

# Zwischen Felsen und Hypothesen : ein Beitrag zur Geschichte der Geologie

Autor(en): **Wegmann, E.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen**

Band (Jahr): **28 (1963-1967)**

PDF erstellt am: **14.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-585728>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

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

# Zwischen Felsen und Hypothesen

(Ein Beitrag zur Geschichte der Geologie)\*

von E. WEGMANN  
(z. Z. Riverside, California)

## EINLEITUNG

Immer wieder hört man Geologen und Petrographen, wenn sie von sich selbst reden, in überzeugtem Tone behaupten, dass sie nur das von sich gäben, «was sie wirklich beobachtet hätten, nur das, was die Natur, die grosse Lehrmeisterin, ihnen unmittelbar gelernt habe». Der Unterton zeigt meist deutlich, dass dies vom Zuhörer als Vorteil betrachtet werden sollte. Solange solche Aussprüche nur dazu da sind, Reden auszuschnücken, darf man sie wohl nicht zu ernst nehmen. Machen sie aber darauf Anspruch, geglaubt zu werden, und kommen sie von Personen, deren Aufgabe es sein sollte, die nächste Generation zu unterrichten, so dürfte es erlaubt sein, die Sache auch von einer anderen Seite zu beleuchten und zu sehen.

---

\* Mein Freund ARTHUR UEHLINGER, Herausgeber dieser Mitteilungen, war so freundlich, mich aufzufordern, einen Beitrag allgemeiner Art zu liefern. Möge die Naturforschende Gesellschaft Schaffhausen und ihr Schriftleiter meinen besten Dank entgegennehmen, nicht nur für die vielen Jahre freundschaftlicher Treue, auch während schwierigen Jahren, sondern auch für die Gastfreundschaft in diesem Bande der Mitteilungen. Die Einladung hat mich erst hier in Kalifornien erreicht. Meine Notizen, Unterlagen, Sonderdrucke und Bücher aber waren in der Schweiz zurückgeblieben. Die Bibliothek, in der ich heimisch bin, ist weit weg. Es ist mir daher nicht möglich, eine Liste derjenigen Verfasser, die sich mit diesem Gegenstande beschäftigt haben, noch ein angemessenes Schriftenverzeichnis aufzustellen. Eine Reihe anderer Lücken sind durch die gleichen Umstände zu erklären. Ich bitte den Leser so freundlich zu sein, gütige Nachsicht zu üben. Sollte diese vorläufige Mitteilung instande sein, auf dem Gebiete der Wissenschaftsgeschichte Darstellungen von anderen Gesichtspunkten aus anzuregen, damit möglichst viele Zusammenhänge im Netz der Geschichte überschaut werden können, so ist das Ziel erreicht.

Die geologische und petrographische Terminologie ist dazu da, gewisse Eindrücke (direkte oder instrumentelle) zu etikettieren, diese Symbole zu notieren, weiterzugeben und zu vergleichen. Sie ist also nicht von der Natur geliefert, sondern vom Menschen. In vielen Fällen wirkt sie wie ein Filter, das gewisse Eindrücke passieren lässt und andere unterhalb der Bewusstseinsschwelle zurückhält. Es gibt viele Leute, die überhaupt nur das sehen, was sie durch den Unterricht zu beobachten gelernt haben, ja man trifft sogar solche, welche im Ernste behaupten, es gebe keine Erscheinungen ausserhalb der jetzigen Nomenklatur. Natürlich bewahrt sie ein solches Filter davor, von der ungeordneten Fülle der Eindrücke überwältigt zu werden, und eine gewisse Klarheit zu bewahren. Ein Eindringen bisher nicht bekannter Erscheinungen wirkt ja nicht nur befremdend (was oft genügt, um eine Ablehnung zu begründen), sondern es stört die Ordnung der bisher bekannten Eindrücke und zwingt dazu, Umgruppierungen vorzunehmen, um eine neue Gleichgewichtslage herzustellen. Die Natur bietet ihre Charakterzüge nicht schön in Bündel gesondert dar. Die Menschen suchten daher schon seit Jahrtausenden eine gewisse Ordnung in das Chaos zu bringen, um es bewältigen zu können. Mancherlei Methoden werden dazu verwendet. Vielfältig gewobene Mythologien lösten einander ab und versuchten die Zusammenhänge begreiflich zu machen. Der neueste grosse Versuch ist die wissenschaftliche Erforschung. Sie ist verhältnismässig jung. Viele ihrer Dokumente sind erhalten, und diejenigen, die eine Spanne Zeit gelebt haben, konnten manche der mannigfaltigen Veränderungen beobachten.

Betrachten wir die Geschichte der Wissenschaft, so sehen wir wie eines der eigentümlichsten Gebilde der Erdgeschichte sich entwickelt. Jeder Wissenschaftszweig entwickelt sich auf seine eigene charakteristische Weise, die durch seine Unterlagen, seine logische Struktur und den Stil der grossen Baumeister bedingt ist. Die Filter der einzelnen Forschungszweige haben erst nach und nach ihre Struktur bekommen und es ist wahrscheinlich, dass sie sich weiter in Bedeutung, Umfang und Gefüge verändern werden.

Aus der Fülle dessen, was die Natur als Gesamteindruck bietet (eine Landschaft, ein Aufschluss, eine Gesteinsprobe oder ein mikroskopisches Präparat z. B.) werden meist nur diejenigen Eigenschaften und Formen ausgewählt, die nach Schule und

späterer Erfahrung einen gewissen Grad in einer Wertskala bekommen haben. Diese Wertskala ändert sich nach Ziel und Zweck der Untersuchung. Dabei treten bei dem einen Züge in den Vordergrund, die ein anderer nur beiläufig oder gar nicht zur Kenntnis nimmt.

Auf der anderen Seite ist ein grosser Teil der geologischen und petrographischen Terminologie nicht nur Etikette und Symbol für einen Eindruck, sondern auch ein Glied eines Systems von logischen Zusammenhängen (Prinzipien, Leitbilder, Hypothesen, Theorien usw.). Es setzt daher die notierten Symbole unmittelbar in einen grösseren Zusammenhang. Manche Ausdrücke sind derart mit einer Hypothese über die Entstehung verknüpft, dass sie die Gedanken in diesen Kreis hineinziehen. Einige der Benützer sind sich dieser Zusammenhänge bewusst, andere aber scheinen nicht zu beachten, wohin sie der Gebrauch dieser Werkzeuge, welche die Worte darstellen, führt; da sie die Anwendungsmöglichkeit und ihre Begrenzung nicht kennen, gleiten sie mit ihrem Fuhrwerke gleichsam in eine Art Wagengeleise, und da sie nicht wissen, dass sie auf diese Weise in gelenkten Bahnen fahren, glauben sie, am Ziele angelangt, die Natur habe sie dorthin geführt.

Nur eine beschränkte Anzahl von Eindrücken wird in Worte gefasst notiert und weiter behandelt. Nachdem aus der Fülle nur das ausgesiebt wurde, was die Schwelle der Aufmerksamkeit überschreitet, wird eine weitere Auswahl getroffen und zwar durch eine Rangliste der Symbole. Die etikettierten Eindrücke werden in einzelne Klassen geordnet, die sich vom Wichtigsten bis zum Nebensächlichsten erstrecken. Es mag hier nicht auf Einzelheiten eingegangen werden. Jedenfalls aber kann die Rangliste der Kriterien auf mancherlei Art aufgestellt werden. Die Geschichte zeigt, dass verschiedene Schulen und Gruppen die Kategorien auf recht verschiedene Weise aufreichten. Die Veränderungen der Ranglisten werden manchmal dargelegt und begründet, oft aber verändern die Kennzeichengruppen ihre Indices von einem Verfasser zum anderen, ohne dass angezeigt würde, dass etwas umgestellt wurde, so dass viele dieser Systeme eine gleitende und unbestimmte Gestalt annehmen.

Die Tatsache, dass viele Gebiete der Geologie und Petrographie auf gleitenden Ranglisten aufgebaut sind, deren Charaktere aber nicht immer bewusst sind, spielt eine wichtige Rolle.

Sie ist die Quelle von unzähligen Diskussionen in der Vergangenheit und der Gegenwart. Sie wird aber auch in der Zukunft eine Rolle spielen. Die elektronischen Denkmaschinen können nur auf *eine* Rangliste eingestellt werden und können nur die, dieser Rangliste entsprechenden Ergebnisse liefern. Die mannigfaltigen Möglichkeiten verschiedene Ranglisten, vorwärts und rückwärts gehend, zu erforschen und zu vergleichen, eröffnen neue Wege und Ausblicke, die bis jetzt verschlossen waren.

Auch in der Fortsetzung stehen mancherlei Wege offen; z. B. können die Beobachtungen an einzelnen Gesteinsstücken oder an getrennten Aufschlüssen auf recht verschiedene Weise zusammengesetzt werden. Die zu ordnenden Stücke sind, gemäss ihrer Herkunft, meist mehr oder weniger zufällig begrenzt, oft an den Rändern sozusagen ausgefranst, enthalten aber im Innern immer einen Kern, der als wichtig und wertvoll betrachtet wird. Wenn es nun gilt, diese Stücke zusammensetzen, werden sie meist nochmals zu diesem Zwecke zurechtgestutzt.

Nur in besonders günstigen Gegenden kann der Zusammenhang der Erscheinungen verschiedener Grössenordnungen gesehen werden, was diesen Gegenden eine Schlüsselstellung verleiht. In den meisten anderen Fällen muss nach gewissen Prinzipien vorgegangen werden, wobei man sich manchmal nicht nur über die Prinzipien, sondern auch über ihre Anwendungsweise allerlei Gedanken machen kann. Da die Natur die Teile dieser Art nicht, wie bei einem Puzzlespiel, mit Ausbuchtungen und Einbuchtungen, die ineinander passen, versehen hat, muss man versuchen, die Lage und den Zusammenhang auf andere Weise zu finden. Meist geschieht dies durch ein *Leitbild*.

