



Geologisch kartieren – aber wie? Ein Leitfaden für die Feldarbeit

GERHARD FUCHS*)

8 Abbildungen

*Geologische Kartierung
Feldarbeit
Organisation
Darstellung*

Inhalt

Zusammenfassung	427
Abstract	427
1. Vorwort	427
2. Anforderungen	428
3. Aufschlußverhältnisse	429
4. Organisation der Kartierung	432
5. Darstellung	434
6. Vom Manuskript zur gedruckten Karte	435
7. Die Aussagen einer geologischen Karte	435
Literatur	436

Zusammenfassung

Auf Grund 40jähriger Erfahrung als Aufnahmsgeologe werden die verschiedensten Aspekte geologischen Kartierens behandelt: Die körperlichen und geistigen Voraussetzungen des Geologen, Aufschlußverhältnisse und ihre Beurteilung, Logistik der Kartierung, die Darstellung in der Karte, der Weg von der Manuskriptkarte zur gedruckten Karte und die Aussagen einer geologischen Karte.

Die Ratschläge und Hinweise sind für den Studenten wie auch für den bereits erfahrenen Feldgeologen bestimmt.

Know How of Geological Mapping – Hints for Fieldwork

Abstract

On the basis of 40 years of experience as field geologist various aspects of geological mapping are dealt: the physical and psychical requirements, the different types of outcrops, logistics, the presentation of observations in the map, from the manuscript to the printed map, and the information given by a geological map.

The advices and hints given shall be useful for both students and already experienced field geologists.

1. Vorwort

Jeder weiß um die Bedeutung der geologischen Kartierung, sie ist die Voraussetzung für jede weitere geologische Bearbeitung. Die Feldaufnahme liefert das Beobachtungsmaterial, das für die Grundlagenforschung und Fragen der Angewandten Geologie unerlässlich ist. Heute, in einer Zeit, da Computer und immer weiter verfeinerte High-Tech-Auswertungsmethoden auch in den Erdwis-

senschaften eingesetzt werden, wird die Geländearbeit von manchen als etwas Minderwertiges betrachtet. Der „Kartierungstrottel“ hat das Material zu liefern, das dann von hochqualifizierten Wissenschaftlern ausgewertet wird. Dabei wird übersehen, daß die Computerergebnisse von der Qualität der eingegebenen Daten abhängen; auch die Resultate der Laboruntersuchungen sind nur im Kon-

*) Anschrift des Verfassers: Univ.-Prof. Dr. Gerhard FUCHS, A-3663 Laimbach, postlagernd.

text, bei hinlänglicher Kenntnis des geologischen Hintergrundes, vernünftig zu interpretieren.

Aller Anfang ist schwer. Der Student hat in den Übungen den Inhalt der Gesteinsladen gut gelernt, hat sich auf zahlreichen Exkursionen Fachkenntnisse erworben. Diplom- oder Dissertationsarbeiten erfordern dann selbständiges Einstufen der Gesteine im Gelände. Aufschlüsse zeigen mehrere Gesteinsarten, bei schlechten Aufschlußverhältnissen liegen da die verschiedensten Gesteinsstücke herum; was und wie soll man in die Karte eintragen? Ratlosigkeit kommt auf. Aber auch bereits erfahrene Geologen haben ihre Probleme, wenn sie ein neues Arbeitsgebiet in Angriff nehmen. Außerdem ist Feldarbeit voller Tücken, und welcher Geologe hat noch keinen „Aufsitzer“ erlebt, etwa durch vom Menschen verfrachtetes Gesteinsmaterial?

Die vorliegende Arbeit ist kein Hand- oder Lehrbuch der Feldgeologie, sie gibt bloß Tips und Anleitungen zum Thema Kartierung. Es sind die Erfahrungen aus 40 Jahren fast

ausschließlicher Kartierungstätigkeit im In- und Ausland, vom Hügelland des Waldviertels bis in die Hochregionen des Himalaya. Möge dieser Leitfaden helfen, Fehler zu vermeiden und rasch zu einer effizienten Kartierungstechnik zu finden.

2. Anforderungen

Geländearbeit verlangt viel körperliche und geistige Ausdauer, führt aber schließlich zu einem trainierten Körper und einer festen Persönlichkeit. Stundenlang, in meist unwegsamem Gelände, den unterschiedlichsten Wittersituationen ausgesetzt, darf beginnende Müdigkeit nicht dazu führen, daß man den mühevollen Anstieg zu einem Aufschluß unterläßt und sich mit einer Vermutung begnügt.

Entscheidungskraft ist eine wichtige Eigenschaft: Man studiert Aufschluß um Aufschluß und hier und jetzt muß

man sich entscheiden, welche Formationen man einträgt und wo man Gesteinsgrenzen setzt. Jetzt kann man weitere notwendige Begehungen vornehmen, sieht die Landschaft mit ihren geomorphologischen Besonderheiten. Bei Expeditionen besteht meist keine Möglichkeit, das Gebiet wieder aufzusuchen; das Bewußtsein, alle wichtigen Beobachtungen jetzt machen, die Situation erfassen zu müssen, verursacht meist einen gewissen Streß.

Im Zuge der fortschreitenden Bearbeitung eines Gebietes können Erkenntnisse gewonnen werden, welche die Umdeutung bisher aufgenommener Bereiche notwendig machen. Eine neuerliche Begehung sollte aber – gründliche Aufnahme vorausgesetzt – dadurch nicht nötig sein.

Andererseits kann es in entscheidenden und besonders komplizierten Situationen notwendig sein, sich zu verbeißen, eine Fläche von wenigen hundert m² immer wieder kreuz

