Märchen Von Prof. Dr. S. von der Leyen. 3. Auflage  | ◊ |
| Unsere Sinnesorgane und ihre Funktionen Von Prof. Dr. E. Mangold. 2. Aufl.     | ◊ | Das deutsche Volkslied Von Professor Dr. A. Göhje   | ◊ |
| Abriß der geistigen Entwicklung des Kindes Von Prof. K. Bähler. 4. u. 5. Aufl. | ◊ | Der Sagenkreis der Nibelungen Von Prof. Dr. G. Holz. 3. Auflage                               | ◊ |
| Die Erziehung im vorschulpflichtigen Alter Von Prof. Dr. David und Rosa Kah    | ◊ | Lessing Von Geheimrat Prof. Dr. R. M. Werner. 3. Auflage                                      | ◊ |
| Anleitung zur Menschenkenntnis Von Professor Dr. S. E. Otto Schulze            | ◊ | Der junge Goethe Von Professor Dr. K. Dieter  | ◊ |
| Charakterbildung Von Professor Dr. Th. Eisenhans. 3. Auflage                   | ◊ | Schiller Abriß seiner geistigen und künstlerischen Entwicklung. Von Prof. Dr. H. H. Borchardt | ◊ |
| Grundriß der Erziehungswissenschaft Von Dr. E. Kriedte                         | ◊ | Das klassische Weimar Von Professor Dr. F. Lienhard. 5. Auflage                               | ◊ |
| Pestalozzis Leben Von Professor Dr. F. Medicus. Doppelband                     | ◊ | Einführung in Goethes Faust Von Prof. Dr. F. Lienhard. 7. Auflage                             | ◊ |
| Friedrich Gröbel Sein Weg und sein Werk. Von Professor Dr. Marie-Anne Kunze    | ◊ | Die Gedichte Homers Von Geh. Hofrat Professor E. Bette  | ◊ |
| Geschichte des Kultur- und Bildungsproblems Von Privatdozent Dr. G. Burckhardt | ◊ | Geschichte der römischen Literatur Von Professor Dr. A. Klöß                                  | ◊ |
| Bildungs- und Erziehungsideale Von Dr. R. Müller-Freienfels                    | ◊ |   |   |
| Sozialpädagogik Von Oberstudiendirektor Dr. A. Buchenau                        | ◊ |   |   |

**Kunst**

- |  |   |   |   |
|--|---|---|---|
| <b>Sprache / Literatur</b>   |   |   |   |
| Grundfragen der Sprachwissenschaft Von Professor Dr. H. Güntert                            | ◊ | Einführung in die Ästhetik der Gegenwart Von Prof. Dr. E. Meumann. 4. Aufl. bearbeitet von Prof. Dr. R. Müller-Freienfels | ◊ |
| Die redenden Künste Von Dr. E. Drach   | ◊ | Das System der Ästhetik Von Professor Dr. E. Meumann. 3. Auflage  | ◊ |
| Unser Deutsch Von Geheimrat Professor Dr. Fr. Kluge. 5. Auflage von Professor Dr. A. Göhje | ◊ | Das Theater Von Prof. Dr. K. Borinski   | ◊ |
|  |   | Musikalische Bildung und Erziehung zum musikalischen Hören Von Professor Dr. A. Scherling. 4. Auflage                     | ◊ |
|  |   | Grundriß der Musikwissenschaft Von Professor Dr. H. Riemann. 4. Auflage bearbeitet von Professor Dr. J. Wolf              | ◊ |
|  |   | Geschichte unserer Musikinstrumente Von Professor Dr. K. Neß  | ◊ |
|  |   | Das Klavier und Klavierspiel Von Professor Dr. E. Schmidt   | ◊ |



- Geschichte der Musik Von Professor Dr. J. Wolf. Bd. I Die Entwicklung der Musik bis etwa 1600. 2. Auflage. ◊
- Sing- und Spielmusik aus älterer Zeit Von Prof. Dr. J. Wolf. (Beispielband M. 220) ◊
- Geschichte der Musik Von Professor Dr. J. Wolf. Bd. II Die Musik des 17. Jahrhunderts und Oper und Kirchenmusik im 18. Jahrhundert ◊
- Bd. III Die Entwicklung der Musik vom 18. Jahrhundert bis zur Jetztzeit ◊
- Mozart Von Professor Dr. H. Freiherr v. d. Pfordten. 3. Auflage ◊
- Beethoven Von Professor Dr. H. Freiherr v. d. Pfordten. 5. Auflage ◊
- Richard Wagner Von Professor Dr. E. Schmitz. 2. Auflage ◊
- Schubert und das deutsche Lied Von Prof. Dr. H. Freiherr v. d. Pfordten. 3. Aufl. ◊
- Carl Maria von Weber Von Prof. Dr. H. Freiherr v. d. Pfordten ◊
- Robert Schumann Von Prof. Dr. H. Freiherr v. d. Pfordten ◊
- Robert Franz Von Prof. Dr. H. Freiherr v. d. Pfordten ◊
- Johannes Brahms Von Dr. P. Mies ◊
- Christliche Kunst Von R. Bühner ◊
- Christliche Kunst im Bilde Von Prof. Dr. G. Graf Ditzum. 2. Auflage ◊
- Städtebaukunst Von Stadtbaur. Ehlgöb ◊
- Deutsche Barockstädte Von Dr. P. Zucker ◊
- Deutsche Hansestädte Von Dr. P. Zucker ◊
- Kleinwohnung Von Professor Dr. Fr. Schumacher. 2. Auflage ◊
- Albrecht Dürer Deutschlands größter Künstler. Mit einem Bilderatlas. Von Professor Dr. S. Haack ◊
- Die moderne Malerei Von Geheimrat Prof. Dr. W. Waehle. 2. Auflage ◊
- Die Indogermanen Von Professor Dr. O. Schrader. 3. Auflage ◊
- \*Altorientalische Kultur im Bilde Von Dr. J. Hunger und Oberstudiendirektor Dr. F. Camer. 2. Auflage ◊
- Die Kultur Babyloniens und Assyriens Von Professor Dr. B. Meißner ◊
- Die babylonische Götterkultur Von Prof. Dr. H. Winkler. 2. Auflage ◊
- Die Kultur des alten Ägypten Von Prof. Dr. Freih. W. v. Bissing. 2. Auflage ◊
- Die ägäische Kultur Von Prof. Dr. R. v. Lichtenberg. 2. Auflage ◊
- \*Griechische Kultur im Bilde Ein Bilderatlas von Oberstudiendirektor Dr. H. Camer. 3. Auflage ◊
- Das Griechentum und seine Weltmission Von Prof. Dr. Freiherr v. Bissing ◊
- Alexander der Große und die Diadochen Von Studienrat Dr. F. Geber ◊
- Staatsgedanke und Staatslehre der Griechen Von Prof. Dr. M. Pohlenz ◊
- \*Römische Kultur im Bilde Ein Bilderatlas von Oberstudiendirektor Dr. H. Camer. 4. Auflage ◊
- Das alte Rom Von Prof. Dr. E. Diehl. 2. Auflage ◊
- Pompeji Von Prof. Dr. E. Pernice ◊
- Cäsar Von Hauptmann G. Veith. 2. Aufl. ◊
- Westdeutschland zur Römerzeit Von Prof. Dr. H. Dragendorff. 2. Auflage ◊
- Kaiser Justinian Von Prof. Dr. E. Grupe ◊
- Altgermanische Kultur Von Prof. Dr. G. Neckel ◊
- Die germanischen Reiche der Völkerwanderung Von Prof. Dr. L. Schmidt. 2. Auflage ◊
- Kulturgeschichte der Deutschen im Mittelalter Von Prof. Dr. G. Steinhausen. 3. Auflage ◊
- Das Mittelalter Sein Begriff und Wesen. Von Prof. Dr. H. Schmalenbach ◊
- Vom Mittelalter zur Neuzeit Von Geheimrat Professor Dr. G. v. Below ◊

### Geschichte

Eiszeit und Urgeschichte des Menschen  
Von Prof. Dr. J. Pahlig. 3. Auflage

"Atlantenbände M. 220

Wissenschaft und Bildung  
Einzeldarstellungen aus allen Gebieten des Wissens

270



# Anleitung zu geologischen Beobachtungen

Von

Dr. Kurt Leuchs

a. o. Professor der Geologie und Paläontologie  
an der Universität Frankfurt a. M.

Mit 63 Abbildungen



Ee 259

1 9 3 1

~~11 225~~

Verlag von Quelle & Meyer in Leipzig



Biblioteka  
Uniwersytetu Gdańskiego



\*1100992308\*

Alle Rechte vorbehalten

\*

Buchdruckerei Oswald Schmidt G. m. b. H.

Leipzig

956688



022 52407



P. 70/58

1478

---

## Dormort

Das Büchlein soll dem Anfänger in der Geologie und dem Naturfreunde zeigen, wie geologische Beobachtungen in der Natur gemacht werden. Denn die Geologie ist wie wenige andere Wissenschaftszweige ganz besonders auf solche Beobachtungen gegründet, und nur durch sie kann das richtige Verständnis für Art und Ursache der geologischen Vorgänge gewonnen werden.

Jedem, der offenen Auges wandert, drängen sich die Wirkungen der geologischen Kräfte in ihrer unendlichen Mannigfaltigkeit auf und regen dazu an, den Ursachen der verschiedenen Landschaftsgestaltung nachzugehen und damit einen Einblick in die dauernde Um- und Neubildung der Erdoberfläche zu erhalten.

Dazu ist die Kenntnis der geologischen Beobachtungsmethoden nötig, von denen hier nur die einfachsten, auch ohne eingehende Beschäftigung mit der Geologie anwendbaren dargelegt sind. Deshalb war es nötig, jeweils kurze Erläuterungen zu den verschiedenen geologischen Vorgängen zu geben. Eingehende Darstellung konnte begreiflicherweise nicht gebracht werden; wer sich näher dafür interessiert oder durch die vorliegende Einführung erst größeres Interesse für die Geologie erhält, findet das Nötige in den vielen allgemeinverständlichen und rein wissenschaftlichen Werken, von denen einige am Schlusse angegeben sind. Dem Verlage danke ich für das verständnisvolle Entgegenkommen bezüglich der bildlichen Ausstattung, die ja gerade für geologische Schriften von größtem Wert ist.

Frankfurt a. M., 2. November 1930

Kurt Leuchs





---

## Inhaltsverzeichnis

Dorwort . . . . .	3
Einleitung . . . . .	7
1. Die Ausrüstung und ihre Verwendung . . . . .	9
2. Gebrauch der Karte . . . . .	25
3. Die Beobachtung in der Natur . . . . .	33
4. Beobachtungen an Gesteinen und Versteinerungen . . . . .	39
5. Lagerung der Gesteine . . . . .	55
6. Geologische Geländebeobachtung . . . . .	75
7. Fertigstellung der geologischen Karten und Profile . . . . .	95
8. Geologische Beobachtungen auf Reisen . . . . .	105
Einige Werke zur Einführung in die Geologie . . . . .	111

\*



---

## Einleitung

**Z**u den wichtigsten Aufgaben der Geologie gehört die Erforschung des Baues der Erdoberfläche. Die heutige Verteilung von Land und Meer, die Gestaltung des Meeresbodens und in viel höherem Maße die Gliederung des Landes mit dem reichen Wechsel von Tief- und Hochländern, von Ebenen, Mittel- und Hochgebirgen, von vulkanischen und sedimentären Gebirgen, — alle diese Formengruppen können in ihrer Entstehung nur erklärt werden mit Hilfe geologischer Kenntnisse.

Aber die Geologie enthüllt nicht nur die Entstehung der Landschaftsformen, sondern auch die Art der gegenwärtig wirksamen Vorgänge, die dauernd an der Um- und Neugestaltung der in früherer Zeit entstandenen Gebilde arbeiten. Diese zeitlich und örtlich in verschiedener Stärke und Schnelligkeit erfolgenden Veränderungen der Formen der Erdoberfläche und ihrer Gesteine klarzulegen ist ein weiterer wichtiger Teil der Geologie. Denn die Kenntnis dieser Vorgänge und der sie erzeugenden Kräfte zeigt nicht nur, daß sich die Erde dauernd verändert und weiter entwickelt wie ein lebendiger Organismus, sondern bietet auch die Möglichkeit, die Art und Weise dieser Entwicklung zu erkennen, welche die Erde im Laufe ihrer unendlich langen Geschichte durchgemacht hat.

Dazu ist es nötig, zunächst einmal die Methoden der geologischen Forschung kennenzulernen und zu wissen, wie geologische Beobachtungen in der Natur zu machen sind. Deshalb soll hier eine auch ohne besondere Fachkenntnisse verständliche Anleitung dazu gegeben werden, die nur das wichtigste und notwendigste bringt. Bei der in so erfreulichem Maße steigenden Anteilnahme weiter Kreise an den Ergebnissen wissenschaftlicher Forschung sowie infolge der Möglichkeit, überall geologische Beobachtungen zu machen, wird es sicher vielen erwünscht sein, zu wissen, wie solche Beobachtungen ausgeführt werden, und sie werden dadurch in den Stand gesetzt, von der Entstehung ihrer Heimat oder eines anderen Gebietes ein anschauliches Bild zu

gewinnen und zu erkennen, auf welche Weise sich die besonderen Eigentümlichkeiten einer Landschaft herausgebildet haben.

Aber es wird dadurch nicht nur die Entstehung eines bestimmten Gebietes klar, sondern die so gewonnene geologische Kenntnis liefert zugleich auch große Vorteile in wirtschaftlicher Hinsicht. Denn es ergibt sich daraus — und das ist eine weitere und unmittelbar praktisch höchst wichtige Aufgabe der Geologie — die Feststellung von nutzbaren Bodenschätzen: Baustoffen, Kohlen, Erzen, Petroleum, Salzen, Wasser, Mineralquellen und die Art und Weise ihrer Gewinnung.

Aber auch für alle Arten von Tief- und Hochbau: Kraftwerke, Tunnels, Bahnen, Straßen, Hausbau ist die Kenntnis der Bodenbeschaffenheit sowie des tieferen Untergrundes, seiner Standfestigkeit, seiner Wasserführung u. a. nur durch geologische Untersuchungen zu erhalten. Und schließlich liefert ein weiteres Teilgebiet der Geologie, die Bodenkunde, die Grundlagen für die rationelle Bewirtschaftung und für die jeweils günstigste Art der land- und forstwirtschaftlichen Bebauung.

Zu allen diesen Feststellungen und Erkenntnissen ist die Beobachtung in der Natur unumgänglich nötig. Sie bildet den Ausgangspunkt und die Grundlage für alle weiteren geologischen Untersuchungen, die dann mit Hilfe der Beobachtungen im Gelände und des dort gesammelten Materials ausgeführt werden. Nur in der Natur lassen sich die vielen Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Teilvorgängen und die gesetzmäßigen Verknüpfungen mit entsprechender Deutlichkeit erkennen, und nur dadurch läßt sich erst eine richtige Vorstellung von der dauernden Bildung und Umbildung der Erde gewinnen.

Im Rahmen dieser notwendigerweise kurzen Anleitung ist es natürlich nicht möglich, eine erschöpfende Darstellung der gesamten Untersuchungsmethoden zu geben. Dafür ist die Mannigfaltigkeit der geologischen Vorgänge, die noch vermehrt wird durch die wechselnden Einwirkungen des verschiedenen Klimas, zu groß. Vor allem müssen hier alle, an die Beobachtungen in der Natur folgerichtig sich anschließenden Untersuchungen des gesammelten Materials im Institut und Laboratorium, die nötig sind zur vollständigen Auswertung der Beobachtungen, weg-

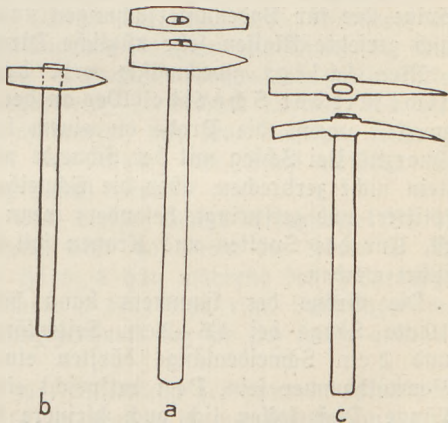


bleiben. Auch kann keine Darlegung der Grundlagen und des Aufbaues der Geologie gegeben werden. Wer sich näher dafür interessiert, findet diese Dinge in wissenschaftlichen und populären Lehrbüchern eingehend beschrieben. Eine kleine Auswahl aus diesen ist am Schlusse angeführt, ebenso sind einige Bücher angegeben, welche zur Weiterbildung in den Fragen der praktischen Geologie und Aufnahmestätigkeit dienen.

## 1. Die Ausrüstung und ihre Verwendung

**S**ür die gewöhnliche Art geologischer Untersuchungen ist die Ausrüstung ziemlich einfach. Das wichtigste und unentbehrliche Werkzeug ist der Hammer. Er unterscheidet sich von einem gewöhnlichen Hammer hauptsächlich durch seine Härte. Denn die starke Beanspruchung erfordert besten, nicht zu harten Stahl. Zu große Härte ist schädlich, weil damit Sprödigkeit verbunden ist, die bei Bearbeitung harter zäher Gesteine leicht zum Abspringen von Teilen des Hammers führt.

Weniger wichtig ist die Form des Hammers. Es soll nur das eine Ende stumpf sein, das andere Ende eine Schneide besitzen. Ob das stumpfe Ende quadratisch oder rechteckig, ob die Schneide quer oder parallel zum Hammerstiel liegt, ist an sich gleichgültig (Abb. 1).



Der Hammerstiel muß aus gutem zähem Holz gefertigt sein, wobei

die Faserung mit der Längsrichtung des Stieles gleichlaufen muß, um möglichst große Haltbarkeit zu erzielen. Wichtig ist entsprechende Länge des Stieles, damit der nötige Zug beim Schlagen erreicht wird.

Abb. 1. Geologenhämmer, a mit verkeiltem Stiel, b mit durchgezogenem Stiel, c mit Spitzhacke

Der Stiel kann durch den Hammer durchgezogen werden, wobei der Stiel vorne dicker ist, dadurch wird ein Herausfliegen des Hammers beim Schlagen unmöglich. In diesem Fall muß das Loch im Hammer oben breiter sein als unten. Jedoch läßt sich auch durch die gewöhnliche Art der Stielbefestigung mit Verkeilung durch Eisen oder Holz ein genügend fester Verband von Hammer und Stiel erreichen. Es ist nur darauf zu achten, daß (auch bei durchgezogenen Stielen) das Holz nicht zu sehr austrocknet, weil es sich dabei zusammenzieht und der Hammer locker wird. Dagegen hilft gelegentliches Eintauchen in Wasser, wodurch das Holz quillt und die enge Verbindung wieder hergestellt wird.

Statt der Schneide kann auch ein in eine Spitze zulaufendes Ende genommen werden. Während die Schneide besonders zum Spalten von Gesteinen gute Dienste leistet, läßt sich die Spitze mit Vorteil da verwenden, wo lockeres Gestein weggeräumt werden muß, um an den festen Fels zu gelangen.

Noch besser ist dafür eine in Pickelform lang ausgezogene Spitze, die für Bodenuntersuchungen und tiefgründig verwitterte und zersetzte Massen sehr nützliche Dienste leistet.

Man schlägt zweckmäßig mit dem stumpfen Ende, nicht mit der Schneide! Wer an der Richtigkeit dieses Satzes zweifelt, mache die Probe an einem harten Gestein, etwa an Quarzit! Bei Schlag mit der Schneide wird sehr häufig das Gestein nicht zerbrechen, aber die Schneide wird stumpf oder zersplittert und zerspringt, besonders wenn sie etwas stark gehärtet ist. Nur das Spalten und Kraken soll mit der Schneide ausgeführt werden.

Die Größe des Hammers kann beliebig gewählt werden. 10 cm Länge bei 1,5—2 cm Seitenlänge des stumpfen Endes und 2 cm Schneidenlänge dürften etwa die Maße für einen Normalhammer sein. Dem entspricht ein Stiel von etwa 40 cm Länge. Doch lassen sich auch kleinere Hämmer bei sonst guter und proportionierter Beschaffenheit noch verwenden.

Für sehr harte und zähe Gesteine, ebenso wenn es sich darum handelt, größere Handstücke oder Blöcke zu gewinnen, sind entsprechend größere Hämmer zu verwenden. Zweckmäßig ist es, dann zwei oder mehr Hämmer verschiedener Größe mitzunehmen, die je nach Bedarf benutzt werden.

Meißel und zwar Spitz- und Flachmeißel sind nützlich zum

Spalten und Absprengen von Gesteinen, zum Herausarbeiten von Versteinerungen, Einschlüssen oder Mineralien. Auch die Meißel müssen gut gestählt sein an den Spitzen, da sie sonst zu leicht abbrechen.

Ein Taschenmesser läßt sich für geologische Zwecke gut gebrauchen, etwa zum Heraus schneiden von Proben aus sehr weichen Ablagerungen wie Kaolin, Ton, Lehm, Torf, oder zum Abheben dünner Schieferlagen, dann aber auch zur Bestimmung der Härte von Mineralien und Gesteinen. Der Messerstahl hat nämlich ungefähr die Härte 6 (nach der Mohs'schen 10 teiligen Skala), deshalb lassen sich mit ihm alle Mineralien und Gesteine von geringerer Härte ritzen, während alle härteren das Messer ritzen.

Diese Härteskala besteht aus folgenden 10 Mineralien: 1 Talk, 2 Steinsalz oder Gips, 3 Kalkspat, 4 Flußspat, 5 Apatit, 6 Feldspat, 7 Quarz, 8 Topas, 9 Korund, 10 Diamant. Da man aber diese Skala nicht im Gelände mitführt, wird es nötig, Ersatzstoffe zu benützen, und dazu dient in erster Linie das Taschenmesser (auch Meißel oder Hammer). Besonders erleichtert es die Unterscheidung von Kalkspat und Quarz, die beide als Gangfüllung zu den häufigst vorkommenden Mineralien gehören und vom Anfänger leicht verwechselt werden. Hier hilft die Probe mit dem Taschenmesser, mit dem Kalkspat leicht zu ritzen ist, während auf dem Quarz der Stahl abfärbt und andererseits vom Quarz geritzt wird.

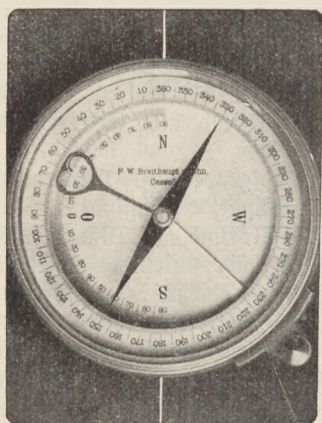
Es seien hier gleich noch einige andere Ersatzstoffe für die Härtebestimmung erwähnt: Glas hat etwa die Härte 5, ritzt also noch Flußspat, der Härte 4 hat, während der Fingernagel mit der annähernden Härte 3 den Gips ritzt. Substanzen mit Härte 1 sind dadurch ausgezeichnet, daß sie sich fettig anfühlen (Talk z. B.).

Eine Lupe ist nötig zur Feststellung der feineren Strukturen der Gesteine und von kleinen aber u. U. zur Bestimmung eines Gesteins und seines Fossilgehaltes wichtigen Bestandteilen oder Einschlüssen mineralischer oder organischer Art. Die Vergrößerung sollte etwa 8—12fach sein, noch besser ist eine Doppel Lupe, die außer schwacher Vergrößerung auch solche bis 20 oder 30fach ermöglicht.

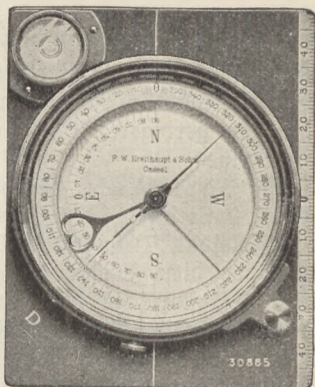
Ebenso wichtig wie der Hammer ist der geologische Kompaß. Er ist unentbehrlich für jede geologische Kartierung, für

jede Untersuchung über die Lagerungsverhältnisse von Gesteinsschichten, für die Verfolgung von Spalten und Störungslinien im Gelände (Abb. 2).

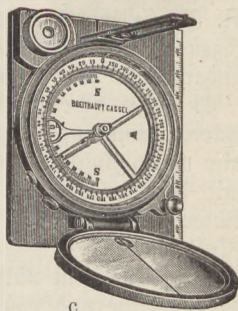
Zur möglichst bequemen Verwendung ist der geologische Kompaß etwas anders konstruiert als ein gewöhnlicher Kompaß. Zunächst sitzt der Kompaß in einem runden Gehäuse aus Holz,



a



b



c

Abb. 2. Geologenkompass, a mit rhombischer Nadel, b mit Balkennadel und Deklinationsverstellung für  $2 \times 30^\circ$ . Durch das Getriebe bei D Einstellung auf die in einem Gebiete herrschende Deklination. Dosenlibelle und Maßstab. c mit Spiegelvisur im Deckel und Diopter für Peilungen und Disuren

Messing oder Aluminium. Dieses ist auf einer rechteckigen Platte aus demselben Material von  $10 \times 8$  cm Seitenlänge montiert und zwar so, daß die Nord-Südrichtung den längeren, die Ost-Westrichtung den kürzeren Kanten der Platte parallel läuft. Dabei ist O und W vertauscht und zwar aus einem praktischen Grunde, der später klargelegt werden soll. Im Kompaßgehäuse ist auf dem etwas erhöhten Gradring eine Gradeinteilung an-



gebracht, die von N über O-S-W nach N geht, so daß bei N  $0^{\circ}$  und  $360^{\circ}$ , bei O  $90^{\circ}$ , bei S  $180^{\circ}$  und bei W  $270^{\circ}$  steht (bei den alten Bergmannskompassen ist die Einteilung in Stunden angegeben: je  $15^{\circ}$  sind 1 Stunde, N-S = 12, O-W = 6 Stunden. Diese Einteilung ist heute nicht mehr gebräuchlich).

Eine andere Einteilung ist die in  $2 \times 180^{\circ}$ , jeweils von N ausgehend, so daß bei S  $180^{\circ}$ , bei O und W  $90^{\circ}$  liegt.

Die Magnetnadel schwingt in der Höhe des Gradringes, so daß die beiden Spitzen bis dicht an diesen reichen und damit eine genaue Ablesung ermöglichen. Die Nordhälfte der Magnetnadel ist durch blaue Farbe oder ein dünnes Messingband gekennzeichnet. Eine Arretiervorrichtung ermöglicht das Feststellen der Magnetnadel, die erst vor der Messung gelöst wird, da sonst die Nadel und der Stift, auf dem sie sitzt, leicht beschädigt werden kann.

Das Kompaßgehäuse besitzt einen abnehmbaren oder aufklappbaren Deckel, zum Schutz des Deckglases. Nach dem Gebrauch kommt der Kompaß in ein Ledersfutteral.

Im Kompaß befindet sich auch das Klinometer (Neigungsmesser). An dem Stift, auf dem die Magnetnadel sitzt, ist ein leicht drehbarer Zeiger angebracht. Dessen feine Spitze bewegt sich bei senkrechter Stellung des Kompasses auf einer zweiten, innerhalb des Gradringes auf dem Boden des Kompasses eingravierten Skala, die von O (oder W) aus bis zu N und S reicht und jeweils von  $0-90^{\circ}$  eingeteilt ist. Auch das Klinometer wird stets arretiert, wenn es nicht gebraucht wird. Eine Libelle ist meist auf der Platte angebracht.

Es gibt außer dieser Konstruktion noch eine Reihe anderer Ausführungen, die aber grundsätzlich nichts davon abweichendes besitzen. Sie sind z. T. besonders für Messungen unter Tage, in Bergwerken, Tunnels u. a. konstruiert, wo sich oft die Notwendigkeit ergibt, die Messungen nur mit einer Hand auszuführen.

Die Vertauschung von O und W, die für die Kompaße mit der Einteilung in  $2 \times 180^{\circ}$  nötig war, ist bei der von  $0-360^{\circ}$  durchgehenden Einteilung nicht mehr nötig, wird aber meistens noch gemacht.

Nun zu der Art der Handhabung! Der Kompaß dient dazu, die Richtung und Neigung einer Schicht, eines Ganges oder einer Bruchlinie im Raum zu bestimmen oder, wie der Geologe sagt, ihr Streichen und Fallen zu messen.

Zu diesem Zweck legt man den Kompaß mit einer der langen Kanten an die Schichtfläche an, wobei mit Hilfe der Libelle oder nach Augenmaß die Kompaßplatte horizontal gehalten wird. Jetzt liegt also die N-S-Linie parallel der Richtung, d. h. dem Streichen der Schicht. Wenn sich die Nadel beruhigt hat, liest man auf dem Gradring ab, wieviel Grad die N-Nadel anzeigt (es wird immer die N-Nadel beobachtet!) und findet beispielsweise  $55^\circ$ . Nun muß zunächst die magnetische Deklination berücksichtigt werden. Diese sei  $10^\circ$  W, d. h. die N-Nadel zeigt in eine Richtung, die  $10^\circ$  westlich vom geographischen Nordpol liegt. Diese  $10^\circ$  werden abgezogen, und es ergibt sich somit für unsere Schichtplatte ein Streichen von  $45^\circ$ , d. h. die Schicht streicht in der Richtung NO—SW. Bei einem Kompaß mit der Einteilung in  $2 \times 180^\circ$  würde aber die Angabe der Grade allein nicht genügen, denn da könnte ja die Schicht sowohl NO—SW als auch NW—SO-Richtung haben. Deshalb muß bei dieser Einteilung stets noch O oder W hinzugefügt werden, in unserem Fall also müßte es heißen Streichen N  $45^\circ$  O. Und jetzt wird auch klar, warum bei diesen Kompassen O und W vertauscht ist. Denn die N-Nadel zeigt stets nach N, da wir aber die Nordrichtung des Kompasses parallel der Schicht angelegt haben, bildet diese mit der N-Nadel einen Winkel von  $45^\circ$ , d. h. die Schicht ist um  $45^\circ$  aus der N-S-Richtung abgelenkt gegen O. Es ist also lediglich zur Erleichterung der Ablesung O und W vertauscht (Abb. 3).

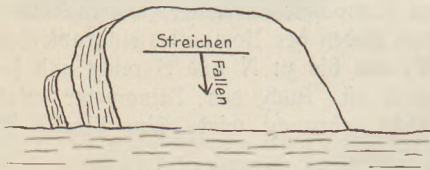


Abb. 3. Streichen und Fallen an einer geneigten Schichtplatte

Zur Bestimmung des Streichens kommt als notwendige Ergänzung die der Richtung und Stärke der Schichtneigung, des Fallens oder Einfallens. Sie wird mit Hilfe des Klinometers gemessen. Da diese Richtung senkrecht zum Streichen verläuft, legt man den Kompaß in dieser Richtung mit der Kante, über welcher der Nullpunkt der Klinometerskala liegt, so an die Gesteinsplatte an, daß er senkrecht steht. Der Klinometerzeiger muß sich dabei frei bewegen können, das gibt zugleich die Kontrolle für die senkrechte Stellung des Kompasses. Die Magnetnadel wird vorher arretiert. Auf der Klinometerskala wird

nun der Neigungs- oder Fallwinkel abgelesen, den die Schichtplatte mit der Horizontalebene bildet. Dabei ist noch nötig, die Richtung, nach welcher die Schicht geneigt ist, oder wie der Geologe sagt: einfällt, zu bestimmen, denn eine Schicht könnte ja ebensogut nach der einen wie nach der anderen Seite einfallen. In dem oben gewählten Beispiel könnte die  $N 45^{\circ} O$  (oder  $45^{\circ}$ ) streichende Schicht sowohl nach NW als auch nach SO einfallen. Wir messen ein Fallen von  $60^{\circ}$  und setzen die Himmelsrichtung dazu:  $60^{\circ} NW$  oder nur  $60^{\circ} N$ .

Jetzt ist die Lage dieser Schicht im Raum bestimmt, Streichen und Fallen ist bekannt und wird folgendermaßen notiert:

Streichen  $N 45^{\circ} O$ , Fallen  $60^{\circ} NW$ , oder:  $N 45 O$ ,  $60 NW$ , oder:  $N 45 O$ ,  $60 N$ , oder (bei Kompassen mit durchgehender Gradeinteilung):  $45, 60 N$ .

Auf den geologischen Karten gibt man diese Messungen durch bestimmte Zeichen an: ein kurzer Strich in der Streichrichtung und senkrecht dazu ein Pfeil, wobei dessen Richtung die des Fallens und die verschiedene Länge des Pfeiles die Größe des Fallwinkels bezeichnet. Je kürzer der Pfeil, desto größer ist der Fallwinkel. Liegt die Schicht horizontal, dann wird das durch zwei sich rechtwinklig kreuzende gleichlange Striche bezeichnet; steht sie senkrecht, so macht man in den das Streichen angehenden Strich einen kurzen Querstrich oder einen kleinen Kreis (Abb. 4). Die drei untersten Zeichen bedeuten: Sattel, Mulde, Kuppel.



Abb. 4.  
Zeichen für  
Streichen  
und Fallen

Wenn es nicht, wie meist in Bergwerken, auf größte Genauigkeit ankommt, dann rundet man die Messungen auf  $5^{\circ}$  ab, statt  $53^{\circ}$  z. B.  $55^{\circ}$ , statt  $46^{\circ}$   $45^{\circ}$ . Außerdem ist zu berücksichtigen, daß sich Streichen und Fallen sehr häufig ändert und oft auf ganz kurze Entfernung wechselt. Denn einerseits sind die zu messenden Flächen manchmal schon ursprünglich nicht ganz eben, andererseits sind sie bei der Aufrichtung und Faltung oft noch im kleinen verbogen. In solchen Fällen genügt eine einzige Messung nicht, sondern es ist nötig, je nachdem mehrere zu machen und das Mittel daraus zu nehmen. Auch läßt sich in manchen Fällen durch Anlegen des Kompasses an einen in der Streich- oder Fallrichtung auf die Platte gelegten Stock

dieser Mittelwert schon durch eine Messung gewinnen. Man verwende dazu aber nicht den Hammer, da dessen Eisen auf die Magnetnadel einwirkt! Ebenso, wenn auch weniger sicher, kann durch Anvisieren der Gesteinsplatte von einem Punkt aus, von dem die Schichtfläche im Querschnitt als Linie erscheint, die Bestimmung durchgeführt werden.

Auch auf größere Entfernung können mit dem Kompaß Punkte

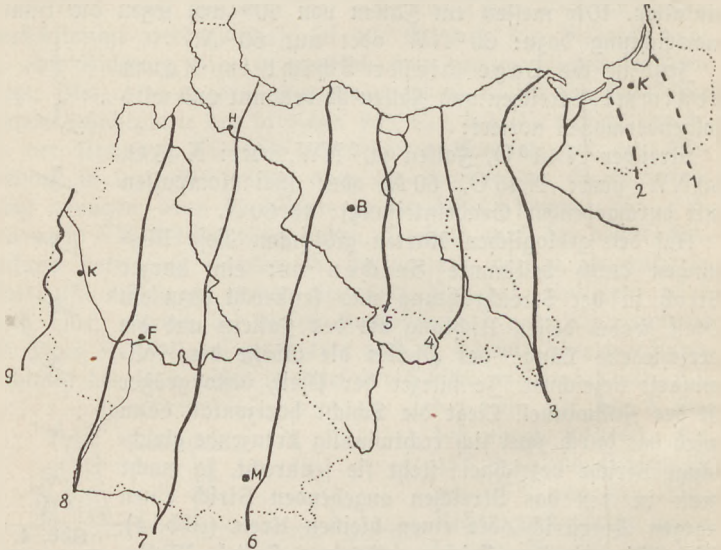


Abb. 5. Deklinationkarte vom Deutschen Reich für 1930. Die dicken Linien bezeichnen die westliche Deklination in Grad. Sie nimmt jährlich um rund 12 Minuten ab

anvisiert werden. Man visiert bei horizontaler Haltung des Kompasses an einer der langen Kanten und liest die Nadelstellung ab. Besser ist es aber, eine eigene Visiervorrichtung am Kompaß anzubringen, die ein sicheres Visieren ermöglicht. Die Deklination muß natürlich auch hier berücksichtigt werden (Abb. 5).