Ein solches Leitbild erlaubt, einzelne oder Gruppen von Beobachtungen (die bereits auf andere Weise geordnet wurden) in eine grössere Einheit einzufügen, so dass eine Übersicht entsteht. Dabei sollten die Einzelheiten, wenn möglich, eine mehr oder weniger grosse Anzahl Beziehungen zum Gesamtbilde aufweisen. Zu diesem Zwecke werden die gesammelten Stücke oft einer weiteren Bearbeitung unterworfen und zwar werden sie so zurecht gemacht, dass ein gewisser Zusammenhang besser hervortritt oder plausibler wird. Allerdings findet man auch Darstellungen, bei denen die einzelnen Beobachtungen dem Leitbilde einfach aufgeklebt erscheinen. In der Petrographie sind die

verschiedenen Stile der Schubladenpetrographie so bekannt, dass sie hier nicht weiter erklärt werden müssen.

Ein Leitbild ist solange nützlich, als es nicht nur viele und vielfältige Beobachtungen aufnehmen kann, sondern auch so beweglich bleibt, dass es sich ihrer Mannigfaltigkeit anpassen kann. Ist es starr geworden, wie dies viele Beispiele aus der älteren und neueren Geschichte zeigen, so kann es gewisse Kategorien von Beobachtungen nicht mehr aufnehmen.

Meist bieten sich dann neue Leitbilder an, teilweise von Leuten mit ganz anderen Ausgangspunkten, teils um die Gruppe der ausgestossenen Gegebenheiten in ein neues Licht zu bringen. Nach einiger Zeit kommen aber die Hauptzüge verlassener Leitbilder in einer neuen Form wieder.

Dies sind in Kürze einige Züge, die hier als Beispiele dafür angeführt wurden, dass zwischen den sinnlichen Eindrücken, dem Berichte und der wissenschaftlichen Darstellung eine Reihe, manchmal komplizierter Vorgänge liegen. Ihre Vielfalt ist ausserordentlich gross. Seit den Anfängen der Geologie als Wissenschaft haben sie sich in mancher Weise verändert und die Zahl der Möglichkeiten hat sich ständig vergrössert. Das Vermögen, solche Verarbeitungen vorzunehmen, stellt die *geistige Ausrüstung* des Geologen und Petrographen dar. Man kann zwar Geologen treffen, welche die Wirklichkeit einer solchen Verarbeitung und der dazu gehörigen geistigen Ausrüstung in Frage stellen und behaupten «nur die harte Wirklichkeit zu kennen». Dem wäre vielleicht zu entgegen, dass ein Vorgang, der erkennbare Erzeugnisse liefert, selbst von einem selbstbewussten Pragmatiker ohne falsche Scham als der Wirklichkeit angehörend betrachtet werden kann. Diese Art von Ausrüstung gehört jedenfalls ebenso zu den Werkzeugen des Geologen und Petrographen, wie etwa der Hammer, der Kompass, das Notizbuch und der Zeichenstift, die Lupe, das Mikroskop und das chemische Laboratorium, um nur einige Beispiele zu nennen.

Die geistige Ausrüstung setzt sich zusammen aus einem übernommenen Grundstock und späteren Erfahrungen (Beobachtungen, Lektüre, Gespräche, Überlegungen usw.), die oft wieder auf den Grundstock einwirken und ihn verändern. Das allgemeine geistige Klima eines Zeitabschnittes und eines gewissen Kreises spielt dabei eine grosse Rolle. Die Anatomie dieser Gebilde kann man vergleichen mit einer mehr oder weniger grossen Anzahl

von Gliedmassen, durch Gelenke verschiedener Art verbunden, und die daher in jedem einzelnen Falle zu ganz verschiedenen Arten von Bewegungen geeignet sind, oder auch: ähnliche Bewegungen werden von einzelnen Typen auf eine recht verschiedene Art ausgeführt. Die Anatomie und die Bewegungsweise scheinen bis jetzt verhältnismässig wenige Geologen oder Historiker interessiert zu haben, trotzdem sie den *Stil der einzelnen Forscherpersönlichkeiten* umschreiben helfen, wenigstens derjenigen, welche nicht eine geistige Uniform angezogen haben und deren Bewegungen nur den Drill der Schulung erkennen lassen. PASCAL schrieb, er wüsche in einem Buche nicht nur einen Verfasser zu finden, sondern auch einen Menschen. Versucht man Bau und Bewegung der geistigen Ausrüstung zu erfassen, so zeichnet sich in manchen Fällen ein nicht verwechselbares Bild mancher Forscher ab. Natürlich wird dadurch nur *eine* Seite der Persönlichkeit beleuchtet; aber es steht dem Historiker frei, sein Licht zu drehen und die Verbindung mit anderen Seiten abzuleuchten.

Diesen Stil in älteren und neueren geologischen und petrographischen Arbeiten zu erkennen, seine Veränderungen, Verwandtschaften und seine Rolle in der Entwicklung der Methoden und Kenntnisse zu erfassen, ist eine der reizvollsten Aufgaben der Geschichte der Wissenschaft. «Le style c'est l'homme», sagte schon BUFFON.

Der Bau und die Bewegungsweisen der geistigen Ausrüstung verändern sich im Laufe der Zeit, von einer Epoche zur anderen. Sie wechseln von einer Sprachgruppe und von einer Schule zur anderen. Von den Meistern aufgeprägt, sind sie oft bei den Schülern leichter zu erkennen, weil ihre Übertreibungen eine Art von Karikaturen darstellen, in denen gewisse Züge verdeutlicht werden. Allerdings sollte man ein solches Bild nur als Wegweiser benützen und sich nicht dazu verführen lassen, es als Abbild der Gruppenähnlichkeit zu betrachten.

Versucht man diese Verhältnisse zu erfassen, so öffnet sich eine weite Landschaft, die noch wenig darstellt und nur in ihren grossen Zügen gleichsam kartiert wurde. Sie unter wechselnder Beleuchtung zu sehen, ist sicher eines der spannenden Kapitel der Geschichte der Geologie und der Petrographie, von dem aus wiederum manche Zusammenhänge in anderen Abschnitten verständlich werden. Allerdings muss man versuchen, sich frei zu machen von dem, was sein sollte, um das zu sehen was ist.

Man könnte sich ein Museum denken, in welchem die verschiedenen Typen der geistigen Ausrüstung und der Zeugen ihrer Stile ausgestellt wären und verglichen werden könnten. Eine solche Sammlung würde nicht nur die Entwicklung der Erdwissenschaften, sondern auch den Wechsel des logischen Aufbaues im Zusammenhang mit der Verschiebung der Ziele und des gesellschaftlichen Zusammenhanges zeigen.

Im Anfang sind die geologischen Untersuchungen keine selbständigen Gebilde, sondern nur Organe einer gesamten Naturwissenschaft, oder ein Kapitel des Bergbaues. Erst nach und nach bildeten sich Gruppen von Leuten, die sich eingehender mit diesen Kenntnissen beschäftigten, die eine eigene Berufssprache entwickelten und einen gewissen Austausch der Ergebnisse und deren Ordnung erstrebten. Wie in anderen Berufsgruppen gab es Meister, Gesellen und Lehrlinge, wobei noch alle teilnahmen am Arbeitsprozesse, der von den Beobachtungen bis zum ausgefüllten Leitbilde und den Hypothesen führt. Jeder kannte alle diese Stufen, entweder durch aktive Ausübung oder doch aus Erfahrung. Aus diesen Zünften, in denen anfangs auch viele Liebhaber eine Rolle spielten, hat sich, wie in anderen Zweigen menschlicher Tätigkeit, einerseits das Unternehmertum und andererseits die immer weiter getriebene Spezialisierung herausgebildet. Damit verschob sich auch die Rangordnung der sozialen Wertschätzung. Früher wurde hauptsächlich die *individuelle Leistung* anerkannt; jetzt ist dies nur noch in der Gruppe der Spezialisten der Fall, und auch da nur in den Sektoren, welche ins Licht der Propaganda gerückt werden. In vielen Sektoren und an manchen Orten ist zur Zeit der wissenschaftliche Unternehmer die zentrale Figur, nämlich diejenige, welche der jüngeren Generation als erstrebenswertes Ziel erscheint. Ihre Wichtigkeit wird meist an der Grösse der eroberten Mittel und der Anzahl der Mitarbeiter gemessen, was verhältnismässig leicht ist. Es gab und gibt auch jetzt noch, was man Architekten der Forschung nennen könnte. Ihr Ansehen, und damit ihr Platz auf der Liste der Forschungskredite, steht aber nicht hoch, wenn sie überhaupt darauf stehen; es sei denn sie seien gleichzeitig Unternehmer.

Da die Mittel von staatlichen und privaten Quellen fliessen, sind Abteilungen für Prospektion und Ausbeutungstechnik der finanziellen Lagerstätten, für Propaganda und Presse nötig, um die Opferfreudigkeit der Steuerzahler, ihrer Vertreter und der



Öffentlichkeit zu erhalten, wenn möglich, zu vermehren, und auf die gewünschte Weise produktiv zu machen. Gewerkschaftsähnliche Verbände versuchen auf verschiedene Arten Druck auszuüben.