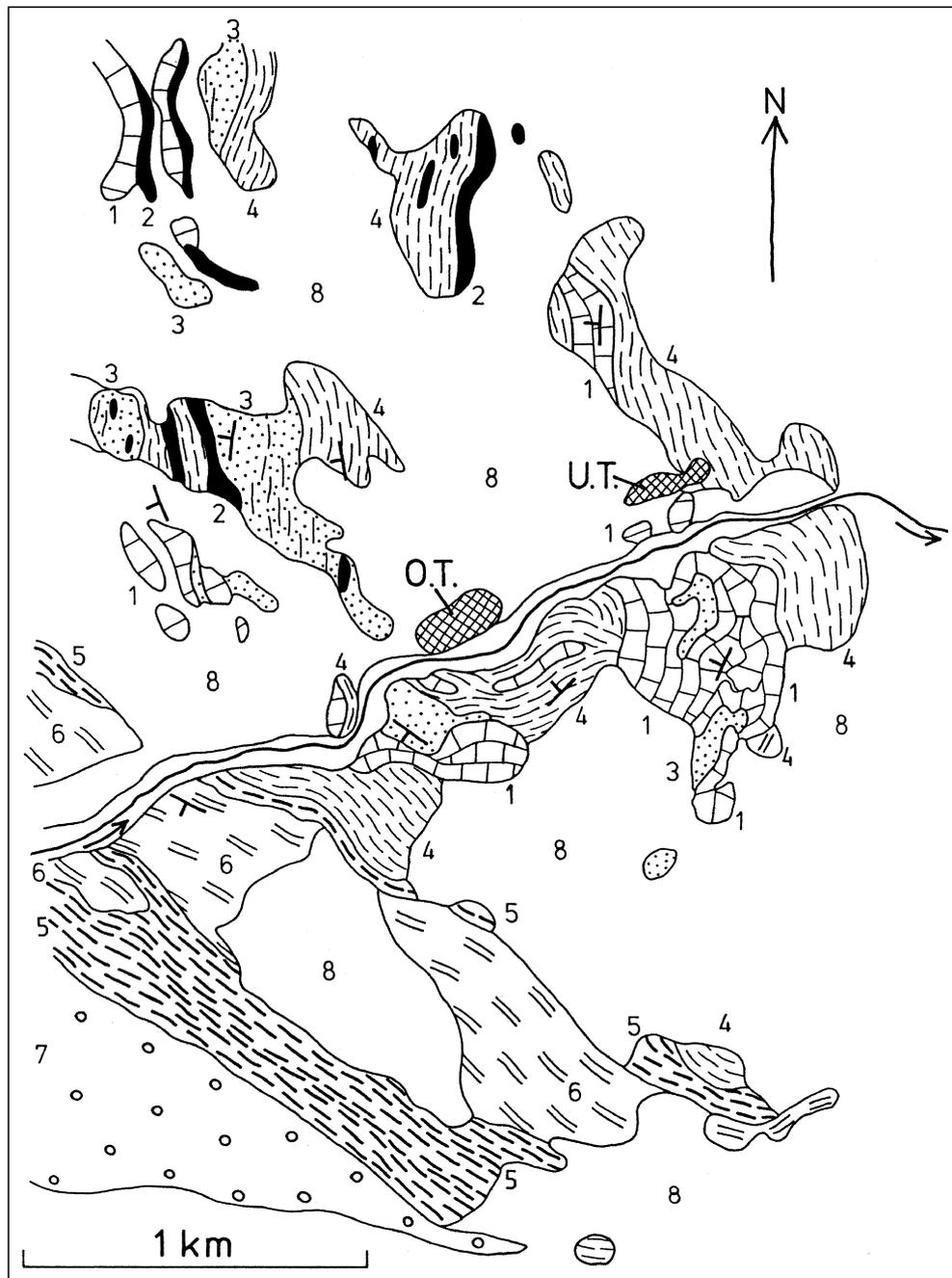


Abb. 1.
Das Südennde des Drosendorfer Fensters (Blatt 8 Geras).
1 = Marmor; 2 = Graphitschiefer; 3 = Quarzit; 4 = Paragneis; 5 = Amphibolit; 6 = Gföhler Gneis; 7 = Granulit; 8 = Junge Deckschichten; U.T. = Unter Thumeritz; O.T. = Ober Thumeritz.
Beschreibung im Text.

und quer zu begehen, gewissermaßen auswendig zu lernen, bis der Bau verstanden ist und dargestellt werden kann.

Nach dem Studium der Literatur und beeinflusst durch eigene Vorstellungen geht man mit gewissen Erwartungen an die Aufnahme eines Gebietes heran. Man muß aber stets bereit sein, diese entsprechend den Beobachtungen abzuändern oder zu verwerfen.

Vertrauen Sie Ihren Beobachtungen, auch wenn sich ein noch so „unmögliches“ Kartenbild ergibt. Sie sind im Begriff, wissenschaftliches Neuland zu betreten. Ein völlig überraschender Gesteinsverlauf erscheint oft bei weiter fortgeschrittener Kartierung absolut logisch und führt zu einem neuen Bild der geologischen Verhältnisse.

1. Fallbeispiel:

S-Ende des Drosendorfer Fensters

(Abb. 1)

Ich war überrascht, daß die regional N-S streichenden Gesteinszüge S von Unter Thumeritz in die ESE-Richtung einschwenken, was den bisherigen Darstellungen widersprach (SUESS et al., 1925; WALDMANN, 1951). Diese waren größtenteils abgedeckte Karten, welche die Marmorzüge von Ober und Unter Thumeritz durch breite Paragneise getrennt zeigten. Tatsächlich werden diese aber weitgehend von Schottern bedeckt. Deren Eintragung in der Karte stößt einen förmlich auf die Möglichkeit, daß sich die Marmore unter der jungen Bedeckung verbinden. Die Auskartierung ergab schließlich ein bogenförmiges Herumstreichen der Gesteinszüge um das sich schließende Fenster. Dieses erfolgt allerdings auf engerem Raum als an dessen N-Ende bei Uhercice (Ungarschitz) (FUCHS & MATURA, 1976, Karte).

2. Fallbeispiel:

Der Gföhler Gneis als geologischer Körper

(FUCHS, 1971; FUCHS & MATURA, 1976, Karte)

Bekannterweise bildet der Gföhler Gneis im Typusgebiet eine weite, flache Mulde. Im Raume südlich von St. Leonhard a. Hornerwald taucht der Gföhler Gneis gegen den Granulit ein, und die Amphibolite und Paragneise, die den Gföhler Gneis im E unterlagert haben, schwenken hier gegen W um und bilden dessen Hangendes. Eingeschaltet zwischen dem Gföhler Gneis im Liegenden und dem Granulit, der den Kern der Großmulde bildet, sind die Gneise und Amphibolite bis Horn zu verfolgen, wo sie saiger werden und schließlich wieder unter den Gföhler Gneis einfallen. Diese zunächst höchst überraschenden Lagerungsverhältnisse zeigen, daß der Gföhler Gneis keine echte Mulde darstellt. Er müßte in diesem Falle wie im W so auch im E um die Granulitschüssel von St. Leonhard herum zu verfolgen sein. Überblickt man das östliche Moldanubikum, so zeigt sich, daß die tektonische Abfolge (vom Liegenden zum Hangenden) Bunte Serie – Gföhler Gneis – Granulit im Nahbereich der Moldanubischen Überschiebung in E gerichtete, überkippte Falten gelegt wurde. So entstand die flache, anscheinende Muldenform der Gföhler Gneislage. Sie ist somit ein Sonderfall, eine Komplikation, ein Beleg für die mehrphasige Tektonik des Moldanubikums (Abb. 2).

Diese Beispiele zeigen, wie wichtig es ist, offen zu sein und keinesfalls vorgegebene Vorstellungen in die Kartierung einfließen zu lassen. Man muß frei von Dogmen sein.

Zuletzt sei noch der Umgang mit den Menschen kurz behandelt. Im verbauten Gebiet ist es meist notwendig, die Besitzer zu fragen, um an Aufschlüsse heranzukom-

men. Auch im freien Gelände begegnen einem Bauern, Forstpersonal, Gendarmen, etc., denen ich bereitwillig mein merkwürdiges Tun und dessen Zweck erkläre. Häufig bekommt man dabei Hinweise auf auffällige Gesteinsvorkommen, alte Abbaue u.ä. Nur selten verweigern einem die Besitzer das Betreten ihrer Grundstücke, so geschehen im Streite der Großgrundbesitzer gegen das Thaya-Nationalpark-Projekt. Dienstausweis oder Kartierungsauftrag sollten stets zur Hand sein.

3. Aufschlußverhältnisse

Die großartigsten Aufschlüsse findet man naturgemäß im Hochgebirge oberhalb der Baumgrenze. Allerdings ist die Begehbarkeit stark eingeschränkt. Mit den klettertechnischen Schwierigkeiten steigt der Zeitaufwand und sinkt die Qualität der geologischen Arbeit.

Die Durchkletterung von Wänden bringt meist nicht viel, und ich bevorzuge die Begehung von Graten, Kämme, dem Wandfuß und Rinnen (hier Steinschlaggefahr!). In Gletschergebieten ist ein Seilgefährte dringend angeraten, da auch der erfahrenste Bergsteiger vor Spaltensturz nicht sicher ist.

An Felsaufschlüssen kann man die Gesteinsformationen gründlich studieren: Die beteiligten Gesteine, ihre Kontaktbeziehungen und petrographischen Eigenschaften, Lagerungsverhältnisse, Kluft- und Störungsnetz usw. Auch an Felsbauten wirkt die Schwerkraft, Grat- und Hangzerreibungen führen zum Verkippen von Schicht- und Schieferungsflächen. Abgesackte Felspartien sind als solche in der Karte zu kennzeichnen, da sie die Gesteinsgrenzen versetzen und als Gefahrenquellen praktische Bedeutung haben.

Rundbuckellandschaft im Vorfeld der Gletscher bietet frische, großflächige Aufschlüsse, welche auch gut begehbar sind. Schuttkörper und Moränen sind morphologisch auffällige geologische Körper und sind als solche in der Karte festzuhalten. Bei sehr kleinräumigem Wechsel von Bedeckung und Felsbuckeln ist man zum verständnisvollen Zusammenfassen gezwungen.

Im Latschen- und Grünerlenbereich und in steilen Waldflanken ist das Trennen von Fels und Schutt meist mühsamer, da flächenhafte Moränen- und Schuttschleier mit festen und abgesackten Felspartien wechseln; auch ist in Waldflanken die Feststellung des Standortes nicht einfach. An- und Absteigen an Rippen oder Rinnen unter Benützung des Höhenmessers erleichtert die Orientierung. Das Kartieren bewaldeter Gebirgstäler ist eine schwierige Aufgabe und sollte erst durchgeführt werden, nachdem man Gesteine und Bau in der vegetationsarmen Hochregion gut kennengelernt hat. Das starke Relief in Gebirgsgebieten vermittelt jedenfalls ein gutes räumliches Bild des geologischen Baues.