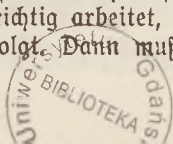
Die Berücksichtigung der Deklination darf nie vergessen werden. Am besten ist es, sie jeweils sofort nach der Messung vorzunehmen und das derart berichtete Ergebnis zu notieren. Zu beachten ist, daß die Deklination für jedes größere Ge-



biet verschieden ist und daß sie sich auch zeitlich ändert. Deshalb ist es nötig, sich vor Beginn der geologischen Tätigkeit die Kenntnis der zur Zeit für das Arbeitsgebiet gültigen Deklination zu verschaffen. Sie ist zu erfahren bei den entsprechenden Observatorien und Instituten und wird auch gelegentlich in verschiedenen Zeitschriften (Zeitschrift für Vermessungswesen, Petermanns Mitteilungen, Geologische Rundschau) veröffentlicht.

Für die Ermittlung der Meereshöhen ist ein Aneroidbarometer sehr nützlich. Selbst wenn gute topographische Karten mit zahlreichen gemessenen Punkten und Höhenlinien vorhanden sind, kommt der Geologe doch oft, besonders in Gebirgen, in die Lage, die Höhe eines Punktes feststellen zu müssen, was in unübersichtlichem Gelände, wie Wald, Busch oder Fels, auf der topographischen Karte häufig nicht sicher möglich ist.

Für solche Fälle ist ein geprüftes und kompensiertes Aneroid unbedingt nötig. Es hat außer der inneren Luftdruckskala (in mm) eine äußere drehbare Skala (in m). Der Luftdruck nimmt ab mit der Höhe, je höher wir steigen, desto geringer ist der Luftdruck. Bei 0 m Meereshöhe ist er normalerweise 760 mm, bei 1000 m 672 mm. Änderungen des Luftdruckes durch Umschlagen des Wetters (bei Gewitter z. B.) müssen natürlich berücksichtigt werden. Man stellt am Ausgangspunkt, dessen Höhe bekannt ist, die Meterskala auf die Nadel ein und kann nun an jedem weiteren Punkte mit bekannter Höhe das Aneroid kontrollieren. Stimmt die von der Nadel angezeigte Höhe mit der tatsächlichen überein, dann hat sich der Luftdruck in der Zwischenzeit nicht geändert (abgesehen natürlich von der durch die verschiedene Meereshöhe entstehenden Änderung!) und die am Aneroid gemessenen Höhen an Zwischenpunkten können ohne weiteres als richtig angenommen werden. Gut ist es, wenn die Kontrollen an Punkten, deren Höhe bekannt ist, zeitlich nicht zu weit auseinanderliegen, da auch bei gleichbleibendem Wetter im Laufe des Tages Luftdruckschwankungen eintreten. Bei längeren Touren in Gebieten mit ungenügenden topographischen Karten suche man die Luftdruckkurven einer nicht zu weit entfernten meteorologischen Station zu erhalten, um danach die eigenen Ableesungen korrigieren zu können. Ergibt aber der an einem seiner Höhe nach bekannten Punkte abgelesene Luftdruck nicht diese Höhe, so ist — vorausgesetzt, daß das Aneroid richtig arbeitet, — inzwischen eine Luftdruckänderung erfolgt. Dann muß die



berücksichtigt werden. Wie das geschieht, möge das folgende Beispiel zeigen.

Bei Punkt A mit der Meereshöhe 300 m sei abgelesen 732 mm. Nach einer Stunde wird der Punkt C erreicht, dessen Meereshöhe mit 480 m ebenfalls aus der topographischen Karte zu entnehmen ist. Bei unverändertem Luftdruck müßte das Aneroid jetzt 716 mm anzeigen. Die Nadel zeigt aber 718 mm, was eine Höhe von 455 m ergeben würde. Somit ist in dieser Stunde der Luftdruck um 2 mm gestiegen. Unter der Annahme, daß das Steigen des Luftdruckes gleichmäßig erfolgte, lassen sich jetzt die Höhenmessungen an den Punkten zwischen A und C korrigieren. Es sei eine halbe Stunde nach Verlassen von Punkt A der Punkt B gemessen worden mit 724 mm = 390 m. Da aber inzwischen der Luftdruck, abgesehen vom Fallen infolge größerer Höhe, allgemein um 1 mm gestiegen war, muß der diesem 1 mm entsprechende Höhenunterschied von rund 10 m zu 390 m addiert werden. Daraus ergibt sich für B als tatsächliche Höhe 400 m.

Zur Ermittlung der Höhe von Punkten kann auch ein Horizontglas benützt werden. Es besteht aus einer Visieröhre mit horizontalem Schließ am Hinterende, mit horizontal gespanntem Faden oder dünnem Blechstreifen am Vorderende. Eine Libelle im Innern, durch einen Spiegel bequem sichtbar, ermöglicht die wagrechte Einstellung, so daß damit alle gleich hohen Punkte der Umgebung bestimmt werden können.

Auch zur Ermittlung der Höhenunterschiede zweier Punkte ist das Horizontglas zu verwenden, wenn es neben der Röhre noch eine entsprechende Vorrichtung besitzt, nämlich eine bewegliche Radscheibe mit Gradeinteilung, die nach beiden Seiten von  $0^{\circ}$ — $90^{\circ}$  geht. Eine kleine Lupe neben der Visieröffnung ermöglicht gleichzeitiges Visieren und Ablesen der Radstellung. Bei horizontalem Visier ist sie  $0^{\circ}$ , bei entsprechender größerer oder geringerer Höhe des anvisierten Punktes läßt sich die Neigung in Grad ablesen. Mit Hilfe der nach der Karte festzustellenden Entfernung beider Punkte kann dann der Höhenunterschied als die eine Kathete eines rechtwinkligen Dreiecks berechnet werden.

Zum Messen der Dicke („Mächtigkeit“ sagt der Geologe) von Schichten, Gängen u. a. bedient man sich eines zusammenlegbaren Maßstabes. Praktisch ist es auch, am Hammerstiel eine Zentimeterteilung anzubringen. Für Messung größerer Strecken ist ein aufrollbares Meßband nützlich. In Ermangelung eines

solchen und um die Messung zu beschleunigen, kann auch durch Schrittzählung gemessen werden. Dazu ist vorherige Messung der Schrittlänge und möglichst gleichmäßiger Schritt nötig. Man stellt die Schrittlänge fest durch Abschreiten von Strecken, deren Länge bekannt ist, wie auf Straßen mit Kilometersteinen. Im allgemeinen beträgt die Schrittlänge eines erwachsenen Menschen 80 cm auf guten, ebenen Wegen. Bei Steigung wird sie entsprechend kürzer, ebenso auf schlechten Wegen oder bei weglosem Gehen. Auch der Ermüdungsfaktor spielt hier mit, abends sind die Schritte gewöhnlich kürzer als morgens. Daraus erhellt, daß die Messungen nicht sehr genau werden, öftere Kontrolle der Schrittlänge ist deshalb angebracht. Bei einiger Übung wird sich aber doch eine für viele Fälle genügende Genauigkeit ergeben.

Auf Reisen in Gebieten mit schlechten oder unzureichenden topographischen Karten wird diese Methode der Entfernungsmessung oft angewandt, besonders dann, wenn zugleich topographische Aufnahmen (Croquis) gemacht werden müssen. Handelt es sich um größere Strecken, dann kann im allgemeinen mit einem Ausgleich der Fehler gerechnet werden, so daß das Gesamtergebnis doch ziemlich richtig ist.

Es gibt auch Schrittzähler (Pedometer), die die Schritte registrieren und damit das eigene Zählen der Schritte überflüssig machen. Sie haben aber den Nachteil, daß sie die Verschiedenheiten der Schrittlänge nicht angeben, so daß sie nur bedingten Wert haben. Für alle Fälle, wo es auf möglichste Genauigkeit ankommt, ist deshalb die Messung mit Maßstab oder Meßband unbedingt vorzuziehen.

Für besondere Untersuchungen ist Messung von Temperaturen der Luft, des Bodens, des Wassers, vor allem von Quellen mit Hilfe eines geeigneten Thermometers nötig. Es ist zum Schutz gegen Beschädigung, solange es nicht gebraucht wird, in einer Hülse eingeschraubt und mit einer mäßig langen festen Schnur versehen. Bei Luftmessung wird es an dieser Schnur im Kreise so lange herumgeschleudert, bis sich der Stand nicht mehr ändert, um die wahre Lufttemperatur zu erhalten. Bei Wasser-messung wird es entsprechend lange und tief in das Wasser versenkt, bei Messung der Insolation und Bodentemperatur auf oder in den Boden gelegt.

Ein weiterer allgemein zu empfehlender Ausrüstungsgegen-

stand ist eine Salzsäureflasche. Man nimmt dazu eine Hartgummiflasche (die für Füllfederhalter sind ganz geeignet, nur werden die Dichtungen aus Weichgummi ziemlich rasch zerfressen und müssen dann ersetzt werden), auch Glasflaschen mit eingeschliffenem Stöpsel und Tropfvorrichtung in einer Hartgummi- oder Holzhülle sind geeignet. Dichter Verschluss ist nötig, da sonst die Kleider leicht Flecken und Löcher bekommen. Die Flasche wird mit verdünnter Salzsäure (etwa 20 %ige) gefüllt. Die Säure dient zur Feststellung von Kalkstein und zur Unterscheidung von Kalkstein und Dolomit. Bringt man einen Tropfen der Säure auf Kalkstein, so entwickelt sich unter lebhaftem Aufbrausen Kohensäure, während bei anderen Gesteinen der Tropfen ruhig und klar stehen bleibt. Voraussetzung ist, daß der Stein nicht naß ist, da sich sonst die Säure zu rasch und stark verdünnt.

Kalkstein und Dolomit sind oft äußerlich so ähnlich, daß ihre Unterscheidung im Gelände ohne Salzsäureprobe nicht möglich ist. Auch Übergangsbildungen zwischen Kalkstein und Dolomit lassen sich durch stärkeres oder schwächeres Aufbrausen erkennen.

Photographischer Apparat und Feldstecher sind sehr zu empfehlen, jener um bemerkenswerte Gesteinsarten, Aufschlüsse, Landschaftsformen u. a. im Bilde festzuhalten, dieser zur Orientierung über entferntere Punkte, auch zur Feststellung, ob Aufschlüsse in der weiteren Umgebung vorhanden sind, wodurch unter Umständen mancher nutzlose Weg erspart werden kann. In Hochgebirgen besonders ist der Feldstecher unentbehrlich, da er wenigstens einigermaßen das Studium von unzugänglichen Wänden und Abstürzen ermöglicht.

Dagegen sind unbedingt nötig Notizbuch, Bleistifte, Radiergummi, Farbstifte. Die Größe des Notizbuches ist beliebig, doch soll das Buch bequem in die Tasche zu stecken sein. Steifer Umschlag erleichtert das Schreiben und Zeichnen, für dieses ist auch ein besonderes Skizzenbuch zu empfehlen.

Auch Notizbücher oder Blocks aus abreißbaren oder losen, gelochten Blättern oder Sammelmappen können gebraucht werden. Das hat für manche Beobachtungen den Vorteil, daß später Blätter mit gleichartigen Beobachtungen und Aufzeichnungen zusammengelegt werden können.

Im einzelnen wird das jeder machen, wie es ihm am besten paßt. Das wesentliche dabei ist ja nicht die äußere Form und



Beschaffenheit, sondern das, was notiert wird. Hier sollte es sich jeder zur Regel machen, alles, was er beobachtet, möglichst genau und ausführlich aufzuschreiben und nach Möglichkeit durch Zeichnungen und Skizzen zu erläutern.

Niemals soll man sich auf sein Gedächtnis verlassen, denn jede Stunde, jeder Tag bringt neue Eindrücke, neue Beobachtungen, und die früheren verblässen und verwischen sich. Viele wertvolle Beobachtungen gehen dabei unwiederbringlich verloren.

Am besten ist es, bei jedem Aufschluß sofort das Gesehene zu beschreiben, bei mangelnder Zeit vielleicht zunächst nur in Stichworten, Zeichnungen zu machen und dann abends diese Notizen weiter auszuarbeiten. Nur auf diese Weise läßt sich eine gewinnbringende Tätigkeit ausführen.

Andernfalls merkt man erst zu Hause bei der Bearbeitung des Materiales und der Notizen, daß wichtige Beobachtungen inzwischen dem Gedächtnis entfallen sind und der Weg noch einmal gemacht werden muß, um diese Lücken auszufüllen.

Besonderes Gewicht sollte auch auf Zeichnungen gelegt werden. Heute, wo jeder mit dem photographischen Apparat im Gelände geht, wird diese Art der Beobachtungswiedergabe leider sehr vernachlässigt. Es ist natürlich bequemer, eine photographische Aufnahme zu machen, sie wird auch naturgetreuer als eine Zeichnung, aber nicht immer treten auf der Photographie die charakteristischen Dinge deutlich hervor. Der Einwand, daß man nicht oder nur schlecht zeichnen könne, ist auch hinfällig, denn eine schlechte Zeichnung, die mit ein paar Strichen wenigstens das wichtigste des Aufschlusses wiedergibt, ist besser als gar keine und unterstützt vor allem das Gedächtnis ganz wesentlich. Auch erspart eine Zeichnung oft eine lange Beschreibung.

Wenn außer der Zeichnung noch eine Photographie gemacht wird, dann können sich beide in wirkungsvollster Weise ergänzen. Und schließlich gibt in vielen Fällen die Zeichnung, etwa eine Lagerungsskizze oder ein Schichtenprofil, erst den Hinweis auf die Lösung einer Frage, die ohne sie ungelöst bleiben muß.

Für jedes Gebiet, in dem geologische Beobachtungen gemacht werden sollen, versehe man sich mit den jeweils besten topographischen und geologischen Karten größten Maßstabes. Handelt es sich um Aufnahmen sehr komplizierter Verhältnisse, dann ist es manchmal nötig, die topographische Karte photographisch zu vergrößern.

Die Karten müssen in Taschenformat aufgezogen sein. Vielfach werden sie in einer Kartentasche getragen, wobei eine Seite aus Zelluloid ist, so daß die Karte studiert werden kann, ohne sie herausnehmen zu müssen. Wenn diese Zelluloidplatte in Quadrate bestimmter Seitenlänge geteilt ist, lassen sich auch Entfernungen leicht ablesen.

Für die Eintragungen muß natürlich die Karte herausgezogen werden, deshalb ist es meist praktischer, die Karte in die Rocktasche zu stecken, auch schon deshalb, damit sie möglichst rasch zur Hand ist.

Zum Tragen der sonstigen Ausrüstung (für schlechtes oder kaltes Wetter, Mundvorrat u. a.) und des gesammelten Materials ist am besten ein guter, wasserdichter, nicht zu kleiner Rucksack mit breiten Tragriemen (schmale Riemen schneiden zu sehr ein!).

Für das Verpacken der gesammelten Handstücke und Versteinerungen nehme man stets Papier in ausreichender Menge mit, dazu Etiketten (am besten kleine Abreißblöcke), ferner für zerbrechliche und sehr kleine Mineralien und Versteinerungen einige kleine Schachteln oder Glasröhren, auch Watte. Kleine Säcke sind nützlich, um jeweils die an einem Orte gesammelten Versteinerungen oder Gesteine darin aufzubewahren, das erleichtert die Ordnung beim Auspacken. Auch kleine Netzaschen können dazu benützt werden, wie auch während des Auffammelns an einem Orte, um die Hände stets sofort wieder frei zu bekommen zu neuem Schlagen und Sammeln.

Die Größe der Handstücke kann natürlich beliebig sein. Im allgemeinen sollen die Stücke so groß sein, daß sie eben als „Handstücke“ bezeichnet werden können, d. h. daß sie ungefähr Handgröße haben. Das Format  $9 \times 12$  cm bei 3 cm Dicke kann deswegen als Normalformat gelten. Im einzelnen natürlich kann jeder das Format so wählen, wie er will, jedoch ist zu bedenken, daß sehr kleine Formate (sog. „Westentaschenformate“) von den bezeichnenden Eigenschaften der Gesteine meist zu wenig erkennen lassen.

Unter Umständen ist es erwünscht und nötig, wesentlich größere Stücke zu schlagen, in anderen Fällen genügen kleinere, kurz — allgemeine Regeln lassen sich hier nicht aufstellen. Es gilt nur der Satz: besser zu groß als zu klein.

Auf ordentliches sorgfältiges Verpacken der gesammelten Stücke soll stets gehalten werden. Vor allem muß jedes Stück für sich eingewickelt werden, um gegenseitiges Reiben und Stoßen zu verhindern. Unbedingt nötig ist es, zu jedem Stück einen Zettel mit genauer Angabe des Fundortes zu legen und diesen Zettel so mit einzupacken, daß die Schrift nicht durch Berührung mit dem Stein leidet. Handstücke und Versteinerungen ohne Fundortangabe sind in den meisten Fällen wertlos, denn es kommt ja nicht darauf an, das Vorhandensein von gewissen Gesteinen oder Versteinerungen auf der Erde festzustellen, sondern ihre Bedeutung liegt darin, daß sie gerade an einem bestimmten Fundpunkte vorkommen. Auch dabei verlasse man sich nie auf das Gedächtnis!

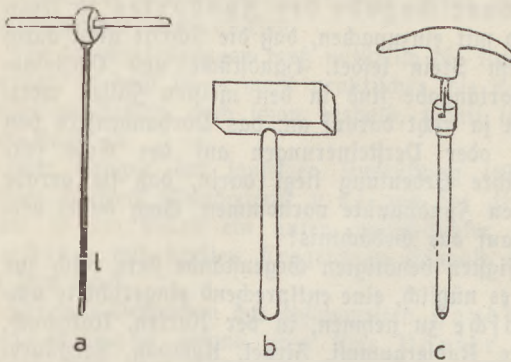
Um die am häufigsten benötigten Gegenstände stets rasch zur Hand zu haben, ist es nützlich, eine entsprechend eingerichtete umhängbare Ledertasche zu nehmen, in der Karten, Notizbuch, Blei- und Farbstifte, Radiergummi, Zirkel, Kompaß, Salzsäureflasche, Aneroid usw. untergebracht werden können.

Praktisch ist auch ein Ledergürtel mit Schlaufen und Taschen zum Anhängen und Einstecken von Hammer, Meißel, Kompaß, Aneroid, Salzsäureflasche. Wie das im einzelnen gemacht wird, ist an sich gleichgültig, wichtig ist nur, daß alle Gegenstände, die öfter gebraucht werden, möglichst bequem und rasch greifbar und ohne umständliches Auspacken verwendungsbereit sind. Vor allem soll dies mit dem Hammer der Fall sein. Deshalb ist es am besten, ihn dauernd in der Hand zu tragen. Durch unpraktische Unterbringung einzelner Ausrüstungsgegenstände und umständliche, zu ihrer Verwendungsmöglichkeit erforderliche Manipulationen wird manche Prüfung und Beobachtung unterbleiben, die anderenfalls in kürzester Zeit gemacht werden kann.

Für Untersuchungen im Flachland mit lockeren Ablagerungen, für Boden- und Mooruntersuchungen u. a. ist ein Handbohrer nötig. Die einfachste, dabei praktischste Form besteht aus einer runden Eisenstange von 1, 2 oder 3 m Länge, die oben einen Ring hat, durch den ein als Griff dienendes kurzes Holz gesteckt wird. Über dem spitzen unteren Ende hat die Eisenstange eine 30 cm lange seitliche Aushöhlung, in die sich beim Bohren die Bohrprobe hineindrückt. Der Bohrer wird auf der vegetations- oder laubfrei gemachten Bohrstelle aufgesetzt und bis zum obe-

ren Ende der Aushöhlung (Löffel) senkrecht hineingebracht oder, wenn der Boden zu hart ist, mit einem hölzernen Schlägel hineingeschlagen. Hierauf muß kurz gedreht werden, dann wird der Bohrer senkrecht herausgezogen und die Bohrprobe heraus-

genommen. (Abbildung 6.)



Die zweite Bohrung geht um 30 cm tiefer (man trägt sich das Maß vorher an der Stange auf). Auf diese Weise läßt sich ein vollständiger

Durchschnitt durch die oberen Erdschichten gewinnen.

Diese einfache Handbohrung ist natürlich nur

Abb. 6. Bohrgerät für Handbohrungen (nach Keilhack).  
a Einmeterbohrer mit Holzgriff zum Drehen, l = Löffel, in den sich die Bohrprobe legt. b hölzerner Schlegel zum Eintreiben des Bohrers. c Bohrstock mit Hülse, in der der Bohrer steckt

bei lockeren Ablagerungen und Böden anwendbar. Stößt man dabei auf einen Stein, was ja bei Schottern, Moränen u. a. häufig vorkommt, dann ist zunächst zu versuchen, ob durch Druck der Stein seitlich verschoben werden kann, geht das nicht, dann muß an einer anderen Stelle gebohrt werden. Änderungen der Widerstandsfähigkeit des Bodens werden bei vorsichtigem Bohren leicht erkannt, auch durch Gesteinsmehl an der Spitze des Bohrers können Steine festgestellt werden.

\*

Die wesentlichen Ausrüstungsgegenstände und ihr Gebrauch sind hier verhältnismäßig eingehend beschrieben worden. Mit Absicht, denn von ihrer guten Beschaffenheit und richtigen Anwendung hängt viel ab. Vor allem erleichtert das die Arbeit in hohem Maße. Nichts ist störender, als wenn etwa nach kurzer Zeit der Hammer zerspringt oder der Stiel abbricht und mindestens für den Rest des Tages richtiges Schlagen ausgeschlossen ist.



## 2. Gebrauch der Karte

Es wurde schon betont, wie wichtig genaue Fundortsangaben sind. Das setzt natürlich entsprechende Orientierung im Gelände voraus. Deshalb ist Vertrautheit mit dem Kartenmaterial nötig. Wer geologische Beobachtungen im Gelände macht, muß die Karte so lesen und sich rasch so orientieren können, daß er jederzeit weiß, an welchem Punkt er sich befindet. Das ist verhältnismäßig leicht, solange er sich auf Hauptwegen bewegt, wird aber schwieriger auf Nebenwegen, und diese Schwierigkeit steigert sich erheblich, wenn er weglos zu gehen gezwungen ist. Je besser nun das Zurechtfinden auf der Karte erfolgt, desto sicherer sind die Angaben über die Lage von Beobachtungspunkten und Aufschlüssen. (Aufschluß ist eine Stelle, an der etwas für die Geologie bemerkenswertes sichtbar, d. h. „aufgeschlossen“ ist.)

Man mache sich deshalb mit den topographischen Karten möglichst vertraut und unterrichte sich auch über die dort verwandten Signaturen und Bezeichnungen. Aus ihnen kann eine Menge von Hinweisen auf die Lage von Aufschlüssen entnommen werden. Nicht nur die größeren künstlichen Aufschlüsse sind auf der Karte vermerkt, z. B. Bergwerke, Schächte, Steinbrüche, Kies-, Sand-, Ton-, Lehmgruben, Einschnitte von Straßen und Bahnen, sondern auch alle auffallenden natürlichen Bildungen, z. B. Höhlen, Felsen, Schutthalden, Kies- und Sandflächen, größere erratische Blöcke (Findlinge), Quellen.

In Ortschaften erkundige man sich danach, woher die für die Bauten und Wege verwandten Materialien (Steine, Kies, Sand, Lehm, Löß) stammen. Besonders zur Gewinnung von Schotter und Sand werden oft kleine Gruben in der Nähe angelegt, die auf den topographischen Karten nicht angegeben sind, da sie erst in jüngster Zeit entstanden sind. Auch verschlechtern sich derartige Aufschlüsse sehr rasch, sobald sie nicht weiter ausgebeutet werden, durch Nachrutschen und durch Bewachsung, oder durch Zuschütten mit Abfällen.

Aus den gleichen Gründen ist auch häufig in solchen auf der Karte eingezeichneten Gruben heute nichts mehr zu sehen. Selbst bei festen Gesteinen ist das oft der Fall. Im hinteren Odenwald steht nach den älteren geologischen Karten auf größeren Flächen Kalkstein der Permformation an. Heute ist davon kaum mehr etwas sichtbar, denn die Kalksteine sind inzwischen durch

den Steinbruchbetrieb verschwunden, die niedrigen Steinbruchwände sind abgeschrägt und die unter dem Kalkstein anstehenden Granite haben, befördert durch die Landwirtschaft, einen fruchtbaren Boden geliefert, der zusammen mit der Vegetation auch die letzten noch vorhandenen Reste des Kalksteins verdeckt. Überhaupt muß bei geringerer Mächtigkeit und Ausdehnung von nutzbaren Ablagerungen mit der Möglichkeit ihres vollständigen Verschwindens durch künstlichen Abbau gerechnet werden.

Aus Orts-, Bach-, Flur- und Bergnamen lassen sich oft Schlüsse auf dort vorkommende bezeichnende Gesteine ziehen. Dafür einige Beispiele: Im Vorpessart deuten Namen wie Steinbach, Im Steinchen auf den Quarzitzug, der in den Glimmerschiefeln liegt und durch seine größere Härte, steinigern Boden und geringere Fruchtbarkeit auffällt; der Ölgraben im Karwendelgebirge fließt durch asphalt- und bitumenreiche Schichten des Hauptdolomites; die Koiwand bei Schliersee besteht aus roten Liaschichten; die hellen festen Oberhätkalke der bayrischen Voralpen bilden steil aufragende „Steine“ (Plankenstein, Leonhardstein, Kofstein).

Aus der Geländezeichnung der Karte ergeben sich weitere wichtige Hinweise auf Stellen, an denen in erster Linie geologische Beobachtungen zu machen sind (steile Hänge, natürliche Einschnitte von Wasserläufen, Felsküsten an Meeren und Seen u. a.). Bei der heute auf den topographischen Karten zum meist üblichen Darstellung der Geländeform durch Schichtlinien (Isopynen) treten solche Stellen deutlich hervor durch den geringen Abstand der Schichtlinien. Je enger sie nebeneinander liegen, desto steiler ist das Gelände, und umgekehrt.

Man kann sich deshalb in Gebieten, in denen nicht schon bekannte geologische Aufschlüsse untersucht werden sollen, sondern wo man erst Aufschlüsse suchen will, schon vorher durch das Studium der topographischen Karte die dafür am ersten in Betracht kommenden Stellen herausfinden und die Begehung danach einrichten.

Bei eingehenderen geologischen Untersuchungen und vor allem jedoch bei geologischen Kartierungen, muß nicht nur eine Anzahl von Aufschlüssen, sondern das ganze Gelände mit Hilfe eines möglichst dichten Begehungsnetzes untersucht werden. Dabei ist die rasche Orientierung und das Zurechtfinden auf der Karte unbedingt notwendig.

Ist die topographische Karte, wie das bei älteren Karten häufig der Fall ist, nicht sehr genau, dann ergeben sich daraus

oft Schwierigkeiten. In solchen Fällen ist der Geologe gezwungen, entsprechende Verbesserungen und Richtigstellungen der topographischen Karte vorzunehmen, und unter Umständen ein Stück der Karte selbst topographisch aufzunehmen, oder wenigstens die Wiedergabe der Oberflächengestaltung in der Nähe eines Aufschlusses, die Lage eines Weges u. a. mit Hilfe von Entfernungsmessungen und Visuren zu verbessern.

Zu beachten ist auch, daß in größeren Waldgebieten auf der Karte häufig Wege angegeben sind, die nicht mehr bestehen, während vorhandene fehlen. Die Erklärung dafür ist sehr einfach: Bei der Aufnahme der Karte waren gewisse Wege aus forstwirtschaftlichen Gründen vorhanden, wurden aber nachher, als die Holzgewinnung in dem betreffenden Geländestück aufhörte, nicht weiter erhalten und verfielen, während seitdem in anderen, abzuholenden Bezirken neue Wege angelegt wurden. Hier hat also nicht etwa der aufnehmende Kartograph falsche Einzelzeichnungen gemacht, sondern die Unstimmigkeiten sind lediglich durch die Erfordernisse der Forstwirtschaft entstanden.

Es muß überhaupt stets damit gerechnet werden, daß seit Herstellung der topographischen Karte allerlei Veränderungen erfolgt sind (Wege, Bahnen, Stauwerke, Flußkorrekturen, größere Bauten, Kahlschläge, Aufforstungen, Steinbrüche, Gruben), wodurch Korrekturen und Ergänzungen der Karte nötig werden.

Aber abgesehen von solchen, meist geringfügigen Veränderungen gibt die topographische Karte ein anschauliches Bild von der Geländegestaltung, von der Verteilung von höheren und niedrigeren Gebieten, von der Verbreitung geschlossener Vegetationsdecken. Diese sind, wie z. B. Wälder, Wiesen, bebaute Felder, im allgemeinen ungünstig für geologische Beobachtungen, da die dichte Vegetation den Einblick in den Untergrund verhindert. Man ist dort meist auf die Beobachtung des Verwitterungsbodens beschränkt, aus dem sich jedoch vielfach wertvolle Hinweise auf die Beschaffenheit des darunter liegenden Gesteins gewinnen lassen. Dazu treten die Lesesteine, die in wechselnder Menge in manchen Gebieten vorhanden sind, besonders in solchen, in denen die Verwitterung und Zersetzung des Bodens noch nicht sehr weit fortgeschritten ist. Auf Äckern ist deshalb die beste Zeit zur Beobachtung nach der Ernte und kurz nach dem Umpflügen, da bei diesem etwas tiefere Teile an die Oberfläche kommen. Gewisse Vorsicht ist dabei aller-

dings geboten, denn mit dem Mist werden häufig ortsfremde Gesteine (Bauschutt, Straßenschotter und anderes) auf die Felder gefahren. Deshalb ist in solchen Fällen besonders darauf zu achten, in welcher Menge die einzelnen Steine auftreten, dann wird leicht das Ortsfremde vom Ortseigenen zu unterscheiden sein.

Auch Zufallsaufschlüsse sind in solchen Gebieten wichtig. Umgestürzte Bäume, vorübergehend offene Gruben und selbst Maulwurfshügel können manchmal die Beschaffenheit der tieferen Bodenlagen anzeigen.

In neuerer Zeit ist die Täuschungsmöglichkeit in weiten Gebieten besonders groß geworden durch die Bahn- und Straßebauten, sowie durch die umfangreichen Baggerungen und Grabungen an Flüssen zu deren Korrektur oder zur Errichtung von Stau- und Kraftwerken. Denn es werden dabei gewaltige Mengen von Sanden und Schottern von ihrer natürlichen Lagerstätte herausgeholt, und dieses billige Material wird weithin verfrachtet.

So sah ich 1929 bei Steinach im oberen Aischgrund in Mittelfranken neben der Bahnlinie große Haufen von Kalksteinschottern, deren Untersuchung ergab, daß es Schotter aus dem südbayerischen Lechflusse sind. Sie waren bei Steinach abgeladen zur Bettung des Bahngeläses.

Dabei läßt sich jedoch nicht vermeiden, daß eine größere Zahl dieser ursprünglich aus den Allgäuer- und Lechtaler Alpen stammenden Gerölle in die angrenzenden Felder und Wiesen kommen, besonders da sich der Hang zum Aischgrund hinab senkt, und nach einigen Jahren sind dann solche ortsfremde Gerölle, unterstützt durch das wiederholte Umpflügen und die langsame Abwärtsbewegung des ganzen Hangbodens, schon über erhebliche Flächen verbreitet.

Dieses Beispiel möge genügen, um die Wichtigkeit sorgfältigster Untersuchung darzutun, da anderenfalls allzu leicht falsche Folgerungen über frühere Flußläufe und dergleichen gezogen werden!

Umgekehrt erfolgt in manchen Gebieten durch den Menschen auch eine Verarmung des Bodens an dem ihm ursprünglich eigenen Gesteinsmaterial. Das gilt, außer den schon erwähnten Fällen durch Abbau von Materialien, besonders für Gebiete mit jungen lockeren Ablagerungen, wie das norddeutsche Tiefland. Dort liegen in den eiszeitlichen Ablagerungen die Findlinge oder erratischen Steine, als einzige größere feste Steine weit und breit. Sie wurden und werden deshalb vielfach verwendet zu Bauten, Fundamenten, Türschwällen, Pfosten,



Grenzsteinen usw., und dadurch sind sie in der Umgebung von Siedelungen manchmal recht selten geworden. Auch in den ehemals vergletscherten Alpentheilen ist dies zu beobachten, am auffälligsten in den Kalkalpen, wo die harten widerstandsfähigen erratischen Blöcke aus den Zentralalpen geschäftes Material, auch für Wildbachverbauungen, abgeben.

Bei einer Erkundung der natürlichen Verhältnisse müssen somit auch diese Veränderungen berücksichtigt werden, um nicht zu falschen Vorstellungen zu gelangen.

\*

Gibt es geologische Karten des Gebietes, dann geben diese natürlich die beste Möglichkeit, sich schon vor der Begehung ein zutreffendes Bild vom Aufbau des Gebietes zu machen und die zu begehende Strecke danach zu wählen.

Es wird sich dabei auch oft die Möglichkeit ergeben, Nachträge und Ergänzungen zur geologischen Aufnahme zu bringen. Vor allem gilt das für vorübergehende Aufschlüsse, also alle neuen Entblößungen einer Stelle durch natürliche Vorgänge (Windbrüche, Muren, Bergrutsche und -stürze, Einstürze, Uferabbrüche) oder durch menschliche Tätigkeit bei Grabungen und Bauten aller Art. Es ist besonders wichtig, solche vorübergehenden Aufschlüsse zu untersuchen, den Befund auf der Karte und im Notizbuch festzuhalten und dem nächsten geologischen Universitäts- oder Hochschul-Institut oder der zuständigen geologischen Landesanstalt mitzuteilen. Durch solche Tätigkeit von geologisch interessierten Laien ist schon manche wertvolle geologische Beobachtung gemacht worden, und es ist sehr zu wünschen, daß alle Grabungen und Baugruben auf diese Weise untersucht würden. Auch die den Bau ausführenden Unternehmer sind ja begreiflicherweise an der Beschaffenheit des Untergrundes stark interessiert und machen dementsprechend ihre Untersuchungen, aber leider werden noch vielfach die Ergebnisse nicht den oben genannten Stellen übermittelt.

Auch wer selbst nicht die genügende Kenntnis hat, um das in einem solchen Aufschluß Sichtbare richtig zu erfassen und zu notieren, wird sich den Dank der Geologen erwerben, wenn er wenigstens dem nächsten geologischen Institut davon Mitteilung macht, so daß ein Geologe die Stelle besichtigen kann.

Dasselbe gilt auch für alle Stellen, an denen Versteinerungen gefunden werden, zu deren sachgemäßer Ausbeute der

Nichtgeologe nicht in der Lage ist, besonders wenn es sich um mürbe, leicht zerbrechliche oder um fest mit dem Gestein verbundene Stücke handelt.

Hier eröffnet sich dem Nichtfachmann ein weites Feld erspriesslicher Betätigung. Denn es kann nicht jederzeit ein Geologe zur Stelle sein, wenn irgendwo solche, oft rasch wieder verschwindende Aufschlüsse entstehen.

Die geologische Karte hat in erster Linie den Zweck, ein Bild von der Verbreitung der Gesteine und Ablagerungen eines

Granit . . . . .		Stollenmundloch . . . . .		Bergwerk im Betrieb u. ausläufig
Rauhwaacke . . . . .		Schacht . . . . .		Richtung von Gletscherschliffen
Mergel . . . . .		Flachbohrung od. Brunnen . . . . .		Erratischer Block
Tonstiefer . . . . .		Tiefbohrung . . . . .		Meeresversteinerungen . . . . .
Kalkstein . . . . .		Gefälzte Schicht . . . . .		Pflanzenversteinerungen . . . . .
Sandstein . . . . .		Kluft . . . . .		Süßwasserversteinerungen . . . . .
Konglomerat . . . . .		Überschiebung . . . . .		
Breccie . . . . .		Vermutete Verwerfung . . . . .		
		Beobachtete Verwerfung . . . . .		
		Vermutete Schichtgrenze . . . . .		
		Beobachtete Schichtgrenze . . . . .		