Wissenschaftliche Kenntnisse wandeln sich auf diese Art um in eine Ware, die, wie die Propaganda betont, die Basis des jetzigen und zukünftigen Wohllebens der Menschen bildet. Wie im Anfange der Industrialisierung sind die Erzeugnisse oft ein wenig roh und wenig gut eingepackt. Immer wieder beklagen sich wissenschaftliche Zeitschriften und Leser über den Mangel an Pflege der Darstellung. Es ist aber anzunehmen, dass dies eine vorübergehende Erscheinung ist. Wie bei den industriellen Produkten die Verpackung durch Zusammenarbeit psychologischer, statistischer, technischer und anderer Spezialisten untersucht und verbessert wird, werden auch die wissenschaftlichen Unternehmer Abteilungsstäbe entwickeln, welche studieren, in welcher Form man die Ergebnisse am besten auf den Markt bringen kann; sie werden auch magere Ergebnisse anziehend machen können, indem sie zeigen, dass Produkte mit wenig Kalorien den Vorzug verdienen.

Eine andere Seite dieser Entwicklung ist, dass immer weniger auf das frühere Schrifttum und die darin niedergelegten Erkenntnisse und Ideen zurückgegriffen wird, auch wenn es oft alle nötigen Unterlagen enthält; dies geschieht einerseits, weil das jetzt geltende als «die Wahrheit» angepriesen werden muss, andererseits weil die Spezialisten auf dem Gebiete der Erlangung von Forschungskrediten davon abraten, solche frühere Dokumente zu erwähnen, es sei denn, dass gewisse Namen das Prestige des Unternehmers erhöhen können.

Wie auf dem Gebiete der Siedelung die Leute sich immer mehr in grossen Städten sammeln und verstädtern, so ballen sich die jetzigen Wissenschaftler und Unternehmer um gewisse Problemgruppen, welche als Prestige fördernd betrachtet werden und für welche die Mittel daher verhältnismässig leicht fliessen. Solche Gebiete werden als anziehend betrachtet und jüngeren Leuten angepriesen, wodurch die Ballung weiter gefördert wird. Zwischen den übervölkerten Gebieten aber liegen weite Strecken, auf denen nur noch wenige arbeiten; manche werden bald brach liegen, obwohl man vermuten kann, dass unter ihnen, wie unter den Wüsten der Sahara und Arabiens kostbare Schätze gehoben

werden können. Die Ballung um gewisse Zentren könnte man *die Verstädterung der Wissenschaft* nennen. In abgelegene Gebiete kann sich nur noch derjenige wagen, dem Prestigefragen keine Lebensnotwendigkeit sind und der über eigene Mittel verfügt und auch bereit ist dafür Steuern zu zahlen, da solche Tätigkeiten in der Schweiz als Luxus betrachtet und besteuert werden.

Dass diese Entwicklung, die vom Wachsen eines Papierschwungels begleitet ist (der auch gedüngt und bewässert werden muss), nicht ohne Einfluss auf die Verarbeitungsweise der Beobachtungen, ihre Einfügung in die Leitbilder und ihr Auswachsen zu Hypothesen ist, dürfte nur derjenige leugnen, der die Entwicklung der Zwischenvorgänge nicht kennt. Da die Bewertung immer mehr von soziologischen Faktoren abhängt, wird auch die logische Struktur der Ergebnisse diesen Einflüssen nicht entgehen.

An diese Entwicklung schliesst sich die Tendenz an, die Hauptarbeit des Geologen von der Feldarbeit ins Laboratorium zu verlegen, eine Tendenz, die an gewissen Orten so weit geht, dass die Beobachtung in der freien Natur als Zeichen von Unterentwicklung angesehen wird, Experimente und instrumentelle Bestimmungen aber als allein den Namen der Wissenschaft verdienend betrachtet werden. Würde man diese Tendenz bis an ihr Ende verfolgen, so würde dies bedeuten, dass der Feldgeologe einer Reliktfauna angehört.

Die Dichte der Forschungen und Kenntnisse in verschiedenen Gebieten hängt somit von der Interferenz vieler verschiedener Faktoren ab, von denen ein grosser Teil ausserhalb des Gebietes der Wissenschaft liegt. Dies hilft mancherlei eigentümliche Erscheinungen, die noch wenig beschrieben, aber fast für jeden sichtbar sind, zu verstehen. Im Gesamteffekt scheinen diese Faktoren die Schwarmbildung um gewisse Fragen, die Überbevölkerung gewisser Gebiete und die Brachlegung anderer zu fördern. Sie wird auch durch den Umstand begünstigt, dass, wer es sich nicht leisten kann Reklame zu machen, von den entsprechenden Instanzen kaum mehr ernst genommen wird.

Es ist natürlich eine unsichere Sache, die jetzigen Tendenzen bis zu ihrer Erfüllung zu extrapolieren, denn die Entwicklung kann, wie dies schon früher vorgekommen ist, in andere Bahnen abbiegen. Bedeutende Gruppen aber werden, der Inertie folgend, noch eine zeitlang in derselben Richtung weiter fahren.

Die vielfältigen internen und externen Zusammenhänge dieser Entwicklung zu verfolgen und in verschiedenen Ländern zu vergleichen, ist schon jetzt eine der spannenden Seiten der Geschichte der Geologie; es ist sozusagen die *Ethnologie einer*, durch manche Kennzeichen unterscheidbaren *Gruppe*, die eine spezialisierte Ausrüstung, ein eigenes Instrumentarium, eigene Sitten und Gebräuche, Totems und Tabus, Gesellschaftsstrukturen und wechselnde Werturteile entwickelt hat und weiter entwickelt.

Die sich kreuzenden Linien dieser Entwicklung beeinflussen die vielfältigen Operationen zwischen Beobachtung und Theorien und verändern die Strukturen derselben. Es war daher nötig, diese kurze Skizze vorzuschicken, um die folgenden Darlegungen in einen grösseren Zusammenhang einfügen zu können. Dabei musste manches in dieser gedrängten Form schematisch behandelt werden, was in einer eingehenderen Darstellung nuanciert werden müsste. Es konnten nur einige Bedingungen skizziert werden, unter denen die Geologie und die Petrographie sich entwickelt haben. Da die Wissenschaft die Summe dessen ist, was alle ihre Ausüben wissen (wenn dies manchmal auch recht gegensätzlich und mit einer BROWN'schen Bewegung vergleichbar ist), und was sie zur Verfügung stellen können, so müssen in einer Untersuchung über die Entwicklung nicht nur die Ideen, sondern auch ihr Verhältnis zu ihren Trägern dargestellt werden. Aus diesem Grunde sollte eine eingehendere Darstellung nicht nur «die Wissenschaft» als einen abstrakten Begriff, sondern auch die Verbindungen ihrer Träger und ihre Funktion erfassen, sowohl in ihren früheren Verhältnissen, als auch in ihrem jetzigen Milieu, soweit dies schon jetzt überschaubar ist.

Unsere Absicht ist es, hier einige Entwicklungsstadien von Hypothesen und Theorien zu beschreiben und ihren Zusammenhang zu zeigen, also gleichsam eine kurze Naturgeschichte dieser Gebilde zu skizzieren, ohne dass es jetzt schon möglich wäre, den Vorgang in seinen Einzelheiten und seinen vielen Abarten zu erklären. Da die Dinge in der Vergangenheit leichter zu übersehen sind, weil sie in der Verkürzung erschienen und weil man weiss, was aus ihnen geworden ist, wenden wir uns an die Geschichte der Geologie und Petrographie und wählen einige Beispiele, welche die sich folgenden Entwicklungsstufen in verschiedener Weise zeigen. Als erstes Beispiel wählen wir die Erklärungsweisen für die Verschiebung der Strandlinien; sie

werden hier nur kurz skizziert; für eine eingehendere Darstellung wird auf «Mémoires de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles 1967», verwiesen.

## DIE VERSCHIEBUNG DER STRANDLINIEN

Dass Land zu Meer wurde und Meer zu Land, hat die Menschheit seit je beeindruckt. Die Mythen über die Sündflut bei den verschiedensten Völkern beschreiben solche Vorgänge und versuchen sie zu deuten, indem sie dieselben in ihr Weltbild einfügen.

In Europa verschieben sich die Uferlinien am eindrucklichsten in der Umgebung des Bothnischen Meerbusens. Dass dies schon von den Wikingern beobachtet wurde, zeigen die Gesetzesparagraphen, welche das Besitzrecht der auftauchenden Grundstücke regelten. Die wissenschaftliche Untersuchung begann im Jahre 1694. In diesem Jahre sandte URBAN HJÄRNE (1641-1724), einer der weitumfassendsten Geister jener Zeit, einen Fragebogen an die Standespersonen und Geistlichen des Königreiches Schweden (dazu gehörte damals auch Finnland). Er bat seine Korrespondenten um Auskunft über die Verschiebung der Uferlinien; aber nicht nur ihre Beobachtungen sollten sie mitteilen, sondern auch darauf Antwort geben, ob nach ihrer Meinung die Ursache in einer Bewegung des Wasserspiegels, der Erdrinde oder in Anschwemmungen zu suchen sei. Die Zuschriften wurden 1702 und 1706 veröffentlicht und sind die ersten Dokumente über ein Gebiet, die *lebende Tektonik*, das in den modernen Erdwissenschaften eine zentrale Stellung einnimmt. Es ist beachtenswert, dass URBAN HJÄRNE am Anfang *verschiedene Möglichkeiten der Erklärung* erwägte. In der Folge beherrschten nämlich, bis 1924, für je eine Gruppe von Wissenschaftlern immer nur *eine* Ursache das Feld, und es wurde angenommen, dass *sich verschiedene Erklärungsarten ausschliessen müssten*.