Im Hügelland sind Felsaufschlüsse meist seltener zu finden, und man ist auf Lesesteinkartierung angewiesen. Durch die Verwitterung und die Bewegung der Bodenschichten kommt es zur Verdriftung der Gesteinsstücke. Sind verschiedene Gesteinsformationen vorhanden, kommt es dabei zur Vermischung. Steigt man einen Hang empor, verläuft die Grenze etwa dort, wo die eine Gesteinsart im Mischungsspektrum verschwindet (Abb. 3). Auf Rücken und Höhen sind die Gesteinsstücke ortsnah geblieben und Überstreuung von geringer Bedeutung; daher sind hier Grenzen deutlicher zu fassen. Ist das Lesesteinspektrum sehr heterogen und läßt es keinen Bezug zum bereits bekannten Bau erkennen, so besteht der Verdacht, daß es sich um mächtigere Verwitterungsschich-

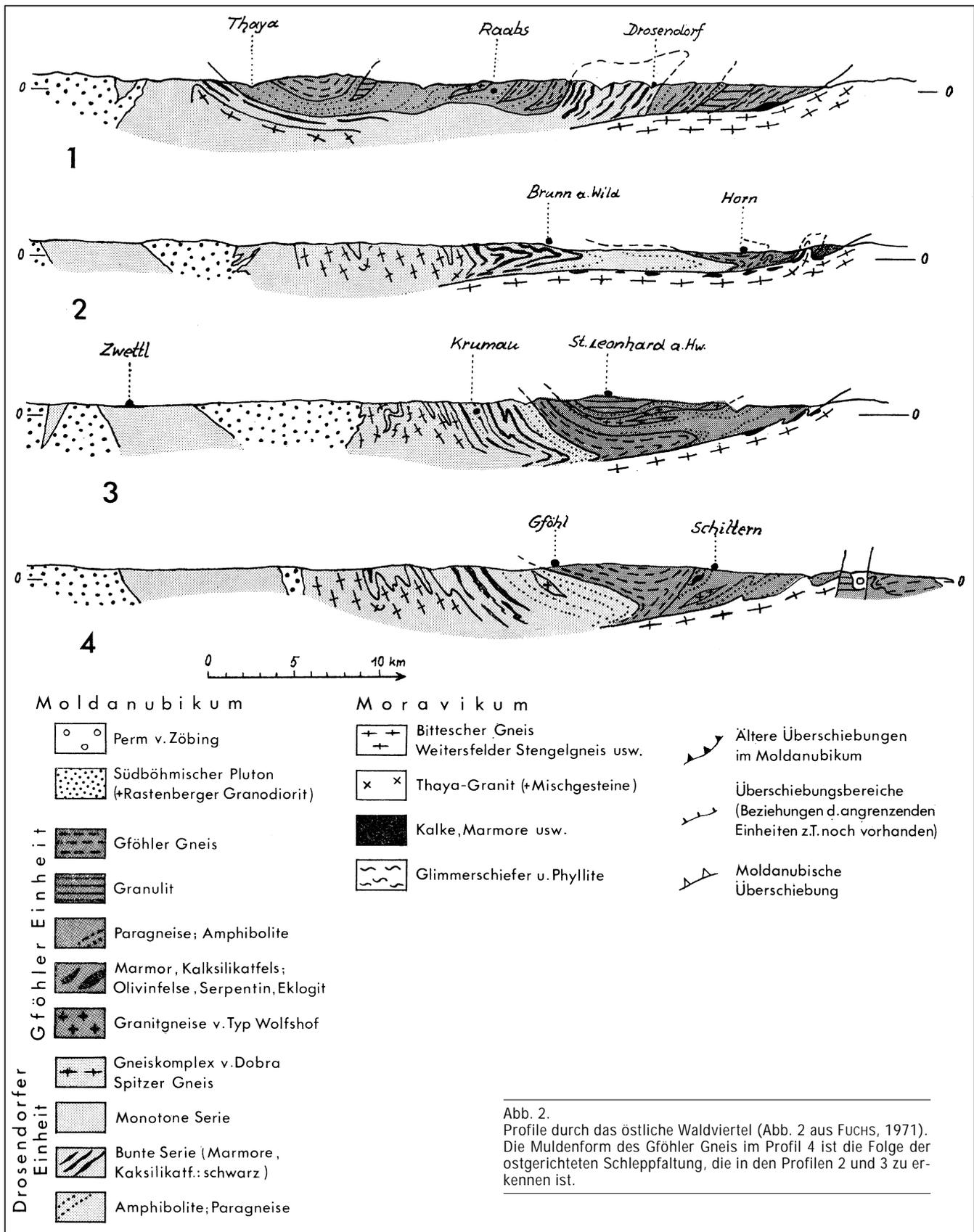


Abb. 2.
Profile durch das östliche Waldviertel (Abb. 2 aus FUCHS, 1971).
Die Muldenform des Gföhler Gneis im Profil 4 ist die Folge der
ostgerichteten Schleppfaltung, die in den Profilen 2 und 3 zu
erkennen ist.

ten bzw. jüngere Deckschichten handelt, die getrennt aus-
zuscheiden sind.

Entlang von Bachläufen und Gräben sind, besonders
nach heftigen Regenfällen, oft ausgezeichnete Aufschlü-
sse vorhanden, die gute Profilaufnahmen mit Fallmessun-
gen erlauben. Die Verbindung von Profil zu Profil ist häufig

mittels Lesesteinkartierung durchzuführen. Eine reine
Aufschlußkartierung ist abzulehnen, weil eine Fülle von In-
formationen (Geomorphologie, Lesesteine, Bodenbil-
dung) unberücksichtigt bleiben. Wohl ist aber eine ge-
trennte Darstellung von Anstehendem, Lesesteinkartie-
rung und jüngerer Bedeckung zu empfehlen.

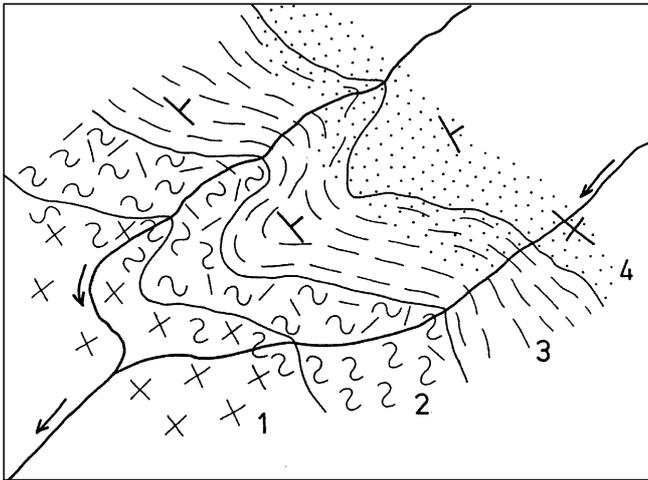


Abb. 3.
Die NE fallende Schichtfolge 1–4 quert den Rücken zwischen zwei Tälern.

In den Flanken überstreut die jeweils höhere Formation die liegende, am Kamm des Rückens ist die Überstreuerung am geringsten, da die Rollstücke seitlich in die Flanken abgleiten. Die Formationsgrenzen sind dort anzunehmen, wo die Lesesteine der jeweils tieferen Formation aus dem Lesesteinspektrum verschwinden.