Abb. 7. Zeichen und Signaturen auf geologischen Karten

Gebietes und von der Art ihrer Lagerung zu geben. Dabei werden für jede Gesteinsart und für jedes Gestein einer bestimmten Stellung in der Reihenfolge der Ablagerungen (Formationen) besondere Farben oder Signaturen verwendet, so daß ein um so bunteres Bild entsteht, je mannigfaltiger diese Ablagerungen sind. Im allgemeinen werden die älteren Gesteine mit dunkleren, die jüngeren mit helleren Farben bezeichnet und die allerjüngsten bleiben ohne Farbe. Vulkanische Gesteine, wie Granit oder Porphyr, werden häufig mit leuchtend roten Farben angegeben, im einzelnen werden aus praktischen Gründen oft auch andere Farben und Signaturen gewählt.

Das ist bei jeder Karte in der Erklärung angeführt. Abb. 7 gibt eine kleine Auswahl solcher Bezeichnungen.

Während nun in früherer Zeit das Hauptgewicht bei der geologischen Karte auf die älteren Ablagerungen, die festen Gesteine, gelegt wurde und die jüngeren lockeren Ablagerungen (Sand, Schlack, Lehm, Flußablätze, Gehängeschutt und dgl.) vernachlässigt wurden, sucht man heute nach Möglichkeit ein zutreffendes Bild von der Verbreitung aller, auch der jüngsten Ablagerungen zu geben. Die geologische Karte soll zeigen, was an der Oberfläche zu sehen ist, denn das ist wichtig für alle möglichen praktischen Fragen, besonders für alle Bauten und für die Land- und Forstwirtschaft.

Nur da, wo die Bedeckung der festen Gesteine mit Schutt, Sand, Lehm, Löß u. a. sehr dünn ist, so daß mit völliger Sicherheit auf das darunter anstehende Gestein geschlossen werden kann (die Zusammensetzung des Verwitterungsbodens gibt ja vielfach die Möglichkeit dazu!), wird diese dünne Decke weggelassen. Es darf deshalb nicht erwartet werden, überall da, wo auf der geologischen Karte etwa Tonstiefer angegeben ist, auch wirklich solchen an der Oberfläche zu finden. Vielmehr wird auch dort meist ein Verwitterungsboden liegen, der aber durch seine Beschaffenheit schon anzeigt, daß unter ihm in geringer Tiefe der Tonstiefer ansteht. An steilen Stellen, in Baugruben, Wegeinschnitten u. a. läßt sich dieser dann auch unmittelbar beobachten.

Ist der Verwitterungsboden oder die Bedeckung mit jungen Ablagerungen mächtiger, darunter anstehendes festes Gestein oder eine andere lockere Ablagerung aber durch gelegentliche Aufschlüsse oder durch Bohrungen festgestellt, dann wird das jetzt meist ebenfalls durch besondere Signaturen und Farben angegeben, z. B. Löß von 3 m Mächtigkeit liegt über Sandstein oder 2 m mächtiger Lehm über Sand.

Auf diese Weise gibt die geologische Karte nicht nur ausschließlich die Verbreitung von Ablagerungen an der Oberfläche wieder, sondern zugleich auch teilweise die der darunter folgenden Ablagerungen und Gesteine.

Die Zeichen für Streichen und Fallen ermöglichen die Art der Lagerung der Schichten festzustellen. Diesem Zweck dienen auch die den Karten zumeist beigegebenen Profile, auf denen sich leicht die gesamten Lagebeziehungen erkennen lassen. Ein geologisches Profil ist ein senkrechter Durchschnitt

durch ein Gebiet längs einer Linie. Man denkt sich die Oberfläche wie mit einem Messer durchgeschnitten und zeichnet auf dem Profil ein, was dabei sichtbar wird. Da sich durch die geologische Kartierung die Reihenfolge, Mächtigkeit und Lagerung der verschiedenen Formationen ergeben hat, läßt sich oft bis zu größerer Tiefe der Aufbau darstellen. Das folgende Beispiel (Abb. 8) möge dies näher erläutern.

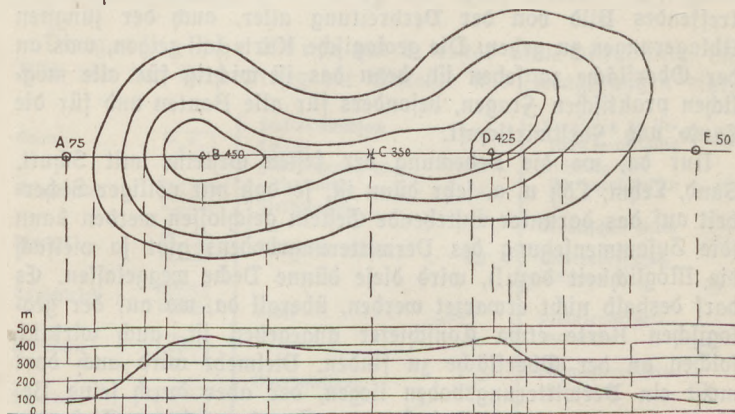


Abb. 8. Topographische Karte mit Höhenlinien und Profil in der Linie A—E. Das Profil gibt, im Maßstab der Karte ohne Überhöhung gezeichnet, die richtige Vorstellung von der Geländegegestaltung

Zunächst ist es nötig, ein topographisches Profil anzufertigen. Zu diesem Zweck überträgt man die Schnittpunkte der Profillinie mit den Höhenlinien und bezeichnenden Punkten von der Karte auf Millimeterpapier und gibt auf der Grundlinie des Profils alle diese Punkte an. Senkrecht zur Profillinie werden am Rande die Höhen entsprechend dem Maßstab der Karte eingetragen und Parallelen zur Grundlinie gezogen.

Die Schnittpunkte der über diesen Punkten der Grundlinie errichteten senkrechten Linien mit den entsprechenden Höhenkurven usw. geben dann die Punkte des Profils. Sie werden sinngemäß miteinander verbunden.

In dieses topographische Profil werden nun alle geologischen Angaben eingetragen, woraus sich eine deutliche Übersicht über die Beziehungen der verschiedenen geologischen Aufschlüsse zueinander ergibt.



Weitere Angaben der geologischen Karten sind solche über nutzbare Lagerstätten, Bergbau, Bohrungen, Quellen, Wasserstollen, Tiefe des Grundwassers, Fundplätze von Versteinerungen und Mineralien u. a., so daß sich daraus eine Menge von Hinweisen für Sammeln von Versteinerungen, Mineralien und Gesteinen, aber auch für weitere geologische Beobachtungen ergeben.

Zudem wird in den Erläuterungen zu den Karten die gesamte Geologie dieser Gebiete eingehend geschildert. Deswegen ist es zu empfehlen, vor Beginn der Begehungen die geologische Karte mit den Erläuterungen möglichst eingehend zu studieren. Das erspart nutzloses Laufen und läßt bei der dadurch ermöglichten Wahl der aufschlußreichsten Wege die größte und beste Ausbeute bei geringstem Aufwand an Zeit und Mühe erreichen.

Außer den geologischen Karten gibt es vielfach noch eine größere oder kleinere Zahl von geologischen Schriften über einzelne Gebiete. Soweit als möglich studiere man auch diese, besonders wenn bestimmte Beobachtungen über eine spezielle Sache gemacht werden sollen, und fertige sich Auszüge aus diesen Schriften an.

Wer indessen nur in das Gelände geht, um sich Klarheit zu verschaffen über das geologische Geschehen, über die Art und Weise, wie die geologischen Kräfte wirken, der möge sich vorher nicht allzuviel mit Literaturstudium abgeben. Er gehe hinaus in die Natur und versuche, sich einzufühlen in ihr Leben. Beobachtungen lassen sich überall ohne große Hilfsmittel ausführen, und das wichtigste dabei ist, soll ein dauernder persönlicher Gewinn erzielt werden, die Verknüpfung der Tatsachen untereinander und die Erkenntnis der Ursachen und Kraftwirkungen.

Dazu soll in folgendem eine kurze Anleitung gegeben werden.

### 3. Die Beobachtung in der Natur

**Z**weckmäßig beginnt man die geologische Beobachtung dort, wo die natürlichen Verhältnisse durch menschliche Tätigkeit nicht geändert sind.

An einem Berghang läßt sich gut erkennen, auf welche Weise Zerstörung und Neubildung von Gesteinen vor sich geht. Die steileren Teile des Hanges sind frei von Vegetation, weil sich auf ihnen kein Verwitterungsboden halten kann, dort tritt der nackte Fels zutage und unterliegt den zerstörenden Einflüssen

des Klimas und der Schwerkraft. Wechsel der Temperatur und Feuchtigkeit bringt die Gesteine zum Zerspringen, große und kleine Blöcke stürzen herab und häufen sich am Fuße des Hanges an. Es bildet sich ein Schuttkegel, aus wirr gelagerten Trümmern bestehend. Regen- und Schneewasser fließt auf ihm hinab und durch ihn hindurch und schwemmt die kleineren Teile hinweg. Bei entsprechender Steile des Hanges oder Menge des Wassers werden viele abgestürzte Steine vom Wasser weiter verfrachtet, sie kollern und rollen abwärts, runden sich dabei ab, aus den eckigen Trümmern werden rundliche Gerölle, und dort, wo sie zur Ruhe kommen, bilden sie Schotter in dem Wasserlaufe, der sie transportiert hat. Das feinere Material wird weiter hinweggeführt und sinkt mit der erlahmenden Transportkraft des Wassers entsprechend dem geringer werdenden Gefälle als Sand zu Boden, das allerfeinste noch später als Schlack und Schlamm.

Alle diese neu entstehenden Ablagerungen sind gebildet durch die Zerstörung älterer Gesteine. Die einzelnen Bestandteile der jungen Ablagerungen lassen nun erkennen, aus welchen Gesteinen sie stammen, und damit hat man ein wichtiges Hilfsmittel zur Feststellung der Gesteine, die in dem Flußgebiete „anstehen“, d. h. an die Oberfläche kommen.

Es ist deshalb zur ersten Orientierung über die Gesteine in einem Flußgebiete sehr zu empfehlen, zunächst zu untersuchen, was für Gesteine und Mineralien in den Geröllen und Sanden vertreten sind. Auch die Menge der einzelnen Gesteinsarten, ihre Größe und Form ist wichtig. Zu beachten ist dabei nur, daß sehr schwere Mineralien und Gesteine nahe dem Ursprungsorte liegen bleiben, während weiche, leicht zerreibliche Gesteine unter Umständen schon in ganz kurzer Entfernung vom Ursprungsort verschwinden können.

Diese lockeren Massen werden nun durch das in sie eindringende Wasser verkittet. Denn dieses Wasser enthält gelöste Stoffe, und bei dem langsamen Durchfiltrieren durch die Sedimente setzen sich diese Stoffe ab und zementieren sie. Dadurch wird aus eckigen oder wenig abgerundeten Gesteinstrümmern eine Breccie, aus dem Schotter ein Konglomerat, aus dem kalkigen Schlamm Mergel oder Kalkstein, und damit sind Gesteine entstanden, die ihrer Zusammensetzung nach den Ursprungsgesteinen wieder ganz ähnlich sein können.

Weitere Beobachtungen lassen sich dabei machen. Im Flußbette legen sich, jeweils entsprechend der wechselnden Menge, Geschwindigkeit und Transportkraft des Wassers Lagen von Schotter, Sand und Schlamm übereinander, es entsteht eine Folge von Schichten, die ein Kennzeichen der meisten Absatz- oder Sedimentgesteine sind. Gleiches zeigen die Felswände, aus denen das Material der neuen Ablagerungen stammt. Da sie aber aus im wesentlichen gleichem Material wie diese bestehen, ergibt sich eine deutliche Übereinstimmung bezüglich der Bildungsweise. Ebenso wie sich heute aus der Zerstörung älterer Gesteine neue Schichten bilden, haben sich auch diese älteren Schichten gebildet. So gibt die Feststellung der gesteinsbildenden Vorgänge der Gegenwart den Schlüssel für die Entstehungsart der älteren Sedimentgesteine, und zugleich enthüllt sich damit der Wert der Beobachtung heutiger geologischer Vorgänge für die Deutung der in der geologischen Geschichte wirksamen Ereignisse.

Nur wer die gegenwärtig erfolgenden Umgestaltungen kennt, vermag sich eine richtige Vorstellung von der geologischen Vorzeit zu machen. Von bekannten Vorgängen ausgehend, enthüllt sich ihm die ganze mannigfaltige Geschichte der Erde und ihres Lebens. Wohl ist in manchen Abschnitten dieser Geschichte die Entwicklung rascher und stürmischer erfolgt, aber stets war sie beherrscht und bedingt durch die gleichen physikalischen Kräfte, die heute noch in Tätigkeit sind.

Doch zurück zu der Aufgabe, die Beobachtungen zur Feststellung des geologischen Baues zu verwerten!

Die Untersuchung der Gerölle eines Wasserlaufes kann auch zeigen, in welchen Teilen des Gebietes die verschiedenen Gesteine anstehen. Dort, wo die Untersuchung beginnt, seien unter den Geröllen 8 Gesteinsarten vertreten. Geht man nun flußauf, dann wird nach einiger Zeit eine Gesteinsart in den Geröllen verschwinden. Sie steht also oberhalb dieser Stelle im Einzugsgebiete nicht mehr an, und es ergibt sich jetzt die Notwendigkeit, den Ort ihres Anstehens an der Oberfläche festzustellen. Das kann nur sein im Flußbett selbst, an den Talhängen oder in dem dort einmündenden Seitental (Abb. 9).

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich schon die ungefähre Verbreitung der Gesteine. Die weitere Aufgabe ist nun, diese im einzelnen genauer festzustellen, die Art ihrer Lagerung

und die Grenzen gegen das Nebengestein zu ermitteln. Dabei verfährt man so, daß zunächst nur die Stellen, an denen ein Gestein anstehend zu sehen ist, auf der topographischen Karte bezeichnet werden. So entsteht eine Anzahl von größeren oder kleineren, durch verschiedene Signaturen oder Farben hervorgehobenen Stellen, die vorerst noch ohne Verbindung miteinander

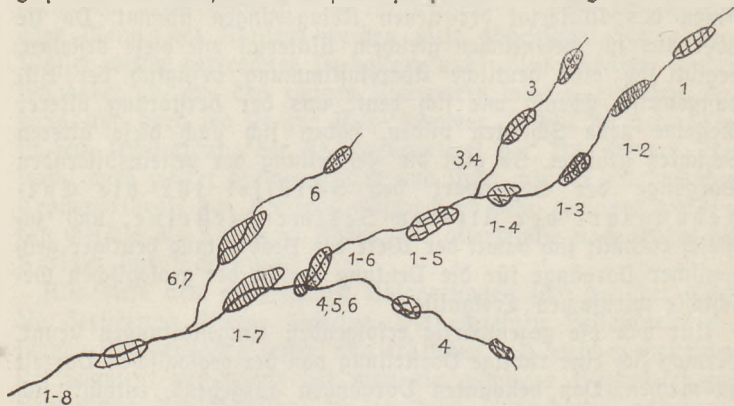


Abb. 9. Kartenskizze eines Tal Systems mit Schottern und Aufschlüssen aus den im Bereich des Tal Systems anstehenden Gesteinen

sind. Erst durch die Untersuchung der Zwischengebiete erhält man Klarheit über die Zusammenhänge und über die genaue Lage der Gesteinsgrenzen. In dem gewählten Beispiel tritt dadurch die Lagerung der Schichten gut hervor und zeigt, daß es sich

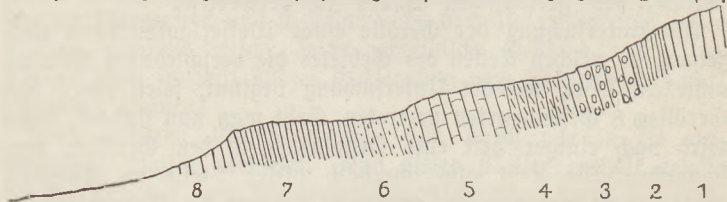


Abb. 10. Profil zur Kartenskizze (Abb. 9). Das Profil verläuft in der Hauptflußrichtung, die im ganzen geringe Schotterbedeckung ist weggelassen hier um eine aus 8 verschiedenen Gesteinsarten bestehende steil stehende Schichtreihe handelt. Zur besseren Veranschaulichung dient das Profil, das in der Hauptflußrichtung hindurch gelegt wird (Abb. 10).



Bei diesem Beispiel ist keine oder nur geringfügige Bedeckung mit lockeren Ablagerungen angenommen. Bei starkem Gefälle fehlt auch oft der Schutt oder er ist nur in so kleiner Menge vorhanden, daß er die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Gesteinschichten nicht verhüllt. Anders dagegen bei geringem Gefälle. Dann muß natürlich der Gehängeschutt, Flußschotter oder Sand auf der Karte angegeben werden, genau so, wie ein anderes Gestein. Es ist dann oft schwer oder unmöglich, die Verbreitung der festen Gesteine unter dieser Decke festzustellen.

Die gleiche Methode wird auch vorteilhaft bei der Untersuchung größerer, schuttbekleideter Hänge angewandt. Auch dort kann, abgesehen von sehr steilen Wänden der Hochgebirge, ein im Schutt vertretenes Gestein nicht viel oberhalb seines höchsten Vorkommens anstehen. Gewisse Vorsicht ist dabei geboten, denn es könnten auch von höheren Gebieten des Tales, an dessen einer Seite der Hang aufsteigt, Gerölle beigemischt sein. Da sie aber einen längeren Transport hinter sich haben, werden sie im allgemeinen stärker gerundet sein als die meist noch eckigen Steine des Gehängeschuttes und können dadurch leicht als ortsfremd erkannt werden.

Schwieriger wird die Sache, wenn die Schichten aufgerichtet, gefaltet und durch Verwerfungen oder Überschiebungen gegeneinander verschoben sind, d. h. also, wenn sie tektonische Störungen ihrer Lagerung erfahren haben.

In solchen Fällen muß stets, und zwar an so viel Stellen wie möglich, das Streichen und Fallen mit dem Kompaß und Klinometer festgestellt werden. Das ist nicht nur nötig, um die in den Aufschlüssen sichtbare Art der Lagerung zu erkennen, sondern dient zugleich auch als wichtiges Hilfsmittel zum Auffuchen der anstehenden Gesteine, zur Bestimmung ihrer Lagerung in den Gebieten zwischen den Aufschlüssen und ebenso zur Ermittlung der überhaupt möglichen Stellen, an denen eine Schicht aufgeschlossen sein kann.

Es sei angenommen, daß an zwei Stellen nach ihrer Beschaffenheit gleiche Kalksteinschichten mit Streichen  $45^{\circ}$  und Fallen  $60^{\circ}$  S gemessen seien. Die beiden Aufschlüsse liegen, wie die Abb. 11 zeigt, nicht in einer geraden Linie, es muß also eine Störung dazwischen liegen, und zwar ist das entweder eine Verbiegung der Streichrichtung (eine Horizontalflexur) oder eine Verwerfung.

Auf der Skizze sind die beiden Fälle angegeben. Es handelt sich

nun darum, zu ermitteln, ob und wie weit in der Streichrichtung von a ausgehend noch der Kalkstein auftritt, wenn nötig durch Graben oder Schürfen. Ist er bei c noch vorhanden, dann ist klar, daß eine Querverwerfung senkrecht zum Streichen der Schicht dort hindurchsetzt (Fall A).

Läßt sich aber in der Streichrichtung kein Vorkommen, dagegen bei c ein solches mit Streichen  $90^\circ$  feststellen, dann sind a und b durch eine Flexur verbunden (Fall B). Es werden auf

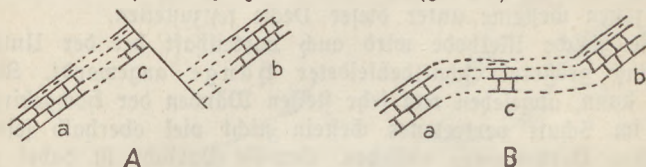


Abb. 11. Ermittlung der Lagerung zwischen den beiden Aufschlüssen a und b

der Karte die entsprechenden Linien eingetragen, die ausgezogen werden, wo sichere Aufschlüsse vorhanden sind, gestrichelt oder punktiert, wo die Grenzen des Kalksteins vermutet werden. Zeichen für Streichen und Fallen werden jeweils dort angebracht, wo sie von Bedeutung sind.

Bisher wurden nur einfache Lagerungsverhältnisse besprochen. Mit der Kompliziertheit der Lagerung wachsen die Schwierigkeiten der Kartierung. Denn es können alle Arten von Diskordanzen auftreten, ursprünglich (durch längere Unterbrechung der Sedimentation, durch Sedimentation auf einem Lande mit unruhiger Oberfläche, durch Bildung schräg liegender Schichten, wie Schutthänge, Deltaablagerungen, Fluß- und Dünenande), oder nachträglich durch tektonische oder vulkanische Vorgänge entstandene.

Schrittweises Vorgehen, d. h. Beobachtung aller, auch der geringsten und scheinbar unwichtigsten Tatsachen ist hier die einzig richtige Methode. Denn nur durch die Erfassung aller Einzelheiten kann das Verständnis des Aufbaues und der Beziehungen der verschiedenen Gesteine und Ablagerungen zueinander gewonnen werden.

In erster Linie ist dazu nötig die genaue Feststellung der Gesteinsbeschaffenheit und die Unterscheidung der verschiedenen Gesteinsarten. Das soll deshalb zunächst erläutert werden.

## 4. Beobachtungen an Gesteinen und Versteinerungen

**E**s gibt zwei Hauptgruppen von Gesteinen: vulkanische und sedimentäre Gesteine. Jene sind durch vulkanische Vorgänge entstanden, d. h. sie sind durch die Abkühlung und Erstarrung des glutflüssigen Magmas gebildet, das aus der Tiefe aufgedrungen ist. Dabei sind wieder zwei Arten von Gesteinen zu unterscheiden: das nicht bis an die Oberfläche vorgebrungene, unter der Masse der über ihm liegenden Gesteine erstarrte Magma kühlt sich nur langsam ab, deswegen kristallisieren aus ihm seine Bestandteile vollständig aus, und es bilden sich Gesteine, die aus lauter kristallisierten Mineralien bestehen. Der Typus solcher Gesteine ist der Granit, der aus Kristallen von Quarz, Feldspat, Glimmer oder Hornblende besteht. Erst durch spätere Vorgänge (Gebirgsbildung, Erosion, Abtragung) werden diese vulkanischen Tiefengesteine freigelegt und der Beobachtung zugänglich.

Die andere Art entsteht aus Magma, das in den Vulkanen bis an die Oberfläche vordringt. In dem Augenblick, in dem es diese erreicht, erfolgt eine starke Druckentlastung und starke Abkühlung, die Folge davon ist rasche Erstarrung, und damit fehlt die nötige Zeit zur vollständigen Kristallisation. Deshalb erstarrt die Masse glasig wie der Obsidian, schlackig wie die meisten Laven oder porphyrisch wie der Quarzporphyr, wobei einzelne kristallisierte Mineralien in einer dichten oder feinkörnigen Grundmasse liegen, wie die Rosinen im Teig. Andere Teile des Magmas werden bei dem Vulkanausbruch durch die Explosion weit hinausgeschleudert, zerspragen und fallen als vulkanische Bomben, Lapilli, Aschen und Tuffe zu Boden oder werden als feiner Staub weithin verweht.

Die zweite Hauptgruppe sind die Sedimentgesteine. Sie bilden sich an der Oberfläche. Ihre Baustoffe beziehen sie aus älteren Gesteinen und zwar sowohl älteren Sedimentgesteinen, als auch vulkanischen Gesteinen. Sie werden nach ihrer Entstehung durch physikalische und chemische Vorgänge zerstört, sie zerfallen in größere und kleinere Bruchstücke oder werden z. T. chemisch aufgelöst, und dieses Material wird von Wasser, Wind und Eis verfrachtet, bis es an geeigneter Stelle liegen

bleibt und dort ein neues Sediment bildet. Durch Verfestigung und Verhärtung, durch diffundierende wässerige Lösungen, durch den Druck der sich darüber absetzenden Sedimente, durch Austrocknen und andere Vorgänge wird allmählich aus dem noch lockeren, feuchten, weichen Sediment ein Sedimentgestein, das nun seinerseits wieder durch seine Zertrümmerung Material für neues Sediment liefert.

Es ist also ein dauernder Kreislauf des Materials vorhanden. Lose Sande werden zu Sandstein, der durch Verkieselung zu Quarzit wird, aus Kalkschlamm wird Kalkstein, aus tonigem Kalkschlamm Mergel, aus Ton Schlamm Ton. Aber auch aus vulkanischen Gesteinen können Sedimentgesteine entstehen, z. B. aus Granit Sand und Sandstein, denn bei der Zerstörung und dem Transport des durch Abtragung an die Oberfläche gebrachten Granits erfolgt eine Sonderung nach der Schwere und Widerstandsfähigkeit der einzelnen Bestandteile. Die Feldspäte des Granites werden zerlegt zu Kaolin, der weithin verfrachtet wird, auch die Glimmerblättchen werden weit fortgetragen im Wasser, und nur die schweren Quarzkörner bleiben in geringer Entfernung vom anstehenden Granit liegen.

So werden aus vulkanischen Gesteinen durch Zerstörung und Umlagerung Sedimentgesteine. Andererseits können auch Sedimentgesteine in ihrem Bestand wesentlich umgestaltet werden durch die vom aufdringenden vulkanischen Magma auf sie ausgeübten Einflüsse, durch Versenkung in größere Tiefe, Belastung mit mächtigen Gesteinsmassen und durch tektonische Bewegungen.

Dabei erfolgen innere Umwandlungen dieser Sedimentgesteine. Die einzelnen Bestandteile werden durch die vom Magma ausstrahlende Hitze, durch Gase, Dämpfe und heiße wässerige Lösungen verändert, sie formen sich um zu Kristallaggregaten, und auf diese Weise können sich ganz andere Gesteine an Stelle der vorherigen bilden.

Diese Wirkungen machen sich als Kontaktmetamorphose um ein Eruptivgestein herum in einer bald schmäleren, bald breiteren Zone (Kontaktthof) bemerkbar. Je weiter vom Eruptivgestein entfernt, desto geringer ist die Umwandlung, bis schließlich jegliche Kontaktwirkung aufhört.

Die anderen Arten der Metamorphose, die wegen der dabei hauptsächlich wirksamen Kräfte Druck und Temperatur: Dynamo-, Dislokations-, auch Regionalmetamor-



phose genannt werden, sind unabhängig von Eruptivgesteinen und können deshalb viel größere Ausdehnung erreichen.

Näheres Eingehen auf die Art und Weise der Metamorphose ist hier nicht beabsichtigt. Es sollen nur einige der dadurch entstehenden Gesteinsarten und ihre Ursprungsgesteine aufgeführt werden.

So wird aus dichtem Kalkstein kristalliner Marmor (nicht zu verwechseln mit dem Marmor der Technik, die jeden politurfähigen Kalkstein so nennt!), aus Tonschiefer werden Phyllite und kristalline Schiefer (Glimmer-, Hornblende-, Chloritschiefer u. v. a., Hornfelse oder Gneise).

Diese letzteren können in ihrem Aussehen und Bestand ganz ähnlich werden den Gneisen, die unmittelbar aus Granitmagma entstehen.

Denn bei dem Aufdringen des Magmas wirkt der Druck der darüberliegenden Gesteinsmassen auf dieses. Das Magma kann nicht bis an die Oberfläche aufsteigen, wenn dieser Druck größer ist als der Auftrieb des Magmas. Deshalb bleibt es dort stecken, wo ein Druckgleichgewicht erreicht ist, und erstarrt langsam. Dabei orientieren sich die auskristallisierenden Mineralien in Richtungen quer zum Druck der über dem Magma liegenden Gesteinsmassen, und dadurch erhält das Magma eine Art von Schichtung. Derart geschichtete Granite nennt man Orthogneise, und diese sind, wie erwähnt, den durch starke Metamorphose entstehenden Paragneisen äußerlich ganz ähnlich. Ihre Unterscheidung ist meist nur durch mikroskopische Untersuchung möglich.

Es gibt viele Granitmassive, die den Übergang vom richtungslos körnigen Granit der inneren Massivteile zum Orthogneis der Randzonen deutlich erkennen lassen. An diesen schließt sich nach außen die Kontaktzone an, mit Glimmer- und anderen kristallinen Schiefnern, und die äußerste Zone des Kontaktes bilden häufig die seidenglänzenden Phyllite, die ihrerseits in normale Tonschiefer übergehen.

Bei solchen Kontaktzonen ist es wichtig, die einzelnen Abteilungen und die Übergänge zwischen ihnen genau zu untersuchen. Auch auf Einlagerungen anderer Gesteine und ihre Metamorphose ist zu achten.

Je älter die Gesteine sind, desto häufiger und stärker sind sie im allgemeinen umgewandelt, desto schwieriger ist deshalb auch die Feststellung ihrer ursprünglichen Beschaffenheit.

Jedoch sind durchaus nicht alle alten Gesteine metamorphosiert, und andererseits gibt es sehr junge Gesteine, die starke Metamorphose erfahren haben.

Der kambrische blaue Ton der Ostseeländer z. B. ist noch heute unverändert, und in jungen Faltengebirgen können tertiäre Sedimentgesteine schon in kristalline Schiefer umgewandelt sein.

Man hüte sich deshalb davor, aus dem Grade der Metamorphose ohne weiteres auch auf das Alter von Gesteinen zu schließen.

\*

Je größer die Bestandteile der Gesteine sind, desto leichter lassen sie erkennen, woher das Material stammt. In den eigentlichen Trümmergesteinen (Breccien und Konglomeraten) ist deswegen die Untersuchung der Bestandteile besonders wichtig und erfolgreich. Denn sie geben Aufschluß darüber, welche Gesteine bei der Bildung dieser Breccien und Konglomerate in nicht zu großer Entfernung vorhanden waren. Je größer und häufiger die Stücke einer Gesteinsart sind, desto näher lag das Muttergestein, woraus sich wichtige Folgerungen auf die Transportrichtung, auf die frühere Oberflächengestaltung und auf das Alter der Gesteine ergeben.

Es kommt deshalb bei jedem Gestein zunächst darauf an, seine Eigenschaften festzustellen, um es bestimmen und von anderen Gesteinen unterscheiden zu können. Dazu ist ein frisches, unverwittertes Stück nötig. Man räume dafür erst die unfrischen Partien weg und schlage sich ein Stück vom Anstehenden ab, das möglichst allseitig frische Bruchflächen hat. Denn die Verwitterung und Zersetzung verändert die Gesteine oft so stark, daß deren ursprüngliche Beschaffenheit nur ganz undeutlich oder gar nicht mehr zu erkennen ist.

Andererseits ist es aber auch interessant und lehrreich, zu sehen, in welcher Weise die Verwitterung vor sich geht, und für solche Beobachtungen empfiehlt es sich, vom Erdboden bis zum frischen Gestein in entsprechenden Abständen dieser Umwandlungsreihe Proben zu sammeln. Das dient zugleich der Erkenntnis, wie aus dem festen Gestein durch die von außen einwirkenden Vorgänge (Wasser, Wind, Temperatur, Frost, Sonnenstrahlung, Humussäure u. a.) allmählich der lockere Boden wird, der sich durch die Vegetation noch weiter verändert.

An einem frischen Gestein ist zu beachten: Farbe, Härte, Art des Bruches (glatt, muscheligen, körnigen, eckigen, runden usw.),

Beschaffenheit = Struktur (dicht, glasig, fein-, mittel-, grobkörnig, porphyrisch, fein-, grobkristallin usw.); Zusammensetzung aus Bestandteilen von einer Art oder von mehreren Arten, ihre Form, Größe, Häufigkeit, ihr Verband miteinander; Vorkommen besonderer Einschlüsse, wie Hornstein, Kalk-, Kieselkrollen; Gefüge = Textur des Gesteins (massig, geschichtet, geschiefert, gebankt, plattig, fluidal usw.).

Wenn Hohlräume (Poren, Drusen) vorhanden sind, dann Bestimmung der darin sitzenden Mineralien (besonders bei Melaphyrmandelsteinen, Basalten und anderen Ergußgesteinen). Art der Absonderung (säulig, kugelig, würfelig usw.).

Die Art der Schichtung verdient besondere Aufmerksamkeit. Untersuchung der Schichtflächen, ob sie glatt, gerunzelt, wellig, höckerig oder sonstwie uneben sind, ob die Schichten planparallel oder schräg zueinander liegen (Diagonal-, Kreuzschichtung), ob sie nach einiger Zeit durch Dünnerwerden verschwinden (auskeilen), ob sich anders beschaffene Schichten einschalten (Wechsellagerung), in regelmäßigen Abständen oder sprunghaft, als aushaltende Lagen oder als Einsen.

Oft sind die Schichtflächen mit Wellenfurchen versehen, oder es finden sich Spuren von Würmern, Kriechtieren u. a. darauf, fossile Regentropfen, Austrocknungsrisse (deren Richtung, Form und Größe), Löcher von Bohrmuscheln und vieles andere kann auf Schichtflächen beobachtet werden.

Zu einer eingehenden Untersuchung eines Gesteins sind alle diese Beobachtungen wichtig, und man mache es sich zur Aufgabe, möglichst vollständige Beobachtungen anzustellen.

Die Unterscheidung zwischen Schichtober- und -unterseite, die auch oft mit Hilfe der Löcher von Bohrmuscheln oder der Lage von Versteinerungen zu ermitteln ist (häufig liegen z. B. die Schalen von Muscheln mit der Wölbung nach oben, so daß die Unterseite der darüberliegenden Schicht das Negativ dazu gibt), ist besonders wichtig in gefalteten Gesteinen, da sie dazu dient, ältere und jüngere Schichten zu unterscheiden. Denn durch die Faltung sind die Schichten oft überkippt und überfaltet, so daß jetzt ältere Schichten über jüngeren liegen. Der ganze Schichtenstoß ist um  $180^\circ$  gekippt und täuscht, besonders wenn die Lagerung horizontal ist, normale Reihenfolge vor.

In solchen Fällen ist die Feststellung der Schichtoberseiten von großem Wert, nicht nur in rein wissenschaftlicher Hinsicht, son-

dern ganz besonders auch für wirtschaftliche Zwecke. Ein Beispiel möge das klar machen. In der Schichtreihe des Oberkarbons ist eine Reihe von Kohlenflözen eingelagert. Dort, wo die Schichten horizontal und ungestört liegen, ist ohne weiteres anzunehmen, daß über dem tiefsten Flöz A noch die Flöze B und C liegen. In einem Gebiete mit starker Faltung dagegen, in dem die Schichten

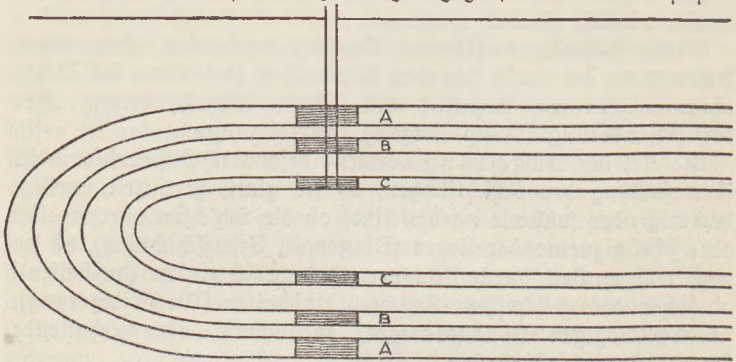


Abb. 12. Kohlenflöze im Hängend- und Liegendchenkel einer liegenden Falte

eine liegende Falte bilden, so daß sie ebenfalls horizontal liegen, könnte ohne Kenntnis des tektonischen Baues angenommen werden, daß A das jüngste, C das älteste Flöz ist. Tatsächlich ist es umgekehrt. Die Beweise dafür ergeben sich aus der Feststellung von Schichtoberseiten und -unterseiten, aus der Stellung von Wurzelstöcken in den sog. Stubbenhorizonten u. a. Durch die Fortsetzung der Bohrung können auch die Flöze im Liegendchenkel nachgewiesen werden, wo sie noch die ursprüngliche normale Reihenfolge haben (Abb. 12).