In Fennoskandia (Skandinavien und Finnland, auch der Baltische Schild genannt) entwickelten sich die Forschungen über dieses Gebiet lange bevor die internationale Wissenschaft darauf aufmerksam wurde und ihre Bedeutung erkannte. Viele bekannte Namen sind damit verbunden; wir können sie hier nicht alle anführen. Gleich zu Anfang finden wir zwei bekannte Persönlichkeiten: CELSIUS (1701-1744) und LINNÉ (1707-1778)

beschäftigten sich mit der Frage. Sie hatten ihre eigenen Ideen über die Entwicklung der Festländer und ihre Besiedlung mit Pflanzen und Tieren seit der Schöpfung, die nach den Berechnungen von Bischof USHER auf den 23. Oktober des Jahres 4004 vor Christi Geburt fiel. In dieses Weltbild schien die Verminderung des Wassers am besten zu passen. Nach einer Idee von NEWTON verdampfte das Wasser, wurde von den Pflanzen aufgenommen und bildete so den Humus. Es wurden aber auch andere Möglichkeiten für die Verminderung des Meerwassers nicht ausser Acht gelassen. Die *Theorie der Verminderung des Wassers* und ihre Varianten spielten lange eine wichtige Rolle und einige ihrer Abarten werden noch heute von mehreren Verfassern vertreten. Anfangs war die Theorie auf den Norden beschränkt und hatte dort manche Anhänger, aber auch erbitterte Gegner. Es gab oft dramatische Kämpfe; die Spannungen regten aber zu mancherlei Beobachtungen an und gaben den Anstoss, neue Methoden zu erfinden und auszuprobieren. Es ist eines der grossen Verdienste von CELSIUS, dass er die ersten Wasserstandsmarken in die Uferfelsen hauen liess und damit erlaubte, die künftigen Spiegelschwankungen genauer zu messen, als dies vorher möglich war.

Erst 1765 trat die zweite von URBAN HJÄRNE vorgesehene Erklärungsweise in den Vordergrund. EFRAIM OTTO RONEBERG, Direktor des Katasterwesens in Finnland, hatte oft bei der Verteilung neu aufgetauchter Grundstücke zu intervenieren und verfügte daher über ausgedehnte Beobachtungen und Messungen. Diese zeigten ihm, dass die Hebung in Nordfinnland intensiver war als in Südfinnland. RONEBERG schloss daraus, dass die *Erdkruste sich bewege*, dass das *Land aufgewölbt* wurde, stärker im Norden als im Süden. Seine Entdeckung kam aber zu früh. Sie wurde von den Anhängern der Senkung des Wasserspiegels bekämpft und fand lange kein Echo.

Eine neue Periode der Entwicklung beginnt nach der Jahrhundertwende mit den Reisen fremder Naturwissenschaftler in Skandinavien, LEOPOLD VON BUCH (1806-1808), F. W. JOHNSTON (1833), CHARLES LYELL (1834), AUGUSTE BRAVAIS (1838-1839) und viele andere. Da viele von ihnen Geologen waren, richteten sie ihre Aufmerksamkeit nicht nur auf die Bewegungen in historischer Zeit, sondern auch auf diejenige der jüngsten geologischen Vergangenheit. Damit war das Problem

in ein neues Licht gerückt. Seit dem Ende des 18. Jahrhunderts war die historische Chronologie, wie sie aus der Bibel abgeleitet wurde, durch eine viel längere geologische Vergangenheit vervollständigt worden, von der HUTTON sagte: «Man sieht weder einen Anfang noch ein Ende». Die ganze Perspektive war damit gründlich verändert; aber das Problem blieb.

Für LEOPOLD VON BUCH und LYELL war die Erdrinde beweglich, so dass es ihnen keine Mühe machte, sich die Aufwölbung des Baltischen Schildes vorzustellen. BRAVAIS fand im Altenfjord (Nordnorwegen), dass dieselben Strandlinien im landwärtigen Teil höher lagen als gegen den Arktischen Ozean.

In der Folge bekamen beide Parteien wichtige Verstärkungen; in beiden Fällen kamen sie von einer neuen Erklärungsweise der jüngsten geologischen Vergangenheit, der Lehre von der Eiszeit: In einer Besprechung der Gletscherstudien AGASSIZ's äusserte MCLAREN im Jahre 1842 die Ansicht, dass, wenn während der Eiszeit grosse Wassermengen in den Inlandeismassen auf den Kontinenten gebunden waren, der Spiegel der Ozeane tiefer gelegen haben müsse, und dass er mit dem Abschmelzen wieder gestiegen sei. Diese Hypothese, später unter dem Namen *Glazio-Eustasie* bekannt, schien nicht nur die Serien von Terrassen zu erklären, sondern auch ihre zeitliche Einstufung an allen Ufern der Weltmeere zu ermöglichen.

Auch die Stellungen derjenigen, welche die Bewegungen der Erdkruste als die Ursache betrachteten, wurden verstärkt. THOMAS F. JAMIESON vermutete 1865, dass sich die Erdkruste unter dem Gewichte der Inlandeismassen senke und nach dem Abschmelzen wieder hebe. Diese Hypothese erhielt den Namen *Glazialisostasie*. Sie fand viele Anhänger und wird in allen Lehrbüchern angeführt.

Im Jahre 1888 veröffentlichte der grosse Wiener Meister EDUARD SUESS den zweiten Band seines grossen Werkes «Das Antlitz der Erde». Darin werden hauptsächlich die früheren und jetzigen Meere behandelt und natürlich auch das Problem der Strandlinienverschiebung. SUESS gab den weltumfassenden Meeresspiegelschwankungen den wohlklingenden Namen eustatische Schwankungen. Er erklärte sie durch plötzliche Einbrüche der Erdkruste, denen das Meer folge und versuchte, wie seine Vorgänger nachzuweisen, dass dies die *einzige* Ursache sei. Seine Darstellung ist so glänzend, und die Wortmagie der eustatischen

Schwankungen wirkte so faszinierend auf viele Geologen, dass die Theorie noch heute in vielen Kreisen geltend ist. In manchen Arbeiten und Lehrbüchern kann man feststellen, dass die Ausdrücke Strandlinienverschiebungen gleichbedeutend mit eustatischen Schwankungen angesehen und als Synonyme benützt werden, obwohl das erste eine Feststellung, das zweite aber eine Deutung ist.

Durch die Entwicklung der Geologie wurde das Problem in zwei Teile geteilt: a) die *jetzigen Bewegungen*; da sie meist in Metern per Jahrhundert ausgedrückt werden, nennt man sie oft *säkuläre*; b) die Bewegung der jüngsten geologischen Vergangenheit, grosso modo während der letzten 10 000 Jahre.

In Schweden und Finnland wurden in den letzten Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts die eiszeitlichen und nacheiszeitlichen Ablagerungen eifrig studiert. Die Entwicklung dieser Arbeiten würde ein eigenes Kapitel verdienen, da sie viele grundlegende Methoden und Überlegungen zeitigte, die weit über die regionale Geologie und die stratigraphischen Abschnitte hinaus von Bedeutung sind. Für die hier vorliegende Frage greifen wir nur einige Punkte heraus.

In einer ersten Zusammenstellung der Ergebnisse der geologischen Untersuchungen zeigte DE GEER 1896, dass die gleichen nacheiszeitlichen Meeresablagerungen am Bothnischen Meerbusen am höchsten liegen. Die geologische Untersuchung zeigte also bereits in diesem Stadium eine deutliche Aufwölbung und zwar in der gleichen Gegend in der sie schon RUNEBERG für die heutigen Bewegungen gefunden hatte. Viele angesehene Wissenschaftler verneinten aber noch in den achziger Jahren die Möglichkeit einer jetzigen Aufwölbung, obwohl zu jener Zeit auch gegenteilige Ansichten geäußert wurden. Auf diese Weise wurde ein gewisses Spannungsfeld erhalten, das den Untersuchungen zugute kam.

Einen weiteren wichtigen Schritt verdanken wir dem Wiener Geographen ROBERT SIEGER (1864-1926). Er veröffentlichte nach eingehenden und sorgfältigen Untersuchungen eine *erste Karte der säkulären Isobasen* (Linien gleicher Hebung). Das Gebiet der Höchstwerte liegt auch für die säkulären Isobasen um den Bothnischen Meerbusen.

Während ungefähr zweihundert Jahren schwankten also die Meinungen: die einen betrachteten die Schwankungen des Mee-

resspiegels als *die* Ursache; die anderen zeigten, dass die Wölbung der Erdkruste *die* Ursache sei. Die Diskussionen, zuerst auf Fennoskandia beschränkt, seit dem Beginn des letzten Jahrhunderts aber auf internationaler Ebene, waren manchmal sehr bewegt, ebten zuweilen aus, und schlugen dann wieder, oft ziemlich plötzlich, hohe Wellen. Die Veröffentlichungen würden eine ganze Bibliothek füllen. Die vorliegende Darstellung muss sich daher auf einige, sehr schematische Hauptlinien beschränken, da sonst ein Buch daraus würde. Dass dabei manches nicht zu seinem Rechte kommen kann, dürfte nicht verwundern.

Seit den Tagen von CELSIUS und LINNÉ scheint jede Partei die alleinige Wahrheit und die alleinige Ursache gefunden zu haben, und dies obgleich bereits URBAN HJÄRNE mehrere mögliche Ursachen erwähnt. Man versteifte sich aber darauf, *eine* Ursache, *die* Ursache, zu finden und jede andere auszuschliessen.

Die *Einheit und Ausschliesslichkeit* ist ein wichtiger Zug dieser Arten von Theorien und Hypothesen. Es wurde an anderer Stelle vorgeschlagen, solche Gebilde *unikausale Theorien* zu nennen; die *Entwicklungsstufe* entspricht dem *unikausalen Stadium*. Diese Phase dauerte für das vorliegende Problem bis 1924, also etwa 200 Jahre.