Besondere Aufschlußverhältnisse zeigen das Wald- und Mühlviertel. Das zur Fastebene abgetragene variszische Gebirge erfuhr in alpidischer Zeit eine Hebung, was zum epigenetischen Einschneiden der Donau und ihrer nördlichen Nebenflüsse führte. Es entstanden steile Talflanken mit alpinen Felsaufschlüssen, während die flache, leicht gewellte Penepplain in weiten Bereichen erhalten blieb. Man wird zunächst die gut aufgeschlossenen Täler kartieren, um Gesteinsbestand und Bau kennenzulernen. Sehr instruktiv ist es, zu verfolgen, wie sich die Gesteinsforma-

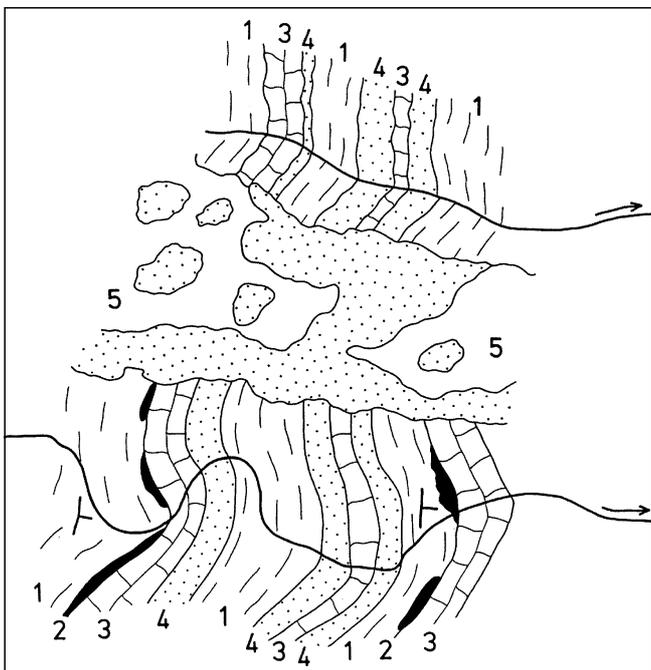


Abb. 4.
In den Tälern ist die E-fallende Wechselfolge von Paragneis (1), Graphitschiefer (2), Marmor (3) und Quarzit (4) gut aufgeschlossen. Auf der weitgehend von junger Bedeckung (5) verhüllten Hochfläche finden sich nur „Kristallinseln“ aus Quarzit. Aus der großen Verbreitung dieser Quarzite und dem Verschwinden der Begleitgesteine ist zu schließen, daß es sich um die Aufarbeitung der resistenten Gesteine in der Verwitterungsfläche und deren Anreicherung an der Basis der transgredierenden Deckschichten handelt.

tionen vom frischen zum tief verwitterten Zustand auf den Hochflächen verändern. Man lernt dabei, aus dem auf Wegen und in Äckern verschwemmten Grus (Glimmer-, Granat-, Hornblendeaneicherungen usw.), aus winzigen Gesteinspartikeln, wie sie in Maulwurfshügeln zu Tage gefördert werden, und aus der Bodenbildung auf den Gesteinsuntergrund zu schließen. Man kann dabei auch verfolgen, wie sich Formationen, welche aus mehreren Gesteinsarten zusammengesetzt sind, verändern: Glimmerschiefer, Para- und Orthogneise vergrusen meist sehr stark, während eingeschaltete Amphibolite selektiv angereichert werden. Geringmächtige Quarz-, Aplit- und Pegmatitgänge, sowie Lagen von Kalksilikatfels und andere resistente Gesteine täuschen bei tiefer Verwitterung der Hauptmasse des Gesteins eine Bedeutung vor, die sie nicht besitzen. Solche Hörtlinge in lehmiger Matrix sind überhaupt als Verwitterungsdecken auszuscheiden und erlauben keinen Rückschluß auf die unterlagernden Gesteine.

Talprofile durch die Bunte Serie zeigen in einer Paragneisgrundmasse Züge von Marmor, Graphitschiefer, Quarzit und Amphibolit. Im Randbereich gegen die Hochfläche verschwinden die Marmore und Amphibolite, Schwärzungszonen durch Graphit sind noch etwas weiter zu verfolgen, während die Quarzite anscheinend enorm an Mächtigkeit gewinnen (Abb. 4). Die Quarzitstücke sind kantiger Grob- bis Feinschutt, was sonst als Merkmal für autochthonen Schutt gilt (s.u.). In diesem Fall wurden die Quarzitbänder aufgearbeitet und an der Auflagerungsfläche der jüngeren Deckschichten seitlich verdriftet. Es handelt sich somit um Lokalschutt, welcher dem Deckgebirge zuzurechnen ist. Würde man die oft auch geomorphologisch hervortretenden Quarzitschuttvorkommen als anstehend kartieren, ergäbe dies absurde Ergebnisse für die Grundgebirgsgeologie.

In den schlecht aufgeschlossenen Gebieten gibt es aber eine Unzahl von Stellen, wo man Chancen hat, Hinweise auf den Untergrund zu finden: Auf Terrassenfeldern kommt der Pflug am oberen Feldrand dem festen Fels am nächsten; Grus und Gesteinsbrocken von der gleichen Art sind fast als Anstehendes zu werten; die Steine werden am Feldrain an der Böschung abgelagert oder zum Reparieren naher Feldwege verwendet. Steinhaufen am Waldrand stammen meist aus dem angrenzenden Feld, während solche im Inneren des Waldes häufig aus der weiteren Umgebung stammen und somit unsicherer Herkunft sind. Im Wurzelgeflecht gestürzter Bäume findet sich meist herausgerissenes Gesteinsmaterial, welches verlässliche Hinweise auf den Untergrund gibt. Beim Setzen von Telegraphenmasten wird der Untergrund tief aufgerissen, emporgebrachtes Grus- und Steinmaterial ist oft nach Jahren noch beobachtbar. Gleiches gilt für Wasserspeicher, Kelleraushübe, Senkgruben, Drainagegräben, usw. Entlang von Straßen, Wegen und Bahntrassen bieten ausgeschrämmte Gräben und die Böschungen häufig Aufschlüsse. Im Wiesengelände, wo schon lange kein Pflug mehr tätig war, sind kleine Gesteinsstückchen in Maulwurfshäufen oft die einzigen Hinweise auf den Untergrund.

Die Lesesteinkartierung hat auch ihre Tücken. Steine zusammen mit Ziegelbruchstücken, Mörtel und Isolierungen sind als Bauschutt herangebracht worden und damit als Deponie darzustellen. Schotter vom Güterwegebau finden sich auch noch einige Meter daneben in den Feldern. Sie sind frisch – zum Unterschied von Lesesteinen aus dem Untergrund. Bei der Kommassierung aufgelassene Feldwege sind noch lange als Streifen mit häufigem,

aber ehemals hertransportiertem Gesteinsmaterial zu erkennen.

Kristallinsplitt, wie er auf winterlichen Straßen verwendet wird, wird durch Pflug und Schneefräsen bis zu 20 m ins benachbarte Gelände geschleudert. Ich beobachtete, daß die Bauern in der Gegend von Eibenstein Splitt aus dem dortigen Steinbruch in Felder mit schwerem, lehmigem Grund einbringen, um den Boden aufzulockern. Die anthropogene Herkunft des Materials ist aus der Frische und der einheitlichen Korngröße des Marmor-Amphibolitgemisches zu erkennen.

Kristallinstücke in Verwitterungslehmen können bei der Bildung dieser Schichten oder durch die heutige Verwitterung in diese geraten sein. Ocker gefärbte, angerundete Quarze, Calzedon, Quarzite, Aplite und Kalksilikate und lehmiger Boden mahnen zur Vorsicht. Im Zweifelsfall ist es besser, einen „Aufschluß“ unberücksichtigt zu lassen, als eine Einstufung vorzunehmen, die betreffend das Grundgebirge zu irrigen Resultaten führt. Ich habe die Erfahrung gemacht, daß man den Bau des Grundgebirges nur dann erfaßt, wenn man aufschlußlose und auch mit Lesesteinkartierung nicht mehr faßbare Flächen als Bedeckung ausscheidet (Abb. 1, 5). Im Stadium der Aufnahme muß man der Veranschaulichung widerstehen, über größere aufschlußlose Flächen zu inter- und extrapolieren. Auch Streichmessungen berechtigen nicht dazu, da sie manchmal abrupt umschwenken. Mit dieser kritischen Vorgangsweise konnte in dem weitflächig bedeckten Grundgebirge des Raumes Brunn/Wild (Blatt 20 Gföhl; Abb. 5) Faltenbau in km-Dimensionen entdeckt werden, wo man bis dahin ein wirres Durcheinander gesehen hat. Diese Großfalten erwiesen sich für die richtige Sicht der moravisch-moldanubischen Grenzzone von größter Bedeutung (FUCHS, 1971, 1976).