\*

Bei Betrachtung mit freiem Auge scheinen viele Gesteine einfach zusammengesetzt und dicht, aber schon unter der Lupe zeigt sich oft der wahre Aufbau aus kleinen Mineralien, und die Beobachtung eines angeschliffenen und polierten Stückes oder eines Dünnschliffes unter dem Mikroskop läßt eine Menge von verschiedenen Mineralien erkennen.

Das gilt nicht nur für vulkanische Gesteine, sondern auch für Sedimentgesteine, und deshalb genügt im allgemeinen für die ge-



naue Untersuchung der Gesteine die Untersuchung im Gelände nicht, sondern sie sollte stets durch die Untersuchung mit starken Lupen (Binokularlupen sind hierzu sehr vorteilhaft) und dem Mikroskop im auffallenden und durchfallenden Licht (Dünnschliff) ergänzt werden.

Vulkanische Gesteine enthalten oft Einschlüsse von anderen Gesteinen, besonders von Sedimentgesteinen, die sie beim Eindringen in die Erdkruste oder beim Durchschlagen derselben mitgerissen haben. Sie sind von ganz besonderer Wichtigkeit, denn sie beweisen das Vorkommen dieser Gesteine an der Stelle der vulkanischen Tätigkeit zur Zeit des Ausbruches, selbst wenn heute von diesen Schichten außerhalb des Vulkans nichts mehr vorhanden ist.

So enthält der Basalt des Katzenbuckels im Odenwald Einschlüsse von Gesteinen des Muschelkalkes, Keupers, Lias und Doggers und liefert damit den Beweis dafür, daß zur Zeit des Ausbruches noch die Gesteine dieser Formationsstufen über dem Buntsandstein des Odenwaldgebietes vorhanden waren und erst später abgetragen wurden.

Auch der Aufbau des tieferen Untergrundes kann durch solche Einschlüsse enthüllt werden. In Württemberg am Rande der Alb haben die dortigen Vulkanembrionen Basalttuffe an der Oberfläche über dem Juragestein abgesetzt, in denen sich außer eckigen Trümmern von Jura- und Triasgesteinen viele verschiedene Gerölle als Einschlüsse finden. Sie stammen aus der tieferen Unterlage des Juragebirges, die aus der Trias und darunter der Permformation besteht. Aus dieser sind die Gerölle von Gneisen, Graniten und anderen kristallinen Gesteinen bei der Explosion mitgerissen worden. Sie zeigen, daß der Vulkanischlot durch eine Flußschotterablagerung aus der Permzeit hindurchgegangen ist, zeigen aber zugleich auch durch ihre Größe und Beschaffenheit das Bestehen eines von Gneisen und Graniten aufgebauten permischen Landes unter dem heutigen Juragebirge an und liefern damit wertvolle Hinweise für die Paläogeographie von Süddeutschland.

Die vom vulkanischen Gestein durchbrochenen Gesteine sind ferner wichtig zur Feststellung der Zeit des Vulkanismus. Denn es ist klar, daß alle als Einschlüsse in vulkanischem Gestein vorkommenden anderen Gesteine schon vorher vorhanden sein mußten, also älter sind als das sich erst bildende vulkanische

Gestein. Gleiches gilt für alle Gesteinschichten, die vom Vulkan durchbrochen werden. Es kommt deshalb hauptsächlich darauf an, welches das jüngste dieser Gesteine ist, und damit läßt sich feststellen, daß der Vulkanausbruch nach der Bildung dieses Gesteines erfolgt ist.

Am Katzenbuckel beispielsweise läßt sich deshalb mit Sicherheit sagen, daß der Ausbruch erst nach der mittleren Jurazeit (Doggerzeit) vor sich ging. Damit ist die zeitliche Untergrenze des Ausbruchs bestimmt, aber noch nicht seine Obergrenze.

Diese läßt sich dann sicher festlegen, wenn über dem vulkanischen Gestein neue Sedimentgesteine abgelagert worden sind, die an der Berührungsfläche mit ihm keine Beeinflussung und Veränderung (Metamorphose) zeigen. Wenn demnach über einem solchen Ergußgestein jungtertiäre Schichten liegen, die die eben genannte Bedingung erfüllen, so beweisen sie das vorherige Aufdringen der Basaltmasse und damit engt sich der überhaupt für den Vulkanismus an dieser Stelle mögliche Zeitraum ein auf die Zeit zwischen dem Ende des Doggers und des Alttertiärs.

Allerdings ist auch dieser Zeitraum noch sehr groß, denn die ganze Oberjura-, Kreide- und Alttertiärzeit liegt zwischen den beiden sicher bestimmten Grenzen.

Wo aber vulkanische Gesteine, etwa in der Form von Lavadecken, den Schichten einer einzigen Formationsstufe zwischengelagert sind, läßt sich die Zeit des vulkanischen Ergusses mit größter Genauigkeit bestimmen.

Deshalb ist bei allen vulkanischen Erscheinungen auf die Unter- und Überlagerung, sowie auf die Einschlüsse sorgfältig zu achten.

Wenn auch die zeitliche Ober- und Untergrenze nicht bei jedem erloschenen Vulkan bestimmt werden kann, so ergibt sich doch, da der Vulkanismus zumeist in größeren Gebieten gleichzeitig auftritt, deshalb eine ganze Anzahl von Beobachtungsstellen zur Verfügung steht, durch die Untersuchung von mehreren dieser Stellen fast stets die Möglichkeit genauer Altersbestimmung.

Dafür ist auch die Untersuchung der Gesteinschichten der Umgebung wertvoll. Vom Vulkanberg werden nach dem Erlöschen seiner Tätigkeit durch Abrutschen und durch fließendes Wasser Trümmer der Lava und der Aschen herabbesördert und je nach Größe und Schwere in kleinerer oder größerer Entfernung zusammen mit den sich neu bildenden Sedimenten abgelagert.

Dann liegt vulkanisches Material in diesen eingestreut, aber

die Form seines Auftretens als Gerölle, Sande oder vereinzelte Mineralien läßt erkennen, daß dieses Gestein erst nach dem Erlöschen des Vulkans dorthin verfrachtet wurde, der Abschluß der vulkanischen Tätigkeit demnach früher erfolgte, als die Bildung dieses mit Teilen des vulkanischen Gesteins gespickten Sedimentgesteins.

\*

Bei den Sedimentgesteinen treten zu den sonstigen Merkmalen noch die Fossilien als Hilfsmittel zur Erforschung der Entstehung und des Alters der Gesteine.

Aber darüber hinaus besitzen die versteinerten organischen Reste noch ihren besonderen Wert. Denn sie geben Kunde von dem organischen Leben der Vorzeit und von seiner fortschreitenden Entwicklung von den ersten Zeiten, in denen überhaupt Organismen auf der Erde lebten, bis zur Gegenwart.

Mit dem eingehenden Studium der Fossilien befaßt sich die Paläontologie, die Lehre von den fossilen Lebewesen, die auch, um die Beziehungen zur Biologie klar hervortreten zu lassen, Paläobiologie genannt wird und entsprechende Kenntnis der Zoologie und Botanik erfordert.

Hier kommt es nur darauf an, die Paläontologie so weit zu besprechen, als sie Hilfswissenschaft der Geologie ist. Beide Wissenschaftszweige arbeiten Hand in Hand. Die Paläontologie untersucht und bestimmt die Fossilien, reiht sie in das System der Organismen ein und gibt damit die Möglichkeit, das relative Alter der die Organismen enthaltenden Gesteine festzulegen. Denn vielfach ist es unmöglich, allein mit geologischen Methoden durch Bestimmung der Gesteinsarten und ihrer Lagerung die zeitlichen Beziehungen der Gesteine zueinander festzustellen, da sie petrographisch nicht sehr voneinander verschieden sind. Wenn auch jedes Gestein eine ihm allein eigentümliche Ausbildungsweise hat, so sind doch die Unterschiede, beispielsweise zwischen Sandsteinen oder zwischen Kalksteinen oft so gering, daß mit petrographischen Untersuchungen allein keine sichere Unterscheidung zu treffen ist.

Es wurde ja früher schon gesagt, daß die Bildung der Sedimentgesteine im wesentlichen zu allen Zeiten unter den gleichen äußeren Bedingungen erfolgte, deswegen können die Verschiedenheiten der Gesteinsbeschaffenheit zwischen verschieden alten gleichartigen Gesteinen auch nicht sehr groß sein. Und auch die Lage-

rung gibt, besonders in tektonisch gestörten Gebieten, häufig keinen sicheren Hinweis auf die zeitliche Reihenfolge der Schichten.

In solchen Fällen ist die Untersuchung des Fossilinhaltes der Gesteine unumgänglich nötig.

Denn jedes Zeitalter ist gekennzeichnet durch eine besondere, ihm allein eigentümliche Tier- und Pflanzenwelt. Mit Hilfe der Kenntnis dieser spezifischen Faunen und Floren lassen sich zunächst einmal leicht die einzelnen Hauptabteilungen der Formationen unterscheiden, etwa die paläozoische von der mesozoischen oder der känozoischen. Dann aber ist auch in den mächtigen Einzelformationen dieser drei Hauptzeitalter, die für Fossilien in Betracht kommen — denn das Archaikum ist fossilfrei — jede wieder neben mehr oder weniger lange Zeit sich erhaltenden organischen Formen durch gewisse besondere Arten ausgezeichnet, die nur ihr allein eigentümlich sind und deshalb als Zeitfossilien bezeichnet werden. Sie sind leitend und bestimmend für die Einreihung dieser Formation in die Gesamtreihe. Die Gliederung geht aber noch weiter: innerhalb einer Formation sind wieder verschiedene, oft sehr viele Unterabteilungen, Formationsstufen, und jede von ihnen hat eine Reihe von Zeitfossilien, die zusammen mit anderen, mehr indifferenten Formen oder auch allein die bezeichnende Fauna oder Flora dieses Zeitabschnittes und der damals herrschenden Lebensbedingungen dartun.

Was nun die Lebensbedingungen betrifft, so ist ohne weiteres klar, daß sie zu allen Zeiten sehr mannigfaltig gewesen sind. Ebenso wie heute in den einzelnen Erdgebieten nicht nur die großen Gegensätze zwischen Land und Meer, zwischen Salz- und Süßwasser, zwischen Hochgebirge und Tiefland, sondern auch zwischen einzelnen Klimazonen bestimmend sind für die Art und Verteilung der Organismen, waren auch in allen früheren Zeiten der Erdgeschichte, in denen überhaupt organisches Leben schon bestand, solche Gegensätze vorhanden.

Die Existenzbedingungen waren stets verschieden und demgemäß auch Tier- und Pflanzenwelt.

Das drückt sich auch aus in der Verschiedenheit der gleichzeitig in verschiedenen Gebieten entstehenden Sedimente. Es setzt sich unter den verschiedensten Bedingungen an der einen Stelle etwa Sand ab, an der anderen Kalkschlick, an einer dritten Ton, während an einer vierten Stelle überhaupt nichts abgesetzt wird, sondern nur Abtragung stattfindet.



Sie ist das Liefergebiet, aus ihr stammt das an den drei anderen Stellen sich ablagernde Material.

Der Sand sei abgelagert in einer Küstenebene, der Kalkschlamm im seichten Meere nahe der Küste, der Ton am tieferen Meeresboden. Damit entstehen drei verschiedene Ausbildungsweisen in einer einzigen Zeitspanne: ihre Schichten treten in drei verschiedenen Fazies auf.

Da aber die verschiedenen Ablagerungsräume und das verschiedene Material ihren Einfluß geltend machen, wird auch die Organismenwelt, die in den einzelnen Sedimenten eingebettet und damit als Fossil erhalten wird, unterschiedlich beschaffen sein.

Es tritt dadurch zu der oben angegebenen Kennzeichnung der Schichtenstufen durch Leitfossilien noch die Komplikation durch deren Verschiedenheit in den verschiedenen Fazies.

Eine Rifffazies z. B. wird andere Organismen enthalten als die gleichzeitig entstandene Schlammfazies. Im Riff herrschen Kalkalgen und Korallen vor, dazu treten Foraminiferen, aber auch Muscheln, Schnecken und andere Tiere, die gelegentlich oder dauernd den günstigen Futterplatz aufsuchen. Die bezeichnenden Formen aber sind die Kalkalgen und Korallen.

In der Schlammfazies außerhalb des Riffes fehlen sie, weil dort ihre Existenz nicht möglich ist, dafür herrschen Muscheln, Schnecken u. a.

So bilden sich dicht nebeneinander und durch eine Übergangszone miteinander verbunden die beiden verschiedenen Sedimente mit ihren verschiedenen Fossilien, in dem reinen, warmen Wasser entsteht der Riffkalk, in dem durch bituminöse Substanzen stark getrübten Gebiete daneben setzt sich am Boden der dunkle Kalkschlamm ab, und beide Fazies sind petrographisch und paläontologisch deutlich verschieden.

In solchen Fällen ist es oft nicht leicht, die Gleichzeitigkeit beider Gesteine zu erkennen.

Am besten ist hier wieder die Beobachtung in der Natur. Ein Beispiel mag das klarmachen (Abb. 13).

Im Wettersteingebirge folgen über dem dunklen, gut geschichteten Muschelkalk (anisische Stufe der Trias) im westlichen und südlichen Teil sofort die hellen, im unteren Teil ungeschichteten Wettersteinkalke (ladinische Stufe). Im Nordosten dagegen, besonders gut im Partnachtal zu sehen, liegen über dem Muschelkalk, durch allmähliche Übergänge mit ihm verbunden,

die dunklen mergeligen von einzelnen Kalklagen durchsetzten Partnachschichten, die ebenfalls zur ladinischen Stufe gehören.

Der Wettersteinkalk ist eine Riffbildung, vorwiegend von Kalkalgen, weniger von Korallen, die Partnachschichten aber sind die gleichzeitig neben dem Riff entstandene Schlammfazies.

Solange man nun diesen faziellen Unterschied nicht erkannt hatte, vielmehr ausgehend von der Tatsache, daß in anderen Teilen der nördlichen Kalkalpen die Reihenfolge Muschelkalk-

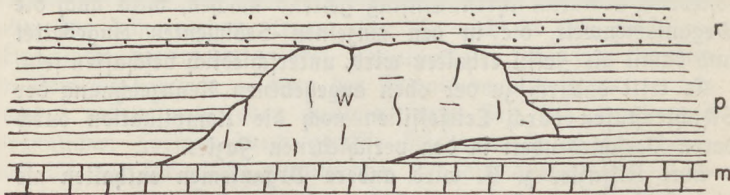


Abb. 13. Schema der Beziehungen zwischen Riff- und Schlammfazies. m Muschelkalk, p Partnachschichten, w Wettersteinkalk, r Raibler Schichten. Links übergreifen der Schlamm- über die Rifffazies, rechts zuerst umgekehrt

Partnachschichten-Wettersteinkalk vorhanden ist, diese auch für das Wettersteingebirge als ursprünglich vorhanden annahm, mußten zur Erklärung des scheinbar fehlenden Wettersteinkalkes über den Partnachschichten große tektonische Störungen (Überschiebungen) angenommen werden. Dabei wurde aber übersehen, daß ja der größere westliche und südliche Teil dieser Gebirgsgruppe zwar den Wettersteinkalk, dafür aber keine Partnachschichten enthält, so daß logischerweise auch dort tektonische Störungen hätten angenommen werden müssen.

Erst durch den Nachweis der gleichzeitigen Bildung von Wettersteinkalk und Partnachschichten als verschiedene Fazies gelang es, die Sachlage zu klären. Im Hauptteil des Wettersteingebirges setzt nach dem Muschelkalk die Rifffazies ein (als Wettersteinkalk), nur im Nordosten kommt es zur Ausbildung einer Schlammfazies (als Partnachschichten).

Die Gleichaltrigkeit von Wettersteinkalk und Partnachschichten wird auch bewiesen durch die Überlagerung beider Gesteinsarten mit den Raibler Schichten der nächstjüngeren Stufe der Trias. Und gerade diese gleichförmige Überlagerung beider ladinischer Gesteine beweist wieder ihre Altersgleichheit.

Die in anderen Gebieten bestehende Reihenfolge Muschelkalk-Partnachschichten-Wettersteinkalk aber erklärt sich leicht dadurch, daß dort in der Iadinischen Zeit zuerst noch die Schlammfazies und erst später die Riffazies zur Herrschaft kam.

Dieses Beispiel zeigt zugleich auch, zu welchen Irrtümern eine zu sehr schematisierende und verallgemeinernde Auffassung führen kann, während doch überall in der Natur größte Mannigfaltigkeit der Bildungsbedingungen und damit der Erscheinungsformen zu sehen ist.

\*

Auch bei Schichten gleicher petrographischer Zusammensetzung treten Verschiedenheiten auf, und zwar solche der Mächtigkeit.

In nicht zu großen Gebieten wird im allgemeinen damit zu rechnen sein, daß die einzelnen Schichten in gleichbleibender

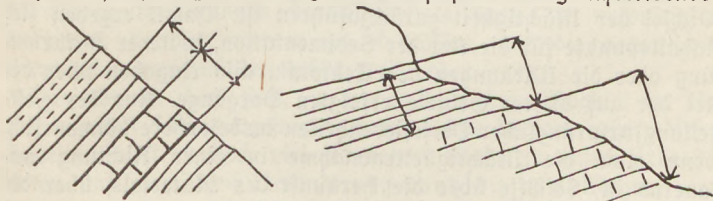


Abb. 14. Bestimmung der wahren Mächtigkeit von Schichten

Mächtigkeit ausgebildet sind. Ist diese normale Mächtigkeit an einigen guten Aufschlüssen festgestellt, dann kann auch für andere, weniger deutliche Aufschlüsse mit ihr gerechnet und daraus die Höhenlage der hangenden oder liegenden Schichten ermittelt werden.

Die Ermittlung der Mächtigkeit ist bei horizontalen und senkrecht stehenden Schichten, wenn Liegendes und Hangendes aufgeschlossen sind, leicht. Schwieriger wird sie bei geneigten Schichten. Dann entspricht die Breite ihres Ausstriches der wahren Mächtigkeit nur dann, wenn der Hang, an dem sie austreichen, genau quer zur Streichrichtung verläuft. In allen anderen Fällen muß die wahre Mächtigkeit berechnet werden. Das kann auf verschiedene Weise geschehen (Abb. 14). Die einfachste Methode ist durch Konstruktion eines Profils, in dem die Mächtigkeit durch Messung der kürzesten Verbindung zwischen Unter- und Oberkante ermittelt wird. Nötig ist stets die Kenntnis des

Einfallens der Schicht, auch bei den anderen Methoden, auf die hier nicht eingegangen werden soll.

Ergibt sich nun in einem Aufschluß größere oder geringere Schichtmächtigkeit, dann ist zu untersuchen, worauf das zurückzuführen ist. Es können hier verschiedene Möglichkeiten in Betracht kommen:

1. ursprüngliche Verschiedenheit (Auskeilen, Transgression über unebenen Untergrund, teilweise Verhinderung von Sedimentation);

2. spätere Wirkungen:

a) teilweise Abtragung des noch nicht oder erst unvollkommen verfestigten Sedimentes oder des Gesteins,

b) tektonische Bearbeitung (Pressung, Zerrung, Ausquetschung durch Faltung).

Es muß in jedem einzelnen Fall festgestellt werden, worauf der Wechsel der Mächtigkeit zurückzuführen ist. Damit ergeben sich Anhaltspunkte für die Art der Sedimentation, späterer Aufarbeitung oder die Wirkungen der Tektonik, also Angaben über die Art der auf diesem Gebiete erfolgten Vorgänge. Aus der Feststellung ursprünglicher Verschiedenheiten insbesondere können sich, wenn etwa die Mächtigkeitsabnahme in einer Richtung andauernd ist, Schlüsse über die Herkunft des Materials, über die Verteilung von Land und Meer während der Sedimentation oder über die Formgestaltung des Untergrundes, auf dem sich die Sedimente abgesetzt haben, gewinnen lassen. Denn je nach den örtlich verschiedenen Bildungsbedingungen wechseln die Mächtigkeiten, deren Feststellung ist deshalb wertvoll für die vergleichende Stratigraphie.

\*

Das Beispiel der Riffazies gibt zugleich Gelegenheit, eine andere wichtige Tatsache hervorzuheben. Es handelt sich um die höchst ungleiche Verteilung der Versteinerungen in den Sedimentgesteinen. Bald sind die Versteinerungen so massenhaft vorhanden, daß sie den Hauptanteil des Gesteins ausmachen, bald finden sie sich nur in einzelnen Schichten oder nur linsen- und nesterförmig, in anderen Fällen treten sie nur ganz vereinzelt auf oder fehlen vollständig.

Die Ursachen dieser wechselnden Häufigkeit sind sehr verschieden. Sie können ursprünglicher Art sein, wenn nämlich der betreffende Ablagerungsraum an sich ungünstig für organisches



Leben war, wie in Wüsten, stark salzhaltigen Seen oder vergifteten, schwefelwasserstoffreichen Meeren, wie den Tiefen des Schwarzen Meeres.

Oder es herrschen Bedingungen, die vor der Einbettung der Hartteile ihre Zerstörung verursachen. Endlich kommen dazu die mannigfaltigen Vorgänge, die das lockere, weiche Sediment in festes Gestein umwandeln (Diagenese) und dabei durch physikalische und chemische Prozesse den ursprünglichen Fossilgehalt zerstören.

So können unter Umständen alle Einschlüsse von Versteinerungen zertrümmert und aufgelöst werden, und die Gesteine erscheinen dann völlig fossilleer.

Auch die Versenkung in größere Tiefen, durch tektonische Bewegungen und Auflagerung anderer Gesteinsmassen, befördert diese innere Umwandlung der Gesteine und ihres Fossilgehaltes. Es finden Umsetzungen des Materials statt, die ursprünglich amorphen Teilchen werden zu Kristallen, und die organischen Strukturen verschwinden größtenteils oder ganz.

Dasselbe ist der Fall, wenn vulkanisches Magma in Berührung mit Sedimentgesteinen kommt. Die Metamorphose dieser Gesteine führt in noch viel stärkerem Maße zu einer Kristallisation und chemischen Umänderung durch die vom Magma ausstrahlenden Gase und Dämpfe, dabei werden die Strukturen der Sedimentgesteine und die in ihnen eingeschlossenen Versteinerungen zerstört.

Besonders bei Riffgesteinen ist die Vernichtung der Fossilien durch Diagenese sehr stark. So kommt es, daß man in vielen dieser Gesteine oft lange und sorgfältig suchen muß, bis man eine Koralle oder ein Stück eines Kalkalgenrasens findet. Auch die Umwandlung vieler Riffkalksteine in Dolomit trägt zu dieser Fossilarmut bei und gibt ein falsches Bild von der Organismenfülle, die gerade in den Riffsedimenten ursprünglich vorhanden war. Deshalb kommt es besonders bei solchen, scheinbar, d. h. bei unzureichender Untersuchung als fossilleer oder doch fossilarm sich erweisenden Gesteinen darauf an, möglichst eingehend nach Fossilien zu suchen. In den seit langer Zeit als fossilreich bekannten Schichten ist es nicht schwer, Funde zu machen, aber viel wichtiger ist es, auch in solchen Schichten, die als fossilarm oder -leer gelten, Fossilien zu entdecken.

In Gebirgen, in denen die Schichten im allgemeinen stark ge-

faltet und sonstwie tektonisch beansprucht sind, suche man dazu Gebiete heraus, die relativ geringe Störungen erlitten haben, weil dort am ersten Aussicht besteht, daß die Fossilien noch erhalten sind.

Die Art ihrer Erhaltung ist auch wieder sehr verschieden. Es können die Schalen (z. B. von Muscheln) vollständig erhalten sein, in anderen Fällen sind die Schalen nach Ausfüllung des ursprünglich vom Weichkörper eingenommenen Hohlraumes aufgelöst, so daß nur der Steinkern vorhanden ist, oder es liegt ein Skulptursteinkern vor, der die spätere Ausfüllung von Hohlraum und aufgelösten Schalen darstellt, deshalb die äußere Schalenskulptur erkennen läßt. In anderen Fällen ist nur ein Abdruck vorhanden. Oft sind die Fossilien zusammengedrückt, gepreßt, zerbrochen, in stark gefalteten Schichten sind sie häufig verbogen, zusammengeschoben oder auseinander gezogen, so daß die ursprüngliche Form der Schalen und Skelette nur schwer zu erkennen ist. In anderen Fällen haben sich um die Fossilien herum kalkige oder kieselige Stoffe oder Eisenverbindungen abgesetzt als Konkretionen und Knollen — kurz, die Art der Erhaltung und Umwandlung der Fossilien ist äußerst mannigfach.

Manche Gesteine lassen im frischen Bruch nur selten Fossilien erkennen, desto häufiger aber in angewitterten Stücken. In solchen Fällen ist es vorteilhaft, in alten Schutthalden und in Verwitterungsböden danach zu suchen, weil auf den angewitterten Flächen der Gesteinstrümmer die Fossilien sichtbar werden oder auch ganz aus dem Gestein herausgewittert sind. Zu beachten ist dabei jedoch, daß solche Stellen, wenn sie schon einmal oder gar öfters abgesucht sind, fast keine oder nur schlechte Stücke liefern, da die Verwitterung nicht rasch genug arbeitet.

Wasserrinnen sind ebenfalls zum Suchen von Fossilien zu empfehlen, da in ihnen die chemische und mechanische Tätigkeit des Wassers in günstiger Weise wirkt.

Wenn es sich allerdings darum handelt, die schichtweise Verteilung der Fossilien festzustellen und die Art ihrer Einlagerung in den Schichten zu untersuchen, dann muß im anstehenden Gestein gesammelt werden, weil sich das nur dort mit Sicherheit ermitteln läßt. Ebenso gilt dies für Reste größerer Fossilien, besonders für Wirbeltiere. Gerade bei diesen ist es nötig, eine Fundstelle möglichst vollständig auszubeuten. Das läßt sich aber

nur durchführen, wenn dort, wo ein Knochen oder Zahn im Gestein sichtbar ist, die hangenden Schichten mit der nötigen Sorgfalt entfernt werden und die Schicht mit den Resten freigelegt wird. Außer der Möglichkeit, auf diese Weise alle vorhandenen Reste zu gewinnen, lassen sich aus der Lage der Knochen zueinander auch Einblicke in die Todesart des Tieres gewinnen, und die Ursache seiner Einbettung in das Sediment kann dadurch geklärt werden.

Daß neben den Schalen, Skeletten und sonstigen Hartteilen auch alle Arten von Abdrücken, Spuren, Fährten, Bohrlöchern der Organismen von Wichtigkeit sind, wurde schon erwähnt. Bei den Fährten vor allem kommt es darauf an, ihre ursprüngliche Lage festzustellen, ob es sich um die Fährten selbst handelt oder um ihre Ausfüllung (Schichtober- oder Schichtunterseite), was dann wieder für die Erkennung der Schichtlagerung in gefalteten Gebieten von Bedeutung ist.

Auch für die Unterscheidung von primären und sekundären Fossilagerstätten können sich Anzeichen ergeben, die wieder zur Kenntnis der Fossilverteilung in den Schichten beitragen.

Für diese und viele andere Beobachtungen ist die Untersuchung der Fossilien im anstehenden Gestein in den meisten Fällen viel ergiebiger und aufschlußreicher als die in Schutthalden, wenn auch diese oft erst zeigen, daß überhaupt größere Fossilansammlungen in den betreffenden Schichten enthalten sind. Wenn also an einem Hang festgestellt werden soll, ob die im oberen Teil aufgeschlossenen Schichten Versteinerungen enthalten, empfiehlt es sich, zuerst im unteren Hangteil die abgestürzten Gesteinstrümmer zu untersuchen. Zeigen sich in ihnen Fossilien, dann ist damit die Fossilführung der betreffenden Schichten nachgewiesen, und es kann nun in diesen weiter gesucht werden.

## 5. Lagerung der Gesteine

**S**ür die vulkanischen Gesteine ist im allgemeinen Diskordanz mit den umgebenden Gesteinen bezeichnend. Das erklärt sich aus der Art des Magmaauftriebes in Vulkanröhren oder Spalten, durch sein Eindringen in die vorher gebildeten Gesteine oder durch sie hindurch bis an die Oberfläche (Abb. 15 oben rechts).

Teilweise kann dabei aber auch Konkordanz entstehen. Manche

Granite z. B. liegen konkordant mit Sedimentgesteinen, denn das Magma ist zwischen die Schichten eingedrungen, hat sie aufgewölbt und liegt jetzt linsenförmig und konkordant zwischen ihnen. Nur der Zufuhrkanal hat hier diskordante Lagerung (Abb. 15 oben links). Auch bei Gleichzeitigkeit von Vulkanismus und tektonischem Druck kann konkordante Lagerung entstehen.

Die Vulkane selbst bilden, soweit sie aus unregelmäßig miteinander wechselnden Lagen von Lava oder Tuff, oder nur aus diesem aufgebaut sind, geschichtete Berge (Stratovulkane, z. B. Vesuv), und für sie ist dann eine allseitig vom Kraterrand nach außen geneigte Schichtung bezeichnend (Periklinalschichtung). Am Fuße des Vulkans breiten sich Laven

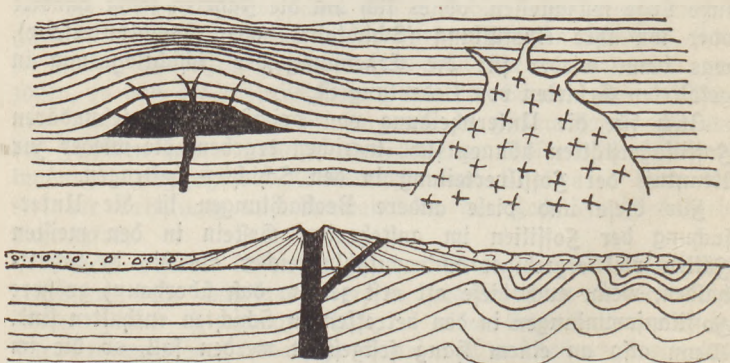


Abb. 15. Lagerungsformen von Eruptivgesteinen, oben links Lakkolith mit Zufuhrkanal und Gängen in das Dach; rechts Batholith mit Gängen. Unten Stratovulkan mit Haupt- und Nebenkrater; rechts Lavastrom, links Tufflagen

und Tuffe weithin flach aus in Form von Decken, die dis- oder konkordant auf anderen Schichten aufliegen können (Abb. 15 unten).

Unter besonderen Bedingungen, die entweder nur rein örtliche Bedeutung haben oder nur bei bestimmten Sedimentationsvorgängen herrschen, bilden sich ursprünglich geneigte Schichten. So sind Schutthänge, Deltas, Sandbänke, Dünen oft durch schrägliegende Schichten bezeichnet, und die Art ihrer Entstehung bringt es mit sich, daß bei kontinentalen, d. h. auf dem Lande entstandenen Sedimenten solche ursprünglich geneigten Schichten häufig zu finden sind. Sie fehlen aber auch in marinen



Schichten nicht, sind dort am häufigsten vertreten in den Flach-  
meer- und Schelfsedimenten, können aber auch in größerer Tiefe  
entstehen, z. B. als Schuttmantel eines Korallenriffs u. a.

Im übrigen aber lagern sich die Sedimente in horizontalen  
Schichten ab.

Durch die Wirkungen  
des Gebirgsdruckes,  
der Tektonik, wer-  
den nun die Schichten  
vielfach in ihrer Lage  
verändert. Sie werden  
zusammengepreßt und  
gefaltet, wodurch je nach

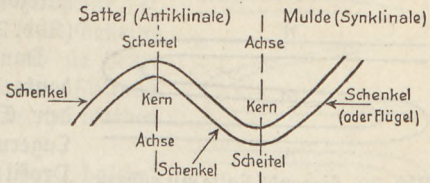
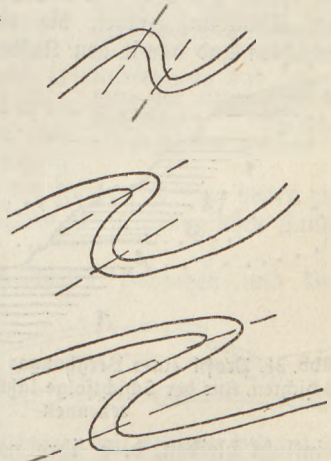


Abb. 16. Eine vollständige aufrechte, stehende  
oder normale Falte

der Stärke des Druckes die verschiedensten Lagerungsformen  
entstehen.

Die wichtigsten Arten der Faltung sind folgende:

Die aufrechte oder normale Falte besteht aus einem  
Sattel und aus einer Mulde,  
deren Achsen senkrecht stehen. Ach-  
sen sind die durch die Mitte des  
Sattels oder der Mulde angenom-  
menen Linien (Abb. 16). Sie teil-  
en den Sattel oder die Mulde in  
2 gleiche symmetrisch zueinander  
liegende Teile. Demgemäß sind  
die beiden Schenkel des Sattels  
oder der Mulde gleich. Die höchste  
Erhebung des Sattels und die  
tieffste Senkung der Mulde sind  
die Scheitel, unter bzw. über ih-  
nen liegen die Kerne von Sattel  
oder Mulde. Der rechte Sattel-  
schenkel ist zugleich linker Mulden-  
schenkel.



Durch stärkeren Druck aus einer Richtung entsteht die schiefe Falte (Abb. 17).  
Abb. 17—19. Schiefe, überkippte,  
liegende Falte

Bei ihr stehen die Achsen nicht mehr senkrecht, sondern schief  
und der Sattel und Mulde gemeinsame „Mittelschenkel“ steht  
steiler als die beiden anderen Schenkel.

Ist der vorherrschend einseitige Druck noch stärker, dann entsteht die überkippte Falte (Abb. 18), zuletzt die liegende Falte (Abb. 19) und bei dieser kann es schließlich so weit kommen, daß alle Schenkel und damit auch die beiden Achsen horizontal und parallel liegen (Abb. 20).

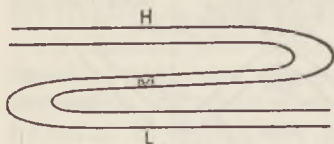


Abb. 20. Liegende Falte mit nahezu horizontalen Schichten. H = Hangend-, M = Mittel-, L = Liegendschenkel. Im Mittelschenkel beginnende Auswölbung, in den Umbiegungsstellen Verdickung

Schicht) an immer jüngere Schichten ergeben, während tatsächlich die Reihe 1 2 3 2 1 2 3 vorhanden ist. Die punktierten Linien der Abbildung zeigen die richtige Verbindung der einzelnen Schichten und damit den Aufbau des Profils aus einer liegenden Falte.

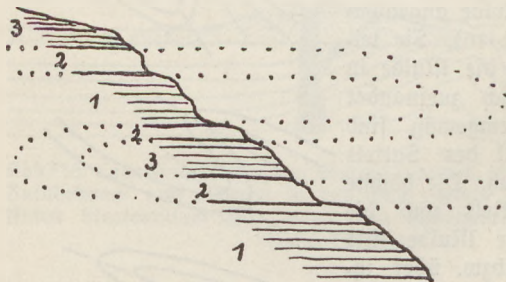


Abb. 21. Profil eines Berghanges mit horizontalen Schichten. Aus der Schichtfolge läßt sich die Faltung erkennen

Bei solchen starken Lagerungsstörungen erfolgt oft eine Auswölbung und Ausquetschung einzelner Schichten, besonders der des Mittelschenkels, während die des Liegend- und Hangendschenkels verhältnismäßig unbeeinflusst bleiben, d. h. ihre normale Mächtigkeit behalten.

Die Ausquetschung kann bei einseitiger Druckvorherrschaft so weit gehen, daß der Mittelschenkel nahezu oder ganz verschwindet, an seiner Stelle bildet sich dann eine Überschiebungsfäche aus (Abb. 22).

In den Umbiegungsstellen erfolgt dabei häufig eine Anschoppung der Schichten, und sie treten dort dann stark verdickt auf.

Die liegende Falte wird durch solche Vorgänge vollständig

zerrissen, Sattel und Mulde werden getrennt durch eine Überschiebungsfäche, die unter Umständen eine sehr große Ausdehnung in der Hauptdruckrichtung erreicht. Dann bedeckt der Sattel weit vorgeschoben als „Deckfalte“ andere, meist jüngere Gesteine, er „schwimmt“ auf ihnen, d. h. seine Gesteine sind nicht dort entstanden, wo sie heute liegen, sondern erst durch die Faltung in ihre heutige Lage gebracht worden (Abb. 23).