Eine neue Phase wurde durch WILHELM RAMSAY (1865-1928), einer der grossen Meister der nordischen Geologie, eingeleitet. Er liess zunächst einmal die Frage nach *der* Ursache auf sich beruhen, versuchte aber *den Ablauf der Ereignisse in Zeit und Raum* so genau als möglich zu erfassen und darzustellen. Zu diesem Zwecke arbeitete er Methoden aus, die sich äusserst fruchtbar erwiesen. Dabei wurde die *Verschiebung der Strandlinien als das Ergebnis der Interferenz der Meeresspiegelschwankungen und der Verbiegungen der Erdkruste* betrachtet. Auf diese Weise ergab sich ein völlig neues Bild, oder eine Art Film (da es sich um den Ablauf von Ereignissen handelt), aus welchem die einzelnen Komponenten herausgelesen werden können. *Statt der Ursache wurde also das Geschehen untersucht, statt der Kräfte die Entwicklung in Zeit und Raum*. Darüber hinaus aber ist das bewegte Bild für viele Fragen der allgemeinen Stratigraphie und der Tektonik von grosser Bedeutung.

Eine Gruppe hervorragender Geologen dehnte diese Untersuchungen über das ganze Gebiet von Fennoskandia und seine Randgebiete aus, verfeinerte die Methoden und führte neue Ver-



fahren ein. Die Arbeiten von MATTI SAURAMO, VÄINÖ TANNER und VÄINÖ AUER, um nur einige zu nennen, haben die Kenntnisse des geschichtlichen Ablaufes bis in grosse Einzelheiten gefördert und damit den Weg für die jüngere Generation vorbereitet.

Diese *Entwicklungsstufe entspricht dem bikausalen Stadium* der Hypothese. Was früher von entgegengesetzten Parteien als *alleinige* Ursache angenommen wurde, spielt nur noch die Rolle *einer der interferierenden Faktoren*.

Die Schwankungen des Meeresspiegels wurden meist seit MCLAREN als durch die Aufspeicherung der Wassermassen in den Inlandeisen und durch die Rückgabe beim Schmelzen erklärt. Die Maxima der Vereisung müssten in diesem Falle den Tiefständen der Ozeane entsprechen, die Wärmezeiten den Höchstständen. Einen neuen Schritt bedeuten die grundlegenden Forschungen VÄINÖ AUER's. Während mehrerer Jahrzehnte wendete er die in Finnland entwickelten Methoden in Südargentinien und Patagonien an und verglich die Ergebnisse mit denen von Fennoskandia. Dabei zeigte sich, dass der durch die Theorie geforderte Parallelismus beider Vorgänge nur teilweise existiert und dass bedeutende Abweichungen vorkommen, die inzwischen auch an anderen Orten bestätigt wurden. Es liegt nahe, mit AUER anzunehmen, dass auch die *Schwankungen des Meeresspiegels nicht unikausale Vorgänge* darstellen, sondern das *Ergebnis mehrerer Faktoren* sind, die es zu isolieren gilt und von denen die meisten zusammengesetzt sein dürften. Einer der wichtigsten Faktoren dürfte die Formveränderung des ozeanischen Gefässes sein, wodurch auch dieser Faktor multikausal wird. Die eustatischen Schwankungen, die nach der Definition von EDUARD SUESS durch die Formveränderung des ozeanischen Gefässes hervorgerufen wurden, erscheinen also wieder, sie sind aber nicht mehr unikausale Erklärungen, nur noch einer der Faktoren in einem umfassenderen Geschehen.

Auch die Aufwölbung des Baltischen Schildes erscheint bei näherem Zusehen nicht mehr als ein einfacher Vorgang, der *nur* durch die Eisentlastung hervorgerufen worden wäre. Die Untersuchung der voreiszeitlichen Sedimentserien in den Randgebieten zeigt, dass der grösste Teil ihres Materials aus dem alten Sockel stammt und von dort nach aussen transportiert wurde. Um die Erhaltung des Gefälles der transportierenden Gewässer zu erklä-

ren, muss man eine lang andauernde Hebungstendenz annehmen. Wie sich diese Hebungstendenz zur Glazialisostasie verhält, und wie die beiden Mechanismen ineinandergreifen, wird zu untersuchen sein.

Viele dieser Erkenntnisse sind weit über den Rahmen des Geschehens im Jungquartär von Bedeutung. Da die Transgressionen, Regressionen und die Parallelisierung der Faziestypen und -Gesellschaften Kernkapitel der Stratigraphie bilden, so ist jedes der Ergebnisse auch für andere Formationen wegweisend und sollte durch Vergleiche geprüft werden.

Es sei hier nur auf ein Beispiel hingewiesen: Viele stratigraphische Parallelisierungen fassen auf der chronologischen Gleichsetzung gleicher oder ähnlicher Gesteinstypen oder Ausbildungen. Die Stratigraphie der Ablagerungen um die grossen Seen Finnlands zeigt aber einige andere Deutungsmöglichkeiten: Die grossen Seen Finnland waren nach dem Verschwinden des Inlandeises Fjorde, die in den Bothnischen Golf mündeten und, etwa 4000 v. Chr. Geb. abgeschnürt, zu Seen wurden, aber ihre Abflüsse nach Norden sandten. Durch die Aufwölbung des Baltischen Schildes wurden die Becken gekippt, so dass sie jetzt gegen Süden, in den Finnischen Meerbusen entwässert werden. Die Wasserscheide hat sich auf diese Weise in kurzer Zeit über ungeheure Landstrecken verschoben. Regressionen im Norden der Seen entsprechen also Transgressionen im Süden. Dabei wird aber der Vorgang noch dadurch kompliziert, dass infolge verschiedener Schwellenhöhen der einander folgenden Abflüsse, Stauungen und plötzliche Spiegelsenkungen eintreten, wodurch manchmal Wälder episodisch überschwemmt, manchmal trocken gelegt werden und das Wachstum der Torfmoore an verschiedenen Stellen recht ungleich gestaltet wird.

Da durch die Aufwölbung das Gefälle der nach Norden fliessenden Gewässer herabgesetzt wird, vermindert sich der Abfluss und dadurch werden weite Strecken versumpft. In gewissen Distrikten wird jetzt fast die Hälfte der Oberfläche durch Torfmoore gebildet. Eine Parallelisierung nach den vereinfachten Methoden, wie sie oft in der Stratigraphie angewendet werden, könnte der Vielfalt der Profile in den verschiedenen Teilen des Landes nicht gerecht werden. Es ist anzunehmen, dass viele andere Sedimentserien zu verschiedenen Zeiten und an manchen Orten unter Bedingungen angelagert wurden, in denen ein lang-

sam kippender Untergrund mit einem schwankenden Meeresspiegel interferierte, wie z. B. manche kohlenführende Formationen. In diesem Falle müssten auch dort multikausale Erklärungsweisen versucht werden.

Auch die *säkulären Schwankungen* zeigten sich bei einer genaueren Analyse viel komplizierter als die vereinfachte Theorie es darstellte. Da bereits seit der Mitte des letzten Jahrhunderts die schwedischen und finnischen Lotsenstationen dreimal im Tage den Wasserstand bestimmten, lag schon in den achziger Jahren ein ungeheures Zahlenmaterial vor, das unter Leitung von A. E. NORDENSKIÖLD bearbeitet wurde. Die Ergebnisse waren aber so wenig eindeutig, dass hervorragende Forscher, wie EDUARD SUESS, LEONHARD HOLMSTRÖM und manche andere, noch 1888 das Fehlen einer bestimmten Tendenz unterstrichen und eine Kippbewegung als unerwiesen betrachteten. Erst die Isobasenkarte ROBERT SIEGER's (1893) gab ein zusammenhängendes Bild. Die Tatsache aber, dass eine solche Erscheinung auf so verschiedene Weise gedeutet werden konnte, wurde erst durch die grundlegende Analyse ROLF WITTING's (1918) verständlich. Er zeigte, dass die *Spiegelhöhe der Ostsee das Ergebnis vieler Faktoren* ist, von denen die wichtigsten Richtung, Stärke und Art der Winde, Verteilung des Luftdruckes, der Zufluss und die wechselnde Verteilung der einflussenden Südwassermassen, die Austauschbilanz mit dem Ozean durch die dänischen Meerengen und die Verdunstung sind. Er analysierte jeden dieser Faktoren eingehend und versuchte seine Wirkungsweise und seinen Anteil am Gesamteffekt zu bestimmen, um ihn davon abziehen zu können. Aus den Ergebnissen wurde eine Isobasenkarte konstruiert, welche, später durch weitere Untersuchungen ergänzt, wohl die beste Annäherung auf diesem Wege darstellt. Die Untersuchung zeigt aber auch die Grenzen der hydrographischen Methoden.

In allen Sektoren dieses Problems erlaubte der Übergang vom unikausalen Denken zur multikausalen Analyse neue Methoden zu erfinden und sich damit den Gegebenheiten der Natur immer mehr zu nähern. Die Entwicklung ist noch nicht abgeschlossen, da zur Zeit immer wieder verfeinerte Verfahren anderer Art eingesetzt werden.

Das Beispiel zeigt deutlich die *verschiedenen Stadien der Entwicklung: Aufkommen der unikausalen Theorien, Parteibil-*

*dung mit Anspruch auf alleinige Inhaberschaft der Lösung, und endlich im Jahre 1924, Vereinigung der als gegensätzlich betrachteten Hypothesen in einer bikausalen Erklärungsweise; die weitere Entwicklung zur multikausalen Betrachtungsweise ist bereits weit fortgeschritten.*

Eine nicht oft angetroffene Besonderheit dieses Beispielles ist die Weitsichtigkeit URBAN HJÄRNE's, der bereits am Anfang mehrere Lösungen vorgeschlagen hatte.