Abb. 5.
Die Großfalten der Bunten Serie im Raume Brunn/Wild (Blatt 20 Gföhl).

1 = Bittescher Gneis, Dobra Gneis, 2 = Glimmerschiefer, Paragneise, Amphibolite, 3 = Marmor, Graphitschiefer, 4 = Orthogneise unbekannter Stellung, 5 = Gföhler Gneis, 6 = Junge Bedeckung. Durch das regionale SSW-Achsengefälle sind die riesigen Schlepffalten im tiefsten Teil der Bunten Serie klar zu erkennen.



Das Verfolgen der geologischen Grenzen mit allen Mitteln, auch der Lesesteinkartierung, aber das Ausklammern von Flächen, die keinerlei Hinweise auf den Untergrund geben, führten mich immer wieder zu überraschenden und aussagekräftigen Ergebnissen (siehe oben). Die eingetragene Bedeckung erscheint wie ein Schleier, hinter dem die Züge des Grundgebirges klar hervortreten, unverfälscht von unrichtigen Verbindungen und Interpretationen. Wenn man die geologische Kartierung als Dokumentation betrachtet und diese von Vermutungen und Interpretationen möglichst frei hält, öffnen sich oft im Zuge der fortschreitenden Arbeiten Optionen, Aspekte, an die man vorher kaum gedacht hat, die völlig überraschen.

4. Organisation der Kartierung

Je nach Jahreszeit sind die Arbeitsbedingungen naturgemäß sehr unterschiedlich. Im Flach- und Hügelland ist im Frühjahr gleich nach der Schneeschmelze und im Herbst nach der Ernte die beste Aufnahmezeit. Die vegetationsreiche Periode schränkt die Sichtbarkeit und Zu-

gänglichkeit der Aufschlüsse stark ein. In einem hoch stehenden Getreidefeld z.B. sind Aufschlüsse kaum zu entdecken. Mannshöhe Brennesseln verderben die Lust an einem Grabenprofil.

Im Hochgebirge muß das Abschmelzen der Schneefelder und meisten Lawinenkegel abgewartet werden, da sonst zahlreiche Aufschlüsse bedeckt sind; in den Alpen wird dies kaum vor Ende Juni der Fall sein. Oft kann bis spät in den Herbst hinein gearbeitet werden. Gewitter sind dann nur mehr selten, und ein schöner Herbst bietet ideale Bedingungen. Ein Wettersturz kann der Kartierungssaison allerdings ein plötzliches Ende setzen.

Das Begehungsnetz ist je nach Gelände, Kompliziertheit der Geologie und individuellem Bearbeiter sehr verschieden. Manche legen ein grobmaschiges Begehungsnetz über das gesamte Arbeitsgebiet, um einen ersten Überblick zu bekommen. Danach gehen sie daran, die Lücken zu schließen. Nachteile dieser Methode sind die zahllosen Wechsel des Stützpunktes mit entsprechendem Zeitaufwand und km-Kosten, sowie daß zunächst kein Bereich des Gebietes gesichert und vollständig aufgenommen ist. Ich bevorzuge ein punktförmiges Ansetzen und schrittweises Ausdehnen der Kartierung. Einmal aufgenommene Bereiche sind abgeschlossen, und dieses sicher bekannte Gebiet wird durch die weiteren Begehungen ausgedehnt. Man verfolgt dabei bereits erfaßte Grenzen und Formationen, ohne zufällig auf sie zu stoßen. Man geht gewissermaßen von einem gesicherten Hinterland in noch unbekannte Bereiche. Diese Methode ist sicher die ökonomischere, da man einen Stützpunkt einrichtet (Hütte, Quartier, Zeltplatz) und von diesem aus das gesamte erreichbare Umfeld aufnimmt. Soweit möglich, sollen die Tagestouren radial vom Stützpunkt ausgehend einen Sektor erfassen. Dabei ist darauf zu achten, daß An- oder Rückmärsche durch bereits aufgenommene Bereiche vermieden werden. Jeder Meter Weg sollte Neuland erfassen. Mit dieser rationalen Methode wird Streifen an Streifen gefügt, und so der Zeitaufwand minimiert. Abb. 6 möge dies als Beispiel aus der Gebirgsregion veranschaulichen. Ist der Umkreis um einen Stützpunkt kartiert, wechselt man zum nächsten und wird trachten, in gleicher Vorgangsweise Verbindung mit dem bereits aufgenommenen Gebiet herzustellen.

Die Begehungsrouten sind keine Linie sondern ein Streifen, da auch die Aufschlüsse zu beiden Seiten erfaßt werden. Dieser Streifen kann, besonderes im Ge-

birge, durch den Gebrauch des Feldglases noch erweitert werden, scherzhaft als „Schweizerhammer“ bezeichnet.

Die Auswahl der Routen erfolgt nach folgenden Gesichtspunkten:

- 1) Wo sind Aufschlüsse zu erwarten, bzw. bei Lesesteinkartierung, wo ist der Schutt möglichst autochthon?
- 2) Ist die Orientierung, die Bestimmung des Standorts, möglich? Es hat keinen Sinn, sich durch das Unterholz eines ausgedehnten Waldes zu kämpfen, ohne geographische Anhaltspunkte.

Beiden Gesichtspunkten werden gerecht das Weg- und Straßennetz, Bahntrassen, Waldränder, Profile entlang von Flüssen, Bachgräben, Rücken, Kämmen usw. (siehe Kap. 3).

Es zählt zur abendlichen Routine, die Aufnahmen des Tages durchzugehen und davon ausgehend den Begehungsplan für den nächsten Tag auszuklügeln. Dieser ist selbstverständlich nicht starr und den geologischen Gegebenheiten, Wetter usw. anzupassen.

Am Ende dieses Kapitels sei noch die geologische Arbeit unter Expeditionsbedingungen behandelt. Hervorstechendstes Merkmal ist, daß man unter enormem Zeitdruck steht, besonders wenn man als Geologe an einer bergsteigerischen Unternehmung teilnimmt. Aber auch auf einer speziell geologischen Forschungsfahrt ist man mit einer Gruppe von Trägern oder Lasttieren unterwegs, die ein bestimmtes Etappenziel zu erreichen hat. Beim Festlegen des nächsten Camps weiß man oft noch nicht, mit welchen geologischen Problemen man im Laufe des Tages konfrontiert werden wird. Die Klärung einer komplizierten Situation benötigt meist viel Zeit, muß hier aber gewissermaßen im Vorbeigehen gelöst werden. In entscheidenden Fällen wird man für die Transportmannschaft einen Rasttag einlegen, und zurückarbeiten, um die