Da aber häufig sowohl das „basale“ als auch das „Deck“gebirge horizontale oder doch unter sich gleichförmige, „konkordante“ Lagerung hat, ist es in solchen Gebieten noch mehr als in anderen unbedingt nötig, erst einmal die ursprüngliche Reihenfolge der Schichten mit Hilfe ihrer petrographischen Beschaffenheit und ihrer Versteinerungen festzustellen.

Denn in der Natur finden wir ja stets nur Bruchstücke des Faltenbaues erhalten, einzelne Reste, die häufig scheinbar ohne Zusammenhang untereinander sind, gewissermaßen ein Ruinenfeld, aus dessen gut oder schlecht erhaltenen Resten der Plan des ursprünglichen Baues entziffert werden muß.

Das läßt sich nur durch schrittweises Vorgehen und Beobachten aller Einzelheiten erreichen, wobei in jedem Aufschluß Streichen und Fallen der Schichten gemessen und mit Hilfe der schon bekannten Zeichen auf der Karte eingetragen wird.

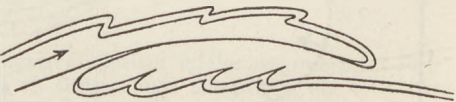


Abb. 23. Deckfalte mit bei ihrer Bildung entstandener sekundärer Faltung und Stauchung der Schichten

Je zahlreicher die Beobachtungspunkte, desto sicherer läßt sich aus ihnen der Bauplan erkennen (Abb. 24).

In einem Gebiete sei eine Anzahl von Aufschlüssen eines geschichteten Gesteins vorhanden. Die Messung von Streichen

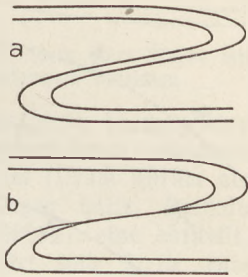


Abb. 22. Stärkere Auswalzung des Mittelschenkels. Bei a ist der Zusammenhang noch erhalten geblieben, bei b sind Hangend- und Liegendschenkel durch die infolge starker Auswalzung und Zerreißung des Mittelschenkels entstandene Überschiebungsfäche getrennt

und Fallen gibt das untenstehende Bild. Dann ist ohne weiteres klar, daß es sich um einen Teil eines Sattels handelt, der eine bogenförmige Krümmung der Streichrichtung zeigt, wie sich

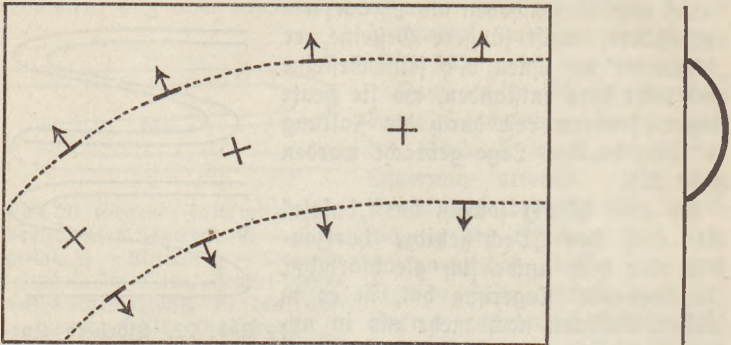


Abb. 24. Kartenbild eines im Streichen gebogenen Sattels, mit Querprofil aus der Verbindung der einzelnen Aufschlüsse mit gleichem Fallen ergibt. Die Scheitellinie des Sattels ist nicht gerade, sondern biegt um.

Ein anderes Bild ergibt sich, wenn sich die Achse einer Mulde in einer Richtung hebt (Abb. 25).

Dann entsteht das „umlaufende Streichen“, die Schichten der

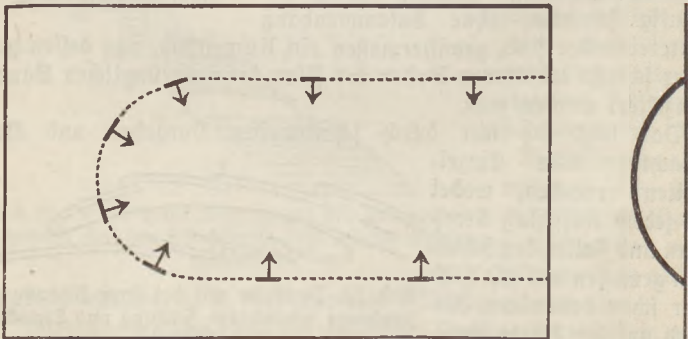


Abb. 25. Kartenbild einer Mulde mit umlaufendem Streichen, rechts Querprofil

beiden Schenkel streichen erst O—W, biegen dann allmählich um in NO—SW bzw. SO—NW und vereinigen sich zuletzt mit N—S-Streichen. Es entsteht das Bild eines Troges oder Kahnens,



die Mulde ist im W geschlossen und hört auf. Beim Sattel ist es umgekehrt, er taucht mit dem umlaufenden Ende unter (Abb. 26).

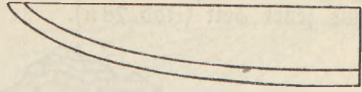


Abb. 26. Kahnform einer Mulde mit umlaufendem Streichen

Die starken Faltungen in den Gebirgszonen haben zu weiten großen Massenverschiebungen geführt. Ihre Erkennung ist oft sehr schwer und war in früherer Zeit noch viel schwerer als heute, da man über das mögliche Ausmaß solcher Massenbewegungen durch gesteigerte Faltung unter vorwiegend einseitigem Druck (Druck stärker als Gegendruck) noch unzureichende Vorstellungen hatte. Deshalb dachte man bei Lagerungsformen, wie Abb. 27 eine darstellt, zunächst nur daran, sie als eine an Ort und Stelle ent-

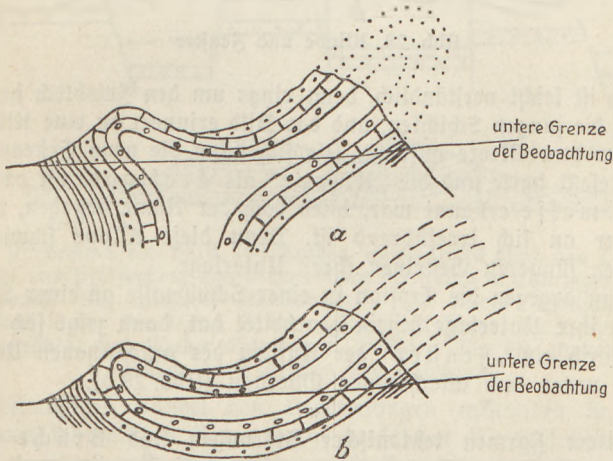


Abb. 27. Verschiedene Deutungsmöglichkeiten infolge ungenügender Aufschlüsse a als Pilzfalte, die im Untergrunde wurzelt, b als Stirnende einer Deckfalte

standene (autochthone) Faltung zu erklären und konstruierte eine Pilzfalte. Erst später kam die Erkenntnis, daß es weithin sich erstreckende liegende Falten (Deckfalten) gibt, und damit war der Weg zu einer richtigen Erklärung des Aufbaues dieses Berges gegeben. Es zeigte sich dadurch, daß es sich um einen durch die Erosion herausgeschnittenen Teil einer großen Deckfalte handelt.

Auch die Bezeichnung „Klippe“ für einzelne, isoliert über jüngeren Schichten aufragende Massen älterer Gesteine stammt aus jener Zeit (Abb. 28 a).

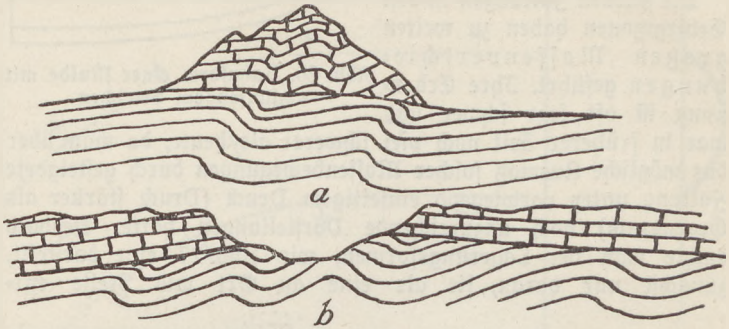


Abb. 28. Klippe und Fenster

Das ist leicht verständlich, denn rings um den Felsblock herum liegen die jungen Schichten, und das Bild erinnert an eine Klippe, die aus dem Meere aufragt. Als sich dann die neue Erkenntnis durchgesetzt hatte und die „Klippe“ als Erosionsrest einer Schubmasse erkannt war, blieb doch der Name bestehen, trotzdem er an sich irreführend ist. Denn diese Klippe schwimmt auf den jüngeren Gesteinen ihrer Unterlage.

Wenn dagegen die Erosion in einer Schubmasse an einer Stelle bis in ihre Unterlage hinein gearbeitet hat, dann zeigt sich dort wie durch ein „Fenster“ der Aufbau des autochthonen Unterbaues unter dem allochthonen Oberbau (Abb. 28 b).

\*

Weitere Formen tektonischer Störungen sind Brüche oder Verwerfungen. Im einfachsten Fall entstehen sie durch Zerbrechen eines Schichtenstoßes in zwei Teile und Verschiebung des einen Teiles gegenüber dem anderen (Abb. 29). Der eine Teil wird „verworfen“, daher der Ausdruck Verwerfung. Die Verwerfung kann in vertikaler oder horizontaler Richtung erfolgen.

Durch Einsinken einer Gesteinsscholle zwischen annähernd parallelen Verwerfungen entsteht ein Graben, durch Hebung entsprechend ein Horst (Abb. 30).

Häufig ist nicht nur eine Verwerfung entstanden, sondern eine ganze Menge solcher Störungen, eine Verwerfungsschar,

Dabei kann die Richtung der einzelnen Verwerfungen ganz verschieden sein: parallel, schräg zueinander, es können einzelne

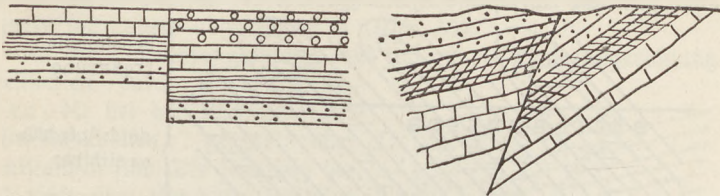


Abb. 29. Verwerfungen in horizontalen und schrägen Schichten

Verwerfungen sich zerbrechen in mehrere oder ganz aufhören und in geringer seitlicher Entfernung neue auftreten, so daß ein

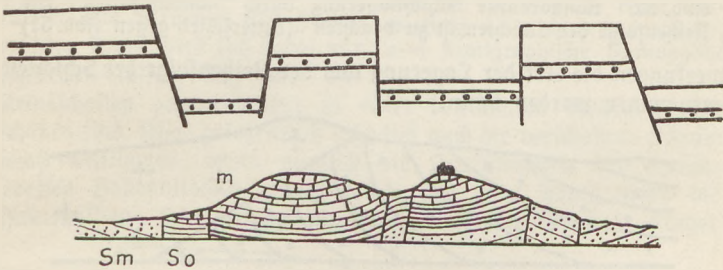


Abb. 30. Schema von Horst und Graben, unten Profil durch den Doppelgraben von Pfaffenberg und Leuchtenburg bei Kahla in Thüringen (nach Naumann). Sm mittlerer Buntsandstein, So oberer Buntsandstein, m Muschelkalk. Die beiden Gräben bilden jetzt Berge, die Horste und Grabenränder sind stärker abgetragen. Beispiele für die Umkehr des Reliefs durch Erosion und Abtragung

unregelmäßiges Bündel von Verwerfungen entstanden ist. Bei späteren tektonischen Bewegungen in solchen Verwerfungszonen können einzelne Spalten wieder aufreißen und neue quer oder schräg zu den alten verlaufende Spalten entstehen.

Oft ist das Ergebnis ein Schuppenbau, der an der Oberfläche durch die mehrmalige Wiederholung einer Schichtfolge bezeichnet ist (Abb. 31).

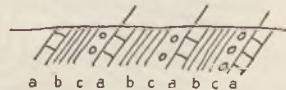


Abb. 31. Wechsellagerung durch Schuppenbau. Verwerfungen trennen die einzelnen schuppenförmig nebeneinanderliegenden Schichtpakete, die unter sich konkordant sind

Im Gegensatz dazu ist bei eng zusammengeklappten Falten, deren Schen-



kel gleiches Einfallen haben (Isoklinalfalten), die Reihenfolge der Schichten (Abb. 32)  $abc cba aabc cba$ , so daß auch ohne deutliche Aufschlüsse bzw. ohne direkte Sichtbarkeit der Ver-

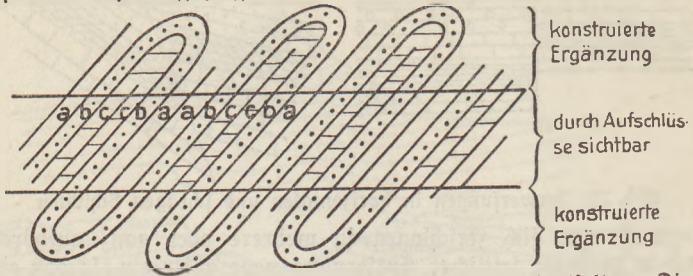


Abb. 32. Konkordante Schichtlagerung durch Isoklinalfalten. Die Reihenfolge der Schichten ist zu beachten (Unterschied gegen Abb. 31)

worfungen die Art der Lagerung aus der Reihenfolge der Schichten entnommen werden kann.



Abb. 33. Steile Überschiebung von Granit über Sedimentgesteine

Die Neigung der Verwerfung kann sehr verschieden sein, senkrecht, schräg, und kann selbst bis zur horizontalen Lage

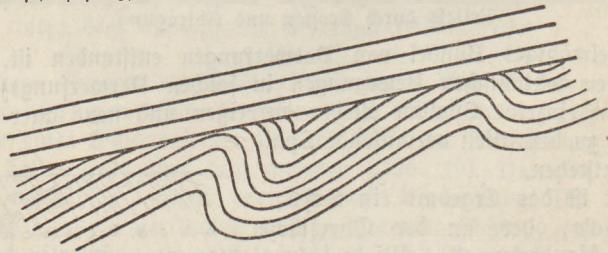


Abb. 34. Flache Überschiebung

gehen. Dann entsteht eine Überschiebung, die im Gegensatz zu der aus Faltung hervorgegangenen als Schollenüberschiebung bezeichnet werden kann (Abb. 33, 34).



Bei allen Verwerfungen ist es nötig, ihre Richtung (Streichen) und ihre Neigung (Fallen) zu messen und ihre Sprunghöhe festzustellen. Das ist der Betrag, um den die eine Gesteinsscholle gegen die andere abgesunken ist (Abb. 35).

An den Verwerfungsflächen läßt sich oft die Bewegungsrichtung feststellen durch Rutschstreifen, die bei der Bewegung der Gesteinsschollen gegeneinander entstanden sind. Die Richtung der Rutschstreifen gibt dann Aufschluß darüber, ob vertikale, horizontale oder schräge Bewegungen erfolgt sind. Auch hier sind Messungen von Streichen und Fallen wichtig. Meist wird sich dabei nur feststellen lassen, daß zwei Gesteinsschollen gegeneinander in einer bestimmten Richtung verschoben sind. Aber gelegentlich läßt sich auch die verschobene Scholle selbst bestimmen, wenn nämlich die Ausfüllungen der Rutschstreifen Hakenbildung zeigen (Abb. 36). Das kann, wenn die Hakenbildung sehr gering ist, durch Befühlen mit dem Finger

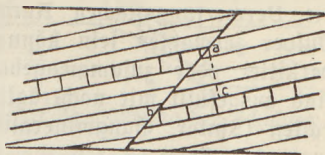


Abb. 35. Sprunghöhe einer Verwerfung. a—b schiefe Sprunghöhe, a—c stratigraphische Sprunghöhe

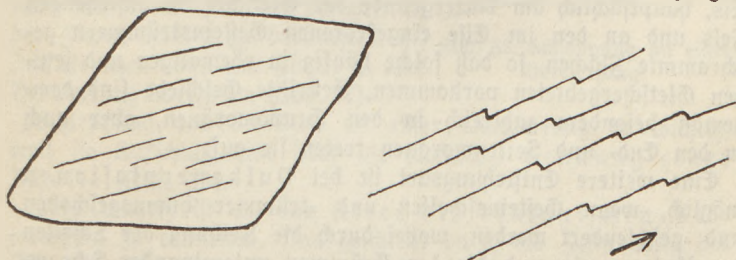


Abb. 36. a Platte mit Rutschstreifen, b Rutschstreifen im Profil mit kleinen Abjagen, die Auskunft über die Bewegungsrichtung geben

ermittelt werden, indem beim Darüberstreichen in der Bewegungsrichtung keine Widerstände bemerkbar werden, während dies in entgegengesetzter Richtung der Fall ist.

Oft freilich ist die Verwerfungsfläche ganz glatt, selbst spiegelnd poliert (Spiegel oder Harnisch) und kann dann nur als Beweis für eine tektonische Bewegung, nicht aber für die Richtung der Verschiebung an ihr benützt werden.

Die Verwerfungsspalten können sehr verschiedene Breite haben. Bei geschlossenen Verwerfungen liegen die durch sie getrennten Schollen unmittelbar nebeneinander, bei offenen oder klaffenden Verwerfungen ist ein Spalt vorhanden. In ihm liegt häufig eine Reibungsbreccie aus Trümmern der durch die Verwerfung getrennten Gesteine, die ebenso wie die Verwerfungsflächen Rutschstreifen aufweisen oder auch zu Pulver zermahlen sein können. Sekundär sind diese Trümmer verkittet oder zusammengebacken. Manche Verwerfungsspalten sind ausgefüllt mit nachträglich gebildeten Gesteinen und Mineralien (Sinter, Gangmineralien, wie Kalkspat, Quarz, Schwefspat oder Erze).

Bei Untersuchung der Füllung der Verwerfungsspalten ist besonders darauf zu achten, ob sie nicht erst später in die Spalte hineingekommen ist. In diesem Fall können natürlich viel jüngere Gesteine mit ihren Fossilien in der Spalte liegen, besonders dann, wenn die Spalte bis an die Oberfläche reicht, so daß Material von dort hereingespült werden konnte.

Bei der Deutung von Rutschstreifen ist Vorsicht nötig. Denn sie können auf sehr verschiedene Weise entstehen. Abgesehen von tektonischen Bewegungen bilden sich auch durch das Eis, hauptsächlich am Untergrunde der Gletscher im anstehenden Fels und an den im Eise eingefrorenen Gesteinstrümmern geschrämte Flächen, so daß solche häufig in ehemaligen und jetzigen Gletschergebieten vorkommen. Gekrizte Geschiebe sind demgemäß besonders zahlreich in den Grundmoränen, aber auch in den End- und Seitenmoränen treten sie auf.

Eine weitere Entstehungsart ist bei Vulkanexplosionen möglich, wenn Gesteinschollen und -trümmer hinausgeschoben und -geschleudert werden, wobei durch die Reibung der Schollen am Untergrunde und die der Trümmer untereinander Schrammen und polierte Flächen entstehen (besonders gut im Ries zu sehen).

Bei Bergrutschen und -stürzen bilden sich ebenfalls Schrammen an einzelnen Blöcken aus. Endlich erzeugt auch der Mensch solche Kratzer auf Gesteinsflächen und Geröllen durch Stiefelnägel, durch Schlittenkufen und Wagenräder.

Wo die Verwerfungen nicht unmittelbar aufgeschlossen sind, können solche Ausfüllungsmassen, Breccien oder Trümmerzonen den Nachweis ermöglichen. In anderen Fällen dient dazu die

Feststellung, daß Schichten nebeneinander vorkommen, die normalerweise nicht zusammentreffen können, oder Änderungen von Streichen und Fallen, wenn die Verwerfungen eine einheitliche Schichtfolge durchschneiden. Im Boden verraten sich Verwer-

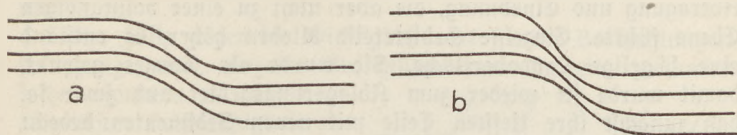


Abb. 37. Flexur, a mit geringer, b mit starker Ausdünnung der Schichten durch Änderungen seiner Zusammensetzung und Färbung, durch Auftreten von Wasser (Quellhorizonte), durch Geländestufen infolge von Härteunterschieden der Gesteine.

Das Einsinken einzelner Schollen (oder umgekehrt ihre Hebung) braucht nicht unbedingt an einer Verwerfung zu erfolgen. Oft bleibt vielmehr der Zusammenhang zwischen beiden Schollen erhalten durch eine Herabbiegung der Schichten (Flexur), wobei dann infolge der Zerung eine Auswalzung der Schichten in der Flexur häufig zu beobachten ist. Im Streichen kann eine Flexur in eine Verwerfung übergehen (Abb. 37).

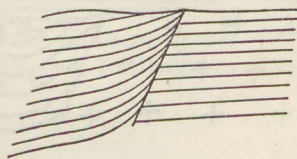


Abb. 38. Schleppung an einer Verwerfung

Schleppung von Schichten an einer Verwerfung ist wichtig, weil sie Aufschluß gibt über die (relative) Senkung einer Scholle (Abb. 38).

Sehr wichtig ist es, das Alter der tektonischen Störungen zu ermitteln. Das geschieht durch die Feststellung des Alters der jüngsten gestörten Schicht einerseits und der ältesten ungestörten Schicht andererseits.

Wenn über einer gefalteten und von Verwerfungen durchschnittenen Schichtfolge eine jüngere Schichtfolge liegt, die von diesen Störungen nicht betroffen ist, dann müssen sie vorher entstanden sein. Wenn die jüngste der gefalteten Schichten Oberkarbon und die älteste der ungefalteten Schichten Rotliegendes ist, dann ergibt sich daraus das Alter der Störung als nachoberkarbon und vorrotliegend. Zugleich zeigt sich aber auch, daß nach der Faltung der älteren Schichtreihe im

Zusammenhang damit eine Intrusion von Granit erfolgt ist (Abb. 39).

Durch die mit Hebung verbundene Faltung wurde das Gebiet Land und zwar Gebirgsland, deshalb begann dann starke Abtragung und Einebnung, die aber nicht zu einer vollständigen Ebene führte. Einzelne Gebietsteile blieben höher, es entstand eine hügelige Landoberfläche. Sie wurde als Ganzes gesenkt, damit wurde sie wieder zum Ablagerungsgebiet und zwar so, daß zunächst ihre tiefsten Teile mit neuen Sedimenten bedeckt wurden. Bei weiter fortschreitender allgemeiner Senkung wurden die höheren Teile schließlich auch von Sedimenten zugedeckt (Zechstein).

Es ergeben sich also zwei verschiedene Profile: rechts ist die Schichtfolge Oberkarbon-Rotliegendes-Zechstein, links dagegen

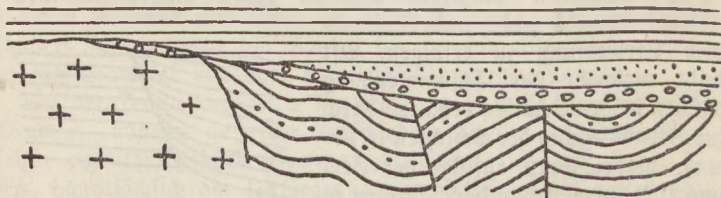


Abb. 39. Diskordante Schichtsysteme

Oberkarbon bzw. Granit-Zechstein. Wäre man ausschließlich auf die Aufschlüsse der linken Seite angewiesen, dann bliebe für die Gebirgsbildung die Zeit des gesamten Rotliegenden zur Verfügung, d. h. sie könnte nur ungenau zeitlich festgelegt werden. Dagegen ermöglicht der Aufschluß rechts die genauere zeitliche Bestimmung und gibt zusammen mit dem linken Aufschluß nähere Auskunft über die Oberflächengestaltung des Landes vor dem Beginn der Überlagerung durch die jüngere Sedimentreihe.

Ähnliche Verhältnisse, wie sie soeben beschrieben wurden, zeigt der Spessart. Dort ist ein jungpaläozoisches Faltengebirge aus kristallinen Schiefen, Gneisen und Graniten vorhanden, das in dieser Weise abgetragen und ungleich eingeebnet wurde. Der Schutt des Gebirges bildet die Schichten des Rotliegenden, das aber nur im Nordwestteil vorhanden ist. Die anderen Teile waren in dieser Zeit noch Abtragungsgebiet, und erst in der Zechsteinzeit war die Senkung im ganzen so weit fortgeschritten,



daß sich die Sedimente des seichten Meeres über den kristallinen Gesteinen ablagern konnten. Aber selbst in dieser Zeit waren noch einzelne Erhebungen des alten Saltengebirges als Inseln vorhanden, die sich bis zur Zeit des Buntsandsteins erhielten.

Solche Fälle zeigen die Wichtigkeit umfassender Beobachtungen. Es genügt nicht, einzelne Aufschlüsse eines Gebietes zu untersuchen, sondern es muß nach möglicher Vollständigkeit getrachtet werden, um schwerwiegende Fehler zu vermeiden.

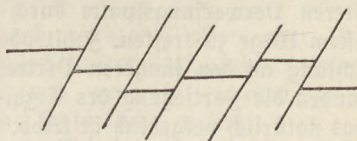


Abb. 40 a. Zwei Generationen von Verwerfungen: eine Verwerfung ist durch eine Reihe paralleler jüngerer Verwerfungen zerschnitten

Aus der Abb. 39 ergibt sich auch, daß die Verwerfungen jünger sind als die Faltung. Auch das Aufdringen des Granites ist erst nach der Faltung erfolgt. Beide Vorgänge aber, Bildung der Verwerfungen und Intrusion des Granites, liegen vor der Abtragung des Gebirgslandes und vor der Bedeckung mit dem Rotliegenden. Die

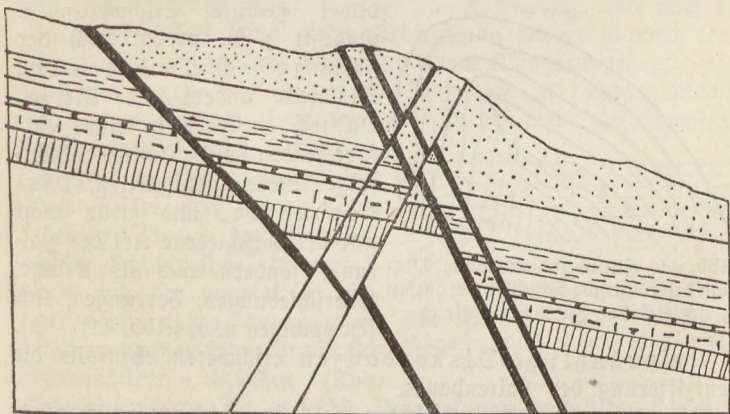


Abb. 40 b. Zwei Generationen von Verwerfungen: mit Gangmineralien ausgefüllte Verwerfungsklüfte sind durch jüngere Verwerfungen zerschnitten und die Teilstücke gegeneinander verschoben

Gebirgsbildung erweist sich dadurch als ein in mehrere Abschnitte zerfallender Vorgang: Faltung, Bruchbildung, Aufdringen vulkanischen Magmas.

Bei Auftreten mehrerer sich kreuzender Verwerfungen ist es meist leicht, ältere und jüngere Verwerfungen zu unterscheiden. Die jüngere Verwerfung verwirft die ältere. Die Feststellung, nach welcher Richtung die Verwerfung erfolgt ist, hat große Bedeutung besonders dann, wenn die älteren Spalten mit Erzen ausgefüllt sind. Ist der Abbau dieser Erze an einer jüngeren Verwerfung angelangt, dann kommt es darauf an, die Fortsetzung der älteren Verwerfungsspalte durch Stollen oder Schacht auf kürzestem Wege zu treffen. Fehlt aber die Kenntnis der Bewegungsrichtung an den jüngeren Verwerfungen, dann wird unter Umständen die Fortsetzung des Erzkörpers in größerer Höhe gesucht, was natürlich vergeblich ist (Abb. 40).

\*

Nur die Hauptarten tektonischer Störungen können hier besprochen werden. Im übrigen muß es genügen, auf die Mannigfaltigkeit der Faltungs- und sonstigen Störungsformen hinzuweisen und auf die Komplikation durch mehrfache Bewegungen, deren Entzifferung große Schwierigkeiten bietet.

Auch die wechselnde Faltungsfähigkeit verschiedener Schichten

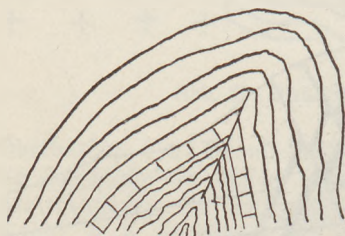


Abb. 41. Faltungsdiskordanz. Verschieden plastische Schichten verhalten sich bei der Faltung ungleich

bildet gewisse Erschwerungen. Quarzit z. B. verhält sich der Faltung gegenüber anders als Ton, Sandstein anders als Mergel. Dadurch entstehen in einer entsprechenden konkordanten Schichtfolge Unregelmäßigkeiten, Diskordanzen, und zwar nicht nur als verschiedene Art der Faltung, sondern auch als Brüche, Überschiebungen, Zerrungen, Anschoppungen u. a. (Abb. 41).

Ursprüngliche Diskordanzen erschweren ebenfalls die Entzifferung des Faltenbaues.

Die Ablagerung der Schichten geht ja nicht ununterbrochen vor sich, sondern wechselt je nach den Ablagerungsbedingungen. Allein schon die Tatsache, daß sich mächtige Stöße von Schichten aus gleichem Baustoff übereinander bilden, beweist die tausendfach unterbrochene und veränderte Ablagerung, denn sonst könnte keine Schichtung des Sedimentes entstehen.

Die Ursachen der Unterbrechung der Ablagerung sollen hier

nicht näher besprochen werden, es mögen einige knappe Hinweise genügen. Es wirken hier besonders: Wechsel der Jahreszeiten, Niederschläge, Wassermengen der Flüsse, Windstärke, Temperaturen (Frost) u. a.

Dadurch wird die Sedimentation längere oder kürzere Zeit unterbrochen. Oder es erfolgt, wie etwa bei Wolkenbrüchen, plötzlich stärkere und gröbere Sedimentation, so daß ein Wechsel des sich absetzenden Materials eintritt und anders beschaffene Schichten entstehen. Es können auch durch stärkere Wasser- oder Windwirkung, stärkere Strömung (durch Stürme) die vorher gebildeten Sedimente wieder aufgewühlt und weggefegt werden, so daß gegenüber anderen Stellen eine Schichtlücke entsteht.

Dazu kommen als zweite, wesentlich bedeutungsvollere Ursache tektonische Bewegungen jeder Art, von einfacher Hebung oder Senkung einzelner Gebiete angefangen bis zur Gebirgsbildung mit Faltung und Zerstückelung. Dadurch werden Ablagerungsgebiete zu solchen der Abtragung, die nun ihrerseits wieder Baustoffe in andere Ablagerungsgebiete liefern.

Je höher aber ein Gebiet durch die Gebirgsbildung geworden ist, desto stärker wirkt in ihm die Abtragung, und nach entsprechender Zeit kann dieses Gebirgsland wieder so weit erniedrigt sein, daß es von neuem zu einem Ablagerungsgebiet wird.

Dann legen sich die neuen Sedimente als ebene Schichten diskordant auf die abgetragenen Reste des alten Saltengebirges, auf seinen Rumpf (Abb. 42).

Erfährt nun in späterer Zeit das Gebiet noch einmal eine Gebirgsbildung, dann werden beide Schichtreihen, die gefaltete und die ungefaltete, Lagerungsstörungen durchmachen, und es können sehr verwickelte Faltenbilder entstehen (Abb.



Abb. 42. Transgressive Auflagerung jüngerer Schichten auf älteren gefalteten und eingeebneten

43), besonders, da auch die Verwerfungs- und Überschiebungsflächen der ersten Periode durch neue Verwerfungen zerschnitten oder zusammen mit den älteren Falten selbst gefaltet werden.

\*

Von den tektonischen, d. h. durch den Gebirgsdruck entstandenen Falten sind zu unterscheiden die durch Rutschen und Gleit-

ten in dem noch nicht völlig verfestigten Sediment entstandenen Faltungen (Gleitfaltung). Besonders bei tonigen, deshalb plastischen Ablagerungen sind solche Gleitfaltungen häufig, es zeigen dann die Schichten eine oft sehr starke Faltung, die bis zu Überfaltung und Zerreißung der Schichten mit Überschiebungen gehen kann. Zur Entstehung genügt schon eine ganz geringe Neigung der Unterlage, etwa ein sehr flach geböschter See- oder

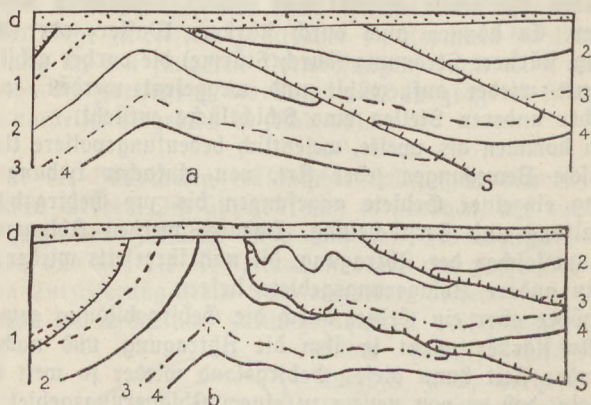


Abb. 43. Wiederholte Faltung. Zwei Profile durch das Gebiet des Sutans im Westfälischen Steinkohlenbecken (nach Keilhack). a nach der Bildung der Überschiebungen (Sutan u. a.), b nach der späteren Faltung. 1 Flöz Catharina, 2 Flöz Sonnenschein, 3 Flöz Maujegatt, 4 Hauptflöz, S Sutan, d Dedigebirge

Meeresboden. Man findet deshalb solche Gleitfaltung in den verschiedenen feinkörnigen Gesteinen ausgebildet, in Ton, Mergeln, mergeligen Kalksteinen, tonigen Sandsteinen u. a., natürlich auch in dem Material von Bergschliffen und -rutschten.

Eine andere Faltungsentstehung ist bei Gips zu beobachten, der aus Anhydrit durch Wasseraufnahme entsteht, wobei infolge der Volumvermehrung eine starke Quellung des Gesteins eintritt, die zu intensiver Faltung führt.

Häufig beginnt die jüngere Schichtreihe mit groben Breccien und Konglomeraten (Grundkonglomerate), die aus dem Schutt und der Aufbereitung des Untergrundes entstanden sind, und nur allmählich wird nach oben die Korngröße der neuen Sedimente kleiner, bis schließlich das alte Sand gänzlich wieder



zu Sedimentgebiet geworden ist und nur ganz feinkörnige Sedimente abgesetzt werden.

Solche Grundkonglomerate sind für die Feststellung von Diskordanzen und Auflagerungsflächen (Transgressionen) sehr wichtig, vor allem auch, weil die Untersuchung ihrer Bestandteile Aufschluß über die vor der Transgression an der alten Landoberfläche vorhandenen Gesteine und damit über die Gestaltung des Landes gibt.

Am Südrande der nördlichen Kalkalpen transgrediert die unterste Stufe der Triasformation über das im Oberkarbon entstandene zentralalpine Gebirgsland. Die mächtig entwickelten Grundkonglomerate der Trias enthalten Trümmer und Gerölle aller Gesteine der südlich anstoßenden Zentralalpen, selbst von hochmetamorphen Gesteinen, von Gneis und Granit. Damit beweisen sie vorherige Gebirgsbildung, Intrusion von Granit, Metamorphose der über und neben ihm liegenden Gesteine, starke Abtragung, die selbst die Granitmassen auf weite Strecken freilegte, und lebhafteste Flußerosion, da meist typische Gerölle entstanden sind.