Die Entwicklung wurde hier absichtlich unter einem bestimmten Gesichtswinkel gesehen. Es würde zu weit führen, darzustellen, wie sie unter anderen Beleuchtungen erscheint, und die verschiedenen Erscheinungsweisen zu verbinden. In der Einleitung wurde einiges angedeutet. Dass dies aber nicht der einzige Fall ist, mögen in Kürze einige andere Beispiele zeigen.

## WEITERE BEISPIELE

Die Geschichte der Geologie und der Petrographie bietet eine grosse Fülle von Beispielen. Die meisten der unzähligen Probleme scheinen durch die erwähnten Entwicklungsstadien zu gehen, wenn auch die Art und Weise, *wie* dies geschah, sich fast von Fall zu Fall ändert. Eine Geschichtsbetrachtung, die sich auf diese Seite der Entwicklung beschränken würde, wäre daher alles andere als eintönig, wenn es gelingen könnte, den verschiedenen Akten und Szenen das richtige Relief zu geben. Es gibt Probleme, in denen das unikausale Stadium verhältnismässig schnell und ohne grosse Kämpfe überwunden wurde; andere wiederum lösten sich nur mit der grössten Mühe von der ersten Stufe ab; dadurch wurden oft psychische Energien in Bewegung gesetzt, die sich weit über den Bereich der Wissenschaft bis in persönliche Sphären hinein erstreckten. Die Gründe, warum die Entwicklung das eine Mal ruhiger, das andere Mal dramatisch vor sich ging, sind recht vielfältiger Art, da sich die Vorgänge auf einer ganzen Reihe verschiedener Ebenen abspielen. Es wäre ein anziehendes Kapitel, diese Vorgänge zu vergleichen und die Gründe der Verschiedenheit herauszuarbeiten; dies würde aber den Rahmen dieser Mitteilung weit überschreiten.

Das Beispiel einer verhältnismässig ruhigen Entwicklung bietet die *Geschichte der Deutung der Landoberflächenformen*.

Als um die Wende des 18. und 19. Jahrhunderts immer mehr Fälle von Meeresablagerungen und -Fossilien auf hohen Gebirgen bekannt wurden, hatte man die Wahl zwischen zwei Erklärungsweisen: Entweder hatte der Wasserspiegel bis zu jenen Höhen gereicht, oder, die Gesteine und Fossilien waren gehoben worden. Die erste Annahme, die Veränderung des beweglichen Elementes, erschien glaubhaft und war eine durch die Sündflut vertraute Denkform. Sie lag den Neptunisten nahe (WERNER, GOETHE, CELSIUS, LINNÉ und viele andere). Nur nach grossen Kämpfen wurde diese Lehre von der HUTTON'schen, einem typisch bikausalen Weltbilde teilweise abgelöst. Viele der Nachfolger unterstrichen namentlich die Beweglichkeit der Erdkruste. LEOPOLD VON BUCH, obwohl zuerst ein Schüler WERNER's, war einer derjenigen, der viel dazu beitrug, die Idee der Beweglichkeit der Erdkruste in weite Kreise zu bringen.

Die Gebirgsformen, sowohl die Berge als die Täler, wurden in der Hauptsache als Zeugen der Hebung angesehen, wobei die Täler als Spalten gedeutet wurden. Es wurde zwar immer wieder von einzelnen auf die abtragende Wirkung der Gewässer, auf die Verwitterung und ihre Produkte hingewiesen, allein es wurde meist angenommen, dass es sich dabei nur um die Herausarbeitung von Einzelheiten handle. Erst durch die Erforschung des amerikanischen Westens, die Beschreibungen und Deutungen POWELL's, der 1869 auf einer abenteuerlichen Reise die ungeheuer tiefen Schluchten des Coloradostroms und seiner Nebenflüsse erforscht hatte, wurde der wissenschaftlichen Welt zum Bewusstsein gebracht, was die Erosion zu vollbringen imstande sei und die Dimensionen der ausräumenden Tätigkeit des Wassers wurden nach und nach klar. Von POWELL stammen die Begriffe der aufgeprägten (*superimposed valleys*), der antezedenten und konsequenten Täler.

Auch die anderen Arten der Erosion wurden nicht nur beschrieben, sondern in ihrer Wirkungsweise unterschieden und nach und nach quantitativ erfasst. Damit wurde *die Landschaft das Ergebnis der Interferenz endogener und exogener Tätigkeiten*, deren Zusammenspiel ausserordentlich vielfältig ist und in Zeit und Raum wechselt.

Die Entwicklung ging verhältnismässig ruhig vor sich, wenn auch Teilfragen, wie z. B. die Diskussionen über die Glazialerosion manchmal eine gewisse Lautstärke erreichten.

Die Natur der *gebirgsbildenden Kraft* (oder der Kräfte, je nach der Auffassung) ist immer noch ein Rätsel, über das schon viel geredet und geschrieben wurde und dessen Lösung immer wieder verkündet wird. Aber nicht nur über ihre Natur war und ist man sich uneinig, sondern auch über ihre *Wirkungsweise*. Übergeht man die älteren Erklärungsversuche, um zum Anfang des letzten Jahrhunderts zu kommen, so trifft man viele Forscher, welche die Gebirge als durch *Hebung* entstanden deuten. Nach LEOPOLD VON BUCH waren die in den grossen Kettengebirgen hervorbrechenden Granite die Ursache der Gebirgsbildung und der Schichtenstörungen. Auch die Rücken des Juras wurden durch Hebungen erklärt (LEOPOLD VON BUCH 1803, THURMANN 1832). GRESSLY glaubte die Ursache in den Hebungskratern gefunden zu haben. Immer kam der Anstoss von unten.

Die Idee ELIE DE BEAUMONT's von der *tangentialen* Richtung der gebirgsbildenden Kräfte und der sich zusammenziehenden Erde, die durch das Bild des schrumpfenden Apfels besonders eindrücklich gemacht wurde, schien vielen Zeitgenossen so einleuchtend, dass sich manche, wie THURMANN (1853) dazu bekehrten. Die damals jüngere Generation, wie z. B. ALBERT HEIM, wuchs dermassen in diesen Gedankengang hinein, dass es ihr schwer wurde, sich ausserhalb dieses Leitbildes zurechtzufinden, wie der etwas brutale Zusammenstoss mit der Verschluckungstheorie AMPFERER's (1906) zeigt. Kontraktionstheorie, tangentiale Kräfte und Fernüberschiebungen bildeten eine zusammenhängende Einheit, die zum Schluss so weit ausgedehnt wurde, dass auch die weitgespannten Verbiegungen der alten kristallinen Schilde auf tangentialen Schub zurückgeführt wurden (ARGAND). Da der Schub den meisten Alpengeologen im Blute lag, war es vielen von ihnen verhältnismässig leicht zur WEGENER'schen Kontinentalverschiebung überzugehen, da der Gedankenkreis der tangentialen Bewegungen beibehalten und nur der Motor gewechselt wurde. Die Theorie erlaubte auch, den alpinen Typ der Deformationen auf die ganze Erde auszudehnen.

Dass die Dinge aber auch zu jener Zeit von einer anderen Seite gesehen werden konnten, zeigen zwei andere Typen von Theorien. In der HAARMANN'schen Oszillationstheorie wurde die *Hebung* als Primärtektogenese, die *Abgleitung* von den Geotumoren als Sekundärtektogenese bezeichnet. Es wurde zwischen Tektogenese und Orogenese unterschieden. Ausgedehnte Gleich-

tungen waren zwar schon früher (SCHARDT, REYER, ABENDANON, AMPFERER und andere) vorgeschlagen worden; sie waren aber nicht so systematisch in ein System eingebaut.

Die beiden Lehren der tangentialen und vertikalen Bewegungen standen sich als unikausale Erklärungsweisen gegenüber und die von beiden Seiten geäußerten Kritiken sind oft sehr aufschlussreich, nicht nur für die Tektonik.

Neben den Erklärungsweisen, welche *entweder* die vertikalen *oder* die tangentialen Transporte als primär betrachteten, trat ein dritter Typ von Hypothese auf, welche durch die Begriffe *Verschluckung*, *Unterströmung* und *Undation* gekennzeichnet werden und die alle den gemeinsamen Zug haben, ohne «die Backen eines Schraubstockes» auszukommen. Die Unterströmung trieb dann in neuerer Zeit eine Menge Schosse in den verschiedenen Konvektionstheorien, wobei man jedoch hie und da das Gefühl bekommt, dass die Konvektionsströme hauptsächlich eine Reihe von Schlagworten immer wieder umwälzen.

Die Entwicklungslinien sind hier, mit Ausnahme einiger dramatischer Phasen, weniger deutlich, teilweise durch die Verzweigung und Verkettung der verschiedenen Mechanismen (Einengung durch Kontraktion oder durch Kontinentalverschiebung; Gleitung als Folge von Geotumoren oder von Verschluckung usw.). Andererseits muss die Unterscheidung zwischen Primär- und Sekundärtektonik bereits als eine erste Abweichung von der streng unikausalen Linie betrachtet werden. Die Gefühlsbetonung scheint sich auf ein grösseres Netz verteilt zu haben, wodurch heftige Zusammenstöße zwar nicht vermieden, aber nicht, wie in gewissen anderen Fragen, chronisch wurden.