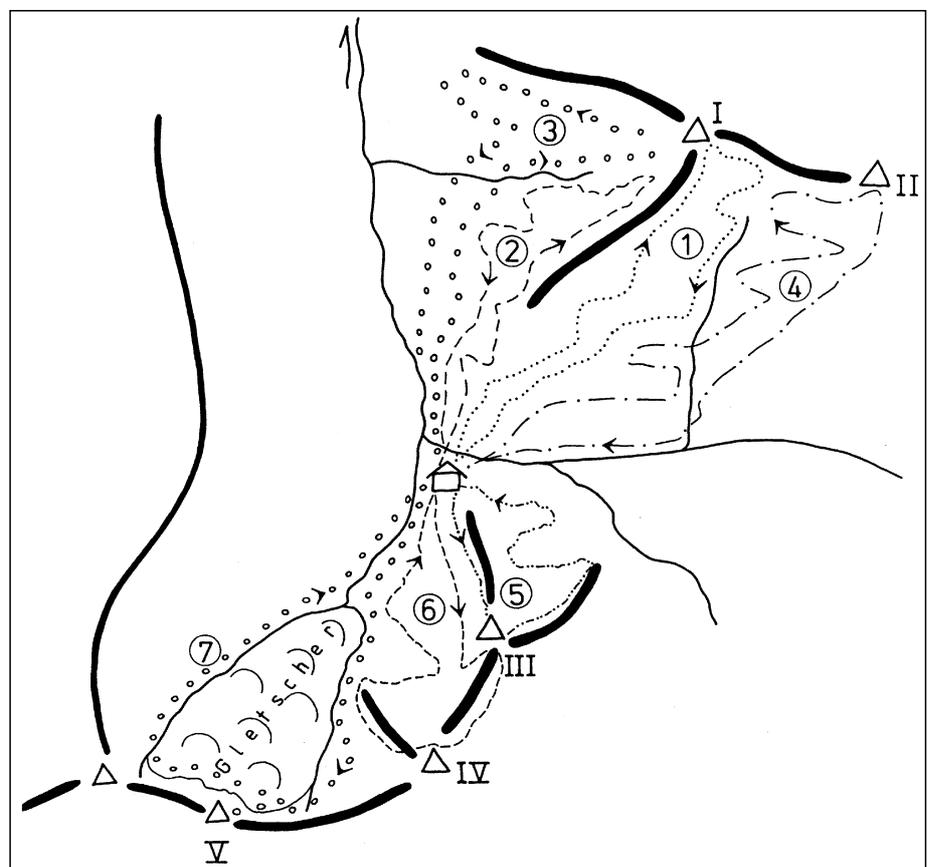


Abb. 6.
Begehungsnetz in einem hochalpinen, z.T. vergletscherten Gebiet.
1. Tag: Aufstieg am Normalweg zu Gipfel I, Abstieg im Schrofengelände E davon; 2. Tag: Kar: SW von Gipfel I; 3. Tag: Fortsetzung Kar W von Gipfel I; 4. Tag: Gipfel II und Anschluß an Kartierung von Tag 1; 5. Tag: Sporn in Kar SE der Hütte; 6. Tag: Kar und Kamm (Gipfel III und IV); 7. Tag: Begrenzung des Gletschers und Gipfel V usw.

noch offenen Fragen des Vortages zu lösen. Beim Queren einer hohen Paßregion ist dies aber nicht immer möglich. Es empfiehlt sich, die Tagesetappen nicht zu groß zu wählen. Sporadische Wasserstellen und Weideplätze zwingen aber oft zu weiten Tagesmärschen. Man kommt dann nicht umhin, im Eiltempo so viel wie möglich zu beobachten, den roten Faden nicht zu verlieren, das Wesentliche der Geologie des durchwanderten Raumes zu erfassen. Das Bewußtsein, daß man für den Endbericht nur auf die jetzt gemachten Beobachtungen zurückgreifen wird können, daß alles, was übersehen wird, unwiederbringlich verloren ist, erzeugt großen Streß. Dieser aktiviert aber auch Energien, die körperliche Anstrengungen vergessen lassen, einen in eine Art Trance versetzen.

Schlechtes Wetter ist eine weitere Belastung der Feldarbeit: Regen, Nebel, tief hängende Wolken, Neuschnee und Sturm beeinträchtigen die wissenschaftliche Tätigkeit.

Auf Expeditionen hat man es mit wenig bekannten Gebieten zu tun, in denen man die wesentlichen Züge der Stratigraphie und des Baues erst erarbeiten muß. Dies ist meist nach Aufnahme eines ausgedehnteren Gebiets möglich. Bei der beschränkten Zeit, die zur Verfügung steht, wird man daher „den Weg des geringsten Widerstandes“ wählen. Der Ehrgeiz, steile Flanken zu durchsteigen, in schwer gangbare Täler vorzudringen, Gipfel zu machen usw. kostet viel Zeit und Energie und bringt meist bescheidene wissenschaftliche Resultate. Bei Benützung von altbekannten Handelsrouten und Pässen sowie dem Wegnetz zwischen Ortschaften oder Almen kann man in der zur Verfügung stehenden Zeit weit größere Strecken geologisch aufnehmen. Außerdem sind die topographischen Karten in den genannten Bereichen relativ genau, während unbewohnte Tallandschaften und entlegene Bergregionen oft völlig unzutreffend dargestellt sind, was das geologische Kartieren sehr erschwert.

Das Begehungsnetz ist unter Expeditionsbedingungen erzwungenermaßen weiträumiger. Während man z.B. in unseren Breiten den Wandfuß entlang kartiert, wird man sich auf einer langen Talstrecke oft begnügen, den Hangschutt entlang des Weges zu beobachten. Wenn diese und die Fernglasbeobachtung komplizierte oder aufschlußreiche Verhältnisse verraten, wird man den mühe- und zeitaufwendigen Anstieg zum anstehenden Fels unternehmen. Manche für die Stratigraphie, Tektonik oder die Petrogenese entscheidende Frage konnte nur so gelöst werden. Es ist wichtig, das „Gespür“ zu entwickeln, wo man ins Detail gehen muß und wo man großzügiger fortschreiten kann. Das gilt übrigens auch für das Kartieren in heimatlichen Gefilden.

5. Darstellung der Kartierung

Die Gesteinsformationen werden durch Farben symbolisiert. Es sollten aber nicht irgendwelche Farben gewählt werden, wie etwa Grün für Granit oder Rot für Amphibolit. Es gibt Konventionen bezüglich der Farbgebung, wobei die Assoziation zur natürlichen Gesteinsfarbe eine Rolle spielt. Amphibolit, ein grünes Gestein, wird also Grün erhalten, ein Ultramafitit Dunkelgrün, Kalke Blau und Graphitschiefer Schwarz. Rot wird für granitische Gesteine, Brauntöne für Paragneise und Schiefer verwendet. Auch bezüglich des Alters bestehen Übereinkünfte: Trias – Rotviolett bis Blau. Jura – leuchtendes Blau, Kreide – Grün und Tertiär – Gelbtöne. Man sollte sich, wenn möglich, an die Farbskala einer bereits bestehenden Nachbarkarte

halten. Auch für die Feldkarten sollen bereits die Farben verwendet werden, die denen der gedruckten Karte, dem Endprodukt, ähnlich sind.

Weiters ist darauf zu achten, daß für Formationen, welche häufig benachbart auftreten, Farben verwendet werden, die genügend Kontrast aufweisen. Geringmächtige Gesteinsbänder und Leithorizonte sollten durch leuchtende, kräftige Farben hervorgehoben werden. Gesteine, die ausgedehnte Flächen aufbauen, sollten zarte, keinesfalls schwere Farbtöne zugewiesen bekommen.

Ein Darstellungsproblem besteht, wenn unterschiedliche Gesteine am Aufbau einer Formation beteiligt sind, und dies in wechselnden Mengenverhältnissen. So sind in zahlreichen Paragneisseries Amphibolit-, Quarzit- oder Kalksilikatbänke eingeschaltet. In Schieferformationen können Karbonat- oder Sandsteinlagen auftreten usw. Diese Einschaltungen sollten durch Farbstriche auf dem Grundton der Hauptformation und in unterschiedlicher Dichte dargestellt werden. Der Schichtung bzw. Schieferung parallele Lagen sollten auch in der Karte dem Streichen parallele Züge bilden. Dagegen sind diskordante Gänge entweder parallel zueinander oder unregelmäßig, jedenfalls aber quer zum Generalstreichen einzutragen. In dieser Weise kann eine Fülle an Beobachtungen und Informationen im Kartenbild zum Ausdruck gebracht werden. Das Auftreten und die unterschiedliche Häufigkeit solcher Einschaltungen im Kartenbild dargestellt, lassen nicht selten auch für den Kartierer überraschende Zusammenhänge erkennen. So kann die Häufung von Gängen eine Intrusion im Untergrund anzeigen; Faziesveränderungen und damit paläogeographische Aussagen können sich ergeben usw.

Ein anderes Problem sind unscharfe Grenzen und Übergänge zwischen manchen Formationen. Sie sind durch weggelassene oder strichlierte Grenzen oder Übersignaturen auf beiden Seiten der unscharfen Grenze darzustellen.