Es darf indessen nicht stets mit dem Auftreten von Grundkonglomeraten an der Basis transgredierender Schichten gerechnet werden. Denn eine ganze Anzahl von Transgressionen in verschiedenen Gebieten ist nicht durch solche Bildungen bezeichnet. Die Transgression wird dann durch eine Diskordanz im Streichen und Fallen beider Schichtreihen nachgewiesen. Fehlt auch eine solche, dann handelt es sich um eine „maskierte“ Diskordanz, zu deren Nachweis die Altersbestimmung der liegenden und hangenden Schichten nötig ist.

In Ebenen und Tiefländern sind vielfach unter den oberen ungefalteten Ablagerungen Reste des älteren gefalteten und zerstückelten Untergrundes vorhanden. Sie treten in natürlichen Aufschlüssen, wie etwa tief eingeschnittenen Flußtälern, zutage, aber auch in künstlichen Aufschlüssen: Steinbrüchen, Bohrungen, Bergbauen, werden sie gelegentlich angefahren. Für die Feststellung der geologischen Entwicklung dieser Gebiete sind diese Reste des älteren Unterbaues von ganz besonderer Bedeutung. Sie sollten möglichst eingehend untersucht werden, vor allem dann, wenn es sich um vorübergehende Aufschlüsse handelt, bei Grabungen, Fundamentierungen, Tunnelbauten, Brunnenbohrungen u. a.

Weitere Wirkungen der Tektonik sind die Schieferungen. Häufig ist besonders in tonigen Gesteinen (Ton-schiefer) neben der Schichtung durch den Gebirgsdruck eine Schieferung ausgebildet worden, die in anderer Richtung als die Schichtung verläuft. Das kann so weit gehen, daß nur noch die Schieferung deutlich sichtbar ist, die Gesteine spalten dann nach den Schieferungsflächen und diese erscheinen als Schichtflächen. Genaue Untersuchung läßt aber die wahre Natur dieser Flächen erkennen. Sie geben Aufschluß über die Druckrichtung, die im allgemeinen quer zur Schieferung war. Wirken nacheinander mehrere Drucke aus verschiedenen Richtungen, dann können auch mehrere Schieferungen



Abb. 44. Schieferung in gefalteten Schichten. Die beste Ausbildung der Schieferung ist dort, wo sie mit der Schichtung gleichläuft

entstehen. Ein Beispiel dafür sind die Griffelschiefer, die in griffelartige Stücke zerfallen infolge von zwei etwa senkrecht zueinander verlaufenden Druckrichtungen (Abb. 44).

Auch die Schieferungen müssen nach Streichen und Fallen mit dem Kompaß und Klinometer gemessen werden. Damit lassen sich wichtige Hinweise auf die Druckrichtung und auf den Mechanismus der Tektonik gewinnen.

Bei Tiefengesteinen, besonders bei Graniten, sind oft mehrere Systeme von Ebenen guter Spaltbarkeit vorhanden. Das eine System, das der Lagerflächen, entsteht durch Belastungsdruck, den die hangenden Gesteinsmassen auf das erstarrte Magma ausüben. Ein zweites System, das der Schieferungsflächen wird durch den gleichzeitig wirkenden tektonischen, daher gerichteten Druck erzeugt. Durch ihn wird eine Orientierung besonders der scheiben- und tafelförmigen Kristalle (Glimmer) hervorgebracht. Dadurch ist nicht nur eine Möglichkeit gegeben, Richtung und Stärke des tektonischen Druckes festzustellen, sondern diese Spaltbarkeit hat auch für die Quader-

und Pflastersteingewinnung große Bedeutung, da sich solche Granite leicht nach diesen Flächen spalten lassen. Das dritte Flächenpaar eines solchen Granitwürfels ist das der Kopf- oder Hirnseiten, die senkrecht zu der Lage der gestreckten Mineralien liegen. Nach diesen Flächen ist die Spaltbarkeit am wenigsten ausgeprägt, sofern nicht bei entsprechend starker Dehnung des Gesteins in der Streckrichtung Querklüfte entstanden sind.

Die Feststellung aller dieser Flächen oder auch ihr Fehlen ist wichtig für die Klärung der Entstehungsbedingungen.

## VI. Geologische Geländebeobachtung

**E**s wurde schon früher an verschiedenen Stellen gezeigt, daß zur geologischen Beobachtung außer den unmittelbar in Aufschlüssen zu gewinnenden Tatsachen eine Menge von Merkmalen und Erscheinungsformen treten, die in irgendeiner Weise zur Kenntnis des geologischen Baues beitragen. Diese sollen jetzt ausführlicher besprochen werden, da sie für erfolgreiche geologische Tätigkeit von größter Wichtigkeit sind.

In erster Linie sind hier die Formen der Erdoberfläche zu nennen. Denn jeder Teil der Erdoberfläche ist in seiner Gestaltung abhängig vom geologischen Bau und ebenso, wie die Oberflächenformen in ihrer Entstehung nicht erklärt werden können ohne dessen Kenntnis, ist auch die Entzifferung des geologischen Baues einer Gegend nicht möglich ohne die Berücksichtigung der Oberflächenformen. Es ist auch zu bedenken, daß ja in weiten Gebieten der Erde kein festes Gestein anstehend an der Oberfläche zu finden ist. Der feste Fels liegt dort begraben unter einer mehr oder weniger mächtigen Decke von jüngeren lockeren Ablagerungen, von Verwitterungsschutt, von Böden verschiedener Zusammensetzung, die oft noch mit dichter Vegetation bekleidet sind und den Einblick in den tieferen Untergrund verhüllen.

Ist diese Bedeckung nicht allzu mächtig, dann macht sich die verschiedene Widerstandsfähigkeit der festen Gesteine gegen Verwitterung, Abtragung und Erosion noch einigermaßen geltend und viel deutlicher tritt sie natürlich hervor, wenn die Schuttbedeckung ganz fehlt.

Jede Oberflächenform ist Ergebnis der geologischen Geschichte und jede Änderung der Oberfläche beweist eine Verschiedenheit des Gesteins oder seiner Lagerung.

Das zeigt sich nicht nur im großen (Gebirgsland — Ebene), sondern auch im kleinen. Einige Beispiele mögen das erläutern. Harte widerstandsfähige Gesteine, wie Quarz- und Schwerspat-

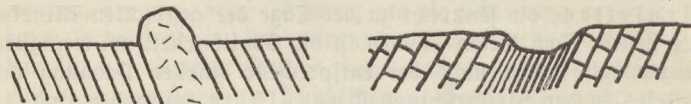


Abb. 45. Verschiedene Widerstandsfähigkeit von Schichten gegen Abtragung

gänge oder Gänge von Eruptivgesteinen, leisten der Abtragung größeren Widerstand und bleiben deshalb als Mauern stehen (sog. Teufelsmauern, der Pfahl im Bayrischen Wald), während weichere oder chemisch leichter lösbare Schichten (Kalksteine zwischen Schiefnern z. B.) zu Einsenkungen Veranlassung geben (Abb. 45).

Bei flacher Lagerung der Schichten treten an den Rändern solcher Schichttafeln und an den Hängen der in sie eingeschnittenen Täler die verschiedenen harten Schichten deutlich hervor.

Ein prächtiges Beispiel im großen ist der Nordweststrand des

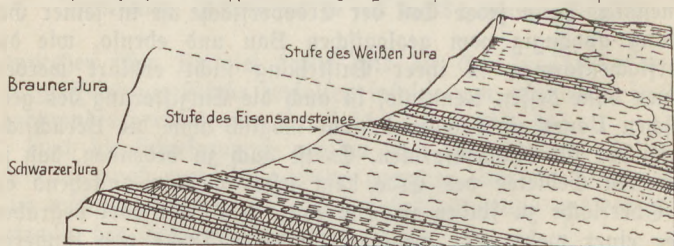


Abb. 46. Profil des schwäbischen Jura (nach Engel). Härtere Schichten treten stufenbildend hervor

schwäbisch-fränkischen Juragebietes. Seine Schichten fallen schwach nach Südosten ein, und der häufige Wechsel ihrer petrographischen Beschaffenheit hat an diesem Erosionsrand eine Reihe von Stufen entstehen lassen, die weithin in der Landschaft zu verfolgen sind (Abb. 46).

Wenn wir die kleineren, weniger scharf ausgeprägten Stufen im Lias außer acht lassen, dann sind es hauptsächlich zwei, die hier in Betracht kommen: die Stufe des Eisensandsteines des



Doggers und die hohe steile Stufe der harten Kalksteine des Malmes, die den Hauptgebirgsrand bildet.

\*

Je härter die Schichten, desto steilere Böschungen bilden sich, es entsteht eine Stufen- oder Terrassenlandschaft, während sich bei gleichbleibender Gesteinsbeschaffenheit gleichmäßig geböschte Hänge bilden (Abb. 47).

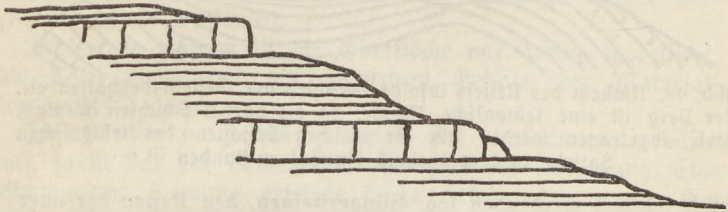


Abb. 47. Terrassierung eines Berghanges durch verschieden harte Schichten

Liegen unter harten Schichten sehr weiche oder lockere, dann kommt es zur Bildung von Hohlkehlen und Überhängen (Abb. 48).

In gefalteten Schichten bleiben die harten Lagen als Grate und Zacken stehen. Liegen in einem Muldenkern solche harte Schichten, dann bleiben sie ebenfalls erhalten und bilden einen Berg, während

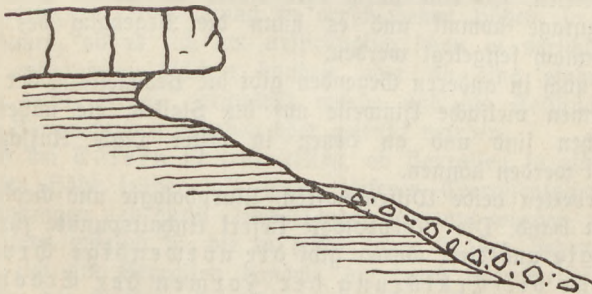


Abb. 48. Hohlkehlen- und Überhangbildung

die Sättel daneben wegen ihrer weichen Schichten als Eintiefungen erscheinen. Die durch die Faltung geschaffene Struktur wird allmählich immer stärker verwischt, indem an Stelle der durch sie entstandenen Formen die Auslese nach der Widerstandsfähigkeit gegenüber den äußeren Kräften tritt (Abb. 49).

In Tälern treten die Gesteinsunterschiede hervor als Verengungen und Erweiterungen des Flußbettes, als Steilstufen mit Wasserfällen und als Untiefen mit den bei niedrigem Wasser-



Abb. 49. Umkehr des Reliefs infolge verschiedener Gesteinsbeschaffenheit. Der Berg ist eine tektonische Mulde, da die harten Schichten weniger stark abgetragen werden als die weichen Schichten des tektonischen Sattels, in dem deshalb ein Tal entstanden ist

stand sichtbar werdenden sog. Hungersteinen, den Resten der quer durch das Flußbett hindurchstreichenden harten Schichten. Im Binger Loch im Rheintal ist das schön zu sehen.

Der geringste Unterschied in der Widerstandsfähigkeit der Schichten bewirkt eine Änderung im Gelände und deshalb ist die sorgfältige Beachtung aller Unregelmäßigkeiten an der Oberfläche von größter Bedeutung für die geologische Untersuchung.

In Gebirgen läßt sich schon von einem Aussichtspunkt aus oft feststellen, wo eine durch ihre Härte auffallende Gesteinschicht zutage kommt und es kann die Begehung des Gebietes danach festgelegt werden.

Aber auch in anderen Gegenden gibt die Beobachtung der Geländeformen vielfache Hinweise auf die Stellen, die näher zu untersuchen sind und an denen in erster Linie Aufschlüsse erwartet werden können.

So arbeiten beide Wissenschaften, Morphologie und Geologie, Hand in Hand. Die Morphologie liefert Anhaltspunkte für die Geologie und diese wieder gibt die notwendige Grundlage für die Erklärung der Formen der Erdoberfläche.

Je stärker die Formen durch die von außen einwirkenden Kräfte (Klima mit Temperaturunterschieden, Wasser, Wind, Verkittung, Verwitterung; Schwerkraft) umgewandelt sind, desto schwieriger wird die Feststellung ihrer ursprünglichen Beschaffenheit, desto mehr ist es Aufgabe des geologisch geschulten Beobachters, Art und Ausmaß dieser Umwandlungen zu ermitteln.

Am deutlichsten zeigt sich das bei einer Gegenüberstellung äußerlich sehr verschiedener Gebiete. Ein jung gefaltetes und gehobenes Gebirgsland wie die Alpen tritt uns mit ganz anderen Formen entgegen, wie ein altgefaltetes, abgetragenes und gesenktes Gebiet. In jenem bestehen große Höhenunterschiede, deshalb sind durch die starke Erosion schroffe Formen und tief eingeschnittene Täler entstanden und große Massen von Abtragungsprodukten werden in sie und durch sie hinaus verfrachtet in die Vorländer.

In diesem dagegen ist die Oberfläche nur gering modelliert, die Täler sind breit mit schwachem Gefälle, der Materialtransport ist gering.

Treten aber in solchen Gebieten tief eingeschnittene Täler auf, so ist das ein Beweis für eine nach der Abtragung, Einbnung und Senkung erfolgte junge Hebung des ganzen Gebietes. Dadurch sind die neuen Talformen entstanden, die Erosion ist belebt worden und die älteren Formen sind nur noch zwischen den jungen Tälern erhalten geblieben.

Dann finden sich Formen aus mehreren, zeitlich verschiedenen Umbildungsreihen unvermittelt nebeneinander in wechselnder Deutlichkeit.

Besonders häufig treten solche Reste alter Landschaften als Flächen auf. Liegen in einem Gebiete Flächen größerer oder geringerer Ausdehnung in verschiedenen Höhen, so ist zu untersuchen, ob es sich um ursprünglich schon in verschiedener Höhe entstandene Flächen handelt oder ob eine einheitliche Fläche durch Brüche zerstückelt wurde und die Teilstücke an diesen Verwerfungen gehoben oder gesenkt wurden.

Auch bei Tälern ist festzustellen, ob Terrassen in einer bestimmten Höhe früher mit einem tieferen Terrassensystem zusammenhängen und durch Verwerfungen getrennt wurden, wie es bei Tälern möglich ist, die in tektonischen Gräben liegen, oder ob es sich um Terrassen handelt, die durch stufenweises Einschneiden des Flusses infolge zeitweise sich verstärkender Erosion entstanden.

Überhaupt muß bei jeder Geländestufe ihre Ursache ermittelt werden (tektonische Bewegungen oder Erosion, auch Gehängeabbrüche, Bergstürze). Bei Terrassen insbesondere ist nötig zu untersuchen, ob **Sels-** oder Schutterrassen vorliegen.

Die Kenntnis des geologischen Aufbaues der Talhänge und des

Talbodens ermöglicht es, die Art der Talbildung (Erosions-tal, tektonisches Tal) festzustellen und ebenso, wie weit eine tektonisch vorgebildete oder wenigstens ermöglichte Talfurche erosiv aus- und umgestaltet wurde.

Im einzelnen können solche Untersuchungen sehr schwierig sein, denn die jetzt in vielen Gebieten nachgewiesene Tatsache, daß tektonische Bewegungen als Hebungen, Senkungen oder Verbiegungen in jüngster Zeit erfolgt sind und selbst heute noch vor sich gehen, bringt naturgemäß die Möglichkeit von unzutreffenden Parallelisierungen, besonders bei Terrassen und Flächen mit sich. Um so sorgfältiger muß deshalb die geologische Untersuchung dabei vorgenommen werden.

Außer der Feststellung von Verwerfungen an Terrassenrändern hilft hier auch die Untersuchung des Geröllbestandes der auf den Felsterrassen liegenden oder die Schutterrassen aufbauenden Schotter. Gleichartige Schotter auf verschiedenen Terrassen, auch gleiche Stärke der Verwitterung solcher Schotter beweisen einheitliche Ablagerung und Altersgleichheit.

Hoch über dem heutigen Tale liegende alte Schotter sind häufig schon bis auf geringe Reste durch Abtragung und Verwitterung verschwunden; in solchen Fällen kommt es darauf an, aus den noch vorhandenen Reststeinen die entsprechenden Folgerungen zu ziehen. In anderen Fällen sind alte Gehängeschutt- und Schottereste durch diagenetische Verkittung (Verkalkung, Verkieselung) verfestigt. Solche verkittete Gehängebreccien oder Konglomerate sind wichtig für die Feststellung der Hang- und Talentwicklung in früheren Zeiten. Liegen Trümmer dieser Bildungen als Gerölle in anderen Schottern, dann ergibt sich daraus deren spätere Entstehung.

Die große Formenfülle verbietet ein Eingehen auf alle aus den einzelnen Formen abzuleitenden Anzeichen für die geologische Entwicklung und es muß genügen, auf die enge Abhängigkeit der Formen und Formunterschiede vom geologischen Bau hingewiesen zu haben.

\*

Bei starker Bedeckung der Oberfläche mit lockeren Ablagerungen müssen aus einer Menge von Beobachtungen über die Art der Vegetation, über Auftreten von Wasser als Sicker-, Grund- oder Quellwasser, über die Zusammensetzung des Bodens und der lockeren Ablagerungen unter ihm (wozu kleine Aufschlüsse



durch wühlende Tiere, selbst Maulwurfshäufen dienen können), die entsprechenden Schlüsse gezogen werden.

Was zunächst die Vegetation betrifft, so bietet sie viele Hinweise auf die Beschaffenheit des Bodens, auf dem sie sich entfaltet.

Denn die Bedürfnisse der Pflanzen an mineralischen Nährstoffen, sowie bezüglich der Durchlüftung und Wasserführung des Bodens sind sehr verschieden und als Folge davon bilden sich gewisse Pflanzengenossenschaften heraus, je nach der Beschaffenheit des Bodens.

Über Gängen von kalk- und alkalireichem Diabas im Frankenswalde wachsen *Daphne mezereum* und *Lilium martagon*, während sie auf den kalkarmen Böden daneben fehlen. Gewisse Züge von sehr reinem Quarzit in kristallinen Schiefen fallen

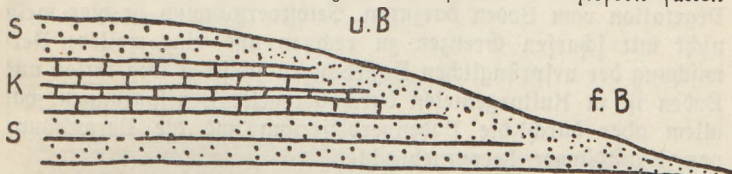


Abb. 50. Einfluß der Gesteine auf den Boden (nach Kellhach). S Sandstein, K Kalkstein, u. B. unfruchtbarer Boden, f. B. fruchtbarer Boden

durch Vegetationsarmut und verkümmertes Baumwachstum auf, die weitgedehnten Kiefernwälder südlich von Nürnberg sind verursacht durch die diluvialen Sandböden des Reichswaldes, andere Pflanzen bevorzugen kalk-, gips-, oder salzhaltigen Boden. In Norddeutschland ließ sich durch das Auftreten einer Salzflora längs einer geraden Linie ein Hinweis auf an dieser Linie aufsteigende Salzsole gewinnen, und die weitere Untersuchung ergab, daß dort eine Verwerfung das Aufdringen der Sole ermöglichte. Damit kann das Vorkommen von Salzlagern in größerer Tiefe nachgewiesen werden.

Auch für andere nutzbare Lagerstätten kann die Vegetation Fingerzeige geben. So wächst das Galmeiweilchen (*Viola lutea* var. *calaminaria*) dort, wo Zinkerzlagerstätten an die Oberfläche kommen, andere Pflanzen deuten auf Bleiglanz oder Kupfererze usw.

Auch zur Feststellung, ob etwa an schuttbedeckten Hängen verschiedene Gesteine anstehen, läßt sich die Vegetation oder ihre

größere oder geringere Üppigkeit verwenden. Keilhack bringt dafür ein sehr anschauliches Beispiel (Abb. 50). Auf der Höhe und im oberen Teile des Hanges besteht der Boden aus Sand und ist deshalb unfruchtbar, in der halben Höhe des Hanges beginnt fruchtbarer Boden, der nach unten hin wieder weniger fruchtbar wird. Die Fruchtbarkeit ist hervorgerufen durch die eingelagerten Kalksteinbänke und gibt ein gutes Hilfsmittel für die Feststellung der Oberkante des Kalksteins, die bei der geringen Neigung des Hanges nur wenig oberhalb des Beginnes des fruchtbaren Abschnittes liegen kann. Durch Graben wird sich dort auch leicht feststellen lassen, wo die Beimengung von Kalksteintrümmern im Sand beginnt und damit ist dann die Grenze zwischen Kalkstein und Sandstein ziemlich genau bestimmt.

Diese Beispiele mögen genügen, um die Abhängigkeit der Vegetation vom Boden darzutun. Selbstverständlich ist hier meist nicht mit scharfen Grenzen zu rechnen und eine weitere Verwischung der ursprünglichen Beziehungen zwischen Vegetation und Boden ist in Kulturgebieten durch geregelte Bepflanzungen, vor allem aber durch die Bodenverbesserung und die Verwendung von Kunstdünger hervorgebracht.

Trotzdem ist die Kenntnis der „Bodenanzeigenden Pflanzen“, die von Einstow ausführlich beschrieben hat, wobei er für nicht weniger als 60 verschiedene Böden leitende Pflanzen angibt, von großem Wert für die geologische Beobachtung.

Es lassen sich für die Hauptbodenarten von Deutschland jeweils bezeichnende Einzelpflanzen und Pflanzengenossenschaften feststellen und mit deren Hilfe werden viele Hinweise auf die Bodenbeschaffenheit in Gebieten ohne entsprechende Aufschlüsse möglich. Dadurch wird zwar nicht in allen Fällen, aber doch sehr oft die Untersuchung erleichtert und gefördert. Man achte deshalb zunächst in Gebieten mit guten Aufschlüssen, in denen die Beschaffenheit des Bodens direkt sichtbar ist, auf die Zusammensetzung der Flora und vergleiche dann damit die von Gebieten ohne Aufschlüsse. Dadurch läßt sich ohne besondere Mühe mit großer Wahrscheinlichkeit die vorhandene Bodenart feststellen. Zugleich werden die Ursachen erkannt, warum die Vegetation an verschiedenen Stellen verschieden ist.

Die wichtigsten Bodenarten: Kies, Sand, Lehm, Ton, Kalk, Moor (hier wieder Hoch-, Übergangs- und Niedermoor), Löß,

Schwarzerde können dadurch unterschieden werden, ebenso versalzter Boden, ferner fast alle Böden, die einen größeren Gehalt an Erzen oder an anderen sporadisch auftretenden Verbindungen haben, ebenso Böden, die durch Verwerfungen oder andere Spalten mit entsprechenden Ablagerungen im Untergrunde in Verbindung stehen, und endlich besitzen die sog. Wasserpflanzen große Bedeutung für das Auffuchen von Wasseraustritten an der Oberfläche und Grundwasservorkommen in geringer Tiefe.

Auch ohne nähere botanische Kenntnis ist diese Abhängigkeit gewisser Pflanzen, wie Binsen, Schilf, Schachtelhalme u. a., vom Wasser zu sehen.

An Stellen, wo auf sonst trockenem Boden derartige Pflanzen auftreten, ist mit Sicherheit Wasser vorhanden, sei es, daß

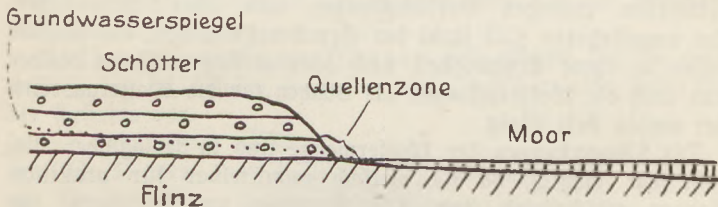


Abb. 51. Grundwasseraustritt und Moorbildung. Das in den Schottern über dem undurchlässigen Flinz fließende Grundwasser erreicht in der Quellenzone die Oberfläche. Damit sind Bedingungen für Moorbildung gegeben

es als Quelle austritt oder daß es in ganz geringer Tiefe vorhanden ist.

Besonders klar ist diese Beziehung dort, wo ein Grundwasserstrom die Oberfläche erreicht. Am Südrande der Moore der Münchener Gegend ist die Schnittlinie von Oberfläche und Grundwasserspiegel an vielen Stellen durch solche Vegetation gekennzeichnet, denn die Oberfläche senkt sich nach N stärker als der Spiegel des Grundwassers. Deshalb beginnt nördlich dieser Schnittlinie die Vermoorung und die Bildung der Moore (oder Moose, wie sie in Bayern heißen) ist darauf zurückzuführen (Abb. 51).

Es darf aber nicht erwartet werden, an allen Stellen, wo solche Pflanzen auftreten, nun auch das Grundwasser austreten zu sehen, denn, wie erwähnt, genügt schon eine entsprechende Durchfeuchtung bzw. Grundwasser in geringer Tiefe, um den

Wurzeln die nötige Feuchtigkeit zuzuführen. Die Wasseraustritte treten deshalb in einer schmäleren oder breiteren Zone auf.

Hinzu kommen die Schwankungen des Grundwasserspiegels. Das Grundwasser ist ja das in den Boden einsickernde Wasser, das wasserdurchlässige poröse Gesteine, wie Sandstein, mehr oder weniger stark erfüllt und in langsamer Bewegung begriffen ist. Sein Absinken in große Tiefe wird verhindert durch wasserundurchlässige Schichten, wie Ton, deshalb fließt es auf dem Ton abwärts, so lange, bis es an der sich senkenden Oberfläche als Quelle austreten kann oder, wo das nicht der Fall ist, bleibt es im Untergrund stehen.

Erfolgen nun längere Zeit hindurch stärkere Niederschläge im Einzugsgebiet, dann steigt das Grundwasser und an den Austrittsstellen entstehen Versumpfungen und Überschwemmungen. Im umgekehrten Fall sinkt der Grundwasserspiegel, die Quellen lassen in ihrer Ergiebigkeit nach oder versiegen. Dann bleiben nur noch die Wasserpflanzen als Zeichen für die Wasseraustritte der nassen Zeit übrig.

Die Schwankungen der Wassermenge sind in geologischer Hinsicht sehr wichtig, da sie vielfach unmittelbar für praktische Fragen entscheidend sind. Für Brunnen und überhaupt für jegliche Wasserversorgung, ebenso für Wasserchutz ist es unbedingt nötig, die normalerweise eintretenden Schwankungen des Grundwassers zu erforschen. Es genügt nicht, zwecks Anlage eines Brunnen schachtes nur bis zum Grundwasserspiegel zu graben, sondern der Schacht muß so tief werden, daß er noch ein Stück unter den tiefsten möglichen Grundwasserspiegel herunter reicht. Um diesen zu ermitteln, ist es nötig, genaue Tiefenmessungen des Wasserspiegels vorzunehmen, die sich über einen längeren Zeitraum erstrecken. Man messe also nicht nur im Frühjahr, wenn durch das Schmelzwasser der Wasserspiegel seinen höchsten Stand erreicht hat, sondern messe auch im Spätherbst und Winter den tiefsten Stand und setze diese Messungen, wenn möglich, einige Jahre fort, da ja immer wieder, aber ganz unregelmäßig, wesentlich niederschlagsärmere Jahre kommen. Nur dadurch lassen sich Fehlschläge vermeiden. Gar mancher Brunnen, der im Frühjahr angelegt wird, versiegt im Herbst, wenn diese Tatsachen nicht berücksichtigt werden.

Zur Ermittlung des Grundwasserstandes in einem Gebiete ist man nicht auf Probebohrungen und Grabungen allein angewie-



sen. Vielmehr können alle schon vorhandenen Brunnen, alle natürlichen Wasseraustritte und ebenso die Aufschlüsse in Sand-, Kies- oder Lehmgruben, in deren Sohle das Wasser austritt, dazu benützt werden. Durch Eintragung aller gemessenen Punkte auf der Karte mit Angabe der Tiefenlage des Wasserspiegels und durch entsprechende Verbindung gleicher Tiefen erhält man eine Grundwasserkarte und kann mit dieser dann leicht berechnen, in welcher Tiefe das Grundwasser an irgendeiner Stelle des Kartengebietes anzutreffen ist. Ebenso ergibt sich daraus die Fließrichtung des Grundwasserstromes, was wieder für die Auswahl der Brunnenpunkte in hygienischer Beziehung wichtig ist. Andernfalls kann es leicht so kommen, daß die von einem Misthaufen oder von einer Abortgrube in den Boden und damit in das Grundwasser gelangenden Abwässer das Brunnenwasser verunreinigen.

Wasseraustritte an Hängen sind wichtig für die Feststellung der Schichtfolge, da sie beweisen, daß dort eine Änderung des Gesteins vor-

handen ist. In der Abb. 52 werden die durchlässigen Sandsteine unterlagert von

undurchlässigem Mergel, auf ihm staut sich das ein-

sickernde Wasser und tritt am Hang als Schichtquelle zutage. Bei einigermaßen kräftiger Schuttbedeckung des Hanges wird aber die Quelle nicht dort liegen, wo die Grenze zwischen Sandstein und Mergel ist, sondern erst tiefer als Schuttquelle herauskommen. Dann ist sie natürlich nicht für die Bestimmung der Gesteinsgrenze verwendbar. In diesem Falle wird zunächst der Schutt auf seine Bestandteile untersucht (wie das früher schon beschrieben wurde) und die Höhe festgestellt, in der Mergelbrocken erstmals im Schutt auftreten. Die Grenze Sandstein — Mergel liegt dann wenig oberhalb dieser Stelle und durch Graben oder Schürfen läßt sich die Stelle des Wasseraustrittes aus dem Gestein freilegen.

Für eine Wassergewinnung kommt zweckmäßig nur die Schichtquelle in Betracht, denn auf dem Wege bis zur Schuttquelle geht

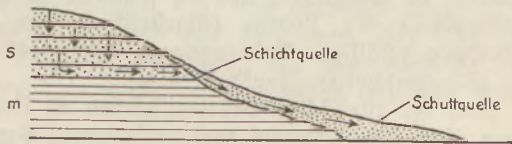


Abb. 52. Wasseraustritt an einem Hange. S Sandstein, → Weg des Grundwassers, m Mergel

ein Teil des Wassers verloren und auch die Schüttung wird unregelmäßiger.

Abgesehen von der praktischen Verwertung gibt die Untersuchung der Wasserverhältnisse für die geologische Beobachtung und Kartierung wertvolle Tatsachen, wie das eben besprochene Beispiel zeigt. Deshalb ist es sehr wichtig, an jeder Stelle, an der Wasseraustritte oder Anzeichen für Nähe des Grundwassers vorhanden sind, die Ursache festzustellen.

\*

In Gebieten ohne Aufschlüsse der festen Gesteine muß die Untersuchung der Böden die nötigen Auskünfte liefern. Dazu ist Vorbedingung die Kenntnis der Art der Gesteinsverwitterung und der Böden, die sich aus den verschiedenen Gesteinen in verschiedenem Klima bilden. Diese verschafft man sich am besten dadurch, daß man nach Möglichkeit von Aufschlüssen ausgehend die Verwitterungsprodukte studiert und damit die verschiedenen Böden unterscheiden lernt. Dann müssen auf den Äckern, in Weggräben und an sonstigen geeigneten Stellen die Bestandteile des Bodens festgestellt werden, wobei auf Ausscheidung zufälliger Beimengungen besonderes Gewicht zu legen ist (Straßenschotter, Bauschutt u. a.).

Auch bei rundlichen Gesteinsstückchen ist Vorsicht geboten (sofern nicht Konglomerate oder grobkörnige Sandsteine im Untergrund anstehen), denn sie können auch von anderen Stellen hergebracht sein, etwa durch einen früheren Wasserlauf.

Die sichersten Anzeichen für das im Untergrund anstehende Gestein sind eckige und kantige Splitter, besonders dann, wenn sie in größerer Zahl und ausschließlich von einer Gesteinsart auftreten. Aus solchen Lesesteinen kann das anstehende Gestein festgestellt werden.

Jede Änderung der Lesesteine wird notiert, die Stelle, wo die Änderung eintritt, möglichst genau, wenn nötig durch wiederholtes Vor- und Zurückgehen bestimmt und auf der Karte eingetragen. Bleibt die Art der Lesesteine und die Beschaffenheit und Färbung des Bodens auf größere Erstreckung gleich, dann kann das Begehungsnetz weitmaschiger sein als bei öfterem Wechsel der Bodenausbildung. Bestimmte Angaben darüber lassen sich nicht machen, denn das richtet sich nach den örtlichen Verhältnissen. In größeren Wäldern werden am zweckmäßigsten zuerst die Wege und die Schneisen abgegangen. Diese sind meist in zwei

rechtwinkelig zueinander laufenden Richtungen und in gleichen Abständen voneinander angelegt, so daß sie eine ziemlich gleichmäßige Begehung ermöglichen.

Das Vorkommen von ortsfremden Gesteinsstücken im Kulturland und in der Nähe von Straßen und Eisenbahnen wurde schon gelegentlich erwähnt. Hier ist wegen der mannigfachen Verschleppungsmöglichkeiten (auch ausgeworfener Schiffsballast in der Nähe von Häfen wäre hier zu erwähnen) große Vorsicht geboten. Handelt es sich um ganz vereinzelte Funde von andersartigen Gesteinen, etwa um Brocken von Kalkstein, Marmor, Granit u. a., die nur auf einer kleinen Fläche vorkommen, so ist auch zu erwägen, ob es nicht Reste eines verfallenen Bauwerkes, eines alten Denkmals oder dergleichen sind.

Auch die Farben der Gesteine sind wichtig, nicht nur für die Unterscheidung der frischen Gesteine, sondern auch für die der aus ihnen hervorgegangenen Böden. Denn diese ursprünglichen Farben werden in vielen Fällen bei der Verwitterung nicht verändert, sondern treten sogar z. T. noch deutlicher hervor. Die Böden der Buntsandsteine sind fast stets durch ihre rote bis braunrote Farbe kennlich, die Böden des Eisensandsteins des Doggers durch ihre Ockerfarbe, die von hellen Gesteinen durch lichte Farben.

Änderungen der Bodenfarbe beweisen deshalb auch meist eine Änderung des anstehenden Gesteins und geben damit Hinweise auf die Lage der Gesteinsgrenzen. Zu berücksichtigen ist dabei aber, daß die Farben bei trockenem Boden (und Gestein) anders aussehen als bei feuchtem, im Sonnenlicht anders als bei bedecktem Himmel.

Wenn die Untersuchung des Bodens nicht genügend Anhaltspunkte liefert oder wenn auch die Zusammensetzung tieferer Bodenschichten ermittelt werden soll, muß bei Fehlen von Aufschlüssen zur künstlichen Herstellung solcher geschritten werden. Das geschieht durch Graben und Schürfen oder durch Bohren. Man benützt dazu den Handbohrer, mit dem verhältnismäßig leicht und rasch einige Meter tief gebohrt werden kann. Handelt es sich um speziell bodenkundliche Aufnahmen, etwa Untersuchung von Gütern, dann wird längs bestimmter Linien in gewissen Abständen gebohrt und auf diese Weise erhält man ein Netz von Bohrpunkten, das mehr oder weniger gleichmäßig über die ganze zu untersuchende Fläche verteilt ist.

Zur genauen Festlegung der Grenze zwischen den durch zwei Bohrungen ermittelten verschiedenen Profilen sind noch weitere Bohrungen nötig (s. Abb. 53).

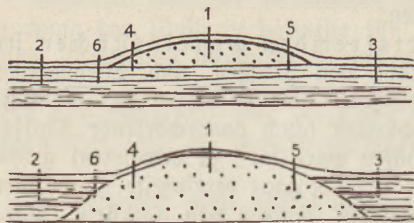


Abb. 53. Handbohrungen. Die beiden Beispiele zeigen die Möglichkeit von Irrtümern, wenn zu wenig Bohrungen ausgeführt werden. Näheres im Text!