Ganz anders verlief die Entwicklung in der Frage der Naturgeschichte der *Granite*. Bis in die neue Zeit glich sie manchmal mehr einem Glaubenskampf gegen Ketzerei und Unglauben, wobei hie und da nicht nur wissenschaftliche Argumente, sondern auch Macht- und Zwangsmittel eingesetzt wurden. Eine schematische Darstellung könnte den Verhältnissen nicht gerecht werden, da sie die Hintergründe ganz unbeleuchtet lassen müsste. Sie wird daher hier nicht versucht. Charakteristisch scheint in diesem Zusammenhange zu sein, dass manche der darin auftretenden Persönlichkeiten so unikausal eingestellt waren, dass ihnen eine multikausale Betrachtungsweise so fremd war und ist, dass sie aus dem vieldimensionalen Bedingungsnetze nur *eine* der Ver-

kettungen herausgreifen und versuchen, diese zu widerlegen. Ein Verfasser, der einerseits intrusive Granite (Diapire), aber auch verschiedene Arten der Granitisation beschrieben hatte, wurde der Inkonsequenz bezichtigt. Eine einzige der verschiedenen Umwandlungsarten wurde herausgegriffen, um dagegen zu polemisieren.

Es sieht so aus, als wäre die Triebfeder nicht nur die Verteidigung einer gewissen Machtposition und der damit verbundenen Vorteile, sondern eine angeborene oder anerzogene Art des Denkens (die man linear nennen könnte, und die jede Mannigfaltigkeit verabscheut), macht es Mentalitäten dieser Art unmöglich, andere Gedankengänge (besonders wenn sie verzweigt sind) ausserhalb des Bannkreises ihrer «Wahrheit» zu verfolgen.

In einem recht begrenzten, aber daher leicht überschaubaren Sektor des weiten Feldes der Petrographie erscheint die Gegenläufigkeit einfacher Regeln verhältnismässig klar: Seit den achtziger Jahren des letzten Jahrhunderts wurden für die Deutung von Mineralgesellschaften, von denen man annahm, dass sie aus einem Schmelzflusse stammen, gewisse Regeln verwendet, die von dem berühmten Heidelberger Petrographen ROSENBUSCH aufgestellt und nach ihm benannt waren. Für die Deutung metamorpher Gesteine wiederum hatte der Wiener Meister BECKE eine Reihe nützlicher Regeln aufgestellt. Die Regeln wurden teilweise auch umgekehrt; d. h. wenn man gewisse Gefüge und Regelmässigkeiten erkannt zu haben glaubte, wurde das Gestein als aus einem Schmelzfluss stammend oder von einer Umwandlung herrührend betrachtet. SAVOLAHTI (1963) machte darauf aufmerksam, dass ein Gestein, das sich aus einem Schmelzflusse verfestigt hatte, sich weiter entwickeln kann und in diesem Falle den Regeln BECKE's folgt. Auf der anderen Seite können in gewissen Umwandlungsgesteinen, namentlich in der Klasse der Migmatite, aus den ungeordneten Bereichen des Intergranularfilms, gelösten oder geschmolzenen Teilbereichen, Mineralien entstehen, welche es wünschbar machen, die Regeln ROSENBUSCH's heranzuziehen. Auf die verzweigten Folgerungen kann hier nicht eingegangen werden.

Das Leitbild der Verkettung unikausaler und multikausaler Stadien zeichnet sich in den einzelnen Fällen auf recht verschiedene Weise ab. Daraus dürfte hervorgehen, dass dies *nur eine*



*erste Annäherung ist*; es deckt aber mancherlei Zusammenhänge auf, welche einer vertieften Untersuchung wert erscheinen. Es erlaubt eine weitere Gruppierung der Verhaltensweisen und beleuchtet die logische Struktur mancher Hypothesen und Theorien von einer Seite, die in den Lehrbüchern meist nicht behandelt wird. Diese Betrachtungsweise gibt allerdings viel mehr Ergebnisse, wenn man diejenige Vergrößerung einschalten kann, die erlaubt, die einzelnen tragenden Persönlichkeiten und ihre Verhältnisse aus grösserer Nähe zu sehen. In den meisten Fällen ist ja die Entwicklung nicht nur ein Strom (wie es vielleicht an manchen Orten aus dem obigen hervorzugehen schien), sondern ein Ablauf, in dem der Einzelne und sein Beitrag eine entscheidende Rolle spielen.

## DAS UNIKAUSALE MUSTER

Es ist begreiflich, dass es hier nicht möglich ist, eine Monographie der unikausalen Denkweise zu schreiben. Da sie nicht nur in der Wissenschaft aller Gattungen, sondern auch besonders auf den Gebieten der Politik, der Literatur und in anderen Bereichen vorkommt und mancherlei verschiedene Gestalten annimmt, so müsste eine solche Aufgabe auf ganz andere Weise angegriffen werden. Es ist aber möglich, hier einige Bemerkungen beizufügen, die sich auf Erfahrungen im Gebiete der Erdwissenschaften stützen und die vielleicht gewisse Punkte verdeutlichen helfen.

Es ist natürlich, dass beim Studium einer Frage *zuerst eine einfache Verbindung* erscheint, und dass diese Verbindung weiter verfolgt wird. Es gibt allerdings auch Fälle, in denen gleich von Anfang an mehrere mögliche Verbindungen entdeckt werden, wie das Beispiel URBAN HJÄRNE's zeigt (S. 11). Man kann sich aber fragen, warum so oft nicht nach vielfachen ursächlichen Zusammenhängen gesucht wird. Die Gründe dafür sind nicht einfach und dürften sich in den meisten Fällen verschieden zusammensetzen. Es ist aber möglich, einige Gruppen von Bestandteilen zu unterscheiden.

Ein einfacher Zusammenhang ist übersichtlich und befriedigt den vielen Menschen angeborenen Hang nach Einheit. Die Befriedigung dieses Hanges wird oft in akademischen Reden und

Schriften als eines der erstrebenswertesten Ziele gepriesen und als das Endziel der Wissenschaft dargestellt. Die unikausale Denkweise erlaubt eine einfache und klare Verwaltung der Kenntnisse, wenn man es in Kauf nehmen will, sich auf diejenigen zu beschränken, die in das Bild passen. Viele entschliessen sich verhältnismässig leicht zu diesem Kaufe; sie ziehen es vor, die weissen Flecken auf ihrer Karte mit ihren eigenen Zeichnungen zu füllen, als dieselben zu erforschen.

Auf der anderen Seite liegt die Erkenntnis in uns, mehr oder weniger wach oder schlummernd, dass die Natur ungeheuer vielfältig und verwirrend ist, und dass die *Einheit ihr nur vom menschlichen Geiste aufgeprägt* wird, um sie bewältigen zu können. Das Unterstreichen der Einheit gibt daher, indem es den *menschlichen Beitrag* hervorhebt, eine gewisse Selbstzufriedenheit, manchmal sogar Selbstsicherheit, die oft deutlich herausgehört werden kann. Gewisse Epochen der Geschichte benötigten daher grössere Dosen dieser Nahrung als andere. Zur Zeit scheint ein grosser Bedarf daran zu sein.

Die unikausalen Erklärungsarten geben aber auch leicht fassliche und klare Darstellungsweisen. Für den Anfänger (und wir sind ja immer wieder Anfänger) ist es befriedigend zu wissen, wohin der Weg führt, besonders wenn er von der Vielfalt der Erscheinungen verwirrt wird. Aus diesem Grunde eignet sich die unikausale Darstellungsart besonders für die Schulstube und ist dort sicher am Platze. Manche, die dort zum ersten Male diese «Wahrheiten» hören, werden davon so beeindruckt, dass sie es als das Höchste betrachten, solche Wahrheiten weiterzugeben, mitzuteilen, ja aufzudrängen, gegenteilige Ansichten als schädlich zu empfinden und zu ihrer Bekämpfung beizutragen. Dabei wird vergessen, dass diese Wahrheit erfunden, und in vielen Fällen der Natur aufgeprägt wurde.

Da die gewünschte Einheit nicht ohne eine gewisse Uniformität und Uniformisation geschehen kann, gibt es meist mehrere Auswege, um sie zu erreichen: entweder man behauptet, *Ausnahmen* zählen nicht, oder man versucht, sie verschwinden zu lassen, sei es dass man sie übersieht oder sie ins System hineinzwängt. Solche Darlegungen nehmen daher mehr die Form von *Plädoyers* an, als diejenige, welche man von einer wissenschaftlichen Darstellung erwarten würde. Dennoch füllen diese Plädoyers unsere Bibliotheken meterweise.

Gewisse Fälle unikausaler Darstellung scheinen auf Missverständnissen zu beruhen. Ein Beispiel mag hier angeführt werden: Die Vorgänge in der Natur werden nach einer sprichwörtlich gewordenen Ansicht als *Experimente* betrachtet. Leider hinkt dieser Vergleich in den meisten Fällen, da in einem gut ausgeführten Laboratoriumsexperiment versucht wird, die Wirkungsweise *eines* Faktors zu bestimmen, indem man die Effekte aller anderen auf ein Minimum zu bringen sucht, was schon dadurch zum Ausdruck kommt, dass man sie als störend bezeichnet. Diese Störfaktoren aber sind eine menschliche Erfindung, wie die nützlichen und schädlichen Tiere und Pflanzen. Da die meisten Experimente vorbereitet werden, kennt man den Ausgangszustand, und weiss, was zugeführt wurde und zu welchem Zeitpunkte. In der Geschichte der Erdkruste aber ist der Ausgangszustand sozusagen immer weniger gut bekannt als der Endzustand. Allerdings wird oft das Prinzip angewendet dass der frühere Zustand einfacher gewesen sei als der spätere. Es ist aber leicht einzusehen, dass auch dieses Prinzip nicht in allen Fällen am Platze ist.