Für die endgültige Abfassung und Auswertung der Karte ist es vorteilhaft, sichere Aufschlüsse, Lesesteinkartierung und völlig aufschlußlose Flächen zu kennzeichnen: Man kann im ersten Fall mit dem Farbstift stärker aufdrücken und bei zunehmender Unsicherheit immer zarter oder mit wenigen zarten Strichen dies zum Ausdruck bringen. Wo man über das Grundgebirge nichts aussagen kann, muß man Bedeckung eintragen: Schotter, Verwitterungsdecken, Löß, Alluvionen usw. Eine Differenzierung der Bedeckung ist notwendig, da es sich um selbständige geologische Körper handelt, deren Darstellung auch die Orientierung erleichtert, wie Schuttkegel, Schwemmfächer, Moräne usw. In zahlreichen Kartierungsprojekten ist die Zusammenarbeit von Spezialisten angeraten (z.B. Kristallin-, Sediment-, Tertiär- und Quartärgeologen). Da kann es vorkommen, daß Gesteinskomplexe dem jeweils anderen Spezialisten zugeschoben werden. So wurden z.B. im Waldviertel die an der Basis der Deckschichten aufgearbeiteten Quarzite vom Tertiärgeologen wegen ihrer eckigen Form und der Bildung groben bis feinen Schutts als anstehendes Kristallin ausgeklammert. Der Kristallingeologe erkannte dies nicht an, weil die Ausdehnung dieser Vorkommen mit dem Grundgebirgsbau nicht in Einklang zu bringen ist (siehe Abb. 4). Man löste das Problem, indem man die fraglichen Gesteine als aufgelockertes, aufgearbeitetes Kristallin, als Übergangsformation, ausschied.

Eine häufig auftretende Wissensfrage für den Kartierer ist die Art des Zusammenziehens kleinster Aufschlüsse oder deren Weglassen. Entscheidend ist hier der Kar-

tenmaßstab: In einer kleinmaßstäblichen Aufnahme für ein technisches Projekt haben mehr Details Platz als in einer Übersichtskarte 1 : 200.000. Bevorzugter Maßstab für die Landesaufnahme (z.B. Geol. B.-A.) und für Dissertationen ist der Maßstab 1 : 10.000. In einer komplizierten Zone, wo man die wichtigen Bänder nur mit Mühe noch darstellen kann, wird man einen kleinen Fleck Hangschutt oder Lehm weglassen. Findet sich hingegen ein Schotterkörper, der als spärlicher Rest ein bestimmtes Terrassen-niveau dokumentiert, so wird man ihn eintragen, auch wenn dies nur durch Übertreibung möglich ist.

In einer Rundbuckellandschaft im Vorfeld eines Gletschers wird man in kleinen Taschen eingelagerte Moränenreste weglassen. Den Rest eines Moränenwalls, der ein bestimmtes Stadium, einen Gletscherstand, markiert, wird man, wenn nötig, übertrieben darstellen.

Die Granulitlamelle zwischen der Monotonen und Bunten Serie des Moldanubikums ist nur dm- bis etwa 4 m mächtig, muß aber wegen ihrer großen Bedeutung selbst in der Karte 1 : 50.000 aufscheinen.

Eine geologische Karte ist eine Dokumentation wissenschaftlicher Daten, die obigen Beispiele zeigen aber, wieviel subjektive Elemente in sie einfließen. Dies gilt auch für viele Formationsabgrenzungen, die Abschätzung des Mengenverhältnisses bei verschiedenen Gesteinsarten in einer Formation (siehe Übersignaturen) usw. Die Karte gewinnt so durch den Bearbeiter individuelle Züge. Einfühlen in die Landschaft, Verständnis der geologischen Gegebenheiten und Ästhetik der Darstellung sowie Farbwahl können eine geologische Karte zum Kunstwerk hochstilisieren.

6. Vom Manuskript zur gedruckten Karte

Es ist wichtig, bei Inangriffnahme einer Kartierung sich über deren Zweck bewußt zu sein (Landesaufnahme, Übersichtskarte, ein Projekt der Angewandten Geologie). Danach ist der Maßstab der Feldblätter zu wählen. In jedem Fall ist aber ein Maßstab von Vorteil, welcher in der Karte genügend Platz bietet, auch komplizierte Verhältnisse darzustellen oder mehrere Messungen nebeneinander einzutragen. Eine solche kleinmaßstäbliche Aufnahme ist die beste Hilfe, die prinzipiellen Zusammenhänge zu erfassen und die Geologie des Gebietes zu verstehen.

Die Veröffentlichung der Karte erfolgt meist in einem größeren Maßstab, was eine verkleinerte Darstellung der Feldaufnahmen erfordert. Es hat keinen Sinn, die Reinzeichnung der Karte den Zeichenkräften zu übergeben mit dem Hinweis, eine technische Verkleinerung vorzunehmen. In manchen einfachen Bereichen der Karte wird dies möglich sein. Wo komplizierte Verhältnisse vorliegen, z.B. schmale Gesteinsbänder, führt dies zu Problemen, die der Geologe, nicht aber der Zeichner lösen kann. Ab einer gewissen Kleinheit sind die ausgeschiedenen Flächen nicht mehr darstellbar und lesbar. Man muß entscheiden, ob man zu kleine Felder wegläßt oder übertrieben darstellt. Eine weitere Möglichkeit ist die Verwendung von Übersignaturen, z.B. um Amphibolitbänder in Paragneis zu symbolisieren. Für welche dieser Lösungen man sich entscheidet, hängt von der Wichtigkeit und Aussagekraft ab. Handelt es sich um geringmächtige Leithorizonte oder um Bänder, ohne deren Darstellung der Faltenbau nicht zu erkennen ist, so müssen diese, wenn auch übertrieben, in der Karte aufscheinen.

In einförmig aufgebauten Gebieten kann die Darstellung rezenter Rinnensysteme für die Orientierung im Gelände

nützlich sein und lockert das Kartenbild auf. Ist der Bau jedoch kompliziert und aus Platzmangel schwer darstellbar, so belasten die Konturen dieser Rinnen zusätzlich und sind als unwichtig wegzulassen. Es kommt darauf an, daß die Karte lesbar ist und der geologische Bau zum Ausdruck kommt. Mit 1 bis 2 m Verwitterungslehme gefüllte Rinnen und Senken von 5 bis 15 m Breite sind unbedeutend und stören in diesem Fall das Kartenbild. Wichtig ist der Blick für das Wesentliche.

Außer bei diesen Vereinfachungen hat der Geologe auch bei der Farbwahl und Gestaltung der Legende mitzuwirken. Konventionell übliche Farbgebung, Kontrast und damit Lesbarkeit, ästhetische Gesichtspunkte sowie die Assoziation mit der natürlichen Gesteinsfarbe spielen hier eine Rolle. Die Reihung der Legendenkästchen nach stratigraphisch-faziellen oder tektonischen Gesichtspunkten hat ebenfalls der Geologe aus seiner Kenntnis und seinem Verständnis der Geologie zu bestimmen.