Wie sehr zu wenig Bohrungen täuschen können, ergibt sich aus den beiden Profilen der Abb. 53. In beiden ist durch eine Bohrung 1 unter einer dünnen Humusdecke Sand und am Fuße der kleinen durch den Sand gebildeten Erhebung durch die

Bohrungen 2 und 3 Ton festgestellt. Aber die Frage, wie die Lagerungsbeziehungen zwischen Sand und Ton sind und welche von beiden Ablagerungen die ältere ist, ist damit noch nicht gelöst. Deshalb müssen weitere Bohrungen ausgeführt werden, bei 4 und 5. Jetzt zeigt sich schon die Verschiedenheit zwischen oberem und unterem Profil: dort liegt der Sand auf dem Ton, ist also jünger, hier ist er älter und der Ton legt sich von beiden Seiten her über den Sand.

Durch weitere Bohrungen an Zwischenpunkten kann die Grenzfläche noch näher festgelegt werden. Im oberen Profil ergibt die Bohrung 6 die weitere Mächtigkeitsabnahme des Sandes, der nur noch eine ganz dünne Lage bildet, im unteren Profil ist durch Bohrung 6 die Auflagerung des Tons auf dem Sand noch klarer festgestellt.

In Böden auf geneigtem Gelände ist zu beachten, daß die Lesesteine z. T. aus höheren Lagen stammen können. Je steiler der Hang, desto häufiger sind solche abgerutschte Gesteinsstücke. Das früher besprochene Beispiel des Hanges mit einem Schuttmantel am Fuße zeigt ja, daß unter Umständen der Hauptteil des Materials aus weit oberhalb anstehenden Schichten stammen kann. Aber selbst bei geringer Hangneigung findet eine dauernde Materialbewegung hangabwärts, der Schwerkraft folgend, statt. Das ist das Gekrieche: eine langsame Wanderung der losen Steine und des Bodens nach unten, unterstützt und befördert durch das in den Boden eindringende Wasser und durch



Gefrieren und Auftauen des Bodens. An schief nach abwärts gerichteten Bäumen ist das oft zu sehen, auch an Straßeneinschnitten, die deshalb meist mit Faschinen und durch Bepflanzung oder auch durch Mauern befestigt werden.

Im Gelände sind solche Hänge leicht zu erkennen. Diese Schwerkraftwirkungen sind aber nicht auf die Böden und lockeren Ablagerungen beschränkt, sondern ergreifen auch die Gesteine. Es entstehen Zerreibungen von Schichten, Umbiegungen

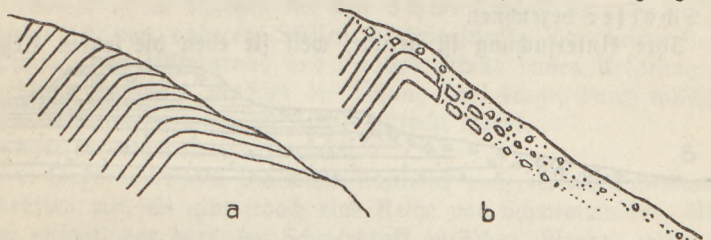


Abb. 54. Hakenwerfen durch Gehäengerutschung. Bei a erfolgt im wesentlichen bruchlose Umbiegung der Schichten, bei b lösen sich die umgebogenen Schichten allmählich auf in einen Schichtenschweif

(Hakenwerfen) und es können einzelne Schichten dadurch schweifartig herabgezogen werden (Abb. 54).

Mit tektonischer Faltung hat das nichts zu tun, es sind spätere, heute noch vor sich gehende Lageveränderungen, deren Einwirkung auf die Zusammensetzung der Lesesteine in dem an den Hang sich anschließenden Geländeteil mitunter recht groß sein kann.

\*

Unter den Lesesteinen kommen manchmal Gesteine vor, die in der näheren Umgegend nirgends anstehend zu finden sind. Flußtransport von weither ist nach der Form dieser Gesteine ausgeschlossen und es bleibt dann nur noch die Möglichkeit, daß es sich um die letzten Reste einer durch Abtragung vollständig zerstörten Schicht handelt (Abb. 55).

Dieser Fall ist in Gebieten flachliegender Schichten öfters anzutreffen. Die Abb. 55 zeigt im Stadium a noch die oberste Schicht, deren Schutt rings um die Bergkuppe abgesetzt wird. Im Stadium b ist die Schicht selbst ganz verschwunden, aber die aus ihr stammenden Gesteinstrümmer sind noch vorhanden und bilden einen großen Teil des Schuttes um die Kuppe, von dem aus sie durch Gekriech noch weiter nach außen wandern können.

Die genaue Untersuchung der Lesesteine wird in solchen Fällen diese Annahmen erhärten. In dem gewählten Beispiel wird sich ergeben, daß die Lesesteine zum Wellenkalk (unterer Muschelkalk) gehören, der ursprünglich über dem Röt (oberer Buntsandstein) gelegen hat.

Wo solche Anhäufungen von Trümmern oder Geröllen anstehend in diesem Gebiete nicht mehr vorhandener Schichten in größerer Menge auftreten, werden sie als Rest-Schutt oder -Schotter bezeichnet.

Ihre Untersuchung ist gerade, weil sie eben die letzten Reste

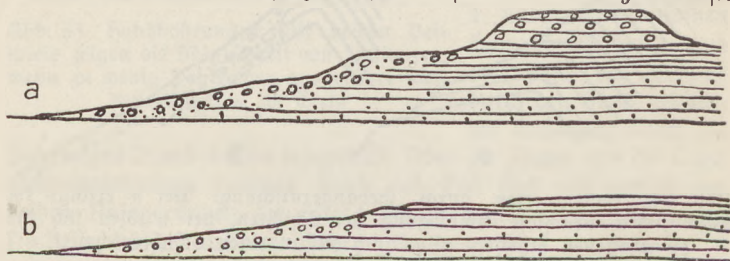


Abb. 55. Entstehung von Restschottern. Der Bergrücken in a liefert bis zu seiner vollständigen Abtragung Trümmer seines Gesteins in den Schutthang. Dort bleiben sie mehr oder weniger unverseht erhalten, können selbst wieder umgelagert und an dritter Stelle aufs neue abgesetzt werden

einer oder mehrerer Gesteinslagen sind, von großer Wichtigkeit, denn sie geben Aufschluß über früher vorhandene Schichten.

Die Feststellung, wieweit sich Lavadecken z. B. von Basalt früher ausgebreitet hatten, ist durch derartig auftretende Stücke (vorausgesetzt, daß keine fluviale Verfrachtung dabei beteiligt ist) möglich.

Überhaupt ist die Untersuchung solcher, oft nur ganz vereinzelt auftretender und deshalb leicht zu übersehender Reststeine von großer Wichtigkeit für die ursprüngliche Verbreitung der Gesteine und damit für die Paläogeographie. Je weiter die Zerstörung der Schichten zurückliegt, aus denen die Reststeine stammen, desto mehr werden sie nach Zahl und Größe reduziert, so daß, besonders bei wiederholter Umlagerung, schließlich nur die widerstandsfähigsten übrigbleiben und damit die Deutung ihrer Herkunft erschweren.

Bei der Untersuchung der Böden handelt es sich auch darum, ihre Entstehungsart festzustellen. Es muß vor allem ermittelt werden, ob es sich um echte Verwitterungsböden (Primitivböden) oder um Schwemmböden handelt. Jene sind entstanden aus dem an Ort und Stelle vorhandenen Material, geben also unmittelbar Auskunft über die Beschaffenheit der darunter anstehenden Gesteine, ihrer Muttergesteine. Wie dabei vorgegangen wird, ist im wesentlichen schon besprochen.

Anders ist es dagegen bei den Schwemmböden. Ihr Material ist von anderen Stellen herbeigeschafft, hat keine Beziehung zum Untergrund und die Ermittlung seines Ursprungsgebietes erfordert zunächst die Lösung der Frage, durch welche Kräfte es an seine heutige Stelle gebracht wurde.

Hierfür kommen in Betracht:

1. **Schwerkraft.** Sie wirkt natürlich auch bei allen anderen Kräften mit. Es gibt jedoch eine Reihe von Schwemmböden, die im wesentlichen durch die Schwerkraft entstehen. Hierher gehören außer dem Gekriech die Schuttbildungen an Hängen oder unter steilen Wänden, wo sich das abstürzende und abrutschende Gesteinsmaterial sammelt. Bei langgestreckten Hängen in Gebirgen wird der Schutt entsprechend weit abrutschen und abstürzen, am weitesten dann, wenn Bergrutsche und -stürze erfolgen, wobei (auch bei Lawinen und Muren) ein Teil des Materials unter Umständen auch noch am gegenüberliegenden Hang ein Stück weit der Schwerkraft entgegen aufwärts geschoben werden kann.

2. **Vulkanismus.** Bei Vulkanausbrüchen werden Massen von vulkanischem Material als Aschen, Tuffe, Sand (Bimssteinsande des Westerwaldes z. B.), Staub in der näheren und weiteren Umgebung des Vulkans abgelagert. Besonders der feine Staub kann, da er sich wegen seines geringen Gewichtes lange Zeit schwebend in der Luft hält und durch die Luftströmungen weithin getragen wird, noch in sehr großer Entfernung vom Ausbruchsort abgelagert werden. Nach dem Ausbruch des Mt. Pelée auf der Insel Martinique 1902 wurde dort ausgeschleudertes Staub nicht nur in vielen Teilen Amerikas, sondern auch in Europa nachgewiesen. Bedeutung für die Zusammensetzung des Bodens gewinnt solcher Staub allerdings nur dort, wo er in größerer Menge abgesetzt wird, also hauptsächlich in der Nähe des Vulkans.

Es können aber bei vulkanischen Explosionen gelegentlich auch große Massen von Sedimentgesteinen herausgeschleudert werden.

Im Ries sind dadurch geologisch sehr wichtige Verfrachtungen der Juragesteine erfolgt, so daß jetzt rings um den Rieskessel und noch bis in Entfernungen von 60 km vom Rande des Kessels Anhäufungen der aus eckigen Trümmern von Juragesteinen bestehenden Riesbreccie zu finden sind, deren Herkunft so lange unerklärt blieb, als man nicht eine solche gewaltige Wirkung der Riesexplosion anzunehmen wagte. Denn der durch die Explosion ausgesprengte Kessel des Rieses ist nur rund 400 qkm groß, die herausgeschleuderten Massen liegen aber in einem etwa zehnmal so großen Gebiete verstreut.

3. Wind. Im Gegensatz zum Wasser, das nur in der Gefällsrichtung transportiert, ist der Wind unabhängig von der Verteilung der Höhen und Tiefen. Von der Kraft des Windes und seiner Fähigkeit, Staub und Sand, unter Umständen auch größere Bestandteile zu transportieren, kann man sich leicht überall überzeugen. In Gebieten mit dichter Vegetationsdecke ist natürlich die Transportfähigkeit des Windes verringert, da er verhältnismäßig wenig lockeres Material vorfindet, aber in Gegenden, in denen weite Flächen des Landes vegetationslos sind, vermag der Wind gewaltige Umlagerungen auszuführen. Dadurch werden im Laufe der Zeit in den Gebieten, in denen die Transportkraft des Windes erlahmt, große Massen von lockeren Ablagerungen: Staub und Sand, gebildet. Besonders im Trockenklima, in Steppen und Wüsten, ist diese Windtätigkeit von größter Bedeutung, aber auch an den Sandküsten des Meeres, wo der lose Sand vom Winde weithin verfrachtet wird. Eine Windablagerung ist z. B. der Löß, in Europa im wesentlichen in der Eiszeit entstanden, in Asien in ausgedehntem Maße noch heute sich bildend und dort, wo er nicht durch dichte Vegetation geschützt ist, immer wieder in Umlagerung begriffen.

Für die weite Verbreitung von Windablagerungen ist der Staubfall in Polen im April 1928 ein sehr gutes Beispiel. Innerhalb zweier Tage wurde ein Gebiet von fast 100 000 qkm mit einer bis zu 3 mm dicken Staubschicht bedeckt, deren Gesamtgewicht auf mehr als 1 Million Tonnen berechnet wurde. Die Untersuchung des Staubes ergab, daß er aus dem Löß von Turkestan stammte, daß demnach der Staub über eine Strecke von rund 3000 km verfrachtet wurde.

Im Jahre 1901 wurde durch den Wind nordafrikanischer Staub nicht nur nach Italien und Mitteleuropa, sondern selbst



noch nach Schweden gebracht, und asiatische Staubwolken erreichen zeitweise sogar Grönland.

4. Wasser. Die große Transportkraft des fließenden Wassers bringt es mit sich, daß seine Ablagerungen bis in sehr große Entfernungen vom Ursprungsgebiete verfrachtet werden können. Dafür bietet jedes größere Tal Beispiele in Menge. Noch im Rheintal unterhalb Bingen finden sich in den Schottern Gerölle der Kiefelschiefer aus dem Frankenwalde, die vom Main in den Rhein transportiert wurden, und selbst alpine Gerölle bilden einen Bestandteil der Schotter des Rheines noch in der Kölner Gegend.

Je länger allerdings der Transportweg ist, desto spärlicher werden die Gerölle aus den ferneren Gebieten, desto stärker macht sich die Auslese nach der Widerstandsfähigkeit der verschiedenen Gesteine geltend. Deshalb finden sich zuletzt nur noch Restschotter und Reststeine, die nur dann, wenn es besonders typische Gesteine sind, ihre Herkunft bestimmen lassen (alpine jurassische Radiolarite im Rhein).

In geringer Entfernung vom Ursprungsgebiet abgelagerte Schotter aber zeigen deutlich ihre Herkunft, und mit solchen Schottern lassen sich dann leicht alte Flußläufe erkennen. Das geht selbst dann, wenn diese Schotter inzwischen stark verwittert sind. Es finden sich nämlich in dem Boden doch immer noch bald häufiger, bald mehr vereinzelt Steine, die noch die typische Geröllform besitzen. Auch die bunte Mischung verschiedener Gesteine deutet auf die fluviale Ablagerung, ebenso wie die an entsprechenden Aufschlüssen sichtbare Schichtung.

Allerdings darf nicht erwartet werden, daß die Bestandteile solcher Schotter alle eine wirkliche Geröllform zeigen. Denn es finden sich, wovon man sich an jedem Schotter führenden Fluß überzeugen kann, neben den runden, kugeligen, eiförmigen, scheibenförmigen Geröllen auch solche, die nur kantengerundet sind, im übrigen aber alle möglichen Formen besitzen.

Dazu kommt ferner, daß die Gerölle bei dem Transport, der im wesentlichen ein Schieben und Wälzen am Boden des Flusses ist, sich gegenseitig beeinflussen und aufeinander prallen, wobei einzelne Gerölle zerbrechen, besonders an Schicht- oder Spaltflächen und Klüften, dadurch entstehen immer wieder eckige Gerölle, und die Mannigfaltigkeit der Formen vergrößert sich.

Hinzu kommt bei Schottern, die längere Zeit schon dem fließen-

den Wasser entzogen und der Verwitterung preisgegeben sind, die Einwirkung der Temperaturunterschiede. Das bei Kälte in den feinen Rissen und Klüften der Steine gefrierende Wasser zersprengt sie, dadurch entstehen an runden Steinen wieder glatte Flächen und scharfe Kanten und Ecken.

\*

Die Unterscheidung verschieden alter Schotter ist eine wichtige Aufgabe. Dazu ist neben der Feststellung des Bestandes an Gesteinsarten, ihrer Häufigkeit, Größe, Form, Art und Stärke ihrer Verwitterung, vor allem die Ermittlung ihrer Höhenlage nötig.

Je nach Stärke der Erosion, Einfluß von tektonischer Hebung oder Senkung, Zu- oder Abnahme der Wasserführung und des Gefälles werden sich jüngere Schotter entweder in Erosionsrinnen im älteren Schotter ablagern oder über dem älteren Schotter. Im ersten Fall entsteht eine Ineinanderschachtelung der verschieden alten Schotter mit Terrassen, im zweiten eine Überlagerung.

Auf anders beschaffene Zwischenbildungen ist dabei besonders zu achten: Einschaltungen von Sand, Ton, Kalkschlick, Löß, Lehm, Anzeichen von Verwitterungsböden zwischen verschiedenen Schottern, Kulturschichten (vom vorgeschichtlichen Menschen) u. a.

Alte Seeablagerungen sind dort, wo sie aus Schotter bestehen, wie in vielen alten Seen der Gebirge, die oft nur seeartige Erweiterungen der Täler sind, von Flußschottern schwer zu unterscheiden. Jedoch werden sich meist in den inneren Teilen des alten Seebodens und in größerer Entfernung vom Zufluß sehr feinkörnige Sedimente: Feinsand, Kalkschlick oder Ton finden lassen, die durch das Fehlen von Schrägschichtung (die in Flußablagerungen häufig ist), vielleicht auch durch Einschlüsse von Muscheln und Schnecken, ihre Entstehung am Boden eines Sees beweisen. Noch deutlicher wird das, wenn der Zufluß ein Delta in den See hineingebaut hat.

Dazu kommen die aus der Landschaftsgestaltung und aus der Vegetation zu entnehmenden Beweise: die Beckenform und das mit Moorboden bedeckte Gelände, wie es sehr häufig noch als letzter Rest des versumpften Sees vorhanden ist.

5. Eis. Ablagerungen, aus denen Böden entstehen, werden vom Eis durch die Gletschertätigkeit geschaffen. Es sind im

wesentlichen die Moränen, die hier in Betracht kommen. Für sie ist bezeichnend die wirre Lagerung, Fehlen der Schichtung, ganz verschiedene Größe der Gesteinstrümmen, die zudem vorwiegend eckig und zum Teil mit Gletscherschrammen bedeckt sind. Dazu kommt eine wechselnde Menge von Lehm, Ton, Mergel, Sand als Füllmaterial zwischen den Gesteinsblöcken (Blocklehm, Geschiebemergel).

Diese Beschaffenheit der Moränen läßt sie leicht von den Schottern mit ihrer deutlichen Schichtung und Sortierung nach der Größe ihrer Bestandteile unterscheiden. Auch die Formen der Moränen, die meist wallartig sind, bieten gute Erkennungsmöglichkeit.

Außerdem unterscheiden sie sich in der Bodenbildung wesentlich von den Schottern. Der reiche Gehalt an tonigem und lehmigem Material läßt aus den Moränen gute Böden entstehen, sie zeichnen sich deshalb gegenüber den Schotterböden durch größere Fruchtbarkeit, stärkere Vegetation und größere Feuchtigkeit aus, so daß in den früher vergletscherten Gebieten die Unterscheidung von Moränen und Schottern dadurch erleichtert wird.

Die Bestimmung der in den Moränen enthaltenen Gesteine ist wichtig für die Festlegung der Ausdehnung und des Nährgebietes des Gletschers, die der Höhenlage von Moränen zusammen mit den anderen Beweisen (Gletscherschliffe, vereinzelt Geschiebe, Felsglättung und -rundung, Rundhöcker usw.) für die Bestimmung der Eishöhe.

Die meist zirkusähnlich angeordneten Endmoränen geben Aufschluß über die Gletscherenden, mehrere solcher Endmoränenwälle in einem Gletschergebiete ermöglichen die Zahl der Vergletscherungen bzw. der Schwankungen des Gletschers zu bestimmen und Stillstandslagen zu erkennen, in denen es zur Ausbildung einer Endmoräne kam.

## VII. Fertigstellung der geologischen Karten und Profile

Es wurde schon erwähnt, daß bei geologischen Kartierungen zunächst nur das tatsächlich Beobachtete auf der Karte eingetragen wird. Dadurch entsteht je nach der Dichte und Zahl der Begehungen und der dabei angetroffenen Aufschlüsse eine Menge von über die Karte verteilten, mit verschiedenen Signaturen oder

Farben versehenen kleineren oder größeren Stellen. Sie sind zunächst, durch aufschlußlose Zwischenräume getrennt, zusammenhanglos. Liegen aber die Aufschlüsse nahe beieinander oder sind auf längere Strecken anhaltende Aufschlüsse vorhanden oder ist die Lagerung einfach, dann ergibt sich oft schon aus ihnen die Art des Aufbaues des Gebietes.

Im anderen Fall aber, wenn auch nach Untersuchung aller vorhandenen Aufschlüsse noch größere weiße Flecken auf der Karte übrigbleiben, ist es Aufgabe des Geologen, sich ein Bild von der Art des Zusammenhanges der in den einzelnen Aufschlüssen anstehenden Schichten zu machen.

Denn es soll ja nicht nur kartiert werden, was heute an der Oberfläche zu sehen ist, sondern es soll auch der innere Bau des Gebietes klargelegt werden.

Zur reinen Beobachtung kommen die Folgerungen, die aus den Tatsachen abzuleiten sind, um dadurch aus den Bruchstücken den Bauplan zu entziffern.

Dazu ist in erster Linie eine sauber gezeichnete Karte nötig, auf der alle Ergebnisse der Geländeaufnahme eingetragen sind. Wieweit es nun möglich und zulässig ist, die einzelnen Aufschlüsse miteinander zu verbinden und in welcher Weise das zu geschehen hat, ist natürlich in jedem einzelnen Fall genau zu überlegen. Bei Aufschlüssen gleicher Gesteine und gleicher Lagerung in geringer Entfernung voneinander ergibt sich die Zusammengehörigkeit meist ohne weiteres. Anders wird es aber, wenn verwickelte Lagerung in den einzelnen Aufschlüssen vorhanden ist oder verschiedene Schichten auftreten, die Aufschlüsse weit voneinander entfernt oder sehr spärlich sind.

In solchen Fällen tut sich der Anfänger schwer, während der erfahrene Geologe leichter die richtige Vorstellung gewinnt. Meist hat er sich schon während der Begehungsarbeit ein Bild vom Aufbau machen können und hat jetzt dieses nur noch in Einzelheiten zu ergänzen.

Die Fortsetzung einer in einem Aufschluß festgestellten Schicht läßt sich oft durch Konstruktion ermitteln. Denn jede Lagerungsform ist ja ein geometrischer Körper, und deshalb kann, vorausgesetzt, daß sich die Form nicht ändert, ihre Fortsetzung außerhalb des Aufschlusses durch Konstruktion der Schnittlinien der Schichten mit der Oberfläche festgelegt werden.

Auf den heute meist vorhandenen topographischen Karten mit



Schichtlinien (Isohypsen) läßt sich das verhältnismäßig einfach ausführen.

Eine horizontale Schicht hat am Gehänge horizontalen Ausstrich, d. h. er läuft parallel mit den Isohypsen.

Eine vertikal stehende Schicht dagegen streicht unbekümmert um

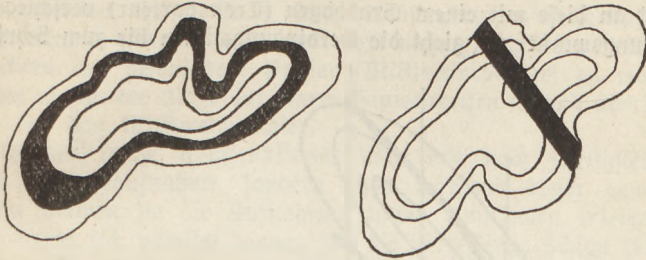


Abb. 56. Karte mit a) horizontaler und b) senkrechter Schicht. Bei a) verlaufen die Schichtgrenzen parallel mit den Höhenlinien, bei b) unabhängig von ihnen

die Isohypsen durch das Gelände (ebenso natürlich eine senkrechte Verwerfung, ein senkrechter Gang (Abb. 56).

Bei geneigter Lagerung dagegen bilden die Gesteinsgrenzen in unebenem Gelände Kurven, die teils konvex, teils konkav sind. Man kann nun, wenn nur an einer Stelle Streichen und Fallen der Schicht sichtbar ist, durch entsprechende Konstruktion

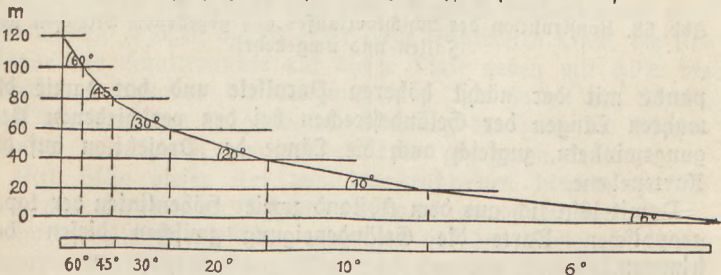


Abb. 57. Konstruktion des Böschungsmaßstabes (nach Schöndorf)

den weiteren Verlauf der Schicht erhalten. Dazu ist zunächst der Böschungsmaßstab nötig.

Auf der Karte sind die Geländeneigungen auf eine Ebene (die der Karte) projiziert, sind also verkürzt, und zwar um so mehr, je stärker die Neigung ist. Zur Ermittlung der wahren Länge

einer geneigten Strecke dient der Böschungsmaßstab. Meist ist er auf den topographischen Karten angegeben; wo das nicht der Fall ist, läßt er sich leicht konstruieren (Abb. 57).

Im Kartenmaßstab zieht man über einer Grundlinie eine Reihe von parallelen Linien im Vertikalabstand der Isohypsen, trägt an diese mit einem Gradbogen (Transporteur) verschiedene Neigungswinkel an, zieht die Verbindungslinien bis zum Schnitt-

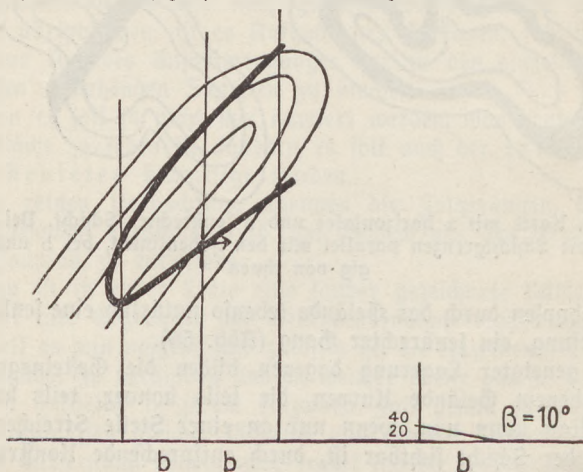


Abb. 58. Konstruktion des Schichtverlaufes aus gegebenem Streichen und Fallen und umgekehrt

punkt mit der nächst höheren Parallele und hat damit die wahren Längen der Geländestrecken bei den verschiedenen Neigungswinkeln, zugleich auch die Länge der Projektion auf die Kartenebene.

Damit läßt sich aus dem Abstand zweier Höhenlinien der topographischen Karte die Geländeneigung zwischen diesen bestimmen.

Es sei nun (s. Abb. 58) die Fortsetzung der an einem Punkt nach Streichen und Fallen gemessenen Schicht zu suchen.

In der Streichrichtung der Schicht, am besten ihrer Ober- oder Unterkante, wenn diese entblößt ist, zieht man eine Gerade bis zum Kartenrand, dort eine dazu senkrechte Gerade, und auf dieser trägt man nach beiden Seiten den Böschungsmaßstab für so viel Höhenunterschiede ab, als Höhenkurven ober- und unter-

halb des Punktes in Betracht kommen. Von diesen Punkten zieht man Parallelen zu der ersten Linie so weit, bis sie die entsprechende Höhenkurve schneiden, und erhält damit die Punkte, an denen die Schicht austreichen muß. Sie werden sinngemäß miteinander verbunden, und damit ist der Verlauf der Schicht nachgewiesen. Besser ist es, solche Konstruktionen nicht auf dem Kartenrand, schon deshalb, weil dort nicht genug Platz dafür ist, sondern auf besonderem Papier (Millimeterpapier) zu machen. Man nimmt die Maße auf einem Papierstreifen ab und überträgt sie auf das Millimeterpapier.

Werden solche Konstruktionen nicht erst nach Fertigstellung der Geländeaufnahme, sondern schon während dieser gemacht, dann können sie die Aufnahmen unter Umständen erleichtern. Es ergibt sich nämlich daraus, wo die betreffende Schicht wieder zutage kommt, andererseits, wenn sie an einem der durch die Konstruktion bestimmten Punkte nicht vorhanden ist, beweist das, daß Störungen der gleichmäßigen Lagerung, etwa Verwerfungen, in dem Gebiet zwischen dem letzten Anstehenden und diesem Punkte sein müssen. Umgekehrt läßt sich auch aus dem Schichtverlauf das Streichen und Fallen durch Konstruktion feststellen.

Es sei (s. Abb. 58) der Schichtverlauf aus der Karte bekannt. Die Konstruktion geht nun gerade umgekehrt vor sich: durch die Schnittpunkte der Schicht mit den einzelnen Höhenkurven werden Linien gezogen bis zu einer dazu senkrechten Linie, die Abstände der Schnittpunkte auf dieser Linie geben mit Hilfe des Böschungmaßstabes die Neigung, d. h. das Fallen der Schicht, und das Streichen ist gleich der Richtung der durch die Schnittpunkte von Schicht und Höhenkurven gezogenen Linien.

Mit Hilfe dieser Art von Konstruktionen können gewisse Regeln über den Schichtverlauf gewonnen werden:

Horizontale Grenzflächen erscheinen auf der Karte als Linien parallel den Höhenkurven. Aber auch geneigte Grenzflächen verlaufen parallel zu diesen, wenn die Streichrichtung gleich ist.

In Tälern bilden geneigte Grenzflächen, die quer dazu verlaufen, einen Bogen, dessen konvexe Seite abwärts gerichtet ist, wenn das Einfallen der Schicht in der Richtung des Talgefälles, aber steiler als dieses ist, im anderen Fall liegt die konvexe Seite nach aufwärts.

Bei Bergrücken ist es umgekehrt.

Profile erleichtern das Verständnis und geben eine klare räumliche Vorstellung. Man zeichne deshalb, am besten auch wieder schon bei der Geländeaufnahme, möglichst oft Pro-

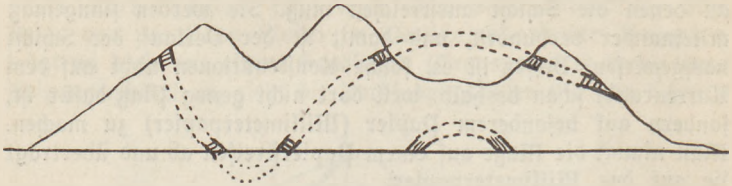


Abb. 59. Topographisches Profil mit Eintragung der Aufschlüsse

file, zunächst rein topographische, und trage in sie den Befund der Aufschlüsse ein. Auch dadurch gewinnt man Anhaltspunkte für weitere Stellen, wo die Schicht anstehen kann (Abb. 59). Durch Kombination der an der unteren Beobachtungslinie (Talsohle, Tunnel) gelegenen Aufschlüsse mit denen der oberen Gebiete werden weitere Hinweise gewonnen.

Außerdem wird damit das Verständnis für die Veränderungen

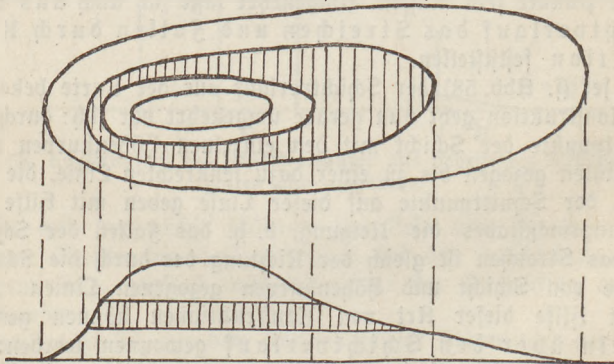


Abb. 60. Ausstreichen einer horizontalen Schicht in flachem und steilem Gelände. Karte und Profil

der Ausstrichbreite von Schichten erleichtert. Eine horizontale Schicht erscheint auf der geologischen Karte mit ganz verschiedener Breite, je nach der Neigung des Geländes. Je steiler der Hang, desto schmaler ist der Ausstrich einer Schicht, so daß dadurch unter Umständen falsche Mächtigkeit vorgetäuscht wird (Abb. 60).



In Gebieten mit geringen Höhenunterschieden ist es oft nötig, überhöhte Profile zu zeichnen, weil sonst die Geländegestaltung und die Lagerung der Gesteine zu undeutlich wird. Man trägt dazu die Höhen entsprechend vergrößert auf, vergesse aber nicht, die Stärke der Überhöhung des Profiles anzugeben. Bei der Einzeichnung der geologischen Angaben muß dann natürlich gleichfalls der Überhöhung Rechnung getragen werden. Das gilt besonders für das Einfallen der Schichten und Verwerfungen, da sich mit der Überhöhung der Böschungswinkel ändert. Es müssen deshalb steilere Neigungen gezeichnet werden. Bei doppelter Überhöhung wird ein Neigungswinkel von:

10° zu 19° 25'	30° zu 49° 6'	50° zu 67° 14'	70° zu 80°.
20° zu 36° 4'	40° zu 59° 13'	60° zu 73° 53'	80° zu 85°.

Es ist einleuchtend, daß dadurch starke Verzerrungen des tatsächlichen Bildes entstehen, die leicht zu falschen Vorstellungen führen können. Deshalb ist möglichste Beschränkung in der Anfertigung überhöhter Profile, besonders in Faltungsgebieten, anzuraten. In Gebieten mit horizontaler und schwach geneigter Schichtlagerung sind die Nachteile überhöhter Profile nicht so groß, da ja dort nur die vertikale Vergrößerung wirkt.

\*

Ebenso wie auf der Karte die beobachteten und die vermuteten Vorkommen, Grenzen u. a. durch Farben und Signaturen auseinander gehalten werden, muß es auch bei den Profilen geschehen. Denn gerade in Profilen, die den Bau eines Gebietes klar machen sollen, ist es oft nötig, aus wenigen sicheren Beobachtungen heraus ein Bild der Falten, Verwerfungen und Überschiebungen zu geben, wie es sich dem Bearbeiter auf Grund seiner Beobachtungen und Schlußfolgerungen als das richtige darstellt. Aber besonders deswegen ist das Auseinanderhalten von Beobachtung und Annahme unbedingt nötig. In verwickelt gebauten Gebieten, etwa den Alpen, ist es nämlich in vielen Fällen möglich, den Bau eines Gebietes auf verschiedene Weise zu erklären, da die Aufschlüsse nicht immer so zahlreich und eindeutig sind, daß sie verschiedene Möglichkeiten ausschließen.

Deshalb trenne man in der angegebenen Weise. Besonders die Fortsetzung der Faltung nach unten und oben (Zustfästel und -mulden), die nötig ist, um die Zusammenhänge hervortreten

zu lassen, muß sich von der oft nur schmalen Zone, in der die Beobachtungen möglich sind, deutlich unterscheiden lassen (Abb. 61).

Scharfe Trennung von Beobachtung und Vermutung bzw. Theorie ist überhaupt nötig, auch im erläuternden Text, in dem die Gründe, die zu einer bestimmten Vermutung geführt haben, dargelegt werden müssen.

Auch bei der Geländebegehung werden sich häufig gewisse Vermutungen und Vorstellungen über den Aufbau des Gebietes auf-

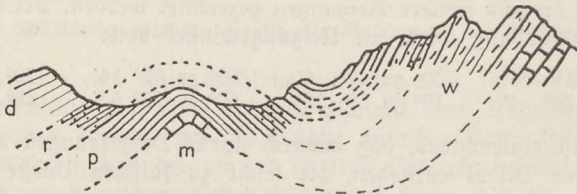


Abb. 61. Profil durch ein Saltengebiet. Die aufgeschlossenen Teile werden durch gestrichelte oder punktierte Linien sinngemäß miteinander verbunden, um den Bauplan deutlich hervortreten zu lassen

drängen. Man notiere sich diese jeweils, jedoch deutlich unterschieden von den Aufzeichnungen über die Beobachtungen, denn diese bleiben, während Theorien und Hypothesen sich ändern. Aber für die Aufnahme selbst können sie befruchtend und anregend wirken und werden öfters zu Erkenntnissen führen, die dann gleich an Ort und Stelle auf ihre Brauchbarkeit geprüft werden können.

Man hüte sich nur davor, einer theoretischen Annahme zu großen Wert beizulegen, da dies unter Umständen leicht zu einer vorgefaßten Meinung führen kann.