Das unikausale Denken gibt bestimmten Abschnitten in der Erforschung gewisser Probleme eine besondere Färbung, da eine Zeitlang zwischen Rechtgläubigen und Ketzern unterschieden wird, bis ein Gleichgewicht oder eine Stromwende eintritt. Natürlich gibt es aber auch zu jeder Zeit Leute, die von den meisten als Eigenbrötler, Bösewichte oder Ketzer angesehen werden, da sie den allgemeinen Pendelschlag nicht mitmachen, sondern eigene Wege gehen. Sie bilden meist ein Problem für den klassifizierenden Historiker und werden von den einen als Nachzügler früherer Epochen, von anderen als die Vorläufer einer neuen Zeit eingeordnet.

## MULTIKAUSALE ERKLÄRUNGSWEISEN

Aus dem Vorhergegangenen dürften bereits einige Züge der multikausalen Erklärungsweisen deutlicher geworden sein. Da eine Übersicht über dieses ausgedehnte Gebiet zu weit führen würde, seien hier nur einige Punkte kurz angetönt.

In der Geologie ist die multikausale Denkweise in mehreren Sektoren heimisch; denn schon die ersten geologischen Karten von WILLIAM SMITH (1812, 1815) brachten eine multikausale

Ordnung in das Chaos der verwirrenden Erscheinungen. Der kartierende Geologe hat auch weiterhin vielfältige Beobachtungen nach manchen verschiedenen Gesichtspunkten zu gruppieren. Vielleicht ist dies ein Grund dafür, dass die Feldgeologie in gewissen Kreisen als veraltet angesehen wird.

Die Geologie und teilweise die Petrographie sind im Wesentlichen historische Wissenschaften. Sie sollten dem *Gang der Ereignisse* nachgehen, *wie er sich nach den erhaltenen Zeugnissen darstellen lässt* (auch wenn er anfangs vielleicht schwer verständlich ist), und nicht *«wie er nach einem bestimmten Prinzip gewesen sein muss»*, und wie er am leichtesten verständlich ist. Um dem oft komplizierten Geschehen folgen zu können, sollten alle dazu dienenden Wege und Weisen angewendet werden, um die Einzelheiten auf manche verschiedene Weise zu bestimmen, und dem Bilde Relief zu geben.

Auch die Menschheitsgeschichte sieht sich vor ähnliche Probleme gestellt. Sie kann auf ein einziges Prinzip reduziert werden, z. B. als nur-militärische, nur-ökonomische, nur-ideologische und auf viele andere «Nur-Geschichten» dargestellt werden; solche Versuche sind oft gemacht worden. Ähnliche Wege kann man auch in der Geologie einschlagen. Die Rekonstruktion der vergangenen Zustände geschieht dabei auf zwei verschiedene Weisen, die aber oft nicht bewusst auseinander gehalten werden. Die eine ist die Ausarbeitung jedes einzelnen Bildes aus den vorhandenen Zeugnissen der chronologischen Untersuchung. Die andere Art setzt einen Anfangszustand und eine Kraft voraus und rekonstruiert den Ablauf nach dynamischen Prinzipien, *«wie er gewesen sein muss»*. Dazu werden meist die Ausgangsstadien und die Kräfte so gewählt, dass das gewünschte Ergebnis entsteht, und erklärt, dass es aus diesem Grunde so geschehen sein müsse. Aus diesem Grunde gibt die zweite Erklärungsart ihren Urhebern das Gefühl, die Wahrheit mit den dazu gehörigen Syndromen zu besitzen, während die erste Rekonstruktionsart nur das Bewusstsein geben kann, *sich den Verhältnissen der Natur zu nähern* und dazu anregt, oft sogar zwingt, die Beobachtungen immer wieder anders zu gruppieren. Bei der einen Art werden die Beobachtungen sozusagen an einer Schnur aufgereiht, während sie bei der anderen in ein Zeit-Raum-Bild eingebaut werden und erlauben, eine grosse Zahl von Zusammenhängen, aber auch Lücken, zu sehen.

Dies führt uns zu einigen in der Einleitung angetönten Ideenkreisen zurück. Wie es Historiker gibt, welche es lieben die Vielfalt und Farbigkeit vergangenen Lebens aufleuchten zu lassen, und auf der anderen Seite solche, welche alles auf eine leitende Idee ausrichten, so gibt es auch Erdwissenschaftler, welche sich an der Vielfalt der geologischen Vergangenheit und ihren verschiedenen Zusammenhängen freuen, während anderen alles, was nicht auf dem kürzesten Wege zur Einheit zu führen scheint, ein Greuel ist. Auf der einen Seite wird die Natur wie eine Gruppierung standardisierter Produkte, Apparate und Maschinen betrachtet, auf der anderen Seite als etwas Unbekanntes, dem man sich auf recht verschiedene Weise nähert und das daher auf manche verschiedene Art erscheinen kann. Die multi-kausalen Erklärungsweisen erstreben, die Gegebenheiten nicht durch Uniformisierung zu erfassen, sondern durch eine möglichst grosse Vielfalt. Im jetzigen Stadium der Wissenschaft scheint es daher vorteilhaft, mit einer Vielfalt von Prinzipien vorzugehen.

Die verschiedene Grundeinstellung bewirkt in manchen Fällen, dass, auch wenn die gleichen Bezeichnungen gebraucht werden, eine verschiedene Sprache gesprochen wird, da viele Worte, je nach der Einstellung, von ganz anderen Untertönen und Allusionen, Erinnerungen und Bildern begleitet werden. Wortdefinitionen erfüllen meist nur so lange ihre Aufgabe, als nicht über ihren Inhalt diskutiert wird, d. h. solange man keine genauere Abgrenzung braucht. Wird aber eine solche für natürliche Gegebenheiten gefordert, so wird es oft schwer, sich zu verständigen. Es kann sogar zu wenig fruchtbaren Diskussionen kommen.

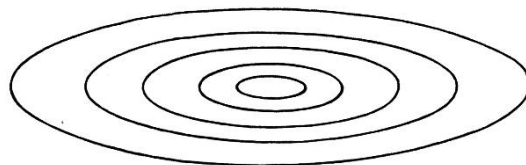
Versucht man, diese Gesichtspunkte auf die Geschichte der Geologie anzuwenden, so zeigt sich, dass gewisse Kreise und Persönlichkeiten mehr durch die Art des Fragens als durch die Ergebnisse charakterisiert werden.

Die Entwicklung geht in den meisten Fällen von den unikausalen zu den multikausalen Erklärungsarten; es gibt aber Fälle, wo diese Stufen eine umgekehrte Reihenfolge zeigen. Man könnte diese Umkehrung mit der Entwicklung der Ammoniten vergleichen: In der Kreide schienen einige unter ihnen genug davon zu haben, den Regeln der Einrollung ihrer Vorfahren zu folgen; um dagegen zu protestieren und eine neue Lebensart zu finden, rollten sie sich wieder ab.

Der Inhalt der heutigen Erdwissenschaften ist ein ganz anderer als z. B. zu Beginn des Jahrhunderts. Den verschieden gebauten Inhalten sollten auch neue Formen entsprechen. Die Entwicklung der Formen und der Inhalte scheint aber in manchen Fällen nicht parallel zu gehen, wodurch wiederum verschiedene Stilarten entstehen und unterschieden werden können. Es wurde bereits auf die Entwicklung der Berufssprache hingewiesen. Ein anderes wichtiges Element ist das, was jeder Forscher und jede Schule als Gleichgewicht zwischen übertriebenem Schematisieren und dem Verlieren in Einzelheiten empfindet. Dies ist aber bereits mehr eine Kunst als eine Wissenschaft.



Ein Steinchen, in einen See geworfen, zeichnet ein paar sich ausbreitende Ringe auf dem Spiegel und verschwindet in der Tiefe. Mögen auch diese Zeilen ein paar Kreise über den Spiegel der Wissenschaftsgeschichte ausbreiten, bevor sie auf den Grund sinken und verschwinden im Bodensatz der nie-wieder-gelesenen Papiere, welche die Gestelle unserer Bibliotheken füllen.



## Résumé

L'histoire de la géologie et de la pétrographie montre que les manières d'interpréter un ensemble d'observations (idées directrices, hypothèses et théories) peuvent passer par un certain nombre de stades d'évolution. Les premiers qui essaient d'expliquer une série de phénomènes ne découvrent le plus souvent qu'une seule cause. Leur explication peut former le germe de cristallisation d'une école. D'autres groupes interprètent des phénomènes semblables parfois mis en série d'une façon différente par une autre cause. Des oppositions s'organisent parce que chacun considère sa vérité comme unique et exclusive. Des tensions s'en suivent. Elles incitent d'une part à multiplier les observations, mais favorisent aussi les discussions et les polémiques. C'est le stade des explications *unicausales*.

Une autre phase s'amorce quand un esprit synthétique réunit les hypothèses unicausales en un ensemble d'ordre supérieur, en montrant que les phénomènes sont le *résultat d'une interférence* de deux ou plusieurs facteurs correspondant aux anciennes causes uniques. C'est le stade *multicausal* dans lequel les anciennes interprétations se complètent dans une unité organique. Plusieurs exemples sont mentionnés pour montrer l'enchaînement des différents stades et pour distinguer quelques-uns parmi les types d'évolution.

Les différents modèles de l'évolution des méthodes interprétatives représentent des traits importants dans le panorama de l'histoire des sciences. Un secteur de ce panorama est brièvement esquissé dans l'introduction dans le but d'y placer le sujet de cette communication. Les méthodes d'interprétation font partie de l'équipement mental du géologue. Elles caractérisent une partie importante du style des personnalités scientifiques puisqu'elles règlent la sélection et la transformation des observations et se placent ainsi entre la roche et les hypothèses, ce qui explique la signification du titre de cette note.