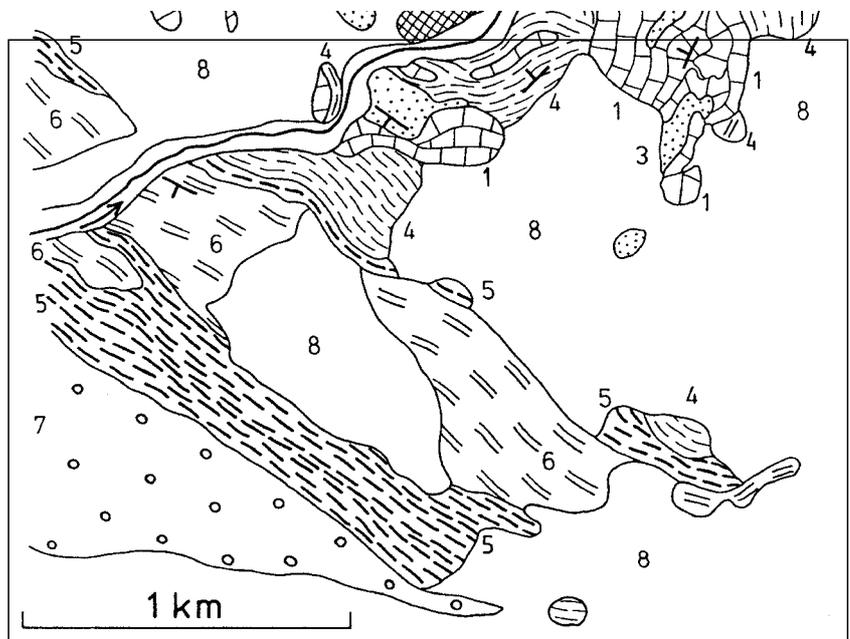
Sehr wichtig ist die Zusammenarbeit von Wissenschaftler und Zeichner. Voraussetzung ist, daß der Geologe selbst ein klares Bild hat und weiß, was er ausdrücken möchte. Dies hat er dem Graphiker im Gespräch verständlich zu machen, der nun seinerseits Lösungsvorschläge einbringen wird. Der Geologe ist dafür verantwortlich, daß die geologischen Gegebenheiten dokumentiert werden, die Zusammenhänge zum Ausdruck kommen. Der Graphiker hat die technische Umsetzung durchzuführen. Der Redakteur hat das Kartenwerk als Ganzes im Auge und wird dafür sorgen, daß die entstehende Karte sich harmonisch an die Nachbarblätter fügt. Dabei können Kartierungsfehler und Auffassungsunterschiede zwischen den Bearbeitern dieser Blätter offenkundig werden. Erstere sind speziell im Randbereich eines Kartierungsgebietes nicht selten, da dort die Kontrolle fehlt, welche mit dem Weiterverfolgen geologischer Grenzen einhergeht. Solche Differenzen sollten durch Begehung im Gelände geklärt werden. Keine Lösung ist es, daß die bereits gedruckte Karte Priorität besitzt und die entstehende Karte anzupassen ist. Oberstes Prinzip ist sachliche Richtigkeit, und es wäre ein Fehler, die neue Karte an ein bestehendes Blatt anzupassen, obwohl in diesem gravierende Unrichtigkeiten festgestellt wurden. Dies hieße, „den Mist unter den Teppich kehren“.

Die Beispiele sollen zeigen, daß mit der Kartierung die Arbeit nicht abgeschlossen ist. Die Ergebnisse müssen der Allgemeinheit zugänglich gemacht werden. Durchsetzungsvermögen, aber auch Kompromißbereitschaft sind notwendig, damit die Karte veröffentlicht wird und zwar in einer Form, die Anspruch auf optimale sachliche Richtigkeit erheben kann.

7. Die Aussagen einer geologischen Karte

Die geologische Karte zeigt, welche Gesteine ein Gebiet aufbauen und deren flächenhafte Verbreitung. Die Art, wie die Gesteinsformationen Täler und Berge queren, verrät bereits die Lagerungsverhältnisse und gibt ein räumliches Bild (Abb. 7). Dieses wird noch präzisiert durch die Fallzeichen, welche die Lage der Schichtung bzw. Schieferung angeben. Außer diesen Flächenelementen werden auch Linearen (Falten- und Streckungsachsen) angegeben. Eine geologische Karte gibt Auskunft über die Schichtfolge der Sedimentgesteine, Faziesbeziehungen und Vergesellschaftungen magmatischer und metamorpher Gesteine. Tektonische Elemente wie Falten, Überschiebungen, Schuppen und Brüche sind in der Karte an-

Abb. 7.
Aus dem Kartenbild ist zu ersehen, daß die Schichtfolge 1–3 eine Synklinale bildet, die im Bereich des Tales A gegen SW überkippt ist.



gegeben. Aus der Zusammensetzung der Blöcke zu beiden Seiten einer Störung z.B. läßt sich meist schon aus dem Kartenbild ablesen, ob es sich um eine Vertikalverstellung, Seitenverschiebung oder Abschiebung handelt (Abb. 8).

Außer diesen, das Grundgebirge betreffenden Aussagen, sind die Verbreitung junger Deckschichten (Löß, Schotter, Sande, Lehme usw.), geomorphologische Elemente (Terrassenkanten, Rinnensysteme) und glaziale Bildungen (Moränenwälle, Moränenschutt, Drumlins, Striemungen auf Felsbuckeln usw.) in der Karte eingetragen. Weiters sind die rezenten Talfüllungen, Schwemm- und Schuttkegel, Schuttbedeckung, Massenbewegungen, Bergstürze usw. eingezeichnet.

Die Verteilung von Quellen, Karstphänomenen (Dolinen usw.) und Vernässungen geben Auskunft über den Wasserhaushalt eines Gebietes. Auch Eingriffe des Menschen wie Steinbrüche, Sandgruben, Bergbaue, Bohrungen, Deponien usw. sind in der geologischen Karte angegeben.

Die geologische Karte bildet damit die Grundlage für jede erdwissenschaftliche Betrachtung und Bearbeitung einer Region. Technische Projekte wie der Bau von Stau-

dämmen, Tunneln und Verkehrswegen, sowie Raumplanung, Prospektion nach Rohstoffen, Wasserprojekte usw. benötigen als Grundlage geologische Karten, zumindest für den Beginn der Planung: Später sind allerdings oft detailliertere, von Bohrungen begleitete Untersuchungen notwendig.

Geologische Karten sind die wichtigsten Unterlagen für die verschiedensten Bereiche der Angewandten Geologie und alle Zweige der erdwissenschaftlichen Forschung. Von der Qualität der Karten hängt somit auch weitgehend der Erfolg in den oben genannten Disziplinen ab.

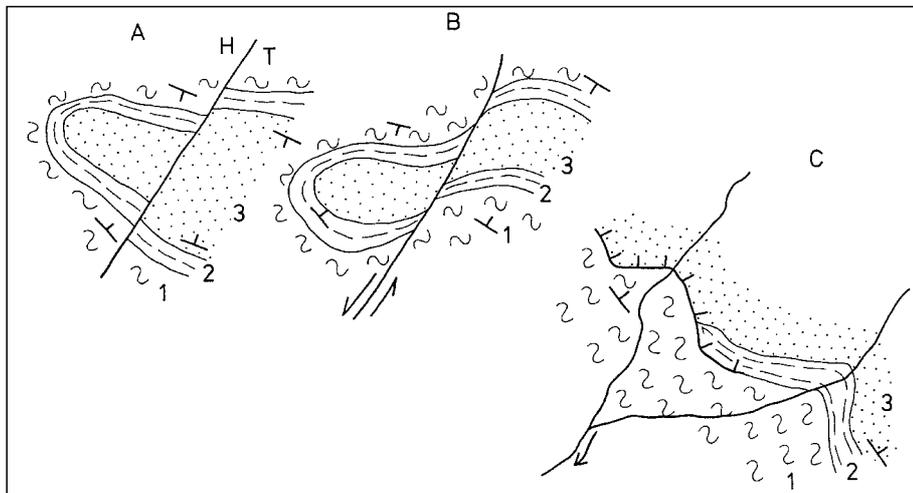


Abb. 8.
A) Die von der Schichtfolge 1–3 aufgebaute Mulde ist E einer Vertikalstörung blockartig abgesenkt.
B) Die Mulde ist an einer Seitenverschiebung unter Schleppung der störungsnahen Bereiche versetzt.
C) Die Schichten 2 und 3 sind an einer Abschiebungsfläche von ihrer Basis (1) gravitativ abgeglitten. Dabei wurde Schichtglied 2 abgequetscht und die jüngste Formation (3) kommt mit der ältesten (1) in Kontakt.

Literatur

FUCHS, G.: Zur Tektonik des östlichen Waldviertels (NÖ). – Verh. Geol. B.-A., 424–440, Wien 1971.
FUCHS, G.: Zur Entwicklung der Böhmisches Masse. – Jb. Geol. B.-A., 119, 45–61, Wien 1976.
FUCHS, G. & MATURA, A.: Zur Geologie des Kristallins der südlichen Böhmisches Masse. – Jb. Geol. B.-A., 119, 1–43, Wien 1976.

SUCESS, F.E., GERHART, H. & BECK, H.: Geologische Spezialkarte der Republik Österreich, 1 : 75.000, Blatt Drosendorf (4455). – Wien (Geol. B.-A.) 1925.
WALDMANN, L.: Das außeralpine Grundgebirge Österreichs. – In: F.X. SCHAFFER: Geologie von Österreich, 2. Aufl., 1–105, Wien (Deuticke) 1951.