\*

In die Karte sollen die Schichten, Gänge, Verwerfungen usw. in der dem Maßstab der Karte entsprechenden Mächtigkeit eingetragen werden. Das ist jedoch nicht in allen Teilen möglich. Sehr geringe Mächtigkeiten von Schichten, schmale Gänge oder Verwerfungsspalten würden so auf der Karte verschwinden oder nur äußerst schwer sichtbar werden. Deshalb müssen sie mit übertriebener Breite eingezeichnet werden. Denn auf einer Karte im Maßstab 1:25 000 stellt ja ein Strich von 1 mm Dicke schon

eine 25 m breite Zone dar. Viel schmaler als  $\frac{1}{5}$  mm wird aber ein Strich, soll er einigermaßen zu erkennen sein, nicht sein dürfen. Dann bedeutet das aber noch immer 5 m. Es ergibt sich daraus die Notwendigkeit, solche Angaben übertrieben zu zeichnen, besonders wenn es sich um wichtige Dinge, wie Erzgänge, handelt. Nur hüte man sich vor zu großer Übertreibung.

Oft wird es, je nach dem Maßstab der Karte, nötig, solche räumlich wenig ausgedehnten Vorkommen überhaupt wegzulassen. Wenn in einer Folge von Schichten einer Formationsstufe z. B. häufiger Wechsel der Ausbildung vorhanden ist, wie das bei land- und küstennahen Meeressedimenten oft der Fall ist, dann kann nicht jede einzelne verschiedene Schicht auf der Karte angegeben werden. Es wird dann nur die Formationsstufe eingetragen und die nähere Beschreibung ihrer Zusammensetzung in der Erklärung oder im begleitenden Text gebracht.

Deshalb ist jeweils sorgfältig zu überlegen, was ohne Beeinträchtigung des Wertes der Karte oder der Profile und ihrer Übersichtlichkeit nicht gesondert eingezeichnet werden muß.

Bei den Profilen ist die Himmelsrichtung anzugeben. Nützlich ist es, auch auf der Karte durch Linien oder wenigstens durch Buchstaben die Lage des Profiles zu bezeichnen.

Im allgemeinen wird man die Profile quer zur Streichrichtung der Schichten legen (Querprofile) und außerdem noch ein Längsprofil (in der Streichrichtung) anfertigen. Die Querprofile haben den Vorteil, daß sie ein klares Bild der Lagerung geben. In tektonisch unruhigen Gebieten ist es aber oft nicht möglich, die Profile quer zur Streichrichtung zu legen, weil sie öfters wechselt. In solchen Fällen wird man entweder die Profillinie knicken, um immer wieder ein Querprofil zu erhalten, wobei die Knickstellen und die sich ändernden Himmelsrichtungen angegeben werden müssen, oder man zeichnet das Profil schief zur Streichrichtung der Schichten.

Dabei muß aber berücksichtigt werden, daß sich der Neigungswinkel der Schichten ändert, da sie nicht mehr senkrecht zum Streichen, d. h. in der Richtung der stärksten Neigung, geschnitten werden, sondern in einer Richtung geringerer Neigung. Es wird demnach in diesem Fall stets eine Verringerung des Fallwinkels nötig. Das Maß dieser Verringerung läßt sich mit Hilfe einer geometrischen Konstruktion berechnen.

Es sei eine Schicht gegeben mit Streichen  $30^\circ$ , Fallen  $50^\circ$  S.

Zu zeichnen ist ein Profil in Richtung  $W - O (= 90^\circ)$  durch diese Schicht (Abb. 62).

Die Gerade  $P_1$  soll Richtung  $300^\circ$  (senkrecht zum Streichen der Schicht) haben. Über ihr wird die Schicht mit ihrem wahren Fallwinkel von  $50^\circ$  eingetragen. Die Linie des Profils ( $P_2$ ) wird nun im Schnittpunkt von Schichtlinie und  $P_1$  unter einem Winkel von  $60^\circ$  angetragen. Dieser Winkel ist die Differenz

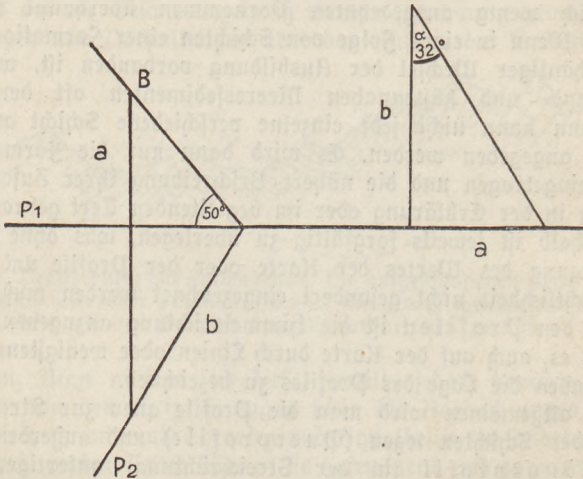


Abb. 62. Konstruktion des Fallwinkels in Profilen schief zur Streichrichtung

zwischen den Richtungen von  $P_1$  und  $P_2 - 90^\circ$  ( $300^\circ$  bis  $360^\circ$  bis  $90^\circ = 150^\circ$ , davon abgezogen  $90^\circ = 60^\circ$ ).

Von dem beliebigen Punkt  $B$  der Schichtlinie wird die Senkrechte zu  $P_1$  gezogen bis zum Schnitt mit  $P_2$ . Dann wird aus den Strecken  $a$  und  $b$  ein rechtwinkeliges Dreieck konstruiert, dessen rechter Winkel zwischen  $a$  und  $b$  liegt und der gegenüber  $a$  liegende Winkel ist der gesuchte Neigungswinkel, der  $32^\circ$  beträgt.

Die Änderung des Neigungswinkels kann also, wie das Beispiel ergibt, recht groß sein, und die Berücksichtigung dieser Änderung erscheint deshalb unbedingt nötig, um nicht falsche Vorstellungen aufkommen zu lassen.

\*

Bei bodenkundlichen Karten ist die Darstellung der Ablagerungen und Gesteine etwas verschieden von der auf den an-



deren geologischen Karten. Denn es kommt bei ihnen hauptsächlich auf die Kenntlichmachung der lockeren Böden und ihres Untergrundes an, der ebenfalls meist aus jungen (alluvialen und diluvialen) Ablagerungen besteht. Verbreitung, Mächtigkeit und Ausbildung dieser Ablagerungen wechseln stark, und es ist die Aufgabe der bodenkundlichen Kartierung, dies möglichst genau bis zu der für Land- und Forstwirtschaft nötigen Tiefe festzustellen. Deshalb muß in solchen Fällen hauptsächlich mit dem Bohrer gearbeitet werden, und die Bohrerergebnisse müssen nach Möglichkeit schon auf der Karte sichtbar sein. Das wird erreicht durch besondere Signaturen und Mächtigkeitsangaben für die verschiedenen Humusarten und -böden, für nasse und trockene Böden und für die jeweils die oberste Zone unterlagernden Bildungen bis zu der Tiefe, die mit den Bohrungen erreicht wurde.

Neben der Karte ist dann meist eine größere Anzahl typischer Bodenprofile angegeben. Damit wird der Zweck erreicht, die Abhängigkeit der natürlichen Vegetation und der Kulturen vom Boden, aber auch die Möglichkeiten besserer Land- und forstwirtschaftlicher Ausnützung des Bodens zu zeigen.

## VIII. Geologische Beobachtungen auf Reisen

Die heutigen Verkehrsmöglichkeiten geben vielfach Gelegenheit, auch in entfernten und geologisch noch weniger genau untersuchten Gebieten Beobachtungen zu machen, so daß es nützlich sein dürfte, auch hierzu einige Anleitungen zu geben.

Dabei sehe ich jedoch ab von einer Anleitung zu Beobachtungen auf geologischen Forschungsreisen. Denn die Anforderungen, die heute an solche Unternehmungen gestellt werden, sind so, daß sie nur von Sachleuten mit gründlicher allgemeiner geologischer Ausbildung, sowie spezieller Vorbereitung und Einarbeitung in die besonderen Eigenschaften des zu bereisenden Gebietes erfüllt werden können.

Jedoch ist für Forschungsreisen, die nicht zum Zweck geologischer Untersuchungen ausgeführt werden, ebenso für Reisen anderer Art ein Hinweis auf geologische Erscheinungen nützlich, die auch ohne spezielle fachwissenschaftliche Kenntnisse beobachtet und untersucht werden können.

Führt die Reise in geologisch noch wenig erforschte Gegenden,

so ist natürlich jede Beobachtung wertvoll. Besonderes Gewicht ist dabei auf genaue Festlegung des Beobachtungspunktes auf der topographischen Karte zu legen, vorausgesetzt, daß eine brauchbare vorhanden ist. Fehlt sie oder steht nur eine Übersichtskarte kleinen Maßstabes zur Verfügung, dann wird es nötig, selbst eine Kartenskizze herzustellen oder wenigstens den Reisetweg in Form einer Routenaufnahme (Croquis) festzulegen.

Man geht dazu aus von einem bekannten Punkt und legt den Weg fest durch Messung seiner Länge, durch Abschreiten, Schrittzähler oder durch Berechnung der Geschwindigkeit der Reittiere, wobei natürlich die Pausen genau notiert werden müssen, sowie durch Anvisieren der Wegstrecke mit Hilfe des mit einer Visiervorrichtung versehenen Kompasses.

Von einem auf der Übersichtskarte festgelegten Punkt A (Abb. 63) geht der Weg über B und C nach D, das wieder auf der Karte eingetragen ist. Man visiert zunächst von A nach B, notiert auf der Skizze die Himmelsrichtung, die Zeit des Abmarsches und mißt nun in der angegebenen Weise die Weglänge bis B, wobei zugleich auf der Skizze der Weg mit seiner Richtung eingetragen wird. Bei B wird Halt gemacht, die Ankunftszeit notiert, eine Rückvisur nach A und eine Visur nach C gemacht. Entsprechend wird bei C und D gearbeitet. Die Entfernung A—D ergibt sich aus der zur Verfügung stehenden Karte. In

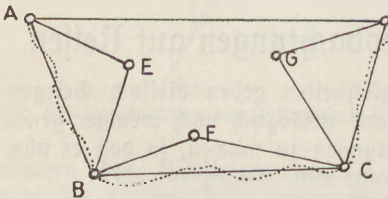


Abb. 63. Schema einer Routenaufnahme

dieser Weise kann mit einfachen Mitteln eine annähernd richtige Routenaufnahme entworfen werden.

Will man sich nicht allein auf den Weg beschränken, dann werden von ihm aus alle auffallenden Punkte (E, F, G) anvisiert, ihre Höhen bestimmt oder wenigstens geschätzt (auf der Route selbst wird natürlich mit dem Aneroid jede Höhe gemessen), und dadurch entsteht eine Kartenskizze, die je nach der Beschaffenheit des Geländes, der Zahl der durch die Visuren und Wegmessungen festgelegten Punkte und der Sorgfalt der Messungen ein zutreffendes Bild von der Topographie des Gebietes gibt.

Die am Wege liegenden geologischen Aufschlüsse werden in das Croquis möglichst genau eingetragen, das Ergebnis der Untersuchung wird notiert. Dabei kommen die gleichen Methoden der geologischen Aufnahme zur Anwendung wie auch sonst, so daß es unnötig ist, hier näher darauf einzugehen.

Die Zahl der Messungen der Wegrichtung ist jeweils abhängig von der Geländebeschaffenheit. Führt der Weg durch hügeliges oder gebirgiges Gelände und ändert sich seine Richtung dementsprechend oft, dann muß jede Änderung durch Visieren gemessen werden. Auch ist es dann nötig, möglichst viele auffallende Punkte (Gipfel, Hügel, Wasserläufe, Bauwerke, Wege u. a.) von mehreren Punkten des Weges aus anzuvisieren, um ihre Lage und Entfernung richtig bestimmen zu können.

Die Einzeichnung der Route in das dazu benützte Notizbuch (besser ist ein besonderes Routenaufnahmebuch, in dem auch genaue Anweisungen enthalten sind) erfolgt während des Marsches so, daß wenigstens ein ungefähr richtiges Bild entsteht. Denn die genaue Eintragung der gemessenen Richtungen und die Ausmessung der Wegstrecken würde tagsüber, wo jede Minute für Beobachtungen kostbar ist, zu viel Zeit beanspruchen. Deshalb wird das abends, an Rasttagen oder erst nach Beendigung der Reise ausgeführt.

Je früher es gemacht wird, desto besser ist es, weil dann noch frische Eindrücke vorhanden sind und manche Beobachtung, die während des Tages nur ganz kurz notiert wurde, in erweiterter Form aufgezeichnet und zur Verbesserung der Kartenskizze verwertet werden kann.

Es ist überhaupt bei solchen Reisen zu beachten, daß jeder Aufschluß im allgemeinen nur einmal besucht werden kann, — um so wichtiger ist es deshalb, das, was er zeigt, möglichst vollständig und ausführlich zu notieren, sowie durch Zeichnungen und photographische Aufnahmen festzuhalten. Ebenso wichtig ist es auch, auf der Skizze oder Karte nicht mehr einzutragen, als tatsächlich gesehen wurde und ganz scharf Beobachtetes und Vermutetes zu trennen.

Auch soll man sich, noch weniger als in leicht erreichbaren Gegenden, nicht damit begnügen, die in den Aufschlüssen vorkommenden Gesteine, Mineralien und Fossilien nur an Ort und Stelle zu bestimmen. Denn die Angabe, daß an einer Stelle z. B. ein dunkelgrauer fossilfreier Kalkstein vorkommt, besagt gar nichts

über Art und Alter dieses Kalksteins. Deswegen nehme man nach Möglichkeit von allen Gesteinen gute, mit genauer Fundortsangabe zu versiehende Handstücke nicht zu kleinen Formates mit, die dann nach der Reise, sofern man sie nicht selbst genauer untersuchen kann und will, einem Fachmann zur Untersuchung übergeben werden. Es können dadurch auch von Reisenden ohne geologische Kenntnisse der Wissenschaft große Dienste geleistet werden.

Die Art der Beobachtung kann im einzelnen sehr verschieden sein, je nachdem, ob es darauf ankommt, die Grundzüge des geologischen Baues einer Gegend zu erfassen und einen allgemeinen Überblick zu erhalten, oder gewisse Untersuchungen besonderer Art auszuführen.

In Wüsten z. B. kommt es manchmal nur darauf an, die Art und Weise der Windwirkung festzustellen, wobei der Felsuntergrund, besonders in ausgesprochenen Sandwüsten, ziemlich gleichgültig sein kann; in Hochgebirgen wird besonderes Gewicht etwa auf die Art der Schuttbildung oder der Erosion gelegt, und die nähere Erforschung der Tektonik tritt zurück; an einem tätigen Vulkan sei der Hauptzweck, die Gießbewegung der Lava zu studieren.

Dazu sind keine besonderen geologischen Kenntnisse nötig, sondern im wesentlichen nur gute Beobachtungsgabe, die es möglich macht, das Wesentliche zu erkennen, Ursache und Wirkung auseinander zu halten und auf diese Weise die Gesetzmäßigkeiten des betreffenden Vorganges zu ermitteln.

Ofters wird sich auch Gelegenheit bieten, das eine oder andere Naturereignis mitzerleben, sei das ein Ausbruch eines Vulkans oder ein Erdbeben, ein Bergsturz, der Eisgang eines großen Flusses oder eine Sturmflut an der Küste.

In solchen Fällen ist es natürlich von ganz besonderem Wert, geologisch so weit geschult zu sein, daß die Ursachen und Wirkungen derartiger Naturkatastrophen erkannt werden können. Zugleich aber ergibt sich damit die Möglichkeit, wertvolle Beobachtungen zu machen. Es sollte deshalb bei derartigen Ereignissen stets möglichst genaue Aufzeichnung der Vorgänge, ihrer Dauer und Stärke und ebenso ihrer Wirkungen erfolgen. Solche Berichte von Augenzeugen sind höchst wichtig für die Kenntnis des betreffenden Vorganges.

Bei Erdbeben kommt vor allem in Betracht Zeitpunkt und



Dauer der Erschütterung, Art der Bewegung, der Verschiebung von Gegenständen, bei stärkeren Beben: Bildung von Rissen an Bauwerken, Veränderungen im Erdboden, Bergrutsche oder -stürze, die durch das Beben ausgelöst werden u. a.

Vulkanausbrüche geben, wie am Ätna 1928, die Möglichkeit, die Bewegung von Lavaströmen, ihre allmähliche Erhaltung und Erstarrung und alle dabei auftretenden sonstigen Vorgänge zu beobachten. Wichtig sind hier genaue Angaben über Beginn und Dauer des Ausbruches, über seine Art, über Einwirkungen auf den Boden, auf Vegetation und Bauwerke.

Bergstürze und -rutsche machen sich oft schon einige Zeit vorher bemerkbar durch Entstehen von Rissen und Spalten im Boden, durch Schiefstellen von Bäumen und ähnliche Vorgänge, die auf den Beginn einer außergewöhnlichen Bodenbewegung schließen lassen. Das Wetter spielt bei ihnen meist eine wichtige Rolle, vor allem wird durch raschen und starken Wechsel von Kälte und Wärme der Absturz der entsprechend vorbereiteten Massen ausgelöst. Man notiere sich deshalb, sofern man ein solches Ereignis zu sehen in der Lage ist, nicht nur die dabei auftretenden Erscheinungen, sondern auch die vorher herrschenden Wetterverhältnisse, damit läßt sich oft die Ursache des Bergsturzes ganz klar nachweisen.

Bei Sturmfluten an den Küsten lassen sich viele Beobachtungen anstellen über ihre verschiedenartigen Wirkungen. Denn einerseits werden Uferstrecken zerstört und durch Damnbrüche Überschwemmungen verursacht, andererseits wird auf dem überschwemmten Lande neue Sedimentation des mitgeführten Materials erfolgen und ebenso können sich hohe Küstenwälle aus dem anderswo abgerissenen Material in kürzester Zeit bilden. Für die Kenntnis der Sedimentation und damit der Gesteinsbildung sind Beobachtungen darüber erwünscht und wertvoll. Überhaupt ist jede neue Tatsache über Abtragung und Ablagerung bei solchen mehr oder weniger ausgedehnten Katastrophen wichtig, da sie zugleich für viele Erscheinungen in der Geschichte der Erde Möglichkeiten zutreffender Erklärung geben.

Denn — wie früher schon betont wurde — die Gegenwart mit den in ihr vor sich gehenden Veränderungen an der Oberfläche ist der Schlüssel für das Verständnis der fossilen Welt. Jede heute zu beobachtende Sedimentbildung zeigt eine der Arten, wie sich auch früher Sedimente abgesetzt haben,

jeder Vulkanausbruch der Gegenwart liefert einen Beitrag zum Verständnis und zur Erklärung des erloschenen Vulkanismus.

Darin liegt der hohe Wert der Beobachtungen der gegenwärtig wirksamen Vorgänge und deshalb verdienen sie eingehende sorgfältige Untersuchung. Auf Reisen in andere als die gewohnten Gegenden ist das besonders wertvoll, weil dabei von den heimischen sich unterscheidende Arten der Um- und Neubildung beobachtet werden können und die Einwirkungen verschiedenen Klimas, verschiedener Oberflächenformung, verschiedener Vorgeschichte klar hervortreten.

Bei jeder Art von Wanderungen und Reisen ist es aber — das sei hier ausdrücklich hervorgehoben — nützlich und förderlich, ein gewisses Maß von Kenntnissen in der Geologie zu haben und sich eine Vorstellung von der Entstehungsart einer Landschaft machen zu können. Denn überall auf der Erde ist eine durchaus gesetzmäßige Entwicklung erfolgt, von den Uranfängen bis zur Gegenwart, und nicht nur die heutige Verteilung der größeren Einzelheiten, sondern auch alle Beziehungen zwischen Boden, Wasser und Vegetation, zwischen Erde und Mensch sind letzten Endes abhängig von der geologischen Entwicklung, so daß deren Kenntnis auch da, wo sich kein unmittelbarer praktischer Nutzen daraus ergibt, wertvoll ist für jeden, der mit offenen Augen wandert und einen tieferen Einblick in das Naturgeschehen erhalten will.



---

## Einige Werke zur Einführung in die allgemeine und praktische Geologie

- Dacqué, E., Die Erdzeitalter. Verlag Oldenbourg, München-Berlin 1930.
- Schneider, O., Methodische Einführung in die Grundbegriffe der Geologie. 2. Auflage. Verlag Enke, Stuttgart 1929.
- Wagner, P., Grundfragen der allgemeinen Geologie in kritischer und leicht verständlicher Darstellung. 2. Auflage. Verlag Quelle & Meyer. Leipzig 1919.
- Walther, J., Bau und Bildung der Erde. Ein Grundriß der Geologie und ihrer Anwendung im heimatkundlichen Unterricht. 2. Auflage. Verlag Quelle & Meyer, Leipzig 1928.
- Weinschenk, E. — Stinny, J., Petrographisches Vademekum. 3. Auflage. Verlag Herder, Freiburg i. Br. 1924.
- Rinne, F., Gesteinskunde. 10. und 11. Auflage. Verlag Jänecke, Leipzig 1929.
- Kanfer, E., Abriß der allgemeinen und stratigraphischen Geologie. 4. und 5. Auflage. Verlag Enke, Stuttgart 1925.
- Keilhack, K., Lehrbuch der praktischen Geologie. 2 Bände, 4. Auflage. Verlag Enke, Stuttgart 1921.
- Höfer, H. v., Anleitung zum geologischen Beobachten, Kartieren und Profilieren. 2. Auflage. Verlag Vieweg & Sohn, Braunschweig 1921.
- Schöndorf, F., Wie sind geologische Karten und Profile zu verstehen und praktisch zu verwerten? Verlag Vieweg & Sohn, Braunschweig 1916.
- Stüzer, O., Geologisches Kartieren und Prospektieren. 2. Auflage. Verlag Bornträger, Berlin 1924.

Geheimrat Professor Dr. J. WALTHER

## Geologie von Deutschland

Eine Einführung in die heimische Landschaftskunde für  
Lehrende und Lernende

4. vermehrte Auflage. 526 Seiten mit 286 Profilen, Karten und  
Landschaftsbildern, einer farbigen geologischen Karte und einer  
Zeittafel. In Leinenband M. 12.—

„Man weiß nicht, was man daran mehr rühmen soll, die licht-  
volle Erklärung auch der schwierigsten Dinge, die sichere  
Wahl der wesentlichsten Erscheinungen, die treffliche  
Verarbeitung der Literatur oder die glänzende  
herzenswarme Diktion. Wer sich in deutschen Landen für  
Geologie interessiert, muß Walthers Werk besitzen.“ Natur

## Geologie der Heimat

Grundlinien geologischer Anschauung

3. ergänzte Auflage. 232 Seiten mit 32 Tafeln und zahlreichen  
Abbildungen. In Leinenband M. 12.—

„Das ist das Buch, nach dem sich jeder der Geologie Fernstehende  
gesehnt hat, das Buch, in dem er Aufschluß finden wird, wie  
er diese Wissenschaft als Liebhaber betreiben kann, das Buch,  
das ihm die einfachsten geologischen Tatsachen aufdeckt, die ihn  
umgeben. Das Buch bringt jeden gebildeten Leser zum Ver-  
ständnis geologischer Geschehens um uns. Durch reichen  
Bilderschmuck, klare, leichtverständliche Zeichnungen ist das Buch  
jedem eine wertvolle Hilfe.“ Literarisches Zentralblatt

## Bau und Bildung der Erde

Ein Grundriß der Geologie und ihrer Anwendung im  
heimatkundlichen Unterricht

446 Seiten mit zahlr. Originalzeichnungen, Karten und Tafeln.  
In Leinenband M. 18.—

„Ein ebenso inhaltreiches wie kurzgefaßtes Lehrbuch, das die  
wichtigsten geologischen Erscheinungen an der Hand einfacher Bei-  
spiele anregend darstellt, verwickeltere Fragen allgemeinver-  
ständlich behandelt, dem biologischen und historischen Charakter  
der neueren Geologie gerecht wird und die pädagogische An-  
wendung der Geologie als Grundlage des heimatkundlichen Unter-  
richts und als einer zentralen Naturlehre vorbereitet. Eine Reihe  
von Abschnitten bringt praktische Ratschläge für Beobachtung in  
der Natur.“ Geographischer Anzeiger



Kulturgegeschichte der Deutschen in der  
Neuzelt Von Professor Dr. G. Stein-  
hausen. 2. Auflage ◊

Die deutsche Revolution (1848) Von Ge-  
heimrat Prof. Dr. E. Brandenburg.  
2. Auflage ◊

Bismarck Von Professor Dr. G. Roloff

Seehelden und Admirale Von Vizeadmiral  
H. Kirckhoff ◊

Die Kultur der Araber Von Prof. Dr.  
H. Hell. 2. Auflage ◊

Chinas Werden im Spiegel der Geschichte.  
Von Privatdozent Dr. E. Hauer ◊

### Altertums- und Volkskunde

Grundzüge der deutschen Altertumskunde  
Von Prof. Dr. H. Fischer. 2. Auflage

Deutsche Altertümer Von Professor Dr.  
O. Lauffer ◊

\*Das schöne Dorf in deutschen Landen  
Ein Bilderatlas von Prof. R. Mielke

Das deutsche Haus Von Professor Dr. O.  
Lauffer ◊

Die deutschen Stämme Von Dr. Th.  
Lenschau ◊

Grundzüge der deutschen Volkskunde Von  
Professor Dr. H. Naumann. 2. Auflage

Die heimliche Pflanzenwelt im Volksbrauch  
und Volksglauben Von Dr. H. Marzell

### Staats- und Volkswirtschaftslehre

Staatsbürgerkunde Von Geheimrat Prof.  
Dr. E. Bernheim. 2. Auflage ◊

Staat und Gesellschaft in der Gegenwart  
Von Professor Dr. A. Vierkandt. 3. Aufl.

Gesellschaftslehre von Platon bis Fr.  
Nietzsche. Von Privatdozent Dr. J. Baxa

Politik Von Professor Dr. Fr. Stier-  
Somlo. 6. Auflage ◊

Einführung in die Rechtswissenschaft Von  
Prof. Dr. G. Radbruch. 7. u. 8. Auflage.  
Doppelband ◊

Unsere Gerichte Von Prof. Dr. W. Kisch  
Die deutsche Reichsverfassung Von Ge-  
heimrat Prof. Dr. Ph. Soen. 3. Auflage

Einführung in das Reichsverfassungsrecht  
Von Professor Dr. H. Gmelin ◊

Grundlinien des deutschen Staatswesens  
Von Geheimrat Prof. Dr. R. Schmidt

Unsere Marine Von Vizeadm. H. Kirck-  
hoff ◊

Das Wirtschaftsleben Deutschlands Von  
Professor Dr. K. Hassert ◊

Deutsche Wirtschaftsgeschichte des Mittel-  
alters Von Professor Dr. Th. Mayer

Deutsche Wirtschaftsgeschichte der Neuzelt  
Von Professor Dr. Th. Mayer ◊

Grundzüge der Finanzwissenschaft Von  
Professor Dr. P. Mombert ◊

Die Haupttheorien der Volkswirtschafts-  
lehre Von Professor Dr. O. Spann.  
91.—96. Tausend. Doppelband ◊

Einführung in die Volkswirtschaftslehre  
Von Professor Dr. W. Wngodzinski.  
8. Auflage bearbeitet von Professor Dr.  
W. Andreae ◊

Die Entwicklung der Grundprobleme der  
volkswirtschaftlichen Theorie Von Prof.  
Dr. W. Heller. 3. Auflage ◊

Einführung in die Konjunkturlehre Von  
Präsident Prof. Dr. E. Wagemann ◊

Statistik Von Professor Dr. W. Winkler

National- und Sozialbiologie Von Prof.  
Dr. W. Winkler ◊

Soziale und wirtschaftspolitische Anschau-  
ungen in Deutschland Von Professor Dr.  
P. Mombert. 2. Auflage ◊

Hauptprobleme der Sozialisierung Von  
Professor Dr. P. Amonn ◊

Die Großstadt und ihre sozialen Pro-  
bleme. Von Professor Dr. A. Weber.  
2. Auflage ◊

Der Mittelstand und seine wirtschaftliche  
Lage. Von Syndikus Dr. J. Wernicke

Die Frauenbewegung in ihren gegen-  
wärtigen Problemen. Von Dr. Hel.  
Lange. 3. Auflage ◊

Die sozialen Klassen Von Privatdozent  
Dr. G. Albrecht <

Die Entwicklungslinie des Sozialismus  
Von Professor Dr. R. Wilbrandt <

Abriss der deutschen Sozialpolitik Von  
Professor Dr. L. Hende. 6. Auflage <

Sürlorgewesen Von Professor Dr. Chr.  
Klumker <

Soziale Säuglings- und Jugendfürsorge  
Von Professor Dr. A. Uffenheimer <

Die materielle Wirtschaft bei den Natur-  
völkern. Von Prof. Dr. M. Schmidt <

Die Zeitung von heute Von Dr. P.  
Harms <

### Zoologie und Botanik

Anleitung zu zoologischen Beobachtungen  
Von Professor Dr. S. Dahl. 2. Auflage

Licht und Leben im Tierreich Von Prof.  
Dr. W. Stempel <

Der Tierkörper Von Privatdozent Dr. E.  
Neresheimer <

Die Säugeltiere Deutschlands Von Privat-  
dozent Dr. E. Hennings <

Haustierkunde und Haustierzucht Von  
Dr. E. Feige <

Anleitung zur Beobachtung der Vogelwelt  
Von Professor Dr. C. Zimmer. 3. Aufl.

Wasservogelleben Von Prof. Dr. A. Voigt

Lebensgewohnheiten der Insekten Von  
Prof. Dr. P. Deegener <

Lebenserscheinungen der Käfer Von Prof.  
Dr. h. von Lengerken <

Die Bakterien und ihre Bedeutung im  
praktischen Leben Von Professor Dr. h.  
Kliche. 2. Auflage <

Das Schmarotzertum im Tierreich Von  
Hofrat Professor Dr. L. v. Graff <

Tier- und Pflanzenleben des Meeres Von  
Professor Dr. A. Nathansohn <

Anleitung zur Beobachtung der Pflanzen-  
welt Von Prof. Dr. S. Rosen. 2. Aufl.

Befruchtung und Ererbung im Pflanzen-  
reiche Von Prof. Dr. K. Giesenhagen

Phanerogamen (Blütenpflanzen) Von  
Prof. Dr. E. Gilg und Dr. R. Muschler

Zimmer- und Balkonpflanzen Von Garten-  
inspektor P. Dannenberg. 4. Auflage

Unser Garten Von Gartenbauinspektor  
S. Zahn. 2. Auflage <

Der Kleingarten Von Gartenbauinspektor  
C. Rimann <

Der Gemüsebau Von Gartenbauinspektor  
K. Reichelt <

Von der Hacke zum Pflug Eine Geschichte  
des Gartenbaues. Von Professor Dr. Ed.  
Hahn. 2. Auflage <

Einführung in die Begriffe der Landwirt-  
schaft Von Professor Dr. P. Holbesele

### Anthropologie / Hygiene

Menschheitskunde Von Professor Dr. h.  
Friedenthal <

Die Stammesgeschichte des Menschen Von  
Dr. M. Hiltzheimer <

Rassen und Völker der Erde Von Privat-  
dozent Dr. E. Vatter <

Grundzüge der Physiologie Von Professor  
Dr. Fr. W. Fröhlich <

Lebensfragen Der Stoffwechsel in der  
Natur. Von Prof. Dr. S. B. Ahrens <

Gesundheit und Lebensklugheit Von Geh.  
Medizinalrat Dr. R. Paasch. 2. Aufl. <

Arznei- und Genußmittel, ihre Segnungen  
und Gefahren. Von Prof. Dr. S. Müller

Das Nervensystem und die Schädlichkeiten  
des täglichen Lebens. Von Prof. Dr.  
P. Schuster. 2. Auflage <

Stoffwechsel und Diät von Gesunden und  
Kranken Von Geh. Medizinalrat Prof.  
Dr. C. A. Ewald <

Die körperliche Erziehung des wachsenden  
Menschen Von Privatdozent Dr. G.  
Hohmann <

Die Hygiene des männlichen Geschlechts-  
lebens Von Geheimrat Professor Dr.  
C. Posner. 4. Auflage <

Gesundheitspflege des Weibes Von Prof.  
Dr. P. Straßmann. 5. Auflage <

**Erdkunde / Geologie  
Astronomie / Meteorologie**

**Einführung in die erdkundliche Wissen-  
schaft** Von Geheimrat Professor Dr. R.  
Lehmann ◊

**Geographische Beobachtungen** Von Ge-  
heimrat Professor Dr. R. Lehmann ◊

**Erdkundliches Wanderbuch** Von Prof. Dr.  
S. Passarge ◊

— Bd. I Die Landschaft ◊

— Bd. II Beobachtungen über Tier und  
Mensch ◊

**Grundfragen der allgemeinen Geologie**  
Von Prof. Dr. P. Wagner. 2. Aufl. ◊

**Mitteluropa und seine Grenzmarken** Von  
Professor Dr. G. Braun ◊

**Die Alpen** Von Prof. Dr. S. Machat-  
schek. 3. Auflage ◊

**Einführung in die allgemeine Mineralogie,  
Kristallographie, Kristallogenie, Mineral-  
chemie** Von Prof. Dr. F. v. Wolff ◊

**Einführung in die systematische Minera-  
logie** Von Prof. Dr. F. v. Wolff. 2 Bde.

**Wolken und Niederschläge** Von Prof. Dr.  
C. Kassner. 2. Auflage ◊

**Das Wetter und seine Bedeutung für das  
praktische Leben.** Von Professor Dr.  
C. Kassner. 2. Auflage ◊

**Himmelskunde** Von Professor Dr. A.  
Marcuse. 2. Auflage ◊

**Chemie / Physik  
Mathematik / Technik**

**Einführung in die organische Chemie** Von  
Professor Dr. S. Mayer ◊

**Die Elektrizität als Licht- und Kraftquelle**  
Von Prof. Dr. P. Eversheim. 3. Aufl.

**Starkstromtechnik** Von Professor Dr. P.  
Eversheim ◊

**Telegraphie und Telephonie** Von Tele-  
graphendirektor u. Dozent F. Hamacher.  
2. Auflage ◊

**Der Mikrokosmos** Von Oberregierungs-  
Medizinalrat Dr. C. Slawny ◊

**Radioaktivität und neue Atomlehre** Von  
Studienrat O. Müller ◊

**Das Licht im Dienste der Menschheit** Von  
Dr. G. Leimbach ◊

**Geschichte der Mathematik** Von Studien-  
rat Dr. S. Mallch ◊

**Kohle und Eisen** Von Professor Dr. A.  
Binz. 2. Auflage ◊

**Berühmte Männer der Technik** Von  
Privatdozent Dr.-Ing. H. Neß ◊

**Die Fabrik in Wirtschaft und Technik**  
Von Dipl.-Ing. Prof. Dr. H. Herner

**Die Gärungsgewerbe und ihre natur-  
wissenschaftlichen Grundlagen.** Von Prof.  
Dr. W. Henneberg und Dr. G. Bode

**Milch- und Molkereiprodukte, ihre Eigen-  
schaften, Zusammensetzung und Ge-  
winnung.** Von Dr. P. Sommerfeld

**Rohstoffe der Textilindustrie** Von Geheim-  
rat Dipl.-Ing. H. Glaser. 2. Auflage

**Spinnen und Zwirnen** Von Geheimrat  
Dipl.-Ing. H. Glaser. 2. Auflage ◊

**Die Textilindustrie Herstellung textiler  
Flächengebilde.** Von Geheimrat Dipl.-Ing.  
H. Glaser ◊

**Unsere Kleidung und Wäsche** Von Direktor  
B. Brie, Professor P. Schulze, Dr. K.  
Weinberg ◊

**Vom Wikingerschiff zum Handelsdamp-  
boot** Von Prof. Dr. B. Schmeidler ◊

**Die Technik im Landkrieg** Von General-  
leutnant M. Schwarte ◊

**ZBIORY SPECJALNE**

BIBLIOTEKA  
UNIWERSYTECKA  
GDAŃSK

956688

1934

